WAR SURGERY

武力紛争やその他の暴力を伴う事態における資源が制限された中での医療支援

VOLUME 2

C. Giannou
M. Baldan
Å. Molde

ICRC

REFERENCE

ICRC

International Committee of the Red Cross
19, avenue de la Paix
1202 Geneva, Switzerland
T +41 22 734 60 01 F +41 22 733 20 57
E-mail: shop@icrc.org www.icrc.org
© ICRC, March 2013
Cover photos: M. Baldan / ICRC; Michael Zumstein / Agence VU'; E. Erichsen / Aira Hospital, Ethiopia

WAR SURGERY

武力紛争やその他の暴力を伴う事態における
資源が制限された中での医療支援

VOLUME 2

C. Giannou
M. Baldan
Å. Molde

日本語版監訳：中出雅治（M.Nakade）

ICRC

日本語版刊行によせて

赤十字の生みの親であるアンリー・デュナンは、「これほど進歩とか文明が口にされる時代でありながら、残念なことに戦争は必ずしも常に避けることができない。それだからこそ人道と真の文明の精神をもって戦争を予防し、少なくともその恐ろしさを和らげようと根気よく努力することが急務ではないだろうか」と語っています。爾来 150 有余年、未だ戦争が途絶えたことはありません。

だからこそ、赤十字はせめて、その犠牲者の苦痛を軽減し、命と健康を守り、人間としての尊厳を守ることに邁進してきました。その間、赤十字国際委員会は、戦争という非日常的な環境の中で、限られた医療資源を用いて、いかに質の高いケアを提供するかを真剣に追究してきました。そして、長年にわたる戦場で培われた経験の蓄積が、戦傷外科のテキスト「WAR SURGERY」となって医療職の研鑽に広く用いられてきました。

この度そのテキストが、赤十字国際委員会の理解と日本赤十字社の医師、看護師の協力により、日本語訳となって刊行されました。本書が、戦傷外科に馴染のない多くの日本の医療職が触れることになるものと期待し、世界各地で多発している戦争で傷ついた人達を、一人でも多く救うための一助となることを願っております。

日本赤十字社社長
近衞忠煇

序文

War Surgery「武力紛争やその他の暴力を伴う事態における資源が制限された中での医療支援」の第 2 巻が完成を迎えたことは非常に喜ばしいことである。第 1 巻と同様、この第 2 巻も、Christos Giannou、Marco Baldan と Åsa Molde の各医師による共同執筆と監修に支えられ、専門家の協力と科学的な知見を礎に完成された。本書が、時に危険な環境下で活動する医療従事者のための、新たな参考書籍となることを確信している。

第 2 巻の出版年が、赤十字国際委員会（ICRC）発足 150 周年と重なったことは、偶然がもたらした幸運といえよう。戦傷外科に携わる専門家にとって、この記念の年は歴史的に非常に重要な意味を持つ。1863 年、スイスの市民グループが、戦傷を負った兵士の救済を目的とした国際負傷軍人救護委員会をジュネーヴで立ち上げた。これが戦場において能力を奪われ、放置された傷病者の運命に関する新しい思想の幕開けであった。ICRC と国際赤十字・赤新月運動は、武力紛争下でも敵味方の区別なく人を救うという人道の信念と、専門分野としての戦傷外科の発展に貢献してきた。

ICRC の未来は、人道支援について継続的に学び、専門性を高めていけるかどうかにかかっている。本書は、新しい世代の専門家が未来の戦傷外科を担えるよう、赤十字・赤新月社の外科医の経験を共有することを目的としている。

1985 年の *Surgery for the Victims of War* の出版以来、ICRC は資源が限られた状況下での傷病者の治療プロトコルの構築に力を注いできた。もちろんなすべきことはまだ多く残っているが、悲惨な状況が散見されるなか、命を救い、苦痛を和らげるために必要かつ適切な知識を広げ、改良を重ねる努力を継続的に行ってきた。

それゆえ、本書はまず、本書を必要とする人々やコミュニティに対して責任がある。紛争やその他の暴力を伴う事態の偽性を払っている人々を支援する上で、国際赤十字・赤新月運動のメッセージとして、医療の中立性と医療を必要としている人々へのアクセスを確保することの重要性を強調したい。「危機に直面した医療現場（Health Care in Danger）」キャンペーンの言葉を借りれば、「これは生きるか死ぬかの問題である」。

ペーター・マウラー
赤十字国際委員会総裁

日本語版序文

第 1 巻（Volume1）の日本語版序文にも述べたとおり、本書は ICRC の書籍の中のベストセラーであった*Surgery for Victims of War* の後継の書でありながら、これを単に改訂したものではなく、全く新しいテキストと言ってもよいほど、内容やボリュームを充実させた、ICRC のこれまでの戦傷外科の集大成である。このため、各論を扱った第 2 巻（Volume2）は、Volume1 が刊行されてから約 3 年の遅れをもってようやく発行された。

Volume2 は、最初に爆傷と地雷外傷について解説し、続く各章で、解剖学的部位別に解説しているため、事前の学習はもとより、現場においても役立つ内容である。それぞれの章は、過去の ICRC の経験と、内外の多くの文献を併せた考察を、データや写真と共に載せており、示唆に富み、かつ説得力のあるものとなっている。読者諸兄は、日本における自身の専門分野の章でさえ、新たな発見があるはずである。

一方、本書の読者は、母国ですでに一人前である外科医を想定しており、基本的な外科の知識、すなわち先進国でも途上国でも変わらぬ外科の基礎知識や技術は既に習得していることを前提として解説されていることを喚起しておかねばならない。

Volume1 と同様に本巻の日本語版も、直訳して不自然な日本語となるような部分は原著の意味を損ねない範囲で意訳し、できるだけ日本語として自然な文章になることを優先した。また、日本で通常使用されない単位は我が国で一般的な単位に換算して変更した。さらに欧米と日本の背景などの相違、あるいは日本で使用されていない薬剤や資機材など、そのままでは意味がわかりにくい部分には訳注をつけているので、参考にされたい。

最後に謝辞を述べたい。Volume1 と同様に、本巻も、2014 年 6 月に、大阪赤十字病院で開催したオープンセミナー「紛争地における兵器と傷病」の参加者に翻訳者を募ったところ、無償のボランティア業務にもかかわらず、多くの参加者から協力の申し出を頂いた。その輪が広がり、特に国境なき医師団日本には、当時の黒崎伸子会長を筆頭に多大な貢献を頂き、これがなければ本書がこのように早く形になることはなかった。また、本書製作とその後の頒布においても惜しみない協力を頂いた日本赤十字社本社国際部、さらに ICRC 本部との調整はもとより、原稿の最終チェックという最も困難な業務を快く引き受けていただいた ICRC 駐日事務所の真壁仁美、本間仁美両広報担当官にも深謝したい。事務手続きに関する諸作業を行ってくれた大阪赤十字病院国際医療救援部の山井美香、李壽陽両嬢、最終校正で多くの貴重なアドバイスを頂いたサン美術印刷の宮田完治氏にも感謝する。

本書の PDF 版は、ICRC のホームページ、大阪赤十字病院国際医療救援部のホームページ等で無料でダウンロードできるのでご自由に利用いただきたい。ただし営利目的でのコピーや転載は許可していない。

なお、原書英語版と同様に、日本語版翻訳者、発行者は、本書の翻訳、出版に関して外部からの金銭的、物質的支援を一切受けていない。

監訳者： 大阪赤十字病院国際医療救援部長　中出雅治

翻訳者一覧（五十音順）

渥美　智晶（ATSUMI Tomoaki）
安藤　恒平（ANDO Kouhei）
伊藤　裕介（ITO Yusuke）
上田　創平（UEDA Souhei）
大津　聡子（OTSU Satoko）
尾北　賢治（OKITA Kenji）
久保　健児（KUBO Kenji）
黒崎　伸子（KUROSAKI Nobuko）
小杉　郁子（KOSUGI Ikuko）
古宮　伸洋（KOMIYA Nobuhiro）
齊藤　彰彦（SAITO Akihiko）
篠崎　秀博（SHINOZAKI Hidehiro）
白川　優子（SHIRAKAWA Yuko）
菅村　洋治（SUGAMURA Yoji）
鈴木　貴士（SUZUKI Takashi）
田辺　　康（TANABE Yasushi）
豊島　ひまろ（TOYOSHIMA Himaro）
村上　裕子（MURAKAMI Hiroko）
矢野　佐知子（YANO Sachiko）
山田　圭吾（YAMADA Keigo）
吉野　美幸（YOSHINO　Miyuki）
渡瀬　淳一郎（WATASE Junichiro）

監訳：中出　雅治（NAKADE Masaharu）

目　次

第 2 巻（Volume 2）　はじめに　13

Part A　爆発現象　19

A.1　紛争における武器小史　21
A.2　弾薬の構成　22
A.3　空中での爆発　22
A.4　周囲の環境による影響　24
A.5　特殊な爆破兵器　24

第 19 章 爆発と一次爆傷　27

19.1　はじめに　29
19.2　単発の爆発被害　29
19.3　疫学　31
19.4　病因論と病態生理学　34
19.5　臨床所見と治療　37
19.6　耳症状と鼓膜破裂　38
19.7　破裂肺　39
19.8　空気塞栓症　41
19.9　腹腔内臓器損傷　42
19.10　眼外傷と顎顔面外傷　42
19.11　その他の外傷　42
19.12　不発弾の除去　43

第 20 章　対戦車地雷（ATM）による外傷　45

20.1　はじめに　47
20.2　疫学　47
20.3　装甲車両に対する対戦車地雷の影響　48
20.4　臨床所見　49

第 21 章　対人地雷による外傷　53

21.1　はじめに：人道的挑戦　56
21.2　創傷のメカニズム　57
21.3　創傷の臨床病理学的パターン　58
21.4　疫学　60
21.5　爆風地雷損傷：病因と臨床的意味　65
21.6　臨床症状と治療方針　69
21.7　パターン 1 外傷性切断症例の外科的治療方法　71
21.8　足部の地雷爆風損傷における特徴　74
21.9　手への爆風地雷損傷の特徴：パターン 3 損傷　74

21.10 パターン 2 損傷に対する外科的処置 75
21.11 身体的及び精神的リハビリテーション 75
21.12 まとめ：人道的挑戦 76
付録 21.A 地雷の非人道的な後遺症 77

Part B 四肢 81
B.1 はじめに 84
B.2 創傷弾道学 85
B.3 疫学 85
B.4 救急治療室におけるケア 88
B.5 外科的治療方針の決定 89
B.6 患者準備 93
B.7 外科治療 93
B.8 局所の陰圧真空ドレッシング 98
B.9 四肢の圧挫（クラッシュ）外傷：横紋筋融解 99
B.10 症コンパートメント症候群と筋膜切開 100
B.11 四肢の再建手術 104
付録 B.1 エアターニケット 105
付録 B.2 圧挫（クラッシュ）外傷 106

第 22 章 骨と関節の外傷 111
22.1 はじめに 114
22.2 外傷弾道学 114
22.3 疫学 118
22.4 骨折を伴う戦傷の管理 121
22.5 骨折固定法：外科的治療方針の決定 123
22.6 関節を含む創傷 130
22.7 手足の外傷 132
22.8 問題症例 134
22.9 骨感染症 136
22.10 骨移植 140
付録 22.A Plaster-of-Paris (POP：石膏ギプス) 142
付録 22.B 牽引 154
付録 22.C 創外固定 166
付録 22.D ICRC による慢性骨髄炎に関する研究 174
付録 22.E 骨移植 177

第 23 章 四肢切断と関節離断術 181
23.1 はじめに 184
23.2 疫学 185
23.3 外科的治療方針の決定 186
23.4 標準的な外科手術：初回手術 188

23.5 待機的一次閉創術(Delayed primary closure: DPC) 191
23.6 筋形成切断術 192
23.7 ギロチン切断術 198
23.8 その他の四肢切断と関節離断 199
23.9 術後管理 205
23.10 リハビリテーション 206
23.11 合併症と断端の修正 208

第 24 章 血管損傷 211
24.1 はじめに 214
24.2 創傷弾道学と動脈損傷のタイプ 214
24.3 疫学 216
24.4 救急室でのマネージメント 220
24.5 診断と外科的治療の決断 221
24.6 外科的管理 224
24.7 術後管理 231
24.8 ダメージコントロールと一時的シャント 232
24.9 四肢複雑損傷:動脈損傷と骨折の合併 233
24.10 特有の動脈 233
24.11 静脈損傷 235
24.12 動静脈瘻と仮性動脈瘤 236
24.13 合併症 237

第 25 章 末梢神経の損傷 239
25.1 はじめに 241
25.2 創傷弾道学 241
25.3 臨床病理 241
25.4 疫学 242
25.5 臨床像 243
25.6 外科治療 244
25.7 神経縫合のテクニック 247
25.8 術後管理 249
25.9 外傷後の後遺症 250

Part C 頭部・顔面・頸部 251
C.1 一般外科医と頭部・顔面・頸部外科 254

第 26 章 頭部外傷 255
26.1 はじめに 258
26.2 損傷と創傷弾道学のメカニズム 259
26.3 疫学 261
26.4 病態生理学 264

26.5 診察 265
26.6 救急室でのマネージメント 267
26.7 手術の決定 268
26.8 手術室 269
26.9 脳のデブリドマン:「burr-hole」外傷 271
26.10 接線方向の外傷 275
26.11 その他の貫通外傷 278
26.12 穿頭術 280
26.13 治療困難な症例 281
26.14 術後管理と保存的治療 284
26.15 頭蓋内圧亢進 286
26.16 脳脊髄液漏 287
26.17 感染症 287
26.18 一次爆傷による脳神経外傷 289
26.19 外傷後理学療法 289
付録 26.A 穿頭術 291

第 27 章 顎顔面損傷 295
27.1 はじめに 297
27.2 創傷弾道学 297
27.3 疫学 299
27.4 診察と救急処置 300
27.5 手術の決定 302
27.6 止血とデブリドマン 304
27.7 下顎骨骨折 307
27.8 顔面正中領域の骨折 314
27.9 皮膚縫合 317
27.10 術後管理 318
27.11 合併症 319

第 28 章 耳の創傷 321
28.1 疫学と受傷機転 323
28.2 外耳 323
28.3 中耳 324
28.4 内耳 325

第 29 章 眼外傷 327
29.1 はじめに 330
29.2 受傷機転と弾道 331
29.3 疫学 332
29.4 初期治療と緊急処置 333
29.5 臨床像と診察 334

29.6 眼外傷の初期管理 336
29.7 眼外傷の評価と手術の決定 336
29.8 麻酔 337
29.9 眼外傷の処置 337
29.10 中等度の眼外傷 339
29.11 眼球摘出術 342
29.12 球後出血 344
29.13 合併症の治療 345
29.14 眼と眼瞼の熱傷 346
付録 29.A 系統的な眼科診察 347

第 30 章 頚部損傷 349
30.1 はじめに 352
30.2 外科的解剖 352
30.3 創傷弾道学 354
30.4 疫学 355
30.5 臨床症状と救急室治療 356
30.6 手術の決定 360
30.7 術前患者管理 361
30.8 血管損傷に対しての外科的マネージメント 361
30.9 喉頭気管損傷の外科的マネージメント 365
30.10 咽頭食道損傷の外科的マネージメント 366
30.11 術後管理 368
30.12 気管切開 368

Part D 体幹 371
D.1 はじめに 373
D.2 疫学 373
D.3 胸腹部損傷 374
D.4 横隔膜損傷 376
D.5 体幹部を横断する創傷 377
D.6 接合部外傷 377
D.7 一般外科医と胸部：心理的隔壁 378

第 31 章 胸部外傷 379
31.1 はじめに 382
31.2 創傷弾道学 382
31.3 疫学 384
31.4 臨床所見 387
31.5 救急室治療 391
31.6 胸腔ドレナージ 392
31.7 開胸術 396

31.8 胸腔内の観察 400
31.9 胸壁の創傷 401
31.10 肺の外傷 402
31.11 大血管、心臓、心膜 406
31.12 食道損傷 409
31.13 その他の損傷 410
31.14 胸部外傷のダメージコントロール 411
31.15 開胸術の術後管理 411
31.16 停留血胸 412
31.17 膿胸 413
付録 31.A 肋間神経ブロック 416
付録 31.B 胸腔ドレナージ 417
付録 31.C 開胸法 423

第 32 章 腹部外傷 431
32.1 はじめに 435
32.2 創傷弾道学 435
32.3 疫学 439
32.4 臨床所見 447
32.5 救急室におけるマネージメント 450
32.6 手術の決定 451
32.7 術前の患者準備と麻酔の準備 452
32.8 手術の総合プラン 453
32.9 ダメージコントロール手術：略式開腹術 458
32.10 「前線における開腹術」と搬送遅延症例 461
32.11 正中の大血管 462
32.12 肝胆道系 467
32.13 膵臓・十二指腸・脾臓 475
32.14 胃 483
32.15 小腸 484
32.16 大腸 486
32.17 骨盤 492
32.18 腹腔ドレーン 496
32.19 術後管理 497
32.20 術後合併症 498
付録 32.A 腹部コンパートメント症候群 500

第 33 章 尿生殖路損傷 503
33.1 はじめに 506
33.2 創傷弾道学 506
33.3 疫学 506
33.4 診察と診断 507

33.5 腎臓 507
33.6 尿管 514
33.7 膀胱 520
33.8 前立腺及び後部尿道 521
33.9 男性外性器と前部尿道 523
33.10 女性外性器と尿道 526
33.11 術後管理 527

第 34 章 自己血輸血 529
34.1 自己血輸血の論理的根拠 531
34.2 自己血輸血の方法論 532
34.3 病態生理学的変化 533
34.4 自己血輸血の適応 534
34.5 実際の自己血輸血の方法 535
34.6 合併症と危険性 540

第 35 章 妊婦における戦傷 543
35.1 はじめに 545
35.2 創傷弾道学 545
35.3 疫学と国際人道法 545
35.4 臨床像と救急室における母体のケア 547
35.5 胎児の診察 549
35.6 手術時の方針決定 550
35.7 腹部の手術 551
35.8 術後管理 552

Part E 脊椎 553

第 36 章 脊柱損傷及び脊髄損傷 559
36.1 創傷弾道学 562
36.2 疫学 563
36.3 病態生理学 564
36.4 臨床症状と検査 565
36.5 救急室における管理 569
36.6 外科的治療方針の決定 571
36.7 よりよい患者管理 572
36.8 スキンケア 573
36.9 膀胱のケア 574
36.10 栄養管理と腸管ケア 577
36.11 理学療法と関節可動訓練 578
36.12 合併症 579
付録 36.A 病院看護師によるケア 583

Part F 病院のマネージメントと患者ケア 590
F.1 病院のマネージメント 591
F.2 術後管理 592
F.3 低所得国における重症者管理 597
F.4 臨機応変な対応 599
F.5 おわりに 600
付録 F.1 弾道学 602
付録 F.2 赤十字外傷スコアと分類システム 605
付録 F.3 ICRC の抗生物質プロトコル 607

略語集 609

参考文献 611

第 2 巻（Volume 2）　はじめに

本書の第 1 巻（Volume1）は、制限された厳しい状況で活動する国際赤十字・赤新月運動や他の人道支援組織の外科医、民間、軍関係者など、対象となる読者に好評をもって迎えられた。第 1 巻は一般的なテーマや題材を扱ったが、第 2 巻では同様の論法で、個別の臓器・部位の傷病を扱っている。

第 1 巻の第 1 章－3 や第 6 章－5 で述べたように、社会・経済・戦略的に異なる背景では、紛争犠牲者に対して、異なる「外科」が要求される。様々な要求や制限に確実に対応できる単一モデルは存在しない。その要求の違いは、軍と民間の違いであったり、経済成長を遂げた先進国と新興国や低所得国の違いであったりする。種々の制約・制限とは、安全性に関するものであったり、病院到着までの治療の効率性、患者の退避、薬剤や消耗品の供給、機器のメンテナンスや修理、そして勿論、確保できる人材の質と数などである。紛争によるおびただしい数の死傷者を前にしても、医療従事者は多くの場合、患者に最善の治療を施せる資機材などない状況で活動しなければならない。このような物資や人材が不足した環境で、命を救う可能性を最大限維持するために、適切な臨床技術や適切な技術を用いたプロトコルが必要となってくるのである。

必然的に、本書に記載されたテクニックは、学会で専門家が発表するような最新のものではない。その多くは、一世代、二世代前の外科医に期待されるようなものである。これらのテクニックが今日でもなお科学的に通用するということは、我々の諸先輩に負うところが大きい。平時でも資源が制限され、労働環境が不安定な国では、いまだに質の高い外科診療の基礎となっている。

前述のように本書は、より高度な設備を持つ都市部の病院からは遠く離れ、後送することが困難あるいは不可能な、へき地の孤立した病院で活動する一般外科医のニーズに合わせたものであるが、同時に本書の読者の技術や経験が様々であることも認識している。だからこそ、例えば胸腔チューブドレナージと開胸術の両方について詳細な手順を記載している。

様々な臓器の外科的処置は、脳神経外科、顎顔面外科、眼科、耳鼻科、胸部、血管外科、整形外科などに細分化している。一般外科医は通常、これらの様々な臓器や部位の外傷を扱うために必要な手技については、通り一遍の知識しか持っていない。にもかかわらず、外科医の能力の範囲内で単純で基礎的な技術を駆使すれば、かなりのことが可能である。本書に記載された手術は、ICRC の外科医や、同様の環境で活動する他の外科医等の経験から、すでに成功が証明されているものである。

より高度で洗練された手術手技、特に再建手術については、専門家としての技術が必要であり、本書では扱わない。

我々は、限られた資源の中で活動する、よく訓練された専門外科医が、この ICRC の経験を有用と感じることを期待している。限られた資源しかないという制限は、診断機器や、例えば輸血などの診療手段がないことにより、外科医が自分の能力と経験を最大限発揮することができないという事実を受け入れなければならないことを意味する。

さらに手術は可能であっても、麻酔や術後看護ケア、理学療法のレベルは限られている。従って、このような資源が制限された環境で活動する外科医は、例えば患者に咳や深呼吸をさせたり、ベッドから連れ出して歩行や運動訓練をさせたりということを自分でしなければならない責任を負っている。

第 2 巻で扱う内容は、兵器による外傷に特化している。鈍的外傷も戦争では起こるが、それらは、弾丸などの発射物や爆発による外傷とどのように見分けるかを示すために記載している。

各章が同じ章建ての構造になっている。最初にその章で扱う各部位や臓器の特徴を弾道学の観点から論じ、関連する疫学や最も重要な臨床病理学的症状の概論を述べる。次に、ICRC の経験によって適切と認められたレベルの技術を使った種々の臨床検査、さらに ICRC のプロトコルに沿った術前のケアから手術手技を解説する。最後に

限られた手段での基本的な患者のモニタリングと術後ケア、理学療法によって治療が完結する。章の最後に、最も一般的な合併症が記載されている。
第１巻の「はじめに」で述べているように、紛争やその他の暴力を伴う事態の犠牲者を治療する上で困難に立ち向かっている我々の同僚が、本書を有効に活用してくれることを期待している。

Christos Giannou

Senior ICRC surgeon,
former ICRC head surgeon

Marco Baldan

Senior ICRC surgeon,
former ICRC head surgeon

Åsa Molde

Senior ICRC surgeon,
former Coordinator of
ICRC surgical programmes,
and former Vice-President
Swedish Red Cross Society

注：

F の部分は、理解しやすいように 3 つの添付文書を追加している。傷病における弾道学の簡単な概要、赤十字外傷スコアと、ICRC の抗生剤プロトコルである。これらを第 2 巻に含めたことで参照が容易になっているが、詳細を知りたい場合は第 1 巻を参照のこと。

対人地雷による外傷の治療に関するビデオや、理学療法のテクニックを扱った ICRC のパンフレット、石膏ギプスや骨折の牽引、ポリプロピレンによる義肢技術は、本書付属の DVD に収められている。この DVD には、翻訳が容易で在宅ケアチームも実践できるよう簡単な英語で書かれた脊椎損傷の在宅ケアなど、ダウンロード可能なファイルも収録している。

第 1 巻で提示された題材は、重複して記載しておらず、関係する章に参照ページを挙げて相互参照できるようになっている。

本書の読者の多くは英語が母語ではないことを考慮して文体や単語が選ばれており、また良く知られた略語でも略さずに記載しているものもある。当然ながら本書はジェンダー的に中立であるので、男性名詞や男性を示す代名詞が使用されていても、それは男性のみを意味しているものではない（訳注：本書の原著は英語版である）。また、本書に登場する商品名は、もっぱら読者にわかりやすく説明することを目的として使用されており、その商品を ICRC が保証や推薦しているという意味ではない。本書の写真に登場する患者は、すべて同意の下で撮影されている。

本書は、すでに入手不可能な他の ICRC の刊行物に取って代わるものである。ここで述べられている知識や経験は、引き続き ICRC の外科プロトコルの基礎を成すものである。

・*Surgery for Victims of War, by Daniel Dufour, Soeren Kromann Jensen, Michael Owen-Smith, Jorma Salmela, G. Frank Stening, and Bjorn Zetterstrom. Second edition edited by Robin Gray; third edition revised and edited by Åsa Molde.*
・*Amputation for War Wounds, by Robin M. Coupland.*
・*War Wounds with Fractures: A Guide to Surgical Management, by David I. Rowley.*

著者は、本書執筆に関して外部からいかなる供与も受けておらず、またいかなる利害関係もないことをここに記す。

謝辞

第 2 巻 (Volume2) は、1988 年に初版が ICRC から出された *Surgery for Victims of War* を改訂したものである。加えていくつかの章は、Robin Coupland による *Amputations for War Wounds* (1992)と Dundee 大学の外傷整形外科学教授である David I. Rowley による *War Wounds with Fractures: A Guide to Surgical Management* (1996) の内容を多く取り上げている。

先人のパイオニアとしての草分け的な活動と、モデルとして提示されている明瞭かつ簡潔なアプローチに謝意を表したい。

第 2 巻は、ICRC 内外の経験豊富な同僚から多くの有益なコメントを得ている。貴重な助言は以下の諸氏より提供された。

Ken Barrand (UK)
Mauro Della Torre (Italy)
Herman Du Plessis (South Africa)
Jacques Goosen (South Africa)
Hans Husum (Norway)
Jorma Salmela (Finland)
Valery Sasin (Byelorussia)
Harald Veen (Netherlands)
Günter Wimhoefer (Germany)

Daniel Brechbuehler (Switzerland)、Victor Uranga (Mexico)、Björn Zackari (Sweden)の 3 氏も同様にいろいろな章でコメントを提供している。

Beat Kneubuehl (Switzerland)は、弾道学と爆発の影響において科学的な助言を提供した。ICRC の Ben Lark (UK)は、爆発現象において技術的な助言を行った。フランスのトゥーロンにある Hôpital d'Instruction des Armées で M.C. Jourdan が行っている外傷弾道学のコースからも知見を得た。ICRC の Dominique Loye (Switzerland)は、国際人道法と兵器に関して技術的な助言を提供した。

David Rowley (UK) と Richard Gosselin (Canada)は、整形外科のテクニカル・アドバイザーを務め、Michel Richter (Switzerland)は、額・顔面外傷において、Alain Reverdin (Switzerland)は頭部外傷において技術的な助言を行った。Fabrice Jamet (France) と Helena Iaasonen (Finland)は、妊婦の戦傷について、Assad Muhyddin Taha (Lebanon)は胴体の戦傷について助言した。スイスのノットウィルにある麻痺センターの Michael Baumberger と Karin Roth は脊髄損傷について、Mahiban Thomas (India – Australia)は額・顔面外傷について有益なコメントを提供した。

鋭い所見と引用可能な引用文は、Tim Hardcastle (South Africa) と Louis Riddez (Sweden)により、また Norman E. McSwain Jr (USA) と Jean-Louis Vincent (Belgium)からも引用の許可を得た。

上級外科医を対象とした第 2 回目の ICRC ワークショップが、2010 年 12 月にジュネーヴで開催され、抗生剤や栄養、胸腔ドレーンの管理や直達牽引に関する ICRC プロトコルが改訂された。参加者は以下の通りである。

Joseph Adase (Ghana)
Marco Baldan (Italy)
Ken Barrand (UK)
Massey Beveridge (Canada)
Daniel Brechbuehler (Switzerland)
Amilcar Contreras (El Salvador)
Mauro Della Torre (Italy)
Marco Garatti (Italy) representing the non-governmental organization EMERGENCY
Christos Giannou (Greece-Canada)
Richard Gosselin (Canada)
Fabrice Jamet (France)
Paul MacMaster (UK)
MSF (Netherlands)
Enrique Steiger (Switzerland)

Jean-Marc Fiala (Switzerland)
Tesfaye Makonnen (Ethiopia)
Alberto Nardini (Italy)
Hassan Nasreddine (Lebanon-Switzerland)
Valery Sasin (Byelorussia)
Kazmer Szabo (Hungary)
Harald Veen (Netherlands)
Julio Guibert Vidal (Peru)
Gunter Wimhoefer (Germany)

著者等は、第 1 巻の製作に関わった人々が第 2 巻にも参加してくれたことに感謝している。Christiane de Charmant は、最終原稿の編集と製作を担い、スイスの SimpleCom Graphics の Lisa Zeitoun と Pierre Gudel がグラフィックを提供した。彼らの変わらぬ貢献に感謝する。

認可と支援

ICRC の外科医以外にも、多くの同僚が本書のために写真を提供した。日本赤十字社の白子隆志と中出雅治、Chris Hani Baragwanath 病院（南ア）の Franco Plani、スリランカの外科大学の元学長であり、Sri Jayewardenapura 総合病院の Gamini Goonetilleke、ネパールの Lumbini Zonal 病院の K.N. Joshi、McGill 大学病院の Dan Meckelbaum、タイの Pattini 県立病院の Rusta Saleah、同じくタイの Songkla 大学病院の Burapat Sangthong、イスラエル外傷学会会長で Beilinson 病院 Rabin 医療センターの Michael Stein、ベイルート医療センター大学の Assad Taha、ヨルダン川西岸 Rafidia 病院の Moufid Yacoub、エチオピア・アジスアベバの軍総合病院の Assefa Weldu に謝意を表する。

アフガニスタン・カブールにある戦傷外科センターEMERGENCY とエチオピア・オロミアの Erik Erichsen and the Aira 病院に写真の使用許諾を得たことに対しても、同様に謝意を表する。

加えて、Crown Copyright の図 A.5 は、Journal of the Royal Army Medical Corps の編集長の許可を得て複写したものである。Combat Injuries of Extremities. Moscow: Military Medical Academy, GEOTAR の著者の Bryusov PG、Shapovalov VM、Artemyev AA、Dulayev AK、Gololobov VG、Mine Blast Trauma: Experience from the War in Afghanistan. St Petersburg: Russian Ministry of Public Health and Medical Industry, Vreden Research Institute of Traumatology; 1995 の著者の Nechaev EA、Gritsanov AI、Fomin NF、Minnullin IP 等に、彼らの図表の一部の使用許可を得た。

Primary Surgery の編者である Maurice King が、ICRC の技術者によって改作された数々の図表にヒントを与えてくれたことを記しておかねばならない。この本は Oxford University Press によって出版された本で、現在は German Agency for Technical Cooperation (GTZ)の好意により、http://www.primarysurgery.org/ps/vol2/html/index.html から入手することができる。オリジナルの複製は、技術的な問題でできない。美術の技術者として採用した Nikos Papas の協力は大変歓迎された。

Military of Medicine: International Journal of AMSUS (Association of Military Surgeons of the United States)の編集者は、いくつかの記事を利用可能にしてくれ、調査・研究において支援してくれた。インターネットを通じて大学図書館にアクセスできる権限を提供してくれたカナダのトロント大学の Ptolemy Project of the Office of International Surgery からも多大な恩恵を受けた。図書館へのアクセスは本書の第 1 巻と 2 巻の執筆に不可欠なものであった。

Part A

爆発現象

A 爆発現象

A.1 紛争における武器小史 21

A.2 弾薬の構成 22

A.3 空中での爆発 22
A.3.1 陽圧衝撃波 23
A.3.2 陰圧吸収波 23
A.3.3 爆風 23

A.4 周囲の環境による影響 24

A.5 特殊な爆破兵器 24
A.5.1 改良型爆破兵器 24
A.5.2 指向性爆弾 25
A.5.3 簡易爆弾(IED) 25
A.5.4 高密度不活性金属爆弾 25
A.5.5 地雷と不発弾(UXO) 25

基本原則
爆破兵器は、犠牲者から非常に遠い距離であっても威力を発揮できる。
現代戦において、爆破兵器は主要兵器になっている。
爆破兵器から出る破片は、創傷を起こす最も頻度の高い原因である。
空中での爆発は、陽圧衝撃波、陰圧吸引波と爆風の 3 つのフェーズからなる。

A.1 紛争における武器小史

素手や棒、石、ナイフ、剣などによる 1 対 1 の古典的な戦闘から、投石器、槍、弓矢などの手を使った飛び道具が出現した。その後、火薬の発明と普及は、さらに遠距離まで狙える爆破装置やライフルなどの武器と共に戦争において革命を引き起こした。

戦争の進化は、ある意味、種々の戦術的な戦闘の状況を生み出し、多数の犠牲者と様々なタイプの外傷に多大な影響を与えたこれらのテクノロジーの発展を基礎にしている。

現代の高破壊力の爆破兵器のテクノロジーの進歩と、特にそれらの配備システムは、人間の殺傷の「自然の抑止力」を容易に破ることができる大きな要因の 1 つとなっている[1,2,3]。

これらの進歩は、都市部での大規模な砲撃や空爆から、広範囲の地雷設置、引き金を引くことなしに作動させることができる、「完璧な」無差別遠隔兵器まで、あらゆる種類の戦闘のシナリオを可能にした。

ICRC

写真 A.1 様々な砲弾

実際には、これらの進歩の結果、この 100 年間で、戦傷の主なものは、銃創から、爆発物の金属片によるものに変わってきており、今では、戦傷の 80%がこれによるものである。ゲリラ戦では、いまだ銃創が多くを占める(5.5 章参照)。

爆破金属片は、空爆、砲撃、ロケット砲や手榴弾、地雷や仕掛け爆弾など、様々な爆破のメカニズムや仕組みの結果である。

第 1 巻の第 3.3.6 章と 3.4.8 章で、爆破金属片の創傷メカニズムについて解説しているが、爆破金属片を加えた、これら爆破兵器は、特徴的な一次爆破による影響力も持っている。本章では、爆傷について述べる。

1. John Keegan. The Face of Battle. London: Jonathan Cape Ltd; 1976.
2. Lt. Col. Dave Grossman. On Killing: The Psychological Cost of Learning to Kill in War and Society. New York, NY: Little, Brown and Co.; 1995.
3. Joanna Bourke. AnIntimate History of Killing: Face-to-Face Killing in Twentieth-Century Warfare. London: Granta Books; 1999.

A.2 弾薬の構成

ICRC

写真 A.2 民間や軍で使用されるプラスティック爆弾

ICRC

写真 A.3 患者から取り出した、不規則小片

爆破兵器は、高エネルギー、低エネルギー両方のものがあり、それぞれ異なる傷病パターンをとる。低エネルギーのものには、火薬、パイプ爆弾のような小さな爆弾や、石油をベースにした「Molotov cocktails」などがある。高エネルギーのものは、マーケットで売っているような肥料とディーゼルなどの簡単な材料で作る即席のものから、本格的に製造するものまである。後者は民間業者によって、砕石場やダム工事などの大規模な建設現場でも使用されるし、軍事目的での例えばTNT爆弾、ダイナマイト、ペンタエリトリオール、プラスティック爆弾（PE4、C4、Semtex）などがある。弾薬は、通常高エネルギーの爆破物を組み合わせて使用される。

すべての弾薬は、必要な時間に必要な方法で爆破させられるようにデザインされており、そのように火薬が仕込まれている。銃やライフルは低エネルギーの火薬系列であるが、そこでは撃たれた点火薬が火花を出し、薬莢の中に詰められた火薬に点火する。密閉された空間で燃焼した火薬は、高圧のガスを発生する。この圧力が、弾丸の底部に伝わり、銃身を通って弾が発射される（図 3.6）。

高エネルギーの爆弾は 3 つの関連した要素からなる。起爆剤、導線弾薬と、その弾薬の破壊力の主となる弾薬である。爆弾の外壁はこれらのコンポーネントを一緒に内包している。現代兵器では、あらかじめ爆発時に小片（100～500mg、2～3mm）となって散らばり、より人に命中しやすいよう、そしてより殺傷力を高めるようにデザインされているものもあるし、そうでないものは不規則に破壊されて小片となる。

A.3 空中での爆発

爆弾の点火は、発熱を起こす化学反応[4]で、これが爆発物を数十万分の一秒という瞬時に高圧ガスに変換する[5]。

空中での爆発では、ガスによって発生するエネルギーの一部が爆弾の外壁を破壊し、その動的エネルギーによって多数の小片となる。これらの初速は 2,000m/秒に達する。またエネルギーの一部は、熱を発生してこれらの小片を火の玉とし、同時に音、閃光や煙を発する。残りのエネルギーは急激に膨張するガスを発生し、周囲の空気を圧縮して爆風や衝撃波を発生させる。この圧の波は発生源から同心円状に全方向に広がっていく。この爆風は音速よりも速く、3 つのコンポーネントからなる。

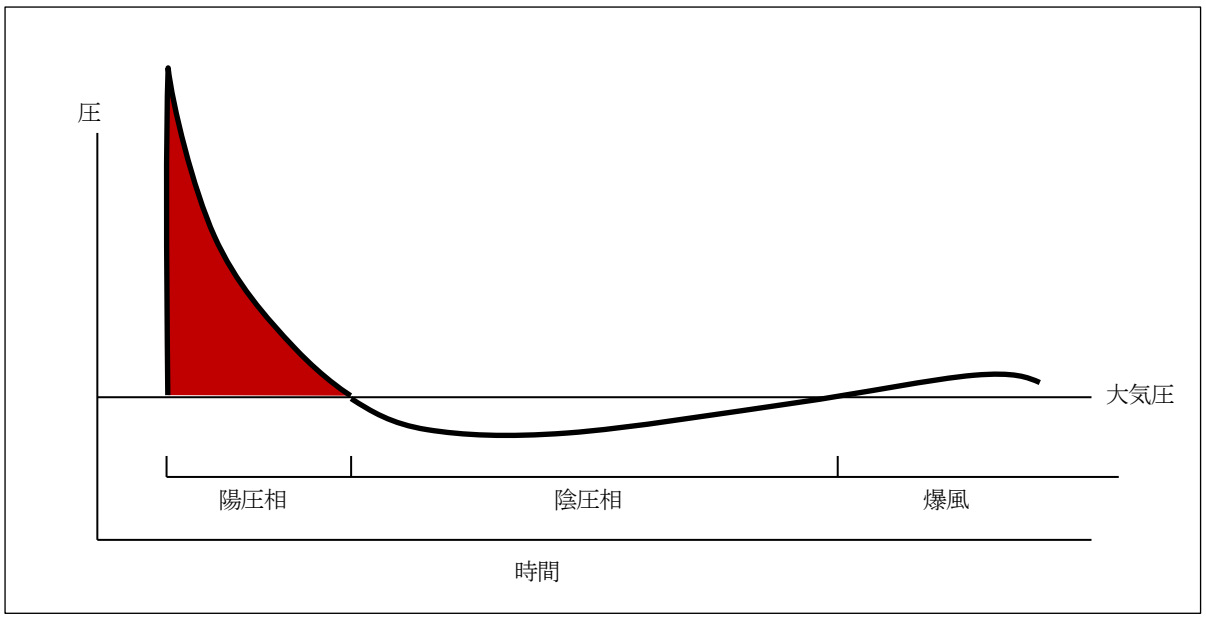


図 A.4 フリードランダー曲線：障害物がない状態での空中での爆発における圧力と時間の関係。この曲線の下方が、単位面積当たりの衝撃の合計となる。
陽圧衝撃波：周囲の媒体（空気、水、またはグラウンド）を通して伝わる超過気圧の波。高エネルギーのものだけが、衝撃波となる。
陰圧または希薄相：吸引波で、これも高エネルギーの爆発のみで起こる。
爆風：大量の燃焼産物と熱風を伴う動的な超過気圧のフェーズ。高エネルギー、低エネルギー両方の爆発で起こる。

A.3.1 陽圧衝撃波

陽圧衝撃波とは圧力と密度の移動するピークのことで、3,000～9,000m/秒という音速を超える初速を持ち、発生源から距離が離れると極めて短時間に減速する。陽圧衝撃波は急激に発生して瞬間的に最高圧に達するが、持続時間は千分の一秒単位の極めて短いものである。この高圧のピークは何百もの帯である [6] が、これもまた波が発生源から離れると急速に速度を落とす（距離の 3 乗に反比例）。その最先端は「blast front」と呼ばれ、光を屈折させるために視認できる（写真 A.5）。

写真 A.5 blast front を矢印で示す。

A.3.2 陰圧吸収波

一連の陽圧相に続いて、空気や破片を吸い込む陰圧相が来る。圧力差は、陽圧相と比較するとはるかに少ないが、3～10 秒間続き、陽圧のピークよりも破壊的なエネルギーを持つ。

A.3.3 爆風

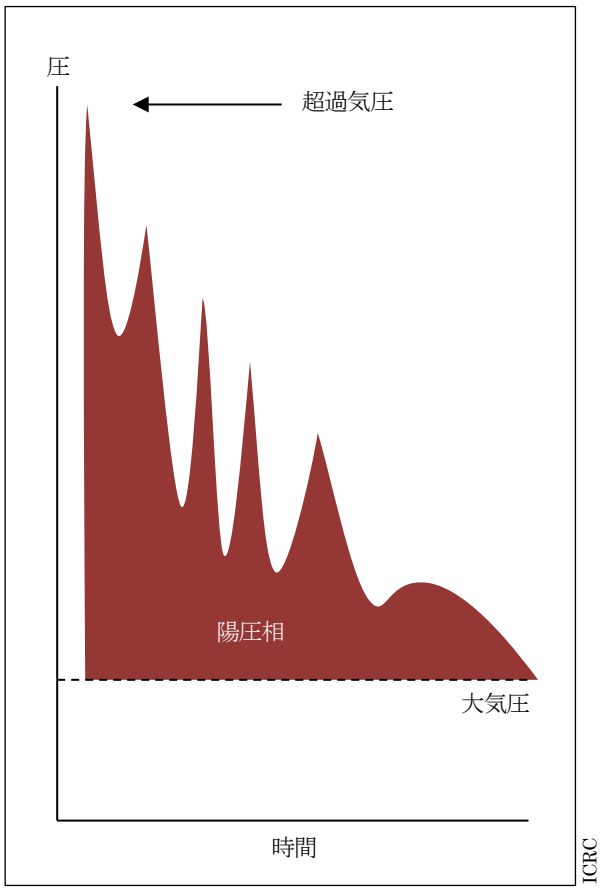
爆弾から発する急激に拡張するガスは、同体積の空気を移動させ、爆風を作り出す。この大量の空気の動きは「動的な超過圧（dynamic overpressure）」を生成する。これは衝撃波のすぐ後ろを動いていくが、その速度ははるかに小さい。とはいえ、その速度は数百 km/時（おおよそ 100m/秒）に達する。強度は衝撃波よりもはるかに小さいが、持続時間ははるかに長く、到達距離も大きい。衝撃波の破壊力によって、あらゆる物体をなぎ倒して粉々にし、まき散らす。

A.4 周囲の環境による影響

衝撃波の伝搬は、障害物の存在や、道路、廊下、パイプやトンネルなどで進行路が曲げられたりした場合、非常に複雑になる。音波と同様に、衝撃波も障害物を乗り越えたり、周囲を回ったりするため、その後ろに隠れている人に影響を与える。その一方で、障害物はその背後に衝撃波の乱流を作り、比較的安全な区域を形成することがある。爆発からはるかに遠いところにいる人が死亡したり重傷を負ったりしているのに、近い人が軽傷や無傷であったりするのは、これが理由である。防弾チョッキは小片の貫通は防ぐが、衝撃波を防ぐことはできない。

爆風は壁に垂直に当たった時に、角度がついて当たった時よりもはるかに強力な圧力を加える。加えて、垂直に当たる衝撃波は、圧縮されて壁から跳ね返されるため、波が増幅されてより強力な圧を作り出す。このためにビルやバスの中などの閉鎖空間での爆発は、壁から跳ね返された反射波が追加され、圧はより増幅され、持続時間も長くなる（グラフA.6）。

地下や水中での爆発では、衝撃波はより速く、より遠くまで到達する。なぜなら、音は密度の高い媒体中でより早く伝達されるからである。致死的な外傷を受ける範囲は、水中での爆発の方が空中での爆発の3倍広く、同じ距離であればより重傷になる。



グラフ A.6
閉鎖空間の爆発における典型的な圧時間曲線

A.5 特殊な爆破兵器

軍の特殊な要求を満たすため、基本的な兵器の多くのバリエーションが開発されてきた。次に主なものを挙げる。

A.5.1 改良型爆破兵器

気化爆弾は、最初の点火で細かいエアロゾルをまき散らし、これが大気中の酸素と混合されて第2の爆発を引き起こす。エアロゾルは衝撃波の伝播よりもはるかに広い範囲に拡散し、最初の高圧は長く持続し、通常の爆発よりも遠くまで到達する。加えて爆発による大気中の酸素の消費は窒息による死亡を引き起こす。一次爆破の範囲内での生存者は極めて少ない。

---

4. 吸熱性の化学反応が熱を吸収するのに対し、発熱性化学反応は、化学結合のエネルギーを熱に変換する。
5. 薬莢内の火薬のような小規模の燃焼は比較的ゆっくりで200～400m/秒、軍事兵器のような高次の燃焼は9,000m/秒に達する
6. 物理学での正式な用語はニュートン/m^2で、これはパスカルという単位になる。弾道学や気象学では、バール（bar）という用語が使用される。1バールは、100キロパスカルに相当し、これは海抜ゼロメートルでの大気圧とほぼ同じである。科学の専門家以外が使う言葉としては、kg/cm^2と同等である。
7. Harrisson SE, Kirkman E, Mahoney P. Lessons learnt from explosive attacks. J R Army Med Corps 2007; **153**: 278 – 282.

A.5.2 指向性爆弾

これらの爆弾では、爆発の超過圧と破壊力を増幅し、一定の狭い範囲に向けられるように設計されている。したがって、衝撃波は発射点から同心円状ではなく、円錐状に広がる。衝撃波による圧はこの円錐形の内部では凄まじい破壊力を及ぼすが、外側ではほとんど影響がない。対戦車地雷の 1 つのタイプは、この指向性を備えている。

ICRC

写真 A.7 爆発で形成される発射体と一体化するディスク

爆発しやすいように形成された発射体は、ディスクと一体化して、ある種の指向性爆弾となり、空気力学的に効率のよい金属片に変形し、装甲を突き破る。これらの発射体は対戦車地雷などに使われており、また戦車や人を運ぶ防弾車両を狙う路肩爆弾（roadside bomb）にも使用されることが多くなってきている。一旦これらが装甲を突き破ると、乗員に甚大な傷害をもたらすと共に近傍の人々にも被害を及ぼす。

A.5.3 簡易爆弾（Improvised explosive device: IED）

その名が示す通り、これらは自家製爆弾（home-made bomb）である。材料は、軍の弾薬（迫撃砲や大砲の砲弾、あるいは地雷など）か、マーケットで購入可能なものである。簡易爆弾は反乱勢力や、非国家集団などによって使用されるが、小さなものから大きなものまで多数の種類があり、パイプ爆弾、車爆弾、路肩爆弾、ブービートラップなど、多かれ少なかれ効果のある爆弾である。

A.5.4 高密度不活性金属爆弾（Dense inert metal explosive: DIME）

この爆弾は、小さな高密度不活性金属、タングステンなどと、爆発性物質を混ぜたものである。このためこれらの破片は、小片に砕け散る砲弾のカプセルから出てくるというよりも、爆発物そのものと一体になっている。この結果、比較的低いエネルギーの一次爆発から、増幅された破壊力を生み出す小片のシャワーが爆発の瞬間に発生する。これらの小片は、近距離では致死的となるが、その効力はすぐに減じ、カプセルからの小片がなければ、周囲の人への傷害は限定的である。生存者は、典型的には外傷性切断、あるいは高度の軟部組織損傷を負い、中毒の原因となり得る重金属の細粉が体内に残る[8]。

A.5.5 地雷と不発弾（UXO）

地雷とは、その作動方法によって法的に定義された爆発物をいう。商業生産によるものであれ、手製のものであれ、地雷というのは犠牲者自身が作動させるものである。対戦車地雷あるいは対車両地雷は、「車両の接触や接近、あるいは存在によって点火、爆発するよう設計されたもの」で[9]、対人地雷は、「人の接触、接近、存在によって爆発するよう設計されたもの」と定義されている。

M. Kokic / ICRC

写真 A.8 不発弾

対人地雷は国際条約で禁止されており、この協定は多くの国で軍の戦略を変えた[10]。しかしながら対人地雷は、頻度は多くなく以前ほど大量ではないものの、いくつかの国でなお使用が継続されている。

他の不発弾や、もはや使われなくなった兵器もまた、終戦後長い時間が経過した戦場に散乱している。これらは悪名高い、遺残兵器（explosive remnants of war: ERW）であ

る[11]。「クラスター爆弾」は一つ一つが 20kg 以下の子爆弾をまき散らし[12]、多くの場合、すべては爆発せずに不発弾として残る。ブービートラップにも同じことがいえる[13]。

ICRC

M. Baldan / ICRC

M. Baldan / ICRC

写真 A.9.1-A.9.3　クラスター爆弾

監視員やデータ集積システムは、通常地雷や不発弾の種類の違いを区別することはできず、これらの兵器は戦闘収束後十分な時間が経過した後でも、民間人や地雷除去の専門家にとって危険である。傷病のメカニズムや、臨床的に重要な後遺症は、爆弾、地雷、不発弾で同じである。

第 19 章で爆発の一次爆風効果と共に、より広範囲に詳細を扱い、第 3 章 1.4 の内容をさらに詳しく述べる。第 20 章では対戦車地雷を、第 21 章では第 3 章 1.3 を発展させ、対人地雷の特別な例を詳細に議論する。

8. タングステンの毒性に関するデータは限られたものしかなく、相反するデータもあり、しかもそのほとんどは長期に曝露したものである。急性毒性は稀だが、嘔気や突然の痙攣、昏睡、脳症、急性腎尿細管壊死を起こすことがある。発癌性もあり得る。治療は症状を緩和する支持療法になる。巻末の参考文献を参照のこと。
9. 特定通常兵器の使用禁止制限条約、地雷、ブービートラップ他の使用禁止制限に関する議定書　1980 年 10 月ジュネーヴ。1996 年 5 月 3 日改正
10. 対人地雷の使用・保有・生産・移動の全面禁止と廃棄に関する条約　1997 年 9 月 18 日 2012 年 12 月 31 日現在 160 か国が署名
11. 遺残兵器に関する議定書（Protocol V to the 1980 Convention）2003 年 11 月 28 日
12. 2008 年 5 月 3 日に成立したクラスター爆弾禁止条約は、クラスター爆弾の使用を禁じている。2012 年 12 月 31 日現在、77 か国が署名
13. 「ブービートラップ」とは、1980 年の、特定通常兵器使用禁止条約の付属議定書 2 で、「人が、一見害がない物体をどけたり接近したり、安全と思われる行動をとった時に、予期せずに殺害あるいは障害を与えるように作られた」ものと定義されている。

第 19 章
爆発と一次爆傷

19. 爆発と一次爆傷

19.1 はじめに 29

19.2 単発の爆発被害 29

19.3 疫学 31
19.3.1 死亡率 31
19.3.2 生存者 33

19.4 病因論と病態生理学 34
19.4.1 一次爆傷：気圧外傷（barotrauma） 34
19.4.2 二次爆傷：破片による外傷 36
19.4.3 三次爆傷：爆風による外傷 36
19.4.4 四次爆傷とその他の爆傷 37

19.5 臨床所見と治療 37
19.5.1 全身打撲症候群：蘇生処置に抵抗性 37
19.5.2 「砲弾ショック（Shell shock）」と精神的ダメージを伴う軽傷例（walking wounded） 37

19.6 耳症状と鼓膜破裂 38
19.6.1 治療 39

19.7 破裂肺 39
19.7.1 臨床所見 39
19.7.2 胸部レントゲンとパルスオキシメーター 39
19.7.3 肺外傷を疑う患者のアセスメント 40
19.7.4 患者管理 40

19.8 空気塞栓症 41

19.9 腹腔内臓器損傷 42

19.10 眼外傷と顎顔面外傷 42

19.11 その他の外傷 42

19.12 不発弾の除去 43

基本原則
1 回の爆発が、様々な外傷を伴う多くの負傷者を作り出す。
1 人の負傷者が 4 つのタイプすべての爆傷を負うことがある;破片による外傷でよく見られる。
大規模爆発では一次爆傷の生存者は少ない
会話の通じない、あるいは反応のない患者では外傷性難聴を疑う
破裂肺症例では、受傷後 48 時間で気づかないうちに進行し、しばしば致命的となる

19.1 はじめに

爆発の原因は様々である。

- 物理的、機械的なもの:圧力釜の破裂。
- 化学発熱によるもの:固体または液体の化学物質が発熱反応によって大量のガスに変化する性質を利用した従来型の軍用爆弾で、爆弾、砲弾、地雷や焼夷弾(ナパーム弾、白リン弾)など。
- 核:核分裂または核融合装置、原爆、水爆など。

新型の化学兵器には、従来型の爆弾であるが爆発時に毒性の化学物質をまき散らすものを含むこともある。放射性物質を散布する、いわゆる「汚染爆弾(dirty bomb)」も同様のメカニズムで、核兵器ではないが、爆発に伴って放射性物質をまき散らすものである。本章では、従来型の兵器のみを取り扱うこととする。

爆破型兵器には様々な名称がつけられている。標的までの到達手段によって名づけられた例として、手紙爆弾、パイプ爆弾、自動車爆弾、飛行機爆弾などがある。その他には、大砲、迫撃砲、巡航ミサイル、手榴弾、携行式ロケット弾、地雷などがある。こうした軍用兵器は、工場生産されるものもあれば、手作業で作られるものもある。中には即席爆弾の類もある。ただし、それが工業製品であろうと手作りのものであろうと、爆発の物理的なメカニズムの違いやそれによって起こる臨床的な結果に大差はない。

爆傷は主に以下の 4 つのタイプに分けられる

1. 直接の圧力による一次爆傷。
2. 飛び散る破片による二次爆傷。
3. 爆風による三次爆傷。
4. 熱傷、毒ガスなど、その他の爆傷(四次爆傷)。

第3章1.4も参照のこと。

本章では、主に一次爆傷について臨床的に考察する。

19.2 単発の爆発被害

個人が携行する軍用ライフルと爆破兵器との大きな違いは、一人の戦闘員がそれを用いた一回の攻撃によって生み出す犠牲者の数である。武力紛争における爆破兵器の使用状況は、シンプルな銃火器の場合と比較してはるかに多様であ

M. Della Torre / ICRC

写真 19.1　爆発により生じる火球と噴煙

る。現代の戦闘においては、爆発とそれに伴う爆風効果によって様々な外傷を認めるが、いくつかの爆弾には一次爆傷による被害が多いものもある（最近起こった事例として、2000年のアデン湾における米海軍駆逐艦コール襲撃事件がある）。

戦時下では、その地域の医療資源の程度に関係なく、普段からほとんどの医療サービスと施設が、大量の死傷者が来院することを想定して準備しているため、有事の際にはその収容力の及ぶ限りの患者を取り扱うことができる。一般市民でさえ、状況に応じた防衛手段を学んでいる。しかし、都市部においては、たとえ単発の爆発であっても、不意にシステムが破壊されることによって、多くの問題が生じる。混乱が起こり、生存者や近傍にいた人々は強い興奮状態からパニックに陥る。軍、警察、消防と、現場の救急隊、パラメディカルチーム、救急車との間の連携や連絡体制が十分に整わないことが多い。さらに、通信による連絡手段が遮断されたり、混雑しすぎて機能しないことも多い。

ビルが倒壊した場合は、大量の死傷者を伴うために救助や負傷者の搬送が遅れる。また救助する側にも負傷者が出る。道路が交通渋滞で麻痺している都市部では、ほとんどの負傷者が、タクシーや個人の車両、即席のストレッチャーなどを用いて搬送されるが、最寄りの病院は早くから来院できるような軽傷患者で溢れている。これは、「逆トリアージ現象（reverse triage phenomenon）」と呼ばれる（第7章7.8および9.13参照）。

写真 19.2
爆発現場でよく見られる建物の倒壊

Magnum / C. Anderson / ICRC

死亡例を見ると、爆発地点で即死しているケースがほとんどである。生存者の半数は1時間以内に病院に到着するため、その数から全傷病者数のおおよその推計ができる。ただし、ほとんどの生存者は軽傷であり、大多数は外来で治療することができる。遅発性の神経障害や精神的後遺症を訴えて来院する患者も多く、中には心的外傷後ストレス障害（post-traumatic stress disorder：PTSD）の症状と徴候にオーバーラップするケースもある。

四肢と頭頸部は最も受傷頻度の高い部位で、特に表層外傷を伴う患者に多い。重傷で入院が必要なケースは全体の10%程度である。

19.3 疫学

爆傷の疫学は、第5章で述べた一般的な戦傷における疫学と共通するところが多い。ほとんどの爆傷は、様々な爆発物の破片によって生じる。生存者の多くは一次爆傷の及ぶ範囲外で受傷している。一次爆傷の及ぶ範囲内にいた場合、一次爆傷だけでなく破片による二次爆傷の破壊力が強力で、この双方によって致死的な外傷を被る。しかし、それ以外にも様々な受傷状況が考えられる。本章では、単発の爆発被害に際して、至近距離で受傷した場合の病態について考える。負傷者が、4つの外傷メカニズムのすべてに曝されたことを想定して、疫学的考察を行う。

爆発は複数のメカニズムからなり、多くの負傷者を生み、身体の様々な部位に外傷を形成する。

爆弾の爆発では、多数の死傷者が出る。また、一人の患者に多数の外傷を認めることがある。爆傷は様々な種類の外傷が混在した様相を呈することが多いが、中でも破片による外傷が多い。死傷者の数と、複数の種類の外傷の受傷率は、多くの因子によって決定される:

- 爆発の威力(大きさと、最大圧の持続時間);
- 爆心地からの距離と、防具の質;
- 爆風の及ぶ範囲の地理的環境
  - 地形と土地の起伏;
  - ビルや、その他の障害物の有無;
  - 気象条件;
  - 閉鎖空間かどうか;
  - 水のある環境かどうか[1];
- 戦略的状況—混雑した道路やマーケット、あるいは他の公共スペースなどの有無。

19.3.1 死亡率

「La mort était due à la grande et prompte dilation [sic] d'air.」
(死は、空気の瞬時の大きな膨張によってもたらされた。)
Pierre Jars[2] 1758

遺体は、全身が大きく損壊していたり、火球による炭化が起こっていたりすることがある。また、遺体の中には明らかな貫通創や鈍的外傷といった外部損傷を認めないものもある。第一次及び第二次世界大戦では、戦場で全く外傷を認めない兵士の遺体を確認したとする報告が多数存在する。

表19.1は、最近の様々な単発の爆発事例の一覧である。個々の事例の詳細を見ると、開放空間、閉鎖空間、バス内の密閉空間、ビルの倒壊現場など、爆発現場の状況が様々であることがわかる。

ICRC

写真 19.3 爆弾の爆発で全身が炭化した母と2人の子供

1. 身体の一部が水に浸かっている状態で爆発に遭った場合、水中部分と水の上に出ていた部分では全く異なる障害を受ける。
2. French physiologist who was the first to correctly determine the expansion of gas as the primary effect of a blast explosion. Cited in Hill JF. Blast injury with particular reference to recent terrorist bombing incidents. Ann R Coll Surg Engl 1979; **61**: 4 . 11.

イベント	タイプ	即時死亡者数	負傷者数	入院患者数	重傷者数*	入院後死亡者数	コメント	参考資料
ｲﾀﾘｱ･ﾎﾞﾛｰﾆｬ駅 1980	閉鎖空間;部分的ビル崩壊	73 (25%)	218	181 (83%)	25 (10%)	11 (44%)	崩壊したビルからの破片が二次的ミサイルの役割となった	Brismar & Bergenwald 1982.
ﾚﾊﾞﾉﾝ･ﾍﾞｲﾙｰﾄ 米海軍兵舎 1983	開放空間;大型爆弾ビル崩壊	234 (68%)	112	86 (77%) 後送	19 (17%)	7 (37%)	全員が船舶へ避難	Frykberg & Tepas, 1989.
ﾌﾗﾝｽ･ﾊﾟﾘ地下鉄 1985-86	閉鎖空間;手製小爆弾	13 (5%)	255	205 (80%)	40 (16%)	7 (18%)	多数の重傷者;混雑した閉鎖空間での小爆発	Rignault & Deligny, 1989.
ｲｽﾗｴﾙ･ｴﾙｻﾚﾑ 公営ﾊﾞｽ 1988	小閉鎖空間;バスの窓は閉鎖。バス内に爆弾	3 (5%)	55	29 (53%)	8 (31%)	3 (37.5%)	高い比率の一次爆傷;鼓膜破裂76%;破裂肺38%;腹部爆傷14%	Katz et al., 1989.
ｱﾒﾘｶ･ｵｸﾗﾎﾏ連邦ﾋﾞﾙ 1995	2,000kgの爆薬/ガソリン。開放空間、ビル崩壊	166 (21%)	592	83 (14%)	52 (9%)	5 (10%)	ビル崩壊現場での死亡者数:ビル内部の361人中163名(45%)死亡、156名負傷(全被災者の88%)	Teague, 2004 & Mallonee et al., 1996.
ｲｴﾒﾝ･ｱﾃﾞﾝ米海軍駆逐艦 2000	閉鎖空間崩壊物なし、消火活動効果的	16 (30%)	39	全員避難	11 (27%)	1 (9.1%)	すべての死亡者は重傷の整形外科的外傷;生存者の64%が整形外傷;72時間後までの外傷による塞栓症	Langworthy et al., 2004.
ｻｳｼﾞｱﾗﾋﾞｱ･ｺｰﾊﾞｰﾀﾜｰ 2001	20kg爆弾開放空間ビル崩壊	19 (5%)	555	66 (16%)	24 (6%)	0	多発外傷、ガラスや異物による外傷;27%が救助中や避難中受傷	Thompson et al., 2004.
ｽｳｪｰﾃﾞﾝ･ﾍﾙｼﾝｷ ｼｮｯﾋﾟﾝｸﾞｾﾝﾀｰ 2002	開放空間	5 (4%)	161	66 (41%)	13 (20%)	1 (8%) 1DOA**	効率的なプレホスピタル対応と搬送システム	Torkki et al.,2006.
ﾊﾟｷｽﾀﾝ･ｶﾗﾁ自爆車両ﾃﾛ 2002	小閉鎖空間バスの隣、下に爆弾	24 (67%)	11	11 (100%)	2 (18%)	***	12人の生存者中11名が踵骨や足の骨折、脱臼:「地雷足(pied de mine)」	Zafar et al., 2005.
ｲｽﾗｴﾙ 2002-2003	バス5台	56 (21%)	208	121 (58%)	17 (8%)	0	最も致命的な状況。バスは「超閉鎖空間」であった	Kosashvili et al., 2009.
	3つの閉鎖空間(レストラン等)	52 (17%)	256	101 (40%)	35 (13%)	9 (2.9%)	かなり致命的な状況	
	4つの開放空間	26 (8%)	305	120 (39%)	25 (8%)	5 (1.5%)	致命性の低い状況	
ｽﾍﾟｲﾝ･ﾏﾄﾞﾘｰﾄﾞ 列車爆破 2004	閉鎖空間	177 (8.6%)	2,062	512 (25%)	72 (14%)	14 (19.5%)	軽傷が多く、精神的ショックを受けた者が多い:入院は少なかったが、トリアージによる負担が大きかった	Turégano-Fuentes et al., 2008.
ﾛﾝﾄﾞﾝ公共交通機関爆破 地下鉄3か所+ﾊﾞｽ1台 2005	閉鎖空間小爆発	53 (7%)	722	667 (92%)	20 (3%)	3 (15%)	プレホスピタルトリアージは機能したが歩行可能な負傷者が多数入院となった	Aylwin et al., 2006.

*重症度スコア(Injury Severity Score: ISS>15)
**DOA: Dead on Arrival
***犠牲者はフランス人技師たちで、24 時間以内にフランス当局により搬送された。

表 19.1 近年の様々な単発の爆発事例の一覧:出典は参考資料を参照。

爆発の中でも、即死率の極めて高いものには、材料や標的への到達法(自動車爆弾、空爆など)にかかわらず、いくつかの共通した特徴がある。

- 極めて強力な爆発効果―爆弾が大きいほど、破壊力は大きい
- 閉鎖空間、密閉空間での爆発―死亡率は50%もしくはそれ以上になる
- ビルが倒壊した場合―建物の崩壊と瓦礫による閉じ込めによって、生存者は極めて少ない
- 二次火災の発生

特に閉鎖空間での爆発は、より多くの死傷者を出す破壊的なものとなる。生存者は、一次爆傷によって、主に破裂肺(blast lung)や広範熱傷などを含むより重篤な外傷を負う[3]。

死亡例の多くは、多発外傷を負っている。死因としては、全身にわたる損傷や、頭部外傷、腹腔内実質臓器の破裂、破裂肺や外傷性四肢切断などがある[4]。

しかし、多くの爆発事例では、表19.1に示したように入院の必要のない軽傷者を多く生み出すため、正確で効率的なトリアージを行い、重傷者を速やかに同定することが、迅速な治療につながり、死亡率を減少させる[5]。

19.3.2 生存者

爆風による外傷症例の生存者について考察すると、他の兵器による外傷症例と同様に、手術を要するケースの多くは四肢外傷によるものである。筋骨格系の外傷を負った患者は、全入院患者の85%にも及ぶ。

患者の多くは、様々な爆風効果に曝されることで複数の外傷を負う。外傷の形態も多岐にわたる。2004年(訳注:原著では2005年となっているが2004年の誤り)にマドリードで起きた列車爆破事件における負傷者の報告は、こうしたケースの典型例といえる。2000人を超える負傷者のうち、この報告書に記載するに足る重傷者は512名のみであった(表19.2)。

受傷部位	負傷者数	外傷の数
頭頸部、顔面	340	
脳、頭蓋骨		41
頸部		8
鼓膜破裂		240
眼		95
顎顔面骨骨折		48
その他の顔面		14
胸部	199	
腹部	28	
四肢	71	
体表	263	
爆弾の破片外傷(非穿通性)		211
熱傷		89

表 19.2 2004 年にマドリードで起きた鉄道爆破事件における受傷部位の分布一覧 [6]。表層の擦過傷、一過性の聴力喪失、心理的ショック状態は除外している。多くの患者は複数の外傷を負っているため、外傷数の合計が負傷者数を上回っている。

3. Leibovici D, Gofrit ON, Stein M, Shapira SC, Noga Y, Heruti RJ, Shemer J. Blast injuries in a bus versus open-air bombings: a comparative study of injuries in survivors of open-air versus confined-space explosions. J Trauma 1996; **41**: 1030 . 1035.
4. Hill JF. Blast injury with particular reference to recent terrorist bombing incidents. Ann R Coll Surg Engl 1979; **61**: 4 . 11.
5. The critical mortality rate concerns patients with an Injury Severity Score greater than 15.
6. Adapted from Turegano-Fuentes F, Caba-Doussoux P, Jover-Navalon JM, et al. Injury patterns from major urbanterrorist bombings in trains: the Madrid experience. World J Surg 2008; **32**: 1168 . 1175..

19.4 病因論と病態生理学

ここでは、4つの異なる種類の爆傷について記載するが、一人の患者にすべての種類の爆傷を認めるケースも珍しくない。

19.4.1 一次爆傷:気圧外傷(barotrauma)

一次爆傷は、衝撃波によって引き起こされる外傷であり、陽圧と陰圧の両方の影響を直接受けることで生じる。これは、気圧外傷とも呼ばれる。このタイプの外傷は、通常爆心地に近い範囲に限定して見られる。

気圧が最大限に高まった状態で圧波が人体に到達すると、皮膚の表面が圧排される。この際に圧のひずみが生じ、人体組織に対して2種類のエネルギーとして波及する。これが、圧力波(stress wave)と剪断波(shear wave)である。

圧力波は、組織に対して縦方向に進む。圧力波が異なる密度を持つ2つの組織の境界部に到達すると、その一部は跳ね返され、残りはそのまま直進する。この過程で組織間に圧格差が生まれる。これらは特に気体と固体の境界部(例:耳)や、気体と液体の境界部(例:管腔臓器や肺胞)、あるいは微細な構造を持つ液体と固体の境界部(例:血管)で見られる。

気体と液体の境界部では、とりわけわずかな圧作用に対しても反応を起こしやすい。圧力波は陽圧であり、あらゆる閉鎖腔内の気体を急激に圧縮する。そして、陰圧相になると気体は周囲組織を破壊しながら急激に再膨張する。これは、沸騰した湯の中の気泡の働きに類似している。

剪断波は、自動車の衝突事故で見られるような減速力に似ており、組織に対して横波の作用を及ぼしながら広がる。隣接した密度の異なる組織が、異なる比率で減速したり加速したりすることで剪断力が生まれる。剪断力は、弾性力を持った正常組織を過伸展し、組織同士の接合部を引き裂いて分断させる。こうした作用は、特に充実性臓器や、解剖学的に弾性力を持って固定されている臓器、例えば腸間膜、気管気管支樹、胎盤などで顕著となる。

一次爆傷は身体の様々な部位に、特有の外傷を及ぼす。

耳

鼓膜の破裂は最もよくある外傷であるが、爆発による気圧の高さだけが影響するのではなく、頭部の姿勢、例えば爆圧が通過する外耳道がどの方向を向いているかも考慮しなければならない。支配神経の麻痺に伴う一過性の感覚神経性聴力障害も多い。外耳軟骨のデグロービングも同様の機序で起こることがある。

肺

肺損傷は最も死亡率が高い。肺胞毛細管隔壁は、典型的な気体液体境界を形成しているため、破壊されやすい。肺胞内の気体は陽圧波により圧縮され、陰圧相で破裂する。気管気管支樹と肺胞の接合部では、慣性力による剪断が起こる。

末梢の肺胞破壊は、胸膜下嚢胞の形成や臓側胸膜の裂傷を起こす。その結果、気胸、血気胸、縦隔気腫、外傷性肺気腫が起こる。

肺胞内の気圧が、肺胞レベルにおける末梢血管内圧を上回ると、肺胞内出血、肺胞浮腫、肺胞血管瘻などを伴う膜破壊が生じる。陰圧相では空気塞栓が誘発される。

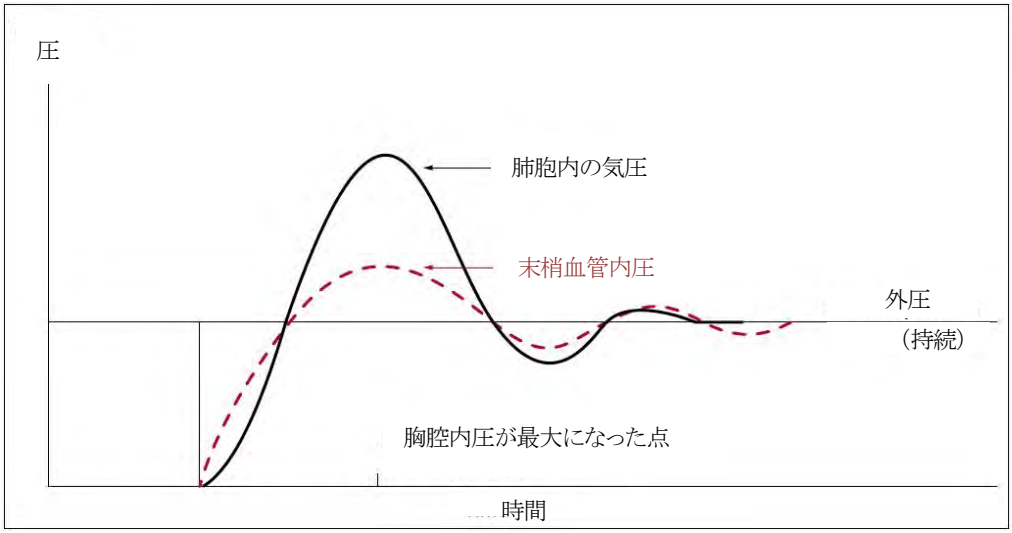


図 19.4
交互に起こる肺出血と空気塞栓の相。
通常、末梢血管内圧は肺胞内の気圧よりも高い。この末梢血管内圧は、肺胞内の気圧よりも爆発によって受ける影響が小さい。
肺胞内圧が最大となった瞬間に肺胞毛細管壁は破裂し、血管内から肺胞へ血液が流れ込む。これによって肺胞内出血と浮腫が起こる。
陰圧相では肺胞内の気体は毛細血管内に押し込まれ、空気塞栓を生じる[7]。

破裂肺は、結果的に浮腫と出血を伴うため(肝臓様肺、あるいは「wet lung syndrome」と呼ばれる)、硬くて重く、正常肺の2〜3倍の重量にもなることがある。鈍的肺外傷では、肺胞出血や浮腫は換気血流不均衡(肺内シャント)を生じ、肺のコンプライアンスを下げ、結果として低酸素血症、呼吸困難を引き起こす。

さらに、陽圧波は胸郭を変形させ、肋骨骨折を来す。その結果、肺挫傷を生じたり、胸骨や胸椎の間に挟まれることで肺の圧挫傷が起こる。こうしたケースでは、肺の表面に特徴的な出血縞を認める。

管腔臓器

直接的な圧波作用による穿孔は、瞬間的に発生することが多い。これらは、回盲部および結腸に好発する。

壁内血腫や腸間膜虚血によって、受傷部に梗塞や壊死や壊疽を来すことがある。これらは遅発性の穿孔を起こすが、ケースとしてはそれほど多くない。ラットを用いた病理学的研究によると、腸管の虚血性障害は粘膜から始まり漿膜に至る[8]。壊死は虚血後6時間で始まり、穿孔は48時間後に起こる。臨床的には、3〜5日の間に発生するケースがほとんどである。発射物による腸管損傷と、爆傷による腸管損傷の所見は似て非なるものである。開腹時に一次爆傷に伴う漿膜損傷を認めた場合は、その腸管が全層にわたって傷害されている可能性があるため、デブリドマンと修復を行わなければならない。

実質臓器

虚血、梗塞、出血を伴うことが多い。生存者では、肝、脾、腎が完全に破裂しているケースは稀である。

筋骨格系

爆発の破壊力は長管骨の骨折を引き起こし、衝撃波に続く爆風は、軟部組織を剥ぎ飛ばす。爆心地の近くにいる犠牲者は外傷性四肢切断を被ることがある。これは通常脛骨の近位側1/3で起こることが多い。腹腔内臓器が脱出することもある。広範な軟部組織損傷を来すケースも多い。

眼

眼球破裂や、眼窩縁の開放性骨折が起こり得る。

M. Della Torre / ICRC

写真 19.5
脛骨部で外傷性切断された下腿。

頭部と中枢神経系

犠牲者は、爆発による強い陽圧に直接曝されることによって、頭蓋骨骨折だけではなく、広範囲の軸索損傷、脳の直撃損傷(coup injury)や対側損傷(contrecoup injury)を来す。こうしたケースでは、脳浮腫を伴う点状出血が見られる。脳血管攣縮は、最大で1か月間持続する場合もある。また、脳血管攣縮の後に偽性脳動脈瘤を形成したとする報告もある。

爆風の影響によって、分子レベルから細胞レベルにおける二次的神経変性が生じる。こうしたミクロの変性は、爆風に曝された後も数時間から数日間続くことがある。生化学的マーカーによって、様々な代謝性変化や神経内分泌作用も観察されている[9, 10, 11]。頭部外傷が軽度であっても、こうした変化が残存することによって中枢神経障害を生じたケースも報告されている。

自律神経系

爆風は、肺胞隔壁に存在する迷走神経の肺C線維レセプターを刺激し、迷走神経による「肺の防御反射」である、無呼吸・徐脈・低血圧の三徴を引き起こす。その結果、代償性末梢血管攣縮の欠如を伴った重篤な徐脈性ショックが起こる。本来は代償性頻脈を考えるため、こうした病態は逆説的に見える。また、こうした迷走神経反射によって骨格筋の筋緊張が低下し、これは一時的に、完全な筋弛緩や、痙攣性麻痺に至ることもある[12, 13]。

19.4.2 二次爆傷:破片による外傷

爆発による飛来物の中には、爆弾の外被や充填物からなる一次的なものと、爆風によって飛ばされてきたものや、周囲にある瓦礫類(割れた窓ガラスの破片、材木片、土や石)などからなる二次的なものがある。

一次爆傷の及ぶ範囲内で二次爆傷に曝された場合、外傷はより重篤なものになる。これは、飛来物による空洞効果が爆風によって増強されたり、空洞内の細血管に生じた遅発性血栓症によって、その効果が増悪するためである。

ICRC

写真 19.6
組織内にガラス片を認める。

19.4.3 三次爆傷:爆風による外傷

受傷者は爆風によって吹き飛ばされ、地面や建物に叩きつけられる。あるいは、飛ばされてきた周囲の重量物によって鈍的外傷を受けることもある。また、爆発の破壊力と爆風によって建物が倒壊する。そして、その瓦礫によって、頭部外傷、外傷性窒息、骨折、脊椎損傷だけではなく、閉じ込めやクラッシュ症候群などが起こる。

---

7. Hill JF, 1979.より改変
8. Tatic V, Ignjatovic D, Jevtic M, Jovanovic M, Draskovic M, Durdevic D. Morphologic characteristics of primary nonperforative intestinal blast injuries in rats and their evolution to secondary perforations. J Trauma 1996; **40 (Suppl.)**: S94 – S99.
9. Cernak I, Savis J, Ignatovic D, Jevtic M: Blast injury from explosive munitions. J Trauma 1999; **47**: 96 – 104.
10. Cernak I, Savic J, Zunic G, Pejnovic N, Jovanikic O, Stepic V. Recognizing, scoring, and predicting blast injuries. World J Surg 1999; **23**: 44 – 53.
11. Cernak I, Wang Z, Jiang J, Bian X, Savic J. Ultrastructural and functional characteristics of blast injury-induced neurotrauma. J Trauma 2001; **50**: 695 – 706.
12. Guy RJ, Kirkman E, Watkins PE, Cooper GJ. Physiologic responses to primary blast. J Trauma 1998; **45**: 983 – 987.
13. Irwin RJ, Lerner MR, Bealer JF, Mantor PC, Brackett DJ, Tuggle DW. Shock after blast wave injury is a vagally mediated reflex. J Trauma 1999; **47**: 105 – 110.

19.4.4 四次爆傷とその他の爆傷

爆発による火球は最高3,000度にも達し、閃光熱傷を起こす。また、周囲に火災を引き起こし、建物は焼け落ちる。熱傷は顔面と手に見られることが多い。体幹部は衣服によって保護されることが多いが、衣服に引火して受傷することもある。爆発の影響に、30%以上の熱傷が加わると致命的となるケースが多い。

爆発によって生じる一酸化炭素などの毒性ガスは窒息を引き起こす。埃や煙、他の汚染物質も呼吸器障害の原因となる。

19.5 臨床所見と治療

多くの患者は、前述した4種類の爆傷のいくつかを同時に受けている。飛来物による軟部組織外傷の所見と治療方針については、第10章と第11章で述べた。受傷部位別の詳細については本書の別の章で扱う。本章では一次爆傷についてのみ述べる。純粋な一次爆傷を、水中や完全な閉鎖空間、あるいはガス燃料の爆発事例以外で認めることは稀である。外科医は、受傷環境と爆発の特性から、一次爆傷の可能性に気づかなければならない。

19.5.1 全身打撲症候群：蘇生処置に抵抗性

複数種類の爆傷を同時に受けた症例についての報告が2つある。1つはアフガニスタン紛争の事例についてロシア人医師が記載したもので、もう1つはイラク戦争とアフガニスタン紛争の事例について米国人医師によって記載されたものである。前者は、主に対戦車地雷と対人地雷による爆傷について、後者は手製爆弾による爆傷について述べている。2つの報告は20年以上の時を隔てたものであるが、その臨床所見は奇妙なほど似ている。

こうした症例では、臨床所見上は明らかに出血性ショックを呈しており、止血処置後の積極的な輸液負荷に対して反応が乏しい。低血圧状態が続き、一時的に輸液負荷に反応したとしても、再び血圧が下降し、循環動態を維持できない。これらは高い死亡率を呈する[14]。

原因は、気圧外傷によって中枢神経と自律神経系にダメージが及んだこと、代謝及び内分泌系に異常を来したこと、そして外傷に伴う炎症反応、これらが複雑に絡み合った結果であると考えられている。こうしたケースは病態が極めて重篤であり、「全身打撲症候群（general concussion syndrome）」と総称する報告例もある[15, 16]。

19.5.2 「砲弾ショック（Shell shock）」と精神的ダメージを伴う軽傷例（walking wounded）

突然の閃光、衝撃音、爆発による神経圧挫傷、こうした状況から生存した者の中には、深い精神的ダメージを負っているケースがある。これはかつて、「shell shock（砲弾ショック）」と呼ばれた状態である。同様の精神状態を表す用語として、「wind of shot（vent du boulet）（訳注：直訳は銃弾の風。ただの風が吹いても銃撃を思い出すという精神的トラウマ状態を指す）」「soldier's heart」「combat fatigue」「reflex paralysis」「air concussion」、「shell concussion」「blast concussion」などがある[17]。現在では、これらはPTSDからさらに進んだ精神状態と捉えられている。

こうした患者は混乱しており、放心状態で、鼓膜に損傷がないにもかかわらず、診察中に質問にうまく答えることができない。ただし、爆傷による軽度の神経外傷が聴力障害を来す場合もある。孤立無援の状態で爆撃に曝された経験を持つ一般市民は、生理的かつ肉体的ダメージだけでなく、恐

M. Della Torre / ICRC

写真 19.7
歩行可能な負傷者（walking wounded）：
放心状態で混乱し、怯えている

怖や混乱といった精神的ダメージ、すなわち「精神感情的ショック(psycho-emotional shock)」も負っている。

また、特に誘因もなく徐脈と低血圧を認め、これが遷延する場合がある。重症例では痙攣や対麻痺を含む麻痺症状を呈するケースもある。極めて強い迷走神経反射を引き起こした場合には、脈拍が大きく下がり、血圧は測定できないほど低下し、呼吸も努力性を欠いた極めてゆっくりしたものになるため、中には死亡したものと誤診されるケースもある。

こうした徴候や症状はほとんどの場合一過性で、通常は発現後数分から数時間で消失する。そのため、受傷後4～6時間も経過観察を行えば十分である。経過観察の際には、酸素化が維持できているかどうかや、脳圧亢進症状が出てこないかどうかに注意を払い、状況に応じて保存的な支持療法を行うとよい。回復期には、徐々に日常生活のリズムを取り戻すことを心掛ければよく、肉体的な努力は最小限でよい。治療は、例えば頭痛に対してアセトアミノフェンを処方するなど、対症療法を行うだけでよい。神経症状や精神症状が遷延することはよくある。

爆傷による軽度の神経外傷は、おそらくかなり過小評価されている。

19.6 耳症状と鼓膜破裂

至近距離で大きな爆発に曝された人々は、そのほとんどが爆発の際に聴力を失い、めまいを起こす。内耳は、鼓膜損傷の有無にかかわらず、爆発の圧力によって障害を受ける。しかし、こうした症状は速やかに改善し、聴力も数分から数時間以内に元に戻ることが多い。

一過性の感音性難聴とめまいを別にすると、鼓膜破裂は最も頻度の高い臓器損傷であり、わずかな圧に曝されただけでも起こり得る。

重症爆傷症例で鼓膜に異常を伴わないケースは稀である。耳鏡による診察が行われるが、それだけではその他の耳外傷を除外するには不十分である。観察入院を要するかどうかを判断するためには、耳鏡検査だけではなく、特に呼吸状態などを含めたその他の徴候や症状を、総合的に評価しなければならない。

注:

耳鏡検査はさほどシンプルな検査ではないため、多数の負傷者が搬送されてきた場合には、救急室でルーチンに行う必要はない。ただし、適切な評価ができるようになるまでの間、耳は清潔かつ乾燥した状態にしておくとよい。

耳鏡検査だけでは、その他の重症外傷を除外するには不十分である。しかし、それでも意識のない患者も含めたすべての爆傷症例に対して行うべき検査である。

鼓膜破裂は、聴力喪失、耳鳴、耳痛、耳漏などから容易に診断できる。しかし、こうした患者とコミュニケーションをとるためには筆談に頼らなければならない。

---

14. Nelson TJ, Clark T, Stedje-Larsen ET, Lewis CT, Grueskin JM, Echols EL, Wall DB, Felger EA, Bohman HR. Close proximity blast injury patterns from improvised explosive devices in Iraq: a report of 18 cases. *J Trauma* 2008; **65**: 212 – 217.
15. Nechaev EA, Gritsanov AI, Fomin NF, Minnullin IP, eds. *Mine Blast Trauma: Experience from the War in Afghanistan*. St Petersburg: Russian Ministry of Public Health and Medical Industry, Vreden Research Institute of Traumatology; 1995. [English translation: Khlunovskaya GP, Nechaev EA. English publication: Stockholm: Council Communications; 1995.
16. Bryusov PG, Shapovalov VM, Artemyev AA, Dulayev AK, Gololobov VG. *Combat Injuries of Extremities*. Moscow:Military Medical Academy, GEOTAR; 1996. [Translation by ICRC Delegation Moscow]
17. Various denominations and references cited in Clemedson C-J. Blast injury. *Physiol Rev* 1956; **36**: 336 – 354.

19.6.1 治療

ぼんやりしていても、全身状態が安定した鼓膜破裂症例に対して胸部レントゲンを撮る必要はない。ただし、4～6時間は経過観察する必要がある[18]。

鼓膜破裂の最初の治療は、保存的治療である（第28章参照）。大部分は自然治癒する。

19.7 破裂肺

肺は、一次爆傷において2番目に多い障害臓器であるが、慢性期の死亡原因としては最も多い。破裂肺は基本的に臨床所見で診断し、胸部レントゲンで確認する。

19.7.1 臨床所見

爆傷例に伴う呼吸不全では、主に3つの臨床所見を認める。

1. 血痰、泡沫痰を伴う重度の呼吸不全で、急激に（通常受傷後数分以内に）、意識レベルが低下するケース。
   こうした症例はあっという間に致死的な経過をたどり、どのような治療を施しても予後は非常に悪い。多数の負傷者が発生する状況では資源も限られているため、黒タグ（カテゴリーIV）に分類される。
2. 時間をかけて緩徐に進行し、24~48時間が経過して初めて症状を呈する呼吸不全。鈍的外傷による肺挫傷とよく似ている。
   患者は、受傷後早期には少量の血痰やしつこい咳嗽を訴える。しかし、時間が経過すると、空気飢餓感、チアノーゼ、頻脈、血圧低下を伴う呼吸困難と頻呼吸へと進行する。両肺に湿性の捻髪音を聴取する。気管挿管チューブや経鼻胃管内の吸引排液内に血液を認めたり、喉頭壁に点状出血を認めることもある。破裂肺では早期から酸素飽和度が低下するため、パルスオキシメーターによって酸素飽和度をチェックすることが特に重要である。呼吸状態は急激に悪化して死に至る。破裂肺は慢性期死亡の主要因となる。
3. 爆発そのものや、煙や毒性ガスの吸引、低酸素血症、出血と大量の晶質輸液による補正、血液凝固障害、敗血症、脂肪塞栓など、様々な病因に伴う身体的損傷によって起こる遅発性の急性呼吸促迫症候群（ARDS）。

気胸、血気胸、縦隔気腫（触診で胸骨背側に捻髪音を認める）の所見と外傷性肺気腫の有無は、すべての症例で確認しなければならない。

19.7.2 胸部レントゲンとパルスオキシメーター

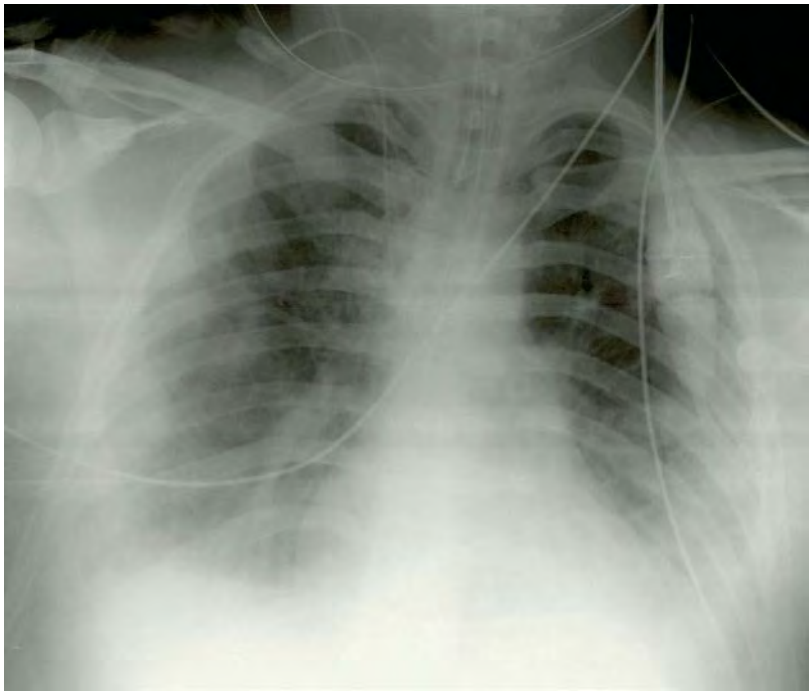
爆傷症例を扱う際には、少しでも呼吸に関する所見を認めた場合は、全例に胸部レントゲン写真を撮影し、パルスオキシメーター装着して4～6時間の経過観察を行う。

最初の胸部レントゲンは所見がない場合もある。なぜなら臨床所見の方がレントゲン所見よりも先に出るからである。したがって、レントゲン所見が正常であっても、6時間後に呼吸器症状や臨床所見を認めた場合には、再度胸部レントゲン撮影を行い、入院観察を続ける。

> わずかでも呼吸器症状や臨床所見があれば、胸部レントゲンを撮影し、パルスオキシメーターをチェックしながら 6 時間は経過観察する。

破裂肺がある場合、通常は受傷後4時間以内に胸部レントゲン写真で肺野の透過性低下が確認できる。両側肺門部のバタフライシャドウは有名な所見である。典型的にはこの陰影は受傷後24～48時間後に最も顕著となり、生存者では7日間以上かけてゆっくりと改善する。受傷から48時間を経た後に浸潤影を認める場合は、ARDSや肺炎を疑う。

写真 19.8 両側の「バタフライシャドウ」。肺挫傷症例でも類似の所見を呈することがある。



Wolf et al., 2009

19.7.3 肺外傷を疑う患者のアセスメント

上記の3パターンのうち、すぐに呼吸不全やARDSに陥るケースは臨床所見から診断が容易であるが、難しいのは静かに進行する破裂肺である。こうしたケースでは、どれくらいの時間、経過観察を続ければよいのかという疑問がつきまとう。

患者は、受傷後に以下のような臨床経過を辿る。

1. 爆発現場から受傷者が病院に向けて搬送され、いくらかの搬送遅延を経て病院に到着する。
2. 救急室の受付は、多数の受傷者のトリアージのために混乱していることが多く、さらに時間が経過する。
3. 外傷が軽度で、ぼんやりしているものの状態が安定している患者は、すべて緑タグ（カテゴリーIII）に分類されて待機エリアに送られる。ここでさらに時間が費やされる。
4. 爆傷による負傷者は、たいてい軽度の外傷や擦過傷を負っており、多くは感覚神経障害による聴力喪失や、鼓膜破裂を伴う。こうした症状に対しても適切な診察が必要であり、その結果さらなる遅れが生じる。負傷者は爆発に対する恐怖感を抱いているため、それが静まってから自宅に帰すよう配慮する。

この時点で爆発からすでに数時間、あるいはそれ以上が経過している。肺外傷を負った患者は、最初は症状を認めなくとも、帰るまでには様々な症状を訴え始める。待機エリアで再診察した後、症状を認める患者は病院の中へ搬入する。

19.7.4 患者管理

気管挿管と人工呼吸器管理は、すべての破裂肺症例に対して必要なわけではなく、こうした治療は呼吸不全や進行性の低酸素血症を伴う重症症例にのみ適応がある。ただし人工呼吸器を使用しても、破裂肺の治療は困難である。人工呼吸器による高圧の換気は、空気塞栓や緊張性気胸の危険性を増大させるため避けるべきである。人工呼吸器管理の最も簡単な方法は、換気回数を増やしつつ高濃度酸素を投与する方法である。高二酸化炭素血症は許容してよい。細めの経鼻胃管を気管内に入れて高濃度酸素を供給するとよい。この方法は、気管切開よりも簡単に行うことができる。一回換気量は、少なめに維持し（通常の8～10mL/kgでは多すぎ、5～7mL/kgに抑える）、最大気道内圧も低めに保つ。

気胸や血胸を認めた場合は直ちに治療を開始しなければならない。外科チームによっては、予防的観点から両側に胸腔ドレーンを留置する場合もある。

資源が限られた環境においては、人工呼吸器を用いた挿管管理などはできないことがほとんどである。こうした環境で

は、支持療法のみを行うことになる。

- 補助的な酸素投与
- 気道内血液や分泌物の吸引
- 重症症例に対する気管切開（気管内吸引を容易にし、呼吸努力を軽減する）
- 注意深い輸液管理による組織還流の維持（肺水腫を抑えるため、晶質輸液は最小限に留める）
- 鎮痛剤の静脈投与や肋間神経ブロックを用いた胸壁痛のコントロール
- 定期的な体位変換（腹臥位を含む）
- 呼吸理学療法

体位変換は、診断にも使用される。損傷のない、あるいは少ない方の肺を上にして側臥位をとると、換気が容易になり、健側肺への血液の流れ込みを防ぐことができるが、一方で重力作用によって血液が下側の損傷肺に多く流れ込むため、出血と肺水腫が増悪する可能性がある。したがって、まず健常側の肺が上になるように側臥位をとり、状態が改善すればそのままの体位を維持し、そうでなければ患側を上にしてみる。

破裂肺症例に、出血やショックを伴う肺以外の外傷を認める場合には、ジレンマが生じる。これは、それぞれの治療方法が相反することによる。こうしたケースでは、過度の輸液を行うと肺水腫を悪化させるため、低血圧蘇生法を行うことになる。しかし、こうした手法は短時間に留めなければならない（第8章5.4参照）。2～3時間を超える低血圧蘇生法は、全身状態の改善に寄与しないため、避けるべきである[19]。

他に命を脅かす重篤な外傷がない場合、全身麻酔を要する手術は、患者の全身状態が安定するまで、24～48時間延期すべきである。

全身麻酔は、24～48 時間延期する。

手術のための麻酔法として推奨されるのは、局所麻酔や脊椎麻酔、あるいは筋弛緩薬を用いず、挿管もしない、ケタミンのみによる全身麻酔である。資源が限られた環境では、手術室における換気法は、「優しくバッグをもむこと」である。

全身麻酔では、バッグを優しく揉むようにして換気する。

副腎皮質ステロイドの有用性については、まだ結論が出ておらず、ICRCの外科医は推奨していない。

19.8 空気塞栓症

脳血管や心血管に空気塞栓を来すと直ちに致死的な転機をとる。通常診断は困難である。用手的か機械的かの別によらず、陽圧換気の導入時に患者が突然死を起こすケースがある。

肺胞破裂や肺胞―静脈シャントは、全身性の空気塞栓を引き起こす。

空気塞栓の診断に際しては、頭部の鈍的外傷や気圧外傷を除外しておかなければならない。網膜血管内の気泡を探す。空気塞栓は、脊髄や腸管などにも障害を及ぼすこともある。

空気塞栓と診断された症例に対しては、45度の左半側臥位として頭低位に保つことを推奨している報告もある。この体位をとることで、血管内の空気を右心側に集め、頭部よりも下肢へ駆出されやすくするためである。

空気塞栓で死亡しなかったケースでは、心筋障害や神経障害は徐々に改善されるという報告もある。

19.9 腹腔内臓器損傷

一次爆傷の生存症例に、実質臓器(肝、脾、腎、睾丸など)の破裂を認めることはほとんどない。一般的に、こうした臓器損傷は飛来物による二次爆傷や、鈍的外傷や衝突といった三次爆傷による負傷者に見られる。

小児は、成人と比べて腹部の鈍的外傷を負うケースが多い。これは、腹壁が薄く、防御効果が乏しいことに加えて、肝や脾が相対的に大きく、圧外傷や鈍的外傷によるダメージを受けやすいためである。

一次爆傷によって即座に生じる腸管穿孔は急性腹症の所見を呈する。臨床的に問題となるのは診断が遅れた遅発性穿孔であり、他の部位に重篤な外傷がある場合、医師の注意がそれて診断がさらに遅れることがある。

開放空間における爆発では、回盲部が最も障害を受けやすい。開腹手術の際に、腸管の漿膜面に損傷を認めた場合は、腸管壁全層にダメージが及んでいる可能性を疑い、デブリドマンや修復術を行わねばならない。結腸や直腸に損傷を認めた場合は、爆傷によって腸管壁内に血栓形成を伴う可能性を考慮して、修復術よりも人工肛門造設術やバイパス術を選択する方がよいケースがある。

爆傷後の胎盤早期剥離の報告もある。これは、胎盤が剪断効果によって子宮付着部から剥離するために起こる。爆発に曝された妊婦は、胎児の観察と、性器出血の有無をモニタリングするために、24時間入院させるべきである。

19.10 眼外傷および顎顔面外傷

F. Plani / ICRC

写真 19.9 脳、眼窩と眼球の外傷

爆傷に伴う眼外傷としては、眼球破裂、重症網膜炎、網膜剥離、前房出血、そして網膜中心動脈の空気塞栓症といったケースが報告されている。眼窩骨折に、視神経損傷、前頭洞損傷、上顎洞損傷を合併するケースもある。割れたガラス片による二次的眼外傷や眼瞼外傷も多い。

治療は眼科の標準的なプロトコルに準ずる(第29章参照)。

爆発によって眼球打撲を受けた場合、数週間後に遅発性の白内障を来すことがある。

19.11 その他の外傷

一次爆傷に伴う熱傷は、単純な熱傷よりもはるかに重症で予後が悪い。一次爆傷と、体表の30%以上を占める熱傷を同時に負った場合、たとえ熱傷を扱い慣れている専門施設で治療を行ったとしても、生存の可能性は少ない。四肢や体幹に全周性の熱傷を負ったケースでは、痂皮切開術だけではなく、筋膜切開術も行う必要がある(第15章6.1参照)。

爆風と破片の両方による混合外傷では、敗血症と塞栓症がより起こりやすい。これは特に対人地雷外傷において顕著である(第21章参照)。

18. Ashkenazi I, Olsha O, Alfici R. Blast injuries: letter. N Engl J Med 2005; **352**: 2651 – 2652.
19. Garner J, Watts S, Parry C, Bird J, Cooper G, Kirkman E. Prolonged permissive hypotensive resuscitation is associated with poor outcome in primary blast injury with controlled hemorrhage. Ann Surg 2010; **251**: 1131 – 1139.

19.12 不発弾の除去

非常に稀ではあるが、まだ爆発する可能性のあるものが体内に残っているという、憂慮すべきケースがある。すなわち、飛来物が体内に穿通し、爆発せずに遺残した場合である。文献で報告されているものでは、迫撃砲やロケット弾による遺残物の例が多い。つまり、不発物の一部が体内に残り、残りの部分は体外へと飛び出してしまったという状態である。患者の状態は重篤な場合もあればそうでない場合もある。生存例では、飛来物は主要臓器を損傷していないケースが多い。

言うまでもないが、このように体内に遺残した爆発物を取り扱うことができるのは、専門的な資格を持った医師だけであり、彼らによって適切なプロトコルが作成されている[20]。病院スタッフは、患者を治療するのはもちろんのこと、スタッフ自身の安全も確保しつつ、安全に飛来物を摘出することができる環境を作らなければならない。

体内に遺残した爆発物を摘出する際には、以下の手順が推奨される。

- 現地の軍事施設に知らせる。
- 術中に爆発物そのものには触らない。
- 多数の負傷者がいる状況では、こういった患者は黒タグ（カテゴリーIV）に分類し、院内の隔離区域に移動させる。
- 爆発してしまった場合の損害を最小限に抑えるために、院内の隔離防護区域に臨時手術室を造設する。発電機などのあらゆる振動源から距離を置くように気をつける。また、手術室の室温は一定に保つようにする。
- 手術室の壁には緩衝材として砂袋を並べておく。
- もし手に入るならば、病院スタッフは防弾チョッキを着用する。
- 患者の移動などの操作は最小限に留める。心臓マッサージは行わない。
- 診断に用いる画像検査は、単純レントゲンのみとする。
- 麻酔はケタミンによる全身麻酔か、局所麻酔、または脊椎麻酔で行う。酸素は手術室では使用しない。
- 電気メス、除細動器、その他の電気機器は使用しない。
- 爆発物は周囲組織と共に一塊として摘出する。切開や剥離操作の際に、金属製の手術器械が爆発物に接触しないよう十分に気をつける。
- 爆発物の摘出が完了したら、必要であれば手術を完遂するために通常の手術室に移動して続きを行ってもよい。
- 爆発物の種類によっては軍事施設の専門家に対応を委ね、場合によっては体内に残したまま対処するか、どこか別の場所で摘出を行う。

臨床上考慮すべき事項

- 一次爆傷による重篤な外傷を負って生存するケースは少ない。よく見られるのは破片による外傷であり、これらのほとんどは比較的軽傷である。
- しかし、爆発に曝されたすべての負傷者に対して、一次爆傷に伴う外傷がないかどうかを確認する必要がある。
- 多くの患者は、様々な爆発効果が入り混じった外傷を負っている。一次爆傷を受け得る領域内で破片による外傷を受けた場合は、より重傷となる。
- 鼓膜破裂はよく見られるが、これは他の重症外傷の存在を示唆するものではない。
- 応答がなく混乱している患者は、こちらの話が聞こえていない場合があり、頭部外傷を負っている可能性もある。
- 破裂肺の診断は臨床所見に基づいて行い、胸部単純レントゲン写真で確認する。
- 腹部の一次爆傷は急性腹症の所見を呈するが、腹膜炎を引き起こすまで気付かれない場合もある。
- 一次爆傷による頭部外傷では、軽症症例はより過小評価される傾向があり、生存者の多くは、PTSDに似た長期の精神的後遺症や神経学的後遺症に悩まされる。

20. Lein B, Holcomb J, Brill S, Hetz S, McCrory T. Removal of unexploded ordnance from patients: a 50-year military experience and current recommendations. Mil Med 1999; **164**: 163 – 165.

第 20 章
対戦車地雷（ATM）による外傷

20. 対戦車地雷（ATM）による外傷

20.1 はじめに 47

20.2 疫学 47

20.3 装甲車両に対する対戦車地雷の影響 48

20.3.1 装甲が貫通しなかった場合 48

20.3.2 装甲が貫通した場合 49

20.4 臨床所見 49

20.4.1 装甲非貫通時の損傷 49

20.4.2 装甲貫通時の損傷 50

基本原則
対戦車地雷の攻撃を受けた車両内部にいた人間の外傷のタイプと重傷度は、装甲が貫通されたかどうかによって変わる。
脊髄損傷を含めたすべてのタイプの骨折が起こり得る。
トラックの後部荷台に乗るのは低所得国における市民の一般的な移動方法であるが、このトラックが対戦車地雷を踏んだ場合、荷台に乗っている人は足を骨折するか、地面に投げ出されるであろう。

20.1 はじめに

1個の対戦車地雷(ATM)は通常 7kg もしくはそれ以上に及ぶ大量の爆薬を搭載しており、これを起爆させるためには対人地雷(APM)よりも多くの重量(110～350kg)を必要とする。もし導火線に損傷があった場合、起爆に必要な重量はより少なくなる。対戦車地雷の中には、Part A.5.2.で示したように意図的に装甲を貫通させるためにつくられたものもある。

対人地雷の配置とは異なり、対戦車地雷は、条約で制限はされているものの、使用が禁止されているわけではない [1]。

G. Goonetilleke

写真 20.1
地雷撤去作業中の対戦車地雷の爆発の様子

M. Baldan / ICRC

写真 20.2
対戦車地雷のコレクション

20.2 疫学

地雷による損傷について言及する際、大半の疫学的研究では、地雷の種類が対戦車か対人かということを区別していない。更に言えば、戦車による主だった戦争の歴史に関する報告においても、装甲車がどんな種類の攻撃を受けたか、例えば対戦車地雷によるのか、砲弾か、ロケット弾(RPG)か、モロトフ・カクテル(火炎瓶)かによって、負傷内容に違いが出るかどうかを論じてはいないし、恐らく論じることはできないであろう。

対戦車地雷と対人地雷の違いを論じた数少ない報告のひとつに、1995 年、アンゴラのクイトーによるものがある。それによると対人地雷による爆発件数が圧倒的大多数にのぼり、総計ではより多くの負傷者数が発生しているが、ほんのわずかしかない対戦車地雷爆発の方が、より致死的なものであった [2]。 爆発威力が強く、多数が搭乗している車両をターゲットとする対戦車地雷の方が、対人地雷よりも死傷者数共に甚大である。

1. Protocol on Prohibitions or Restrictions on the Use of Mines, Booby-Traps and Other Devices (Protocol II). Geneva, 10 October 1980, as amended on 3 May 1996.
2. Chaloner EJ. The incidence of landmine injuries in Kuito, Angola. J R Coll Surg Edinb 1996; **41**: 398 – 400.

20.3 装甲車両に対する対戦車地雷の影響

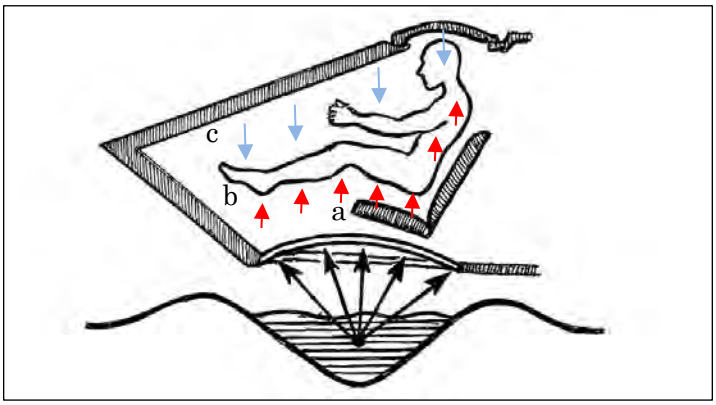
装甲車両は分厚く補強された側面と車台で構成されている。戦車が最もよい装甲車両の例である。武装した人員を乗せる装甲車両の防御力は戦車に劣る。金属ボディの民間車両も装甲車両の一種と考えられるとされているが、実際は脆弱なものである。車両が、埋設された対戦車地雷の上を通過した場合や、道端の爆弾や即製爆発装置(IED)を着火させた場合には、直接的に大気開放型の爆発を受けるとともに、様々な事象が発生する。爆発により装甲シールドが破られるかどうかによって、搭乗員の受傷の形態や程度が根本的に決定される。

対戦車地雷爆発の際に装甲が貫通することは、搭乗員の致命率や損傷の程度を決定する上で、単一での最も重要な要因である。

20.3.1 装甲が貫通しなかった場合

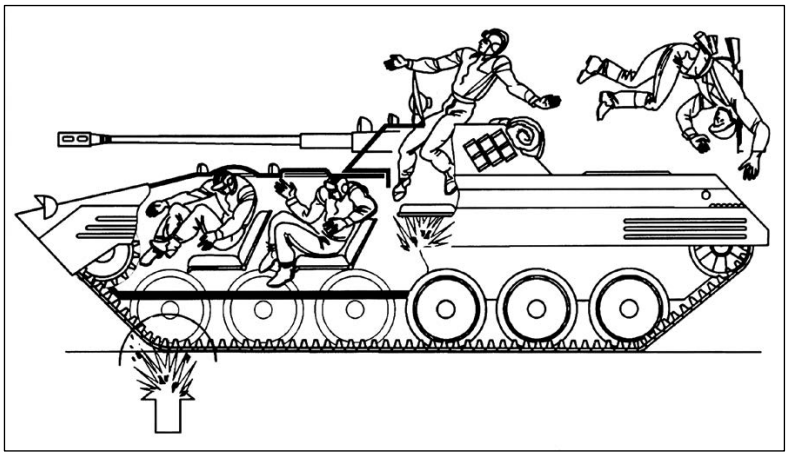
対戦車地雷による衝撃波は室内には及ばず、単に装甲の外部で拡散するか、車両と地面の間の空間に広がる。爆発の結果、2 つの主要な物理現象が生じ、その現象が運動力学的なエネルギーを車両に伝える。1 つ目は爆発したガスの迅速な拡散であり、これにより車両に衝撃が与えられると車両に変形を来し、床や様々なパーツの破壊につながることがある。2 つ目は、地面に大きな穴が開くことにより、多量の土砂が非常な高速度で車両にぶつかる。これが別の衝撃となって伝わり、車両の急加速を引き起こす。加えて、車内にある強固に固定されていないものが加速され、二次的なミサイルとなって搭乗者に危害を加える。

図 20.3
対戦車地雷の爆発の衝撃と車両の加速により搭乗者に損傷を来す。
a. 車両の床の変形
b. 体の一部は爆発の衝撃を直接受けるとともに、頭蓋骨は垂直方向の荷重を受ける(→)。
c. 体の一部は車両の加速により、車内にうちつけられる。加速と減速の影響が及ぶのは自動車事故の際に起きることに類似する(→)。



N. Papas / ICRC

図 20.4
車両の加速により搭乗者は天井や内壁に体を打ちつけられる。車両の上にいる者や蓋を開けたままで昇降口にいる者は地面に放り出される場合もある。


Bryusov et al.

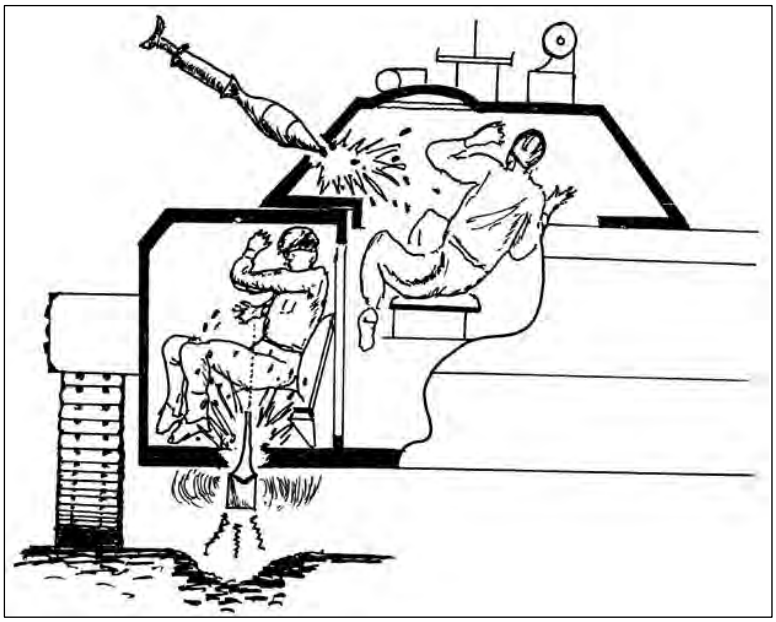
金属製の車両の激しい振動により爆発の際生じる騒音が増強される。これにより音響性外傷が生じ得る。燃料タンクへのダメージにより発火と爆発が起こる可能性もある。

これらの衝撃を減ずる試みとして、床に砂袋を置いたり、床を補強したり、防弾チョッキを着用したりする。

20.3.2　装甲が貫通した場合

装甲は疑いもなく防御に多大な貢献をしているが、一度破られると結果はより複雑になる。装甲が貫通しなかった場合に述べたすべての事象に加え、地雷の破片と装甲の破片が弾丸のように変化するとともに、貫通した場所から、爆発に伴い熱されたガスが流入してくる。その影響で車両に搭載している弾丸が発火、爆発することにもつながる。しかしながら、装甲が貫通したとしても、乗組員室での一次爆風効果は最小限のものである。

装甲が地雷や弾丸により破られた場合、上記に加えて、ガスや融解した金属、火炎、爆発により生じた毒物などから成る高速度かつ高温のジェット気流が生じる。このジェット気流の温度は、900℃から 1,000℃にも達することがある。



C. Giannou / ICRC

図 20.5
装甲の貫通：ロケット弾（RPG）や成形炸薬搭載型対戦車地雷が装甲を貫通した場合も通常の対戦車地雷と同様の影響が出現する。すなわち、装甲の破片、武器、武器由来の遺残ジェット物質などが流入してくる。

注：

船が機雷攻撃を受けた場合も同様のことが起こり得る。衝撃波は装甲を通して内部に伝わる。この現象は古典的には「甲板打撃（deck slap）」と呼ばれていた。一度装甲が破られると影響が倍加するのも同じである。

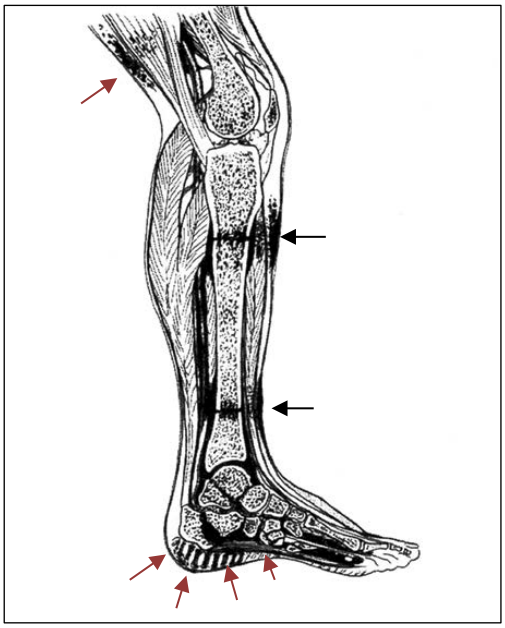
20.4　臨床所見

三次爆傷は、装甲が貫通されなかった場合に主に認められる。対戦車地雷によって装甲が貫通された場合にのみ、4つすべてのタイプの爆傷が重度のものから軽度のものまで起こり得る。

20.4.1　装甲非貫通時の損傷

装甲が破られなかった車両内の犠牲者は、とりわけ肋骨や頭蓋骨や脊椎の閉鎖性もしくは開放性骨折を負う。

肋骨骨折の重症度は様々である。半数は閉鎖性で半数は開放性であり、3 分の 1 は両側性である。特徴的な外傷としては古典的に「pied de mine（訳注：フランス語で直訳すると地雷足）」と言われる損傷形態である。これは、下腿が踵から爆風によって吹き飛ばされ、一見健常に見える皮膚の袋の内側には粉々になった骨や組織しか残っていない有様を言う[3]。この損傷では真っ先に踵骨がダメージを負う。



Nechaev et al.

図20.6
"*pied de mine*" の損傷メカニズム
→ 第一の直接的衝撃が伝わるゾーンと負荷の方向
→ 間接的に骨折を来すゾーン

このような負傷は軍事車両に関連して述べられることが多いが、民間人にも見られることがある。例えば、ナミビアで 57 人を荷台に乗せて走っていたピックアップトラックが対戦車地雷の爆発を受けた時、全員靴を履き、立っていたにもかかわらず、22 人が閉鎖性踵骨骨折を負い、29 人は開放性踵骨骨折を負った [4]。同様のことは低収入国での一般的交通手段であるローリー(貨物トラック)の地雷事故で起こるが、負傷者は爆破の衝撃でトラックの荷台から地面に放り出されてしまう。

パキスタンのカラチで自爆を試みた車がバスの側面と車台に衝突した。この結果、衝撃波が開いた窓を通してバスの内部に伝わったことで多数が死亡した。生き延びた者は、ほとんどが圧損傷による鼓膜破裂や衝撃波の伝達による踵骨や足・足関節部の脱臼骨折を来した [5]。

民間車両も対戦車地雷を踏む。

対戦車地雷爆発後の衝撃波の伝達と車両の上方への加速運動により、様々な肋骨損傷のみならず、脊椎へ荷重がかかることによる腰椎の破裂骨折が生じ得る。この際には対麻痺を合併することもある。また、頚椎の脱臼骨折が起こることもあるが、これは通常致命的である。

装甲が破られていないにもかかわらず貫通外傷を負うこともあるが、これは固定が甘かった車内の物品が第 2 のミサイルになることにより起こる。大音量による音響性外傷も生じ得る。

20.4.2 装甲貫通時の損傷

戦車の装甲が一度破られると、しばしば致命的となる。なぜなら戦車が搭載している弾薬や燃料が着火することにより、内部の者の体は炭化してしまうからである。このように高温のジェット流が発生することは、装甲が破られた場合のみの特徴的な事象である。破られない限りは、前述の第一、第二の衝撃による損傷が主たる損傷となる。

対戦車地雷の爆発が装甲車に与える影響のまとめ

- 装甲が破られなかった場合、負傷の主原因は衝撃波が車両内部に伝達することと、搭乗者が車内で急激に位置移動させられることである。
- 装甲が破られた場合は、装甲の破片が負傷の主原因となる。
- 車内で固定されていない物品は、貫通損傷を生じ得る。
- 大音量の音波は、音響性外傷を生じ得る。
- 燃料タンクや弾薬へのダメージは、熱傷を生じ得る。

3. Ramasamy A, Hill AM, Phillip R, Gibb I, Bull AMJ, Clasper JC. The modern “deck-slap” injury – calcaneal blast fractures from vehicle explosions. J Trauma 2011; **71**: 1694 – 1698
4. Jacobs LGH. The landmine foot: its description and management. Injury 1991; **22**: 463 – 466..
5. Zafar H, Rehmani R, Chawla T, Umer M, Mohsin-e-Azam. Suicidal bus bombing of French nationals in Pakistan: physical injuries and management of survivors. Eur J Emerg Med 2005; **12**: 163 – 167.

第 21 章
対人地雷による外傷

21. 対人地雷による外傷

21.1 はじめに：人道的挑戦 56

21.2 創傷のメカニズム 57
21.2.1 爆風地雷 57
21.2.2 破片式地雷 57

21.3 創傷の臨床病理学的パターン 58
21.3.1 パターン 1 損傷 59
21.3.2 パターン 2 損傷 59
21.3.3 パターン 3 損傷 60

21.4 疫学 60
21.4.1 定義、分類、データ収集 60
21.4.2 地雷の戦術的使用における重要性 61
21.4.3 戦後・紛争終了後における地雷の市民に対する影響 62
21.4.4 死亡率 63
21.4.5 生存者 64
21.4.6 病院の資源と仕事量 64

21.5 爆風地雷損傷：病因と臨床的意味 65
21.5.1 体格及び履物の影響 67
21.5.2 より近位側の損傷 67

21.6 臨床症状と治療方針 69
21.6.1 応急処置 69
21.6.2 ER での治療 70

21.7 パターン 1 外傷性切断症例の外科的治療方法 71
21.7.1 術前準備 71
21.7.2 切断の高さ決定と外科手技 71
21.7.3 四肢切断術の古典的なアプローチ 72
21.7.4 「傘状効果」と筋形成四肢切断術（myoplastic amputation） 72
21.7.5 その他の手術で考慮すべき点や待機的一次閉創（DPC） 73
21.7.6 その他のパターン 1 損傷 73

21.8 足部の地雷爆風損傷における特徴 74

21.9 手への爆風地雷損傷の特徴：パターン 3 外傷 74

21.10 パターン 2 外傷に対する外科的処置 75

21.11　身体的及び精神的リハビリテーション　75

21.12　まとめ：人道的挑戦　76

付録 21.A 地雷の非人道的な後遺症　77

基本原則
対人地雷が広く使用されてきたことで、すべての社会は人道的な挑戦を強いられる結果となった。
犠牲者は市民であることが多く、紛争終了後にもかかわらず多くの犠牲者が出ている。
対人地雷による外傷には 3 種類のパターンがある。
対人地雷は外傷性に四肢の切断をもたらすように設計されている。
切断部位は、当初予想したよりかなり高いところで行わなければならないことがある。
速やかな治癒を得るためには適切なデブリドマンと二期的な創の閉鎖が必要である。
理学療法は治療として非常に重要であり、術後直ちに開始しなければならない。
肉体的及び精神的リハビリテーションを施し、義肢を生涯にわたって支給することは、犠牲者の社会経済活動への参加に必要である。

21.1 はじめに：人道的挑戦

「世界中に蔓延している地雷による外傷は、他の多くの伝染病と同様に、その原因から結果に至るまで、単に生物学的のみならず、社会的、経済的、医療的、政治的なイベントであり、最も弱く無防備で罪のない人々が標的となる病態の一例である」[1]。

対人地雷（APM）は、多くの爆破兵器の中でも別枠として分類されるものであり、最も身体への障害が大きい兵器のひとつである。それによってもたらされる傷は悲惨であり、その影響は、犠牲者だけにとどまらない。それらは社会と公衆衛生全般に深い負の影響をもたらす。

たとえ兵士が戦争行為を規制する国際法を順守したとしても、対人地雷が本来持つ特性は、必要以上の苦しみと、無差別の影響を与える。対人地雷は市民と兵士を見分けることをしないし、戦闘中止命令に従わない。停戦や平和条約、紛争後調停や民主主義に基づく選挙のいずれも地雷が尊重することはない。

「無差別な地雷の使用は、恒久的な軍事的優勢は得られないばかりか、軍事的な必要性や機会の原則に馴染まない。」
Salim Ahmed Salim, アフリカ統一機構事務総長

現代の紛争における対人地雷のばらまきにより、人道的な悪影響が広がっている。地雷は例外なく人々の生活や活動を妨げ、移動を余儀なくさせ、その結果近隣地域を不安定にする。多くの小さな地雷は耐水性であるため、洪水や雨季に地雷が流されて移動することにより、一度地雷を撤去した地域が再度地雷危険地帯となってしまう。地雷があると、元々絶望的なほど貧困な社会の戦後の復興、開発はしばしば複雑なものとなる。

P. Dutoit / ICRC

G. Diffidenti / ICRC

ICRC

写真21.1.1 – 21.1.3
地雷に汚染された人々の環境

国によっては、対人地雷は兵士よりも多くの市民を殺戮し傷つけ、それは戦争終結後も長らく続く。傷つくのは水汲みに来た女性、薪を集めに来た子供、野に働きに来た牧畜を営む人々や農民などすべての市民である。 対人地雷の犠牲者のケアは公衆衛生システムのどの部分にとっても難題で、この問題は最もその重荷に耐えられない国で、最も深刻である。地雷禁止条約により地雷の撤去は進み、医療援助もなされてきているが、まだ多くのことが未解決であり、対人地雷に対しても多くの人道的な難題が残されている。地雷に関する人道的な影響については付録 21.A に詳述されている。
本章では、第 3 章 1.3 の内容を更に詳細に述べていく。

21.2 創傷のメカニズム

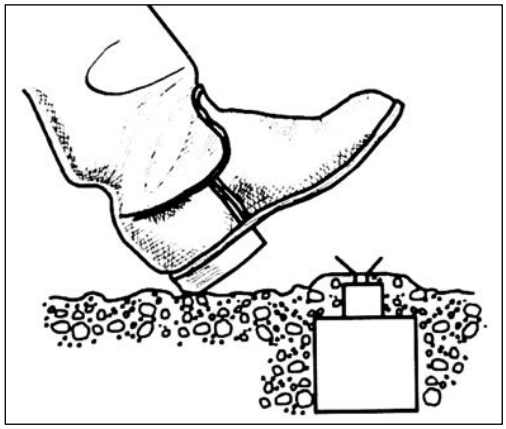
対人地雷は 8g～500g の爆薬を装填された小型の爆弾で、犠牲者により発火される。「対人」武器として考えられており、爆風式と破片式の 2 つの主要なタイプからなる。損傷の主要なメカニズムは、まず起こる爆風効果と破片の貫通及び熱反応からなる。これはまさに小型の爆破兵器に期待されていることである。

21.2.1 爆風地雷（Blast mine）

爆風地雷は、通常地面に埋められているか置かれており、圧力板に接触することにより作動する。外側はプラスチック製や鉄製、木製などがある。爆風対人地雷は、爆発することにより、最低でもコンバットブーツを履いた歩兵の足を負傷させ、車のタイヤを破裂させることを目的としている。大半の製品は工場で生産されているが、武装集団の中には即席で自家製地雷を作製するところもある。創傷は小型で非常に局所的な爆発により起こる。

ICRC

写真 21.2.1
爆風地雷



Bryusov et al.

図 21.2.2
爆風地雷の爆発機序

21.2.2　破片式地雷

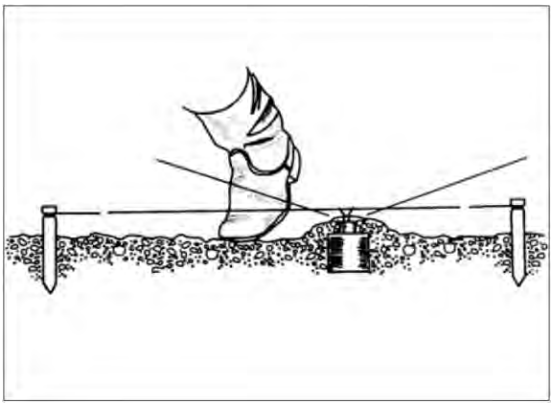
破片式地雷は爆発で金属片をまき散らす。歩行者がトリップワイヤーや信管を引っ掛けることによって爆発する。いろいろな仕組みの破片式地雷があり、地面に棒状の地雷を差し込むものや、作動するとまず 1m 程の高さまで打ち上がった後に爆発するもの、扇形に決められた方向に散弾する「クレイモア　タイプ」などがある。最初の二者は 360 度の全方向に散弾し、種類によっては半径 25m までの殺傷能力がある。最後のタイプは指向性破片式地雷と呼ばれるが、一定方向に散弾や鋼球を射出し、殺傷能力は 150m に達するものもある。

上述の地雷によってもたらされる創傷は、手榴弾や迫撃弾など他の破片式武器によってもたらされるものと同じである。

1. Giannou C. The Worldwide Epidemic of Landmine Injuries. Geneva: ICRC; 1995.

T. Gassmann / ICRC

写真 21.3.1
トリップワイヤーにより感知する仕組みの棒状差し込み式地雷



Bryusov et al.

図 21.3.2
トリップワイヤーに引っかかり、地雷が作動する。

ICRC

写真 21.3.3
指向性破片式地雷

21.3 創傷の臨床病理的パターン

爆風損傷については、下に示す要素が創傷のパターンと重傷度に影響を与える。

- 地雷のタイプ
- 爆発物の量と種類
- 受傷時の装置との距離と接触の有無、負傷者の体位
- 負傷者がどの程度の防護服を着用していたか(特別なブーツや防弾チョッキ等)

第 3 章 1.3 で述べられているように、ICRC 外科医はフィールドでの経験をもとに、爆風損傷に 3 種類の臨床病理学的パターンがあると定義した [2]。損傷形態がこの 3 つのパターンのどれに該当するか見極めることは、病院資源と長期間のリハビリをどの程度必要とするかを決定するために重要である。地雷による外傷性切断を負った者に必要な資源とリハビリの度合いは、切断を免れた者や、もっと一般的に言えば、他の戦傷患者とは比較にならないくらい大きい。

2. Coupland R. M., Korver A. Injuries from antipersonnel mines: the experience of the International Committee of the Red Cross. BMJ 1991; **303**: 1509 – 1512.

ICRC

図 21.4.1
パターン 1 損傷

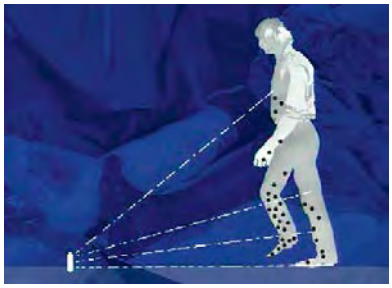

ICRC

図 21.4.2
パターン 2 損傷

ICRC

図 21.4.3
パターン 3 損傷

21.3.1 パターン 1 損傷

負傷者が爆風地雷の圧力板を踏むと、足や下肢が吹き飛ばされ、外傷性切断となる。対側の下肢や会陰部、臀部、腹部、胸部、両上肢に貫通創や熱傷を受傷する。重傷度および外傷性切断の切断箇所は、負傷者の体格に対する爆発物の量や、接触時の足の位置による。もし地雷の爆発力が非常に強い場合は即死させるが、本来、地雷は単に人を不具にすることを目的としている。

ICRC

図 21.5
パターン 1 損傷の両側受傷例

21.3.2 パターン 2 損傷

歩行者がトリップワイヤーに引っ掛かったり信管に当たったりすることによって破片式地雷が爆発する。爆発すると他の爆発物と同様に破片が射出される。他の受傷機転としては、本人の傍らにいる別の人間や牧草を食べに連れ出した牛などの動物が地雷を作動させてしまい巻き添えを食うケースもある。この場合は、破片が身体のあらゆる箇所を直撃するが、どの程度の深さまで侵入するかは負傷者と地雷の距離による。何条もの近接した深い裂創を負い、特に一次爆傷効果が及ぶ半径の中にいる場合は外傷性切断に陥ることもある。しかし、切断にまで至る頻度はパターン 1 に比較すると少ない。

ICRC

写真 21.6
パターン 2 の破片式地雷による損傷

21.3.3　パターン3 損傷

地雷を触っているうちに爆発することがある。このような事故に巻き込まれるのは、地雷を敷設する兵士や地雷撤去作業に従事する人、田んぼで田植え中に間違って地雷を触った農民、好奇心旺盛な子供などである。特に子供は小さくて魅力的な蝶々型地雷で遊んでしまう。(写真 3.3.3)

負傷者は指や手を失うとともに、顔や首、胸部に様々な深さの貫通創や熱傷を負う。加えて多くの者が視力を失う。顔面熱傷を合併し気道に影響があると死亡率は 3 倍に増大する。生存者が触った地雷は概して小さく、大量の爆発物を含んだ地雷の場合は死を免れない。限局した爆風損傷を負うメカニズムはパターン 1 と 3 で同じである。

ICRC

写真 21.7.1
パターン 3 外傷:左手の外傷性切断及び胸部、顔面の損傷を認める。

G. Goonetilleke

写真 21.7.2
この傷病者は両眼の視力を失い両腕が切断されている。

21.4 疫学

地雷使用についての疫学研究は大きく 2 つのカテゴリーに分かれる。1 つ目は公衆衛生学及び社会経済学的重要性について論じたもの、2 つ目は純粋に医学的な見地から論じたものである。

21.4.1　定義、分類、データ収集

地雷に関するデータは、地雷の定義の問題から、混乱を来しやすい。工業製品であるか、即席の自家製であるかにか

かわらず、地雷とは犠牲者が作動させるものである。1 人の人間によって作動するものを対人地雷、車重程度がかからないと作動しない地雷は対戦車地雷、もしくは対車両地雷と分類される。不発弾、特にクラスター爆弾に代表されるような様々な戦争の爆発性の遺残物は、地雷と似た機序で人を傷つけ、その臨床学的効果は地雷によるものと差がない。したがって医師、看護師、患者は、その創傷から爆発物が地雷だったのか不発弾だったのかを見分けることができない場合が多い。同様に、カルテを参照しても対人地雷によるものか対戦車地雷によるものかは通常区別されていない。

地雷と不発弾（Explosive Remnants of War：ERW）の影響に関する疫学的研究を困難にしている最大の原因は、一貫性のある信頼できるデータの不足にある。1997 年の地雷禁止条約調印以降、この点を改善すべく多くの試みがなされており、いくつかの組織や政府機関が、この問題の改善と地雷と不発弾の医学的もしくは社会経済学的な影響についての理解を深めるため、必要なデータ集積システムを開発する役割を担ってきた[3]。

21.4.2　地雷の戦術的使用における重要性

国際的な戦争と局地戦、ゲリラ戦では、地雷の使用方法が異なる。正規軍は通常、地雷を国境や前線に敷設するが、ゲリラ戦ではこのような制限はない。ゲリラ戦では前線などというものがないため、地雷は通常よりランダムに敷設される[4]。しかし正規軍の場合も、空から地雷やクラスター爆弾を散布する場合があるため、その場合は国境や前線を超えて危険地域が広範囲に広がってしまう。従って、それぞれの紛争における地雷と不発弾による負傷者の割合は、戦争のタイプと戦場の地形により変わってくる。表 5.3 に様々な紛争の例を示す。

付録 5.A に示した ICRC の外科統計によれば、ICRC の病院に搬入された地雷もしくは不発弾による負傷者数は全体の 18%に上る[5]。表 5.4 では他の病院での比率を表しているが、その比率は様々な紛争の戦術的な特性により 0 から 63%と幅がある。これらの病院での死亡率は 30～40%と非常に高く、中にはそれ以上に達する報告も見られるが、この死亡率の高さは、単に病院の質のみが反映されているということではなく、戦場でのプレホスピタルケアや避難活動の効率の差異を十分に考慮に入れる必要がある。

現代の紛争においては、紛争中の地雷による負傷者の大半は軍人であり、市民の負傷者数の割合は国によって変わる。一例を挙げると、ボスニア・ヘルツェゴビナでは地雷はほとんどが前線に敷設されたため、状況は比較的落ち着いていた。市民の多くはこの地域からすぐに逃げ出したからである。1992 年から 1995 年の間に 2,807 名が地雷により死亡ないしは負傷したが、このうち、2,076 名（74.0%）は戦闘中の軍人であり、99 名（3.53%）の軍人は地雷除去中の受傷、611 名（21.8%）が市民で 120 名（4.3%）が身元不明であった[6]。地雷を用いた戦いで最も非難されるべき側面は、紛争後においてはほとんどの負傷者が、市民であるか地雷除去に従事している人だということである。

---

3. 地雷禁止国際キャンペーン International Campaign to Ban Landmines (ICBL) の年次報告書、ジュネーヴの地雷除去国際センターInternational Centre for Humanitarian Demining が多くの被害国に派遣している International Management System for Mine Action (IMSMA)、IMSMA のために標準報告書のフォーマットを提供している WHO、UNICEF、CDC(Centers for Disease Control and Prevention)、ICRC などが貢献している。ICRC は、アフガニスタンとボスニア・ヘルツェゴビナにおけるデータを解析している。現在、一次地雷と不発弾の犠牲者に関する参照資料としては、ICBL の「Landmine Monitor」報告がある。
4. International Committee of the Red Cross. Anti-personnel Landmines: Friend or Foe? A study of the military use and effectiveness of anti-personnel mines. Geneva: ICRC; 1996.
5. このデータベースの欠点のひとつは対戦車地雷と対人地雷との区別がされていないことである。しかしながら紛争形態から、ほとんどの犠牲者は対人地雷によるものと考えられる。
6. ICRC Landmine Victim Database, Sarajevo.Jeffrey SJ. Antipersonnel mines: who are the victims? *J Accid Emerg Med* 1996; **13**: 343 – 346.

21.4.3　休戦・紛争終了後における地雷の市民に対する影響

ICRC のスタッフは、この対人地雷の市民に対する悪影響について、いくつかの報告をしている。ICRC のサラエボにおけるデータベースによると、1995 年 12 月に調印されたデイトン合意後、地雷による負傷者の内訳に大きな変化があった。1995 年 12 月 15 日より 1998 年 12 月 31 日の間に地雷により 1,055 人が死亡ないしは負傷したが、822 人(77.9%)が市民であり、131 人(12.4%)が軍人(うち、29 人は地雷除去中の事故)、102 人(9.7%)が身元不明という内訳であった。このように負傷者のうち、市民が占める割合は戦時中の 21.8%から戦争直後の期間には 77.9%に上昇した。なぜこのようなことになるかは、以下の事実で説明できる。すなわち、戦争終結後、農民に代表される多くの人々が戦争前の生活に戻る過程で事故に遭う、もしくは激しい戦闘があった地域へその場所の住民が被害の状況を調べるためや単に自分の場所に戻る過程で事故に遭うためである。地雷に関する事故は、戦争後の最初の 6 か月で飛躍的に増加するが、その後は人々がその脅威を十分に認識するため、事故の件数は減少していく。

同様の事象は 1992 年のアフガニスタンのカブールで起こった。時の政権が倒れたため、パキスタンに脱出していたアフガニスタン難民が大挙して祖国に戻ってきた。その際、ペシャワールの ICRC 病院に搬入された地雷事故による負傷者数は月に 50 名平均だったのが 100 人に跳ね上がった。そのうち、85%は軍に関係のない活動をしていた際に受傷しており(図 21.8)、78%はアフガニスタンから帰着したばかりとのことであった。アフガニスタンのジャララバード大学病院はパキスタンのペシャワールと国境をはさんですぐ反対にあるが、そこの ICRC 外科チームの報告によると、こちら側でも 1993 年初頭に大量のアフガン難民が帰還した際には、戦争関連の全負傷者に占める地雷による負傷者の割合が 35%から 60%に増加したという。特に子供と青少年が危険に曝されている。彼らが遊んでいる時、薪や水を探しに行く時が危険であるし、ただ単に好奇心から触ってしまうこともある。実際、負傷者のうち、子供が占める割合は多くの国で紛争後の時期に上がることが多い。

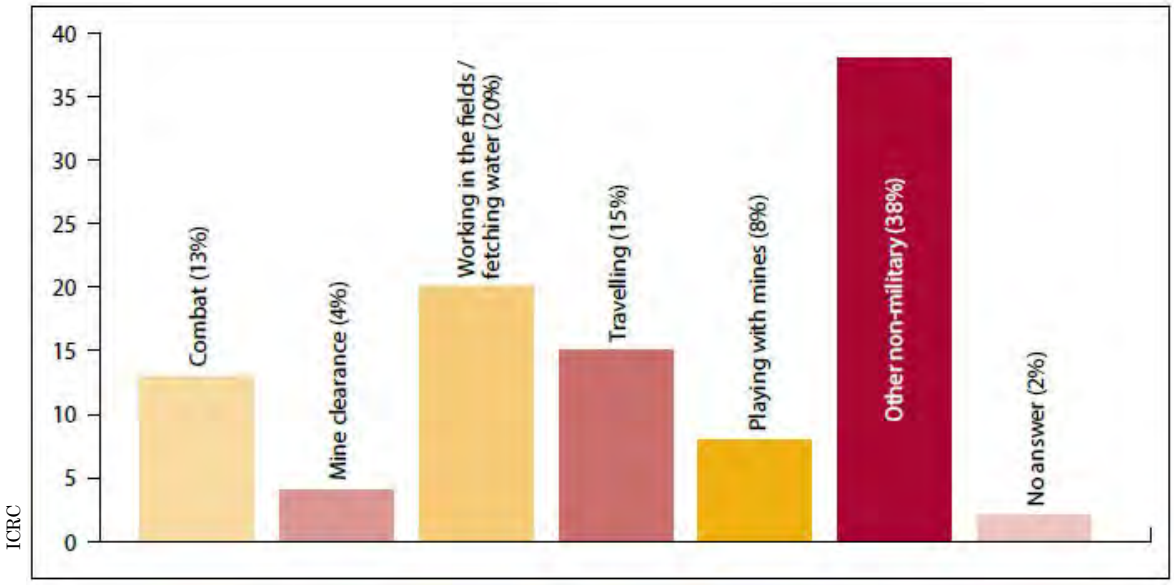


図 21.8
ICRC ペシャワール病院データ 1992 – 93: 地雷負傷者の受傷時の活動内容 (N = 600).[7]

地雷が広範囲に敷設されている多くの国では、このような状況は今までに何度も繰り返されてきた。第二次世界大戦の際に埋められたエジプト、エル・アラメインの地雷原では、いまだに毎年死傷者が出る。同様にヨーロッパにおいても第一次世界大戦や第二次世界大戦の際に埋められた地雷や不発弾で毎年のように犠牲者が出ている。

実のところ、地雷にまつわる問題の全貌は正確には把握されていない。しかし、特定の国や地域においては、単純な地雷の数や負傷者数は、問題の深刻さを判断するには不十分な基準であり、これをもって全体の人道的な影響を語ることはできない。付録 21.A では、地雷の社会経済学的な影響と地雷除去作業、救援、健康プログラムの効果について言及している。

7. Jeffrey SJ. Antipersonnel mines: who are the victims? J Accid Emerg Med 1996; **13**: 343 – 346.

21.4.4　死亡率

戦術的な対人地雷の使用は、深刻で長期的な影響を及ぼす。町の中心部や連絡網から遠く離れた田舎で広く地雷が使われるということは、多くの負傷者は受傷した際に一人きりであることを意味する。もしたまたま複数で移動中に誰かが受傷し、仲間が救出のために本人の傍らに駆け寄る際には非常に気をつけなければならない。なぜなら彼らは地雷原に侵入していることを意味しており、二次災害に遭う危険性が高いためである。孤立したへき地での死亡者数はほとんどわかっていない。

様々な地域密着型の公衆衛生調査によると、いくつかの国では地雷による死亡率が 50%かそれ以上に達している(モザンビーク、アンゴラ、ソマリアなど)。アフガニスタンやスーダンで長年にわたり働いてきたICRCの外科チームのスタッフのほとんどが、患者が病院に辿り着くのに 10 日から 15 日間、ひどいケースではそれ以上の時間がかかったという経験をしている。しかし、適切で費用対効果が高い地域密着型の初期治療と病院前外傷システムが導入されれば、生存率は改善し得る。例えば、一昔前のユーゴスラビアにおけるサラエボの ICRC データベースによると、当時の死亡率はわずか 17%であった。理由は、避難が非常に効率的に行われていたからであり、より短期間でみると、さらに低い死亡率の時期も散見される。

対人地雷の致死性は恐るべきものがある。特に対戦車地雷と跳躍地雷の双方が使われているような本格的な地雷原の場合はその傾向が顕著である。表 21.1 では、イラン国境やキューバのグァンタナモ湾米軍基地周囲、ギリシャ・トルコ国境などがそれにあたり、高い死亡率となっている。

場所	傷病者数	現場での死亡者数	現場での死亡率	院内死亡率	参照元
イラン 1988～2002	6,765	2840	42%	-	ICBL Landmine Monitor
イラーム、イラン 1989～1999	1,082	394	36.4%	-	Jahunlu et al., 2002.
ギリシャ 1988～2003	40	(21)	(52.5%)	0	Papadakis et al., 2006.
グァンタナモ湾、キューバ 1967～88	27	(14)	(51.9%)	23.1%	Adams & Schwab, 1988.
アフガニスタン 1980～94*	1,265	699	55%	-	Andersson et al., 1995.
カンボジア 1978～94	443	136	31%	-	Andersson et al., 1995.
ボスニア-ヘルツェゴビナ 1992～94	195	79	41%	-	Andersson et al., 1995.
モザンビーク 1980～94	197	83	42%	-	Andersson et al., 1995.
モザンビーク 1980～93	251	120	48%	-	Ascherio et al., 1995.
アフガニスタン 2001～2002	1,636	154	9.6%	-	Bilukha et al., 2003.
アフガニスタン 2002～2006	5,471	939	17.2%	-	Bilukha et al., 2008.
チェチェン 1994～2005	3,021	687	22.7%	-	Bilukha et al., 2006.
スリランカ 1996～97	328	(45 DOA**)	(13.7%)	3.9%***	Meade & Mirocha, 2000.

* 1994 年に行われた各戸へのクラスターサーベイに基づく
** DOA: Dead on arrival 病着時心肺停止。フィールドでの総死亡者数は不明。
*** 病院に生きて辿り着いた 283 名の病院内死亡率

表 21.1 それぞれの国の戦闘での、地雷(対戦車、対人)、クラスター爆弾、不発弾による死亡率
現場での死亡数と死亡率には、搬送後の病院での死亡を含まない。

ICRC 病院での対人地雷による負傷者の死亡率は 3.7%であり、この数字は他の兵器による負傷者の死亡率と同等である。対人地雷により外傷性切断を余儀なくされた者の死亡率は 6.0%に上がる。しかし、患者搬送に時間がかかればか

かるほど、病院内での死亡率は減少する。なぜなら、最も重度の創傷を負った者は「自動的なトリアージ」がなされることにより、病院に辿り着く前に死亡してしまうからである(第 5 章 8.4 参照)。

21.4.5　生存者

患者が創傷と搬送の遅延にも耐え、生きて病院に搬入された場合、非常にバラエティーに富んだし創傷を負ってくるが、そのパターンは前述した 3 種類のうちの 1 つにあてはまる。図 21.9 は 1991 年の最初の 8 か月にカンボジアのモンゴルボレイ病院で ICRC チームが治療した対人地雷負傷 319 例の創傷のタイプ別内訳である。

表 21.2 が示すように対人地雷による創傷部位が非常に多彩であることは、前述した損傷パターンの違いにより説明できる。パターン 1 の中の、下肢の外傷性切断症例では、72%が下腿切断、25%が大腿切断であった。4 例が両下肢切断で、そのうち、2 例が下腿レベル、2 例が大腿レベルであった。

頭部及び体幹の損傷症例数は本来もっと多いであろうが、この部位の負傷者は、病院に生きて辿り着けなかった症例が相当数あると思われる。病院におけるデータは、地雷外傷という事象の一部しか反映することができない。

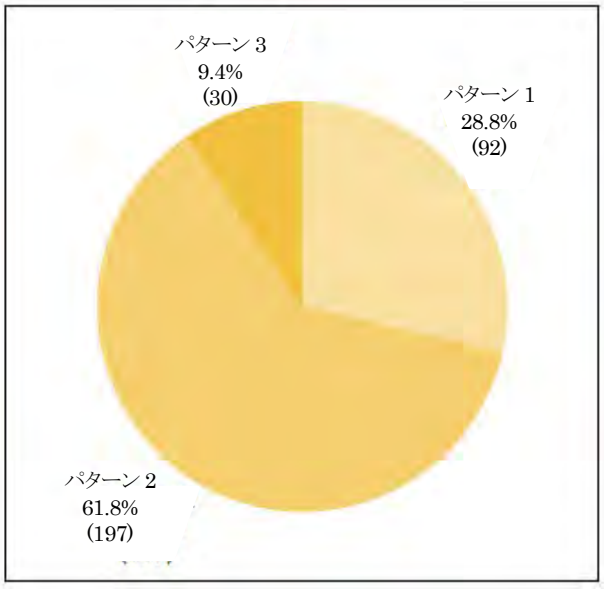


図21.9
カンボジア、モンゴルボレイ病院における対人地雷の受傷パターン内訳
1991年1月～8月　319例
パターン 1: 外傷性下肢切断
パターン 2: 破片型地雷の破片による受傷
パターン 3: 外傷性手切断

解剖学的受傷部位	パーセント
頭頸部	7.8
胸部	13.5
腹部	12.5
生殖器	1.6
上肢	15.1
下肢	84.3

表 21.2 受傷部位による内訳(カンボジア、モンゴルボレイ病院)

必要以上の苦しみを生み出す兵器である対人地雷のおぞましい本質を知るには、アフガニスタンにある ICRC の義肢センターで 1979～2010 年にわたって集められたレポートが最も参考になる。この国では、過去 30 年間にわたって大量の地雷が使用された。その結果、37,337 例の切断症例のうち、対人地雷による症例は 79.6%に及んだ。

21.4.6　病院の資源と仕事量

地雷による負傷者は莫大な病院資源を必要とする。ICRC のデータによると、平均入院日数は、弾丸や爆弾の金属片による受傷で 2 週間、地雷による受傷者全体で 3 週間、地雷による切断症例ではほとんど 5 週間に達した。このように長期間の入院を必要とするということは、看護師への負担が著しく増大し、理学療法士の時間と労力はそれ以上にかかることを意味している。

表 5.22 と図 5.8 に示すように、対人地雷の負傷者は他の兵器による負傷者と比較してより多くの手術を受ける。熱傷や

組織壊死、感染等により、多くの患者は 8 回もしくはそれ以上の手術を必要とする。外傷性四肢切断は赤十字外傷スコアによれば直ちにグレード 3 に分類される創傷であることに注意したい。

地雷による創傷が他の創傷と比較して重症であることは、輸血必要量に関するICRCのデータからも、みてとれる。それによると地雷外傷例で輸血を必要とした割合は 27.9%であったが、弾丸による損傷症例ではわずか 15%、破片による損傷では13.1%にとどまっていた(表8.3)。地雷による外傷性切断症例のみに限ると、輸血症例は75%にも上っていた。次に、創傷タイプ別にそれぞれ 100 症例で何単位の輸血が必要であったかを比較すると、弾丸や破片による損傷例が 40 単位、地雷創傷例で 100 単位必要、地雷による外傷性切断例では 300 単位の輸血が必要であった。

21.5 爆風地雷損傷:病因と臨床的意味

対人地雷による外傷性切断例の病態は独特である。

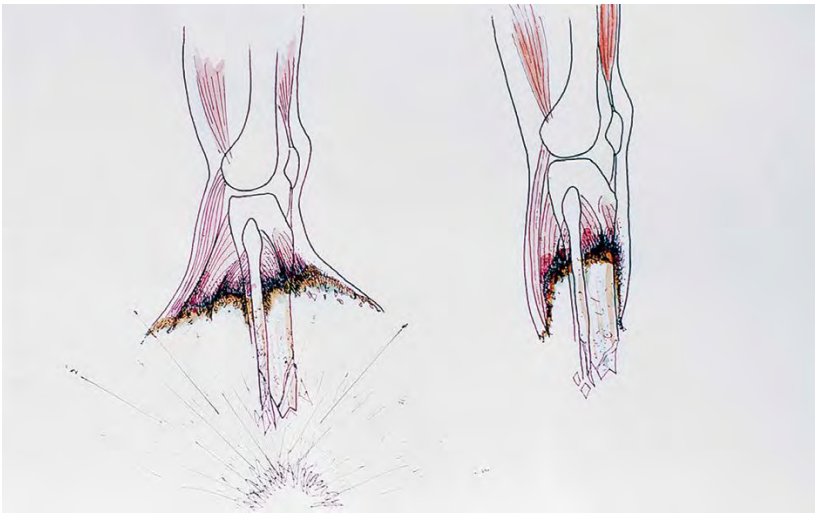
最もよく見られるのは脛骨レベルでのパターン 1 の創傷であるため、この創傷形態を例として、本章を論じていく。

パターン 1 の創傷においては、爆発の際に身体の一部が地雷と接触していることが、独特な創傷形態をもたらす理由となる。この創傷は、不潔で汚染された戦傷の「完璧な」典型例である。爆風により、土壌や草や小砂利、地雷の外包の成分である鉄やプラスチックの破片、靴の破片や粉々になった足の骨の破片など、ありとあらゆるものが組織を裂きながら奥深くに入ってゆく。したがって、未熟な外科医が陥る古典的な落とし穴は、このタイプの創傷による組織のダメージと汚染具合を過小評価してしまうことである。

爆風地雷外傷:不潔で汚染された戦傷の「完璧な」例である。

爆風による過度の圧力が、接触した足を圧縮し、粉砕する。続いて生じる圧力波が、骨、血管、軟部組織を通じて下肢全体に伝わる。この圧力波の影響で骨折が生じる。次の瞬間、爆風の影響で骨折部にねじれが生じることにより、足が吹き飛ばされてしまう。

同時に下肢の筋肉は押し上げられ外に押し出されるが、この様子は、「傘状効果(umbrella effect)」と呼ばれている。なぜなら、爆発したガスによる限局した衝撃波により、骨膜とそれに付着している筋肉が残った骨から剥がされ、傘が開くように外に押し出されるためである。次に、外に押し出された筋肉がまた戻ってくる:傘が閉じる。浅筋である腓腹筋は外側に強く押し出されるだけで、深筋群である前外側コンパートメント内の筋群やヒラメ筋に比べてダメージが少ない。筋膜のレベルでは、より近位で細断され、皮膚には不規則で多彩な欠損が生じる。



R. Coupland / ICRC

図 21.10.1
大量の爆薬による典型的なパターン 1 創傷例において、損傷し断裂した皮膚と筋が、押し出され元に戻る「umbrella effect」の様子を図示する。
深部組織の方が表層組織よりも損傷が激しい。

ICRC

写真 21.10.2
左下肢の外傷性切断症例
右下肢にも創傷を負っている。
エアターニケット装着のよい適応である。

より小規模の地雷爆発により足部のみが損傷された場合にも、同様の「傘状効果 umbrella effect」が見られる。足背及び踵部はしばしば保たれる一方で、足底部は重度の損傷を負う。

R. Coupland / ICRC

図 21.11.1
少爆薬によるパターン 1 外傷
踵骨が完全に破砕される一方で、下腿及びアキレス腱付着部は保たれている。周囲の表層組織へのダメージに比べ、脛骨遠位端近傍の深部組織へのダメージの方がより近位に及ぶ。

ICRC

写真 21.11.2
踵骨が完全に破壊されたパターン 1 外傷

ICRC

写真 21.11.3
(左) 完全に破壊された踵骨のレントゲン像(右) 下腿骨の閉鎖性横断骨折

最終的な開放創は、脚の長軸に対して同心円状で、皮膚片と断裂した腱が垂れ下がった様相となる。いったん傘のように開いた軟部組織は、そのさらに深部の組織の激しい損傷を覆い隠すように取り巻いている。爆風による深部への損傷は、組織として脆弱な部位、すなわち神経血管束や筋膜の間の疎性結合織に沿って侵入しやすい。このため、実際の組織へのダメージは、通常外傷性切断の部位よりもはるかに近位にまで及んでいる。血腫、滲出液、膿瘍なども、これらの脆弱な部分を通って近位に入ってくる。

さらに爆発により生じた高温のガスは、接触した足を蒸発させるだけでなく、骨断端及び軟部組織の凝固壊死を来し得る。この血管凝固のおかげで、効果的に止血が得られることもある。しかし、同時に起こる皮膚や筋肉の熱傷は非常にやっかいであり、治療困難である。

R. Coupland / ICRC

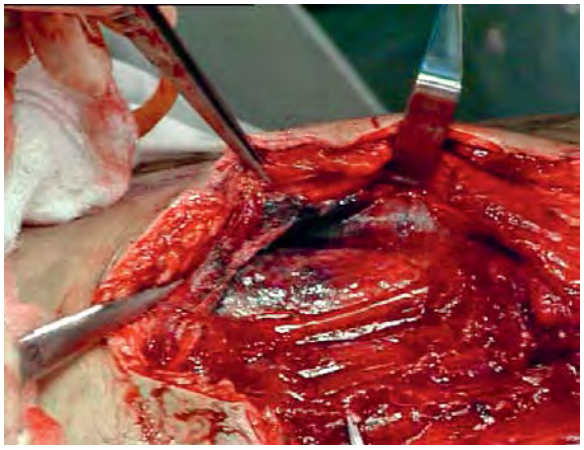
写真 21.12.1
レントゲン上、筋膜上に沿って大腿内に迷入した多数の破片を認める。

すべてを考慮に入れると、適切な切断部位のレベルは、通常経験不足の外科医が考えるよりも高位になる。

適切な切断部位は、見かけよりも高位である。

21.5.1　体格及び履物の影響

同じタイプの地雷による外傷でも、その重症度は、患者によって異なることを、多くの外科医がみてきた。なぜなら、組織の破壊の程度は、爆発物と体の中心部までの距離や間隙や、履物の品質の違いにより変わってくるためである。



ICRC

写真 21.12.2
爆風効果により、受傷部位よりかなり離れていても、筋膜に沿った部位での汚染と挫傷を認める。

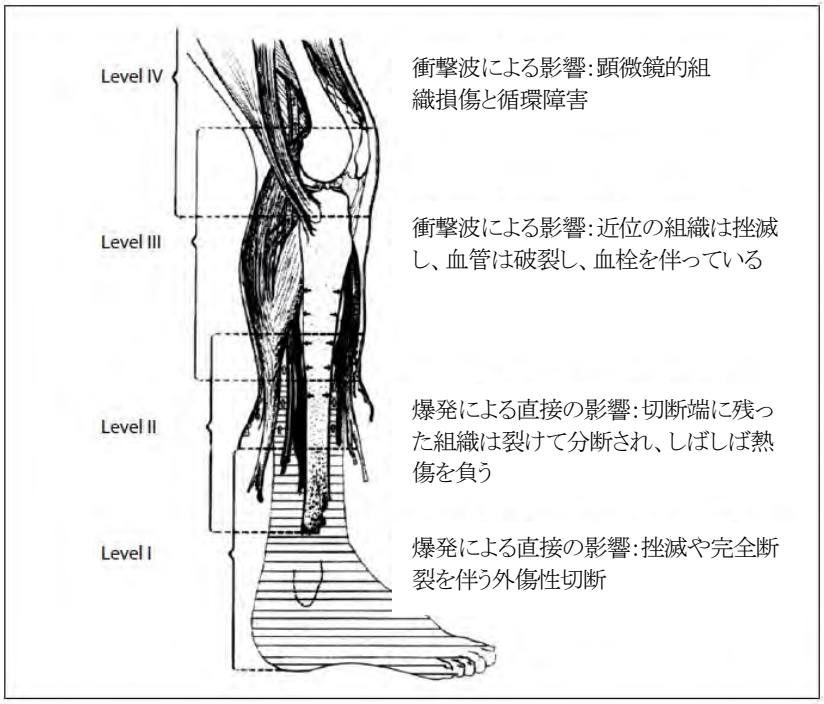
ロシアの外科医らは、足の大きさ、すなわち身長差と重症度の比較研究を行った [8]。下肢長が長い症例では、当然爆発物から体の中心までの距離が遠くなり、外傷性切断のレベルも低い。すなわち、この「距離」が、爆発による粉砕の度合いを下げる最も大きな要因であるということが明らかとなった。このことは、子供の方が大人より重症度がはるかに高いことの説明にもなっている。

靴について考察すると、普通の靴はほとんど防御機能がない。足や体幹と地雷の距離をほんの少し遠ざけるにすぎないし、一方で二次的な破片が近位に突き刺さることがある。ところが逆に、頑丈な靴が脛骨への到達エネルギーを増大させる可能性がある[9]。タイからの報告によると、軍用ブーツを履いていた軍人が対人地雷爆発に遭遇した際、負傷者は全例大腿レベルでの切断となったが、テニスシューズやサンダルを履いていた群で切断に至ったのは29%にすぎなかったという[10]。地雷除去作業に従事している者は最大限の防御機構を備えた装具を装着しているが、これについては、今後も更なる試みと実験が必要である。

21.5.2　より近位側の損傷

爆風波は時に関節を越えて波及するため、切断部位より近位側の肢内では、不規則な組織の挫傷や細胞レベルの震盪が生じているが、その境界を判断するのは困難である。このダメージにより受傷後 3 日間程度は組織の浮腫が進行するため、近位側のコンパートメント症候群が起こることがある。

8. Nechaev et al., 1995
9. Trimble K, Clasper J. Anti-personnel mine injury; mechanism and medical management. J R Army Med Corps 2001; **147**: 73 – 79.
10. Traverso LW, Fleming A, Johnson DE, Wongrukmitr B. Combat casualties in Northern Thailand: emphasis on land mine injuries and levels of amputation. Mil Med 1981; **146**: 682 – 685.



Nechaev et al.

図 21.13.1
外傷性切断の際の損傷レベル

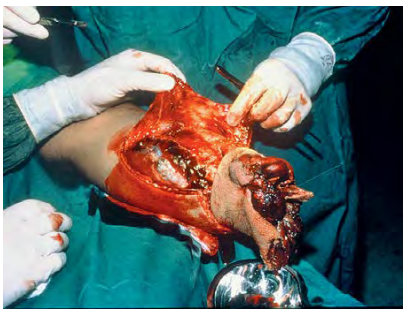
ICRC

写真 21.13.2
地雷の爆風効果による右下肢外傷性切断症例。断端の皮膚が近位に向かって裂けている。

圧力波が四肢の血管内に到達すると、血管内膜や中膜に様々なレベルの亀裂が入るため、二次的に血栓が形成され得る。また、筋挫傷に伴いコンパートメント症候群が生じ得る。

R. Coupland / ICRC

R. Coupland / ICRC



R. Coupland / ICRC

写真21.14.1 – 21.14.3
爆風により引き起こされた血栓症とコンパートメント症候群
血栓症が中枢側まで及んだ重症例。ふくらはぎの筋肉の緊張に注目。触診上、硬く緊満した組織を触れコンパートメント症候群を呈している。減張切開を行うと組織のうっ血を認めるとともに、膝窩静脈レベルまでの血栓症を認めた。すべての患者がここまでのダメージを受けるというわけではないが、このような症例では創部断端より近位の下肢を注意深く触診し、組織圧の上昇がないかどうか見極めることが診断上重要であることを本症例は示している。筋膜切開で済む症例もあれば、より近位での切断が必要となる場合もある。

爆風外傷による四肢の損傷と似たような障害は体幹の臓器や中枢神経系にも起こり得る。例えば心、肺の挫傷や腸間膜根部の血腫等が生じる。このような障害が生じるかどうかは、爆発の強さによる。

ICRC の経験

ロシア、スリランカ、イラクの ICRC 外科医やスタッフは、対人地雷による外傷性切断例で蘇生や四肢切断術を施行された後、数時間後や 1～2 日経過してから突然死を来す事例を報告している。これらの症例では、気道や体幹の損傷は認められなかったとのことである。

突然死について、脂肪塞栓や血栓塞栓症の合併を疑う外科医もいるが、エビデンスが明らかな原因はない。ただしこれらの症例は、第 19 章 5.1 で述べた、一次爆傷で起こる「全身振盪症候群（general concussion syndrome）」の一例かもしれない。

また、外傷性切断症例に対してステロイドを投与するといういくつかの文献もあるが、これもエビデンスに基づくものではないため、ICRC 外科医は原則的には投与しない。

21.6 臨床症状と治療方針

対人地雷による負傷者のマネジメントは、病院前のファーストエイドから身体的、精神的リハビリテーションに至るまで、被災者への一連の完結したケアという課題を突き付ける。

21.6.1 応急処置

対人地雷外傷症例の病院前ケアは、現場周囲の環境のために著しく困難かつ危険なものとなる。なぜなら患者は地雷原の真ん中にいるためである。最初に救助に関わる者にとって、これだけはしてはならないことは、負傷者のもとに慌てて駆け寄ることである。慌てて駆け寄ると、多大な危険に曝されてしまう[11]。

しかし、応急処置を行う者が現場でできることは多い。負傷者はたいてい意識があり、一連の処置がなされている間、しゃべりかけることができる。

応急処置者の簡潔なプロトコルを以下に示す。

1. 冷静さを保つ
2. 負傷者に対して、救助に向かっていることを伝える
3. 負傷者に近くにまだ地雷があるかもしれないため、動かないよう指示する
4. シャツを脱ぐ、あるいは他の適当な布を、開放創に詰め込み、圧迫するように言う。この処置により明らかな出血も通常数分で止まるし、負傷者の神経をこれに集中させることができる。
   創の深部の比較的太い血管は爆発の熱で凝固される、もしくは血管攣縮を起こして止血されていることが多いため、パッキングと直接圧迫が最も有用である。このような状態でターニケットにより止血を試みるのは通常失敗に終わる。
5. 水の入ったボトルを負傷者に投げて渡し、何回にも分けて少しずつ飲むよう指導する。
6. もしあるなら、鎮痛剤も有用である。

いったん、地雷原より救出できれば、基本的な応急処置を行う。外傷性四肢切断部位をパッキングし、弾性包帯を装着し、患肢を挙上することで通常十分な止血が得られる。近位側でターニケットを装着し、止血に必要な圧で圧迫するのは、しばらく時間がたつと非常に痛くなり、かつ止血している間、側副血行路を含め末梢の血流を完全に遮断してしまう。

---

11. 犠牲者をいかに救出するかの記載については、ICRC や著者らの能力の範疇を超えている。読者は、地雷除去機関あるいは軍の専門家の助言を探すこと。 なお、これらの応急処置のガイドラインは、軍の衛生班には適用されない。

ICRC の経験

地雷で足を切断された人が道端に倒れているのを見ると、特に活動性出血が認められなくともついターニケットを装着してしまいがちである。しかし、通常このターニケットが適正に使用されていることはほとんどない。圧が中途半端である場合は、静脈還流のみ遮断し動脈血流は遮断されないため、失血を来す。逆にしっかりと圧をかけたまま、適切な圧迫解除もなされずに数時間放置されると、本来なら膝下での形成術で済むところが、壊死を来して大腿レベルでの切断が必要になってしまうことがある。ICRC の外科スタッフはこのようなターニケットの誤使用による悲劇を何度も見てきた。

フィールドで巻かれたターニケットの、病院での管理方法は、B.9.1 で述べられている。

R. Coupland / ICRC

写真 21.15　膝の高さでターニケットが 12 時間以上にわたって不適切に装着された外傷性切断症例：ガス壊疽を併発している

21.6.2　ER での治療

診察

他の外傷患者と同様、最初に行う検査や蘇生は ABCDE アルゴリズムに拠って行われる（第 8 章参照）。隠された創傷を見逃さないために、前述した対人地雷の創傷パターンを念頭に、当該症例がどのパターンに相当するか認識することが重要である。中でもパターン 3 損傷は、気道や呼吸に最も影響を与え得る損傷パターンである（写真 21.7.1）。

破片による損傷では、どんな小さな貫通創も慎重に診察することが大事である。特にパターン 1 損傷では、生殖器及び会陰部について注意深い診察が重要である。なぜなら、この部位では小さな傷は容易に見過ごされ、小破片は容易に骨盤腔や腹腔に迷入するからである。

一次爆風損傷では距離をおいて受傷することを忘れてはならない。

ICRC

写真 21.16
会陰損傷、腹部貫通創、熱傷を合併したパターン1損傷症例

蘇生

対人地雷外傷では、救出、病院搬入までに多大な時間を要する辺境の地で受傷するケースが大半である。このため当初からの出血に加えて、脱水や組織の浮腫といった合併症が生じるため、手術に先立ち蘇生が必要となる。また、爆風に近ければ近いほど、「蘇生に抵抗性」となってしまう（第 19 章 5.1 参照）。

さらに、極度に汚染された創部は、常に敗血症が合併する危険がつきまとう。抗生剤は可及的速やかに投与されなければならない。ICRC のプロトコルではペニシリンとメトロニダゾールが用いられる。

外科医は損傷のパターンと合併損傷を十分に念頭におきつつ、治療戦略を立てなければならない。

21.7　パターン 1 外傷性切断症例の外科的治療方法 [12]

パターン 1 及び 3 の爆風による外傷性切断症例の治療は、これらに対する経験のない外科医にとって、非常に困難である。その治療戦略は、市民の通常の外傷に対するものとは全く異なり、その他の戦傷外傷に対する治療戦略とも区別しなければならない。病態に対する理解が非常に重要である。

切断術や関節離断術に関する一般的な説明は、第 23 章で述べる。本章では、爆風地雷による外傷性切断と、特にパターン 1 損傷の際の特徴について述べる。このタイプの創傷に対する外科的治療は、脛骨を切断する膝下での下腿切断術が最も一般的であるため、この術式を議論の中心として進めていく。

21.7.1　術前準備

E. Winiger / ICRC

写真21.17
対人地雷損傷により高度に汚染された創部の洗浄処置

通常、患肢は高度に汚染されているため、麻酔導入後、創部を石鹸と水を用いて念入りにブラッシングしないといけない。

下肢をよく洗浄し、エアターニケットを巻く。

21.7.2　切断の高さ決定と外科手技

外科的切断術においては、外傷による不規則で汚染された切断端より中枢側で再度外科的切断を行い、清浄で適切な断端を得ることが重要である。

外科的切断術により壊死組織や汚染組織は徹底的に切除されるべきである。

外科医は前述した「傘状効果」の病態を十分に認識しておかなければならない。この影響により、深部の筋のダメージは浅層の筋のそれより著しく重度となる。また、皮膚も末梢まで比較的血流が保たれていることが多い。このため、通常の市井の怪我に対する切断レベルの知識に拠ってしまうと、浅層組織の健常部分を多く残しがちとなるが、これにより深部の損傷部分が残存してしまうことになりがちである。さらに、最初の爆風の影響により生じる組織の浮腫やコンパートメント症候群は、開放創部よりもかなり中枢側まで及んでいることが多い。

中枢側に波及しているコンパートメント症候群を見逃さないようにする。

実際問題として大まかに述べると、

- 踝までの粉砕損傷であれば、通常、脛骨の中央での切断が行われる。
- 下腿下 1/3 まで損傷があれば、切断は下腿上 1/3 の高さでの切断が必要。
- 脛骨の中央ないし上 1/3 までの外傷性切断であれば、手術においては膝関節離断ないし大腿切断は避けられない。

外科医は診察の際、非常に注意深く創部を観察するべきである。切断端に露出している遺残した皮膚や筋肉、たれさがった腱の断端をつかみ、外側に開く(「傘」を開く)ことによって、深部の損傷状態を正確に把握しなければならない。

深部の損傷状態の見極めのため、「傘」を開く必要がある。

12 本章の大部分は R. M. Coupland による Amputations for War Wounds. Geneva: ICRC; 1992 を基にしている。

注:

爆風の影響による筋のダメージの境界を正確に見極めるのは非常に困難なことがある。外科医は、4C のガイドラインを参考にするべきである。すなわち、筋の色調(Color)、統合性(Consistency)、収縮力(Contractility)、毛細血管出血(Capillary bleeding)、この 4 項目に注目する(第 10 章 5.5 参照)。判別がつかない場合は、根治性が得られる方を選択することが賢明である。

順序としては、1 回目の手術では、損傷を受けた軟部組織の切除を先行し、骨はできるだけ遠位で切断しておく。二期的に断端形成術を行うこととなるが、地雷損傷の場合には損傷が複雑であったり、熱傷を合併したりで、皮弁による被覆も通常のやり方ではできない場合も多い。したがって 1 回目のデブリドマン時には、生きていると思われる皮膚はできるだけ残しておく。二期的断端形成術の際に、余った皮膚は切除すればよい。その際に、骨は適切な位置で切断し直し、血管や神経もしかるべき位置で切離する。

21.7.3 四肢切断術の古典的なアプローチ

外科医は、汚染され血流のなくなった、壊死が予想される組織をすべて切除しなければならない。その際には、もちろん通常の切断術を基本に行うのであるが、地雷外傷症例で特に注意すべきことは、生きている組織は可能な限り温存しながら、できるだけ遠位で切断するということと、前述した地雷外傷の特殊な受傷形態を常に念頭におくということである。

二期的断端形成術の際には、皮弁は再度めくって持ち上げ、深部筋に切除すべき筋が残存していないか注意深く確認する。もし残存している場合は、これらの筋を切除するべく近位に向かって斜めに切り込みながら切除していく。このことは特に下肢の前側方コンパートメントの筋群において重要である。なぜならこれらの筋群は 1 回目のデブリドマン時に評価した時より、ダメージがさらに近位に及んでいることが多く、追加切除が往々にして必要であるためである。また断端形成で骨を被覆する際には、通常背側の筋が用いられることが多いため、前側方コンパートメントの筋群はそれほど有用ではなく、切除することを躊躇する必要はない。むしろいびつな形でこれらの筋を可及的に残しても、浮腫を来して創閉鎖の障害になるだけである。術後の筋の腫脹を軽く見積もってしまうことはよくあることであり、気を付けなければならない。

21.7.4 「傘状効果」と筋形成四肢切断術(myoplastic amputation)

筋形成四肢切断術の原則は、筋繊維を切断するというよりは健常な筋肉を温存するということである。筋全体を剥離し、遠位の腱付着部のみ切除する。傘状効果では浅層の筋は健常のまま残るため、筋形成四肢切断術は、対人地雷に特に適している。

対人地雷による傘状効果の後の形成術の際、健常な筋とその直上の皮膚が筋皮弁を形成する。対人地雷の傘状効果を受けた外傷性切断後には、特に有用である。

ICRC 外科医は、3 つのタイプの筋形成四肢切断術が適切で効果的であることを見出した。術式の詳細は第 23 章で詳述する。

ヒラメ筋の筋形成四肢切断術は、足には重度の損傷を認めるが、下腿は健常である場合の切断術に適している。断端形成は脛骨の中央 1/3 の高さで行われる。

腓腹筋による筋皮弁を用いた切断術は、創が足関節より上まで及んだ際に、最も適している。元々、腓腹筋はそれほどタイトなコンパートメントに所属しておらず、近位からの血液供給があるため、創部を覆うよい皮弁となる。腓腹筋の中央の筋腹がダメージを受けたとしても、側方のみで用いることができる。但し、腓腹筋全体がダメージを受けた際には、膝上切断ないしは関節離断術が通常適応となる。

内側広筋皮弁は、創が下腿までに限局しているものの膝下切断術は施行できない場合に適応がある。 爆風地雷損傷

に対して膝上切断術を施行する際の落とし穴は、坐骨神経に沿って汚染物質が爆風により押し上げられると同時に、滲出液、血腫や膿などが存在している可能性があることである。外科医は、脂肪組織を、汚染や血腫などの切除が必要な徴候がないかどうかを丹念に調べなければならない。

21.7.5　その他の手術で考慮すべき点や待機的一次閉創（DPC）

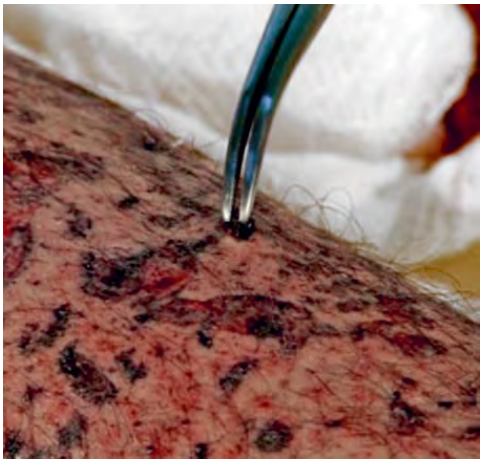
標準手術プロトコルが適用される。ターニケットを外しても十分に止血が得られた状態にする。徹底的に洗浄を行った後、創部は広く開放のままとし、断端には分厚いガーゼドレッシングを行う。4～5 日後に手術室でガーゼを除去し、麻酔下に創の観察をする。

ICRC

写真 21.18
清浄な切断肢を洗浄中

待機的一次閉創（DPC）まで、断端は開放創とする。

創が清浄であると判断できれば、二期的断端形成術を施行する。しかし、地雷による外傷性切断症例では非常に高い創感染率が知られており、複数回の手術を必要とすることもしばしばである。多発外傷を負い非常に状態が悪い症例では、追加切断術の施行は特に慎重に行わなければならない。



ICRC

写真 21.19
健常側下肢の表層の損傷に付着した地雷の塗料及び泥を除去する作業

爆風による圧力波の影響により、外傷性切断部位よりもさらに近位に至るまで、主要な末梢神経の脱髄が生じる。したがって通常の原因による切断に比して対人地雷損傷による切断症例では切断部位周辺の激しく、耐え難いほどの疼痛が長期にわたって遷延するケースが多い。適切な鎮痛、リハビリテーション、及び断端のケアを直ちに始めることでこのリスクを減少させることができる。

21.7.6　その他のパターン 1 損傷

患肢の対側下肢の損傷もパターン 1 損傷ではよく認めるが、大小様々な創を呈する。通常の破片による小さな軟部組織損傷ではデブリドマンを必要としないことがしばしばであり、ダメージや汚染を生体の防御機能により治癒せしめることが可能である（第 10 章 8.1 参照）が、地雷爆発の破片による創は必ず洗浄が必要である。土、泥、葉やその他の異物が必ず創に混入しているからである

外傷性切断症例で対側下肢も重度の損傷を負っている場合、外科医は両下肢ともデブリドマンを施行しなければならない場合がある。いずれも広範囲の筋膜切開が選択肢となることもある。このような複数箇所のデブリドマンは、時間も病院資源も大量に消費することとなる。

21.8　足部の地雷爆風損傷における特徴

ある種の対人地雷は爆薬量が非常に少量であるため、完全な外傷性切断には至らない。その代わり、足底部に広範囲かつ深い軟部組織損傷や小傘効果が見られるとともに、1 趾ないしは数趾を失うことがある。

ICRC

ICRC

写真21.20.1、21.20.2
外傷性切断に至らなかった複合型地雷損傷を呈した足

足を温存できる可能性があるならば、2, 3 日ごとの注意深いデブリドマンが必要である。重要な、生存している組織を無駄にしないように注意しつつ、ターニケット装着下に、壊死組織を見極め、適切な切除を行う。足関節前方や下腿の前側方コンパートメントの除圧目的に筋膜切開を必要とすることもある。浮腫や滲出液を伴うポケットにはドレーンの留置が必要となる。

患者が受傷後 24 時間以上経過して受診した場合、この時点での再建は感染のために困難で、通常不可能である。分層、ないし全層遊離植皮は、しばしば生着せず、ローテーションフラップも茎となる血管を同定することは困難な場合がある。このため特殊なテクニックが求められることもよくある [13]。「四肢温存手術」や、足を温存する試みに伴う困難の詳細は、B.5.1 で述べる。

一般的に、限られた医療資源の中で外科医に求められるのは、脛骨遠位 1/3 での切断術を行い、義肢装着のため転送することである。これを患者に納得させるのは簡単ではない。足趾を動かせる場合はなおさらである。

21.9 手への爆風地雷損傷の特徴:パターン 3 外傷

ある患者は外傷性手切断を負い、他の患者は指 1 本あるいは数本の切断を負う。前述の一次爆風効果は手においても同様である。

しかし、手においては機能温存が期待できる場合は、足に比してより解剖学的な構造を保つことが重要である。したがってデブリドマンを施行する際は、注意深く慎重に、完全に壊死した部分だけを少しずつ切除するべきである。手根管の開放による減圧は躊躇するべきではなく、必要時には前腕までの切開延長を行う。

柔らかくしめつけないように創部のドレッシングを行い、機能的肢位を保ち、前面に副子を装着し、残存機能を維持するよう努める。点滴台等を用いて、ひもで患肢を吊るすようにして挙上肢位を保つ。

ICRC

写真 21.21
手における地雷爆風損傷

21.10　パターン 2 外傷に対する外科的処置

破片によるパターン 2 外傷の治療も、他の破片を生じる兵器による損傷に対する治療と原則的な考え方は同じである。前述したように、このパターンの創傷では地雷が爆発した際の地雷からの距離がどの程度かによって損傷の重症度が決まる。様々な部位に生じるこのタイプの創傷に対する治療は、この巻の他の章で取り扱う。

ICRC

写真 21.22.1 、21.22.2
パターン2外傷と創切開中に摘出された地雷の破片

21.11　身体的及び精神的リハビリテーション

地雷損傷を負った者に対して適切な外科的処置が施行できたとしても、それは最初の一歩にすぎない。次には身体的及び精神的なリハビリテーションが必要であり、社会経済的に患者が受け入れられ、融合していかねばならないという問題がある。急性期に病院資源を消耗する程度はまだそれほどでもないが、その後、長期にわたるリハビリテーションのためのコストや義足の調達、本人の減収、社会経済的な依存などの負の因子は、患者を徐々に衰弱させ、続いて家族を、最終的には社会全体を衰弱させてしまう。この現象は、地雷戦争の主戦場であった低収入国において顕著に見られる。身体的リハビリテーション、精神的サポート及び患者の社会経済的再統合については、第 23 章 10 で詳述する。

13. Tajsic NB, Husum H. Reconstructive surgery including free flap transfers can be performed in low-resource settings: experience from a wartime scenario. *J Trauma* 2008; **65**: 1463 – 1467.

21.12　まとめ：人道的挑戦

この章の冒頭で、地雷による創傷が世界規模で蔓延していると述べた。政治的、社会的、経済的、医療健康管理的な戦略は、対人地雷や戦争の遺残爆発物による人道的な悪影響に打ち勝たねばならない。対人地雷及びクラスター爆弾禁止の国際条約はこれらの問題に対して取り組むことも明記している。

ICRC

写真 21.23.1
サッカーに興じる地雷損傷の生存者

ICRC

写真 21.23.2
仕事をする地雷損傷の生存者

対人地雷に対する 4 つのレベルの公衆衛生的アプローチ

1. 初期活動：対人地雷の敷設禁止
2. 二次活動：地雷の危険についての教育、すでに敷設されている地雷の検知、マーキング、除去
3. 三次活動：負傷者に対する最善の初期治療、外科治療、及び術後ケア
4. 四次活動：身体的、精神的リハビリテーション、義肢装着、負傷者の社会経済的復帰

これらは、最も脆弱な人々が、戦争が残したこの負の遺産に打ち勝つことを援助するために、決定的に重要である。

付録 21.A　地雷の人道的な後遺症 [14]

対人地雷の影響は、紛争が終了してからも長期にわたり、直接的あるいは間接的に広範囲に及ぶ。障害は本人のみならず、その家族、そして社会をも巻き込んで影響を及ぼす。このような人道的な後遺症は、対人地雷の他にも対戦車地雷、不発弾や廃棄された武器、クラスター爆弾など様々な兵器が引き起こしている。

地雷のために農地や水源が使用不能となり、農民の収入が大幅に減少する。家を追われた家族は低栄養に陥るとともに、安全な飲料水へのアクセスが絶たれるせいで、水媒介の伝染病が蔓延する。難民や避難者が帰国時に地雷によって負傷したニュースが入ると、帰還を考えている者のうちに動揺が生じるため、帰国が遅れたり、完全にあきらめたりする場合もあるであろう。道路が地雷で汚染されると、通常の商業活動や緊急支援活動や巡回チームによる僻地での予防接種活動などがすべて行えなくなる。

写真 21.A.1、21.A.2　地雷原が住民環境を脅かす

V. Ivleva-Yorke / ICRC

写真 21.A.1
地雷原を通り学校へ向かう少年
（ルメシュカンジャンバ村、アンゴラ）

G. Diffidenti / ICRC

写真 21.A.2
プリレップ近傍の村（コソボ）

このような社会経済的反響により、戦後の脆弱な経済状態はさらに不安定となる。また、和解を進めようとする際にも、政治的な緊張が高まる原因となりかねない。

この人道的な後遺症への対処には、予防、治療、リハビリテーションのすべてが含まれていなければならない。また、負傷者に対する治療だけでなく、地雷撤去、地雷原のマーキング、地雷の危険性に関する周辺住民への教育も重要である。

写真 21.A.3、21.A.4 地雷原のマーキングと地雷除去作業は重要である。

W. Lembryk / ICRC

写真 21.A.3
カバロ近郊の地雷原（コンゴ共和国、カタンガ県）

T. Mayer / ICRC

写真 21.A.4
アングコット村近傍での地雷除去作業（カンボジア、バッタンバン県）

負傷者に近づき、避難させ、搬送することから救助が始まり、次に応急処置を施す。適切な手術を行い、リハビリテーションを導入し、精神的なサポートをする。義足が必要な者にはフィッティングを行う。職業トレーニング及び、社会的かつ職業的な復帰が重要であるが、いつも達成できるとは限らない。職業の斡旋や生活支援はしばしば忘れられる。肢体不自由者のためのトイレや車椅子利用者のためのスロープ、特殊な農機具、平坦ではない道に耐え得る丈夫な車椅子などはおろそかになりがちである[15]。

地雷が敷設された国の問題がどれほど深いかということについては、実はよくわかっていない。世界にどれだけの数の対戦車地雷、対人地雷が古い戦場、新しい戦場に埋まっているか誰も知らないし、不発弾、爆弾、大砲もしかりで、これらはすべて市民に危険を与え続けている。しかし一方で、実際の数が正確にわかることは全く重要ではない。なぜなら、ある田舎にある1平方キロメートルの土地に地雷が 10 個埋められているか、またはそれが 100 個か 1000 個だとしても、危険で農耕に使えない土地であることに変わりはないからである。地雷の数の把握は、唯一、地雷除去チームにとって重要な意味を持つ。

したがって、単純な地雷の数は、ある国や地方の地雷にまつわる問題の深刻さを判断するには不適切な指標と言わざるを得ない。ましてや人道的な後遺症については何も語ることができない。人道的な後遺症を規定し、不安定な社会にさらに負担となる因子には下記に示すものがある。これらは地雷による影響に立ち向かわなければならない社会にとっては常に考慮に入れられなければならないものである。

1. 死亡率と罹患率

- 死者数、負傷者数
- 地雷のタイプ別下肢切断者数;義足の必要数、身体的、精神的リハビリテーションに関する長期調査

2. 医療システムのニーズへの対応能力

- 負傷者へのアクセス、応急処置、搬送能力
- 病院資源、対応能力のある人的資源、適切な医療資機材
- 理学療法、義肢、リハビリテーション、社会的経済的復帰

3. 居住地域の地雷原

- 汚染地域の土地利用の内訳(居住地域、農地、工場地域)
- 都市や村の近隣にあるブービートラップの情報
- 農地や牧羊地のうち、地雷で使用できない区域とそうでない区域の割合。家畜や水資源の喪失度合い、川岸のうち、近寄ることができなくなった箇所
- 鉱物資源がある場所や電気設備や鉄塔のある区域

4. 社会経済的に影響を受けた人口の割合

- 減収
- 地雷事故に伴って生じた負債
- 地雷の存在によって住居変更を余儀なくされた人の負担

5. 地雷により影響を受けた公共、地域社会プログラム

- 避難民の帰還
- へき地の予防接種キャンペーン
- 学校へのアクセス

6. 地雷の敷設量の密度に対する人口密度

7. 交通網のダメージ

- 道路、空路、航路
- 救援物資の調達経路や救援活動の経路
- 商業活動の回復度合い

8. 自国による地雷除去能力

9. 安全関連事項

- 紛争中か紛争後か
- 新規の地雷敷設の有無
- 地雷除去作業を妨害する蛮行の有無

10. 地雷敷設方法

- 不正規な団体によるものか正規軍によるものか
- 地雷原は特定され目印がされているか否か
- 地雷原を示す地図の存在
- 遠隔地から大砲やヘリコプターにより散布されたものか、人力で敷設されたものか

14. 1997 年 9 月オタワでの対人地雷禁止条約の調印会議で発表された、C. Giannou の、*Mine Information System and the Humanitarian Factors Determining the Severity of Landmine Infestation.* Geneva: ICRC に基づく。
15. Hobbs L, McDonough S, O'Callaghan A. *Life after Injury: A rehabilitation manual for the injured and their helpers*. Penang, Malaysia: Third World Network; 2002.を参照のこと。

Part B

四肢

B.　四肢

B.1　はじめに　84

B.2　創傷弾道学　85

B.3　疫学　85
B.3.1　死亡率　85
B.3.2　発生率　86
B.3.3　骨と血管の合併損傷　87
B.3.4　分類システム　87

B.4　救急治療室におけるケア　88
B.4.1　初回診察　88
B.4.2　系統的な診察　89
B.4.3　レントゲン検査による評価　89

B.5　外科的治療方針の決定　89
B.5.1　四肢温存と四肢切断　91
B.5.2　四肢外傷のダメージコントロール　92

B.6　患者準備　93
B.6.1　手術室におけるターニケットの使用　93

B.7　外科治療　93
B.7.1　初回創切除　93
B.7.2　急性期の術後ケア　96
B.7.3　二期的手術：待機的一次閉創（delayed primary closure）　96
B.7.4　安定期の術後ケア　97

B.8　局所の陰圧真空ドレッシング　98

B.9　四肢の圧挫（クラッシュ）外傷：横紋筋融解症　99
B9.1　過度のターニケット使用と偽圧挫症候群　99

B.10　コンパートメント症候群と筋膜切開　100
B.10.1　足部の筋膜切開　101
B.10.2　下腿部の筋膜切開　101
B.10.3　大腿部の筋膜切開　102
B.10.4　前腕と手の筋膜切開　103
B.10.5　筋膜切開後の閉創　103

B.11　四肢の再建手術 104

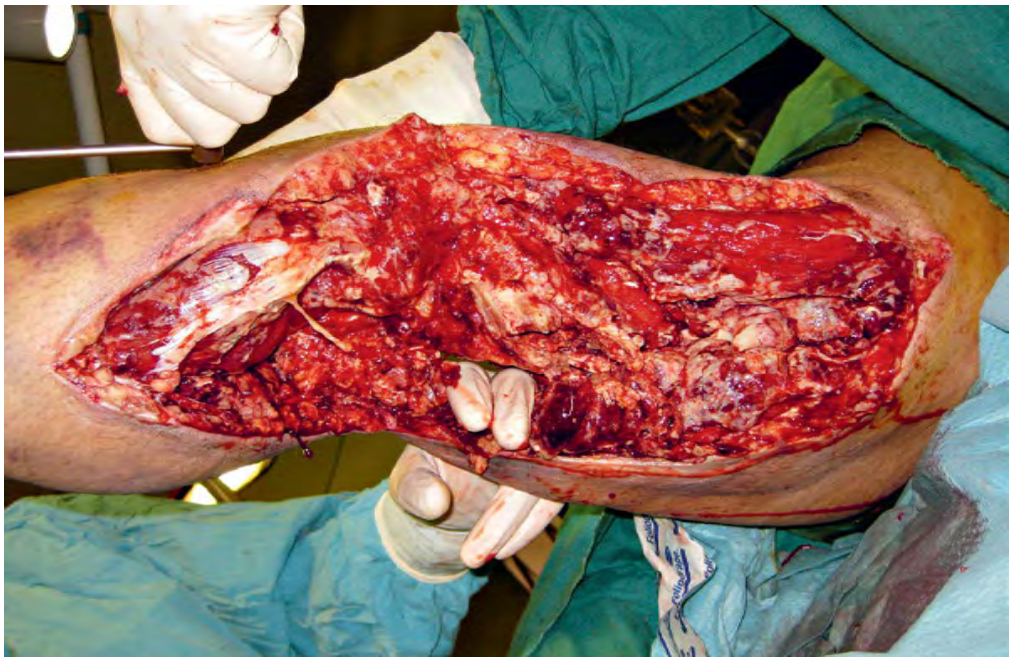
付録 B.1 エアターニケット 105

付録 B.2 圧挫(クラッシュ)外傷 106

基本原則
今日では戦闘による四肢外傷で死に至ることはほとんどない。
戦傷を扱う病院では、四肢の外傷が外科の主な疾患となる。
四肢外傷は後遺障害や機能障害の主たる要因である。
四肢を早期に切断せずに温存することは、医療資源の乏しい環境では非常に困難である。
デブリドマンと待機的一次閉創（delayed primary closure）は、外科治療の基本である。
筋膜切開は多くの場合に外科的処置に付属するものとして重要である。
骨折に対する初期固定は、副木やギプス、牽引を用いたシンプルなものであるべきである。

B.1　はじめに

戦傷、とりわけ四肢外傷の管理を限られた環境の中で行う際には、外科医は従来の考え方を変える必要がある。これは、特に専門教育を受けた整形外科医にとっては往々にして受け入れがたいことである。



ICRC

写真 B.1
症例は骨折をしているが、主たる問題点は別にある。

医療資源が限られているとは、つまり「多くの医療施設で、手術室の滅菌状態が不確かなため、また資材や人材が足りないために骨折治療が行えない」といった状態であることを指す。こうした状況をさらに複雑にしているのが、先進国で学んだ低所得国である現地医師の教育事情である。先進国では骨折の保存的治療に関しては、成書にも「おざなりに」しか記載していないことが多く、結果的に医師は、「現地の医療環境にそぐわない」あるいは「よく知りもせずできもしない治療法を選択する」ことになる[1]。

紛争地域での医療に携わる外科医は、創傷治療や骨折治療の基本技術を知っておかねばならない。

本章では、非外傷専門医による四肢外傷治療について取り上げる。多くは保存的治療に関するもので、整形外科的な専門知識の有無にかかわらず、実践的なガイドラインを意図している。武力紛争の現場では、四肢外傷を診る機会は非常に多く、外科医は基本的な骨折治療の知識を携えておかねばならない。

B.2 創傷弾道学

第 3 章で外傷弾道学の古典的な現象について述べたが、四肢ではまさにそれらすべてに遭遇する。骨、血管、神経など、個々の構造物が受ける弾道学上の影響については別の章で述べる。

今日の戦闘において被害者の受傷原因を調べると、破片によるものが最も多い。破片はその非空気力学的かつ不規則な形状によって、弾道学的に不安定な動きをとる。そして着弾後は、人体組織に向けて早期にその運動エネルギーを放出する。破片による外傷はどれもよく似た創を形成し、皮膚表面を最大径とする円錐状の創となる。

一次爆風は極めて大きな運動エネルギーの移動を生み出し、これは軟部組織や筋膜を引き裂き、創傷内は破片や異物によって高度に汚染される。その結果、創傷部は血流に乏しい浮腫組織と異物の混在した様相を呈し、感染とコンパートメント症候群を高率に合併することになる。こうした創傷の重症度は、破片による単純な貫通創のそれよりも高い。診察では血腫と浮腫の有無を評価することが大切であり、外科医はそれらを踏まえて、創傷が爆破片による高エネルギー損傷なのか、低エネルギー外傷なのかを区別する。

ズタズタになった四肢や、外傷性切断に至る戦傷は、もっぱら一次爆傷で見られる。対人地雷による創傷では、特有の近接型の爆傷を形成する。

弾丸は様々な形状の外傷を作り出す。弾丸の種類によって特有の形状を呈し、また着弾時の速度にも影響を受ける。ライフル用完全被甲弾が 600m/秒以上の速さで着弾した場合には、弾丸は組織内に形成された射撃溝内で回転し、いわゆる一時空洞を形成する。射出創の有無や、射出創が射撃溝のどの位置に形成されたかといった所見が、銃創の大きさや形状を決定する上で重要となる。

弾丸の種類や着弾速度、また爆風効果の程度は様々であるため、創傷弾道学上述べられることは、その一般的特徴にすぎない。実際に外科医が向き合う銃創は、様々な形状（点状、タバコ痕状、円錐またはフラスコ状）をしており、損傷範囲も大小様々である。

B.3 疫学

戦傷外科の疫学研究を扱う際に、言葉の定義についての問題がある。例えば、四肢外傷に対しては、多発外傷（multiple wounds）、四肢外傷（wounds of the limbs）、軟部組織損傷（wounds of soft tissues）といった呼称が用いられている。外科の文献上、統一の試みはされているが（第 5 章 6.25 参照）、解剖学的部位や病理学的区分による記載法は統一されていない。

四肢外傷や骨盤外傷を扱った研究では、受傷した解剖学的部位名を用いて記述が可能である。例えば、赤十字外傷スコア（RCWS）では、Types ST、F、V、VF を用いて表記する（訳注：第 4 章 3.2 参照）。

B.3.1 死亡率

歴史的に、四肢の開放性骨折や大きな軟部組織損傷は敗血症を併発するため、死亡率が高かった。以前は骨折を伴う四肢外傷には、主に四肢切断術が行われていた。現在では壊疽や破傷風、侵襲性溶連菌感染症などは、もはや致死性疾患ではなくなったが、現在でもこうした症例は、放置された患者や不適切な治療を受けた患者の中に見られることがある（第 12 章参照）。

ICRC の研究によると、外科的処置を行わなくても、補液と抗生剤による最小限の初期治療だけで、致死的な状況は回避できる [2]。しかしながら、後遺障害は依然、高率に発生する。軟部組織や骨における比較的軽い外傷症例の 40～50%は、適切な応急処置のみで安全に治療でき、これは限られた医療資源の節約と手術時間の短縮、ひいては病院全体の負担軽減につながる。

現代の戦闘において、末梢性出血は応急処置により対処可能であるにもかかわらず、四肢外傷による死因の大部分を占める。しかしながら以前に述べたように、医療資源が乏しく、応急処置すら困難で、搬送に時間や困難を伴う状況では、感染症が依然死亡の大きな原因である。

B.3.2 発生率

戦時下では、四肢外傷患者が外傷患者全体の 50～70%を占める(表 5.6)。兵士が防弾チョッキを身につけている場合や、対人地雷が広く散布されている地域では、この比率は上がるし、長距離の搬送を要する場合には、重症患者は力尽きてしまう。現在では四肢外傷で死に至ることは稀になった。とはいえ、その割合の多さから、軟部組織損傷や四肢長骨の外傷治療は、外科医に大きな負担を強いる(表 5.8～5.11)。四肢外傷は長期にわたる機能障害の主要因ともなる。低所得国では、リハビリテーションや社会復帰に向けた経済支援が不十分であることも知っておかなくてはならない。

四肢外傷は上肢よりも下肢に多く、通常 1:1.5～2 の割合である。地雷が多く存在する地域ではその比率は 1:4 と増大する。加えて骨折が 1/4 から 1/2 の症例に合併し、地雷原のある地域では、骨折の合併率も上がる。

ひとつの極端な例を示すと、ICRC のペシャワールの病院が 1984～85 年にかけて 3 か月間にわたりアフガニスタンから受け入れた 1033 人の戦傷患者からのデータがある。全外傷患者を原因別に分類すると、破片外傷が 49.2%、弾丸外傷が 22.4%、地雷外傷が 28.4%であった。表 B.1 は外傷の部位別分類を示している。頭部外傷が占める割合が比較的低い理由は患者搬送が遠方からであり、搬送に時間がかかったためと思われる。下肢外傷が上肢に比べて 4 倍も多い理由は、地雷外傷が多いためである。受傷機序は障害臓器、組織によって大きな違いがある(表 B.2)。

損傷の解剖学的部位	パーセンテージ
頭部	4.6%
上肢	21.3%
下肢	87.1%
胸部	8.9%
腹部	13.6%
脊椎	0.8%

表 B.1　ICRC ペシャワール病院における外傷患者 1033 症例の障害部位別比率(1984～85)。
多くの患者は多発外傷を負っている [3]。

障害された組織	全ての原因合計	銃創	破片外傷	対人地雷による外傷
四肢軟部組織	73%	67.1%	74.9%	70.4%
骨	39.1%	59.1%	19.6%	62.8%
胸腔内組織	7%	7.4%	8.6%	3.7%
腹腔内組織	11.2%	10.4%	13.8%	7.5%
脳	2.5%	0%	4.7%	0.7%
その他	3.6%	2.6%	3.7%	4.1%

表 B.2　ICRC ペシャワール病院 における外傷患者 1033 症例の障害組織と外傷機転別の発生比率(1984-85)。
パーセンテージはそれぞれの組織での各原因での発生率を表す。総発生率は 100%を超える [3]。

この1033例では全手術の73%でデブリドマンが行われ、13.6%で四肢切断術が行われている。地雷外傷ではその比率はより高くなる。さらに地雷外傷では50%以上の患者で主要な神経や血管の損傷を認めた。

B.3.3 骨と血管の合併損傷

四肢の銃創症例では 25~50%に開放性骨折を伴い、0.5~1.5%に主要血管の損傷を認める。骨折や重篤な軟部組織損傷を伴う四肢外傷症例では、血管損傷の有無にかかわらず、その多くにコンパートメント症候群を合併し得る。

骨と血管の合併損傷は四肢を失う原因となりやすい。第二次世界大戦中にはすべての動脈損傷症例で血管結紮術が行われていた。当時、骨折を伴う血管損傷症例の四肢切断率は 60%に及んだ。しかし、骨折を伴わない血管損傷症例では 42%にとどまった [4]。ベトナム戦争では、米軍の従軍外科医は血管修復を行っていたが、その際の四肢切断率は骨血管合併損傷で33%、血管単独損傷では5%であった [5]。

本章ではさらに詳細な疫学的考察を行う。

B.3.4 分類システム

四肢外傷の重症度はいくつかの要素を総合して決定される。つまり、軟部組織損傷の程度、粉砕骨折の程度、主要血管損傷の有無、そして生理学的なパラメータ等を総合的に評価する。様々な重症度評価法が考案されてきた。

ガスチロ・アンダーソン分類(Gustilo-Anderson classification)は開放性骨折の治療ガイドラインの設定を目的に考案された。この分類では骨折及び軟部組織の損傷の程度と範囲を評価する。

Ganga Hospital Open Injury Severity Score はガスチロ・アンダーソン分類をさらに洗練させたものである。Mangled Extremity Severity Score(MESS)では骨損傷と軟部組織損傷の評価に加え、生理学的パラメータをも考慮するもので、四肢温存の可能性を予測するものである。もともとはこれらの分類システムの礎は、(兵士ではない)一般人に発生する鈍的外傷に対するものであった。しかし、本書でたびたび述べてきたように、一般人と兵士の外傷には根本的な相違がある。それにもかかわらず、一部の外科医は一般人向けの治療マニュアルを用いて戦傷治療に当たってきた。これらの分類法の詳細については、巻末参考文献を参照のこと。

赤十字外傷スコア Red Cross Wound Score(RCWS)

赤十字外傷スコア Red Cross Wound Score(RCWS)は四肢外傷の予後評価に関する最も優れたスコアリングである。(第4章5、第5章10.4、第5章10.5参照)。射入創と射出創、空洞、骨折。これらの因子は運動エネルギーの伝達がどのようになされ、組織障害をもたらしたかを推測する良い指標になる。四肢外傷症例に関しては、バイタル、つまり出血の指標が生理学的指標よりも、患者の生命や四肢の予後を反映している。

---

1. Museru LM, Mcharo CN. The dilemma of fracture treatment in developing countries. Int Orthop 2002; **26**: 324 – 327.
2. Coupland RM. Epidemiological approach to surgical management of the casualties of war. BMJ 1994; **308**: 1693 – 1696.
3. Trouwborst A, Weber BK, Dufour D. Medical statistics of battlefield casualties. Injury 1987; **18**: 96 – 99.
4. DeBakey ME, Simeone FA. Battle injuries of the arteries in World War II: an analysis of 2,471 cases. Ann Surg 1946; **123**: 534 – 579.
5. M cNamara JJ, Brief DK, Stremple JF, Wright JK. Management of fractures with associated arterial injury in combat casualties. J Trauma 1973; 13: 17 – 19

B.4 救急治療室におけるケア

B.4.1 初回診察

ABCDE アプローチによる生命危機の評価が第一に優先される。四肢に対してそれに付け加えるパラメータは唯一、主要血管領域の末梢性出血の有無である。末梢性出血のコントロールは危急を要する。その方法は、包帯圧迫、詰め物、出血部近位の用指的圧迫、もしくはエアターニケットによる圧迫である。

四肢の骨折が生命を脅かすことはほとんどないが、失血の程度に関しては慎重に評価しなければならない。閉鎖性骨折であれ開放性骨折であれ、骨折に伴う出血はかなりの量になることがあり、上腕骨骨折では最大約 500mL、橈骨尺骨骨折では 300mL、大腿骨骨折では 1,000～2,000mL、脛骨腓骨骨折では 750mL に達する。この出血量は骨そのものから出る量で、血管やその他の周囲組織からの出血は入っていない。したがって多発骨折の犠牲者は、血腫として大量の循環血液を失い、容易にショックに陥る。広範囲の軟部組織損傷や損傷骨からの失血量は、しばしば過小評価されてしまう。

K. Barrand / ICRC

写真 B.2.1
この伝統的なスプリントは来院時に装着されていた。

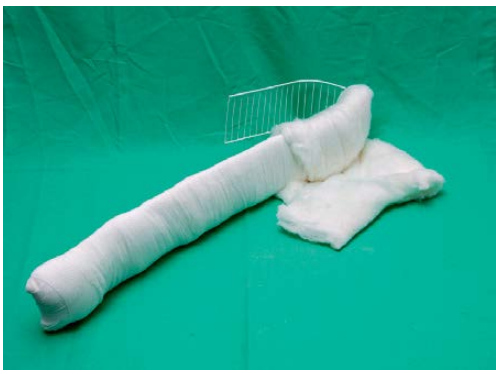

T. Gassmann / ICRC

写真 B.2.2
クラマー型ワイヤースプリント（Kramer wire-splint）

四肢外傷症例では骨折の有無にかかわらず、来院前に応急処置として固定がなされていない場合は、直ちに副木（スプリント）固定をすべきである。ただし、明らかな軽傷症例に対しては必要ない。副木固定の前には、阻血や神経損傷所見の有無を評価し、滅菌ドレッシングを創に当てておく。副木はシンプルかつ効果的に当てる。上腕であれば、体幹に包帯固定するか、三角巾で吊るとよい。パッドを当てたワイヤースプリントも有用である。下肢の場合は、パッド付きワイヤースプリントをいくつか組み合わせて固定するか、トーマススプリント（Thomas splint）を用いるとよい。固定したら、レントゲン検査で確認する。

治療プロトコールに従い、破傷風トキソイド、抗生剤、鎮痛薬を投与する。

一期的に縫合されていた場合は、全抜糸して開創しておく。

D. Cooke / ICRC

写真 B.3
一期的に縫合された創。発熱、浮腫、そして明らかなガス壊疽の徴候を認める。全抜糸し、すべての創を開放しなくてはならない。

B.4.2 系統的な診察

外科医は創傷部から様々な所見を見つけ出す必要がある。射入創と射出創、あらゆる腫脹－隠れた血腫や浮腫の存在－骨折といった所見である。次に創傷部の末梢の血流、神経損傷をチェックする。診察時には以下の可能性に留意する。

・射入創と射出創が小さい場合でも、組織内が大きく損傷されていることがある。
・コンパートメント症候群は、その可能性と危険性を常に念頭に置かなくてはならない。
・鼠径部や腋窩部に外傷を認めた場合は、主要血管が四肢根部で障害されている接合部外傷(junctional trauma)の可能性がある。
・臀部、大腿部、会陰部の損傷には腹腔内損傷が合併している可能性がある。
・上腕部や肩部の外傷では、胸腔内損傷や頸部損傷を合併している可能性がある。
・患者は解剖学的肢位に立って受傷するわけではない。
・発射物は体内では真っ直ぐ進むとは限らない。

接合部外傷については、Part D で議論する。四肢の根部や体幹に隣接する領域は、骨盤や胸腔からの主要脈管が含まれる部位で、この領域は解剖学的に止血目的でのターニケットが巻けないことから、出血のコントロールが難しい。また、接合部は体幹腔への脈管の入り口にもあたる。何が起こっているか、早期に診断することが最も重要である。まず、救命のために出血コントロールを行う。次に、並行して四肢温存のための対策を立てる。接合部領域における骨折や大きな軟部組織損傷の治療は極めて困難であり、このような場合、ダメージコントロールの手技が選択される。

関節外傷の有無を診断するためには、創傷の解剖学的位置、関節機能喪失の有無、穿刺による関節内出血の確認を行うとよい。リバース関節穿刺テスト(reverse arthrocentesis test)も有効である(滅菌下にメチレンブルー溶液を注射器で関節内に注入し、創部に青い液体が漏れ出ないかをチェックする方法)。

B.4.3 レントゲン検査による評価

レントゲンはルーチン検査としては必要ない。どの患者にレントゲン検査が必要かを評価する必要がある。レントゲン設備が十分でない場合は特にそうである。もし、本当にレントゲン検査が容易に実行可能であれば、すべての四肢損傷の患者は初期安定化治療後、レントゲン検査を、どうみても軟部組織だけの損傷でない限りは、施行するべきである。レントゲン検査が容易に施行できる環境であれば、四肢外傷症例には初回の固定処置後に全例施行するべきである。軟部組織の貫通銃創症例はその限りではない。骨折部の近位側と遠位側の関節を含め、2 方向の撮影を行うとよい。接合部の外傷に対しては近位側の体幹部のレントゲンも撮影するべきである。

弾丸の変形や破砕には注意を払うべきで(鉛のシャワー様所見)、これがあると、軟部組織に向けて大量の運動エネルギーが放出されたことを意味している(第 10 章 2 参照)。また、受傷部からある程度離れた健常組織内に、筋膜内ガス所見や筋組織内ガス所見を認めることがあるが、これはクロストリジウム感染ではなく、たいていの場合は爆風効果による一時空洞形成(temporary cavitation)によるものである。(第 10 章 2 及び写真 10.6、21.12.1 参照)。

関節内のガスや異物所見は、関節部への貫通創を示唆する。外科医は、異物の多くはレントゲンで描出されないことを覚えておかねばならない。

B.5 外科的治療方針の決定

発射物外傷を扱う場合、本書も含めて、多くの文献の著者が、「一般市民の発射物外傷」と「戦闘における発射物外傷」を対比している。この 2 つの違いには、外傷の病態だけではなく、受傷時の状況や環境の違いも含まれる。銃創などのエネルギー放出型の創傷を扱うにあたって重要なことは、弾道学の知識を持つことである。低エネルギー外傷は一般市民

にも軍人にも見られる。これらの多くの症例には、一般外科医によって発展してきた昔ながらの一般的な診療アプローチが最も適しているであろう。一方、中または高エネルギーの発射物外傷に対しては、戦傷治療の観点からさらに積極的なアプローチが必要となる。

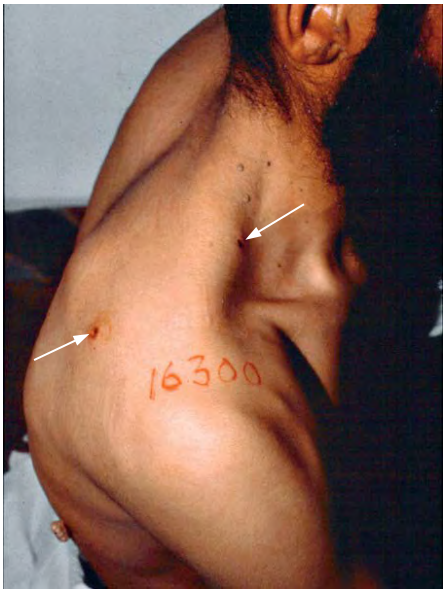
一つとして同じ戦傷は存在しない。

高エネルギー外傷なのか、低エネルギー外傷なのかは、傷に答えが書いてあるわけではない。そこで外科医は、多くの臨床所見を確認しながら、創傷範囲や必要な外科治療の評価検討を進める。以下にいくつかの臨床的重要事項を記すが、これらの多くは、たとえ術前であっても同様のものが赤十字外傷スコア(RCWS)で提供されている。

・血管損傷を認める、もしくはこれを疑う創は、骨や軟部組織の損傷の程度にかかわらず、観血的な精査が必要である。
・射入創と射出創を認める直径 2cm 以上の創にはデブリドマンが必要である。
・四肢に腫脹があり、触診で緊満感を認めた場合には、重大な血腫もしくは浮腫を疑う。これはデブリドマンを必要とする軟部組織損傷があることを示している。
・明らかに感染している創はどれだけ小さくとも手術が必要である。
・弾丸の破片がレントゲンで確認された場合(RCWS での M2)、組織に向けて大きな運動エネルギーが放出され、デブリドマンを要する高度の軟部組織損傷を伴うことを示している。
・レントゲン上、骨片の転位を伴う粉砕骨折(RCWS での F2、したがって Grade2 もしくは 3 の創傷)もまた、大きな運動エネルギーを受け、手術が必要であることを示す。

低エネルギー外傷

破片による、点状の浅い表層の軟部組織創に対しては、デブリドマンの必要はない(写真 10.15.1 - 2 参照)。こうした創は RCWS ではグレード 1 の軟部組織損傷に分類される。骨折が複雑でなく、骨片の転位を伴わないもの、射入創と射出創が共に直径 2 ㎝以下のもの(グレード 1、タイプ F1)に対しても、デブリドマンは必要ではない。こうした創では、血腫内部や骨内部に弾丸等の破片を認めても、取り除く必要はない。



R. Coupland / ICRC

R. Coupland / ICRC

写真 B.4.2
低エネルギー外傷。血腫形成や浮腫の所見は見られない。

こうした創傷は、よく見られるエネルギー放出量の少ない銃創と同等に扱い、従来からの治療法で対処する。最大でも、壊死した創縁を最低限切除し、ドレナージを良好に保つだけで十分である。そうでなければ、創洗浄と包交を行い、破傷

風トキソイドとペニシリンを投与するとよい。傷は開放創とし、二次治癒を待つ。

こうした軽傷に対して過度のデブリドマンをルーチンに施行すると、少ない医療資源や手術時間を無駄に浪費することになる。病棟は不必要な患者で埋まり、看護スタッフの負担を増やす。この例外は、地雷外傷の創で有機物質による汚染がある場合で、この場合には十分なデブリドマンが必要である。

もう１つの例外は、関節の低エネルギー外傷で、あらゆる金属片を取り除き、関節を洗浄し、滑膜、関節包を閉鎖する。

中程度から高度のエネルギー外傷

RCWS でグレード１の銃創（射入創か射出創が 2cm を超える場合）の多く、あるいはグレード 2、3 の銃創に関しては、手術が必要である。受傷部には、広範な軟部組織損傷を来していることが多く、神経血管束が傷ついている可能性も高い。また重篤な粉砕骨折を伴うことも多い。このため、こうした四肢銃創の外科治療に際しては、患肢全体を治療するつもりで臨まなければならない。

V. Sasin / ICRC

写真 B.5
右臀部の中等度エネルギー外傷

B 5.1 四肢温存と四肢切断

四肢温存を試みるか、切断に踏み切るかは。整形外科外傷における最も困難な決断の１つである。

四肢外傷の中には、創自体が外傷性四肢切断に近い状態のものもある。軟部組織は広範に欠損し、重篤な粉砕骨折を伴い、さらに神経血管も障害されている。このような症例であれば治療方針に関して議論する余地はあまりない。

一方、それほど創傷の程度はひどくないものの、依然として患肢が危険な状態にある場合には、外科医は「四肢温存の是非」について悩むことになる。こういうケースはクラッシュ外傷に多く、また受傷現場で用いたターニケットの巻き方が不適切だったり、長時間巻きすぎたりした場合にも起こる。もちろん、優先順位として、患者の命が最も重要であり、救命のために四肢が犠牲になることはやむを得ない。

四肢温存には大変な労力を要するが、それにもかかわらず、思わぬ機能障害を来すことがある。四肢温存目的の複数回にわたる手術は、多くの正常の組織をも傷つける。さらに、それらに対する治療が別の合併症や医療資源の投入の原因になる。洗練された再建手技は、単純で簡単なものではなく、専門的なトレーニングが必要とされる分野である。手の外科専門医であってすら、失敗はつきものなのである。紛争下において早期に切断を決意することは、平時の状況よりも容易であろう。

その地域の文化が切断に対して持つイメージに配慮することも大事である。多くの ICRC の外科医は、切断に関して患者家族や部族のメンバーと交渉しなければならなかった。個々の外科医が治療方針を決断するに当たって配慮すべきは、使用できる医療資源である。それには、リハビリテーションサービスをどれだけ提供できるかや、装具がどれだけ提供でき

るかも含まれる。文化的背景を考慮するにあたっても、決して忘れていけない原則は、四肢よりも命を守ることが優先されるということである。ただしこの原則は道理たるべきではあるものの、一部の社会においては、人々は四肢切断よりも死を名誉とする場合がある。こういった場合、患者やその家族の意向は尊重されるべきである。

写真 B.8.6
高エネルギーによる左下肢多発弾丸外傷。患肢温存には多くの問題を伴う。

V. Sasin / ICRC

B.5.2　四肢外傷のダメージコントロール

もし患者が死の三徴である低体温、アシドーシス、血液凝固異常を来している場合、簡潔な手術は必須である。以下のことを肝に銘じなければならない。「ダメージコントロール手術は原則として、生理学的機能を失うほどの重症外傷患者に対して用いる治療法である。生理学的機能の回復は、解剖学的機能の修復に優先する。生理学はすべてに優先するのである」[6]。

ダメージコントロール手術は、多くの場合、胸腹部の致命的外傷に適応されるが、時には四肢外傷に対しても用いられる。第一に阻血された四肢の血管の一時的バイパス手術が挙げられる。他には、緊急開腹、もしくは開胸術を要する症例で、四肢に直径 2～6cm、深さ 5～8cm にまで至る多くの爆弾片による損傷を伴うものが挙げられる。爆弾片による創はすぐに治療せず、患者を側臥位にして創傷部をいったんパッキングしておく。その後に、患者を仰臥位にして開腹術や開胸術を施行する。破片による創は二期的に治療する[7]。

二期的デブリドマンや連続デブリドマンはこうした考え方に基づく処置といえる。一例として、我々のアフガニスタンの同僚が重度の対人地雷外傷を扱ったケースについて述べる（第 18 章 1 参照）。患者は左下肢を外傷性切断で失っており、右下肢も広範に損傷されていた。輸血血液が不足していたため、彼らはまず失った左下肢に対して切断術を施行し、続いて無事であった右下肢に対して洗浄とドレッシング処置を施した。そして、その温存肢に対するデブリドマンは、輸血が準備できて患者の全身状態が安定した翌日に行ったのである。

6. Balogh ZJ discussion of Scannell BP, Waldrop NE, Sasser HC, Sing RF, Bosse MJ. Skeletal traction versus external fixation in the initial temporization of femoral shaft fractures in severely injured patients. J Trauma 2010; **68**: 633 – 640.
7. Almogy G, Belzberg H, Mintz Y, Pikarsky AK, Zamir G, Rivkind AI. Suicide bombing attacks: update and modifications to the protocol. Ann Surg 2004; **239**: 295 – 303.

B.6 患者準備

まずすべきことは、患者の衛生管理である。大出血を来している場合を除き、手術室に入る前に、すべての患者にシャワー浴を行う。その後、手術室で麻酔下に患肢や創傷部を石鹸と水できれいに洗浄し、濯ぐ。体毛は必要に応じて剃る。

石鹸と水とブラシで患者を洗え。創を洗え。

手術台の上で適切な体位をとり、覆布をかける。四肢後面も含めて、様々な方向から血管や創傷にアプローチができることを確認しておく。

すべての四肢外傷に対するデブリドマンはケタミン麻酔下にすべて施行可能である。局所麻酔下にも施行できるものもある。腰椎麻酔、静脈的局所麻酔は待機的一次閉創術（DPC）の際に有用である。

B.6.1 手術室におけるターニケットの使用

小さな創傷は別として、四肢外傷にデブリドマンを行う場合、ターニケットを使用することにより、出血量を減らし、きれいな視野を確保することができる。しかしながら、適切にターニケットを用いると、患肢への血流が絶たれるため、組織の無酸素化を引き起こすことになる。それは、組織の生死判別の評価を困難にすると同時に、様々な阻血性障害を助長する危険がある。したがって、ターニケットの使用時間は可能な限り短時間にするべきである。特に血管損傷を伴う外傷に対しては、血管損傷部位の中枢側と末梢側をコントロールするために必要な時間のみに限定する。その後は速やかに開放し、受傷部の末梢側に側副血行路が形成されるのを待つ。高齢者で、動脈硬化がある患者や鎌状赤血球症の患者に対してのターニケット使用は議論のあるところである。一般的には、それでもなお、使用することの利点が、予想されるリスクに優ると考えられている。

手術用ターニケットは手術用具であり、そのように扱われるべきである。エスマルヒ包帯は待機手術の前の受傷肢の圧迫止血用に用いられる。これもターニケットとして使用できるが、適切な圧力で巻くことは難しい。強すぎたり、緩すぎたりしがちであり、練習と経験を要する。

もし使えるのであれば、エアターニケットが最も有用である。これは血圧計と同じ原理で、様々な大きさのカフが市販されている。子供や痩せた成人患者の上肢には、血圧計がターニケットとして代用できる。自動圧維持式ターニケットも商品化されているが、多くは手動式で、膨らますためには手もみ式バルブや自転車タイヤ用の空気入れを用いる。

適切なエアターニケットの使用法は付録 B.1 に記載されている。

B.7 外科治療

第 10 章で述べた通り、デブリドマンや待機的一次閉創術（DPC）の基本原理は、軟部組織損傷や四肢の骨外傷の扱いを基に定められている。本章では、いくつかの重要事項について強調するに留める。

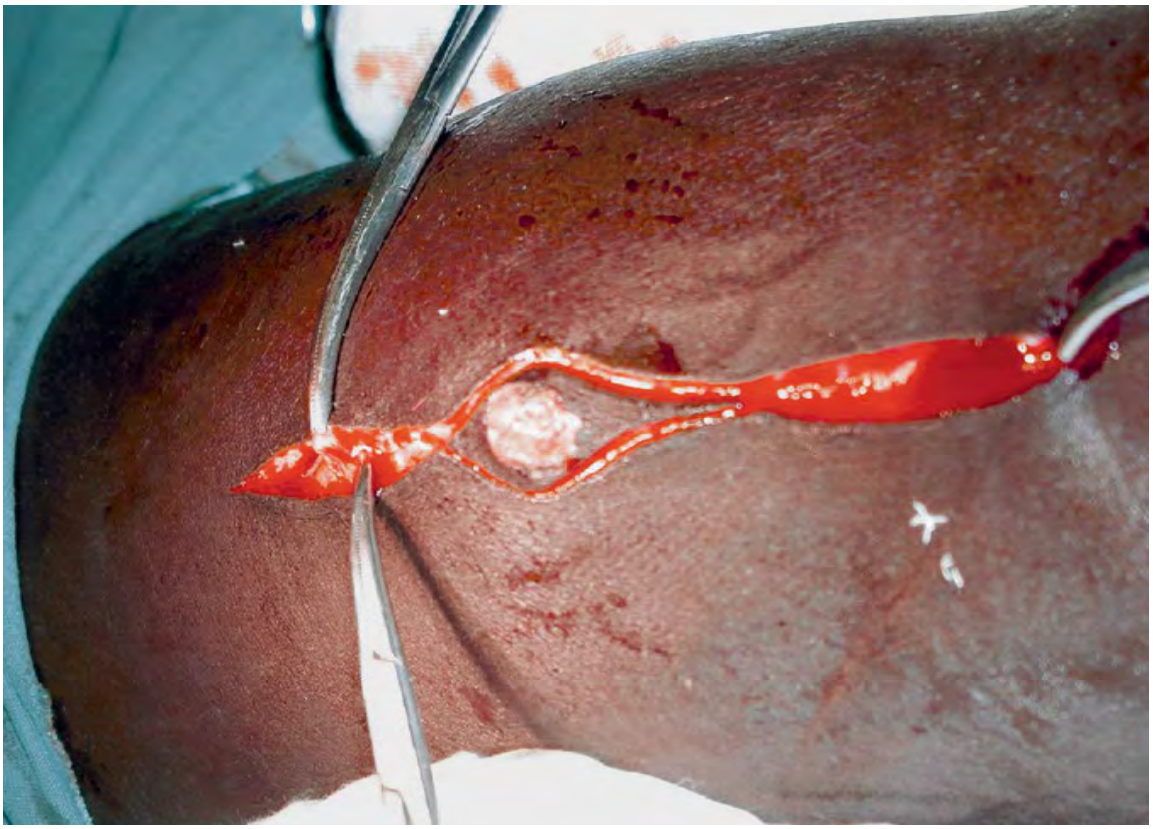
B.7.1 初回創切除

創の切除は系統的に行うのがよい。解剖学的層ごとに、皮膚、軟部組織、骨膜、骨まで順に切除してゆく。

1. 皮膚損傷のデブリドマンを行う際には、従来通りの一般的な方法で行う。例えば銃創を扱う際に、創路を露出する場合には、四肢の長軸方向に沿って十分な切開を行う。関節部屈側の皺は横切らないように避ける。深部筋膜は皮膚切開の長さ分、開放する。十分な筋膜切開によって、創傷深部の視野が確保され、組織内圧を下げることができる（写真 10.9.1-10.9.4 参照）。

F. Jamet / ICRC

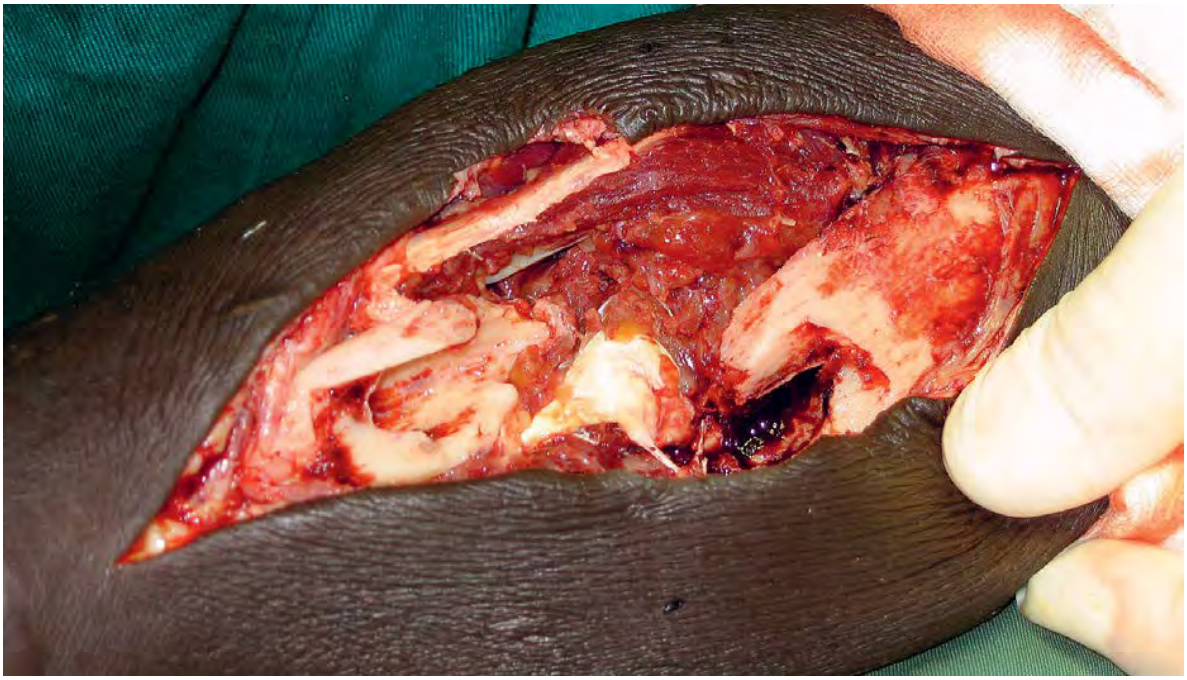
写真 B.7.1　大腿部前面に射入孔を認める。



F. Jamet / ICRC

写真 B.7.2
皮膚と筋膜は広く切開され、組織内圧の減圧と創深部への到達が可能となった。

2. 十分に開創することで、創内の用指診察が可能となる。手袋は二重に着用する。創の内部には、血腫や、ドロドロに変性した筋肉や骨片、汚泥や異物で満たされていることが多い。用指診察に際しては、骨の尖端などに十分気をつける。



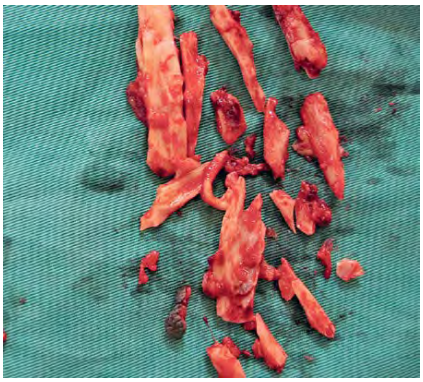
H. Nasreddine / ICRC

写真 B.7.3
露出された創内部。

3. 筋組織のデブリドマンは通常の方法で行い、創内の異物はすべて取り除く。銃創を扱う際、残存射撃溝内の筋組織の損傷程度の評価は難しい。経験の乏しい外科医がこれを行うと、不適切な手術で感染や繰り返すデブリドマン、あるいは壊死筋肉の量を過大評価してしまい、正常な筋組織を取りすぎてしまう。
4. 完全に遊離した皮質骨片は除去し、骨折部は整復しておく。
5. 主要血管の損傷部は修復するか、シャントを形成するか、結紮しておく。
6. 切断された神経断端は後で認識できるように色付きの非吸収糸で、引き込まれないように筋肉の近傍に固定しておく。一期的神経縫合は行うべきではない。
7. 腱の損傷部は切除し、擦り切れた辺縁はトリミングし、断端は神経損傷部と同様にマーキングして固定しておく。再建術は二期的に行うべきである。
8. 手術が終了し、患者の血行動態が安定した後、外科医は創傷部に存在するすべてのコンパートメントが十分に減圧されているかどうか、チェックする。場合によっては、型通りの筋膜切開を完全な解剖学的コンパートメントに沿って施行しなければならないこともある。
9. 創を十分に洗浄する。洗浄圧は強くなくてよい。点滴用プラスチックボトルを軽く握るか、点滴のようにぶら下げる、あるいは大きな注射器を用いてもよい。洗浄量は、大きなグレード 3 の創では最大 9L、グレード 2 では 6L、グレード 1 では 2～3L。

   洗浄液は、過去様々なものが使用されてきた（過酸化水素水、ユーソル（Eusol）、デーキン液（Dakin solution）、希釈ポビドンヨード液、塩化ベンザルコニウム液、カスティール石鹸など）。何を使用するかには、

戦傷部から除去された異物
ベトナム米軍病院 1965～66[8]
- 弾丸や爆弾の破片
- 布片
- 草、葉
- 砂、石
- 釘、ナット、ボルト、ネジ、ワイヤーの一部
- ブリキ缶片
- ガラス片
- グリース
- 虫（死骸、生体）、ウジ虫
- 水牛の糞



H. Nasreddine / ICRC

写真 B.7.4
除去された遊離皮質骨片

多くの議論がある。多くの洗浄液は、残存する正常組織にとって有害であり、創傷治癒を遅らせる。そのため、洗浄後 48 時間ではかえって細菌数が増大する [9]。これらは生理食塩水で洗浄しても起こるが、その他の洗浄液と比較すると正常組織に及ぼす影響ははるかに少ない。

生理食塩水や飲用水は最も身近で手に入る最良の洗浄液である。

10. 骨折を認めたら、初回治療時に固定しておく。
11. その後、創はドレナージ目的で開放創とし、一期的縫合や、きつくパッキングすることは避ける。創面は細かいメッシュの一層のガーゼで覆い、柔らかく丸めた乾いたガーゼと脱脂綿を重ね、弾性包帯を用いて軽度の圧がかかるように、非閉鎖性のドレッシングとする。
12. 骨折がない場合であっても、痛みや浮腫を軽減させるため、患肢は適当なスプリントを用いて固定する場合もある。

F. Jamet / ICRC

写真 B.7.5
創は一期的に縫合せずに開放創とし、広くドレッシングを行う。

戦傷は決して一期的に閉鎖してはならない。

B.7.2 急性期の術後ケア

患肢は挙上し、デブリドマンの翌日には理学療法を開始する。

阻血や感染に対するチェックを継続的に行い、その兆候を見逃さないようにする。もし、病態から予測し難いような痛みの増強を認めたなら、何らかの緊急処置が必要である可能性がある。指や足趾の他動的屈曲進展運動に伴う痛みは、緊急の再手術を要するコンパートメント症候群の最も鋭敏な兆候である。また、急性感染の兆校が見られた場合も、すぐに手術室での精査が必要である。

血性の浸出液がドレッシング材の表面まで染み出してきた場合、ドレッシング材を除去せず、新しいガーゼや綿を上から重ねておく。汚染されたドレッシング材は取り除いてもよいが、一番内側の創面に直接当たっているガーゼはそのままにする。さほど浸出がなければ、ドレッシング材は次の閉創手術時まで、そのままにしておく。

B.7.3 二期的手術：待機的一次閉創（delayed primary closure）

軟部組織の浮腫は通常デブリドマン後、5 日以内に落ち着き、閉創に適した時期を迎える。待機的一次閉創（DPC）に適したクリーンな創であれば、創面にはガーゼがフィブリンで張り付いている。ガーゼを剥がすと、筋肉は収縮し、出血が見られるはずである。

8. Keggi KJ, Southwick WO. Early Care of Severe Extremity Woundsより改変: A Review of the Vietnam Experience and Its Civilian Applications. AAOS Instructional Course Lectures, Vol. XIX: 183 – 203. St. Louis, MO: C.V. Mosby Co.; 1970.
9. Owens BD, White DW, Wenke JC. Comparison of irrigation solutions and devices in a contaminated musculoskeletal wound survival model. J Bone Joint Surg Am 2009; **91**: 92 – 98.

H. Nasreddine / ICRC

写真 B.8.1
DPC 後のドレッシングで、「よい嫌な匂い good bad odour」を伴う乾燥した血液と浸出液が観察された。

H. Nasreddine / ICRC

写真 B.8.2
DPC に適したきれいな創傷部

多くの創部や四肢切断後の断端部は独特のアンモニア臭を放つ。慣れない外科医はそれを感染兆候と勘違いしがちだ。ICRC の外科医たちはその匂いを「よい嫌な匂い(good bad odour)」と呼んできた。これは、創からの浸出液に含まれるタンパク質の分解産物の匂いであり、全く正常なものである。感染が原因の「悪い嫌な匂い(bad bad odour)」とは区別しなくてはならない。また、ドレッシング材を手術室で取り除くと、創が黄色い膜で覆われていることを目にすることがある。ここでも、この黄色い膜と感染性の膿を区別しなくてはならない。DPC は決して感染の存在下では施行してはならないが、フィブリンの存在は創傷治癒には影響しない。

先人の教えに学ぶ

外科医は清潔創の「よい嫌な匂い(good bad odour)」と感染創の「悪い嫌な臭い(bad bad odour)」の違いを知らねばならない。

多くの場合、閉創は間隔を開けて皮膚のみを結節縫合すれば十分である。それだけで深部組織のスペースも埋まる。もし、皮下に死腔ができてしまうようならば、ドレーンを留置する。緊張のために閉創が困難であれば、植皮や局所の回転皮弁が適応される。部分的に縫合して創を縫縮し、閉創できなかった残りの部分に植皮や皮弁手術を行うか、二次治癒を待つ方法もある。植皮を一期的に行うか二期的に行うかは、創の状態や受傷部位で決める。

創感染や、組織壊死の進行が明らかな場合は、創切除を追加する。遊離骨片は取り除き、再び開放創とし、4〜5 日後に閉創する。経験の浅い外科医は毎日のように創をチェックしようとするが、それは治癒過程にある創部を傷つけ、治癒を遷延させ、院内感染の危険を増大させる。

骨折の固定術式については、2 度目の手術の際に決めるとよい。

例外的に待機的一次閉創(DPC)が行われない場合がある。よく見られるのは、病院が新患でごった返しており、すべての患者に再手術を施行する余裕がない場合である。四肢デブリドマン後の Orr - Trueta 法による POP 固定はこのような場合に有効で、この方法によって創の二次治癒を待つ(第 22 章 8.3 参照)。

B.7.4 安定期の術後ケア

感染徴候に気をつけるだけでなく、看護ケアや理学療法にも気を配る必要がある。患者は、牽引処置が必要なくなれば、直ちに松葉杖歩行を開始する。筋量を維持し、関節可動域を確保するためには運動療法の継続が不可欠である。適切な

栄養管理と衛生管理も重要である。

ドレーンは可能な限り早期に抜去する。多くは24～48時間以内に抜去する。乾いた創であれば、包交は抜糸時まで行わない。

創傷内に大きな空洞があり、植皮や皮弁手術に適さない状態であれば、肉芽が盛り上がり、それらの手術が可能になるまで待つ。蜂蜜と砂糖を用いたドレッシングは伝統的に行われてきたが、この方法は肉芽形成を促進するといわれ、多くのICRCチームも有効な方法として用いてきた。特に、慢性の感染創に有効とされている（第22章9.7参照）。この治療法の有効性については、多くが個人の経験談にすぎないが、いくつかの臨床試験も報告されている。

緑膿菌感染はよく見られるが、治療は容易で安価である。酢酸（薄めた酢）を用いたドレッシングが有効とされる。その他の表層感染で手術に適さないものは、過飽和生理食塩水を用いたドレッシングに反応することが多い。特に植皮までの待機期間中に行うとよい（第15章7.2参照）

B.8 局所の陰圧真空ドレッシング

局所に陰圧をかける創処置法は1940年代より行われてきた。実験に基づく研究によると、陰圧下の組織では代謝環境に変化がみられ、血管新生と肉芽組織再生が促進されることが分かった。すなわち、陰圧環境は創傷治癒には明らかに有利に働くとされる。さらに、陰圧のため、創傷は物理的に縮小される。元々この方法は慢性の創傷に対して用いられていたが、現在ではあらゆる創や皮膚潰瘍に対して適応されている。褥瘡、糖尿病性の皮膚潰瘍、壊死性筋膜炎、骨の露出した深い創傷、開腹創、植皮後のドレッシングとしてなど、用途は幅広い。

最近では持続陰圧吸引療法〔vacuum assisted wound closure（VAC）〕は、アフガニスタンやイラクで軍事医療目的に用いられている。ただし、それは補助療法としてのものであり、適切なデブリドマンに代わるものではない。陰圧式ドレッシングは創を閉鎖し周囲の環境から守る。本質的には、ICRCの標準創傷治療法である、「大量の吸湿ガーゼによるドレッシング（bulky absorbent dressing）」と同等である。両者共に患者の創を安静に保ち、他の患者や病院スタッフからの細菌汚染に対するバリアとして機能する。両者共に炎症性滲出物のドレナージ作用を有するが、VACの方が有効性が高い。

しかしながら、爆傷例でVAC治療中に敗血症を来し、VACを取り除いて創を開放することで改善した症例を報告し、爆傷例に対するVACの適応に警鐘を鳴らしている文献もある[10]。

もうひとつの問題点は、商品化されているVACシステムは少なくとも現時点では非常に高価なことである。特に持続低流量吸引器は高価である。手作りでコストのかからないものも工夫されているが、これに関してICRC外科チームは個人の経験レベルの報告しか持たないため、まだコメントする段階にはない。

写真B.8.9
手作りの陰圧式ドレッシング装置

ICRC

B.9 四肢の圧挫(クラッシュ)外傷:横紋筋融解症

圧挫(クラッシュ)外傷は体のある部分に持続的に過度の圧力がかかった結果生じる。多くは下肢に発生するが、上肢や体幹にも起こり得る。交通事故後に壊れた車内に挟まれて動けなくなったり、地震などの大災害で瓦礫の下敷きになった場合によく見られる。戦時下に倒壊したビルの下敷きになった場合にも起こる。

> 「圧挫外傷とは衝突の直達外力による外傷を指す。圧挫(クラッシュ)症候群とは圧迫や圧挫によって筋細胞が破壊された結果として生じる全身の症候を指す」
> I.Greaves et al.[11]

圧迫された部位の長さと圧迫の強さ、圧挫された筋肉の大きさがこの障害の重症度に関わる因子である。圧挫症候群は、圧迫解除後の虚血後再灌流障害から、横紋筋融解症を来し、その結果としての全身症状を呈する。つまり、障害された筋組織から、電解質や有毒産物が体循環に放出されることにより発症する。循環血液量減少性ショック、急性腎不全に加え、しばしば不整脈や心停止、敗血症、急性呼吸促迫症候群(ARDS)、播種性血管内凝固症候群(DIC)、血液凝固異常、さらには瓦礫からの救出後の心理的外傷等を伴う。

ある種の偽圧挫症候群に出くわすことも多い。最も多いのは不適切で長時間に及ぶターニケットの使用である。これは、受傷肢を阻血することで、圧挫症候群と同様の代謝変化をもたらす。

ICRC の経験

不幸なことに、人間の権利や国際的人権保護法の存在にもかかわらず、戦時下やその他の暴力的状況において、捕虜や一般市民に多くの誤った扱いがなされてきた[12、13]。ひどい殴打は、鈍的外傷を繰り返し負うのと同等であり、それに加えて飲食を与えないことは、圧挫(クラッシュ)症候群と同様の病態をもたらし、腎不全を発症させる[14、15]。

圧挫外傷の治療で大事なことは、圧挫症候群の発症を防止することであり、患肢を切断の危機から救うことである。

コンパートメント症候群は圧挫外傷と密接に関係はしているが、別の独立した臨床症候群を指す。受傷部では、筋区画内の毛細血管の灌流圧が組織内圧を下回るために、その領域が阻血の危機、すなわち組織の生存の危機に陥る。これは、圧挫外傷の合併症のひとつである。

圧挫外傷については付録 B.2 にてより詳細に記述する。

B.9.1 過度のターニケット使用と偽圧挫症候群

「6時間以上にわたるターニケットの装着」は、圧挫外傷と同様の病態変化を生じ得る。その後にターニケットを外すと、今度は虚血後再灌流障害が発症するかもしれない。ターニケットによる阻血後は受傷肢の具合を頻回にチェックしなくてはならない。不幸なことに、不適切なターニケット使用による障害は多数みられる。この場合、筋組織を遠位側から少しずつ切離して出血と収縮性の有無を確認することで筋組織の生存範囲を見分ける。多くは壊死しており、ターニケット装着部位より近位での患肢の切断を余儀なくされる(写真 7.3.1- 2 参照)。

阻血目的でターニケットを 2～6 時間装着する決定にはジレンマを伴う。四肢温存と引き換えに偽圧挫症候群を引き起こし、ミオグロビン血症から急性腎不全に至る可能性がある。したがって、偽圧挫症候群を防止するための、あらゆる警戒を怠ってはならない。古典的な圧挫外傷に対する時と同様、ターニケットを緩める前に、まず利尿を確保して尿のアルカリ化を図る。ターニケットは段階的に緩める。ターニケット装着時間が 2 時間以上の場合には、全例に筋膜切開を行う。

---

10. Marsh DJ, Abu-Sitta G, Patel H. Letter: The role of vacuum-assisted wound closure in blast injury. Plast Reconst Surg 2007; **119**: 1978 – 1979. [doi:10.1097/01.prs.0000259773.52889.68]
11. Greaves I, Porter K, Smith JE. Consensus statement on the early management of crush injury and prevention of crush syndrome. J R Army Med Corps 2004; **150**: 102 – 106.

B.10 コンパートメント症候群と筋膜切開

コンパートメント症候群が最も多くみられるのは下肢であるが、その他のあらゆる閉鎖された解剖学的スペースや閉鎖腔に起こり得る。四肢へのコンパートメント症候群は圧挫(クラッシュ)外傷と比べると比較的弱い外傷で発生する事が多い。しかしながら、もし見過ごされたり不十分な治療がなされたなら、筋組織は壊死し、圧挫症候群と同等の全身状態に陥る。

病因論

四肢のコンパートメント症候群の原因には様々なものがある。

- 一肢に発生する多発骨折。閉鎖性骨折の方が多いが、開放骨折でも起こり得る。特に脛骨に多い。
- 対人地雷による外傷。
- 爆傷のうち、筋組織内の大きな血腫内に爆弾の小破片が多数存在する場合。また、爆風効果による障害が加わった場合
- 血管損傷後、患肢への再灌流が遅れた場合
- 圧挫(クラッシュ)外傷
- 熱傷、特に電撃傷
- 寒冷暴露
- 蛇咬傷
- あらゆる骨折症例で、血液凝固異常症を有しているか、抗凝血療法を受けている場合。
- 固い物体に、長時間身体が押し付けられていた場合。囚人が監獄内でこういう仕打ちを受ける場合があることに留意。医原性の場合もある。長時間のターニケット装着、不適切なギプス装着、静脈点滴や骨髄内点滴の漏れ等。

発症機序

悪循環の始まり:狭い閉鎖腔内で組織が浮腫に陥ると、その区画(コンパートメント)内圧の上昇が起こる。それが微小循環障害を引き起こし、続いて組織が低酸素に陥る。低酸素状態と壊死した細胞から放出される有害物質はさらなる組織の浮腫につながる。区画内圧のさらなる上昇は、比較的太い血管の閉塞をもたらす。圧迫性の血管閉塞による阻血の進行は区画内の筋肉、神経、血管、リンパ組織等に悪影響を及ぼす。

臨床像

K. Barrand / ICRC

写真 B.10.1
前腕のコンパートメント症候群

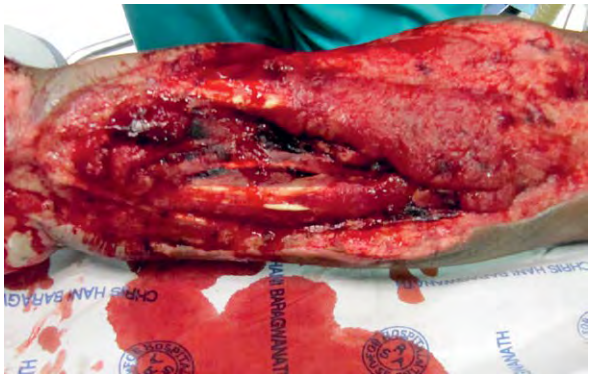
コンパートメント症候群は群を抜いて下腿部に多く発症する。最も早期に現れ、かつ最も重要な兆候は刺激の程度に合わない、過敏な痛みである。特に手指や足趾を受動的に伸展屈曲した際に強く現れる。筋肉は固く緊張し、腫脹している。その他の阻血の所見としては、皮膚の色調が青白く変化し、知覚異常が生じる場合がある。脈拍は時に正常であるため注意する。

コンパート症候群を疑ったら、遅滞なく減圧手術を行う。

治療

コンパートメント症候群は緊急手術を要する事態であり、疑わしい例はできるだけ早期に筋膜切開を施行するべきで

ある。



F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 B.10.2
前腕のコンパートメント症候群。生きている筋組織を認める。

H. Nasreddine / ICRC

写真 B.10.3
前腕のコンパートメント症候群。筋壊死を伴う。

筋膜切開時にコンパートメント症候群と確定診断され、明らかな筋壊死を認めた場合には、デブリドマンを行う。手術中に麻酔科医に依頼し、圧挫(クラッシュ)症候群と同等の治療を開始する。重炭酸ナトリウムとマンニトールを投与し、急性腎不全を予防しなければならない。

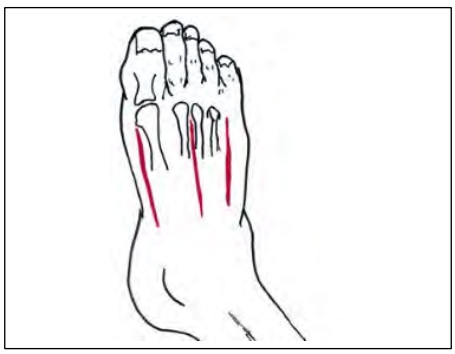
筋膜切開の手術創は開放創とし、待機的一次閉創術を目指す。

患肢は常に挙上しておく。浮腫が軽減し、血流が改善した後に、待機的一次閉創を行うのが一般的である。高率に感染を合併し、患肢切断に至ることもしばしば見られる。

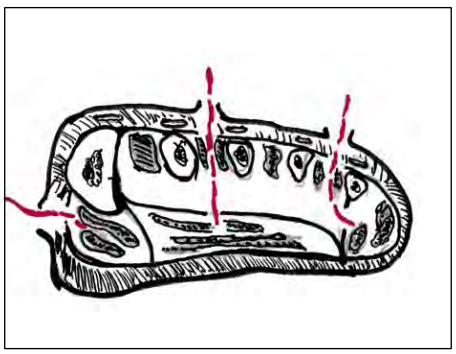
B.10.1 足部の筋膜切開

足部の 4 つの筋区画(コンパートメント)は、背側 3 か所の切開で開放、減圧できる。内側切開は第 1 中足骨の下縁より開始し、内果に切り上がる。この際に、固く分厚い足底筋膜も切開しなければならない。この操作で内側筋区画が減圧され、さらに深部筋膜を切開することで中央足底部の筋区画も減圧される。

外側切開は第 4、第 5 中足骨間で行う。これにより、中央足背部の筋区画が減圧される。さらに外側に剥離し、外側筋膜を切開すると、外側筋区画を開放できる。最後に中央切開は第 2、第 3 中足骨間で行う。中央足背部の筋区画に入り、さらに深部まで切開を進めると、中央足底部の筋区画まで減圧することができる。



C. Giannou / ICRC



C. Giannou / ICRC

図 B.11.1&2
足部の筋膜切開のための皮切ライン

B.10.2 下腿部の筋膜切開

下腿部には 4 つの筋区画(コンパートメント)があり、すべての区画を減圧するためには大きな 2 か所の切開を要する。

筋膜切開は長軸方向の全長にわたって行う。最も大きな間違いは、筋膜切開が短すぎることである。

後方筋区画へは、膝から内果に至る 1 本の皮切線を用いてアプローチするとよい。皮切開始部は脛骨の後縁を触診し、その 2 ㎝後方に置く。深部筋膜を切開して、浅部後方筋区画に至る。さらに腓腹筋内側部とヒラメ筋を後方に引くと、深部後方筋区画を覆う筋膜が露出される。後脛骨動脈、脛骨神経、伏在静脈を損傷しないように留意する。この皮切を近位側に延長すると、膝窩動静脈へのアクセスが可能となる。

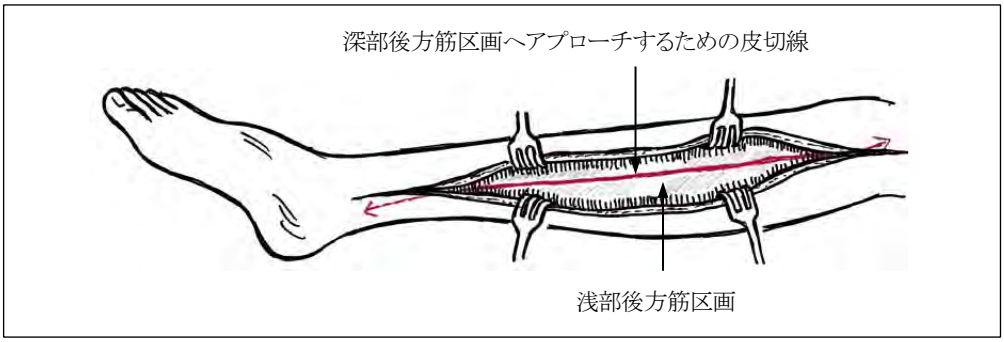


図 B.12.1
下腿内側の筋膜切開のための皮切線

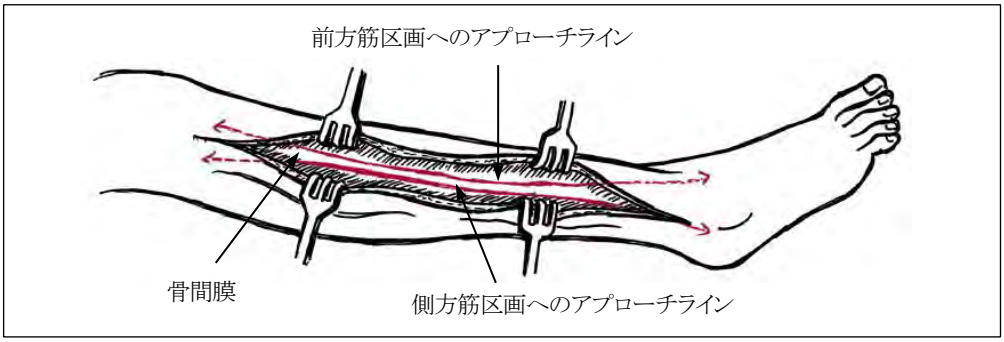


図 B.12.2
下腿前外側の筋膜切開のための皮切線

前方及び外側筋区画へは、膝から外果に至る皮切でアプローチする。腓骨前縁より 2cm 前方を切開する。こうすることで、前方の筋間中隔は 2 つの筋区画に分離される。内側からアプローチする場合は、深部筋膜に切れ目を入れ、クーパーで上下に切り進む。腓骨動脈を損傷しないように注意する。

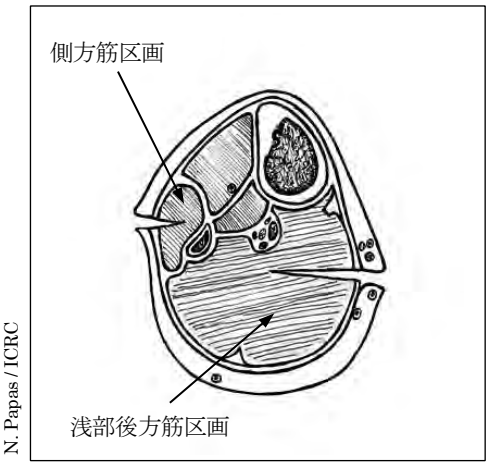


図 B.12.3
外側、及び浅部後方筋区画(コンパートメント)の減圧。

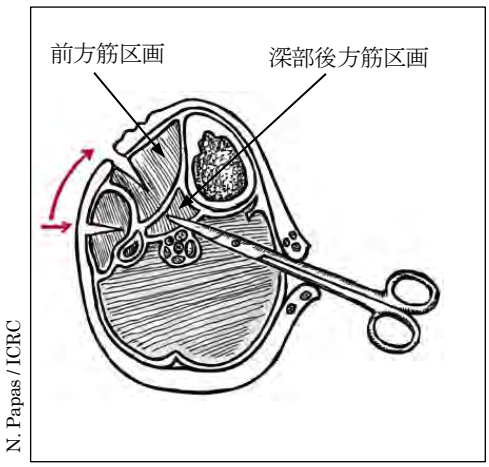


図 B.12.4
外側筋区画(コンパートメント)を開放後、前方筋区画にアプローチするために皮弁を回転する。深部後方筋区画には浅部後方筋区画を介して到達する。

B.10.3 大腿部の筋膜切開

大腿部には 3 つの筋区画(コンパートメント)―前方、後方、そして内転筋部―が存在し、減圧には 2 か所の切開を必要とする。外側切開は大転子部から開始し、大腿骨外顆部に至る。さらに大腿筋膜を切開し、前方筋区画を開放する。皮下

を後方に剥離していくと、大腿筋膜とその後方の外側筋膜中隔を切開することが可能になり、後方筋区画が開放される。

内転筋部筋区画へは大腿血管へアプローチする時と同じ要領でできる。

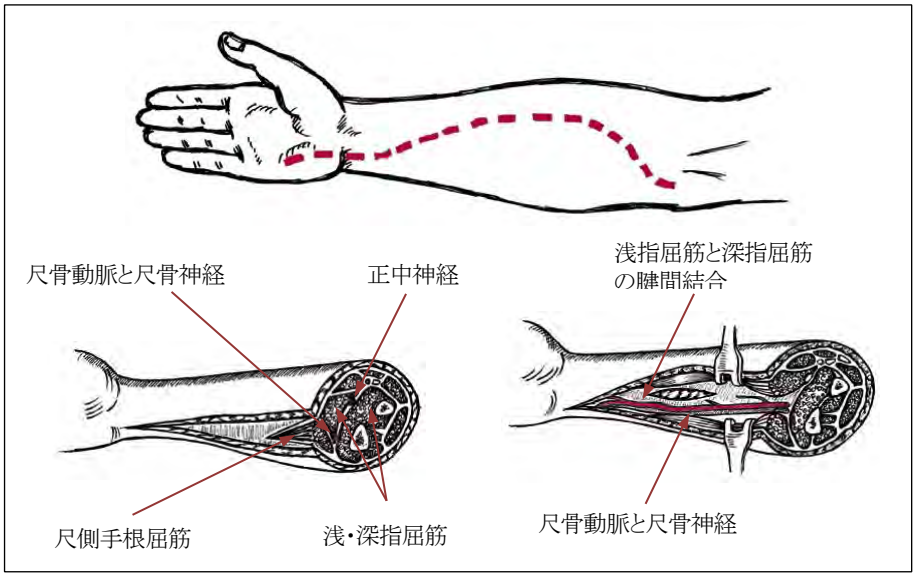
B.10.4 前腕と手の筋膜切開

前腕部の筋膜切開には掌側切開と背側切開の 2 つの方法がある。

掌側筋区画

S 状切開を用いて減圧する。すなわち上腕内顆部より橈側に向かい、再び尺骨遠位端方向、から手関節部の尺側屈側の皺に向かう切開を置く。切開は、母指球皺の尺側に向けてもよい。尺側手根屈筋を覆う筋膜を切開し、筋束を内側に牽引する。浅指屈筋を外側に牽引すると、深指屈筋筋膜が露出される。各々の筋は筋膜を長軸方向に十分に切開することで減圧する。尺側手根屈筋と深指屈筋の間に存在する尺骨動脈と尺骨神経を損傷しないように注意する。

図 B.13.1
前腕部掌側の筋膜切開線



背側筋区画

肘部から手関節部に至る背側正中切開を置く。深部筋膜まで切り進み、それを切開することで伸筋筋区画を露出させる。各々の筋は筋膜鞘を有しており、減圧するためにはそれぞれを切開する必要がある。手部を減圧する際には、2 本の背側切開を加える。すなわち、第 2、3 中手骨間と第 4、5 中手骨間に切開を置くとよい。

写真 B.13.2
前腕部及び手部背側の減圧

B.10.5 筋膜切開後の閉創

筋膜切開後の閉創では、筋膜縫合は行わず、皮膚のみを縫合する。前腕部の筋膜切開後、4～5 日経過し、浮腫が軽減した後の縫合は通常さほど難しくない。下肢の血管修復手術後に「予防的筋膜切開」を行った場合も同様である。

下肢に関しては、こうした待機的一次閉創術（DPC）が、不可能とはいわないまでも困難な例が多数存在する。縫合の際に過度の緊張がかかり、皮膚縁が壊死に陥る場合が多いのである。皮膚欠損部を分層植皮で覆うのも一つの手段である。

皮膚を引き伸ばす特殊な装置もあるが、高価であり、いつも手に入るとは限らない。昔から工夫された方法がいくつか報告されている。スキンテーピングや靴紐縫合術(shoelace suture)等がそれにあたる(参考文献参照)。基本的な考え方は、創縁の皮膚と皮下組織を引き伸ばし、直接縫合を可能にすることである。

B.11 四肢の再建手術

多くの重症外傷症例と同様に、戦傷症例では機能回復目的に大規模な再建手術を要することが多々ある。しかしながら、医師の経験不足や、医療資源や時間に限りがあることから、そういった手術が行われるには大きな制限がある。

しかしながら、資源不足の中であっても、有効な再建手術が施行できる症例も存在する。基本的な再建手術の中には比較的単純であり、一般外科医であっても十分施行し得るものがたくさんある。

戦傷症例を 3 つのグループに分け、それぞれに適した再建術式について述べる[16]。

1. 初回手術時に行われる一期的緊急再建術

   四肢の血管が損傷し、それを修復したが依然露出してしまっている時。動脈の乾燥を防ぐ目的で皮膚、もしくは筋弁を用いて覆わなくてはならない。広背筋は腋下と上腕の脈管を覆うことができる。薄筋は大腿部、腓腹筋は膝窩の脈管の被覆に用いられる。

2. 待機的一次閉創術(DPC)時に施行される、待機的再建手術

   軟部組織の欠損が大きい場合には、創縁に緊張をかけずに縫合するのは難しい。また、創縁を縫縮することはできても、大きな死腔が形成される場合は直接縫合は不適切である。閉創には植皮や皮弁が必要となる。骨膜を失った骨や腱傍組織を失った腱のように、血流に乏しい組織が露出している場合も、皮弁により覆われることが必要である。

   DPC の際に創外固定をする場合、同時に軟部組織再建を行うことが可能である。この場合、創外固定のピンは皮弁手術の障害にならないように設置する。筋上皮弁、組み合わせ皮弁、筋膜筋弁が好まれる。

   膝関節や脛骨の近位側 1/3 であれば、内側腓腹筋弁で覆うのが最もよい。ヒラメ筋弁は脛骨の中 1/3 部を覆うのに適している。下腿筋皮弁を作成する際には、まず最初にアキレス腱部から切断し、受動する。

   脛骨の下 1/3 部が露出している場合、局所皮弁で覆うことができないために、最も再建に苦慮する。一般外科医が行うことができるのは反対側の下肢を用いた皮弁形成であるが、少なくとも 2 回の手術が必要であり、患者は長期臥床が必要となる。この問題は第 22 章 8.3 で詳述する。

3. 晩期待機的再建術

   これは、軟部組織が完全に治癒した 3〜6 か月後に施行される。難治性の症例で、治癒に高度な再建術を要する場合に行われるが、もちろん、こうした再建術には高い専門性が要求される。例えば、重度熱傷による皮膚拘縮の手術や、神経領域への腱移植術等である。こうした治療法は本書の扱う範囲を超える分野である。いくつかの単純な方法、瘢痕の修正や、分層皮膚移植については別章に記載している。

   様々な手術手技の詳細については標準的な手術成書を参照のこと。

---

12. The 1948 Universal Declaration of Human Rights and the 1984 Convention Against Torture and Other Cruel, Inhuman or Degrading Treatment or Punishment.
13. Common Article 3 of the 1949 Geneva Conventions.
14. Bloom A, Zamir G, Muggia-Sullam M, Friedlander M, Gimmon Z, Rivkind A. Torture rhabdomyorhexis – a pseudo-crush syndrome. J Trauma 1995; **38**: 252 – 254.
15. François Irmay, ICRC surgeon, Sjambok injuries, Une forme particulière de crush syndrome. (Sjambok injuries, a particular form of crush syndrome.) Doctoral thesis N° 10002, Geneva Faculty of Medicine, 2 December 1998.
16. Coupland RM. The role of reconstructive surgery in the management of war wounds. Ann R Coll Surg Engl 1991; **73**: 21 – 25.より改変

付録 B.1　エアターニケット

空気式のターニケットは他の外科用機器と同様に慎重に取り扱う。粗暴に扱ったりショックを与えたりすると、内蔵のアネロイド圧力計が壊れてしまう。すべての部品は使用前にチェックし、空気漏れや接続部の緩みがないか確かめる。アネロイド圧力計の通常のキャリブレーションは通常の水銀柱血圧計に繋げることで行える。ターニケット内の圧を、アネロイド圧力計で 100mmHg まで上昇させ、それから水銀柱に放出させる。これを 200mmHg、300mmHg に上げて、それぞれ同じことを繰り返す。不正確な計器は交換する。膨らませたカフの圧が時間と共に下がってはならない。それは空気漏れがあることを示している。

手術室におけるエアターニケットの使用は単純かつ容易であるが、いくつかの基本原則を守らねばならない。

1. 装着部位は大腿もしくは上腕の近位側 1/3 の部分である。装着部は脱脂綿で巻いて保護するが、その幅はカフの幅の 3 倍とする。皺や捲れができないように慎重にあてる。
2. カフは圧を有効に伝え、組織障害を小さくするため、患肢のなるべく太い場所に幅広く当たるように巻く。患肢の円周より 10cm 以上長いものを巻かなくてはならない。
   カフのサイズは患者の体型に合わせて選択する。特に高度るい痩や肥満の場合には注意する。肥満患者の場合、脱脂綿とカフを巻く際に、巻く部位のやや遠位部を助手がつかみ、余った肉を遠位に引っ張るとよい。

T. Gassmann / ICRC

写真 B.1
成人用のエアターニケット

3. ターニケットと脱脂綿とカフは、血液などからの汚染を防ぐためにプラスチックシートで覆っておくとよい。
4. カフの圧は、術野を確保できる程度の駆血を保てればよく、できるだけ低圧とする。これは通常、上肢では収縮期血圧より 50-70mm Hg 高い値になる。大腿部では大きな筋肉の影響でさらに高圧である必要があり、上腕で測定した血圧の約 2 倍の圧力を要する。
5. ターニケットの加圧開始時間と終了時間を記録する。また、外科医は阻血時間を定期的に確認する。これは手術チーム全体の責任として行う。
6. ターニケットの加圧時間は可能な限り短時間とする。文献によって 1～3 時間以内と様々に記載されるが、3 時間以内が最長である。ほとんどの手術では、1 時間半以内に加圧時間を抑える必要がある。
7. 加圧は手術が終了する前に解除しなければならない。これは、組織の生存と止血を確認するためである。
8. 救命のためにやむを得ない場合を除き、両側の下肢に同時にターニケットを装着、加圧してはならない。
9. 両側に装着加圧した場合、両方の加圧を同時に解除してはならない。数分以上空けなければならない。これは、駆血部より末梢側の組織へ急速に血液が流入することで、体循環血液量減少性ショックを引き起こす可能性があるためである。
10. ターニケットの使用後、装着肢は腫脹する。手術創のドレッシングが終了し、包帯を巻いた後に、患肢の末梢循環を必ずチェックする。四肢外傷手術では、術後もこうしたチェックを継続することが大切である。

付録 B.2　圧挫(クラッシュ)外傷

圧挫(クラッシュ)外傷は地震などの自然災害時に最も多く発生する。また、爆撃で倒壊したビルの下敷きになった住人など、戦時下にも発生する。犠牲者救出には時間がかかる場合が多く、患者は脱水や低体温を来していることが多い。

B.2.a　病状と病態生理

身体の一部が最低 4 時間以上、持続的に圧迫されていた場合や、1 時間以内ではあっても強い圧力がかかっていた場合には、物理的に筋線維が障害される。いわゆる急性外傷性横紋筋融解症を引き起こす。これは阻血とは関係なく発症する。この病態は筋そのものに起因するが、単純骨折や粉砕骨折を合併することもある。

筋組織が広範に損傷を受けた場合、大量のミオグロビン、尿酸、リン、その他の筋組織由来の物質が筋細胞外へ放出される。患肢に蓄積したこれらの物質は、瓦礫による駆血が解除されると一気に体循環へ流入し、いわゆる虚血後再灌流障害を呈する。

再灌流障害により発症する高カリウム血症は短時間で致命的になり得る。これは実際に早期死亡の第一要因となっている。また、駆血が解除された患肢には大量の体循環血液が流入するため、外傷後浮腫を来す。一方、循環血液を患肢に奪われるため、十分な補液を行わないと体循環血液量減少性ショックを来す。これが早期死亡の 2 番目の要因である。ミオグロビン血症と尿酸アシドーシスは腎尿細管の閉塞を引き起こし、急性腎不全を発症する。これは、遅発性死亡の第一要因である。その他の遅発性死亡の要因として、血液凝固障害、二次的出血、敗血症があげられる。

B.2.b　来院前の病状とプレホスピタルケア

身体の圧迫や、その他の障害に晒される時間が長ければ長いほど、低体温や脱水が進行する。典型的な例として、救出を待つ間の患者は全身状態が良好に見え、痛みの訴えも少ないが、瓦礫の圧迫が解除されるや、急変する。これは、再灌流に伴う高カリウム血症や脱水によるものである。救出前に、強力な鎮痛剤やケタミンを投与しておくとよい。患者はひどい痛みに苦しむことになるからである。

クラッシュ外傷患者を救出する前の予防処置

- 水分補給
- ターニケットの装着
- 強力な鎮痛薬投与

救出前の早い段階で水分補給をさせなければならない。特に救出に時間がかかる場合はそうすべきである。経口摂取が可能なら飲ませる。点滴が可能なら、生理食塩水の急速静注を行う(点滴量は 20mL/kg:成人の場合、1,500～2,000mL)。続いて、救出までの間に 1/2 生理食塩水(1 号液)(下記参照)を 10～15mL/時の速度で持続点滴する。補液の遅れは患者死亡の第 1 要因である。

受傷現場でターニケットを用いるべきケースとして、挟まれた四肢が持続出血している場合や、患者の救出にはケタミン麻酔下の受傷肢切断しか方法がない場合がある。よく見られる、四肢切断をしなくても救出可能な、開放創のない圧挫外傷患者に対してのターニケット使用には議論がある。受傷肢が圧迫されている間はターニケットは必要ない。もし使用するとすれば、患者救出の直前である。「再灌流に伴う急変」を回避するため、また、事前に十分な補液を行う時間を確保するためである。病院へ搬入するまでの時間も考慮してターニケット装着の決断をすることが、一般的である。

B.2.c　臨床像と救急治療室におけるケア

瓦礫の下敷きになった患者は多くの場合、多発外傷を負っている。初療では、標準的な外傷 ABCDE の手順にしたがって診療を進める。蘇生は一般的な手順で行う。

四肢の圧挫創は様々な様相を呈する。開放創を伴っていたり、閉鎖性であったり、原形を留めていない場合もある。最初の 2 つのケースでは、弛緩性麻痺に似た症状を呈し、モザイクパターンの感覚障害を伴う場合は脊髄損傷と誤診されやすい。

患肢は著しく腫脹し、緊満しているが、初期の浮腫は圧痕性（pitting edema）ではなく、深部筋膜下に限局している。皮膚は光沢があり、擦過傷や水疱形成を伴うこともある。高度の浮腫を認めるケースでも、動脈拍動は触知することが多い。

尿量を測定するために尿管カテーテルを留置する。骨盤に圧挫外傷が及んでいる場合は患者の扱いに十分な注意を払う。

治療プロトコルにしたがって、鎮痛剤、破傷風トキソイド、予防的抗生剤を投与する。

B.2.d 圧挫外傷と内科的治療

圧挫外傷を負った患者は ICU で治療する。検査室とも密接に連携しなくてはならないが、戦地では滅多にそういう環境は得られない。適切な補液量を決めるには中心静脈圧の測定と十分な血液生化学検査が必要である[17]。集中看護ユニットに最低限の血液生化学検査キットと、可能であれば血液電解質分析が用意されている状況、それが医療資源の限られたフィールドで提供し得る最大限のものである（Part F 参照）。

個々の病院の事情により、どの程度の標準的プロトコル治療を行えるかは異なる。腎不全に至るケースが多いが、透析機器がないために救命できないことが多い。

急速輸液は、ターニケットによる圧迫を解除する前に始めなければならない。圧迫の解除は段階的に行う。ターニケットをいったん緩めてから、再度圧迫する。この操作を数回繰り返して、最後に完全に解除する。そうすることで重篤な高カリウム血症の発症を防ぐ。

圧挫外傷に対する内科的治療の主たる目的

- 高カリウム血症の予防
- 脱水の改善
- 圧挫外傷が圧挫症候群に進展することの防止

圧挫外傷症例の治療目的は、脱水を改善することと、腎不全を十分な急速輸液と強制利尿と尿のアルカリ化で防止することである。循環血液量増加による肺水腫の発症を避けるには、慎重に臨床症状を観察しなければならない。

尿量、尿の色と pH を毎時間チェックすべきである。可能であれば、血清電解質を 6 時間おきにチェックする。重症症例では、受傷直後からの数日間は、致死的な高カリウム血症に注意が必要である。

血漿成分の多くがサードスペースへ逃げるため、受傷組織は浮腫を来す。したがって循環血漿量を維持するためには、尿量以上の補液を確保する必要がある。1 時間あたり 300mL の尿量を確保するためには、おおよそその倍量の点滴が必要で、1 日当たり 12L もの補液量となる。しかし、その量は患者個々の臨床症状に応じて調整されなくてはならない。もし、検査によるモニタリングが十分にできない環境であれば、補液量は一日量 6L までに制限し、尿量をモニターするとよい。

輸液療法のレジメンは、順次運ばれるカクテル[18]のようなものである。

1. 20mL/kg の生理食塩水を可能な限り急速に投与。
2. 続いて、2 分の 1 生理食塩水（half-isotonic saline）（生理食塩水をほぼ同量の 5%ブドウ糖液で希釈し、75mEq/NaCl としたもの）を、10～15mL/kg/時で持続点滴する。
   または、ふたつの点滴を混合する際の汚染を避ける意味で、2 か所の静脈から生理食塩水とブドウ糖液を別々に点

滴する方法や、1L の生食と 1L のブドウ糖液を交互に点滴するという方法もある。

3. 50mEq の重炭酸ナトリウム液を 2L 目と 3L 目の 2 分の 1 生理食塩水に加注して、尿の pH を 6.5 以上に保つ。前述のその他の方法で点滴した場合には、1L ブドウ糖液に 100mEq の重炭酸ナトリウムを加える。
   重炭酸ナトリウムの投与は尿の pH に応じて、回数を増減してよい。通常は 36 時間以内に漸減し、終了できる。
4. 利尿がつき、尿量が 20mL/時を超えたら、50mL の 20%マンニトール（10g）を点滴 1L 毎に側注する（1～2g/kg/日，全量 120g）。5g/時の割合で投与する。マンニトールは尿細管を保護し、カリウムの排泄を促進し、圧挫された筋の区画内圧を減少させる。
5. 10%グルコン酸カルシウム液 10mL もしくは 10%塩化カルシウム液 5mL を連日静注する。高カリウム血症が心臓に及ぼす有害作用に拮抗させるためである。
6. 血清電解質分析により明らかにされていることだが、インスリンと高濃度ブドウ糖液を混合投与することでカリウムを細胞外液から細胞内にシフトさせることができる。
7. 最近、パラセタモール（アセトアミノフェン）の適量投与（500mg）が、ミオグロビン血症下の腎臓に対して保護的に働くという知見がある。これに関しては、臨床試験が進行中である[19]。
8. 圧挫外傷の患者は通常、急性貧血を発症し、最終的に大量の輸血を要することが多い。

計画的補液は横紋筋融解症と、それに伴うミオグロビン血症が明らかに改善するまで継続する。通常それには 60 時間程度かかる。

こうした治療を行っても、多くの患者が急性腎不全を発症する。その予後は血液透析や腹膜透析ができるか否かにかかっている。

B.2.e 圧挫外傷と外科的治療

外科的にできることは限られており、手術は困難や合併症に満ちている[20、21]。

圧挫外傷が開放創であった場合、以下のケースでは手術を要する。

・患肢が原形をとどめないほど損傷されているか、高度に汚染されていて生命を脅かす状態にある場合。もしターニケットが装着されているならば、解除しないまま緊急切断術を施行する。
・もし患肢が温存できそうであれば、緊急筋膜切開術を施行する。

圧挫外傷が閉鎖性であった場合、以下の 2 つの条件下では同様に手術が望ましい。

・不可逆性の虚血性壊死を認め、かつその範囲が明確な場合は、その境界線レベルでの切断術が適応される。
・遠位での動脈拍動が消失し、毛細血管充満サイン（capillary filling）も観察されない場合は、コンパートメント症候群や組織壊死を起こしつつある。こうした所見を認めた場合には、筋膜切開を行う。

筋膜切開を行う際には、周囲の壊死組織を十分に切除する。筋肉からの出血はコントロールが難しい。その筋組織が生きているか否かの判断は、つまんだり、電気メスで刺激を与えて収縮するかどうかを見るとよい。通常感染を来すことが多いため、デブリドマンを繰り返す必要がある。

上記以外の場合では、筋膜切開もデブリドマンも必要ない。この点で、圧挫外傷は単純なコンパートメント症候群と異なる。つまり、閉鎖性圧挫外傷では、筋壊死が広がっているだけでは手術適応にはならない。皮膚は内部の圧力に対して十分な弾力性があり、また感染に対するバリアとしても働く。

注：

圧挫された患肢に早期にターニケットを装着し、切断することで再灌流物質を根本的に取り除き、圧挫症候群を予防で

きる、とする議論がある。しかしながら、切断を予防的手段として用いることを支持する十分なエビデンスは存在しない。

重篤な圧挫外傷症例であっても、患肢を温存し、しかも完全に機能が回復した、との症例報告が多くみられる。しかし、それは腎不全に対する透析治療が可能である場合である。そうでない場合、3 分の 2 の患者は 1 週間以内に死亡している。

重篤な圧挫外傷症例と向き合った時、外科医は、患者とその家族に十分な状況説明を行い、治療法を決定することが重要である。

B.2.f　その後のケア

患肢の挙上は推奨されない。それは痛みを増強させるだけで、浮腫の改善には寄与しない。最良の姿位は、下肢を水平に真っ直ぐ伸ばした姿勢である。また、理学療法では筋量と筋緊張の維持に重点を置く。関節の受動運動は大変な痛みを伴うため、10～14 日が経過し、痛みが減少してから、受動的及び能動的関節運動のリハビリを開始する。

開放創に対する看護ケアは、極めて慎重に行わなければならない。なぜなら、高率に感染が起こり、それはしばしば患肢を失う結果となるからである。

---

17. 重篤な圧挫外傷を扱う際に必要な臨床検査として、CBC、尿中電解質検査、クレアチニンキナーゼ値、乳酸値、アミラーゼ値、肝機能、凝固能、血型、クロスマッチが挙げられる。
18. Sever MS, Vanholder R, Lameire N. Management of crush-related injuries after disasters. N Engl J Med 2006; 354: 1052 – 1063 and Vanholder R, Sever MS, Erek E, Lameire N. Rhabdomyolysis. J Am Soc Nephrol 2000; **11**: 1553 – 1561.より改変
19. Boutaud O, Moore KP, Reeder BJ, Harry D, Howie AJ, Wang S, Carney CK, Masterson TS, Amin T, Wright DW, Wilson MT, Oates JA, Roberts LJ Ⅱ. Acetaminophen inhibits hemoprotein-catalyzed lipid peroxidation and attenuates rhabdomyolysis-induced renal failure. Proc Nat Acad Sci 2010; **107**: 2699 – 2704.
20. こうした症例に対して挿管する際には、サクシニルコリンは用いない方がよい。組織から大量にカリウムを放出させる作用があるため、心停止を引き起こす可能性がある。受傷後 1 年間は使用を控えた方がよい。
21. Michaelson M. Crush injury and crush syndrome. World J Surg 1992; **16**: 899 – 903.より改変

第 22 章
骨と関節の外傷 [1]

1. 本章の多くの部分は Dundee 大学の整形外傷外科教授の War Wounds with Fractures: A Guide to Surgical Management. Geneva: ICRC; 1996.のパンフレットを基にしている。

22. 骨と関節の外傷

22.1 はじめに 114

22.2 外傷弾道学 114
22.2.1 運動エネルギー 114
22.2.2 骨と発射体の相互作用 115
22.2.3 関節部 117

22.3 疫学 118
22.3.1 解剖学的分布 118
22.3.2 骨折の種類 118
22.3.3 関節 119
22.3.4 赤十字外傷スコア(Red Cross Wound Score) 119

22.4 骨折を伴う戦傷の管理 121
22.4.1 初回デブリドマン 121
22.4.2 待機的一次閉創(DPC) 123

22.5 骨折固定法:外科的治療方針の決定 123
22.5.1 石膏ギプス(POP) 125
22.5.2 牽引 126
22.5.3 創外固定 127
22.5.4 ダメージコントロール手術 129
22.5.5 内固定術:骨接合術 129

22.6 関節を含む創傷 130
22.6.1 関節部のデブリドマン 130
22.6.2 閉創 131
22.6.3 関節の固定 131
22.6.4 関節内感染 131
22.6.5 腹部、骨盤外傷と股関節 132
22.6.6 関節固定術 132
22.6.7 偽関節形成術 132

22.7 手足の外傷 132
22.7.1 検査 132
22.7.2 外科的創部診査とデブリドマン 133
22.7.3 固定 134
22.7.4 待機的一次閉創術(DPC) 134

22.8 問題症例 134
22.8.1 変形治癒 135
22.8.2 骨癒合不全 135
22.8.3 慢性的な骨露出 135

22.9 骨感染症 136
22.9.1 創傷管理 137
22.9.2 すでに成立した骨感染に対する抗生物質 137
22.9.3 外科治療 137
22.9.4 患者の準備 138
22.9.5 レントゲン撮影 138
22.9.6 瘻孔の切除 138
22.9.7 創部のドレッシングとフォローアップ 139

22.10 骨移植 140
22.10.1 骨移植の適応 140
22.10.2 採骨部と骨移植の種類 141
22.10.3 骨移植後のフォローアップ 141
22.10.4 骨移植の合併症 141

付録 22.A Plaster-of-Paris (POP：石膏ギプス) 142

付録 22.B 牽引 154

付録 22.C 創外固定 166

付録 22.D ICRC による慢性骨髄炎に関する研究 174

付録 22.E 骨移植 177

基本原則
創の軟部組織は適切にデブリドマンがなされなくてはならない。
最初のデブリドマンの際に、骨折部を適切な方法で一時的に固定しておく。
骨折部の最終固定法については、待機的一次閉創の際に検討するとよい。
骨折部は最も単純な方法で固定する。
理学療法は術後直ちに開始する。

22.1 はじめに

武力紛争下では、四肢外傷には多くの労力が費やされ、また、骨折症例も非常に多い。したがって、一般外科医が基本的な骨折治療の知識を持つことは極めて重要である。

骨折とは、損傷骨の影響によって複雑化した軟部組織損傷として表すのが最も適切であることがしばしばある。

22.2 外傷弾道学

骨に対する外傷弾道学の基本事項は第 3 章 4.5 で扱っている。骨組織は軟部組織と比較して非常に密度が高くて硬く、弾性に乏しい。変形性に乏しいため、外圧が掛かると骨折する。射撃溝内におけるどの段階で、弾丸などの発射体が骨に着弾したのかを知ることが大切である。例えば、ライフル用完全被甲弾が、射撃溝の第 1 相、すなわち狭小部内で骨に着弾した場合には、単に弾孔を形成するだけに終わる。phase 2、すなわち一時空洞内で骨に着弾した場合には、重篤な粉砕骨折を引き起こす。

「外科医が戦傷を扱う際に、弾道学の知識は有用である。しかし、個々の症例に具体的に寄与するところは少ない。弾道学の知識によって、臨床上で様々な可能性に思い至ることはできるが、それ以上を望むべきではない。」
Å. Molde, R. Gray[2]

22.2.1 運動エネルギー

組織損傷の程度を決定する主因は、発射体（弾丸）の持つ運動エネルギーが、どの程度組織に向けて放出されたかであり、それは幾つかの要素に左右される。すなわち、発射体の持つ運動エネルギーの総量、受傷部の骨構造、骨と接していた時間の長さ（これは発射体の速度に反比例する）、などが影響を与える。例えば、低速度で安定飛行してきた FMJ 弾は、さらに速い弾丸と比較して、より大きなダメージを骨に与える。これは、骨と弾丸との接触時間が長いために、より多くの運動エネルギーが骨に放出されるためである。骨と弾丸の相互作用の結果、弾丸は回転軸が変わったり、変形したり、粉々になったりする。

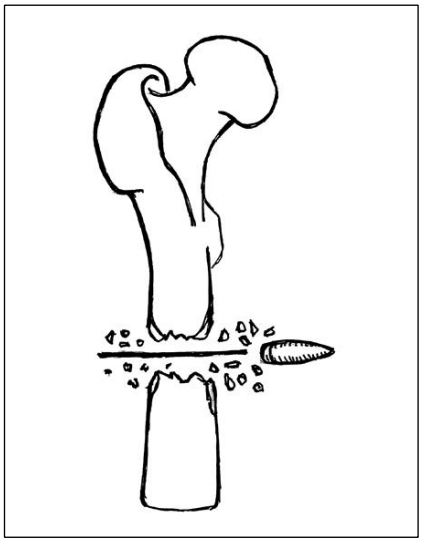
第 3 章 4.5 で示しているように、弾丸が射撃溝のどの段階で骨に着弾したかが重要である。このことは、大小の射出創が存在することを説明している。

さらに、臨床的に最も大切なことは、弾丸の持つエネルギーの大きさによって組織損傷の程度が異なることである。低エネルギー弾による銃創では軟部組織損傷や細菌や異物による汚染は比較的軽い。高エネルギー弾による銃創では、着

弾直後に組織内に空洞が形成され、その陰圧によって外来細菌が創内に引き込まれる。その結果、重篤な組織損傷に感染を合併する。最も重篤になることが多いのは、対人地雷による外傷である。身体の局所に爆風効果が集中し、破片による穿通外傷を負ったり、砂や泥によって創が汚染される。

22.2.2　骨と発射体の相互作用

発射体が物体に着弾した際に、跳ね返されずに貫通できるためには、十分なエネルギー密度を有せるだけの射入速度に達する必要がある。骨を貫通するためには、40～60m/秒の速度が必要である。骨組織内における弾丸の深達度と、弾丸が骨組織に向けて放出した運動エネルギー量は、弾丸が組織から受ける抵抗力の大きさで決まる。すなわち、弾丸の「押す力」と、組織側の「抵抗力」とのバランスによって決まる。骨の持つ「抵抗力」に影響を及ぼす因子は、その骨を形成する皮質と髄質の割合と、骨密度である。従って、骨粗鬆症患者の骨は健常骨と比べて貫通しやすいが、その抵抗力の低さ故に、弾丸から吸収するエネルギーは小さい。



N. Papas / ICRC

図 22.1
長管骨の骨髄内の水圧上昇の影響を示す。骨折により生じた骨片はあらゆる方向に飛び散る。

R. Coupland / ICRC

写真 22.2
下部脛骨腓骨の皮質骨へのドリルホール骨折。

長管骨

四肢の長骨は不均一な構造をしている。骨幹部の皮質部は、密度が高くてもろく、比較的厚い。骨は、皮質骨が髄質を覆った構造をしているが、これは水で満たされた壁の硬いチューブを思わせる。骨幹部に被弾すると、一時空洞が形成され、瞬間的に組織圧が上がることから「境界効果」、すなわち異なる組織同士の境界部に働く剪断力の影響を受ける（第3章4.3参照）。空洞形成によって組織圧が上昇すると、髄質内圧も上がる。髄質内圧はあらゆる方向に伝播し、骨折の原因となり、生じた骨片は様々な方向に飛散する。

骨片は一時空洞の辺縁部に向かって飛散するが、空洞は形成された直後に崩れて収縮するため、空洞辺縁部で軟部組織に巻き込まれた骨片は、結局は骨折部の周囲に散乱した状態となる。骨片の中には軟部組織内の他の損傷部に入り込むものもある。また、射撃溝内を通って、全く離れた所まで飛散するものもある。しかし、個々の骨片が持つ運動エネルギーは小さいため、それらが一時空洞を越えて、あらたな創道を形成することはない。つまり、骨片自体が二次的飛来物として新たな外傷形成を来すことはなく、それらは一時空洞内に留まる。これは高速撮影で確認された事実である。しかし、骨片が二次的な弾丸として働くことはなくとも、空洞内において周囲の神経や血管を損傷する可能性はある。

一時空洞内における骨幹部骨折は粉砕骨折を伴うことが多い。骨膜剥離の範囲は骨折端から 5cm 以内に限局されている。骨折部ではハバース管が遮断されており、黒く変色して汚染されていることが多い。骨髄からの出血量も多い。

骨折部では、2 週間以内に骨芽細胞の増殖が始まり、同時に周囲の骨膜組織から骨再生が始まる。周囲組織と連絡のある骨片は、特に再生の傾向が見られる。しかし、完全に遊離した骨片は虚血性壊死を起こし、最終的には破骨細胞によって吸収されてしまう。こうした骨片は腐骨となり、感染源となりやすい。

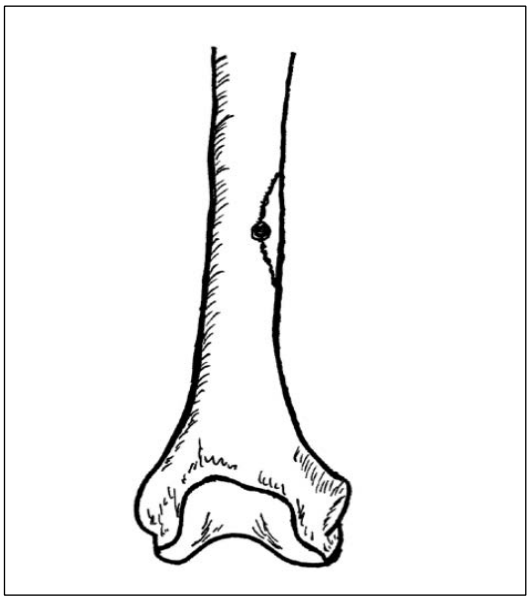
空洞形成が長骨に及ぼすもうひとつの影響として、「着弾していない部分」に骨折を来すことがある。まず、巨大な一時空洞の形成過程で、周囲の大きな筋組織に加速度がかかる。空洞の辺縁部に生じた圧波によって骨幹部が

曲げられ、単純骨折や螺旋骨折を来すのである。

皮質骨の骨折は、ドリルホール骨折（drill-hole fracture）、またはくぼみ型骨折（divot fracture）と呼ばれる。特に、射撃溝の第 1 相の狭小部において骨への着弾を見た場合に、こうした骨折を認める。着弾部から近位側・遠位側に伸びる螺旋骨折を認めることが多い。これは、被弾時に下腿に負荷がかかっていることに起因する。例えば、立位でいる時や、走っている時、または弾薬嚢を担いで行軍している際に下腿へ被弾した場合に、こうした骨折を起こすことがある。

R. Coupland / ICRC

写真 22.3.1
くぼみ型骨折のレントゲン像。

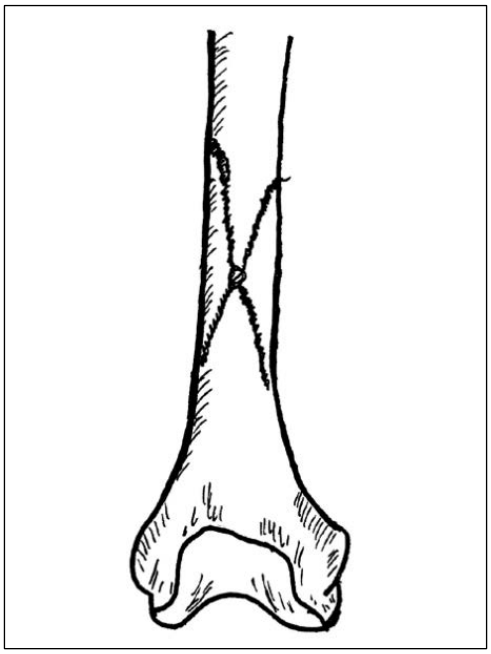


N. Papas / ICRC

図 22.3.2
一側の皮質骨のみ全層骨折したくぼみ型骨折。小骨片が骨幹部から剥離している。時にはくぼみの部分から周囲に変位を伴わない骨折が広がっていることがあ

F. Piani / ICRC

写真 22.4.1
脛骨の蝶形骨折（butterfly fracture）



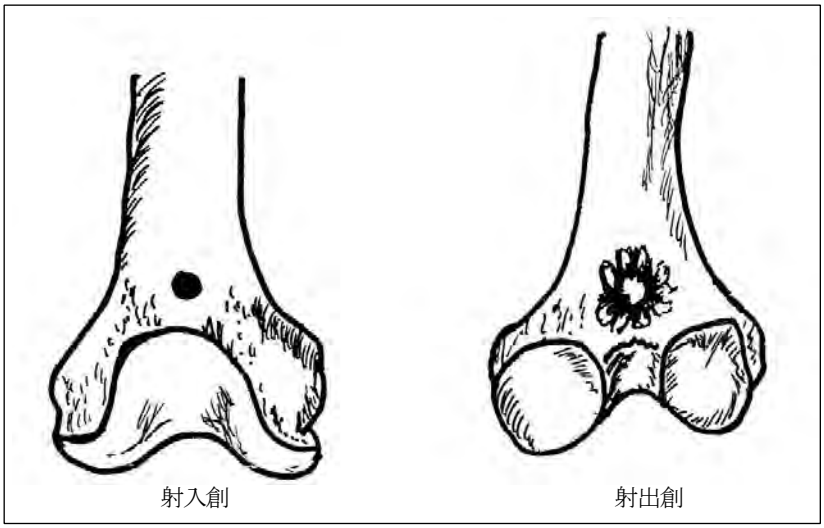
N. Papas / ICRC

図 22.4.2
二重蝶形骨折（double butterfly fracture）

骨幹端部骨折では、骨組織がスポンジ状で多孔質であるため、異なる様相を呈する。骨幹端部では受けたエネルギーを吸収しやすいため、空洞化の影響も少なくて済む。低エネルギー弾による銃創では、弾丸は着弾部のみを破壊し、いわゆる「ドリルホール骨折」を起こし、時には大きな骨片を伴う骨折を来す。一方、高エネルギー弾による銃創では、創部

は 3 区分に分けられる[3]。1 つ目は骨着弾部を含む中心領域である。2 つ目はその周囲で、中心部から 3cm 程離れた領域である。海綿骨の破片を認めるが、各破片は周囲軟部組織との連続性を保っている。3 つ目はさらにその周囲で、中心部から 9cm 程離れた領域である。わずかに変位を伴う骨折が、この領域まで伸びていることがある。こうしたドリルホール骨折や、限局性の粉砕骨折で、それ以上に骨折線が広がっていないものは、生理的負荷にも耐え得るし、骨幹部における同様の骨折と比べても経過がよい。

図 22.5
ドリルホール骨折の骨所見。射撃溝第 1 相において、骨幹端を貫通している。射入創は通常、弾丸径に等しいかやや小さい。射出創は漏斗様で、四肢長骨の骨幹部銃創でも同様の所見を呈する（写真 22.2 参照）。



N. Papas / ICRC

扁平骨

扁平骨には肩甲骨、胸骨、腸骨、頭蓋骨がある。これらの多くは板状の海綿骨からなり、骨髄がない。そのため、髄腔内圧の影響を受けることもない。弾丸は骨に孔を開け、小さな亀裂骨折を呈するのみである。外傷は弾丸による直接的外力によってのみ形成される。射入創は弾丸の入射角度にもよるが、おおよそ円形である。射出創は通常、漏斗型をした骨欠損部となっている。

22.2.3 関節部

弾丸が関節内に達した場合、骨、軟骨、靭帯、半月板にダメージが及ぶ。外傷は弾丸の衝突による直接的な損傷であったり、裂傷であったりする。感染が起これば、容易に軟骨融解や関節破壊を引き起こす。

弾丸の鉛片が軟部組織内に遺残した場合は、直ちに乏血管性の瘢痕組織によって覆われ、周囲組織から隔絶化される。しかし、滑液内に留まった場合は、溶け出して鉛中毒の原因となる（第 14 章 3 参照）。鉛は重症な化学性関節炎の原因となることが知られている。

写真 22.6.1-2
関節内に迷入した金属片

F. Plani / ICRC

F. Plani / ICRC

さらに、関節内に留まる金属片は、その鋭利な断端や大きさなどによって、直接物理的に関節軟骨を傷つけ、変性関節炎を引き起こす。

22.3 疫学

22.3.1 解剖学的分布

戦時下の外傷の解剖学的分布に関しては、過去に多くの記載があるが、四肢外傷における骨折部位の分布に関する研究は数件しか存在しない。四肢外傷の 3 分の 1 から 4 分の 1 に骨折が合併する。下肢は上肢の 2 倍の受傷率であるが、上肢と下肢の骨折の発生率はほぼ同等である。これは、上肢の骨が下肢の骨に比べて細く、また下肢よりも露出する位置にあることが原因と考えられる。

骨折部位	米国:第二次世界大戦		米国:アフガニスタン紛争/イラク戦争	
	症例数	パーセンテージ	症例数	パーセンテージ
肩部:鎖骨、肩甲骨	-	-	35	5%
上腕部	545	23%	106	14%
前腕部	428	18%	107	14%
手部	-	-	144	19%
上肢の骨折総数	973	40%	392	52%
大腿部	668	28%	107	14%
下腿部	775	32%	173	23%
足部	-	-	86	11%
下肢の骨折総数	1,443	60%	366	48%
総数	2,416	100%	758	100%

表 22.1 開放性骨折の受傷部別割合:米軍の、第二次世界大戦及びアフガニスタン紛争／イラク戦争におけるデータの比較[4]

22.3.2 骨折の種類

予想される通り、圧倒的に多いのは開放性骨折である。閉鎖性骨折は、戦時下では大抵の場合、爆風効果に伴う外傷か対戦車型地雷によるものである。戦時下以外では、交通事故や、その他の事故で多くみられる。

骨折部位	開放性骨折	閉鎖性骨折	総数	開放性骨折の割合
鎖骨	6	7	13	53%
肩甲骨	4	28	32	87%
上腕骨	16	106	122	86%
前腕骨	23	107	130	82%
手部	20	144	164	87%
上肢の骨折総数	69	392	461	85%
大腿骨	16	107	123	86%
下腿骨	45	173	218	79%
足部	27	86	113	76%
下肢の骨折総数	88	366	454	80%
総数	157	758	915	82%

表 22.2 開放性骨折と閉鎖性骨折の受傷部別割合:米軍のアフガニスタン紛争／イラク戦争におけるデータより(Joint Theater Trauma Registry October 2001 – January 2005)[4]

戦闘中の骨折で最も多いものが脛骨骨折であることを特筆しておかねばならない。脛骨骨折は最も治療が困難で、合併症が発生しやすい部位でもある。

22.3.3 関節

関節部外傷に関する詳細な研究は少ない。ユーゴスラビア紛争時の戦傷について報告したものがある。主要な陸軍病院において、四肢外傷の治療を行った 1860 症例を対象に調査した所、関節部外傷を来したものは 18.2%(339 症例)であった。膝関節と肘関節の受傷が最も多く、神経及び血管損傷も同部で最大であった。

受傷関節部位	全関節外傷に占める割合
膝関節	46.6%
肘関節	20.1%
股関節	10.4%
肩関節	9.8%
足関節	8.9%
手関節	4.2%

表 22.3 四肢外傷 339 症例における各関節外傷の占める割合(ユーゴスラビア紛争)[5]

22.3.4 赤十字外傷スコア(Red Cross Wound Score)

赤十字外傷スコア(RCWS)は骨折と軟部組織外傷の両方を評価することができる。第 4 章に記載したスコアでは、骨折の程度を、単純骨折、孔形成、軽度の粉砕骨折(F1)、重篤な粉砕骨折(F2)に分類している。RCWS は基本的に 2 つ以上の骨片を伴う骨折について扱っているが、F 因子については、デブリドマン後の骨欠損部を評価するものではない。改訂版では骨欠損部に対する評価についても記載がある。

骨欠損症例 A:小さい、非全周性の骨欠損

こうした、ドリル孔型やくぼみ型、また小骨片の欠損のみによる骨折は、適切なデブリドマンを行えば良好な治癒が得られる。軟部組織損傷が軽度であれば、手術を行わず保存的治療を選択すればよい。

D. Rowley / ICRC

写真 22.7.1
脛骨骨折症例(F1 Type A)。本症例では骨欠損を伴わない。骨折部周囲の、損傷を受けた軟部組織を除去したところ、良好な治癒を得た。

ICRC

写真 22.7.2
小児の脛骨骨折症例(F1 Type A)。本症例では骨欠損を認めるが、骨自体の連続性は保たれている。

2. Molde Å, Gray R. Letter to the Editor. Injury 1995; **26**: 131.
3. Robens W, Küsswetter W. Fracture typing to human bone by assault missile trauma. Acta Chir Scand 1982; **508 (Suppl.)**: S223 – S227.

骨欠損症例 B:小範囲の全周性の骨欠損(< 3cm)

このケースでは骨欠損は治癒しないか、骨が短縮する可能性があるが、患者は通常若干の骨の短縮には適応する。損傷を受けた範囲の軟部組織は、デブリドマンを行う。

D. Rowley / ICRC

ICRC

写真 22.8.1- 2
弾丸による全周性骨欠損症例(F2)。Type B の骨欠損を認める。このケースでは骨膜は保たれていることが多く、手術でも骨膜温存に努める。

骨欠損症例 C:広範囲の全周性の骨欠損(> 3cm)

残存する骨膜組織から、多少の仮骨形成が期待できる。経時的にレントゲン撮影を行い、仮骨形成に時間がかかるようであれば、骨移植術を検討する。併存する軟部組織損傷は重篤であり、デブリドマンを要する。

ICRC

D. Rowley / ICRC

写真 22.9.1- 2
重篤な粉砕骨折と、Type C の骨欠損を認める。骨片の多くは遊離しているが、骨膜と連続性を保つものは温存に努める。

骨欠損症例 D:全周性の骨欠損及び骨膜欠損を伴う場合

このケースでは、骨再生能は限られている。骨移植術を行ったとしても、治癒には数か月から数年を要する。治療法は、実際の骨欠損と共に、どの骨が損傷されたか、また最終的な機能障害によって異なる。損傷が重篤である場合は、患肢を温存するか切断するかの選択を迫られることになる(B.5.1 参照)。

ICRC

H. Nasreddine / ICRC

写真 22.10.1- 2
Type D の骨欠損を伴う 2 症例。このケースでは、軟部組織と骨組織の欠損範囲が大きく、たとえ骨移植術を行っても、骨再生はほとんど望めない。

22.4 骨折を伴う戦傷の管理

レントゲンで確認できる骨折像は、外傷の持つ様々な要素の一側面でしかない。「Treat the wound, not the weapon.（傷を治すべし。武器を診るにあらず。）」は戦傷外科治療における有名な格言であるが、これに「Treat the wound, not the X-ray.（傷を治すべし。レントゲンを診るにあらず。）」を付け加えたい（第 3 章 2.1 参照）。骨折治療と機能回復を目指す第一歩は、軟部組織損傷の治療である。さらにいえば、「治癒」とはレントゲン上の骨癒合を指す言葉ではなく、患者が外傷によって失った機能を回復して、初めて「治癒」したといえる。

先人の教えに学ぶ
傷を治療し、傷を治療し、傷を治療し…それから骨折を治療する。

骨折を伴う戦傷のマネージメントには幾つかのステップがある。

1. 汚染創が無菌創となるように、丁寧なデブリドマンを続ける。
2. 骨折部は最初のデブリドマンの際に、最も単純かつ侵襲のかからない方法で整復・固定する。
3. 開放骨折を伴ったきれいな創を、待機的一次閉創によって閉鎖する。
4. 最終的な骨折部の固定は待機的一次閉創の際に決定するが、これは骨折部位、周囲の軟部組織の状態、治療に当たる外科医の技術と経験等、多くの要素によって決まる。
5. 身体機能を良好に回復させるためには理学療法とリハビリテーションが不可欠である。

骨折治療初期における一時的固定は、最初のデブリドマンの際に行う。最終固定は待機的一次閉創の際に行う。

22.4.1 初回デブリドマン

骨折治療に際して外科医がまず注意を払うべきは創傷デブリドマンの方法についてであり、骨折固定の方法ではない。骨の露出を恐れるあまり、軟部組織のデブリドマンが不十分になってはならない。壊死した筋組織や脂肪組織が骨組織の保護や機能回復に寄与することはない。

本書で繰り返し述べてきたように、遊離した皮質骨片は、たとえ大きなものであっても除去すべきである。そうした骨片には血流がない上に、放っておくと感染源になり、さらなる骨破壊を生むだけである。軟部組織と繋がっている骨片は温存する。

先人の教えに学ぶ
骨に対しては徹底的に。
骨膜に対しては愛護的（保存的）に。

外科医は大きな骨片の辺縁をよく観察しなくてはならない。これは、骨片が遊離していないかを確認するためと、鋭利な断端で軟部組織が傷つくことをできるだけ防ぐためである。

・骨片が汚染されていない状態で骨膜が剥がれていたら、切除せずにもとの骨膜下や筋肉の中に戻しておくとよい。
・汚染されているが、骨膜が剥がれていないなら、汚染された辺縁部を掻爬しておく。
・汚染されて骨膜も剥がれている場合は、汚れた皮質骨をリュエルで切除する。さらに、髄腔内を掻爬する。この操作は、血が滲み、しっかりとした骨髄にあたる所まで続ける。

---

4. Adapted from Owens BD, Kragh JF Jr, Macaitis J, Svoboda SJ, Wenke JC. Characterization of extremity wounds in Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom. J Orthop Trauma 2007; 21: 254 – 257.
5. N ikolić D, Jovanović Z, Popović Z, Vulović R, Mladenović M. Primary surgical treatment of war injuries of major joints of the limbs. Injury 1999; 30: 129 – 134.

D. Rowley / ICRC

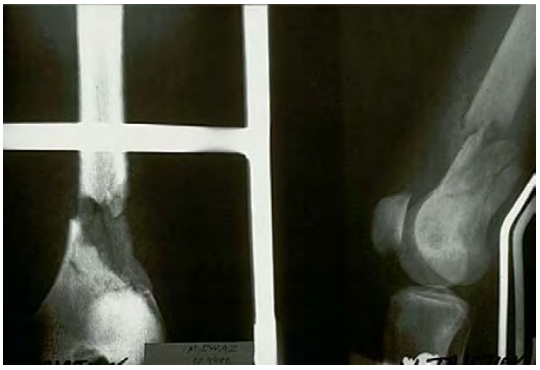
写真 22.11.1
左大腿部に射入創と射出創を認める。

D. Rowley / ICRC

写真 22.11.2
皮質骨の破片。骨膜との繋がりがなかったため、デブリドマンの際に除去した。

D. Rowley / ICRC

写真 22.11.3
デブリドマンの後、直達牽引を行った。負荷を調節して整復している。

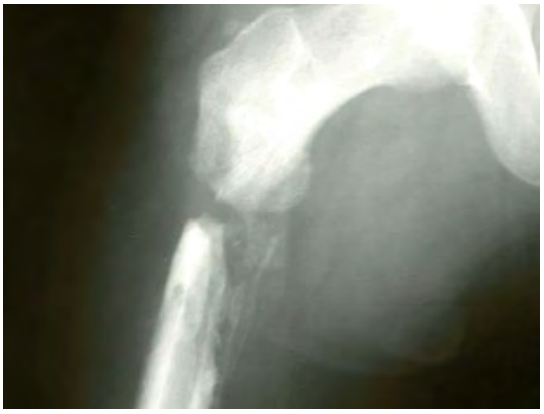


D. Rowley / ICRC

写真 22.11.4
5 週間後のレントゲン写真。正常骨膜部から骨治癒が起こり、仮骨が形成されているのがわかる。

骨新生は骨膜から始まるため、骨膜はできるだけ温存する。なぜなら発射体による創傷では、通常骨膜損傷は限局されており、ほとんどの患者で骨膜の大半は温存可能であるためである。

F. Hekert / ICRC



H. Nasreddine / ICRC

写真 22.12.1-2
デブリドマン後に、正常骨膜断端から骨新生が進んでいる。

低エネルギー弾による銃創症例や、汚染部の除去を行った後の比較的きれいな骨幹端骨折で、遊離した関節内の海綿骨を見ることがある。関節外に飛散した多数の骨片は髄腔内にしっかりとした骨髄組織を確認できる所まで掻爬する。これらの骨幹端骨片は、骨移植時の移植片とよく似ている。

骨断端部に不必要な間隙を作ることを避ける。

骨組織のデブリドマンは難しい。切除し過ぎることは、不十分なデブリドマンと同じくらいよくない。慣れていないと、創部をきれいにしようとして、いたずらに欠損部を広げてしまい、その結果永久的な機能障害を残すこともある。

創部がひどく破壊されていない限り、骨折部を整復し、大きな破片を元の位置に戻し、骨構造の外観を保つことができる。このような整復処置は、初回デブリドマンの際に行うのが理想である。時間が経過すると、骨がしっかり固定されていても、治癒過程で軟部組織が骨断端に癒着してしまうために、整復が難しくなる。

初回デブリドマンの際に、筋組織を授動して骨を覆う必要はない。それは軟部組織をいたずらに傷つけ、ドレナージを不良にするだけである。

最初は一時的な骨固定を行う。初回デブリドマン後、待機的一次閉創(DPC)までの間、ほとんどの骨折は石膏ギプスPOP(plaster of Paris)によるバックスラブか、直達牽引で安定して固定可能である。

最終的な骨折部の固定法の決定は、待機的一次閉創を行う時まで待つことができる。

22.4.2 待機的一次閉創(DPC)

創感染がない場合は、直接縫合や植皮を用いて閉鎖する。深い死腔を伴う小さな創の場合は、直接縫合すると緊張がかかるため、肉芽形成と二次治癒を待つ。症例によっては回転皮弁や、その他の再建手技が必要になる(パート B.11 参照)。皮膚縫合ができない場合には、二次手術の際に周囲の筋肉で骨折部を覆うとよい。脛骨骨折ではこういうケースが多い。

創感染がなければ閉創してもよい。感染を疑う場合は再デブリドマンを行い、開放創とする。

感染創や、明らかな壊死組織が存在する場合には、再デブリドマンを行い、5 日間開放創とする。これは、初回のデブリドマンが不十分であったということを意味する。

次回手術が待機的一次閉創であれ、再デブリドマンであれ、術中に骨と骨膜欠損の程度は再評価しておく。骨膜剥離の状態は、視診や触診で確認できる。よほど重篤な外傷でない限り、ある程度の連続性は保たれていることが多い。骨欠損の分類は、第 22 章 3.4 で述べたパラメーターを用いて行う。分類の結果を確認してから、骨折部の最終固定を行う。

22.5 骨折固定法:外科的治療方針の決定

良好な骨固定のために考慮すべき因子:

- 機能面を考慮する。レントゲン結果が第一ではない
- 合併症が少ない固定法を選択する
- 外科医の技術や経験を考慮して、簡潔、単純な固定法を用いる
- 看護ケアが容易に行えるものにする
- 早期退院に努め、入院期間の短縮を目指す
- 費用

すべての患者や状況に対応できるような骨折固定法はない。基本的な方法としては石膏ギプス(POP)、直達牽引、そして創外固定術があり、それぞれに長所と短所がある(図 22.4-6 参照)。内固定(骨接合術)は戦傷治療としては行うべきではない。外科医は、様々な条件を勘案しつつ、最も適切な方法を選択しなければならない。

・骨折部位と、起こり得る機能障害

・骨折の種類と骨欠損の程度
・軟部組織損傷の範囲と程度
・術後看護ケアの質と、理学療法導入の可否。
しかしながら、おそらく最も大切なことは、外科医の持つ経験と技術であろう。

長所	短所
安価	新しいものの供給が必要
装着が容易 特別な道具を必要としない	かさばる
侵襲が最も少ない方法 他の外科的処置と併用可能	関節が固定される
様々な融通がききやすい 一時的固定にも最終固定にも利用可能	創部への到達が困難 大きな創や熱傷には向かない
骨折の治癒が早い	きつすぎるとターニケットの長期装着に等しい
松葉杖による早期歩行が可能	ゆるすぎると骨癒合しない
早期退院が可能	粉砕骨折では骨短縮と変形治癒がおこりやすい
	衛生的でなく、快適でない（特に暑く高湿度な気候では）

表 22.4　石膏ギプス（Plaster of Paris：POP）の長所と短所

長所	短所
応急処置に適する	良好な看護ケアと理学療法が不可欠 常時、牽引の方向と負荷をモニターする必要がある
他の方法に立ち戻りやすい	専用フレームが必要
骨折の治癒が早い	正しいアラインメントを維持するのが難しいが、閉鎖性骨折でより多く使用される
大腿部前面の処置が容易	大腿部後面の処置が困難
関節を動かすことができる	患者はベッド上で動けない
	戦時下で緊急避難が必要な場合には適さない（トーマススプリント、POP、創外固定が代用される）

表 22.5　直達牽引の長所と短所

長所	短所
創傷処置が可能	侵襲的手技 神経血管束損傷のリスクを伴う 浮腫を起こす可能性がある
フレームでブリッジすることで、患肢と関節損傷部を固定することができる。	よく訓練されたスタッフが必要
患肢の短縮が容認できるなら、骨折部のギャップを少なくできる。	設置に時間を要する
早期関節運動が可能	癒合遅延や癒合不全を起こす可能性がある
早期離床が可能	ピン周囲の感染を起こす可能性がある
早期退院が可能	道具が機械的に複雑
軟部組織治癒後に骨移植が可能	高価
戦時下で緊急退避が可能	患者（民間人）が創外固定を設置されたまま退院した場合、装具を紛失する可能性がある

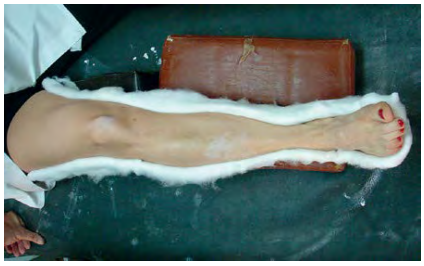
表 22.6　創外固定の長所と短所

骨折の整復・固定を考慮する際、どの骨であるかによって、機能予後に関する重要性が変わることに留意する。下肢の整復に必要なことは安定性と、荷重を支えるために、両下肢が同じ長さになるように調整することである(患肢がわずかに短縮する分には、さほど問題はない)。上肢の場合、多少の短縮や回旋、またわずかに角度がついたまま治癒することは許容範囲である。

戦傷治療において、合併症を避けることは最も大切なことである。戦傷治療に慣れていない外科医が重篤な外傷症例を扱う際には、なおさら気をつけるべきである。外傷治療はシンプルな方法で行うのがよい。固定法の如何によらず、適切な理学療法を行うことが最善の治療となる。早期離床と早期に患肢を動かすことを勧める。

22.5.1 石膏ギプス(POP)

D.Odhiambo Ngota / ICRC



D.Odhiambo Ngota / ICRC

D.Odhiambo Ngota / ICRC

写真 22.13.1-3
POP を用いて作製した下肢用バックスラブ

POP は、下肢の型を取った石膏版で患肢を固定する方法であり、簡易で侵襲がかからない。POP はどんな形にも対応できるため、有用な固定法であり、ぜひ習得すべき方法である。年輩の外科医や整形外科医はこの方法に習熟していることが多いが、今日の臨床ではあまり使われなくなっている。POP の基本的な使い方としては、バックスラブや後方スプリントを作製して用いる方法と、全周性のキャストを巻く方法がある。POP は様々な形に応用が利く。

POP の適応:
・大半の骨折症例に対する初期の一時的固定
・症例によっては、軟部組織の治癒後の最終固定
・神経麻痺のマネージメント目的(第 25 章 8 参照)
・閉鎖性骨折に対する初期治療

多くの骨折症例で、初回デブリドマン後に POP を用いた一時固定が有用である。ただし、大腿骨骨折と、大半の上腕骨固定は例外である。

開放性脛骨骨折で、皮膚創が先に治癒した場合には、POP キャストによる固定が荷重のコントロールに役立つ。また、前腕部骨折の固定にも有用である。この方法の大きな欠点は、骨折部の両端の関節が固定されてしまうことで、主な利点は、骨折部の癒合が早い点である。

POP を用いたスプリント固定は、骨折部の初期固定法として非常に有用である。ただし、大腿骨骨折と、大半の上腕骨骨折には適さない。

POP 固定法の詳細については、付録 22.A に記載する。また、その他の POP 手技については、本書 Volume 2 付属の DVD に収めた。*ICRC physiotherapy reference manual* 内の“*The Plaster of Paris and Limb Traction*”を参照のこと。

22.5.2 牽引

牽引は様々な手法で骨折治療に用いられる。

・体重を利用した牽引法

・皮膚を介してテープを用いて牽引する方法(介達牽引)

・骨に直接ピンを刺入して牽引する方法(直達牽引)

牽引は、大腿骨骨折や上腕骨骨折の治療に有用である。特に整形外科を専門としない医師にとっては行いやすい手段である。手技はシンプルで安全であり、合併症も少ない。外科医か、熟練した理学療法士の指導の下に行うとよい。牽引は侵襲性も少ないため、もし合併症を引き起こしても、他の固定法に変更することができる。

生理学的牽引や機能的牽引も有用である。鎖骨骨折に対しては、三角巾で腕を吊るか、8 の字包帯で固定する。上腕骨骨折に対しては、cuff-and-collar sling を用いて患肢の前腕部を首から吊るとよい(Functional brace 法)。

介達牽引は小児と高齢者の大腿骨骨折の治療に適している。成人の大腿骨骨折の治療に用いる場合は、何かのスプリントを用いて患肢全体を真直ぐに固定する(トーマススプリント等、写真 22.B.9 参照)。

M. Baldan / ICRC

写真 22.14.1
手作りの皮膚牽引装置を用いて大腿骨骨折治療を行っている。

N. Papas / ICRC

写真 22.14.2
梁から両足を吊るギャロー牽引

直達牽引が有効なケース;

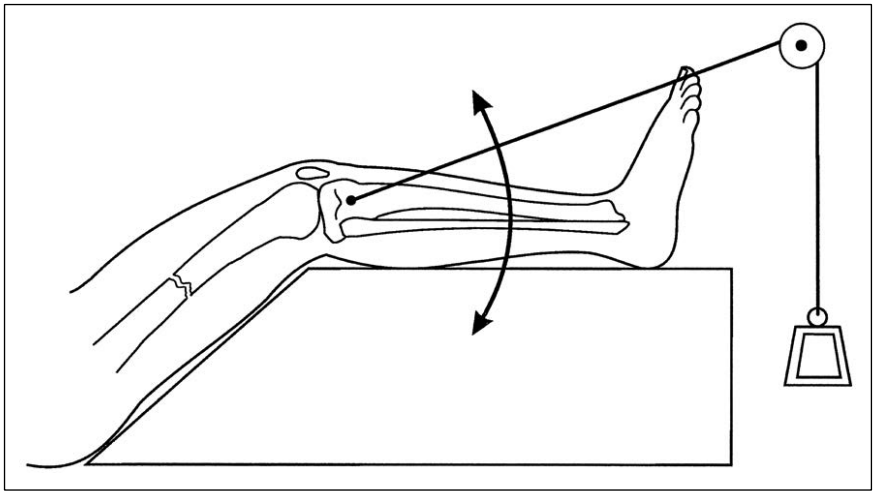
・ほとんどの大腿骨骨折と、いくつかの脛骨骨折及び上腕骨骨折に対する固定

・大腿骨骨折の最終固定

・膝関節に近い部分の脛骨骨折の固定、または肘関節に近い部分の上腕骨骨折の固定

直達牽引は、大腿骨骨折の固定に最も有効である。

直達牽引の牽引力は、重錘から滑車、ピンを介して下肢の長軸方向に伝わる。牽引の方向は滑車の位置によって決まる。



D. Rowley / ICRC

図 22.15
大腿骨骨折症例では脛骨に刺入したピンによって牽引を行う。この際、膝関節がほぼ完全伸展するように重錘を調節する。ピンの位置は、患肢の肢位や膝の動きに関わらず、大腿骨に掛かる力が一定の方向に集約されるように設置される。そのため、下腿部に敷く台の角度によって、膝関節は牽引中も 90°屈曲が可能である(写真 22.B.24 参照)。

V. Sasin / ICRC

J. Stedmon / ICRC

写真 22.16.1-2
手作りの牽引器を用いて直達牽引を行っている。

直達牽引の問題点は、患者に長期臥床を強いることである。従って、看護ケアも理学療法もベッドサイドで行う必要がある。利点は仮骨形成が速いことである。

その他の牽引のテクニックは付録 22.B に記載されている。また本書 Volume 2 に付属の DVD の中の *the Plaster of Paris and Limb Traction-ICRC physiotherapy reference manual* でも触れられている。

22.5.3 創外固定

創外固定の原理は単純で、骨折部の近位側と遠位側に経皮的にピンを打ち込み、フレームを用いて固定する。しかしながらこれは専門家のテクニックを要し、手技的に種々難しい部分がある。多くの外科医は、POP キャストにステインマンピンを打ち込んだり、竹をフレームにしたりして、間に合わせの創外固定を作る。

医療資源が乏しい状況では創外固定の適応は限られている。ICRC の外科医は、治療の時期、創傷の性状、患者の全身状態を考慮して手術の適応を決める。

初回の創傷デブリドマン時

ICRC では、1 回目のデブリドマン時の創外固定の適応は非常に限局しており、以下のいくつかのカテゴリーに分かれる。

1. 重篤な軟部組織損傷のために固定
   - ・血管吻合部の保護(例えば、大腿骨骨折に大腿動脈損傷を合併した場合)
   - ・骨折に広範囲熱傷を合併したもの
2. 骨外傷のために固定
   - ・粉砕骨折症例で、受傷部位が不安定で広範囲にわたる場合。こうした症例では、Type C か大半は Type D の骨欠損を伴うため、創外固定以外の方法では骨折部位を固定することができない。骨の支持組織である軟部組織を広く欠損する場合はなおさらである。もうひとつの例は上腕骨骨折症例で、広範な軟部組織欠損と骨欠損を伴う場合である。

上腕骨の長さは、腕の機能的には絶対的な要素ではないため、骨短縮術の補助として創外固定術を用いる。

・重篤な関節損傷を伴う場合

・骨盤骨折症例で、シーツラッピングによる固定では不十分な場合

3. 患者ケア目的の固定

・片方の下肢を既に失っている患者で、もう片方の足に重度の外傷を受けた場合の固定

・多発外傷症例、または意識不明の場合。創外固定術を行うことで、患者の移動や動作補助などの看護ケアがしやすくなる

ICRCの適応ではないが、軍において安全に患者を搬送するために、患肢に創外固定を行うケースもある。もちろん、トーマススプリントや簡単な石膏ギプス固定で代用してもよい。

待機的一次閉創施行時

創傷部が、さらなる手術治療を要するほど大きく、縫合閉鎖できない場合は、POP バックスラブや直達牽引の代わりに創外固定を行うことがある。こうした処置が必要な症例として以下のものがある。

・創閉鎖に植皮か皮弁形成術を要するもの

・患肢温存のために、繰り返しデブリドマンが必要な場合（第 10 章 8.2 参照）

・感染と不安定な骨折を伴う外傷例。こうした症例は放置されていたり、時間がたってから受診するケースが多く、繰り返しデブリドマンや腐骨除去術を要する

初回のデブリドマンの際に創外固定術を要することはほとんどない。ICRC の外科医による臨床では、その後の外科的治療時の方が、はるかに創外固定術を行うことが多い。

創が閉鎖され、もうそれ以上創処置を行う必要がなくなったら、創外固定器を外して POP キャストや牽引に変更する。骨癒合を促進させるためにも、軟部組織の治癒が確認できたら、できるだけ早く創外固定器を外す。

R. Coupland / ICRC

写真 22.17
創外固定を装着した患者にも植皮は可能である。

併存する軟部組織損傷が治癒すれば、創外固定器はできるだけ早く外す。

安定期における創外固定の適応例

安定期において創外固定を要する症例で、骨損傷に関するものは限られている。

・保存的治療が奏功しなかった場合（例：銃創症例では滅多にないが、大腿骨骨折に対して牽引を行った際に、骨折部に軟部組織が介在してしまった場合など）。
・骨移植術に際しての整復と固定。
・関節固定術を要する場合。
・患肢延長術を要する場合（極めて専門性の高い技術を要する）。

厳しい環境の中では、創外固定術を治療の選択肢に置くことは難しく、それが多くの合併症の原因となることもある。多くの整形外科医は、衛生管理の行き届いた場所でしか働いたことがないため、こうした合併症を目にすることはない。前述のように、特に整形外科を専門としない医師にとって、単純で容易な骨折固定法がいくつもある。さらにいうと、創外固定が初回のデブリドマン時に必要となることは滅多にない。骨折の固定方法よりも、創傷管理の方が重要だからである。

ICRC の格言；「熟練した戦傷外科医ほど、創外固定を行わない」

創外固定術の詳細については、付録 22.C に記載する。

22.5.4 ダメージコントロール手術

ダメージコントロール手術を受けた患者には、病態生理学的に特徴的な変化が見られる。さらに、最近報告された実験結果によると、重篤な軟部組織損傷を受けると、その損傷自体が有害な全身性の炎症反応を誘発することがわかってきた。特に、出血、貧血、壊死や感染、長時間にわたる骨折部操作が影響する。その結果、現在では、広範な軟部組織損傷を合併する骨折外傷の治療方針が変わってきた。初回手術時に骨折固定術を完了してしまうような、「早期完了型」の治療ではなく、数回に分けて処置を行う「段階的治療」が行われている。このため、整形外科医の中には、ダメージコントロール目的での創外固定の使用を内固定と比較して報告している。ただし、ショックを来している症例で、死の三徴候（低体温・アシドーシス・血液凝固異常）を認めるような場合は、POP バックスラブや直達牽引を行う方が、はるかに時間と労力を節約できる。

骨折症例に対する段階的治療の基本方針は、「まず、直ちに一時固定を行うこと。次に、全身状態が落ち着くのを待ってから二次的外傷管理を行うこと。」である[6]。これは、まさに先人らによって培われてきた、戦傷骨外傷に対する伝統的な治療方針である。段階的治療では、まずデブリドマンを行い、次に待機的一次閉創を行う。これは、外傷の重症度や、患者の生理的状態にかかわらず、戦傷骨外傷治療の本質といえる。

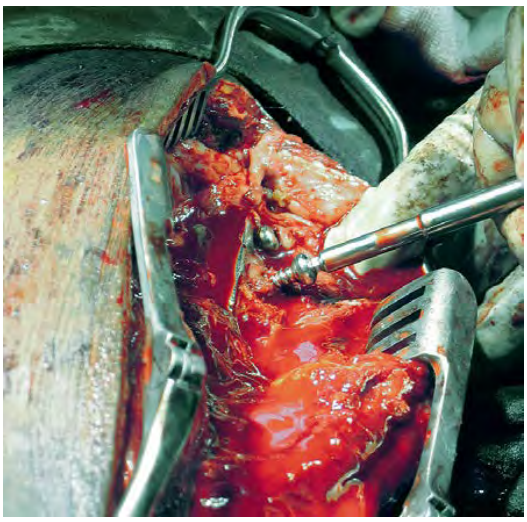
22.5.5 内固定術：骨接合術

戦傷骨外傷の初期治療において、内固定は絶対に行ってはならない。ICRC の医療施設ではもちろんのこと、医療資源の限られた地域や、医療環境の不安定な地域では、内固定を治療の選択肢に置いてはならない。こうした環境下で内固定を行うと、重篤な骨感染を来す可能性が高い。

ベトナム戦争における米軍兵士の治療報告や、アフガニスタン紛争におけるソ連軍兵士の治療報告を見ると、骨折の初期治療として内固定術を行った場合、極めて高い確率（50～80%）で感染を起こしている。内固定術を「禁忌」としている報告もある[7]。

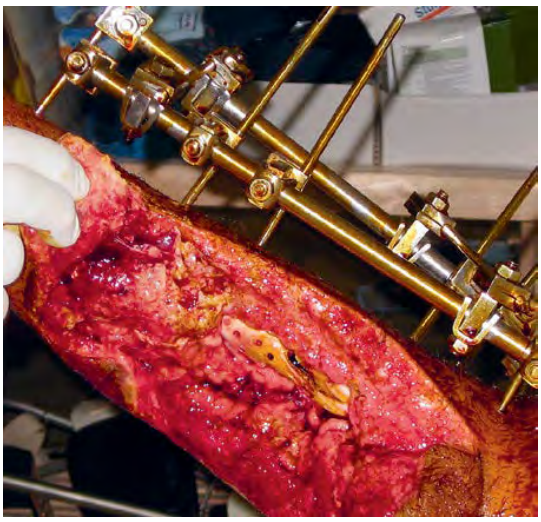
内固定術は、骨折を伴う戦傷の初期治療として行うべきではない。

6. Hildebrand F, Giannoudis P, Krettek C, Pape H-C. Damage control: extremities. Injury 2004; **35**: 678 – 689.
7. Dedushkin VS, Keggi KJ. Orthopaedic aspects of the Afghan War: the Soviet experience. Tech Orthop 1995; **10**: 225 – 230.



F. De Simone / ICRC

写真 22.18.1
創内から膿の流出を認める。内固定プレートとネジを除去しなければならない。



F. Piani / ICRC

写真 22.18.2
デブリドマンの際に、感染した内固定プレートとネジを除去し、創外固定に変更した。

創が全く感染を呈することなく治癒し、専門医や十分な器具を備えた手術室や、高いレベルの看護ケアが行える、そのような先進医療施設への搬送が可能であるならば、二期的治療法として内固定術が奏功するかもしれない。戦傷骨外傷で、10-14 日間の固定を行った後に、上記のような環境下に内固定術へ移行する臨床試験が進行中である。もし創外固定術が行われていた場合には、ピンを除去した後、2 週間の観察期間をおいてから内固定術を行う。しかし、いずれにしても、内固定術はこうした戦傷の初期治療としては相応しくない。

22.6 関節を含む創傷

膝関節と肘関節は手と足に次いで創傷を負うことの多い大関節である。神経血管束に関する外傷は、肩関節、肘関節、股関節、膝関節にしばしば認められる。

軟骨には血管からの直接の血液供給はなく、主な栄養は滑液から供給される。それゆえ無傷で血行の良好な滑膜は損傷された軟骨にとって不可欠なものである。

銃創による関節の損傷は通常明らかであるが、複数の小片による傷ではその判断が困難なこともある。また、長幹骨の骨折線が近傍の関節に及んでいることもある。レントゲンは診断に非常に有用で、関節内の血腫は関節内に及ぶ骨折に特徴的である。

22.6.1 関節部のデブリドマン

関節を貫通する損傷にも骨切除と同様の原則が適応されるが、ひとつの例外は弾丸などの異物の摘出が不可欠という点である。遊離した骨片や軟骨片も摘出する。長管骨の場合はできるだけ骨膜を温存したが、関節滑膜は温存に努める必要はない。手術はエアターニケットを巻いてから行うとよい。ドレーピングは、術中に患肢を動かして視野を展開できるように工夫する。

もし射入創が小さければ、別の切開を加えて関節内の視野を展開する。創が大きければ創部からの洗浄、デブリドマンを行うが、必要に応じて皮切を延長する。射入創をデブリドマンした後、生理食塩水で関節内を洗い、異物や血腫、遊離した骨片や軟骨片を除去する。関節内をすべて洗浄し、損傷組織や異物の残存がないことを確認する。滑膜自体のデブリドマンは最小限にする。

関節周囲や関節面の骨折で、粉砕骨折や骨片の変位を伴うものは治療が難しい。特に戦傷骨外傷において、内固定は禁忌である。大きな骨軟骨の破片は除去せず、元の位置に戻す。関節包によって保持された「bag of bones（骨片のバ

ッグ)」は、偽関節であったとしても、特に早期からの運動を促すことで、関節の適合と有用な機能を取り戻す。運動は軟骨の栄養吸収と骨軟骨片の癒合を促す。感染を認めなければ、これらの小片を元の位置に戻すことは問題ないが、感染を併発した場合には大きな骨片は除去しなければならない。場合によっては関節固定術が適応となることもある。

22.6.2 閉創

比較的軽微で、滑膜の射入創が小さい場合は、吸収糸を用いて縫合する。ドレーンは状況に応じて留置し、可能であれば閉鎖吸引式ドレーンを留置する。閉鎖吸引式ドレーンがない場合は膀胱カテーテルとバッグで代用する。ドレーンは24 時間以内に抜去する。関節包、靭帯、皮膚の外傷は、待機的一次閉創術(DPC)を行うまで開放創のままとしておく。

滑膜を縫合閉鎖できない場合は、周囲の関節包や筋肉を授動して欠損部を被覆する。繰り返すが、軟部組織創はDPC を行うまで開放創のままとしておく。

関節腔は滑膜を縫合閉鎖するか、周囲の軟部組織を用いて被覆する。

創傷部が大きく、汚染が強い場合は、滑膜は開放のままとしておく。関節部は湿ガーゼで覆い、上からさばいたガーゼを置き、弾性包帯で巻いておく。この際にきつく締めすぎないように気をつける。後に、周囲の軟部組織で滑膜を被覆し、DPC を行う。

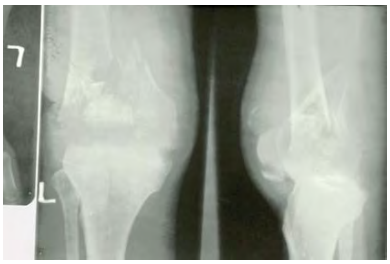
抗生剤を使用した持続洗浄は、感染を励起するだけであり、推奨されない。

22.6.3 関節の固定

初回のデブリドマンの後、大部分の関節は機能的肢位でバックスラブで固定可能である。多くの股関節外傷と、いくつかの膝関節外傷では直達牽引を要する。

2回目の手術の際に、POPバックスラブやPOPキャストによる固定が継続中であれば、一週間後に、関節部を受動的もしくは能動的に、注意深く動かしてみるとよい。症例によっては、関節を跨いだ創外固定や、直達牽引による固定が最もよい方法になる。

E. Winiger / ICRC



E. Winiger / ICRC

E. Winiger / ICRC

写真 22.19.1 - 22.19.3
創外固定を用いて治療された膝の銃創

22.6.4 関節内感染

感染が確認された場合には再手術が必要である。壊死組織のデブリドマンと関節腔内の洗浄を行い、ドレナージのために開創にしておく。軟骨は滑液にさらされているため、抗生物質の点滴投与が必要である。抗生剤を用いた持続洗浄は行わない。時間が経過していたり、放置されていた関節外傷に対しても同様の処置を行うが、感染のコントロールは難しい。

主要な関節部に重篤な感染を合併すると、命に関わることもある。治癒は感染のコントロールにかかっている。 偽関節に対する関節形成術は二期的に行う(第 22 章 6.7 参照)。

22.6.5 腹部、骨盤外傷と股関節

腹部外傷や骨盤外傷を来した症例では、股関節外傷を合併していることがある。その場合は、腸管内容物や尿で関節内が汚染されるため、開腹手術後に関節切開を行い関節内の検索を行う必要性がある。関節内の洗浄、デブリドマンを行い、ドレーンを留置して、直達牽引を行う。大腿骨頭への血流に注意が必要である。

22.6.6 関節固定術

重篤な関節部外傷を来した場合は、痛みと動揺性のために、機能回復が難しい。これらに対処するため、外科的に関節を融合させてしまう方法が有用である。関節固定術を行うかどうかは、軟部組織が完全に治癒し、骨癒合がはかれ、組織欠損の全範囲が判明した後に決める。

関節を切開して開放し、骨刀を用いて残っている軟骨を切断して、相対する骨面同士が接触できるようにする。創外固定器を用いて、関節が適切な位置になるよう調整し、圧迫固定する。骨癒合までにはおよそ 8 週間を要する。より簡便ではあるが、やや調整度で劣る方法として、シリンダーキャスト固定がある。

関節固定術は、安定性が求められる足関節や、膝関節に対しては有用である。また手関節や指関節の治療にも適応がある。しかし肩関節、肘関節、股関節に対する関節固定術は、技術的にも難易度が高く、可能な限り避けるべきである。

22.6.7 偽関節形成術

先進国で設備が整っている場合には、機能の廃絶した関節に対しては、人工関節置換を行うことができるが、そのような医療資源がないところでは、偽関節形成術が最もよい選択肢となる場合がある。これは手術で人為的に偽関節を形成することにより、いくらかの関節可動域を得るという方法である。関節面を完全に切除し、相対する骨端どうしを合わせておく。可及的早期に可動域訓練を開始して関節固定に至らないようにする。

偽関節形成術は、治療の困難な股関節、肩関節、肘関節外傷にとって価値のある治療法で、驚くほどよい成績が得られている。しかし、安定性が重視される膝関節や足関節の治療には適しておらず、こうした部位には関節固定術が好まれる。

22.7 手足の外傷

手の外科と足の外科は整形外科の中でも、さらに専門的な分野であり、一般外科医による通常の治療の原則がこの領域の戦傷外科には通用しない。しかしながら、頻回かつ注意深いデブリドマンによって、期待しているよりも良好な機能回復につながる。対人地雷による足部損傷は特に治療が困難で、しばしば切断の適応となる。

H. Nasreddine / ICRC

写真 22.20.1
手の銃創症例。第 2 中手骨がほぼ全部粉砕されている。

22.7.1 検査

多発外傷症例では、手足の損傷を伴うことが多いが、生命を脅かす他の主要な外傷の治療が優先されるため、その診断治療は後回しとなることが多い。

手足の外傷の診察を行う際には、診断を急ぐべきではない。複雑な構造をもつ手足の評価には、注意深い観察を要する。知覚と運動機能の徹底した検査を行い、軟部組織損傷を伴う場合には腱、神経、血管の評価を明瞭に記録しておくことで、適切な創の診査を行うことができる。

22.7.2 外科的創部診査とデブリドマン

創部の診査は麻酔下に、またターニケット装着下に、手術室で行うべきである。一見浅く見える創でも深部の重要組織の損傷を伴うことがある。洗浄は水と石けんを用いて異物や泥の汚れを落とした後、せいしょく生理食塩水できれいに洗い流す。

手足の重症外傷は繰り返しデブリドマンをすることにより治療するのが最もよい。すなわち、初療では意図的に組織温存に努めたデブリドマンのみを行い、48時間以内に再度手術室でデブリドマンを行なう方法である（第10章8.2参照）。繊細な構造と機能を温存するためには時間と労力を要する。多数の患者が搬入される状況では、そのような個別に時間を消費する治療は行うことができない。

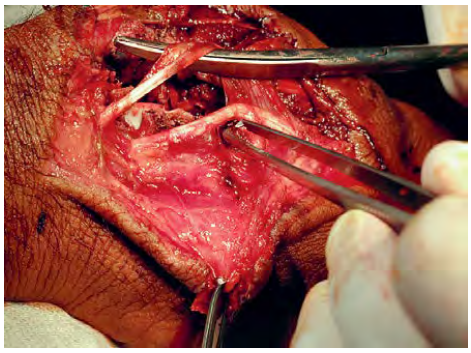

H. Nasreddine / ICRC

写真 22.20.2
繊細かつ注意深く、繰り返しデブリドマンを行う。

手足は比較的軟部組織が少ないが、血行は豊富である。したがって、デブリドマンは控えめに行い、閉創に備えて軟部組織はできるだけ温存しておく。皮膚は辺縁部を最小限トリミングするに留め、生きている部分はすべて温存し、切断した指趾の皮膚片も、植皮に備えて湿ガーゼで保護し、血液保存用の冷蔵庫で保存しておく。

手の切開は皺に沿って行う。筋膜切開（掌側手根靭帯、骨間筋、虫様筋など）を行うと、深部組織へ到達しやすくなる。また、浮腫によるコンパートメント内の圧迫を回避できる。足では中足骨骨頭間の縦切開が最も適切である。

手掌や足底の外傷を扱う際には、背側からアプローチをしないこと。

骨折部には洗浄と掻爬を繰り返し行う。遊離骨片は洗浄によって自然と排出されることが多い。骨片を元の位置に戻し、軸方向をそろえる。手の場合、骨構造を保つために、手指の長さを第2および第4中手骨レベルで調整する。修復困難な損傷を受けた場合のみ手指切断術を行う。

H. Nasreddine / ICRC

写真 22.20.3
きれいな肉芽形成を認める。しかし第 2 指は骨欠損、腱欠損により機能していない。

H. Nasreddine / ICRC

写真 22.20.4
機能の全廃した指の骨を除去し、皮膚は欠損部の被覆に用いる。

H. Nasreddine / ICRC

写真 22.20.5
DPC 後

足部の貫通銃創は、しばしば何度もデブリドマンを繰り返す必要がある。対人地雷による足部損傷では、泥や異物、粉砕骨片による創汚染を認める。こうした外傷は感染を起こしやすく、多数回の手術を要し、最終的に切断に至ることが多い。

重篤な神経損傷や腱損傷では、断端をトリミングし、周囲組織に仮縫合しておくか、結紮してマーキングしておき、手術記録に正確な記載を残しておく。初回手術で修復は行わず、後に感染がないことが確認され、創部が治癒した時点で修復を検討する。

神経損傷は、初回手術では修復しない。糸でマーキングして記録に残しておく。
腱損傷も、初回手術では修復せず、トリミングのみ行う。

処置が終わる前にターニケットを外し、組織の血行を確認する。大きな血管からの出血は結紮し、小さいものは圧迫で止血する。最後に繰り返し洗浄を行う。

創部は縫合せず、さばいたガーゼで保護し、指はスポンジなどを挟んで指間部を広げておく。

22.7.3 固定

手足は挙上し、関節はPOPのバックスラブで固定する。足関節は90度背側に屈曲した状態で固定する。

手に開放創があっても、手掌部に大きめのガーゼをおくことで手の「安全肢位」を保って固定することができる(写真15.13参照)。健常な指は、患指をバディスプリント(訳注:骨折した患指を、隣の健常指とテープで固定する方法)で固定しない限り、自由に動かせるようにしておくことが重要である。指尖部は血行を確認するために必ず露出させておく。

22.7.4 待機的一次閉創術(DPC)

足部の待機的一次閉創術は5日後に行う。手部に関しては血行が良好なため、3〜4日目に行うことが多い。皮膚欠損が大きい場合は、しばしば植皮を要するが、後の拘縮を避けるために全層植皮または有茎皮弁が望ましい。

C. Pacitti / ICRC

C. Pacitti / ICRC

写真 22.21.1-2
腹部の皮膚を用いた有茎皮弁による軟部組織再建。

手部は内固定禁忌の例外で、金属の使用が許される数少ない部位である。キルシュナー鋼線を中手骨や趾骨の固定、また骨移植までの間の橋渡しに用いる。手関節は、軽度背屈したコックアップスプリントやギプスで固定し、2週間後、積極的なリハビリテーションを開始する。

22.8 問題症例

資源の乏しい環境では、外科医は数週間、時には数か月も経過した傷を診ることがよくある。こうした創傷部には、変形治癒、癒合不全、慢性的な骨露出、骨髄炎、などの合併症を伴う。

こうした問題、すなわち整形外科の専門知識や、再建術の知識を要する問題に取り組むためには、多くの診療技術を要する。しかし、熟練した整形外科医の技術をもってしても、手術が奏功しなかったり、状況を悪化させたりすることがあり、保存的治療で相応の回復結果が得られない場合にのみ、手術治療を選択すべきである。またこの際には、外科医の専門知識の有無や、提供できる看護ケアの程度を十分に考慮する必要がある。手術を行う前に、手術以外の代替案がないかをもう一度考えることが大切である。例えば、もし専門医のいる医療施設が近くにあるならば、搬送も検討する。治療法は症例に応じて決めるべきで、患者と家族の同意を十分に得なければならない。

複雑な手技は複雑な合併症を伴う。

22.8.1 変形治癒

F. Hekert / ICRC

写真 22.22
脛骨銃創後の萎縮性偽関節。腓骨により偽関節部の異常可動性はブロックされており、機能的には許容可能である。

どのような固定法を選んだとしても、正しい骨折整復を行うことにより、ほとんどのケースで変形治癒を予防できる。しかしながらしばしば変形治癒してしまった古い骨折がある。問題は、変形の程度を容認できるか、それとも修復を試みるかである。

矯正には再度骨折を作り、症例によっては骨移植をする必要がある。新たに作った骨折部には、適切な骨軸を維持するために創外固定が必要なことが多い。

22.8.2 骨癒合不全

骨癒合不全はしばしばみられる。主な原因は感染で、不適切な手術や、治療されないままに経過した創部でみられる。まずは感染をコントロールすることが重要である。

避けられる原因

軟部組織の介在が原因となっている場合。骨折が新しい場合には骨折部を開創して整復する。

過度な牽引が原因となっている場合。注意深いモニタリングを行い、牽引を正しい重さに調節する。

創外固定の締めつけが強すぎる場合。これによって、しばしば治癒遅延や骨癒合不全が見られる。固定の方法を、荷重をかけられるPOPキャストへ変更することが、簡便かつ有効な手段である。

避けられない原因

創部そのものあるいはデブリドマンが原因で広範囲の骨欠損を認める場合。十分な量の骨膜が残っており、患者の栄養状態がよい場合は、骨膜を欠損部に充填しておくとよい。ただし高齢者や放置された傷を持つ患者の栄養不良は一般的で、これらは栄養状態の改善が必要である。

マネージメント

下肢で3か月間、上肢では2か月間にわたり、レントゲン上で骨癒合が認められない場合、また6か月間で50%以下の骨癒合しか認められない場合は治癒遅延と判断し、骨折部再デブリドマンと骨移植術を行う。

骨移植後には、多くのケースでアラインメントを維持するための創外固定が必要である。骨移植を成功させるためには、創部を清潔に保ち、血流を維持し、血腫を除去しておく必要がある。軟部組織が既に治癒している創環境が理想的である。開放創における骨移植手技(Papineau法)は、感染がなく良好な肉芽形成を認める創に対して行われる。骨移植術の詳細については付録22.E.を参照のこと。

22.8.3 慢性的な骨露出

戦傷における骨外傷で、特に感染を伴う場合には、骨が露出したままになっているケースがよくある。こうした例は、脛骨外傷でよく見られる。下腿前面には軟部組織が少ないことや、血流に乏しいこと、また広範囲で骨膜剥離が生じやすいことが原因である。外来患者の創所見は様々である。滲出液を伴う未治癒の骨折創もあれば、骨膜壊死や腐骨を伴う乾燥した露出骨を診る場合もある。

まず治療すべきは、骨ではなく創傷部である。血流のない組織や、腐骨、異物はすべて除去し、滲出液が溜まらないように、死腔のドレナージを行う。

ICRC の経験

時に患者自身が自分の瘻孔を触って意図せずに腐骨掻爬を行うことがある。朝の回診の際に患者が医師に摘出した骨片を手渡し、その後、創部はすみやかに治癒に至った。

正常に機能する四肢は血行が良好である。筋肉はポンプ作用を持ち、静脈鬱滞や浮腫を予防し、リンパの流れを促進する。リハビリテーションや運動、荷重訓練は、血流の改善と治癒に不可欠である。

もし患者の栄養状態が良好で、創部の感染がコントロールされ、血行がよければ、創傷は自然に治癒に向かう。たとえ創傷部が二次治癒の過程にあったとしても、また受傷から長時間が経過していたとしても、こうした環境は治癒を促進する。

「治癒とは授けるものにあらず、育むものなり。」
P.W.Brown [8]

多くの外科医は、治療を急ぐあまりこの治癒過程を短縮しようと急ぎがちである。すぐに露出している骨を被覆し、軟部組織創を閉じようとする。骨傷部にはドリリングを行い、皮質骨を骨ノミで削り、肉芽形成を促そうとする。その後は植皮である。局所皮弁を形成したり、時には健常側下肢の皮弁を用いた交差有茎筋皮弁の形成術をも行う。治療には複雑な手術や、そのたびごとの麻酔管理を要する。そうした治療が奏功する場合もあるが、往々にして満足のいく結果は得られない。

脛骨の治療では、シンプルな方法で十分な結果を得られるものとして、窓のない POP シリンダーキャストを用いた下肢固定（Orr-Trueta technique）がある [9]。浮腫は既にひいているため、中綿を最小限にして患肢にぴったりとギプスを巻くことができる。ギプスに踵をつけて歩行できるように工夫し、直ちに荷重訓練を開始する。ギプスの下で二次治癒が始まる。6 週間後にギプスを外すと、中綿には壊死して自然脱落した皮質骨が付着している。この方法で、比較的早期の骨癒合と軟部組織治癒が、高い確率で得られる。

22.9 骨感染症

骨感染が骨折治療を複雑にしているケースはよくある。骨折を伴う戦傷患者は、すでに創感染を来していることが多く、これは、搬送が遅れたり、現場で間違った治療を受けていたり、不十分なデブリドマンによって創内に腐骨が残されたままになっていたりするためである。特に抗生物質の使用については、基本原則を守る必要がある。放置された、あるいは不適切な治療を受けた創傷部について、また慢性感染症におけるバイオフィルムの役割についての総論は第 12 章で扱っている。外傷後の慢性骨炎や、慢性骨髄炎のコントロールの難しさを軽視すべきではない。

腐骨が存在している場合には、抗生物質は有効性に乏しい。

多くの紛争国で HIV/AIDS が蔓延している。これによって戦傷患者の感染率が増加し、治療を複雑にしている。言うまでもないが、外科治療を行うかどうかを決定する際には、患者に提供できる総合的管理と医療の程度、特に抗レトロウイルス薬の有無などを考慮する必要がある。すなわち、施設の規模、医療従事者の数と熟練度、治療による生存率などを勘案しなければならない。さもなければ、「瀬戸際」の状態にある患者に、何度も麻酔や手術を受けさせることで、末期的状態に至らしめる結果になる。

8. Brown PW. The fate of exposed bone. Am J Surg 1979; **137**: 464 – 469.
9. H. Winnett Orr (1877～1956)は、第一次世界大戦における米軍の整形外科医で、戦傷に対するギプスによる治療のパイオニアである。Josep Trueta i Raspall (1897～1977)は、このテクニックを改良し、スペイン内戦において広めた。その後、彼は英国に政治亡命し、オックスフォード大学の整形外科教授となり、その指導を通じて第二次世界大戦での骨折の治療に貢献した。この二人は現代の戦傷外科の巨人である。これらのテクニックは、近年E. DehneとA. Sarmientoによって改良され、ICRCの外科医にも使用されている。参考文献を参照のこと。

22.9.1 創傷管理

創傷管理の原則については、本書で繰り返し取り上げているが、これは骨感染治療にも当てはまる。

・外科治療の基本は、異物と壊死組織の除去である。血流のない骨片や慢性感染創のバイオフィルムも除去する。

・抗生物質の投与のみでは骨感染は根治できない。

・初回手術後に感染を認めたら、腐骨の残存を疑う。

> 慢性的な骨感染を根治させるためには、患者の栄養管理と、創傷部の血流維持が最も重要である。

骨折部の固定は重要である。創感染を伴う場合には、創外固定術が最もよいことがしばしばある。この方法は、何度も行わなければならない腐骨除去術や創部ケアのために創部に到達しやすい。

22.9.2 すでに成立した骨感染に対する抗生物質

感染創を有する患者には抗生剤投与を行う。こうした患者は、長い間、傷を放置していたり、前の施設で間違った治療を受けていることが多い。創部のデブリドマンを行うと共に、連鎖球菌感染やクロストリジウム感染を予防するために抗生剤治療が必要である。予防的投与と治療的投与はしっかりと区別しておく必要がある。

しかしながら、いずれにしても抗生物質は外科手術を補うものでしかない。腐骨とバイオフィルムを除去しない限り、これらが血流を阻害するため、抗生物質は感染創に到達しない。ICRCのプロトコルが推奨するペニシリンGとメトロニダゾールの高濃度併用投与は、安全で低価な治療法である。

壊死組織や異物を完全に除去してもなお、膿を伴う感染が遷延する場合には、また初診時から全身性の敗血症徴候を認める場合には、クロキサシリン、メトロニダゾール、ゲンタマイシンによる3剤併用療法が有効である。これは経験的投与法であるが、特に培養検査や感受性検査ができない環境では有用な投与法である。

抗生物質の局所投与に関してはその有効性は証明されていない。抗生物質入りセメントビーズの使用については議論のあるところで、それらは通常資源の限られた状況で使えることはあまりない[10]。

22.9.3 外科治療

本書では、以下の2つの臨床的な状況を区別している。

・放置されたため、あるいは不適切な処置を受けたり、初回デブリドマンが不十分であったために、早期の創感染を認める症例。こうしたケースでは、数回にわたるデブリドマンを要する。治療の詳細については、第12章3で扱っている。

・受傷から数か月または数年が経過した症例。あるいは初回の治療が適切であったにもかかわらず慢性の骨感染がある症例で、慢性骨髄炎などに代表される。通常は完全に骨癒合が得られているが、瘻孔からの滲出液が続いていて腐骨を伴う病巣があり、治癒を得るためには病巣の掻爬が必要である。本項ではこうしたケースを扱う。

F. Plani / ICRC

写真 22.23
古い脛骨の銃創；瘻孔を形成しており、閉鎖と開孔を繰り返している。

22.9.4 患者の準備

低所得国では、慢性的に瘻孔からの排膿を認める患者はたいてい栄養不良である。貧血の有無を確認して、栄養状態の改善に努める。高タンパク食、鉄分、ビタミンの補給に加えて、駆虫薬の内服投与も行う。衛生管理が重要で、皮膚常在菌の量を減らすことが治療に寄与する。シャワーを浴びる際には、患肢全体を石けんとブラシを用いて洗い、しっかりと水で流すことが重要である。

22.9.5 レントゲン撮影

患肢のレントゲン撮影は 2 方向で行う。画質のよいレントゲンが撮れない環境では、X線不透過性のマーカーを使用することが病巣の局在の把握に有用である(第 14 章 4 参照)。瘻孔造影も有用で、骨髄腔内に腐骨がないかどうかを評価できる。時には瘻孔が驚くほど長いことがわかる。

D. Rowley / ICRC

写真 22.24
患者 X:瘻孔造影により腐骨を含む空洞が瘻孔につながっているのがわかる。

瘻孔造影

外科医は自分で瘻孔造影を行わねばならず、またレントゲン技師の協力が必要である。複雑なものは必要なく、通常の X 線撮影カセット、X線プロテクター、50%に薄めた尿路用造影剤、尿管カテーテル(8 または 10Fr)、シリンジ 2 本を用意する。

1. 患者とカセットの位置を正しく調整する。造影剤を入れてからでは調整する時間はない。
2. 瘻孔部を消毒後、カテーテルを数センチ瘻孔内に挿入する。中でバルーンを少し膨らませ、造影剤が逆流しないようにする。
3. 造影剤を皮膚やカセットに漏らさないように、注意深くゆっくりと注入する。
   もし瘻孔部が狭くてカテーテルが入れにくい場合は、針なしのシリンジ先端を孔部に挿入して拡張する。その後、造影剤を漏らさないように注入し、前後方向の撮影を行う。
4. レントゲン像を確認し、十分に撮影できていない場合は造影剤を追加して再度撮影する。瘻孔が明瞭に撮影できたことを確認したら、側面像を撮影する。

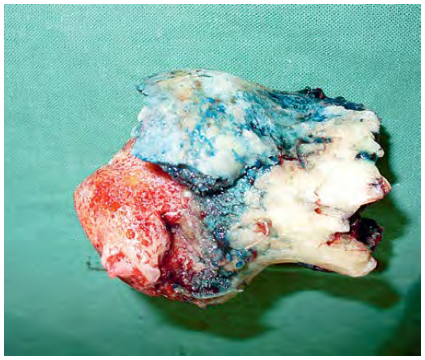
22.9.6 瘻孔の切除

腐骨の除去は単純に鋭匙で瘻孔内を掻爬するだけではなく、深部にある壊死骨を見つけて除去しなければならない。手術は瘻孔造影に基づいて計画する。瘻孔と膿洞はとても小さいことが多い。正確に創を診査するためには、部分治癒している瘻孔に新たな骨切開を加え、再拡大する必要がある。この操作はすべての壊死骨が除去できるまで繰り返し行う。

手術はエアターニケット装着下に行う。メチレンブルーを瘻孔に注入することで、瘻孔と膿洞の関係を把握できる。外科医は周囲の主要血管や神経の走行に、常に気を配らなくてはならない。

写真 22.25.1&2
患者 Y:メチレンブルーを瘻孔に注入する。中足骨の腐骨が染まっているのがわかる。

F. De Simone / ICRC



F. De Simone / ICRC

瘻

孔の切開は、腐骨の存在する膿洞の底部が確認できるまで広げる。可能であれば瘻孔は完全に切除するべきである。瘻孔が関節につながっている場合には関節切開も加える。関節包は最後に縫合する。

D. Rowley / ICRC

写真 22.25.3
患者 X:瘻孔を切除して骨片を除去した。

D. Rowley / ICRC

写真 22.25.4
患者 X:感染が治まった後に、骨癒合を認めた。

創部は開放したまま、肉芽形成を待つ。後に、皮膚移植を検討するか、または二次治癒による自然閉鎖を待つ。

注:

腐骨除去と瘻孔の切除は、常に簡単に行える手技というわけではない。腐骨は瘻孔の最深部にまで散在し、周囲を硬く新しい皮質骨で覆われていることが多い。サイズの異なるノミなど、特別な手術器械が必要となる。脛骨の場合は瘻孔深部に到達しやすいが、大腿骨では難しい。ICRC の外科医は、大腿深部の膿洞掻爬については、急性期で症状を有する場合を除いては推奨しないことが多い。手術手技が難しいことと、腐骨除去術に伴う組織損傷を危惧するためである。

腐骨除去術後も創部からの排膿が持続する場合は、腐骨が残存している可能性があるため、再度腐骨切除術を行う。再掻爬術を行わず、ガーゼ交換や抗生剤の変更を繰り返しているだけでは治癒は得られない。

22.9.7 創部のドレッシングとフォローアップ

瘻孔切除後の空洞創に対する理想的な病棟の包交とは何か。それは、安価で低毒性の抗生剤を用いることと、簡便性が高いことである。例えば、シュガードレッシング法(創部を生理食塩水で洗浄した後に、砂糖を用いて毎日包交する)は有用である。蜂蜜を用いるとさらに効果が高いが、高価でいつも手に入るとは限らない。この方法は、創を清潔に保ち、肉芽形成を促進するのに効果的である。滲出液がなくなったら、包交を 3〜4 日毎に減らせばよい。

いったん感染が治まれば仮骨形成が急速に進む。小さい欠損創では、特に治癒が速い。それゆえ骨移植術は創部の完全治癒を確認しても、その後 4–6 週までは計画しない。

10. 当初、抗生剤入りセメントビーズ治療にはゲンタマイシンが用いられていた。現在では、骨セメント治療として、バンコマイシンとトブラマイシンが用いられており、非常によい治療成績を挙げている。

ICRC の経験

長年 ICRC の要員は、コンゴ民主共和国東部に特有の臨床上の問題について報告してきた。外傷性または血行性の慢性骨髄炎患者の多くが、数か月から数年にわたって入院し、手術を受ける者もいれば、様々な種類の抗生剤投与を受ける者もいた。このような遷延する身体障害と、それに伴う社会的コストによって、患者の家族は多大な負担を強いられてきた。

マネージメントを確認するため、簡単なプロトコルが策定され、David Rowley 教授による ICRC の小冊子、"War Wounds with Fractures"にこれが記載されている。

・周術期における短期間の抗生物質投与
・積極的かつ正確な腐骨除去
・毎日のシュガードレッシング
・栄養状態の改善
・理学療法の早期導入

プロトコル治療を受けた患者 168 人中 71 人に対して、平均 13.7 か月の追跡調査を行った(このような紛争地域では追跡調査が非常に難しい)。これらの患者のうち 36 人(50.7%)に、治療前と比べて優良もしくは良(excellent to good)の機能障害の改善を認めた。また、46 人(63.4%)に、感染状態の改善を認めた。プロトコルは付録 2.D を参照。

22.10 骨移植

軟部組織再建術と同様に骨移植においても基本的な手技がある。これらの手技には、一般外科医が行えるものと、専門医の手に委ねるべきものとがある。

22.10.1 骨移植の適応

1. 骨癒合不全と一次骨欠損

   RCWS による分類では、type C の一部と type D の骨欠損は骨移植を要する。中手骨、脛骨、大腿骨の外傷性骨欠損に対しては、よりよい機能を得るために骨移植が必要である。

   骨移植は施行の時期が重要で、type D では骨移植の必要性は最初から明らかなため、軟部組織が治癒したらすぐに骨移植を行う。骨癒合不全症例では、ある程度の時期が過ぎても十分な骨癒合が得られなければ骨移植術が必要となる。

   骨折断端は、リュエルで、ハバース管からの血液の滲みが確認できる部位までかじっておく。骨折部周囲の瘢痕線維組織はすべて取り除いておく。骨膜はできるだけ温存に努め、骨移植術に備える。

2. 変形治癒の修正

   まず骨折部を露出するが、この操作では治癒過程にある密な線維瘢痕組織に切り込むため、かなりの出血を伴う。次に、骨折部の新生皮質骨を掻爬して、アラインメントを再調整した後に移植骨片を充填する。

3. 骨癒合不全部及び腐骨除去部への感染

   感染は新たな骨癒合不全をもたらす。この感染をコントロールするために大きな腐骨片を除去すると、その部分が大きな欠損部になる。

   感染した骨創の掻爬と、十分な移植骨片の採取には時間がかかる。骨移植術は、骨感染が治まり、軟部組織が完全に治癒してから、少なくとも 6 か月は待つべきである。

22.10.2 採骨部と骨移植の種類

通常は患側の腸骨から海綿骨片を採取する。海綿骨は骨形成を促進する。骨形成には、骨伝導(osteo-conductive:無細胞マトリックスが新成骨の沈着のための足場となる)と骨誘導(osteo-inductive:細胞と基盤が骨形成を促進する増殖因子などの化学物質を産生し伝達する)の両方があり、皮質骨にはこのような作用はない。

皮質骨移植で用いる骨片(海綿骨が皮質骨でサンドイッチされている)も同様に腸骨から採取できる。これらは下顎骨の再建など、より複雑な手術の際に用いられる。

骨移植術の詳細については、付録 22.E 参照。

22.10.3 骨移植後のフォローアップ

骨移植が終了したら、患者は骨形成促進のために徐々に荷重訓練を行う。

レントゲン写真は骨移植の直後に撮影する。術直後のレントゲンの方が、術前のレントゲンよりも、その後の骨濃度の比較のための基準としてよい。骨移植後、最初の 2 週間は何も変化はなく、その後徐々に透過性が高くなる。一方、移植骨片に感染や吸収があった場合は、レントゲン上では骨透過性の低下として認められる。

骨癒合に要する期間には個人差があるため、臨床所見から推測すべきである。しかし数週間経っても骨癒合の傾向がなく、移植骨片の吸収が認められた場合は再移植を行う。

22.10.4 骨移植の合併症

骨移植に伴う合併症は色々あるが、一番多いものは感染である。もし移植海綿骨が感染した場合は、単純に吸収されるだけである。一方、皮質骨片は後に感染源となり得るので、積極的に除去する必要がある。

採骨部感染を疑った場合には、ためらわずに開創して洗浄しなければならない。その後は開創のまま肉芽形成による治癒を待つ。採骨部に出血や血腫を認めた場合も、開創して圧迫止血を行う。

付録 22. A　Plaster-of-Paris (POP：石膏ギプス)

石膏ギプス（POP）を使用した骨固定手技は、シンプルで効果的かつ安価、また、幅広い用途がある。基本的なルールと適応疾患を覚え、また他の手技と同様に、練習と細部まで目を行き届かせる必要がある。POPは、特に資源が限られた地域で働く外科医にとって有用な方法である。

読者は標準的な医学書や、本書Volume 2の付属DVDに収録してあるICRCのパンフレットなど、POPの基本原則について記載されたものを参照するとよい。本項では、ICRCの外科医が、役に立ち、大切であると感じたテーマや手技を紹介する。

一般原則

一般的にPOPによるシーネやキャスト（訳注：全周性のシリンダーギプス）は、骨折部の上下の関節を含んだ固定が必要である。この際に、機能的肢位で固定することが重要である。下肢においては膝屈曲15度、足関節は90度の屈曲で固定する。上肢では肘関節が90度よりもやや屈曲気味に、手に関しては安全肢位での固定がよい。損傷のない指趾は固定せずに、中足指節関節、中手指節関節、指趾節間関節の可動域を維持する。

腫脹は受傷後、または手術後最初の24～48時間で強くなるので、スプリントを固定する包帯は強く巻きすぎないようにする。包帯による強い圧迫は、ターニケット効果をもたらし、循環を阻害する。特に足関節や脛骨の前面においては全層で皮膚壊死を来すことがある。

受傷直後にPOP固定を行う場合には、全周性にキャスト固定をした後に、両側面に長軸方向の割を入れてサンドイッチのような状態にするか、スプリントだけにしておくのが望ましい。キャストだけでなく中に巻いてあるパッドも同じくカットしておく。創の大きさにそぐわないほどの過剰な痛みがある時は、すぐにキャストをカットして患肢の状態を確認すべきである。なお、本項で議論している骨折は、すべて開放性骨折である。全周性のキャスト固定は、腫脹と血腫が軽減するまでは行うべきではない。

22.A.a　器具

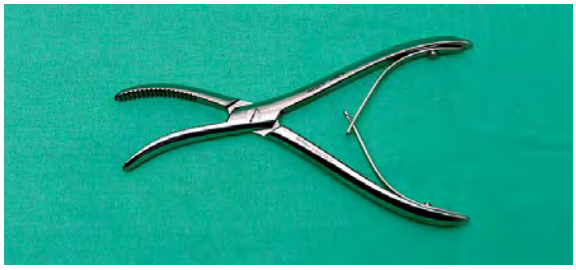
POP固定を行うために必要な基本的器具はシンプルで、容易に手に入れられ、メンテナンスもほとんど必要がない。

T. Gassmann / ICRC

写真 22.A.1　プラスターシェアー

T. Gassmann / ICRC

写真 22.A.2　キャストスプレッダー



T. Gassmann / ICRC

写真 22.A.3　キャストブレーカー

T. Gassmann / ICRC

写真 22.A.4　電動ギプスカッター

1. POP包帯にはいくつかのサイズがある(2.5、10、15、20cm)。POPは湿気に触れると粉々になるので、気密された入れ物で管理されなければならない。使用前のPOPを濡れた手で触ったり、湿ったPOPと一緒に保管してはならない。最近のものは個別に防水性のラッピングがなされている。いくつかの病院では、石膏パウダーとガーゼ包帯を用いて、自分たちでPOPを作っている。
2. ストッキネットを四肢のサイズに合わせて選択する。
3. セルロースパッディングとしても知られているプラスターウール、またはコットンウール(10～15cm幅)。
4. 粘着性または非粘着性のフェルトパッド。
5. POPを補強するためのクラマーワイヤースプリント(Kramer wire splint)、または木板や金属板。これらは、包交を要する傷がある場合に、POPブリッジキャストを作製するためにも用いる。
6. 歩行用踵:市販の製品。代用品として、古いタイヤや木片、プラスターから作った5cm程度の立方体も使用できる。踵の軸は足関節両果の少し前方。
7. ギプス切断用の器械:ギプス刀、ハサミ、シェアー、スプレッダー、メス刃、大きなスクリュードライバーなど。
8. 電動ギプスカッター:これは振動によりギプスを切断するため、皮膚などのやわらかい組織を傷めない。ただし皮膚がギプスに強く圧迫されていたり、血液で固まったガーゼが皮膚に張り付いている場合には皮膚を傷つける恐れがある。また骨の突出した部分にも注意が必要である。ギプスがまだ乾いていない時は使用してはならない。
9. ギプスを巻く際に、5cm幅の滑らかな金属または細いゴム片をキャストの全長にわたり患肢に沿わせて入れておく。ギプスを切断する時に、その部分を切れば、皮膚を傷つける危険性がない。金属やゴムはギプス切断後に引き抜く。

   もしそのようなものが手に入らなければ、一番簡単な方法は手術用メスでギプスを切離し、パッドをシェアーで切るやり方である。

POPを用いた一連の手技は、新しい素材であるファイバーグラス、ポリウレタンなどでも応用できる。

22.A.b 初回の応急固定

創処置後の応急固定法として、POPスプリントは最も有用である。上肢では前腕部骨折、手部の骨折で使用できる。また、スリングを併用してすれば、上腕骨骨折にも使える。下肢では脛骨骨折、足部の骨折で使用する。POPスプリントの固定が唯一適さない長幹骨は、大腿骨である。

ここでは脛骨に対するPOPバックスプリント固定法を紹介する。同じ原則や基本手技が、上肢の骨折にも適応される。バックスプリント固定には2つの簡単な方法がある。1つ目は、幾重にも折り重ねたPOPスラブを後方の臀部の皺の部分から足趾まで当てる方法である。2つ目は、「8の字法」と呼ばれる固定法で、2つのPOPスラブを膝関節や肘関節の背側で交差させるように巻く方法である。この方法は、より少ない材料でより強くて軽いスプリントを作製できる。これらの方法は、この続きの写真で示す。

写真 22.A.5
材料:15cm 幅のギプス包帯、ストッキネット、コットンパッド、ガーゼ、弾性包帯
2つのシーネ(それぞれ8層に重ねたもの)を準備する。長さはそれぞれの患者の四肢の長さ(足趾の先から大転子の直下まで)

T. Gassmann / ICRC

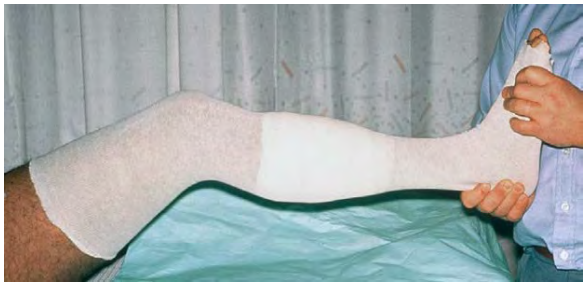

D. Rowley / ICRC

写真 22.A.6
創部のガーゼ保護の上にストッキネットをかぶせる。

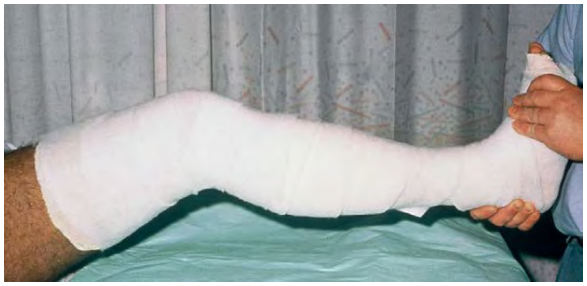

D. Rowley / ICRC

写真 22.A.7
圧迫を受けやすい場所にパッドを巻く：足関節両側果部、踵部、膝蓋骨、腓骨頭など。

D. Rowley / ICRC

写真 22.A.8
まず、湿らせた POP バックスラブを第 5 趾から足底部外側、踵部から下腿部後面に当てがい形を作る。さらに膝窩から大腿部後面の中央あたりまでバックスラブを当てる。

D. Rowley / ICRC

写真 22.A.9
写真のように形を整える。

D. Rowley / ICRC

写真 22.A.10
2 つ目のバックスラブも同様に、第 1 趾から足底部内側を通り、膝窩で最初のバックスラブを越え、大腿部外側まで形を作る。膝窩でスラブを 8 の字型に交差させるのが、軽くて強いバックスラブを作るコツである。

D. Rowley / ICRC

写真 22.A.11
余分なスラブは切除しておく。折り返すと分厚くでこぼこしたスラブになってしまう。

D. Rowley / ICRC

写真 22.A.12
ガーゼまたは弾性包帯を、優しくしっかりと巻いてスラブを固定する。強く締めすぎないように注意。

D. Rowley / ICRC

写真 22.A.13
膝関節を 15 度屈曲させ、回旋しないように POP が固まるまで両手で保持する。膝下に 1L の点滴バッグを置くと良肢位を取りやすい。足関節は尖足を防止するために 90 度の中間位とする。キャストの端は滑らかにして皮膚に食い込まないようにする。下肢は枕の上に挙上し、POP 包帯の上にペンで今後の予定（POP 装着日、創閉鎖の予定日など）を記載する。

特殊な骨折に対する応急スプリント固定

同様のPOPスラブ固定が、他部位の骨折にも使える。詳細については標準的な整形外科テキスト参照。

J. Stedmon / ICRC

写真 22.A.14
肘関節周囲骨折、または前橈尺骨骨折のための上腕POPスラブ：肘は屈曲 90 度よりもやや強め、前腕は中間位、手関節の屈曲は骨折のレベルによる。

ICRC

写真 22.A.15
前腕の単一骨骨折、手関節骨折、手の骨折のための前腕POP スラブ：損傷指は安全肢位でスプリント固定（写真15.13）。損傷していない指はスプリントから外して自由に動かせるようにしておく。

22.A.c 最終固定

DPC後も浮腫が続いている場合、または創部の観察が必要な場合はPOPによる固定を続ける。縫合から約10日目に抜糸のためにスプリントを外した後、シリンダーキャストへ変更する。

骨折部の最終固定にPOPを使用する時は、シリンダーキャスト、ブリッジキャストまたはスパイカキャストとして用いる。この時には腫れがひいているので、必要最低限のパッドをするだけでよいし、これ以上の腫脹は起こらないのでキャストをカットする必要はない。

特殊な例：脛骨の創外固定器は、創部を開放する手術がこれ以上必要なければ可能な限り早期に抜去して、POPシリンダーキャストに変更する。キャストに変更することで荷重訓練を開始でき、これは、骨癒合にも有利に働く。

脛骨の創外固定は軟部組織が治癒したら、可及的早期にシリンダーキャストへ変更する。

一般的に、POPキャストを巻く前には創部の皮膚を洗浄し、乾燥させておく。ギプス包帯は緊張をかけずに転がすように、手前の巻き幅の幅半分程度が重なるように巻いていく。窪みができると後で褥瘡の原因になるため、プラスター包帯は指先ではなく手のひらを使い、形を作りながら巻いていく。

POPによる最終固定法

上下肢ともにシリンダーキャストかスパイカキャストを用いて治療できる。それ以外の利用例を下記に挙げる。

・足部：靴型キャスト。

・脛骨：後方の臀部のしわの部分から足趾までのバックスラブ。

PTBキャスト(Sarmiento patella-tendon-bearing cast)―特殊な歩行用ギプス。

・大腿骨：「Chinese splints」 、または膝関節にヒンジのついたファンクショナルブレースを牽引後に巻く。骨癒合が得られたら松葉杖を使って部分荷重訓練を開始する。

・ヒップスパイカ：軟部組織が治癒して、骨折部が少し癒合してくれば検討する。また、これは6か月以上の乳児に対しても有用であり、ギャロー牽引の代替療法として用いる。

・手部、前腕部：特に一本のみの骨折に対して用いる。

・ショルダースパイカ（胸郭部―上腕部）：肩関節固定術に伴う肩関節硬直や、上腕骨頸部骨折における骨片のアラインメント調整に有用であるが、ショルダースパイカの作製は容易ではない。簡単な代用処置として、アラインメントが保たれているのであれば、肘を屈曲した状態で、肩峰から肘下までPOPバックスラブを当てて、三角巾で支持する方法がある。

スパイカキャストの作成は容易ではない。また、作業には特殊なテーブルが必要であるが、これも現地のあり合わせの材料で自作する必要がある。

H. Nasreddine / ICRC

写真 22.A.16
肩、胸郭―上腕スパイカキャスト ショルダースパイカ（胸郭部―上腕部）：肩は外転位、屈曲、回旋位；肘関節は 90 度屈曲、前腕は完全回外位とする。

ICRC

写真 22.A.17
現地で自転車のサドルとアルミニウムのチューブを利用して作ったヒップスパイカテーブル

D. Odhjambo Ngota / ICRC

写真 22.A.18
現地で作成されたスパイカテーブル

D. Odhjambo Ngota / ICRC

D. Odhjambo Ngota / ICRC

写真 22.A.19&20
ヒップスパイカ：股関節 30°屈曲、10°外旋、膝関節 15°屈曲で固定。

22.A.d 脛骨：Sarmiento 脛骨キャスト[11]

脛骨の固定は、鼠径部から足趾までのロングレッグキャストか、Sarmiento patella-tendon-bearing cast（PTB キャスト）を用いて行う。最初からPTBキャストを装着するよりも、最初の2週間はロングレッグキャストを用い、2週後にPTBキャストに交換して、膝を動かしていく方がよい。

11.Dr Augusto sarmiento,は、マイアミ大学医学部の整形外科医で、骨折の非手術治療と、機能的支持具の専門家

PTBキャストは膝蓋腱、膝蓋骨遠位側、脛骨近位側1/3を型取りして作成する。前方の脛骨顆は丁寧に型合わせし、後方の膝窩部はやや平坦にしておく。

T. Gassmann / ICRC

写真 22.A.21
必要材料:15cm または 20cm のロールギプス5個、10cm のロールギプス2個;パッド2巻、ストッキネット

D. Rowley / ICRC

写真 22.A.22
患者に端座位を取らせる。足先が地面につかないように下垂させることで、重力により自然に長軸が調整され、大腿筋が弛緩する。伸縮性の布地を足先から膝上15cmまで被せる。

D. Rowley / ICRC

写真 22.A.23
ストッキネットの上にパッドを巻く。圧迫されやすい部位は特に注意が必要。

D. Rowley / ICRC

写真 22.A.24
まず初めに、脛骨中央部を POP 包帯で固定する。15cm または 20cm の POP 包帯を用いて巻いていく。

D. Rowley / ICRC

写真 22.A.25
次に脛骨の近位側 1/3 を型取る。両母指で脛骨前面と膝蓋腱の両側を押しながら形を整える。膝窩部は平らにする。

D. Rowley / ICRC

写真 22.A.26
足関節を90度屈曲させ、残ったキャストで型を取る。続いて 10cm のプラスター包帯を 2 つ用いて膝蓋骨上極までの型を取る。

D. Rowley / ICRC

写真 22.A.27
ギプスがまだ乾かないうちにストッキネットを折り返して、膝蓋骨を覆っておく。膝窩部のプラスターは、屈曲皺の 2 横指下側で、90 度屈曲ができるようにトリミングしておく。屈曲時に、キャストの縁が腱に当たらず、大腿顆が覆えていることを確認する。

写真 22.A.28
下腿用キャストの完成図

D. Rowley / ICRC

D. Rowley / ICRC

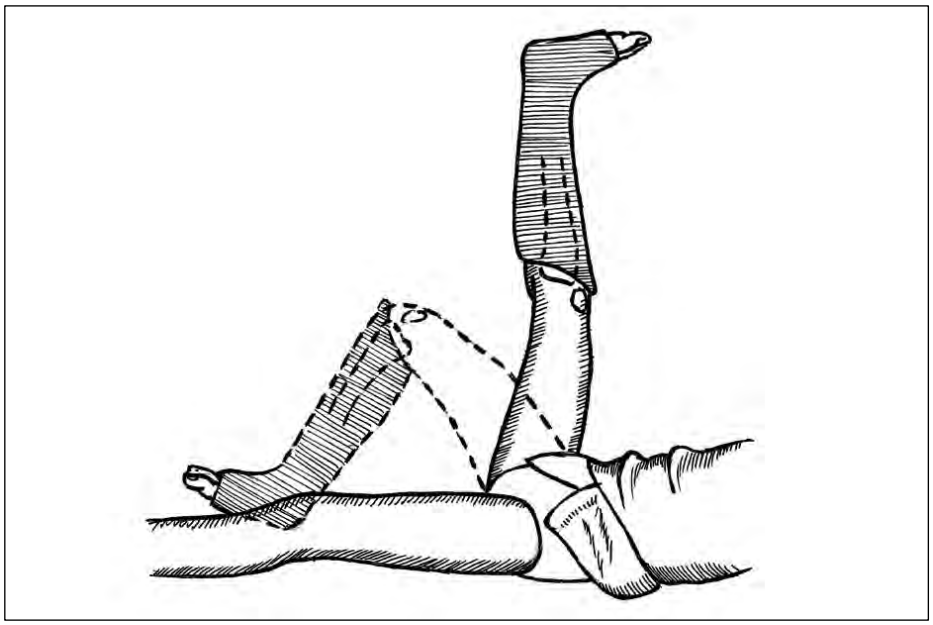
写真 22.A.29
踵は補強する。歩行用踵をつけることもある。

D. Rowley / ICRC

写真 22.A.30
Sarmiento PTB キャスト正面図

D. Rowley / ICRC

写真 22.A.31
Sarmiento PTB キャス側面図。膝は 90 度屈曲と完全伸展が可能でなければならない。



N. Papas / ICRC

図 22.A.32
PTB キャストの原則:
下腿の十分な固定を維持しつつ、膝関節の自由な屈伸運動が可能であること

22.A.e 大腿骨における牽引治療後のサポート

大腿骨骨折に対して直達牽引治療を受けた患者は、その多くが牽引をはずして離床し、松葉杖で歩行し始めたら、その他のサポートを必要としない。しかしながら、中には「Chinese splint」や「蝶番付ブレース」を用いた、肉体的・精神的なサポートを要する患者もいる。

Chinese splint

伝統的な竹のスプリントにちなんで名付けられたこのスプリントは、非常に簡易な固定法である。2枚の真直ぐな石膏のシェルを足に当てて包帯固定する方法である。これは違和感なく軟部組織のサポートができ、わずかな肢位のコントロールができ、運動訓練中に筋収縮に有益な固有感覚をもたらすため、リハビリテーションがより有効になる。Chinese splintsは骨折部が強い荷重に耐え得る時期まで装着しておく。

D. Rowley / ICRC

写真 22.A.33
Chinese splint:
2 枚のスラブを大腿にあわせて型取りする。

D. Rowley / ICRC

写真 22.A.34
スラブを大腿部周囲に包帯で固定する。

D. Odhjambo Ngota / ICRC

写真 22.A.35
大腿部用ヒンジ付きブレース:
現地で作製したヒンジで、膝下 POP シリンダーを大腿のシリンダーに連結した。付録参照

大腿部用ヒンジ付きブレース

これ以外に、膝にヒンジを取り付けた大腿部用キャストがある。2つのヒンジが膝の自然な運動を可能にし、回旋の程度と骨折部の角度をコントロールして、垂直方向の動きを支える。

この固定具は2種類のパーツからなる。:2つの全周性キャストと2つのヒンジである。通常の膝下の歩行用キャストと大腿部を型取ったギプスを作り、膝の両側にヒンジを取り付けてこれらを連結する。軟部組織の型取り部分が最も重要で、キャストはパッドなしで作る。ヒンジは現地で調達するか、アルミニウムかプラスチックで自作する。ヒンジの回転中心は同じ水平面かつ関節のレベルにおく。

22.A.f 開放創に対する最終固定

シリンダーキャストを創部が完全治癒する前に巻くことがある。小さな傷に対してはキャストに小窓を設けて創部の観察をする(写真22.A.36)。しかしながら、軟部組織が腫脹して、開窓部から盛り上がるようになると、窓部の端で皮膚擦れを起こす、いわゆる「window edema」の原因となる。これを防ぐには、窓を開けた際にできたギプス片を元の位置に戻し、腫れが軽減するまで弾性包帯で固定しておく。小さな創の場合はそのまま上からキャストを巻いてしまい、窓は開けず、ガーゼ交換も行わず、そのまま二次治癒を待つ(Orr-Truetaテクニック，第22章8.3参照)。包交が必要な大きな創を伴う場合は、ブリッジキャストを用いるとよい。

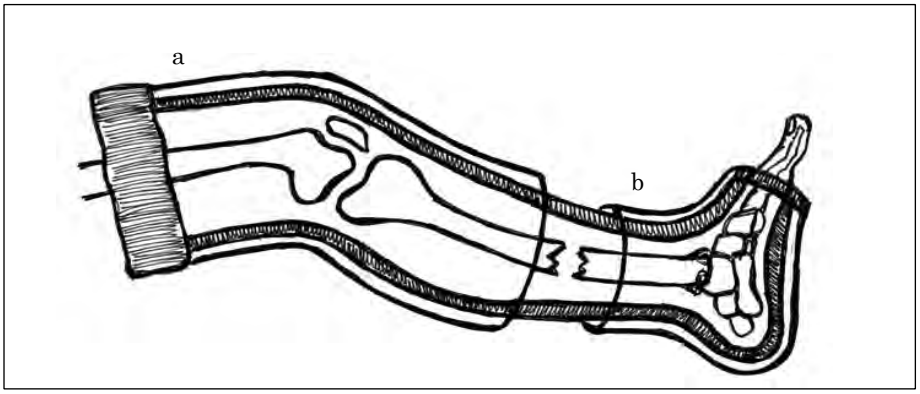
D. Rowley / ICRC

写真 22.A.36
包交のために下腿用キャストに窓が設けられている。「window edema」を認める。創傷の大きさが開窓を置く理由にはならない。

脛骨用ブリッジキャスト

シリンダーキャストのバリエーションとしてブリッジキャストがある。この方法は、骨固定を続けながら包交も行うことができる。安価に創外固定の代用として用いることができる。脛骨に対して最も有用性が高いが、上腕骨や肘関節にも使われる。

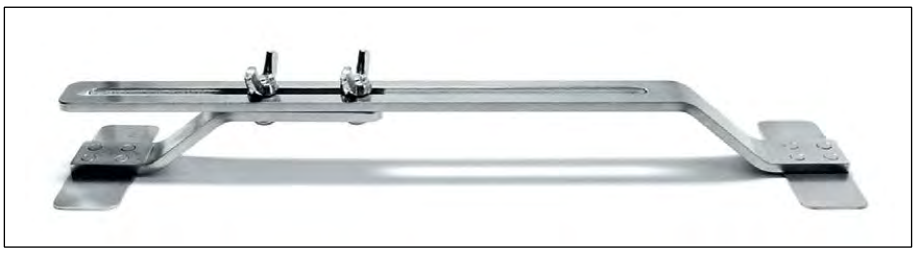
1. 1つ目のキャストは、創傷部の近位側で作成する。膝関節を15度屈曲させ、軽くパッドを巻いた大腿部から、膝、下腿の創傷部上縁までプラスター包帯を巻く。
2. 2つ目のキャストは、創傷部の遠位側で作製する。創傷部下縁から、足関節を90度屈曲させた状態で足先までプラスター包帯を巻く。
3. このように、キャストが上下のパーツに分かれているため、必要であれば、牽引や角度の調節が容易に行える。
4. 上下のキャストは、2つか3つのKramer wireか、金属のバーで連結する。バーはPOP包帯でキャストに巻きつけて固定する。



N. Papas / ICRC

図 22.A.37
ブリッジキャストの構造
a. 上方のキャストを最初に作製する。
b. 次に下方のキャストを作製する。

ICRCの理学療法士であるFernando Vegaは、ブリッジ部分にスライディング機構を取り付けたキャストを現地で作製した。このキャストは、牽引や圧迫が可能で、微調整もできる。ナットやボルトを使って、適当な位置でキャストを固定することもできる。



ICRC

写真 22.A.38
Vega bridge の部品は現地で自作することができる。付録参照

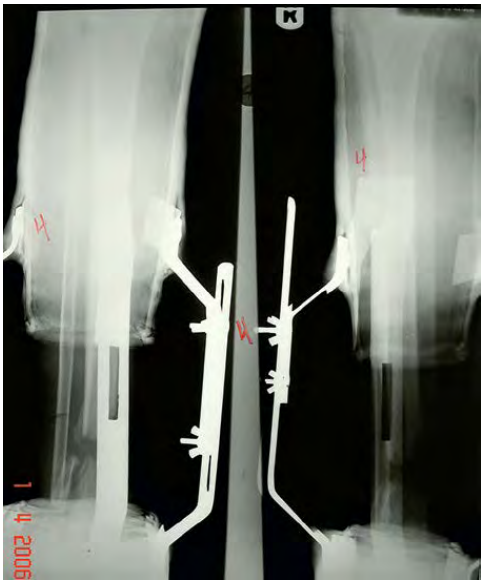
写真 22.A.39-40
包交や植皮を要する創傷に対してブリッジキャストを用いた症例

ICRC

F. De Simone / ICRC

F. Irmay / ICRC

写真 22.A.41
Vega bridge-cast を装着して歩行する患者



ICRC

写真 22.A.42
レントゲン写真で Vega bridge-cast が正しく装着されていることを確認する。

22.A.g POP作製後の患者のマネージメント

初めのうちは、患者が座位や仰臥位をとる際に、POPで固定した患肢を必ず挙上させる。遠位側で循環障害を引き起こすと、コンパートメント症候群や虚血につながるため、患肢の状態は慎重に観察する(B.10参照)。乾いた凝血塊が血流障害を引き起こす圧迫の原因になることもある。痛みやしびれなどの訴えを軽視せず、循環障害を疑った場合はすぐにスプリントキャストを切断して、パッドとガーゼを除去する。それでも改善しない場合は、筋膜切開を行ってすべての筋コンパートメントを開放しなければならない。

末梢循環をチェックする。

キャスト固定をした後、レントゲンを撮影し、アラインメントを確認しなければならない。所見に問題がなければ、その後2週間は毎週レントゲンで確認する。その後は骨癒合まで月に1度の撮影で確認する。骨片が転位している場合は、変形治癒を防ぐためにキャストを外して骨折部を整復し、また新しいキャストを巻く。ただし、レントゲンはあくまでも治療の補助的役割を持つに過ぎない。臨床的骨癒合とは、レントゲン所見上で仮骨形成が確認でき、かつ臨床所見上で治癒傾向が確認できる状態を指す。レントゲン上の骨癒合は臨床的骨癒合よりも時間がかかるため、患者はレントゲン上の骨癒合が確認できるまで荷重訓練を待つ必要はない。

下肢の骨折では荷重が骨癒合を促進するので、患者にはできるだけ早期離床を促して、松葉杖歩行を開始する。運動療法はPOPが完全に乾いてから行う。POPがすべて乾燥するまでには、40時間程かかる。患者は動かすことのできる関

節はすべて動かし、キャスト装着中も筋力を維持するために等尺性運動（訳注：isometric exercise：筋肉の長さを変えないで力を加えることによって筋肉を鍛える運動）を行う。POPキャストを外した後も、能動的、受動的に関節を動かし、筋力トレーニングに努める。積極的に理学療法を行わずして、患肢のリハビリテーションは進まず、その後の運動機能に大きく影響する。

できるだけ早期に患者と関節を動かすこと。また、患者にも自発的な運動訓練を促すこと。

22.A.h　POP固定の合併症

ギプス疾患（Plaster disease）

キャスト固定は、関節の動きを完全に奪うため、必ず関節拘縮や筋力低下、骨萎縮を引き起こす。こうした合併症を減らすために、固定を行っている間にも等尺性運動や早期荷重訓練を続ける。機能的支持装具の利用も効果がある。固定を終えた後も運動療法に努めることで、その後の運動機能の回復も早まる。

変形治癒と骨癒合不全

適切にPOP固定を行えば、変形治癒や骨癒合不全を来すことはない。こうした合併症は未熟な固定手技によって引き起こされる。例えば、骨折の整復が不十分だと変形治癒を来す。また、固定時のパッドが過剰であったり、石膏ギプス包帯の量が足りなかったり、質の悪い石膏を用いた場合には、骨折部が不安定になるため骨癒合不全を来す。

皮膚障害

患者の衛生管理は大切だが、POP固定を用いると創部周囲を洗浄するのが難しい。石膏に覆われた部分の皮膚は乾燥しやすい。はがれ落ちた上皮を洗い流すことができないため、皮膚炎や浸軟、湿疹や感染を起こしやすくなり、さらに落屑しやすくなる。患肢をデブリドマンの前に十分に洗浄し、POPを巻く前にもう一度しっかり洗い流すとよい。2回の皮膚洗浄は効果的で、皮膚障害を完全に防ぐことはできないが、減らすことはできる。キャストを装着したまま患者を退院させ、外来で観察することがあるが、キャストを濡らしたり壊したりして皮膚障害をこしらえて来る場合がある。自宅でのキャストの扱い方や、キャストを装着したままで体の清潔を維持する方法を十分に指導しておく必要がある。

患者が火傷のようなヒリヒリする感覚や、皮膚擦れの感覚を訴えた場合は、皮膚潰瘍を疑う。すぐにキャストを外し、皮膚の処置を施し、再度キャストの固定を行う。骨が突出しやすい部位（踵、足関節果部、腓骨頭、肘頭）では皮膚潰瘍を形成しやすいため、十分にパッドを当てて防止に努めるが、たくさんパッドを当てることで技術が補えるわけではない。かえって固定が不十分になり、骨折部の動揺性が増すことがある。

付録

これらの部品は現地で作られたり、武装紛争中の国内で ICRC がオーダーをして作ることができる。

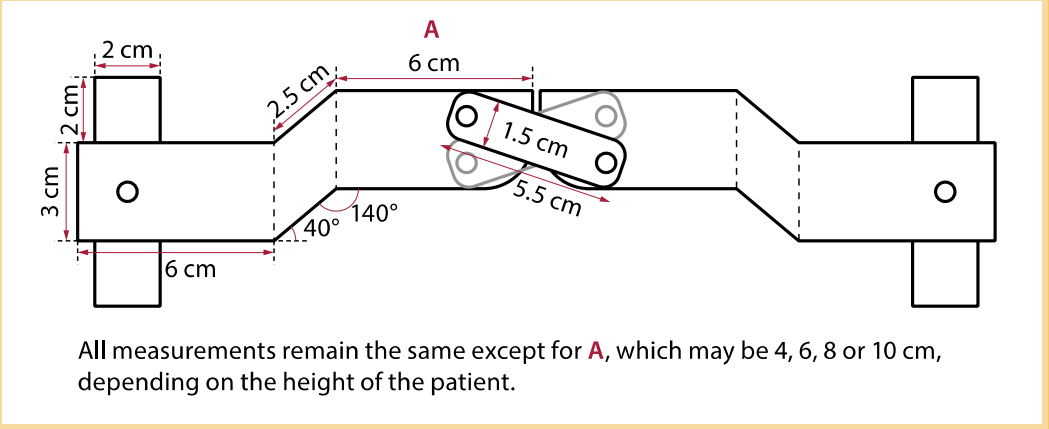


図 22.A.43 多軸式膝継ぎ手

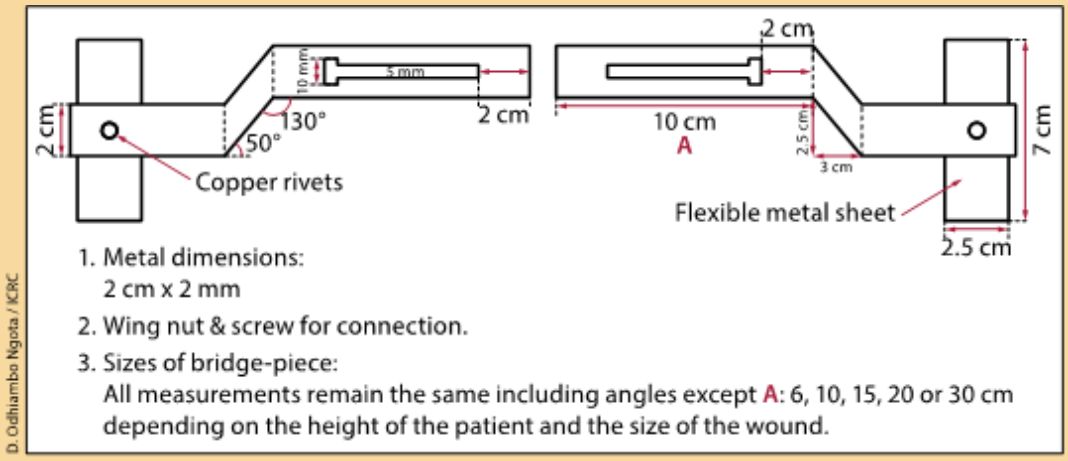


図 22.A.44 Vega bridge-piece

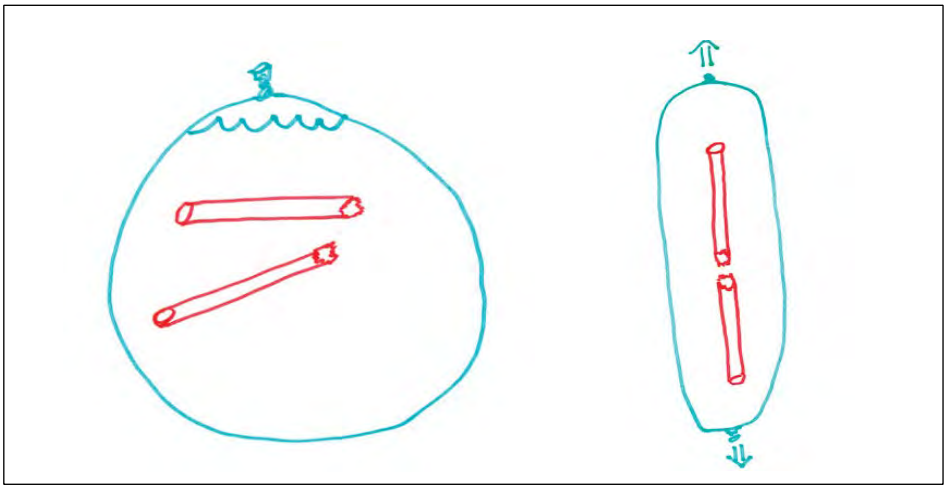
付録22.B　牽引

牽引は昔からある骨折治療法である。上腕骨骨折に対して簡単な吊り包帯を使う方法は大昔からある。トーマススプリントを用いた介達牽引は、第一次世界大戦中の大腿骨骨折に対する標準治療法であった。また、直達牽引が大腿骨骨折の治療法として最も安全かつ簡易な方法であると証明されたのは、第二次世界大戦においてであった。ここで特記すべきは、牽引法が医療従事者ではない人でも簡単に習得できる手技であることと、整形外科の知識を持たない一般の医師、産婦人科医や小児科医でも治療を扱うことができる点である。

牽引には、生理学的牽引、介達牽引、直達牽引など、いくつかの方法がある。

22.B.a 牽引の原則：生体力学的な視点より

牽引治療の基本はリガメントタキシス（ligamentotaxis）の概念である。四肢を軟部組織のシリンダーに見立てる。このシリンダーは牽引により引き延ばされ、その力で骨片が元の位置に整復される。牽引は、仮骨が形成され、長さを維持できる程度の骨癒合が得られるまで続ける。



R. Gosselin

写真 22.B.1
リガメントタキシス（ligamentotaxis）：下肢を硬い骨片を含んだ風船と考える。風船を引っ張ることで骨片が正しい位置に整復される。

リガメントタキシス（ligamentotaxis）：牽引は骨にではなく軟部組織に加える

牽引作用は骨折部周辺の筋収縮作用と相反するため、骨片は骨軸の双方からゆっくりと力を受けながら、徐々に元の位置に整復される。牽引力は、生理学的な力（下肢の重さによる牽引）、テープの粘着力（介達牽引）、骨に刺入したピンを介した力（直達牽引）によって得られる。整復に必要な力の大きさによって牽引方法を選択するとよい。

22.B.b 牽引手技

生理学的牽引

生理学的あるいは機能的牽引は、鎖骨や上腕骨の骨折に用いられる。腕の重みと重力によって軟部組織に囲まれた骨を整復し、固定する。鎖骨骨折の固定には、単純に三角巾で吊るか、8 の字固定で十分である。上腕骨折では、手関節部をアームスリングで吊るとよい。この時に、肘はスリング内に入らないようにして、前腕の遠位部のみが支持されるように

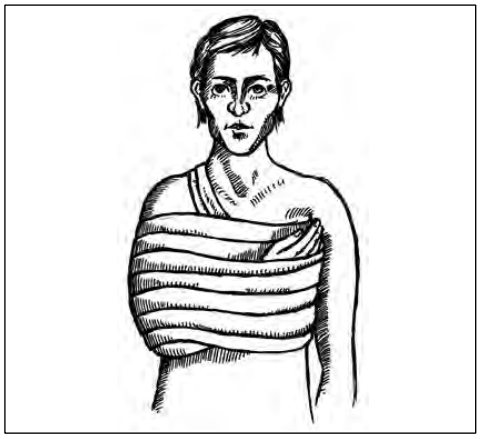
ICRC

写真 22.B.2
上腕骨骨折における生理学的牽引。

する。軽量のPOPバックスラブによる上腕固定を併用してもよい。生理学的牽引は応急固定としても最終固定としても十分に有用な方法である。

図 22.B.3- 4
上腕のストラッピング。

N. Papas / ICRC

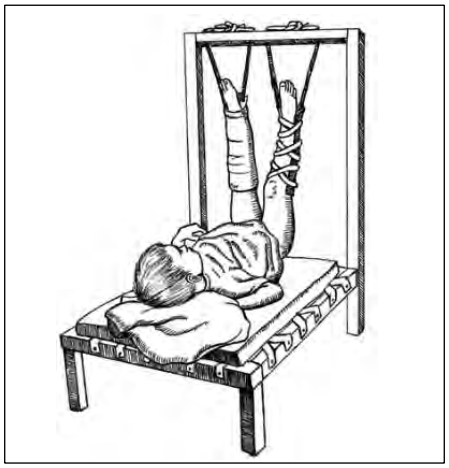

N. Papas / ICRC

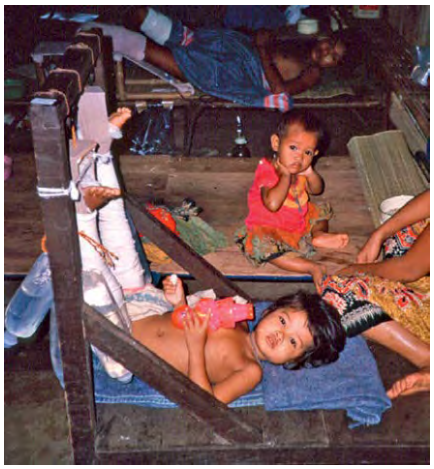
介達牽引

介達牽引は、乳幼児、小児、虚弱な高齢者など、軽量の牽引を要する患者に適応がある。粘着性ストラップを装着する際には、ベンゾインなどを用いて皮脂を落としておく。介達牽引は応急固定と最終固定のどちらにも用いることができる。

体重が12～15kg以下の小児（通常3～4歳以下の子供）の大腿骨骨折症例には、「ギャロー牽引（Gallows traction）」を行う。これは、股関節を90度に屈曲させた状態で両足を吊りあげる牽引法で、排泄や看護ケアも容易に行うことができる（写真22.B.5-6）。年長児や老人にはマットレス上で水平に牽引する「in-line extension」を行う（図22.B.7）。患者の皮膚状態がよければ5kgまでの牽引が可能である。

写真 22.B.5-6
ギャロー牽引(Gallows traction)


N. Papas / ICRC


N. Papas / ICRC

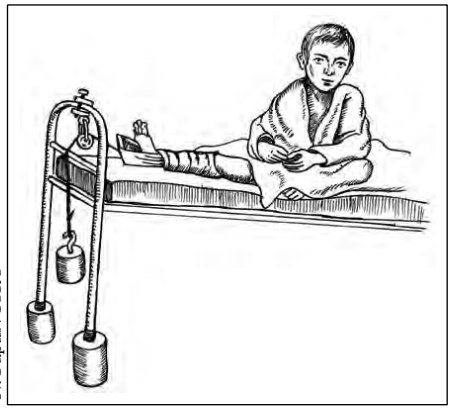

N. Papas / ICRC

図 22.B.7
介達牽引（in-line 法）

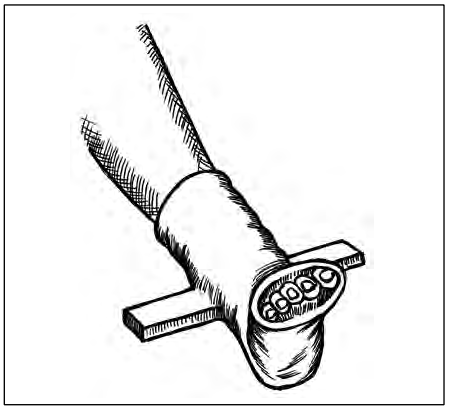

N. Papas / ICRC

図 22.B.8
介達牽引で、回旋予防のために用いる「airplane-wing」

介達牽引は若年者の大腿骨骨折治療にも用いることができる。この場合は、トーマススプリントや、これを現代風に改良した装置を用いることが多い。POP バックスラブと、トーマススプリントの側方のバー周囲にプラスター固定を追加した装置、「Tobruk splint」を作製する。この装置は安価に作製でき、創外固定が行えない場合の患者搬送に有用である。

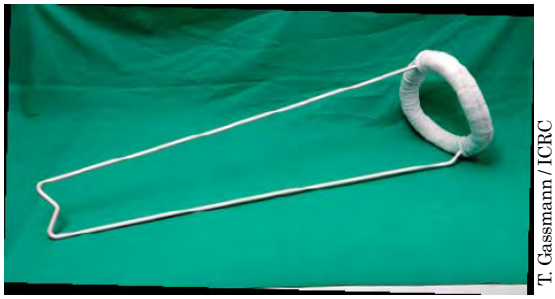

T. Gassmann / ICRC

写真 22.B.9
トーマススプリント

直達牽引

骨に刺入したピンを介して牽引する方法。

直達牽引は以下の症例に適応される。

・大腿骨骨折

・肘周辺の上腕骨遠位部骨折

・脛骨骨折、特に膝関節周辺または遠位側1/3領域の骨折

直達牽引は資源の乏しい環境において、大腿骨骨折の応急固定または最終固定法として最も有用な方法である。下肢はブラウン・ボーラー架台（Braun-Böhler frame）、またはそれに類似した台で支える（外科医や理学療法士の創作性が試される機会である）。必要に応じて創外固定へ変更する。牽引に続いて「Chinese splints」またはPOP 機能的ヒンジ付きブレースに変更してもよい。

22.B.c ピンの刺入法

患肢を洗い、ドレープをかける。ピンの刺入点と対側の出口部分に局所麻酔を行う。デブリドマンを同時に行う場合は、全身麻酔下の処置とする。

ピンは常に危険性の高い側から刺入する。これは神経血管束を損傷しないためである。つまり脛骨では外側から、大腿骨、踵骨、肘頭では内側から刺入する。

大腿骨骨折の牽引を行うために最適なピン刺入部位は、脛骨粗面から2.5cm遠位側、2.5cm背側である。この部位には最小限の筋肉しか付着していないので牽引にかかる力に影響を与えずに膝の屈曲が行える。骨端線の開いている患者に直達牽引を行う場合は、ピンは大腿骨の骨幹端に挿入する。顆部から2.5cm近位前方側に内側から外側へ向けて挿入する(写真22.B.12)。可能であれば膝を屈曲して処置を行う。そうすることで、外側広筋と大腿筋膜張筋は伸展した状態で固定されるので、後に膝関節の伸展がしやすい。もしそうでなければ能動的な屈曲がしにくくなる。以下に脛骨のピン刺入手順を示す。

E. Winiger / ICRC

写真 22.B.10
脛骨に刺入したステイマンピン。外側から内側へ刺入する。

1. 下腿外側のピン刺入予定部に1.5cmの皮切を加える。
2. 前外側コンパートメントの筋束を鉗子で丁寧に開排し、脛骨表面を露出する。これにより総腓骨神経の損傷を避けることができる。
3. 3.2mmのハンドドリルで、外側から内側に軟部組織を保護しながら挿入。下肢は自然と内方へ回転するのでそれに対抗するようにドリルホールはやや外旋させて入れる。ドリリングは3.2mm径のハンドドリルを用いて行う。軟部組織を保護しながら、脛骨の外側から内側へ向けてピンを刺入する。放っ

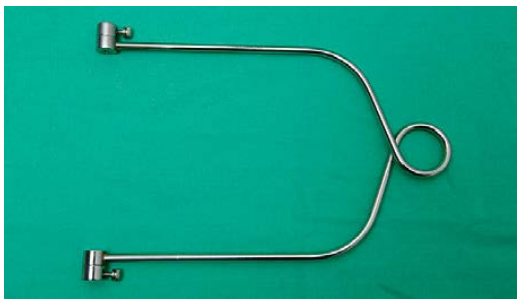

T. Gassmann / ICRC

写真 22.B.11
ボーラーステイマンあぶみ
（Böhler-Steinmann stirrup）

ておくと下肢は自然と内方へ回転するため、しっかりと水平に固定しながらピンを刺入することが重要である。ドリリングはゆっくりと丁寧に行う。急ぎすぎると熱と圧を生じるため骨に熱損傷を来し、後で感染の原因となる。電動ドリルの使用は避けるべきである。

4. 4～5mmのステイマンピンまたはデンハムピンを、ハンドチャックかT型のハンドルに装着し、あらかじめドリリングしていた穴に挿入する。
5. 内側の皮下にピン先が見えたら出口部分に皮切を加える。もしピンの周辺に緊張がみられたら皮切を延長する。皮切部は縫合しない。
6. 弓状のフレームかあぶみをピンの両端に装着する。ピンが骨内で回転しないように、あぶみの軸受部に油を差して、接続部がスムーズに回転するようにしておく。ピンが回転すると固定が緩み、骨感染の原因になる。
7. コルクや空のバイアルでピンガードを作る。患者や医療者が怪我をしないように、ピン先をコルクやバイアルのゴム栓部分に押し込んでおく。消毒液に浸したガーゼを刺入部と出口部分に巻き付けて、患者にピンが刺さらないように包帯で保護しておく。

H. Nasreddine / ICRC

写真 22.B.12
大腿骨骨幹端部に刺入した牽引ピンに、ピンガードとして空の薬品バイアルを被せている。

ピンと皮膚の接触部に、圧痛や硬結や炎症がないかを毎日確認する。滲出液で乾燥したガーゼがピンや皮膚にくっつかないように気をつける。汚れていなければ包交は2～3日ごとに行えばよい。ピンと皮膚の接触部を生理食塩水や薄めた消毒液で拭き、清潔を保つ。痂皮はピン周囲の滲出液のドレナージを妨げるため、こまめに除去する。

ピンの刺入操作に電動ドリルやハンマーは使用しない。

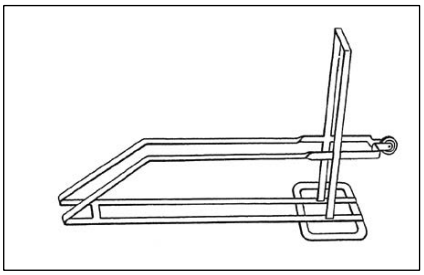
注:

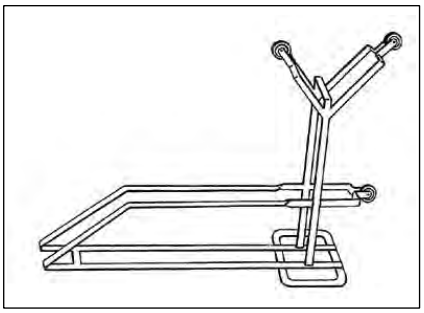
直達牽引に用いるピンには2種類ある。ステインマンピンはネジがついていないため、強いが骨内でスライドしやすい。デンハムピンはネジがついているため、ずれることはない。デンハムピンを用いる時は、抜去時に回しながら抜くことを忘れないように、カラーマーキングしておくとよい。資源の乏しい環境ではピンは再利用されるため、先端は常に尖らせておく必要がある。

22.B.d 大腿骨牽引のマネージメント

戦傷による大腿骨骨折では、損傷を受けた骨折部周囲の筋組織が、広範にデブリドマンされる。その結果、骨折部周囲では軟部組織が大きく欠損した状態になる。局所の筋量が減ると、骨折端を近位側または遠位側に引く力が弱まるため、こうした骨折では牽引治療が容易に行える。通常の鈍的外傷と比べると、骨折部に筋組織が介在する例も比較的少ない。また、通常の鈍的外傷では大腿骨の骨膜が剝がれることが多いが、銃創では骨膜剥離は限局されており、ほとんどが保たれている。うまく治療された戦傷骨外傷は、通常の骨折と比べて骨癒合も早い。

大腿骨の牽引は、原則として体重10kgに対して1kgから開始する。最初のうちは、筋肉は牽引に抗して収縮するが、数日かけて徐々に弛緩する。その結果、牽引量を短期間のうちに減らすことができる。過剰な牽引によって骨折端どうしが開かないように、骨折部の状態はこまめに確認する。


ICRC


ICRC

ICRC

図 22.B.13 –15
ICRC の理学療法士が作製したブラウン・ボーラー架台

患者が牽引に引きずられてベッドからずり落ちないように、抗力をかけておく必要がある。ベッドの足側を少し上げておくとよい。これは皮膚擦れに伴う褥瘡の防止にも役立つ。

牽引中の足の肢位

どのような骨折でも、骨折部を境に近位側と遠位側には異なる力がかかる。近位側の骨は付着する筋肉の収縮力による影響を受け、遠位側の骨は、固定されていなければ重力の影響を受ける。牽引治療を成功させるためには、双方の骨軸を同じ方向に合わせ、それを維持しなければならない。

ブラウン・ボーラー架台（Braun-Böhler frame）は大腿骨の遠位側2/3領域の骨折治療に最も適している。患肢を正しい骨軸方向に牽引できるよう滑車の位置を調整し、牽引ヒモの位置を決める。フレームを用いて下肢を挙上し、滑車の位置を調整するために大腿の下にパッドを置く。スポンジパッドは用途が広く、安価で洗浄もでき、有用性が高い。大腿骨骨折では後方の落ち込みがよく見られるため、これを修正する。大腿部分のフレームの長さは、患者の身長や患肢の長さを見て調節する。

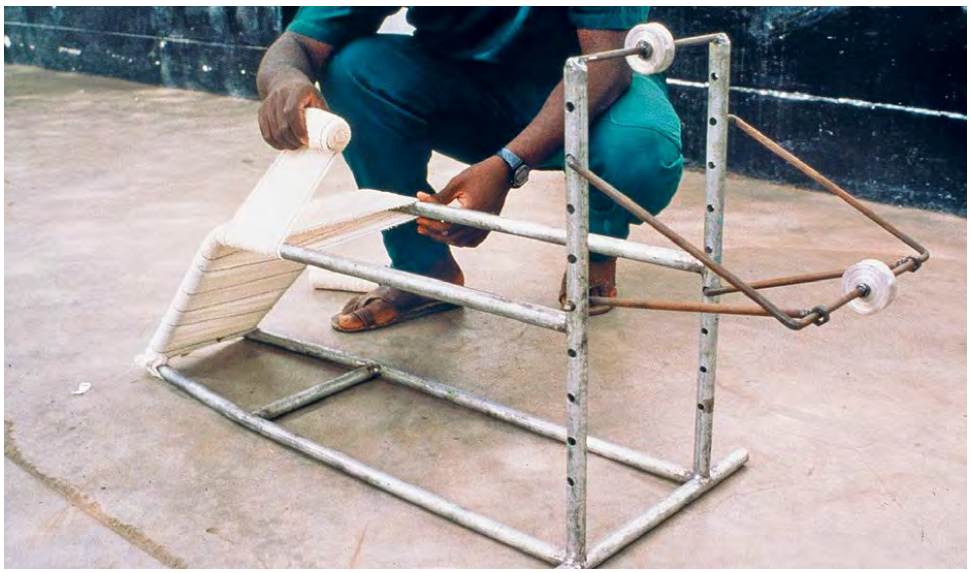
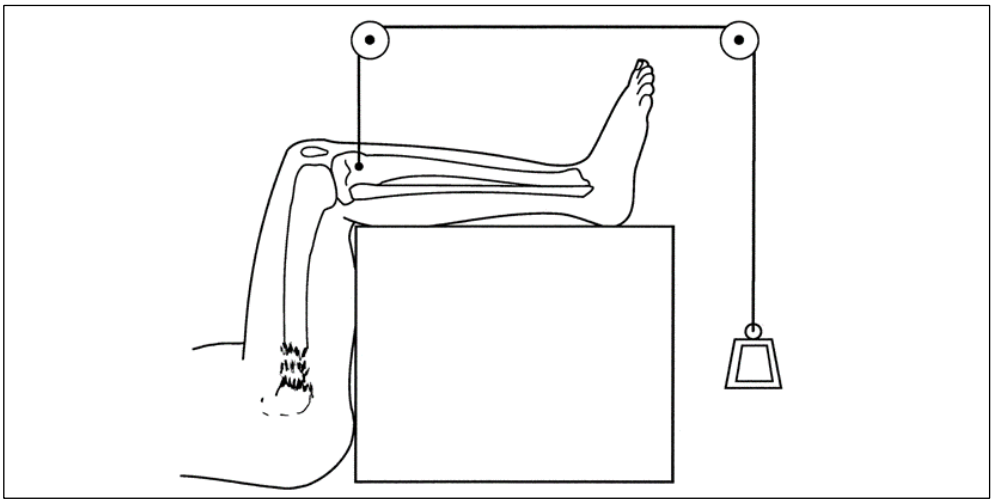

ICRC

写真 22.B.16
ブラウン・ボーラー架台の作製

V. Sasin / ICRC

写真 22.B.17
直達牽引中の患者

ブラウン・ボーラー架台は大腿骨近位1/3領域の骨折治療には適していない。この領域の大腿骨骨折では、近位側の骨が腸腰筋と臀筋の影響を強く受けるため、股関節が屈曲・外転しやすい。遠位側の骨と屈曲した近位側の骨の軸を揃えるためには、図22.B.18に示すように両股関節と両膝関節をそれぞれ90度に屈曲させて牽引する。つまり、腸腰筋と臀筋の影響を最小限にする工夫が必要である。この方法では、牽引期間が4-6週と短くてすむ。また、通常の牽引法に戻した際に、股関節と膝関節を簡単に動かすことができる。この方法は、特に大腿骨の閉鎖性骨折に対して有効である。銃創に伴う骨損傷に対してはあまり用いず、通常のブラウンボーラー架台を使用し、十分な牽引が得られなければこの方法に変更する。



D. Rowley / ICRC

図 22.B.18
大腿骨近位部骨折用の牽引フレーム。滑車を組み合わせた構造に改良してある。股関節を 90 度に屈曲させて牽引することで、遠位側骨と近位側骨の軸方向を同じにする。また、膝関節を 90 度屈曲させることで関節を自由に動かすことができる。

D. Cooke / ICRC

写真 22.B.19
大腿骨近位部骨折の牽引治療。ブラウン・ボーラー架台を改良した牽引器を用いている。

患者のモニタリングと看護ケア

牽引患者の管理は重要である。献身的な看護と理学療法士によるサポートが欠かせない。有意義な牽引管理を行うためには、個々のスタッフが、どんな牽引がどういう結果をもたらすかを熟知していなければならない。

「牽引病棟」を作るのはひとつの方法であり、ICRCの病院ではよく取り入れられている。ポータブルのレントゲン撮影装置があれば理想的だが、なくても、キャスター付きベッドや、牽引装置を取り付けられるベッドがあれば、患者をベッドごと撮影室へ連れて行くことができる。牽引病棟はレントゲン撮影室から近い方がよい。搬送にも便利で、患肢の位置も変えなくてよい。レントゲン撮影ができない施設や、あまりにも面倒な場合には、骨折部の触診や臨床所見による観察を続ける。

ICRC

写真 22.B.20
ICRC の牽引病棟

I. Macala / ICRC

写真 22.B.21
患者の肢位と牽引の調整。

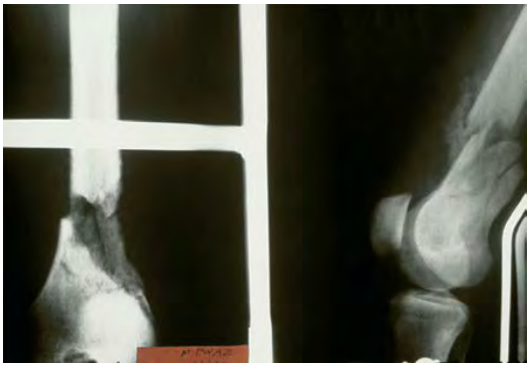
牽引を始めて最初の2週間は、患者の体位と肢位を一日に何度も確認する。この時期は骨軸が容易に変わるためである。患肢全体の軸（アラインメント）評価は、必ず患者の足元に立って行う。鼠径部中央、膝関節、足関節、第2趾が同一直線上になければならない。

レントゲン撮影は、牽引開始から24時間以内に撮影し、その所見を治療評価の基準とする。初めの3週間は週に1度の撮影を行う。正しい整復はできる限り早い時期に行わなければならない。時間が経つと創傷部が治癒するため、軟部組織が骨片に癒着して整復を妨げる。牽引開始から1週間が経過すると、牽引に抗する筋収縮作用が弱

まるため、レントゲン所見から骨軸が適切に整復されているかどうかを評価できる。整復できていない場合は、錘の量を増やすか、いったん牽引を外して患肢の下にパッドを敷き、再度牽引する。肢位の調整と確認は、納得のいく結果が得られるまで何度も繰り返す。牽引から1か月を経過すれば、あとは骨癒合までの間、月に一度のレントゲン撮影で評価すればよい。

D. Rowley / ICRC

写真 22.B.22
デブリドマン後のレントゲン所見。骨折端が過剰に延長されているのがわかる。



D. Rowley / ICRC

写真 22.B.23
牽引の強さを調整した。5 週間後の所見では正しいアラインメントで、良好な仮骨形成が見られる。

レントゲン所見で整復の状態を確認する。骨癒合の程度は毎週の臨床所見から判断する。すなわち、一時的に錘を外して骨折部を触診したり、圧迫したりして評価する。

ピン刺入部を清潔に保つことは看護ケアの基本である。皮膚と皮下の状態にも注意をはらう。こうしたことのすべてが、牽引の管理において不可欠である。

関節の運動訓練

早期から筋力維持のトレーニングや、関節の可動訓練を行うことが重要である。牽引開始から1週間が経過したら、患者の状態を見ながら、できるだけ早く関節可動訓練を始める。訓練は一時的に錘を外して行うが、軟部組織損傷が大きい場合には、理学療法は痛みの原因になり、かえって治癒を妨げる結果になる。

有効な理学療法は、十分な鎮痛コントロールによって成し得る。

ICRC

写真 22.B.24
牽引治療中の患者の関節運動訓練。

床上での運動訓練

牽引は長期臥床を要するため、褥瘡を作らないように、床上でも身体を動かすようにさせる。同時に患肢の骨軸がずれないように気をつける。ベッドの足側を少し挙上して、ベッドからずり落ちるのを防ぎ、ベッドシーツにできるだけ皺ができないようにする。

頭上のリングやバー、またベッドの足元に設置されている紐は、患者が自力で体を浮かせたり、便器を用いたり、また体圧を和らげるために姿勢を変えるのに役立つ。牽引開始から数日たてば、患者は身体を起こすことができる。床上の運動訓練の一環として、患者は頭上のバーにつかまってベッドから身体を浮かせる練習を行う。

牽引終了と離床開始の時期

レントゲン上の骨癒合は、常に臨床的骨癒合よりも後に確認される。また、レントゲン所見だけで治療方針を決定してはならない。

患者を離床させるのに、レントゲン上の完全骨癒合を待つ必要性はない。

通常牽引開始から4～5週間経過すると、骨折部がしっかりしてくるので、そうなったらすぐに牽引をはずし、患者を離床させる。臨床的に骨癒合するのを待つ必要はない。牽引をはずす時期は臨床所見のみで決めればよく、レントゲンは仮骨形成の程度を確認するだけである。

診察手順は、まず重錘を一時的に外し、患肢が一体として動くかどうかを回旋させて確かめる。次に、患肢を介助下に挙上して痛みがないことを確認する。そして、骨折部を優しく触診して、仮骨形成ができていることを確認する。触診の際には軽く圧をかけたり、曲げてみるとよい。

最後に患者に自力で患肢を挙上させてみる。もし痛みを訴えることなく動作を行えれば、臨床的に骨癒合を認めると判断し、牽引を終了する。レントゲン撮影装置のない施設では、こうした丁寧な診察によって治療評価を行う。

D. Rowley / ICRC

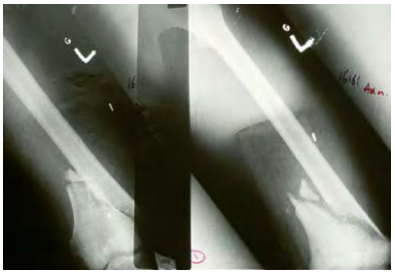


写真 22.B.25
左大腿部の銃創症例。デブリドマン前のレントゲン所見。遊離骨片を認める。

D. Rowley / ICRC

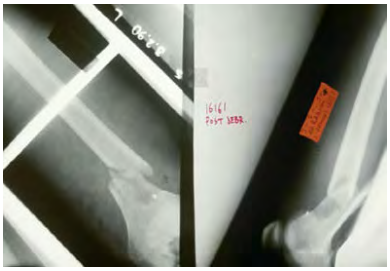


写真 22.B.26
デブリドマン後のレントゲン。

D. Rowley / ICRC

写真 22.B.27
5 週間後のレントゲン：。良好な骨形成がみられ、牽引を中止した。

患者は牽引終了後、1週間は床上で生活する。その間に関節を動かし筋力をつける。ベッドの脇に腰を掛け、膝を90度まで曲げて（ブラウン・ボーラー架台では30度まで）重力に抵抗した運動を行って大腿四頭筋の筋力を鍛える。筋肉の緊張が戻ったら、杖を使用してベッドから離床する。この段階ではまだ荷重はかけず、原則患肢を地面につけないようにして歩くが、実際には多少は荷重がかかる。しかし、そのことはさほど気にしなくてよい。痛みがあれば、患肢に過度の荷重がかかることはない。患者に自信がついてくると少しずつ荷重量も増えてくる。それに伴い痛みも軽減し、骨癒合も進む。

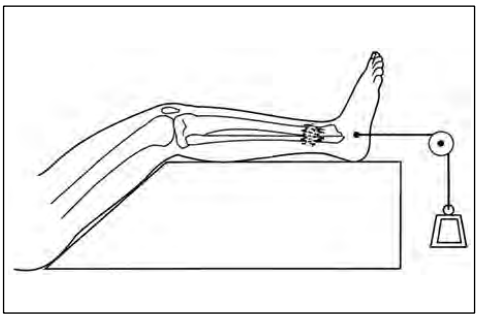
骨折によっては、POP固定によるサポートが必要なこともある。例えば、横骨骨折症例で、形成された仮骨が小さく脆弱な場合などである。こうしたケースでは、「Chinese splint」や、ファンクショナルブレースが有用である。可動訓練を早期に行う場合は、何かしらの外からのサポートを要することが多い。

22.B.e 脛骨の直達牽引

径3mmのステインマンピンを踵骨に刺入する。刺入部は内果の2.5cm下方とする。後脛骨動脈を損傷しないように、軟部組織をモスキートペアンで鈍的に剥離しておく。踵骨に感染を起こすと治療が難しいため、ピン刺入のプロトコルは順守する。錘の重量は、体重10kgに対して0.5kgとする。患者の管理法は、大腿骨骨折症例のそれに準ずる。

写真 22.B.28-9
脛骨骨折症例に対して踵骨にピンを刺入して牽引を行う。牽引が下肢の骨軸方向を向くように滑車の位置を調整する。

E. Winiger / ICRC

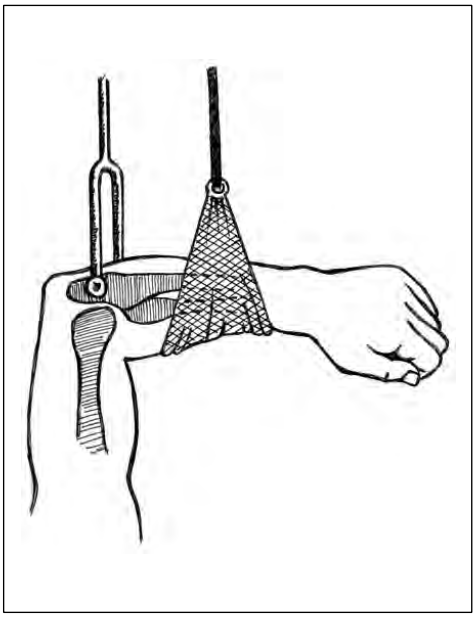


D. Rowley / ICRC

22.B.f 上腕骨の直達牽引

いくつかの上腕骨骨折症例、中でも肘部周辺の骨折は整復が難しく、またアームスリングによる生理学的牽引だけでは患肢を適切に支持することができない。こうした症例には直達牽引が創外固定の代替法として有用である。細いステインマンピンやキルシュナー鋼線を、肘頭部の内側から刺入する。この時、尺骨神経の損傷に気をつける。重錘の重さは、大人であれば2kgから始める。最初の1週間は、週に2回のレントゲン検査を行い、整復の具合を確認する。重錘の重さは状態に応じて調整する。

写真 22.B.30-31
上腕骨骨折の直達牽引



M. King Volume 2

Å. Molde / ICRC

22.B.g 牽引の合併症

直達牽引による治療結果が思わしくない場合、それは外傷の重症度よりも、手技の未熟さや適切な観察ができていなかったこと、また理学療法の不十分さに起因することが多い。

骨癒合遅延と骨癒合不全

大腿骨骨折がいつ「癒合」するかについての明確な答えはない。推測は常におおよそのものでしかない。骨折は通常4週間で「しっかり(sticky)」し、臨床的に癒合するのは7～8週間後である。レントゲン上、10週以前に完全癒合を認めることはほとんどない。貫通型の骨折症例では、鈍的外傷によるそれと比べて、これらの時期は幾分早くなる。癒合の早さは多くの場合、骨膜剥離の程度に影響される。

4週目以降は、毎月のレントゲンで仮骨が増えていく様子が確認できる。しかし、8週を超えても仮骨形成を認めないのは悪い徴候である。8週目以降にレントゲン上で仮骨形成を確認できず、可動性の異常を認める場合には、治癒遅延とみなす。銃創症例で骨折の治癒遅延を来すことはほとんどなく、たいていは感染の結果で起こる。

骨折がある程度癒着しているにもかかわらず治癒に向かわない場合には、ファンクショナルブレースやキャストを装着させて患肢を動かし、刺激を与えて骨治癒を促すとよい。

変形治癒

大腿骨近位側1/3また遠位側1/3領域の骨折は、牽引治療で変形治癒が起こりやすい場所である。近位側1/3の骨折では、腸腰筋の収縮作用によって骨折部の近位側が変位を来し、矯正に難渋する。しかし、こうした骨折は戦傷では少なく、一般的な閉鎖性骨折によく見られる。遠位の骨折では腓腹筋の収縮によって骨折部が後方凸となり、架台に沈み込むようになる。これは膝を屈曲してパッドを当てることで改善できる。

これらの変形治癒は、注意深い観察と定期的なレントゲンで防ぐことができる。成人の場合、適切な治療を行えばもっとよい結果を得られるものの、一般的に10度までの変形治癒は許容範囲内とされる。下肢の場合、正常肢位では内側を向いているため、外反変形はより深刻な機能障害を残す。

ピン感染

ピンの刺入部周囲に痛みの訴えがある場合は、深部感染を伴うことが多く、軽視してはならない。痛みを伴わず、ゆるみのないピン周囲の皮膚炎所見は表層のみの感染である。

ピンがしっかり固定されていても、皮膚に発赤があり圧痛を伴い粘着性の場合は、ピンと皮膚の接触部を切開して鉗子で開排し、ドレナージを促す。そして希釈した消毒液で毎日創洗浄を行う。ピンと皮膚が接触しないように気をつける。抗生物質は蜂窩織炎を認める場合にのみ用いる。

ピンが緩んでいる場合は、刺入路に感染が及んでいる可能性があるため、ピンを抜去する。ピンの抜去は手術室で麻酔下に行う。この際に貯まった膿を十分に洗い流し、ピンの刺入路は掻爬しておく。刺入路に沿った腐骨形成がある場合は、レントゲン上でリング状の骨濃度上昇として確認できる。その場合はドリルを用いて刺入路を掻爬する。腐骨が遺残すると、後に慢性骨髄炎となる。

感染したピンは抜去する。

もし牽引を継続しなければならない場合は新しいピンを再刺入する。大腿骨骨折の場合、刺入部として脛骨結節を用いることができない場合は、大腿骨端か踵骨に刺入する。最終手段として、脛骨遠位端にピンを入れることもあるが、腓骨の外果を避けて前脛骨筋の後方を通るようにする。

筋萎縮と褥瘡

患肢固定や直達牽引が引き起こす病状として、筋量の減少がある。筋量は運動によって維持することができる。また栄養管理も大切である。

褥瘡は長期間の臥床生活、皮膚・皮下組織・骨の間に生じる剪断力、体重減少によって引き起こされる。患者にはベッド上でなるべく動くように、また頻繁に身体を起こすように指導する。褥瘡が進む場合は、骨の固定方法を変更した方がよい。

うつ症状

心理的サポートも重要である。多くの患者、特に若年者は何週間にも及ぶベッド上安静に耐えることが難しい。

APPENDIX

図 22.8.32

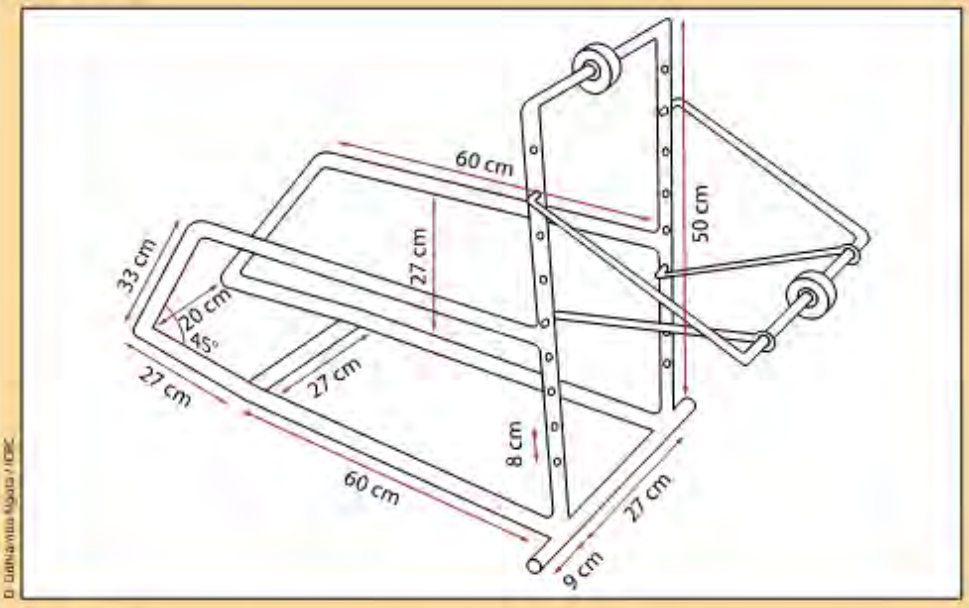
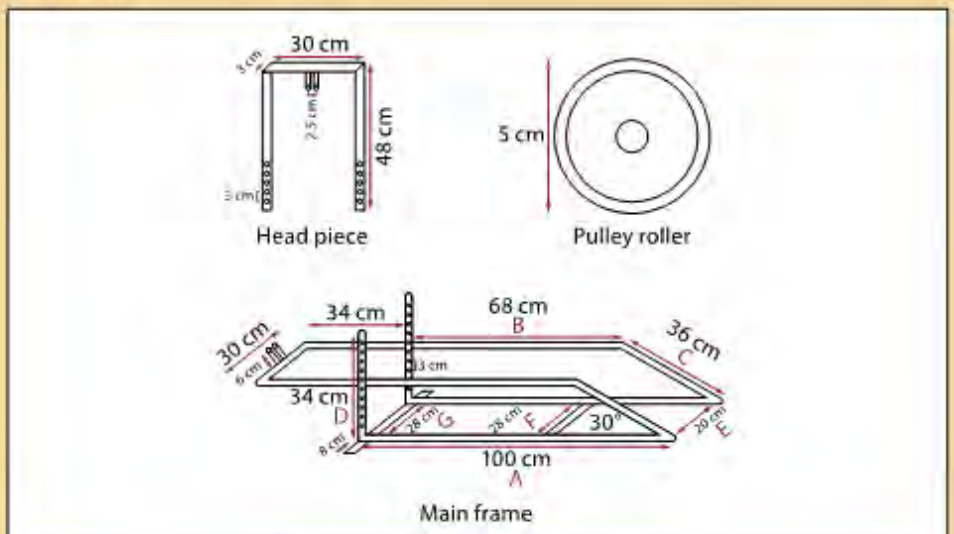


図 22.8.33



Different sizes according to patient height (cm).			
Measurements	Large	Medium	Small
A	100	88	76
B	68	50	48
C	36	32	30
D	34	28	28
E	20	15	13
F	28	23	14
G	28	24	14

図22.8.32-33 現地で作製可能なブラウンボーラー架台の2例

付録22. C 創外固定

創外固定の概念は比較的単純でわかりやすい。骨内に刺入したスクリューやピンで近位側と遠位側の骨をつなぎ、骨折部を創外で金属固定し、骨長と位置を保持するというものである。

ICRCでは一般外科医が行っているが、本来、創外固定術は専門的な手技である。創外固定を行うにも、それをフォローアップするにも、それなりの技術と経験が必要である。創外固定には多くの部品を要するが、基本的なセットは限られている。最もよいシステムは、扱いが簡単で部品が少なく、整形外科医以外の医師でも用いることができるものである。

22.C.a　器具

多くの創外固定器が市販されている。実際には多くの外科医が、ステインマンピンを直接POPキャストに刺入して代用している。また、材木や竹、金属部品を、POP包帯や骨セメントと組み合わせて、手製の創外固定器を作製することもある。専門知識を持たない医師にとって最も扱いやすいのは、ピンが刺入しやすく、フレームによってピンの位置や角度が制限されないような装置である。

他にも整形外科医用に多くの装置や部品がある。

写真 22.C.1-6
基本的な創外固定セット

T. Gassmann / ICRC

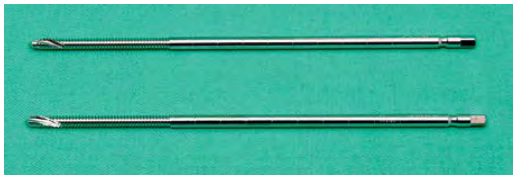


写真 22.C.1
シャンツスクリューまたはステイマンピンがピンとして一般的に用いられる。セルフドリルのものと先にドリリングを要するものがある

T. Gassmann / ICRC

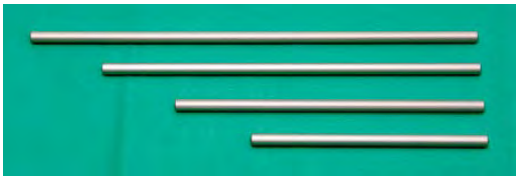


写真 22.C.2
創外固定用のチューブとバー。患肢骨の長さによってサイズを選択する。

T. Gassmann / ICRC

写真 22.C.3
ピンとチューブの接続用留具

T. Gassmann / ICRC

写真 22.C.4
チューブとチューブの接続用留具

T. Gassmann / ICRC

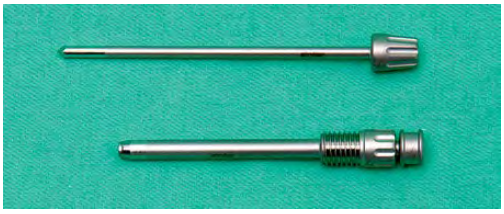


写真 22.C.5
ピンやスクリューを刺入する際に軟部組織損傷の防止に用いる外筒。

T. Gassmann / ICRC

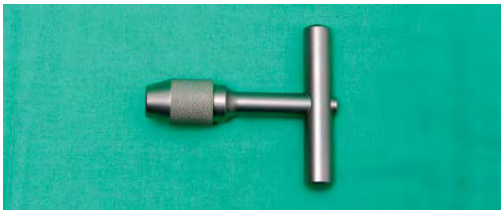


写真 22.C.6
ハンドチャック

V. Sasin / ICRC

ICRC

写真 22.C.7-8
現地で作製した創外固定器。

22.C.b ピンの挿入位置と刺入法

ピン刺入の前に、正確な軸方向と回旋角度を知るために創部を十分に観察しなければならない。上腕骨、前腕、脛骨の骨折では、骨折部の近位側と遠位側にそれぞれ2本のピンが、大腿骨骨折では3本のピンが必要である。

ピンは正しい角度で骨に刺入し、筋肉や腱を貫いてはいけない。創傷内にはピンを刺入すべきではない。やむを得ない場合は他の方法で骨を固定する。

ピンは創傷部に直接刺入してはならない。

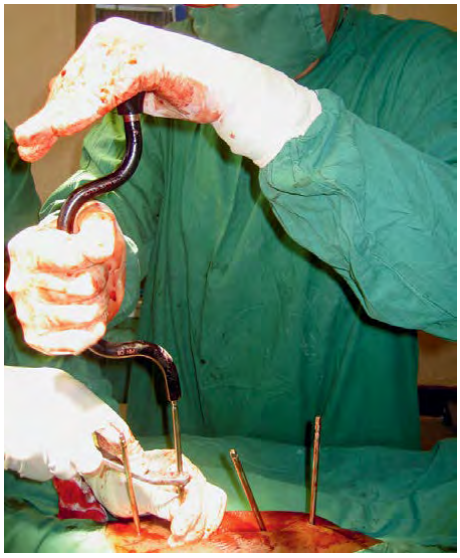
ICRC

写真 22.C.9
誤ったピンの刺入例。手製の創外固定器を用いている。固定によって皮膚は緊張している。また創傷部に直接ピンを刺入している。

安定した固定を得るために、それぞれのピンは皮質骨を手前と奥の二度貫くようにする。ただし、奥の方の皮質骨は貫いた所で止める。ピンを深く刺しすぎると、筋を傷つけたり、神経や血管を損傷したりする。

創外固定のピン刺入プロトコルは直達牽引のピン刺入のものに準じる。次に示す手順で行う。

1. 長軸と平行に1.5cmの皮膚切開を加える。
2. ハンドドリルと小さいサイズのドリル先を用いて、軟部組織を保護しながら二度皮質骨を貫く所まで穿孔させておく。ピンの刺入深度は、軟部組織の厚さと骨の直径を加えたもので、専用のデプスゲージで測定できる。



F. De Simone / ICRC

写真 22.C.10
ハンドドリルによるピンの刺入

注:

電動ドリルは圧迫や熱発生の危険があるので使用しない(22.B.c 参照)。

3. Tハンドルかハンドチャックを用いて、あらかじめ設けた孔よりも径の大きいシャンツスクリューを骨に刺入する。深さは事前に計測した所までに留める。

   術者は刺入時にシャンツスクリューが骨を通る時の抵抗感に注意を払う。最初の抵抗は手前の皮質骨を通過する時のもので、2回目の抵抗は対側の皮質骨に到達した時である。2回目の抵抗が感じられたら、そこから1回転半Tハンドルを回すと対側の皮質骨を貫くことができる。

F. De Simone / ICRC

写真 22.C.11
外筒を用いて周囲の軟部組織を保護しながらピンを刺入する。

注:

セルフドリリング型のシャンツスクリューは、事前に孔を設けておく必要がない。前述の刺入法と同じ要領で行えばよいが、ピンの刺入深度が測定できないので、外科医は皮質骨を越える時の抵抗に注意を払う必要がある。

4. それぞれのシャンツスクリューで同様の操作を行う。皮膚の突っ張りがある場合は皮切を延長する。
5. チューブクランプでスクリューを連結するピンとチューブを留具で連結する。チューブはできるだけ皮膚に近くするが、創部のケアに必要なスペースは空けておく。
6. それぞれのピンをガーゼで保護する。皮膚とチューブの間には、さばいたガーゼを巻いて保護し、弾性包帯を巻いて固定する。

22.C.c 創外固定器の組み立て方

外科医の専門性によって2種類の組み方がある。

モジュラーテクニック

2本のピンをチューブで連結し、2つのユニットを作る。この2つのユニットを新たな3本目のクロスチューブによって、まず緩く連結する。それぞれのユニットのチューブをハンドルのように操作し、骨折部を整復したところでクロスチューブを固く締める。固定を強化するため、さらに2本目のクロスチューブを最近位側と最遠位側のピンの間に加える。刺入した3本、または4本すべてのピンが、この2本目のクロスチューブで固定できる場合もある。

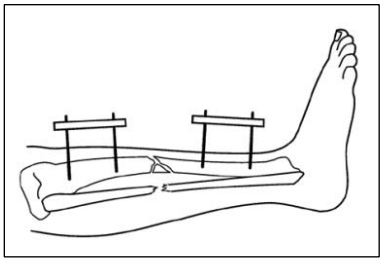
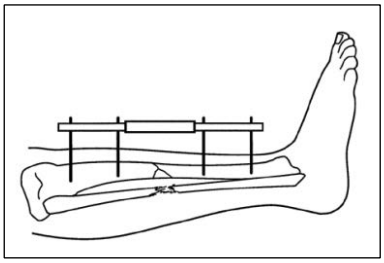

F. De Simone / ICRC

図 22.C.12
モジュラー手技：まず、固定すべき骨にそれぞれ 2 本のピンを刺入する。このピンを短いチューブで連結し2つの独立したユニットを作成する。


F. De Simone / ICRC

F. De Simone / ICRC

図/写真 22.C.13-14
モジュラー手技：次に2つのユニットを整復し、軸と回旋角度を合わせる。続いて、この2つのユニットをクロスチューブで連結する。より強固に固定するために、さらにチューブを追加することもある。

単軸サイドチューブ法 Mono-axial side-tube method

ピンを一列に並ぶように刺入し、すべてのピンを1本の長いチューブで連結する。この方法には経験が必要である。

ピンとの接続用留具を4か所に緩く設置したチューブを用意する。まず、1本目のシャンツスクリューを主たる骨片に刺入する。刺入点は骨折部近位側の関節から2～3cmの位置とする。これをチューブに設置した接続留具に通す。2本目のスクリューは、先に留具を通し、骨折部を挟んで対側の骨片に刺入する。刺入点は遠位側の関節から2～3cmの位置とする。この段階で、助手に軽く牽引してもらいながら整復する。先の2つの留具を固く締め、整復部を固定する。患肢の軸方向と回旋角度を確認する。問題がなければ、残った2本のスクリューを留具から通して、それぞれの骨に刺入する。必要であれば、スクリューに留具を追加して、2本目のチューブを装着する。

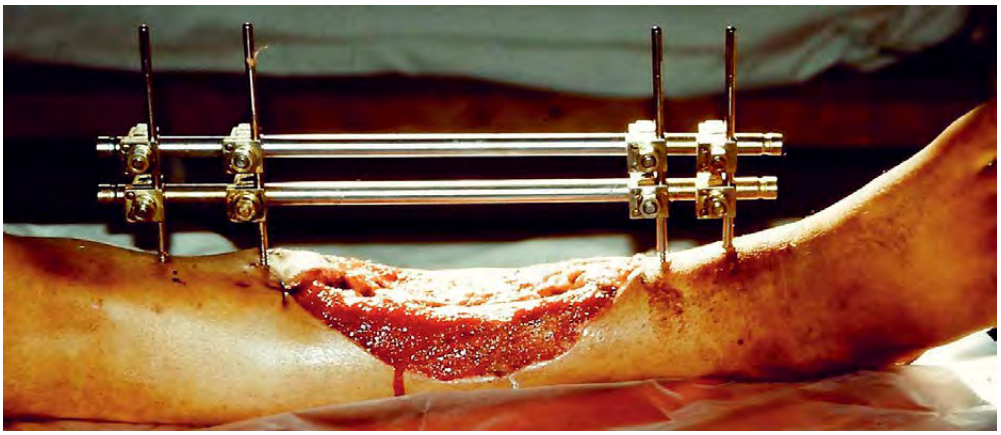

C. Pacitti / ICRC

写真 22.C.15
単軸サイドチューブ法：4本のシャンツスクリューが一列に並ぶ

脛骨への創外固定の設置

脛骨は皮膚直下にあるので創外固定は比較的容易である。ピンは、骨折部の近位側と遠位側に2本ずつ、少なくとも4本必要で、1本ずつでは十分な固定は得られない。2本のピンを刺入するスペースがない場合には、踵骨を用いるか、別の固定法を考える。

ピンの刺入部としては、前脛骨稜が理想的である。この位置であれば軟部組織が少なく、歩行時に反対側の足に干渉しない。ピンは骨幅の2/3をとらえるように刺入する;。表層部だけを刺入すると、牽引時に骨裂傷を起こして外れてしまう。外側からピンを刺入する際に、前外側コンパートメントを貫かないように気をつける。

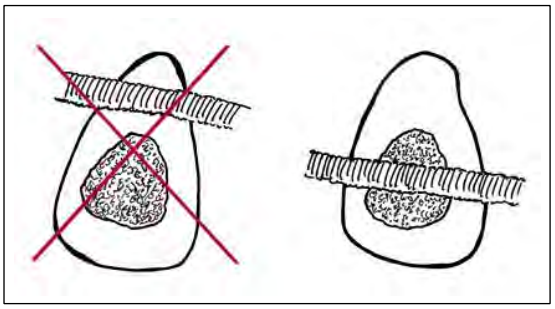
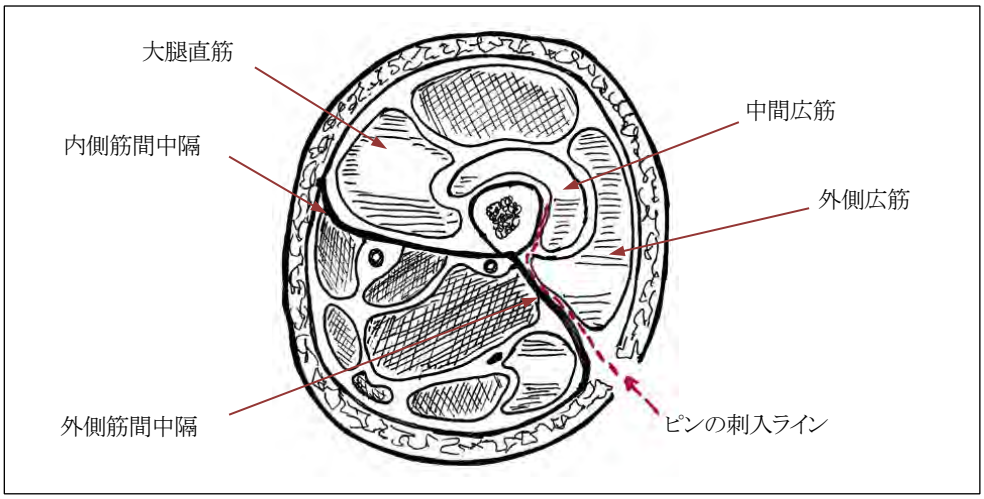

C. Giannou / ICRC

図 22.C.16
脛骨におけるピンの刺入。間違った刺入部位と正しい刺入部位。

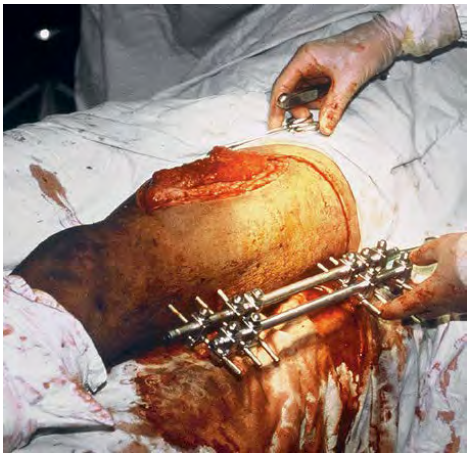
大腿骨への創外固定の設置

大腿骨は大きな筋肉に囲まれているため、脛骨に比べてピンの挿入が難しい。筋損傷や関節の運動制限を防ぐためには、後外側方向から適切なラインでピンを刺入することが重要である。骨折部の近位側と遠位側に、それぞれ3本ずつのピンが必要である。

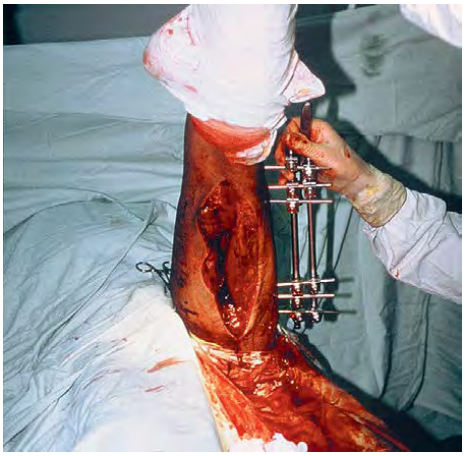


C. Giannou / ICRC

図 22.C.17
断面図で見る大腿骨ピン刺入の正しいライン



R. Coupland / ICRC



R. Coupland / ICRC

写真 22.C.18&19
後方外側からの正しいピン刺入点

V. Sasin / ICRC

写真 22.C.20
間違ったピン刺入点。大腿四頭筋を貫いている。

上腕骨への創外固定の設置

上腕骨では、上腕二頭筋と三頭筋の間の外側溝からピンを刺入する。骨折部の近位側と遠位側に、それぞれ2本ずつのピンが必要である。骨に伴走する橈骨神経には注意が必要で、対側の皮質骨を貫く際には上腕動脈の損傷にも気をつける。

写真 22.C.21
上腕骨の銃創症例。デブリドマン前のレントゲン所見

写真 22.C.22
デブリドマン後、患肢を POP バックスラブとアームスリングで固定した。

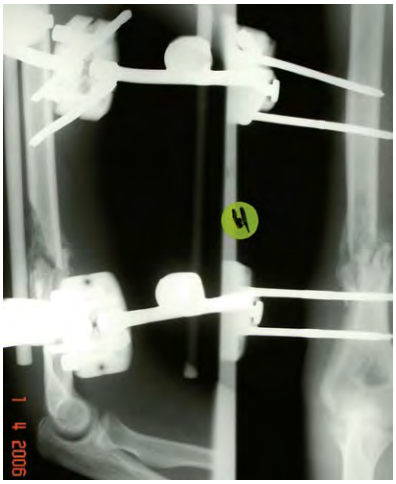


写真 22.C.23
創外固定によるアラインメントの矯正

写真 22.C.24&25
上腕骨に対する創外固定

写真 22.C.24
固定後の伸展動作

写真 22.C.25
固定後の屈曲動作

22.C.d 創外固定器を装着した患者の管理

創外固定後は、患肢を挙上する。

アライメントの整復具合を確認するために、術後早期にレントゲンを撮る。歪みを認めた場合には、軽い麻酔をかけて早めに矯正することで変形治癒を防ぐことができる。時間がたってからでは、癒着と浮腫のために整復が難しくなる。アライメントの歪みを残しては、創外固定をする本来の意味がなくなってしまう。

ピン刺入部のケアは、牽引時と同じ要領で行う。創外固定ではピンの留置期間が長いため、十分なケアを続ける。関節の運動訓練はできるだけ早期に始める。荷重訓練は、初めのうちは痛みを伴うが、励行するべきである。

一般的に、開放骨折では軟部組織が治癒すれば、創外固定を外してPOPシリンダーキャストに変更する。特に脛骨骨折を固定治療する場合は、軟部組織の治癒具合を確認しながら、通常2～5週で創外固定を外す。早期のピン抜去は疼痛を伴うため、手術室で麻酔下に行う。ピンの刺入痕は掻爬してガーゼで覆う。

創外固定はできる限り早く外し、石膏ギプス(POP キャスト)に変更する。

22.C.e 合併症

専門的な技術を要する観血的処置では合併症も多い。特に重篤で、頻度の高いものを以下に挙げる。

D. Rowley / ICRC

写真 22.C.26
4 本すべてのピンが緩み、ピン周囲に骨吸収所見を認める。最遠位側のピン周囲には著明な骨膜反応を認め、感染を強く疑う。

ピンの感染とゆるみ

ピン感染の中で最も早期に起こるものは、残存する汚染によるものか、創感染によるものである。創部からのリンパ液の漏出も近位側のピンに感染を及ぼす可能性がある。他の要因としては、不適切な手技により骨と周囲の軟部組織を損傷することが考えられる。注意深い手技と、ピン刺入部のケアが不可欠である。感染はピンの緩みにつながる。感染があるかどうかは、滲出液、刺入部の痛み、荷重時の違和感などで診断できる。感染から時間が経過すると、レントゲン検査でピン周囲の骨透亮像として確認できる。さらに感染が進むと、骨髄炎となる。これはレントゲン所見では、ピン周囲にリング状の腐骨像として確認できる。

刺入部感染の治療は、ピンが緩んでいるかどうかで治療法が変わる(22.B.g参照)。ピンが緩んでいる場合は、骨に感染が及んでいる可能性があるため、抜去しなければならない。麻酔下にピンを抜去し、刺入痕を掻爬した後、別の場所に新しいピンを刺入する。ピンを再刺入できるかどうかは、骨折部の位置と創外固定の置き方で決まる。創外固定をすべて組み直さなければならないケースもある。感染や緩みが複数認められる場合には、別の固定法を用いる。

荷重訓練を重ねる過程で、ピンの緩みや感染を確認した場合にも、直ちにピンを抜去する。

治癒遅延と骨癒合不全

創外固定がきつすぎることも骨折治癒にとってはよくない。

骨膜の骨新生のための刺激因子は、骨折部に多方向の動きがかかることである。この動きを抑えることは仮骨形成を阻害する。長期間にわたって創外固定を使用するのであれば、仮骨形成を促す特別なフレームが必要である。このフレームは骨軸方向に部分的に緩められ(dynamization)、骨折部がごくわずかに動く程度の余裕を持たせておく。ただし、刺入部に大きな力がかかり過ぎると、ピンが緩み感染する。ダイナマイゼーションを取り入れるためには、より洗練された器械と技術が必要である。繰り返すが、できるだけ早い時期に荷重訓練が行えるように、POPキャストへ変更するのがよい。

創外固定は、骨癒合不全が予想されるような症例に有用である。例えば、重篤な粉砕骨折症例で、大きな骨欠損や骨膜欠損を伴うようなケースに用いるとよい。こうした症例では骨移植を要することが多い。

周辺組織の損傷

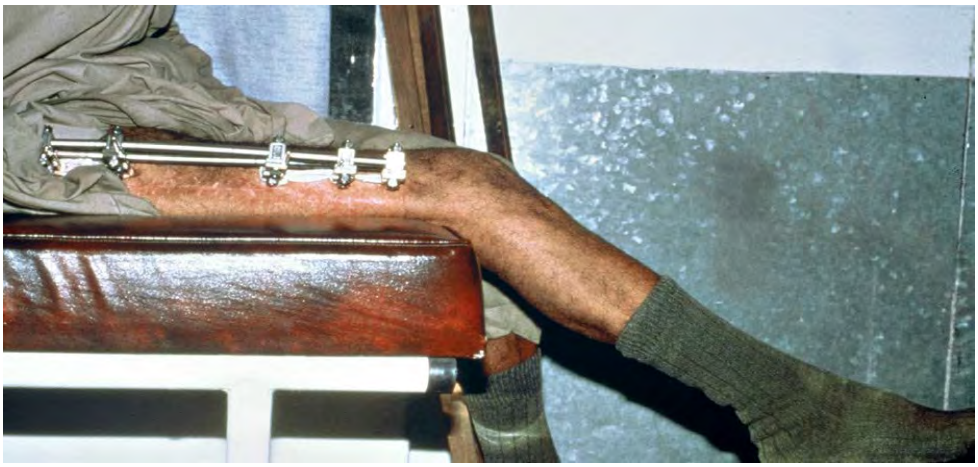
正しくピンを刺入するためには解剖をよく理解し、正しい手技を身につけることによって神経や血管の損傷を防ぐことができる。仮性動脈瘤は晩期に起こる合併症として知られている。

ピンによって腱や筋肉を傷つけると、関節の可動制限を来し、創外固定の利点が失われてしまう。

写真 22.C.27
正しくピンを刺入すれば、膝関節の完全屈曲が可能である。

R. Coupland / ICRC

写真 22.C.28
ピンの刺入点が不適切であったために膝の屈曲制限を来した症例



R. Coupland / ICRC

固定具による機械的な問題点

器具は、年月がたつと部分的にうまく機能しなくなる。これらは破棄して新しいものに取り替えるべきではあるが、非常に費用がかかることが多い。

ICRC の経験

1980 年代から 1990 年代初めにかけて、創外固定術は ICRC の外科医によって広く行われていた。彼らは 3 か月程の間、派遣医師として治療に携わることが多く、短期間で次の担当医師に仕事を引き継いだ。そうした環境では、個々の患者に正しいフォローアップがなされることは難しかった。また、多くの外科医は、自分の治療によって合併症が生じていることや、後任の医師がその治療にあたっていることに気付いていなかった。ある臨床研究によって、創外固定術が高い合併症発生率を有することや、治療の失敗例などが報告された。その後、創外固定術の施行例は激減した。

結論として、創外固定は戦傷治療において決して簡単な治療法ではない。他に代用できる方法がない場合にのみ使用されるべきである。

付録22.D　ICRCによる慢性骨髄炎に関する研究

ICRCのスタッフは、コンゴ民主共和国の南部にあるキヴにおいて、長年の武力衝突の後に多くの患者が慢性骨髄炎を患っていることに気付いた。患者の多くは古い戦傷を負っていた。大半の患者は何か月も、時には何年にもわたって病院や自宅での療養を余儀なくされており、様々な種類の抗生剤治療やドレッシング治療を施されていた。また、経済的に余裕のある患者の中には、手術治療を繰り返しているものもいた。患者は皆、例外なく放置されるか、不適切な治療を施されていた。

現在も戦闘状態にある危険地域で臨床研究を行うことはたいへん難しい。患者も医療従事者も危険に曝される恐れがある。ICRCの外科チームも、この研究や報告に不十分な点が多いことを認めている。しかし、シンプルな方法と適切な技術が、こうした紛争犠牲者の人生をよいものに変えてきた。

対象と方法

2007年3月から2008年5月にかけて、ICRCの外科チームは血行性または外傷後骨髄炎患者168人を、ICRCのプロトコルを用いて治療した。ICRCプロトコルは、ICRCの研究結果や出版物の内容に基づいて作成されたものを用いた[12]。対象患者は、3か月以上症状が続くもの、患肢から持続的に排膿を認めるもの、膿瘍を形成しているもの、レントゲン所見で慢性骨髄炎を疑うもの（腐骨形成、空洞形成、異物の残存）とした。初回診察やその後の治療で、患肢切断を要した患者は除外した。71人の患者で追跡調査が可能であった。

外科的プロトコル

デブリドマンの目的は壊死組織をすべて取り除き、血行のある骨を残すこと（paprika sign）である。処置に際しては、骨の動揺性を最小限に抑えるために健常骨の辺縁を5mmは残そうなどと考える必要はない。最も大切なことは、形成されたバイオフィルムをすべて掻爬することと、創内を生理食塩水で十分に洗浄することである。

F. De Simone / ICRC

写真 22.D.1
瘻孔から溢れ出る膿

F. De Simone / ICRC

写真 22.D.2
腐骨と瘻孔の切除

骨に動揺性があるか、または疑われる場合には、POPを用いて保存的に加療する。関節をまたいで固定が必要な場合は、ヒンジ付きキャストや、Vega bridge-castを用いる。創外固定は、骨移植に備える場合にのみ行う。内固定は行わない。

骨が露出していたり、死腔がある場合には、近傍の健常な筋肉を授動して被覆する。創部は開放のままとして、ドレッシングを続ける。

ドレッシングプロトコル

術後2日目に手術創部のガーゼを交換する。創内に十分な量の砂糖を充塡し、ガーゼで圧迫保護する。ガーゼ交換は毎日行い、生理食塩水で前日の砂糖を洗い流した後、再度砂糖を充塡する。この処置は、創部が二次治癒によって閉じるまで続ける。症例によっては、ある程度治癒した後に分層植皮を行う。

F. De Simone / ICRC

写真 22.D.3
シュガードレッシング

F. De Simone / ICRC

写真 22.D.4
シュガーを創傷内に充塡する。

F. De Simone / ICRC

写真 22.D.5
健常な肉芽組織

F. De Simone / ICRC

写真 22.D.6
シュガードレッシング開始から 8 週間後の創部

早期合併症の多くは軽度で一時的なものである。創周囲の痒みや灼熱感などの症状は、場合によってはシュガーの化学反応に関連している。まれに接触性皮膚炎を起こすことがあるが、砂糖の使用を中止すると改善する。真菌感染は抗真菌クリームの使用で軽快する。

抗生剤治療のプロトコル

表層組織、深部組織、またもしあれば腐骨も、術中に採取し、ルーチンに培養検査を行う。壊死組織を採取する。抗生剤初回治療のプロトコルでは、最初の24時間はゲンタマイシンとクロキサシリンを点滴投与、続いて、クロキサシリンの内服投与を4週間行う。培養結果で、多剤耐性菌が検出された場合には、投与目的を術後の創感染予防のみとし、プロトコル治療を簡略化して、ベンジルペニシリンとメトロニダゾールの24時間点滴投与とする。

抗生剤の追加投与は、改善に乏しい患者に対してのみ、培養結果と感受性検査の結果に基づいて投与する。しかしながら、一般的に培養検査は臨床的にはあまり役に立たない。多くの細菌はin vitroで耐性を示すが、in vivoでの結果とはあまり関連していない。抗生剤の投与期間はあらかじめ計画されたものよりは、臨床所見で判断するのがよい。追加の抗生剤処方もまたしかりである。

術後管理

関節可動域や筋力の維持および改善をし、徐々に患肢の荷重訓練をしていくため、すべての患者に早期の理学療法を導入する。患者には高カロリー、高タンパク食を与えるが、そうした栄養のある食事を摂ることが数か月ぶりの患者が多い。

経過観察結果

全対象症例の平均入院期間は12週（1～48週）であった。治療を要する感染を抱えたまま退院した患者はいなかった。追跡調査が可能であった71名の平均観察期間は13.7か月(5～28か月)であった。それ以外の患者については地理的条件と安全性が原因で追跡調査ができなかった。

46名（63.4%）で、観察期間中に感染治療が奏功、36名（50.7%）が、治療前と比べて機能障害の改善を認めた。

統計学的に考察した結果、機能障害の成績と有意に関連性があったものは、年齢（若いほど経過良好）と病因（血行性感染は貫通損傷より経過良好）であり、Cierny- Mader分類（ホストAはホストBより良好）を示した[13]。感染の治癒と有意に関連性を示す因子はなかった。

12. David I. Rowley. War Wounds with Fractures: A Guide to Surgical Management. Geneva: ICRC; 1996.
13. The Cierny-Mader classification of long bone osteomyelitis is based on the anatomy of the bone infection and the physiology of the host. Cierny G, Mader JT, Pennick H. A clinical staging system of adult osteomyelitis. Contemp Orthop 1985; **10**: 17 – 37.

付録22.E 骨移植

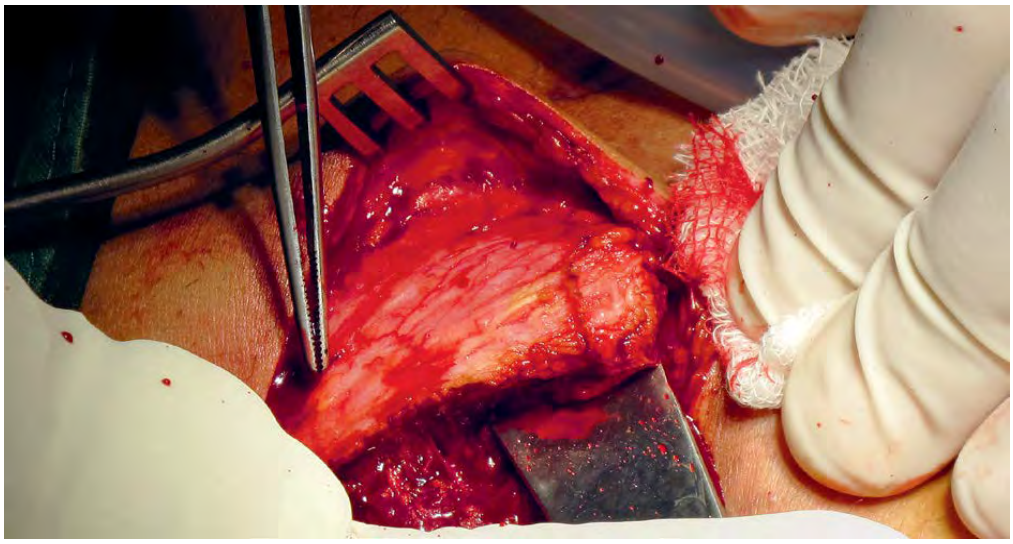
腸骨稜は豊富な海綿骨を有し、骨片を採取しやすい場所であることから採骨部として用いられる。腸骨稜のどこから採取するかは、どのくらいの量の骨が必要かによって決まる。患肢の骨欠損が4cm以下の場合は、前方の腸骨稜から採骨する。より大きな骨欠損を認める場合は、後方の腸骨稜から採骨する。さらに多くの骨片が必要な時は、両側から採骨する。各海綿骨片は爪の大きさ、1cm^{3}程度にする。

22.E.a 骨片の採取法

患者を側臥位または腹臥位にする。

1. 少量を採取する場合には、上前腸骨棘から後方へ6～8cmの皮切を加える。大きな骨片を採取する場合には、上後腸骨棘から腸骨稜に沿って前方へ8～10cmの皮切を加える。
2. 腸骨稜の外側に付着している筋肉にメスで切開を加え、骨膜剥離子を用いて丁寧に、1cmほど骨から剥離する。
3. 腸骨稜と平行に骨ノミを入れる。皮切に沿って皮切の長さ分、皮質骨にノミを入れる。このラインを採骨部の外側ラインとする。

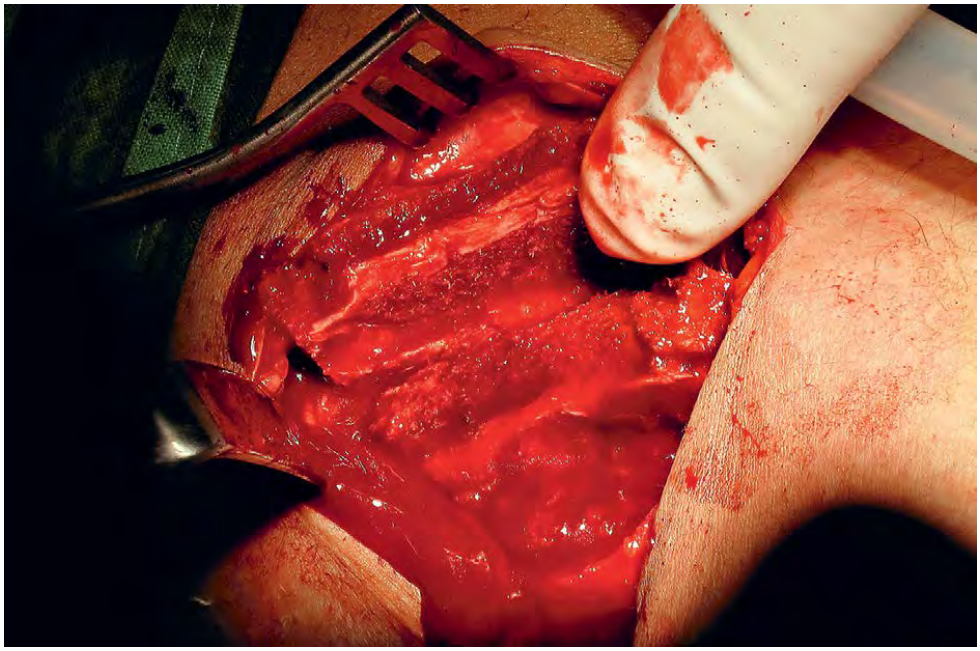
写真 22.E.1



ICRC

4. 次に腸骨稜に直角に骨ノミを入れる。続いて、採骨の内側ラインを作る。先ほどと同様に皮切の長さ分だけ骨ノミを入れる。すると皮質骨をフラップ状にめくることができる。これにより海綿骨を露出することが可能となる。

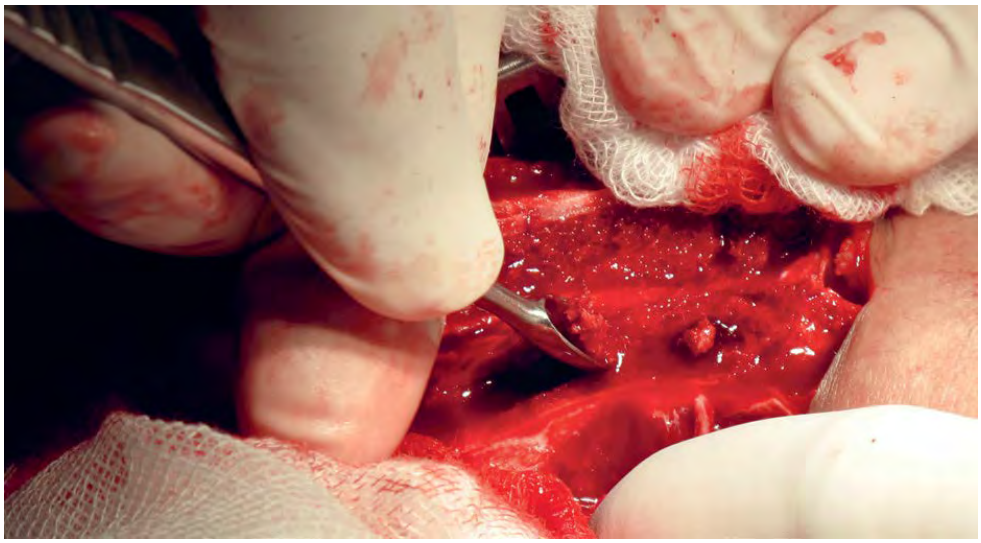
写真 22.E.2



ICRC

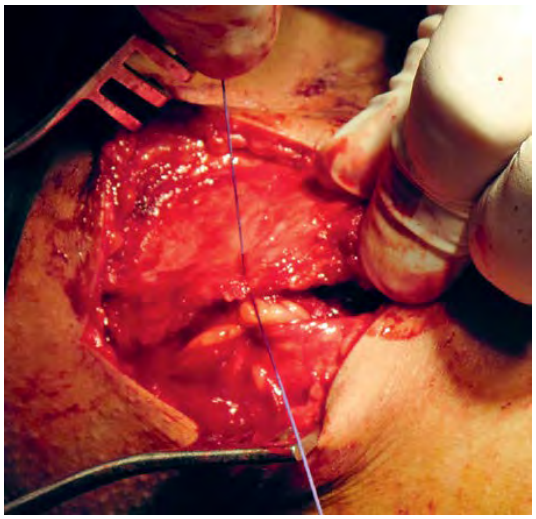
5. 細めの骨ノミか骨刀を用いて海綿骨を採取する。小さいものは鋭匙で採取する。内板や仙腸関節を傷つけないよう、過度の力は加えないように注意する。

写真 22.E.3



ICRC

6. 採取した骨は血液に浸したガーゼやスワブで保管する。生理食塩水に浸してはいけない。生理食塩水は骨細胞を壊し、体液性刺激因子を洗い流してしまう。
7. 採骨部の閉創は、腸骨稜のフラップを閉じるようにして行う。すなわち、蓋を閉じるように骨膜を吸収糸で縫合閉鎖する。


ICRC

ICRC

写真 22.E.4- 5

8.　ドレーンは可能であれば吸引型のものを用意し、皮下組織内に24時間留置する。最後に皮膚を縫合閉鎖する。

採骨部は、術後強い痛みがある。

22.E.b　移植骨の充塡：閉創の場合

患者の体位を変換し、患肢にエアターニケットを装着する。

皮切は、創傷部とは別の場所に置く方がよい。その方が感染のリスクを減らし、創治癒に伴う線維性瘢痕を予防できる。骨折部が露出できたら、断端の瘢痕組織をリューエルで取り除く。この時、骨膜を除去しないよう注意する。もし必要であればアラインメントの維持のために創外固定を併用する。

創部を洗浄した後、ターニケットを緩めて止血を確認する。採取した骨片をしっかりと欠損部に充塡する。じわじわと出血が続くようであれば、吸引ドレーンを留置して創を閉鎖するが、ドレーンは24時間以内に抜去する。通常はドレーンなしで閉創できる。

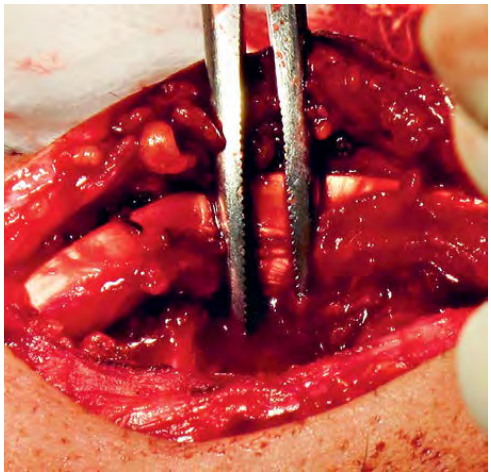

ICRC

写真 22.E.6
骨片を欠損部へ移植する

22.E.c　移植骨の充塡：開放創の場合

同様の手順で骨移植を行い、最後は開放創のままとしておく。この方法は、脛骨への骨移植で用いられることが多い。

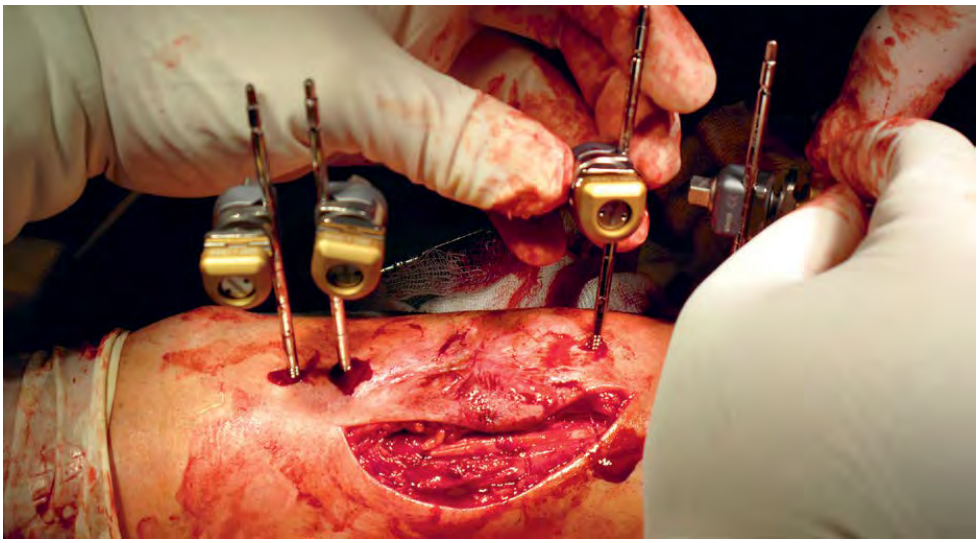
可能であれば、創部を筋肉または筋皮弁で覆っておく。創部の保護にはこの方法が最も優れている。他の手段としては、患肢をシリンダーキャストで完全に巻いてしまう方法がある。キャストには創部を指で触ったり検創したりするための小窓は設けない（Orr-Trueta法：第22章8.3参照）。移植部はキャスト内で湿潤環境に保たれる。

他に代用できる方法としてパピノー法（Papineau technique）がある。この方法では、創部を開放のままとし、移植骨も露出させたままとする。移植骨は清潔に保ち、乾燥しないように維持する。壊死した移植骨片や痂皮は定期的に取り除く。この方法には極めて注意深い看護ケアと、頻回のガーゼ交換が必要である。創治癒が進むにつれて移植骨は肉芽の中に埋もれ、創部は二次治癒によって徐々に自然閉鎖するか、植皮が行える状態となる。

22.E.d 骨固定

閉創するにせよ開放創とするにせよ、骨移植を施した後の骨折部は、少なくとも4週間は適切に固定しなければならない。これは創外固定の最も重要な適応例である。どの骨に移植したかにもよるが、症例によってはOrr-Trueta法もまたよい適応となる。

写真 22.E.7
創外固定による固定術



ICRC

写真 22.E.8- 9
骨移植の成功例

F. De Simone / ICRC

F. De Simone / ICRC

第 23 章
四肢切断と関節離断術 [1]

1. 本章は、第 21 章「対人地雷による外傷」の関連する項目と合わせて読むこと。
参考：Coupland RM. Amputations for War Wounds. Geneva: ICRC; 1992

23. 四肢切断と関節離断

23.1 はじめに 184

23.2 疫学 185

23.3 外科的治療方針の決定 186
23.3.1 切断の受け入れ 186
23.3.2 四肢切断術の適応 186
23.3.3 「血管損傷と重篤な組織外傷」の臨床病理学的分類 186
23.3.4 ダメージコントロール手術 187
23.3.5 四肢切断の位置 187

23.4 標準的な外科手術：初回手術 188
23.4.1 術前準備 188
23.4.2 軟部組織 188
23.4.3 骨組織 189
23.4.4 血管 189
23.4.5 神経 190
23.4.6 止血、洗浄、ドレッシング 190
23.4.7 術後管理 190

23.5 待機的一次閉創術（Delayed primary closure: DPC） 191

23.6 筋形成切断術 192

23.7 ギロチン切断術 198
23.7.1 ギロチン切断の開放断端の管理 199

23.8 その他の四肢切断と関節離断 199
23.8.1 足部切断 199
23.8.2 脛骨での切断術 201
23.8.3 膝関節離断術 202
23.8.4 大腿骨での切断術 203
23.8.5 股関節離断術と片側骨盤切断術 204
23.8.6 上肢切断術 205

23.9 術後管理 205

23.10 リハビリテーション 206

23.11 合併症と断端の修正 208

23.11.1 有痛性神経腫 209
23.11.2 幻肢症と幻肢痛 210

基本原則
患者・家族と情報を共有し、四肢切断の同意を得ること。
通常は軟部組織損傷の程度に応じて四肢切断や関節離断の高さを決定する。
壊死・汚染組織はすべて取り除き、壊死していない組織はできるだけ残すよう努める。
骨を覆うのに十分な筋肉を残し、適切な断端を形成する。
待機的一次縫合は緊張がかからないように行う。
理学療法は術後直ちに開始する。
身体機能の回復と社会経済的復帰が患者治療の最終目標である。

23.1 はじめに

外科医は四肢切断をするべきか否か、どの高さで切断するべきかを決定する際に、多くの要素について考えなければならない。現地には義足や義手の種類が少ない場合もある上、集中看護ケアも限られているため、患者を救命するために早期の切断を余儀なくされることもある。外科スタッフが経験不足な上、適切な縫合糸や血管処理の手術器具が不足した状況下での血管再建が賢明とはいえないこともある。文化圏によっては、たとえ患者が生命の危機に瀕していても、四肢切断が、あるいは適切な高さでの切断が受け入れられないこともある。外科医は患者の家族や友人、一族、もしくは現地の部族長と、切断する位置について、時には数 cm 単位で「交渉」しなければならない。

外科的判断は、とりわけ重篤な四肢外傷症例を扱う際には、細心の注意を持って下されるべきである。四肢切断は、複数回にわたる複雑な手術、入院の長期化、敗血症、また致命的な合併症を起こすこともある上、手術を受けた患者は一生それを背負って生きていく。義足や義手を装着しなければならないだけでなく、多くの患者が断端に術後合併症を抱えるようになるし、精神的な問題とも向き合わねばならない。その上、紛争下での四肢切断は、ほとんどの場合、健康な働き盛りの若者に起こる。資源の乏しい国では、障害者に必要とされる有効な理学療法やリハビリテーション、購入しやすい義足や義手などがうまく行き届かない。それは患者や家族だけでなく、ひいては社会全体の大きな負担となっていく。低所得国の多くでは、身体機能リハビリテーションや社会経済的復帰プログラムや職業訓練などが立ち遅れているのが現状である。

四肢切断の判断に至るまでに、同僚と相談をしてセカンドオピニオンを得ることは重要であるが、独りきりで働いている外科医にとっては、これはジレンマである。

外科医が独りきりでなく、理学療法士や義肢装具士、社会福祉士などと共に、「チーム」として四肢切断の患者に関わっていくことが理想である。チームで四肢切断についての病院の方針を決定し、患者一人一人に適した術式を勘案し、外科医を支えていくのが望ましい。また、現地リハビリ施設の持つテクノロジーや技能を考慮するのも大切である。言うまでもなく、こうした考え方は、四肢切断症例を扱う際に常に持っているべきことであり、病院ごとに「四肢切断術の治療方針」を事前に定めておくべきである。もし最寄りのリハビリ施設が病院から遠いのであれば、外科医はそこの義肢装具チームとも相談して切断方針を決める必要がある。

外科医は戦傷における四肢外傷症例に対して、一期的に切断術を行う際には、以下の 3 項目を目標とする。

1. すべての壊死・汚染組織を除去する
2. 待機的一次閉創術に備えて、必要な断端の組織を残す
3. 長期にわたる義肢装具の装着に耐え得る断端を形成する

「理想的な断端」には、以下の客観的な評価基準が求められる。

・断端荷重量、すなわち、装具ソケットにかかる荷重量が少ないこと
・断端が、十分な量の筋と軟部組織でしっかりと被覆され、荷重が分散されていること
・関節の変形や拘縮を予防するために、拮抗する筋肉同士の収縮のバランスがとれていること
・痛みがないこと

注:

付属の DVD に、対人地雷外傷に対する ICRC の治療マニュアルを載せている。戦傷、地雷外傷における四肢切断術の基本原則が書かれているので参照のこと。

23.2 疫学

戦傷における四肢切断術の選択率や、全手術件数に対する施行率は、様々な要因によって大きく異なる。

・対人地雷が広範囲に使用された地域:多数の患者がパターン 1(地雷を踏んだ場合:下肢損傷)とパターン 3(手で持っていて爆発した場合:上肢損傷)の外傷を受ける。
・適切な初期治療が施されず、かつ搬送が遅れた場合:発射物による外傷患者の中には、患肢が壊死した状態で来院するものもいる。
・近代的な防弾チョッキを着用した場合:体幹は軽傷だが、四肢がひどい損傷にさらされる。
・経過観察期間を設けた場合:まず患肢の温存を試みるような状況下では、再建手術の不成功や遷延する感染や疼痛などの合併症により、晩期の切断術を考慮しなければならないこともある。

20 世紀までは、四肢切断が戦時下の開放骨折に対する最も一般的な治療方法であり、現在でも、ごく限られた医療設備しかないような非常に厳しい環境下では、同様の状況である。

第二次世界大戦中、アメリカ・ドイツ・ソ連軍は異なる地域、異なる戦術のもとに戦っており、病院への搬送手段も様々で、四肢切断の主な原因もそれぞれ異なっていた。

	重篤な外傷	血管外傷	ガス壊疽、その他の感染症
アメリカ	68.6%	19.5%	11.9%
ドイツ	64.3%	6.0%	29.7%
ソビエト連邦	16.0%	5.0%	79.0%

表 23.1 第二次大戦中における各国兵士の四肢切断の主な原因[2]。

下肢の単純外傷における切断術の割合は、脛骨での切断が 50%を占める。

2. DeBakey ME, Simeone FA. Battle injuries of the arteries in World War Ⅱ. Ann Surg 1946; 123: 534-579より改変

23.3 外科的治療方針の決定

23.3.1 切断の受け入れ

身体の欠損に対する見方や印象はそれぞれの社会によって異なる。患者は動かない四肢でも切断しないよう頼んだり、切断されるくらいなら外傷による死を選んだりするかもしれない。地域によっては、患者の独断で手術を決めることはできない。切断するか否か、またどの位置で切断するかは、家族や親戚一族などと相談して決めなくてはならないこともある。

23.3.2 四肢切断術の適応

外傷性四肢切断の症例では、治療方針がはっきりしていることが多い。対人地雷や手製爆弾など、爆風効果や飛来物による損傷効果を狙った兵器が広範囲に用いられる紛争時には、こうした患者を多く見る。

しかし、こうした症例以外では、切断をするか否かという外科的判断が必要となる。以下に、ICRC の外科医の経験に基づく見解を述べるが、これは単に診療のガイドラインを示すだけである。外科医は治療方針を決めるにあたり、輸血の有無や術後理学療法のレベル、義肢装具と身体リハビリ施設へのアクセスなどを含めた現場環境を考慮すべきである。つまり病院ごとの「四肢切断手術に対する方針」に沿って治療することが必要である。

以下は、戦傷における一般的な四肢切断術の適応である。

1. 重篤な組織外傷:ズタズタに引き裂かれて汚染された創(B.5.1 参照)。下腿の開放骨折で切断に至るものは、このケースが多い。
2. 血管損傷:虚血性壊死を発症した場合;コンパートメント症候群で適切な治療がされず、2 つ以上のコンパートメントに壊死が及んだ場合(第 24 章 5 参照);もしくは血管損傷に重篤な組織外傷が合併した場合(B.5.1 参照)。
3. 多発外傷:身体の他の部位に致命的な外傷があり、患肢の温存よりもそちらの外傷治療の方が優先される場合。特に血流バイパス術を行ってでも血管修復が必要な場合など。こうした症例において、四肢切断術や関節離断術はダメージコントロールのひとつとして考慮される。
4. 二次的出血:他の手段では出血がコントロールできない場合。
5. 制御困難な感染:発熱、敗血症、貧血を伴い、患肢に腐敗や壊死を認める場合。ただし、嫌気性蜂窩織炎や筋炎が 1 つの筋群に限局しているケースでは、切除や筋コンパートメントの減張切開にて治療可能なことがある。
6. 持続する慢性感染症:持続的な疼痛があり、四肢の機能が失われている場合。創傷自体が生命に危険を及ぼすことはないため、医師の「正義感」だけで有益性に乏しい手術を繰り返すことは、かえって患者を苦しめる結果になる。患者によっては、患肢を動かすこともできず、痛みも感じない場合には、切断して義肢を選ぶこともある。

23.3.3 「血管損傷と重篤な組織外傷」の臨床病理学的分類

「血管損傷と重篤な組織外傷」という表現は、「ズタズタに引き裂かれ、高度に汚染された創」といった表現と同じで、いかにも一般的で曖昧な表現である。戦傷とはすなわち汚染創であり、多くはズタズタな状態である。しかし現代の外科学では、それらすべてが切断の対象になるとは限らない。

以下に述べるスキームは、赤十字外傷スコア(Red Cross Wound Score: RCWS)を用いた、様々な戦傷の臨床病理学的分類を基に、治療方針決定のガイドラインを提供するものである。

上記外傷は以下のように表現される。

・V=H 主要血管の損傷
・グレード 2 または 3
・広範囲な粉砕骨折を伴う(F2)
・骨欠損 タイプ C または D;(3cm 以上の骨欠損。骨移植が必要、治癒困難)

「血管損傷と重篤な組織外傷」の診療ガイドライン

1. 主要な神経が切断されている場合、四肢切断術が勧められる。
2. 神経損傷がなくとも、他の致死的外傷(脳、胸部、腹部 V=N、T または A)があり、四肢の血管の適切な修復治療ができない場合も、四肢切断が勧められる。
3. ただし、他の外傷があっても、一時的シャント術と筋膜切開術、骨折の適切な固定によって、患肢の再灌流が確保されており、かつ 24～48 時間の慎重な経過観察が可能な場合、患肢温存を試みる価値がある。
4. 再還流が望めたとしても、軟部組織欠損が非常に広範で、閉創できない場合、おそらく四肢切断がベストな選択となる。
5. 血行再建術が奏功しなかったり、敗血症が起きたりした場合も、四肢切断術が最善の方法となる。

23.3.4 ダメージコントロール手術

多発外傷症例では、正しく治療の優先順位をつけて手術をすることが重要であり、患者の状態が不安定な場合には、ダメージコントロール手術が必要なこともある。ダメージコントロール手術では、大腿切断術よりも膝関節離断術を行うことが多い。開腹術が必要な場合には可及的速やかに行う。外傷性四肢切断を負っている場合は、直ちに主要血管を結紮して止血し、後は十分な洗浄のみを行い、ドレッシングを施しておく。デブリドマンは状態が落ち着いてから行う。何度も述べているように、生命の危機にあるような重症外傷では、ABCDE パラダイムに沿って進める(B.4.1 参照)。

23.3.5 四肢切断の位置

下肢の切断で最も重要なことが、切断の位置である。残肢が長ければ長いほど、歩行にかかる労力は少なくて済む。残肢が短ければ、それだけ歩行にかかるエネルギーと酸素消費量が増える。

患肢の切断の位置は、骨折の程度によって決まるのではなく、軟部組織損傷の重症度で決まる。軟部組織が残せて義足が良好に装着できる最も低い位置で切断するのが望ましい。ただし、歩行に便利だからといって、患肢を温存しすぎると断端治癒に支障を来すため、義肢装具士や理学療法士とも相談し、最も適した切断部位を決めるのがよい。

また、切断部よりも近位側に骨折がある場合に、さらに近位側での切断を検討する必要はない。骨折部は確実に固定した上で、切断部位は軟部組織損傷の程度によって決められるべきである(例えば、大腿骨骨折を認めても、下腿切断術を行うケースがある)。

四肢切断術と関節離断術の基本原則

- 一般的に残肢は長い方がよい。
- 骨断端を筋組織でしっかり覆うことが重要である。
- 可能であれば、関節は常に温存した方がよい。
- 関節離断術では、術後に断端部に荷重が集中するため、必要な義足が手に入るならば、より近位側で骨幹部切断術を行う方が好まれる。
- 若い患者や小児で骨端線軟骨板がまだ開いている場合には、関節離断術のほうが、それより近位側での経骨的切断より望ましい。
- 切離断端より近位側の骨折は、施行可能な方法で固定すべきである。断端よりも近位側に骨折があっても、そこで切断する必要はない。
- 断端への植皮は軟部組織で十分に断端がカバーされた状態であればうまくいくが、骨断端や薄い線維性組織の上に直に植皮をしても成功しない。

23.4 標準的な外科手術：初回手術

初回切断術の目標は、待機的一次閉創術（DPC）に備えてすべての壊死・汚染組織を取り除くことである。重篤な四肢外傷を受けたケースでは創感染を来すことが多く、数回のデブリドマンや追加切断術を必要とすることもある。こうした症例は、特に対人地雷外傷でよく見られる。手術には 2 つの方法があり、1つは本章で述べる古典的手技で、もう1つは第 23 章 6 で述べられる筋形成切断術である。

23.4.1 術前準備

麻酔はケタミンが望ましい。腰椎麻酔は患者の血行動態が安定している際に用いられる。極端に言えば、四肢切断術は局所麻酔下でも施行することができる。

初回の四肢切断術はターニケットを用いて行うべきであるが、ターニケットの着脱により、筋収縮の程度や皮膚・骨の位置が変わるため、骨切断の位置を決める際にはそうしたことを念頭に置く必要がある。止血確認のために、ターニケットは手術終了の前に緩める。

手術時にはエアターニケットを用いること。

ICRC

写真 23.1
四肢は石鹸と水でブラシを用いて洗浄する。

23.4.2 軟部組織

外科医は、標準的な切断時の皮弁よりも、「症例に応じた皮弁」を作成しなければならない。初回手術で標準的な皮弁作成にこだわる必要はない。まず損傷を受けて壊死した軟部組織をすべて除去し、次に骨の切断部位をできるだけ遠位側に設定する。待機的一次閉創術（DPC）に備えて、組織には十分なゆとりを持たせておく。痛みがなく、義肢に合った、しっかりとした断端形成ができるように、骨切断部より遠位側の皮膚や筋肉はできるだけ温存するように努める。残った組織は多少不揃いでも問題ない。余分な骨や軟部組織は待機的一次閉創の際に切除すればよい。

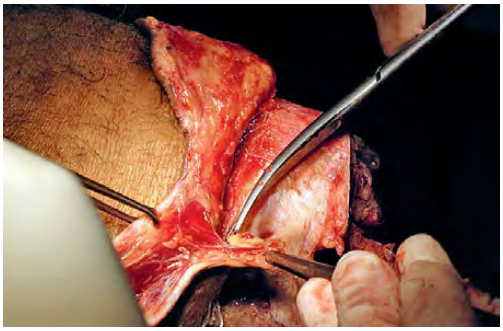
R. Coupland / ICRC

R. Coupland / ICRC

写真 23.2.1- 2
損傷によって皮弁の解剖が決まることが多い。

初回手術で皮弁形成術を完遂させようとしてはならない。
可能な限り軟部組織を残す。余分な組織は待機的一次閉創（DPC）の際に除去できる。

皮弁形成の際には、皮下組織と辺縁の皮膚をトリミングしておく。筋肉は線維に対して斜め方向に切離する。一部の筋肉を完全に残せるようならば、遠位側の腱を骨付着部から切離して温存する。



H. Nasreddine / ICRC

写真 23.3
皮弁を形成する際に、余分な皮下脂肪織を除去する。

F. Plani / ICRC

写真 23.4
外科医が切断した骨の断端にやすりをかけている。筋肉は線維方向に対して斜めに切る。

注:

筋肉は線維と垂直に切ると、炎症性浮腫により数日間かなり腫脹する。そのため、初回手術の際には適切な皮弁形成をしたつもりでも、待機的一次閉創(DPC)の際には、緊張がかかって縫合できないことがある。軟部組織も圧排されるため、創が癒合せず、骨短縮が必要となる。筋肉を傷つけずに剥離した場合は、こうした腫脹は起こらない。これが形成的筋皮弁術が必要となる理由である(第 23 章 6 参照)。

23.4.3 骨組織

壊死した軟部組織の切除後、骨は、できるだけ遠位で切断するが、4〜7 日後に行う待機的一次閉創(DPC)のため、骨断端を覆うのに十分な正常筋組織を残しておく。手術の最後に、作成した筋皮弁で緊張なく骨断端を覆うことができることを確認する。

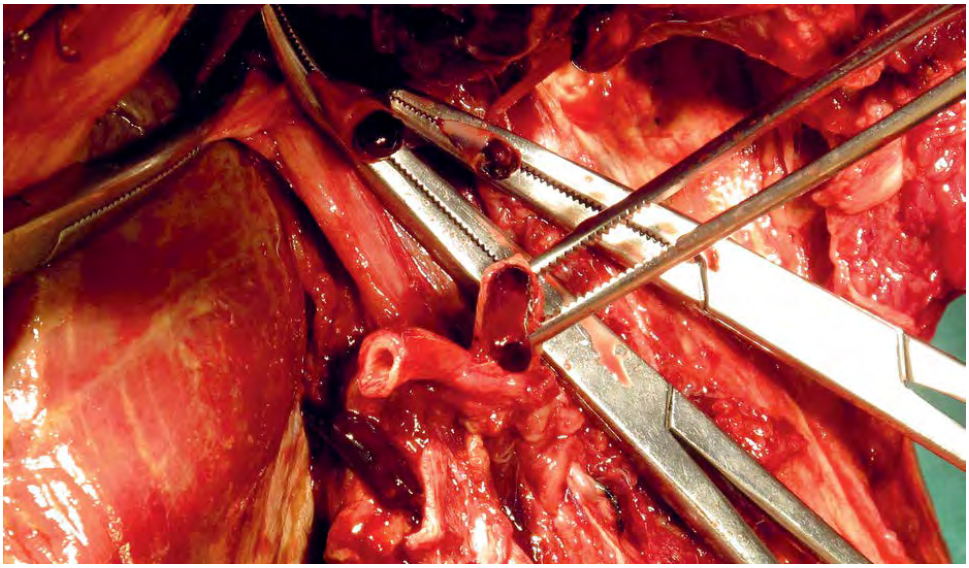
骨に付着している筋肉や筋膜、骨膜は、骨切断予定部の 1cm 近位側まで剥離する。骨切断は糸鋸で、生理食塩水で洗い流して冷やしながら行う。細い骨(腓骨、橈骨、尺骨)は、骨切り鉗子や肋骨剪刀で切ると、断端が潰れたり、近位側に螺旋骨折を起こしたりすることがあるので注意する。骨端に、やすりをかけて滑らかに鋭利な部分がないようにする。骨蠟(ボーンワックス)は汚染創に使用すると感染を起こすので使用するべきではない。小児の場合は過剰な骨成長を防ぐため、骨断端を骨膜で覆っておくことが望ましい。

脛骨前縁は斜めに切り落としておく。また、腓骨は脛骨よりも 1〜2cm 短くする。橈骨と尺骨は、できれば同じ長さに切断するのがよい。

23.4.4 血管

名前のついた血管は、動脈と静脈を別々に刺入二重結紮する。

写真 23.5
大きな血管は剥離して別々に結紮する。



H. Nasreddine / ICRC

23.4.5 神経

「牽引神経切断術(traction neurectomy)」は名前のある神経と皮下組織内で目視確認できる神経に対して行われる。有痛性神経腫のリスクを下げるため、愛護的に神経を牽引して可能な限り近位側で、よく切れるメスで切断する。神経断端はその後、筋組織の中に埋もれてしまうため、断端部に義肢ソケットの荷重がかかっても問題とならない。

有痛性神経腫は手術侵襲によって発生することが多く、神経に伴走する動脈は、結紮したり、焼灼したりしてはならない。これらはこすったり拭いたりせず、ガーゼで数分間圧迫するだけで、ほとんどの出血に対する止血としては十分である。例外として、比較的大きな血管が坐骨神経と伴走している場合には、血管を丁寧に剥離し、神経切断部とは異なる位置で結紮する。

23.4.6 止血、洗浄、ドレッシング

ターニケットを外して止血を確認する。創部を大量の生理食塩水、または飲料水で洗浄する。この時、輸液バッグに両手で軽く圧を掛けるか、またバッグを高く挙げて流しながら洗浄する。断端を大きめの吸収性ガーゼで被覆し、滲出液が染み込むようにしておく。包帯はしっかり巻くが、締め付け過ぎないこと。

ICRC

写真 23.6
大量の生理食塩水で断端を洗浄する。

皮膚収縮の予防のために断端の皮膚に数針減張縫合を加えることは推奨できない。これは、皮弁の下に大きなタンポナーデを作り、ドレナージが阻害され、皮膚と筋肉を絞扼し、その結果浮腫を生じるだけである。

断端は初回手術時に閉鎖してはならない。

23.4.7 術後管理

患肢は浮腫を軽減するためにベッド上で挙上し、断端は関節拘縮を予防する肢位とする(第 23 章 9 参照)。術後疼痛は注意深く観察し、十分な量の鎮痛薬を投与する。これによって術後早期からの理学療法が可能となり、筋力を維持し関節拘縮を予防することにつながる。理学療法は術後直ちに開始すべきであり、待機的一次閉創術(DPC)が終わるまで待つ必要はない。

ガーゼ交換は、初回手術の後は DPC まで行わない。滲出液や血液が染み出した場合には、上からさらにガーゼを重ねて当てておくか、創部に直接当たっているガーゼだけを残して、外側のガーゼだけを交換する。

ただし、感染徴候を認めた場合には、病棟ではなく手術室で創部を再度観察すべきである。対人地雷による外傷性四肢切断症例では特に感染のリスクが高く、デブリドマンを繰り返す必要がある。

23.5 待機的一次閉創術(Delayed primary closure：DPC)

R. Coupland / ICRC

写真 23.7
四肢切断の断端における待機的一次閉創術(DPC)

待機的一次閉創術(DPC)は術後 5 日目に行う。断端の状態がよければ、最後のガーゼを剥がした際に、収縮した筋表面に出血を認める。

DPC の目的は創を閉鎖することだけでなく、筋組織によるしっかりとした厚みのある断端を形成することでもある。軟部組織がどのような形状であろうと皮弁を作成しなければならないが、長く採取できる後方皮弁が最も有用である。

初回手術での判断が正しく、かつ感染がなければ、骨を短縮する必要はない。しかし軟部組織で確実に骨端を覆うことができなければ、骨短縮が必要となる。

残された筋肉は骨端を覆うように縫合する。最もシンプルで多く用いられるのは、片方の筋肉を骨端を超える所まで牽引し、対側の筋肉や腱、骨膜などと縫合する方法である。他の方法として、特に大腿部や上腕・前腕部に適しているのは、残された筋肉を骨端を越えて拮抗する筋肉と縫合し、断端において生理的な筋の緊張作用を構築する手法、すなわち「生理的筋形成術」がある。

皮弁を形成したら、余分な皮膚を切除して縫合閉鎖する。「Dog ears」と余分な皮膚はすべて切除する。閉創に際して筋膜は、断端部で皮下脂肪組織層を覆う皮弁が可動性を保つよう、単独で結節縫合する。

血腫形成は避けなければならない。止血に細心の注意を払い、必要ならば吸引型ドレーンかペンローズドレーンを筋間や皮下に留置する。ドレーンは術後 24～48 時間で抜去する。

筋を覆う十分な皮膚が残っていない場合や、初回術後に皮膚が短縮した場合、義足の都合で骨短縮が行えず、結果的に温存した筋組織を覆う皮膚が足りなくなった場合などは植皮の適応となる。骨や軟骨の上に直接植皮することは避け、そういった場合は、外科的に断端の再形成を行う。

写真 23.8
植皮を用いた断端の待機的一次閉創術(DPC)

F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

切断手技の基本原則

・手術はターニケット装着下に行う。
・初回手術では、生きている軟部組織はできるだけ温存する。
・皮弁を別に形成する。
・筋肉と筋膜は、骨断端の 1cm 近位側まで剥離しておく。
・骨は必ず糸鋸で切断し、骨切り鉗子は用いない。
・骨断端にはやすりをかける。
・骨蠟は使用しない。
・大きな血管はすべて刺入結紮する。(動脈と静脈は別々に)結紮する。
・神経は愛護的に牽引し、シャープなメスで切断する。
・神経と伴走する血管は結紮したり凝固止血したりしない。
・閉創は一期的に行わない。
・待機機的一次閉創術(DPC)の際には、必要に応じてドレーンを留置し、術後 24～48 時間以内に抜去する。
・理学療法は初回手術後できる限り早期に開始し、DPC を待つ必要はない。
・四肢は関節拘縮を予防する体位に保持する。

23.6 筋形成切断術

前述したように、筋肉は線維と垂直に切断すると待機的一次閉創術(DPC)の前にかなり腫脹する。これは特に若くて筋肉の発達した患者に多くみられる。損傷を受けなかった筋腹は浮腫や腫脹といった影響をほとんど受けず、この場合の筋肉は柔軟で動かしやすく、縫合もしやすい。形成術に際しては、筋肉を全長にわたって剥離し、遠位側の腱で切離する。筋膜と皮下組織も一緒に授動するなら筋上皮皮弁(myoepithelial flap)となる。筋皮弁を引き寄せて DPC を行う。

以下の 3 つが筋形成切断術によく用いられる筋肉である。

・ヒラメ筋(写真 23.9.1－23.9.9)
・内側腓腹筋(写真 23.10.1－23.10.11)
・内側広筋(写真 23.11.1－23.11.9)

これらは特に対人地雷による外傷性切断を来した症例にみられる、「傘状効果(umbrella effect)」によって軟部組織や血管・神経などが骨から引き剥がされた状態に対して施行するとよい(第 21 章 5 と第 21 章 7.4 参照)。また ICRC の外科医は、様々な兵器関連外傷切断において、これを推奨している。

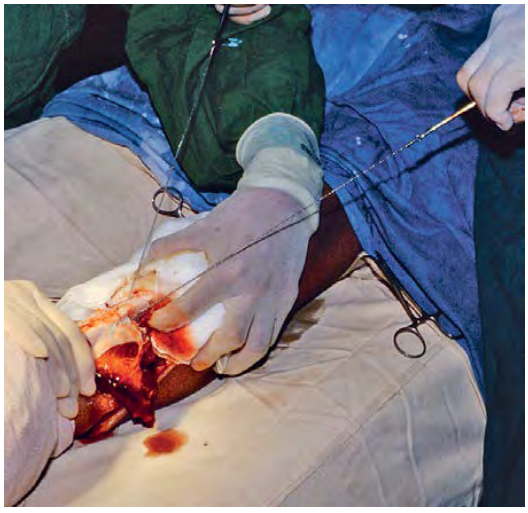
写真 23.9.1-23.9.9
ヒラメ筋による筋形成切断術。

R. Coupland / ICRC

写真 23.9.1
対人地雷による左足の外傷性切断症例。残肢の損傷は軽度に見える。

R. Coupland / ICRC

写真 23.9.2
前方筋皮弁と後方筋皮弁を作成した。前側方筋コンパートメントは挫滅していた（鑷子で把持された暗赤色の筋）。筋束をこれより近位で切離した。



R. Coupland / ICRC

写真 23.9.3
脛骨を、筋切離部よりもわずかに近位側で切断した。線鋸を用いて切断するが、脛骨前縁部には傾斜をつけた。骨端にはやすりをかけ、腓骨は 2cm 短く切断する。

R. Coupland / ICRC

写真 23.9.4
初回切断手術の終了時。脛骨断端よりも遠位側で温存できた筋肉はヒラメ筋のみであった。

R. Coupland / ICRC

写真 23.9.5
断端形成に備えて、初回手術時に軟部組織の量を調整しておくが、縫合閉鎖はしない。

R. Coupland / ICRC

写真 23.9.6
多量のガーゼと綿で創を被覆する。

R. Coupland / ICRC

写真 23.9.7
初回手術のガーゼを外しているところ。滲出液が乾燥して創部に張り付いている。

R. Coupland / ICRC

写真 23.9.8
断端には感染を認めず、DPC が可能である。形成したヒラメ筋を脛骨前縁の骨膜に縫合する。

R. Coupland / ICRC

写真 23.9.9
皮弁をそれぞれ縫合閉鎖した。創部は多量のガーゼで被覆した。術後 12 日目に抜糸。

写真 23.10.1- 11
内側腓腹筋による筋形成切断術

R. Coupland / ICRC

写真 23.10.1
対人地雷による左足の外傷性切断症例

R. Coupland / ICRC

写真 23.10.2
内側腓腹筋に損傷はなかった（外科医が示指で鈍的に筋肉を剥離している）。ヒラメ筋と前側方筋区画には挫傷を認めた。

R. Coupland / ICRC

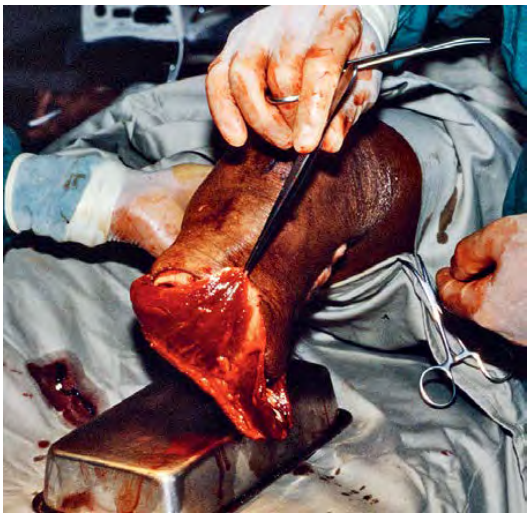
写真 23.10.3
線鋸を用いて脛骨と腓骨を切断し、やすりで断端を滑らかにした。

R. Coupland / ICRC

写真 23.10.4
ヒラメ筋と前側方筋群を骨切断部のすぐ近位側で分離し、損傷のない内側腓腹筋から剥離した。

R. Coupland / ICRC

写真 23.10.5
内側腓腹筋をアキレス腱のレベルで切離し、遠位側の患肢を切除した。



R. Coupland / ICRC

写真 23.10.6
脛骨断端は内側腓腹筋の筋腹で容易に被覆できた。

R. Coupland / ICRC

写真 23.10.7
DPC の際に、ガーゼがフィブリン凝固により筋肉と癒着していた。筋肉は収縮と出血が見られる。

R. Coupland / ICRC

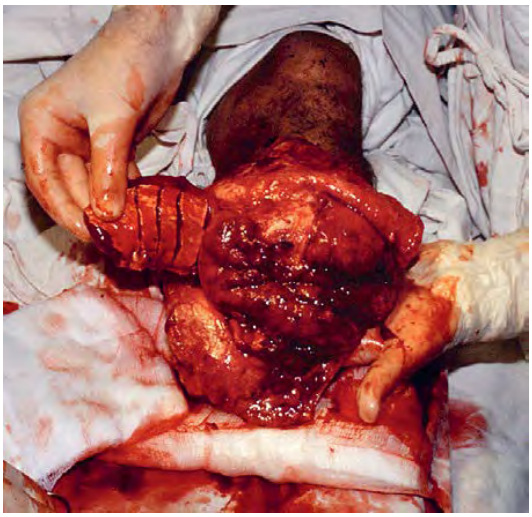
写真 23.10.8
切断した損傷筋肉は腫脹していたが、損傷のない内側腓腹筋の腫脹ははるかに軽度であった。

R. Coupland / ICRC

写真 23.10.9
脛骨断端は、形成した内側腓腹筋によって内側と外側から覆うことができた。筋皮弁はそれぞれ、脛骨前側方面の骨膜に縫合固定した。

R. Coupland / ICRC

写真 23.10.10
皮弁により筋形成部を覆った。



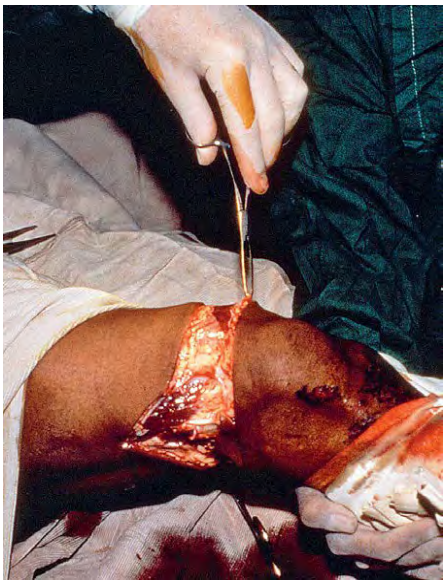
R. Coupland / ICRC

写真 23.10.11
減張の必要があれば、内側の筋膜に切開を入れる。

写真 23.11.1 - 9
内側広筋を用いた
筋形成切断術

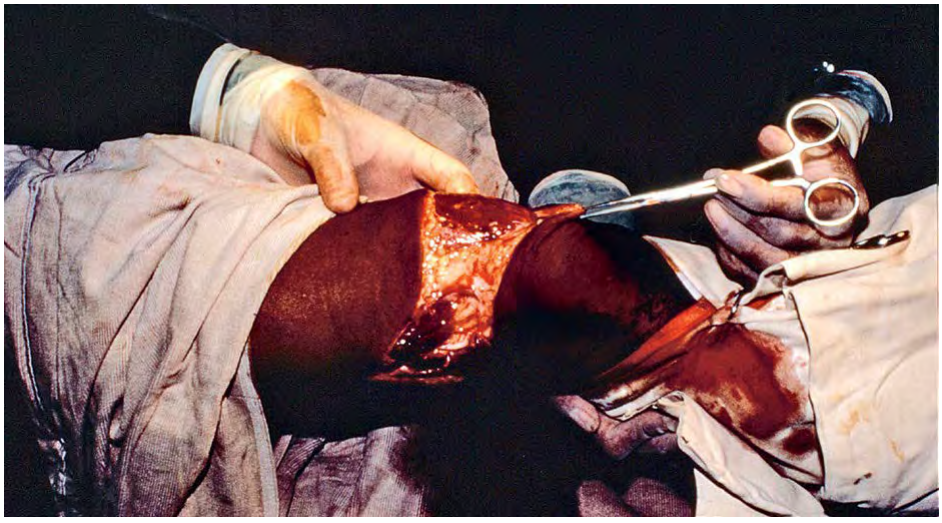
R. Coupland / ICRC

写真 23.11.1
対人地雷による左足外傷性切断（現地で応急処置されている）。右下腿も対人地雷の爆発でズタズタの状態である。



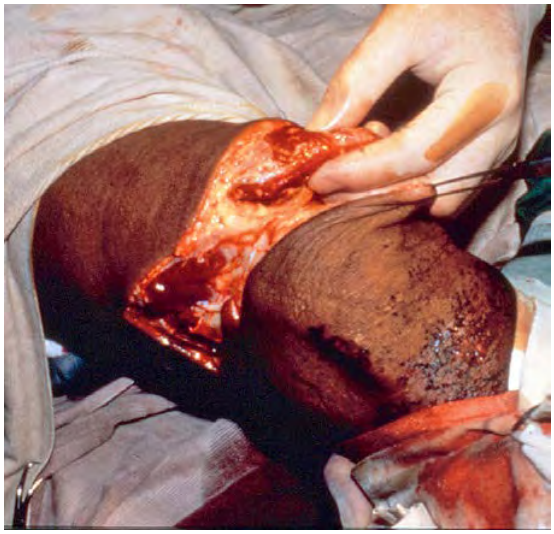
R. Coupland / ICRC

写真 23.11.2
左足切断に加えて右下肢の挫滅が著しく、膝上で切断術が必要と判断された。膝蓋骨上縁から、“fish mouth”を形成できるように皮膚切開。内側広筋まで切断しないように注意する。



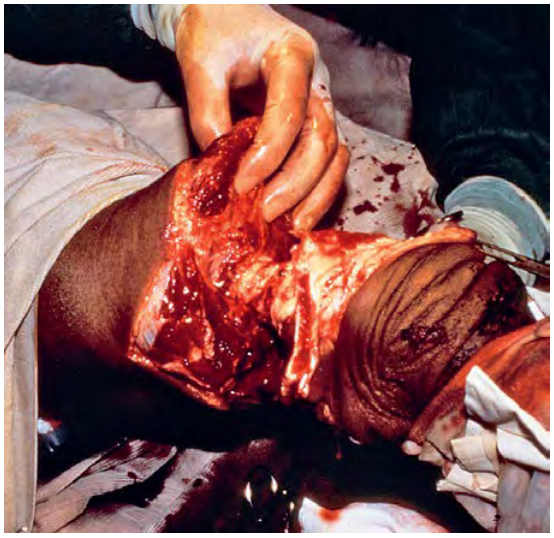
R. Coupland / ICRC

写真 23.11.3 内側広筋の筋腹を剥離して露出する。



R. Coupland / ICRC

写真 23.11.4
遠位側の皮膚を尾側に牽引しつつ、内側広筋を大腿四頭筋腱の腱付着部から剥離した。術者の左示指が筋の深さを示している。



R. Coupland / ICRC

写真 23.11.5
損傷のない内側広筋を挙上し、他の筋群を骨切断部のやや遠位側で切離する。

R. Coupland / ICRC

写真 23.11.6
大腿骨顆に向かって骨幹部が広がっていく部分を線鋸で切断する。助手は軟部組織が巻き込まれないように把持する。

大腿動脈と静脈はそれぞれ別に刺入結紮し、坐骨神経は愛護的に牽引してシャープなメスで切断する。筋コンパートメント間の坐骨神経周囲の脂肪織と血管は汚染されていたため除去した。

R. Coupland / ICRC

写真 23.11.7
ターニケットを緩め、止血を確認する。損傷のない内側広筋によって骨断端は容易に覆うことができる。断端は開放創とし、よく洗浄してガーゼで被覆した。

R. Coupland / ICRC

写真 23.11.8
DPC のため、5 日後に手術室に戻った。滲出液がガーゼの表面まで染み出していたが、乾燥していた。断端に感染は認めず、縫合可能な状態であった。

R. Coupland / ICRC

写真 23.11.9
内側広筋による筋形成部は、外側の大腿筋群やその筋膜に縫合固定したが、骨膜に固定することも可能であった。最後に皮弁を縫合閉鎖した。6 日後にガーゼを交換し、12 日目に抜糸を行った。

23.7 ギロチン切断術

ギロチン切断術は、緊急時に患者を瓦礫や事故車両の下から引きずり出すための最後の手段としてのみ行う。非常に状態の悪い患者では、関節離断術を選択する方がよい。手術時間も短く、出血量も少ないため、ダメージコントロールの点で適しているからである。

ギロチン切断術は通常の手術で用いてはならない。

皮膚、筋膜、筋肉は一刀のもとに切離する。「coup de maitre（神業）」という古典的切断ナイフはこのために用いられていた。骨はやや近位側で切断し、血管と神経は骨と同じ位置で、通常通りに処理、切離する。

もしギロチン切断の位置が低すぎた場合、壊死した筋肉を取り残す可能性があり、また高すぎた場合は、必要以上に切除してしまうことになる。血管は筋肉の中に引き込まれるため、止血はより難しくなる。さらに創閉鎖は、特に下腿や大腿の中央付近で切断した場合、皮膚の収縮のため難しくなる。結果的に、筋肉の著明な浮腫と腫脹により、治癒後に義肢に合わせるための断端再形成が必要となるため、ギロチン切断は可能な限り避けるべき方法である。

写真 23.12
ギロチン切断術後の断端の浮腫。

D. Rowley / ICRC

23.7.1 ギロチン切断の開放断端の管理

外科医がギロチン切断症例を目にした場合、断端管理の方法は、創部の状態と切断されてからの経過時間によって決める。

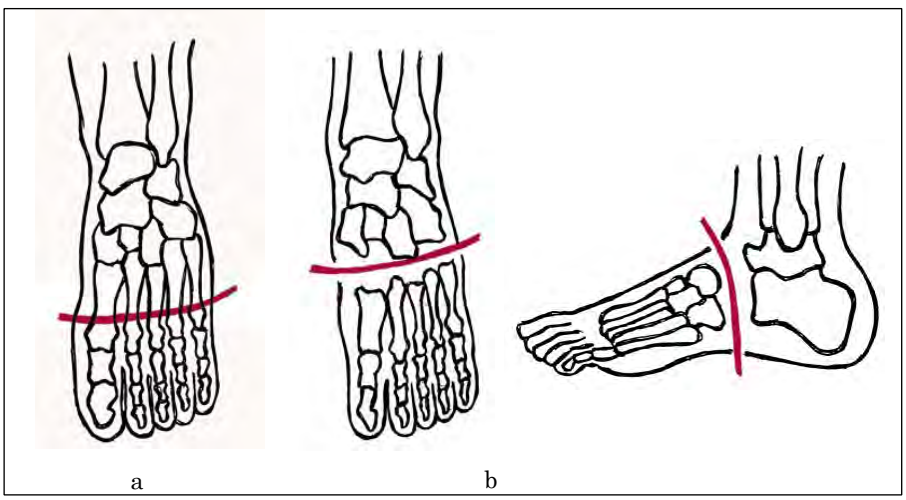
1. 術後 48時間以内の場合は、適切な位置で再度切断を行い、可能な限り軟部組織を残しておく。創は縫合せず、5 日後に待機的一次閉創術（DPC）を行う。
2. 術後 48 時間以後の場合は、創部がまだ清潔なら断端はそのままとする。2〜3 日ごとにガーゼ交換を行い、下肢を挙上しておく。2 週間程度で炎症性浮腫が落ち着いてくるので、再度切断を行い、5 日後に DPC を行う。
3. 断端が感染していた場合、壊死汚染組織のデブリドマンが必要となり、これは数回繰り返さなければならないこともある。創は縫合せず、感染が治まるのを待ってから、DPC を行う。

23.8 その他の四肢切断と関節離断

様々な高さの切断の詳細な手術手技については、整形外科の成書を参照のこと。本章では資源の限られた環境における戦傷管理に絞って述べる。

23.8.1 足部切断

外傷部位が足の先端のみで、踵骨とその周囲の軟部組織が残る症例がある。いくつかの位置での切断・関節離断術について述べる。

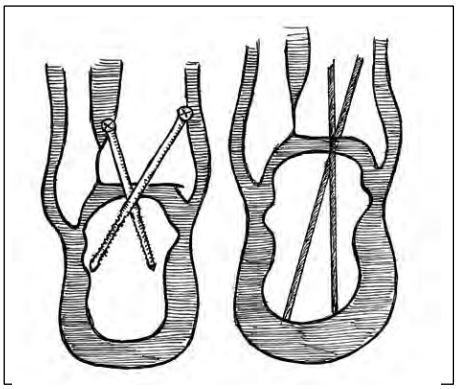


N. Papas / ICRC

図 23.13.1
足の部分切断術
a. 中足骨骨幹部を横断する切断
b. 中側骨－足根骨関節離断

ICRC

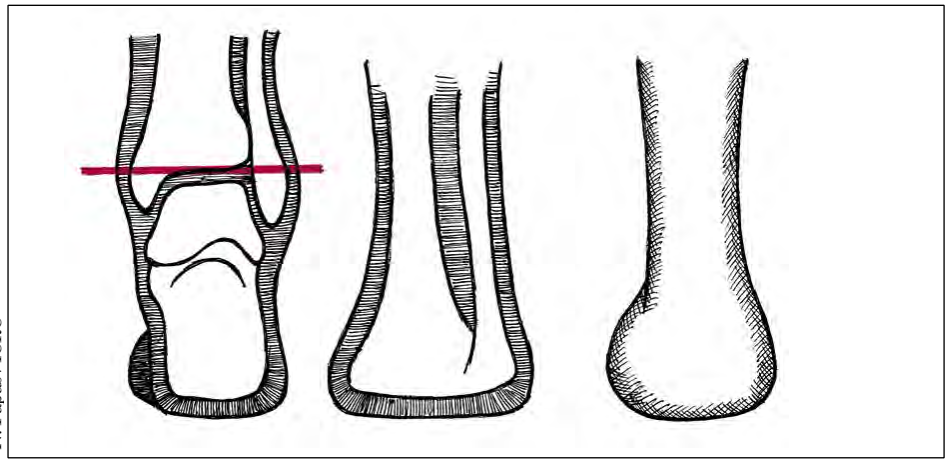
写真 23.13.2
足の部分切断とよくある問題：皮膚外傷と、筋肉のアンバランスによる踵部の傾斜



N. Papas / ICRC

図 23.13.3
踵骨部の傾斜への対応策：スクリューやスタインマンピンによる踵関節の固定

裸足で生活する地域や、沼地や水田など農地で働く人には、断端部で直接身体を支えることができる「サイム（Syme）切断法」が好まれる。高い位置での切断には義足や松葉杖などが必要となる。サイム法では、四肢の長さを維持し、骨端成長線を温存でき、簡単な義足を用いて断端を保護できる。外観上の利点も大きい。



N. Papas / ICRC

図 23.14.1
サイム（Syme）切断術

V. Sasin / ICRC

V. Sasin / ICRC

写真 23.14.2-3
サイム切断術と手作りの義足

ICRC の経験

サイム切断はカンボジアやベトナムで広く用いられてきた。その背景には小型地雷による足先端部の損傷が広い地域で起こったことと、また患者の多くが水田などで働く農民であったため義足が泥にはまりこむのが嫌われたことがある。

こうした足部の切断術や離断術を受けた患者は、義足なしでも短い距離なら歩行が可能であるが、患肢に全身の体重をかけられないことが多く、機能性については脛骨での切断の方が優れている。

23.8.2 脛骨での切断術

脛骨での切断は戦傷治療で最も多く用いられる切断術式で、シンプルな義足により患者は高い身体機能を得られる。

骨切断の位置は、歩行の生体運動学上、非常に重要である。従来、脛骨粗面より 12～14cm 下方（再短で 5cm）で切断すると定義されており、これは身長 30cm あたり 2.5cm の脛骨の長さになる。ほとんどの脛骨切断術は近位側 1/3 の高さで行われるが、中 1/3 の範囲で切断しても、義肢は簡単で適切に装着できる。義肢装具士と相談し、最も適切な、現地の装具技術に見合った切断位置を決めるのが望ましい。

図 23.15.1
義肢装具士からみた、長すぎる断端と・短すぎる断端。

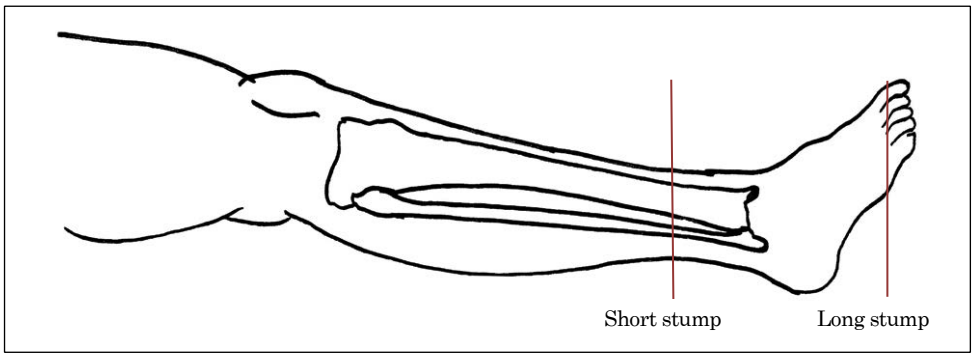
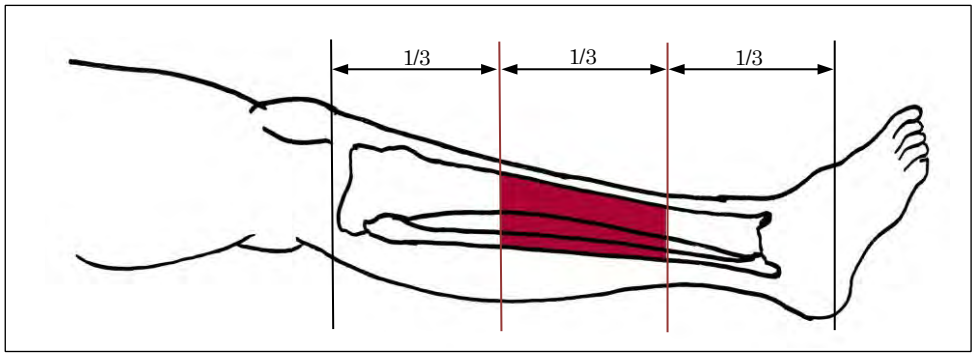


図 23.15.2
理想的な断端の長さ：中 1/3 の範囲内で切断することが望ましい。



脛骨は前傾斜をつけて切断すべき。腓骨は脛骨より 1～2cm 短く切る。
すべての骨の切断端はやすりをかけて滑らかにする。

軟部組織皮弁の有用性は外傷の状況による。もちろん外科医は、どのような組織が残っていようと、荷重のかかる面を適切に被覆できるように、作成しなければならない。下腿前側方の筋コンパートメントは大きな損傷を受けることが多く、組織が壊死しているかどうかは慎重に評価する必要がある。もしそれらが骨端を覆うのに有用でなければ、切除することもやむを得ない。

腓腹筋などの長い後方フラップは、骨端を覆うのに最も適している。余分なヒラメ筋は、断端が膨らむのを防ぐために、斜めに少し切り取ったり完全に切除することもある。軟部組織が多すぎるのは、少なすぎるのと同様、手術ミスであり、時に「象の足（elephant trunk stump）」と呼ばれる巨大な断端となる。前述したように、筋形成切断術（ヒラメ筋を犠牲にして腓腹筋による筋上皮フラップを作成する）では、非常に良好な断端被覆が可能となる。

短すぎる脛骨断端

切断の位置が脛骨の上 1/3 と高く、残った軟部組織が適切に骨端を被覆していない患者が時折みられる。また、腓骨断端が短いと、脛骨と繋がっている骨間膜の支持では腓骨断端が正しい位置に保てず、側副靭帯によって強く外側に引っ

張られることで、腓骨頭が傾き、外転して飛び出してしまう。ICRC の義肢装具士は、そうした症例では腓骨頭を切除することを推奨している。腓骨頭切除によって骨頭が飛び出すことがなくなり、また筋肉で覆うべき骨容量が減るため、緊張をかけずに縫合閉鎖することが容易になる。義肢がいったん適合すれば、膝が不安定になることはない。

術後体位と理学療法

下腿切断後は、通常膝関節は屈曲する傾向にあり、膝関節の屈曲拘縮を予防する方策をとらねばならない。四肢は枕かブラウンボーラー・フレーム（Braun-Böhler frame）にのせて挙上し、浮腫を予防するが、膝は屈曲させない。術直後の患肢固定にブラウンボーラー・フレームが手に入らなければ、石膏ギプスによるバックスラブで固定し、その後は必要であれば夜間のみ装着する。患者には枕の上で膝関節を伸展させ、できるだけ仰臥位で寝るように、また下肢をベッド端や松葉杖の持ち手からぶら下げたりしないように指導する。

23.8.3 膝関節離断術

膝関節離断術を初回手術で行う適応として、ダメージコントロールが目的の場合がある。血行動態が不安定な患者に対し、手術創の大きさと出血量を最小限に抑えるためにこの術式を用いることがある。これは骨を切断することなく迅速に施行でき、2 回目の手術で経大腿骨切断に変更することも可能である。

膝関節離断術が一次的なものになるか永久的なものになるかは、もっぱら義肢装具技術によって決まる。長年にわたり ICRC の外科医は、膝関節離断術よりも経大腿骨切断を行ってきた。ICRC の技術者が膝関節離断後に適した義肢を開発したのはここ最近のことである。

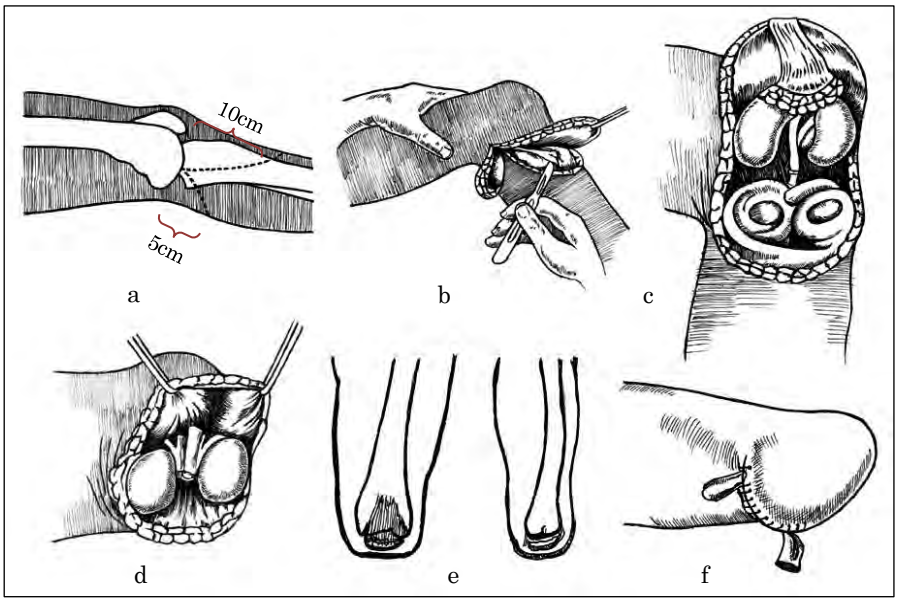
利点と欠点

関節離断術の是非については、特に適切な義肢装具技術のない地域では、多くの議論がある。もし適切な義肢装具技術があれば、膝関節離断術は他の切断術と比較して機能的によい結果を得られる。その一方で、美容的には問題がある。大腿骨顆状突起が目立ち、膝の中心の高さが正常の下肢と比べると低く見えることなどである。これは生理的機能にも影響する。小児では下肢の骨端を残すことが大きな利点となる。

膝関節離断術の難しい点は、骨端を覆うのに十分な軟部組織を残すところにある。皮膚と皮下脂肪のフラップだけでは、荷重のかかる骨端を覆うのには不十分で、ソケット部分に特殊なスポンジ状の裏打ちをした義肢を用いる必要がある [3]。このような義肢がない場合は、外傷の形態上可能であればだが、後方からの筋弁を前面の骨膜に縫合固定して、パッドになる部分を手術的に形成することを考える

手術手技

様々な膝関節離断術の手技があるが、すべて大きな外科的侵襲を伴うものである。



M. King Volume 2 adapted

図 23.16
膝関節離断術のテクニック
a. 前方、後方のフラップの位置を確認する。
b. 前方フラップは膝蓋骨の腱を露出・切離するように剥離していく。
c. 十字靭帯を切断。断端を縫合切離する。
d. 膝蓋骨腱は十字靭帯の残り部分と縫合する。半月板は取り除く。
e. 前方、及び内側から見た断端。
f. 断端を縫合閉鎖しドレーンを留置する。

関節軟骨は切除しなくてもよい。

ICRC の外科医と義肢装具士はその経験から、最も単純な手術を勧めている。外傷の状況が、もしも膝窩部の皮膚よりも前方の皮膚が強い場合は前方皮弁を用いるのがよい。軟部組織パッドとして最も有用性が高いのは腓腹筋フラップである。創状態が腓腹筋フラップに適していなければ、下腿の筋肉を近位の骨付着部で切断する。膝蓋骨は温存し、半月板は切除する。残った関節軟骨はそのまま温存する。待機的一次閉創術に備えて、露出した軟骨が乾燥しないよう湿潤環境になるようなドレッシングを続ける。待機的一次閉創術では膝蓋骨腱を十字靭帯と後方関節包と縫合し、後方筋フラップは前方の骨膜と縫合する。皮膚を閉鎖して終了する。

膝関節離断術は熟練した外科医がいる状況で、かつ事前に義肢装具チームと相談の上で行うべきである。

写真 23.17.1-2
膝関節離断後の断端

23.8.4 大腿骨での切断術

膝関節を失うと、歩行するのにかなりの労力を要し、また、多くのエネルギーと酸素を消費することになる。それは義足への荷重が断端ではなく鼠径部にかかるためである。大腿骨はできるだけ温存するべきで、少なくとも大転子部より 10cm の距離が必要である。断端が極端に短くなる場合には、管理法について装具士と十分に相談する。

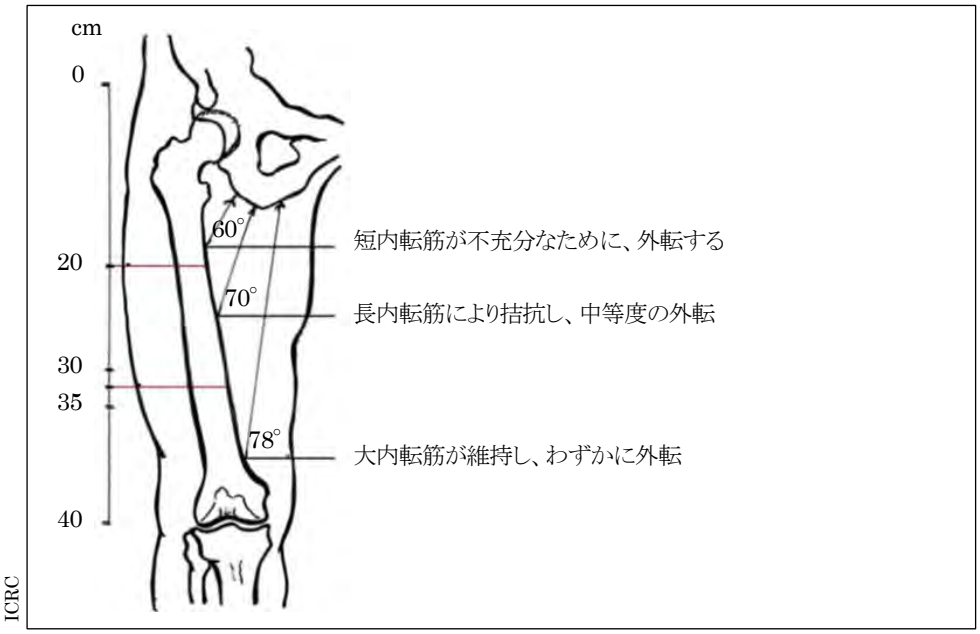


図 23.18.1
大腿切断断端を長く残すと術後の機能性がよい。短い断端では歩行時に外転筋群に大きな負荷がかかる。

横断された筋肉が浮腫を起こすことも考慮しなければならない。外傷の状況が許す限り損傷のない筋肉は残すのが望ましい。これは、特に膝関節近くで内側広筋フラップを考える場合には重要である。筋組織を用いた断端形成術では、拮抗する筋の筋膜をたがいに縫い合わせるのが一般的である。

ICRC

写真 23.18.2
左大腿部の断端は仕上がりがよい。右大腿部の断端は骨を覆う軟部組織の量が不十分である。

大腿の近位側 1/3 で切断を行う際、外科医は残った内転筋群と外転筋群のバランスを保つために、拮抗筋群を最大限残す努力が必要である。しかし、時には骨端の被覆に十分な筋肉が残せないこともある。そういうケースでは、できるだけ厚みのある軟部組織によるパッドを作ることを目指す。

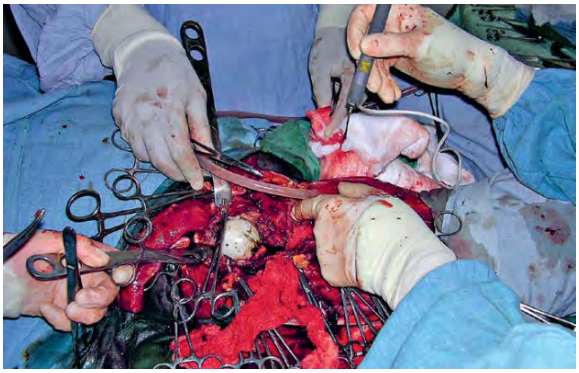
前述の通り、対人地雷外傷では、坐骨神経周囲の脂肪織は汚染があれば除去すべきである。

術後の体位と理学療法

経大腿骨切断術後は、股関節が屈曲・外転・外旋しやすくなっており、これをできる限り防ぐため、断端の下に枕は置かない。側方にクッションを置くのは外転を予防するのに有効である。患者に正しい体位を教え（伸展・内転）、できるだけ長い時間、仰臥位になる回数を増やすように促す。内転機能の欠損を補うために、残存筋群を強化する特別なトレーニングが必要となる。

23.8.5 股関節離断術と片側骨盤切断術

これらの切除術は幸いにも戦傷では稀である。骨盤と腹部の双方に関連した外傷はたいてい重症であり、患者を救命できないことが多い。これらの切断術が必要となるのは、通常さらに遠位側の切断術が奏功せず重度の感染を起こした場合である。手術に際しては、骨盤構造はできるだけ温存し、周囲の軟部組織を可能な限り寄せて創部を被覆する必要がある。



E. Dykes / ICRC

E. Dykes / ICRC

写真 23.19.1-2
股関節離断術：切断手順

23.8.6 上肢切断術

R. Sidler / ICRC

写真 23.20
クルッケンベルグ（Krukenberg）法：機能回復のための理学療法は患者が社会経済的に復帰するための第一歩である。

原則として上肢は可能な限り長く温存することが望ましい。できるだけパドル（腕に装着する部分）の長い義肢を提供するためである。パドル部分が長いと、義肢は安定し、装着時の痛みも少なくてすむ。したがって、肘下の短い前腕部切断は肘上切断よりも優れている。肘下切断では、橈骨と尺骨はそれぞれ同じ位置で切断し、拮抗する筋群同士が互いに骨断端を被覆するように、それぞれを縫合する。最も重要なことは、残存上肢の機能的肢位である。つまり、縫合時に肘関節を 90 度屈曲し、前腕を回外しておくことで、術後に残存肢によるあらゆる動作が可能となる。上腕切断術では、義肢の支持部となる上腕骨頭の温存にこだわる必要はない。

ICRC の経験

1990 年代のシエラレオネ内戦中、多くの人々が両手切断の被害に遭った。ICRC の専門外科チームが再建手術として「クルッケンベルグ（Krukenberg）法」を 11 人に対して行った。この手術は元々ドイツ人外科医により第一次大戦直後に発表されたもので、地雷撤去の際に爆発で両手を失い失明した患者を治療するための手技であった。橈骨と尺骨を分離し、小さなものをつかめるようにペンチあるいは「箸」のようにしている。皮弁は前腕の側方と正中から授動し、それぞれの分離した骨を包むように形成する。断端部の知覚もあり、盲目の患者も大きな点字（Braille script）を読むことができる。シエラレオネの患者は、盲目ではなかったが、クルッケンベルグ法によって物を把持する上でよりよい感覚を得ることができた。患者は術後、簡単な義手を装着したのと同様に、物を持つことができ、食事を摂り、身の回りの清潔を保つことができた。こうした症例には、術後の長期的な理学療法と精神的ケアが必要であった。

いかなる切断術においても、外科医・義肢装具士・理学療法士の緊密な相談が、患者にとって最良の結果を出すのに不可欠である。

23.9 術後管理

切除後断端の包帯固定が固すぎると、脛骨前面の皮膚に容易に血流障害を起こす。愛護的かつしっかりとした包帯固定により、浮腫と痛みが軽減する。

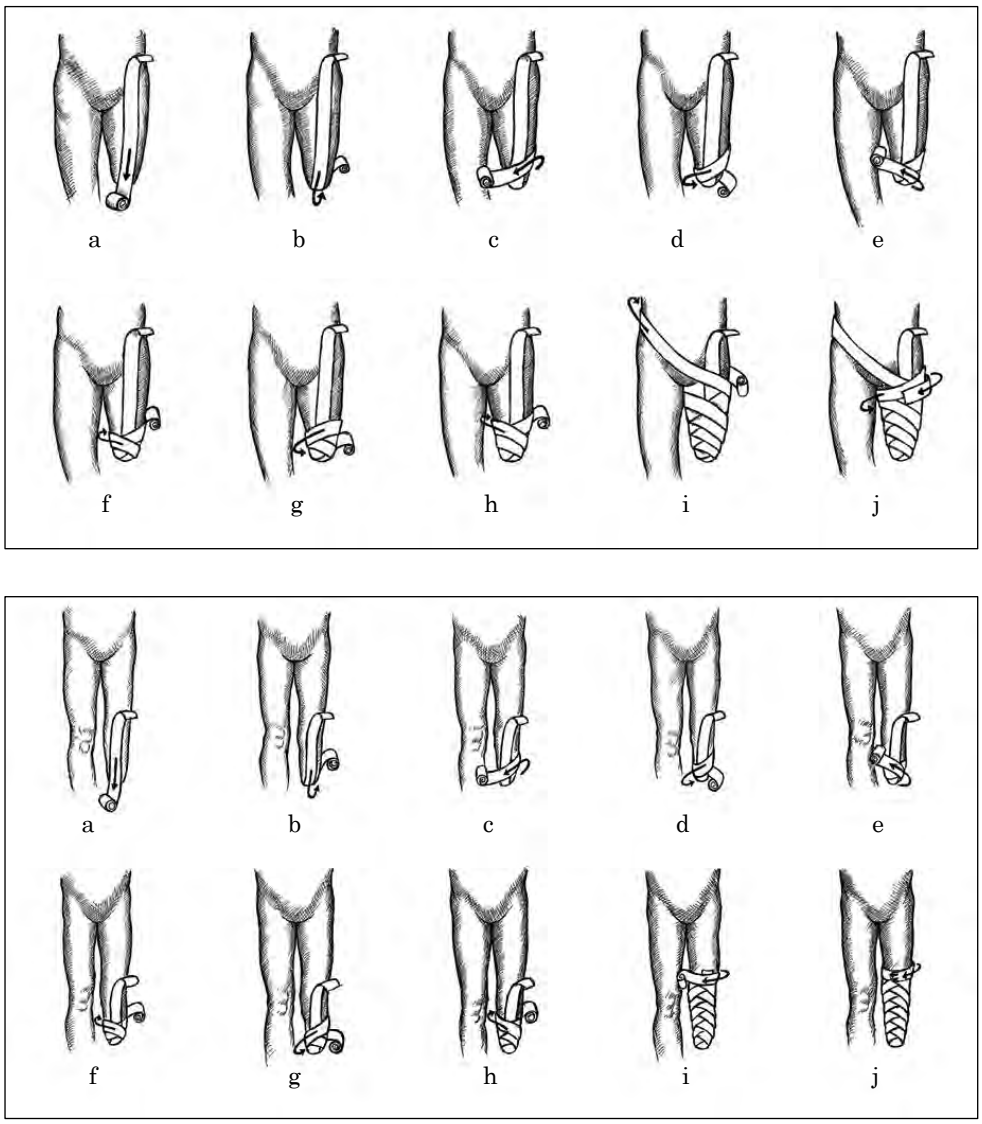


図 23.21.1-2
切除後断端の 8 の字弾性包帯固定。

包帯の幅も断端に合わせる：下腿切断術では 8～10cm、大腿切断術では 10～15cm。

包帯は常に断端から巻き始め、浮腫改善のため近位側リンパ節のある部位（膝窩または鼠径部）で巻き終わる。圧迫は遠位側で強く近位側で弱くする。

包帯の幅の半分ずつを重ねていくように巻き、しわのないように伸ばす。包帯は小さな創が断端にあっても巻くことができる。

関節が屈曲したまま拘縮に至るのを予防するために、何らかの対策が必要である。残存する関節の拘縮を予防し可動域を保つために、理学療法は直ちに開始するべきで、待機的一次閉創術（DPC）の前であっても、早すぎることはない。また全身運動も、患者が歩行を始める準備として開始する。さらに切断肢の残った筋組織を強化するための特別な運動の指導も行う。

術直後の疼痛の強さは、後に発生する慢性疼痛の発生率と関連すると考えられている。優れた疼痛管理は患者満足度につながるだけでなく、早期からの効果的な理学療法を可能にする。

抜糸は通常術後 12 日目頃に行う。

23.10 リハビリテーション

リハビリテーションが完結するまで患者の治療は終わらない。これは本書の扱う内容の範囲を超える、専門性の高い再建術でも同様である。術後長期にわたる理学療法、義肢の装着、それに続く職業訓練。こうしたことは、患者が社会の中でできる限り活動的で自立した姿を取り戻す一助となる。

患者が義肢に慣れ、社会経済的に復帰できるようになるまで治療は終了ではない。

W. Krassowski / ICRC

写真 23.22
身体機能回復リハビリの重要性：地雷外傷患者（コロンビア Cucuta 義肢装具センターにて）。

創傷が治癒すれば、包帯をしっかり巻くことで浮腫を軽減し、断端の形を保つことができる。理学療法士は最も患者の近くにいるスタッフであり、断端の所見から、義肢装着にふさわしい時期を決める役割を担う。義肢装着は、術後 3 か月頃と考えられていたが、義肢装具センターの専門性と仕事量にもよるが、もっと早期（皮膚を縫合閉鎖してから 6〜8 週間後）に行うことが可能で、ICRC のリハビリ施設では、これがルーチンの治療となっている。術後数日以内に装着できるような一時的な義肢は、資源の限られた地域では、ほとんど手に入らない。

義肢装具の製作には特別な作業場と熟練した技術者が必要である。身体機能回復リハビリにおいて最も大切なことは、義肢を適合させ、患者に使い方を指導し、メンテナンスを行うことであるが、それは同時に、低所得国の医療制度にかなりの経済的負担を強いる。一方、義肢が適合した患者は、そうでない者と比べて社会経済的負担は少なくてすむ。

義肢の調整や交換は 3 年ごと、起伏の多い土地に住む患者では 2 年ごとに、成長期の小児では 6〜12 カ月ごとに行う。義肢は高価であり、また先進国の技術を取り入れた装具は、ほとんどの人々には手が届かない。10 歳の時にけがをした子供が、その後 40〜50 年生きるとすると、25 個の義肢が必要となる。単純な技術を用いても下腿用義足で約 100US ドル、大腿用義足で 250US ドルかかる。これは月収 15〜30US ドルの国々ではとうてい手の届かない金額である。多くの人が松葉杖を買う余裕しかないことにも頷ける。

四肢切断という戦傷を負った何千人もの患者に対して、輸入品に頼らずに十分な数の義肢や松葉杖、車椅子を生産することは難しい。ICRC はポリプロピレンによる製品に注目している。ポリプロピレンは安価な合成化合物で扱いやすく、保管もしやすい。また化学添加物が不要でリサイクルでき、多くの低所得国で生産されている。加えて防水性で湿気にも強いことは熱帯諸国では重要な点で、ポリプロピレンは資源の限られた国々で四肢切断後の患者の義肢として適している。

ICRC の身体機能回復プログラムと義肢装具工場については付属の DVD を参照のこと。

断端の形状の評価と合併症の有無を確認するため、定期的なフォローアップが必要である。義肢装具使用における患者の受け入れ状況と、精神状態、社会経済的な復帰状況なども併せて確認する。慢性疼痛と抑鬱症状、薬物乱用はよくみられる問題で、適切な介入が必要である。

こうした努力をしても、なお多くの問題が残る。義肢装具の故障を現地で修理するのは技術的に容易でないことが多く、工場がある都市部までは遠く輸送費用もかかる。また、先進諸国に見られるような、仕事や生活に対する補助手当は、途上国の地方部では得られないことが多い。現地で支給される手当は、あっても微々たるものでしかない[4]。

さらに、四肢を失うという肉体的な外傷に加えて、特に若い成人では、自分の外見が大きく変わるという精神的な外傷に、自分一人では耐えられず、悲しみに沈んだり、まるで近親者や親友を失った時と同様の反応を示すこともある。

四肢切断後の患者はしばしば家族を養っていかなければならず、またあるいは社会からは身体障害者であることを不名誉なこととして冷遇されることがよくある。患者らは障害を理由に、解雇されたり、離婚されたり、あるいは結婚するのも難しく、社会的に疎外されることがある。これらは、元々の身体的障害に続く一連の苦悩のほんの一部に過ぎない。戦争で四肢を失った世界中の人々に対して、精神的支援や経済的援助など、するべきことは沢山ある。

病院やリハビリセンターで実行できる、簡単で効果的な精神的サポートの方法は多くある。場合によっては、リハビリプログラムを完了した患者が、社会環境に応じて、同じ村出身や、同じ部族の新しい患者を訪問するように頼まれたりもする。また、患者を術後早期からリハビリ施設に案内し、他の患者のリハビリを見学させたり、社会復帰に向けて必要な情報共有をしたりもする。多くの ICRC のリハビリ施設では、四肢損傷患者自身が、技術者や従業員のかなりの割合を占める。患者を有給職として雇用するシステムの一例である。

23.11 合併症と断端の修正

多くの患者が術後早期から晩期に至るまで、皮膚トラブルや創部感染、壊死など、多数の合併症に悩まされている。最も多いのは有痛性神経腫、幻肢痛、慢性疼痛、軟部組織の余剰、骨突出、異所性骨化などである。晩期合併症としては腰背部痛、不安定な歩行による関節の退行性疾患がある。

外科医は義肢装具士・理学療法士と共に患者を診察しなければならない。外科医にとっては「正常でない」断端でも、義肢装具の適合の面ではほんの小さな問題で、患者にさらなる手術を行うメリットはないかもしれない。断端修正のための手術は、義肢装具士が患者のニーズに合った機能的な義肢を提供するために依頼した場合にのみ行われるべきである。

診察は系統的に行われるべきで、外傷歴の聴取から開始し、必要があれば義肢を用いて行う。患者の全身状態も評価する。断端の評価も系統的に行われるべきで、単純 X 線写真も含めて評価する。

断端の状態	長さ	
	形状	
	関節の可動性：拘縮の有無	
	Choke 症候群：義肢の近位側がきつく、遠位側が緩いと静脈閉塞を起こす	
皮膚	炎症、感染	
	水泡、潰瘍	
	硬結	
	皮下嚢胞	
	その他	
瘢痕	癒着がなく柔らかい	
	癒着と知覚過敏を伴う	
	圧痛を伴う	
	「Dog ears」	
軟部組織	筋肉、皮下脂肪織	多すぎる（Elephant trunk）
		少なすぎる
		萎縮、線維化を伴う
		その他
	神経腫	
	遺書性骨化	
骨	長さ	
	脛骨前縁部の傾斜	
	腓骨の長さ	
	骨髄炎	
	骨棘	
	その他	

表 23.2　四肢切断部の断端評価における ICRC プロトコル

3. ICRC 義肢装具ワークショップ工場ではエチルビニルアセテートを使用している。
4. Hobbs L, McDonough S, O'Callaghan A. Life After Injury: A Rehabilitation Manual for the Injured and Their Helpers. Kuala Lumpur, Malaysia: Third World Network; 2012.

写真 23.23.1 – 23.23.8
よく見られる合併症。

H. Nasreddine / ICRC

写真 23.23.1
創部の感染

H. Nasreddine / ICRC

写真 23.23.2
球形断端と「dog ears」

H. Tarakhchyan / ICRC

写真 23.23.3
瘢痕の重積

H. Tarakhchyan / ICRC

写真 23.23.4
癒着した瘢痕創

ICRC

写真 23.23.5
短すぎる断端

H. Tarakhchyan / ICRC

写真 23.23.6
前脛骨縁の傾斜がない。

ICRC

ICRC

写真 23.23.7&8
腓骨が脛骨よりも長く残り、かつ断端に骨棘を形成している。断端に皮膚のびらんと、瘢痕の局所感染がある。加えて脛骨の骨棘が痛みを引き起こしている。

簡単な手術によって、適切な装具使用を妨げていた多くの問題、例えば有痛性神経腫や骨棘形成、瘢痕形成などを解決することができる。

その他、症状によっては骨端の再切除や骨長調整術を行う。また骨断端を筋組織で被覆できるように切断断端全体を再形成するケースもある。

23.11.1 有痛性神経腫

有痛性神経腫は、切断術後に最も多い外科的合併症のひとつと考えられる。これは、完全に器質性疾患である。患者は断端の局在のはっきりした点に、圧迫によって起こる、鋭い電気刺激のような痛みを訴える。愛護的に触診すると、硬く可動性のある腫瘤を触知する。大きさはオリーブ程のこともある。腫瘤を押すと痛みが増悪するが、これは患者が義肢装着時に感じる痛みとして表される。

治療は、患者の年齢や、他の手術を要する病態の有無によって、局所麻酔下、もしくは部分・全身麻酔下に腫瘤を切除する。神経膨隆部は切除し、神経断端はよく切れるメスで切断する。この時、神経断端が義肢ソケットからの圧を直接受け

ないよう、神経断端が筋肉の中に埋め込まれるように短く切るとよい。

23.11.2 幻肢症と幻肢痛

四肢喪失によって、患者自身が自己に対して抱くイメージが大きく変化する。しかし、元来の身体解剖学的イメージは残るため、患者は切断された四肢がまだ存在するように感じ続ける。これは、高次脳機能に刷り込まれている「身体地図」が残っているためである。多くの幻肢症は痛みを伴わず、術後の正常な反応として説明可能である。先天性の四肢欠損児や幼少期の早くに四肢切断を経験した患者では幻肢症や幻肢痛はみられない。

幻肢痛については様々な報告がされている。診断するのは難しく、残存肢の器質的疾患による痛みと注意深く鑑別しなくてはならない。幻肢痛は末梢性、脊髄由来、精神的要素などいくつかの要因が組み合わさることによって起こる。痛みの程度も、単純な不快感から耐えられないようなものまで幅広い。患者によっては灼熱感を伴う痛みや、ズキズキする感じなどを訴える。

治療の第一は神経腫など残存肢の器質的問題による痛みを除外することである。神経が皮膚瘢痕に巻き込まれていないか、骨棘はないかなどもチェックする。真性の幻肢痛に対しては、様々な治療が試みられているが、いずれの結果も芳しいものではない。治療が奏功する症例もあるが、同じ治療が全例に有効なわけではない。三環系抗うつ薬（アミトリプチリン）、抗てんかん薬（カルバマゼピン）、オピオイドやトラマドール、その他様々な神経ブロックや局所麻酔などが含まれる。外科的治療は有効ではない。灸や催眠術が有効であった例も報告されている。家族や友人、義肢装具士や医師からの精神的サポートも大きな役割を果たす。

第 24 章

血管損傷

24. 血管損傷

24.1 はじめに 214

24.2 創傷弾道学と動脈損傷のタイプ 214

24.3 疫学 216
24.3.1 末梢血管損傷の発生頻度 216
24.3.2 複合的動脈損傷に関連する外傷 217
24.3.3 血管損傷後の切断率 218
24.3.4 切断対温存 219
24.3.5 弾丸塞栓 219
24.3.6 赤十字外傷スコア(RCWS) 220

24.4 救急室でのマネージメント 220
24.4.1 エアターニケット 221
24.4.2 臨床的調査 221

24.5 診断と外科的治療の決断 221

24.6 外科的管理 224
24.6.1 血管外科の非専門医が準備すること 224
24.6.2 手術室の準備 224
24.6.3 患者の準備 225
24.6.4 動脈外傷に対する外科技術 225
24.6.5 修復、吻合とグラフト移植 228
24.6.6 手術手技 229
24.6.7 手術の終了 230

24.7 術後管理 231

24.8 ダメージコントロールと一時的シャント 232

24.9 四肢複雑損傷:動脈損傷と骨折の合併 233

24.10 特有の動脈 233
24.10.1 腋窩動脈と上腕動脈 234
24.10.2 鼠径部 234
24.10.3 膝窩 234

24.11 静脈損傷 235
24.11.1 特有の静脈 235

24.11.2 動・静脈損傷の合併 235

24.12 動静脈瘻と仮性動脈瘤 236

24.13 合併症 237
24.13.1 感染症 237
24.13.2 塞栓症 237

基本原則
末梢血管外傷のマネジメントの基本的原則は明快で、本書を通じて多くの要点が強調されている。それは病院到着前の出血のコントロールと速やかな患者移送の他、以下の点も含まれる
確実な出血コントロール
蘇生
できるだけ早い動脈修復
適切な周囲組織を用いた動脈修復部の被覆
可能であれば、静脈損傷の修復
筋膜切開術（ほとんどの症例で）
適切な創の治療、骨折の固定と理学療法

24.1 はじめに

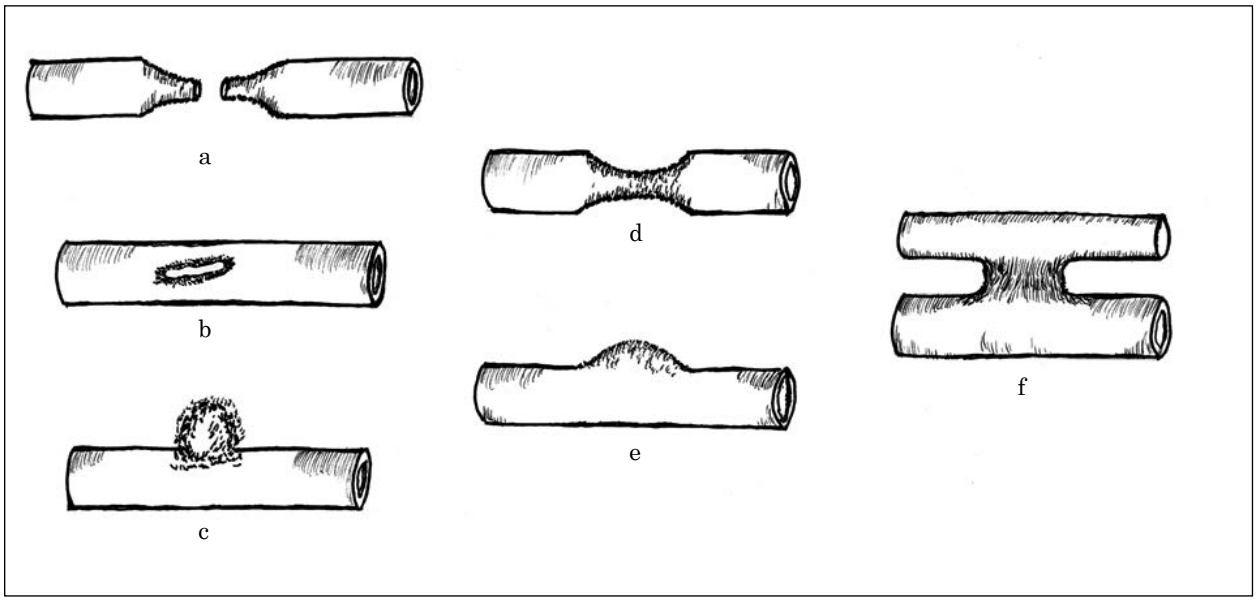
四肢の創からの出血は、現代の戦場での防ぎ得る死亡の原因としては、最も多いものとなっている。何よりもまず病院到着前の応急処置が重要であるが、病院での外科的処置の重要性もまた、過小評価されてはならない。四肢の血管に関連する手技の多くは、現代の外科手技ではごく当たり前のように行えるものだが、多数傷病者が搬入されるようなケースでは、血管修復は手術室での時間を消費してしまう。単純な血管結紮を行ったことで結果的に切断につながったとしても、それは最適な臨床的判断である場合もある。

24.2 創傷弾道学と動脈損傷のタイプ

動脈は伸縮自在の構造をもつため、多くの症例で発射体（弾丸や石など）による損傷から回避される。ジグザグの大きな外傷の創の中に神経や動脈束、あるいは腱だけが無傷で残っているのを発見することはまれではない。

外傷弾道学は動脈損傷をいくつかの異なる病理学的パターンに分類することができる。

- 完全断裂（横断）あるいは裂離
- 側方の裂傷あるいは穿孔（点状の損傷）
- 内膜損傷と血栓症を伴う、または伴わない挫傷
- 単独の血管攣縮
- 仮性動脈瘤と動静脈瘻



C. Giannou / ICRC

図 24.1 血管外傷の種類
a. 攣縮によって断裂したもの
b. 側方の裂傷：損傷部位は開放している。
c. 側方の裂傷あるいは動脈壁の完全な破裂：拍動性の血腫から仮性動脈瘤を形成する。
d. 挫傷、内膜損傷を伴い攣縮し血栓形成を発症する。
e. 挫傷と中膜の破裂で動脈瘤を形成する。
f. 動脈と静脈損傷の同時発症：動静脈瘻を形成する。

完全断裂（横断）あるいは裂離

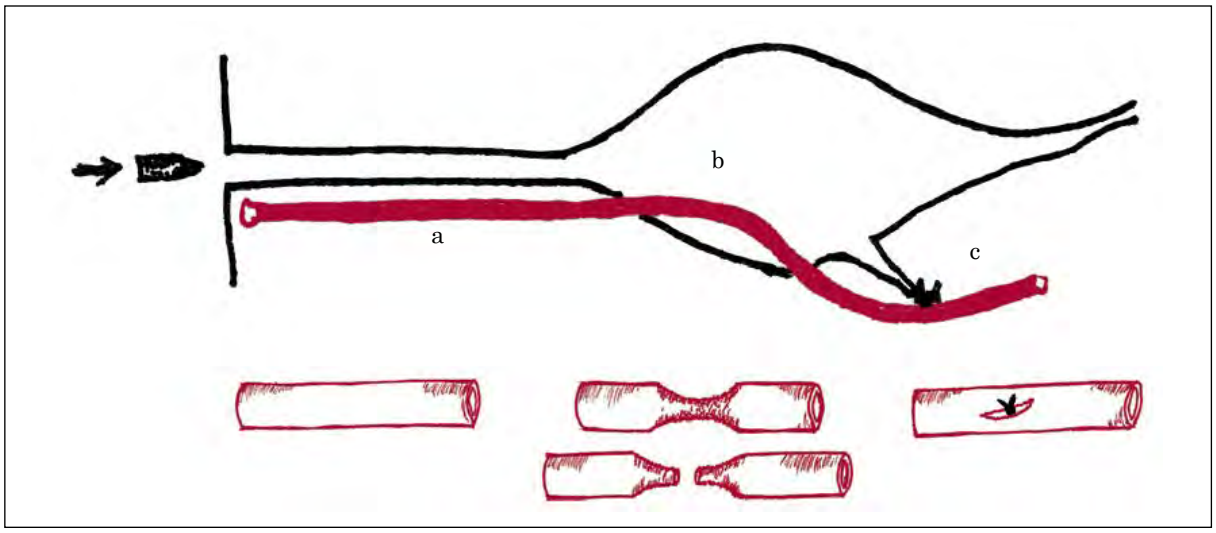
血管損傷の大部分は発射体による直接の接触によるものであり、例えば裂傷は、低・高運動エネルギー性ミサイルによって起こる。これに加えて、射撃溝に生じた一時空洞の近くを高エネルギー性発射体が通過したような場合、動脈が極度に引き延ばされて断裂する可能性もある。

動脈の完全断裂と裂離は、組織の損失に伴って生じ、2cm 以上の様々な長さにわたって、両断端の動脈壁のすべての層に顕微鏡的損傷を受ける。

明らかな動脈断裂は、断端の一時的な反応性攣縮を引き起こす。その後短時間で攣縮はゆるみ、出血が生じる。

側方の裂傷と穿孔創

側方の裂傷と穿孔創では、血管の連続性は失われていないが、壁の一部が裂けて開放しているか、穿孔が認められる。小さな榴散弾の破片や弾丸の破片、あるいは骨片は、血管の穿孔もしくは血管壁に刺さってタンポナーデ効果を起こす。血管の収縮も攣縮も起こらないため、多くの場合側方裂傷は開放したままとなり、即座に拍動性出血が起こる。血管外に漏出した血液は開口部周囲に広い範囲で緩徐に血餅をつくり、やがて拍動性血腫を形成し仮性動脈瘤になる。静脈損傷も合併している場合には、動脈と静脈の間に交通が生じ、動静脈瘻となる。



C. Giannou / ICRC

図 24.2
完全被甲弾（FMJ）による高エネルギー性弾丸の破片による創傷の経路と動脈の走行
a.細い弾道に近い血管：損傷はなく弾丸を回避
b.動脈が脱落した創部の経路に含まれる：創傷の中心からの距離によって裂離か挫傷となる。
c.弾丸の破片による動脈損傷、裂傷

動脈挫傷と内膜剥離

動脈挫傷は一時空洞効果によって起こり得るが、高エネルギー性ミサイルの経路から血管への距離が、近接している場合よりむしろ距離がある場合の方が発生しやすい。動脈は一時空洞の壁に対して引き延ばされ、圧迫されて外膜血腫が最初に生じる。次に中膜の損傷が起こり、最終的には内膜も損傷し、時に内膜剥離も伴う。一見正常に見える動脈壁でも、顕微鏡レベルでの変化が損傷部位の両側に、最大 2cm にわたって確認できる。わずかに断裂している場合には何も臨床症状がないまま自然治癒することもある。

症状があるような損傷では、挫傷部位には血管攣縮かフィブリンの堆積をもとにした血栓症を引き起こす内膜損傷がある場合もある。フィブリンで完全に血管が閉塞するには数時間かかる。最終的には外膜と外膜の弾性線維の脆弱になった部位に中膜のヘルニアをおこして真性動脈瘤が発生することがある。

爆弾や対人地雷による爆傷は多発性の血管内膜損傷を起こし、血栓症となる。加えて外傷の範囲は初回手術時には不明瞭で、24 時間後に吻合修復の破裂によってすべて明らかになる場合もある。

動脈攣縮

血管壁の反応性収縮である動脈攣縮は、発射体による空洞形成か鈍的外傷で発生する。診断は唯一血管造影によってか、あるいは外科医が血管に挫傷がないと確認するか、もしくは動脈形成時に内膜剥離がないことを確認することによって得られる。疑いを持って観察することが必要で、外科医は虚血の原因を「攣縮」であると容易に捉えるべきではない。

24.3 疫学

血管外傷による院内死亡率は、それ以外の身体のどの部位に外傷を負ったかに左右される。それゆえ「救命するために四肢を犠牲にせよ」という格言がある。救命のための開腹術が終わるころには、ショックと虚血の時間が遷延することで、四肢が危険に晒されている場合もある。

24.3.1 末梢血管損傷の発生頻度

重傷の戦傷の 50～70%が四肢の外傷で、大血管を巻き込んだ外傷はわずか 1～2%である。しかし後者は近年 5%に

上り、体幹部のほとんどを保護する最近の防弾チョッキが広く普及している場所や、対人地雷が多く使用されている地域ではそれ以上になる。1988 年にカンボジアとタイの国境で発生した紛争では、地雷が多く使用された。そのため、ICRC の外科チームは、3 か月間で地雷による傷病者を 94 人受け入れ、そのうち 13.8%の患者が下肢の血管外傷であったと報告している[1]。

これまでの研究によると、下肢の主要血管の損傷は上肢のほぼ 2 倍の頻度で起こっている。これは、下肢の表面積が上肢の 2 倍であることを考えると納得がいく。しかしながら、上腕動脈は通常最も頻度の高い末梢動脈損傷部位である。おそらく解剖学的な理由や戦闘における通常の動作が、この部位の暴露の増大につながっていると考えられる。

主要な静脈損傷の発生頻度は十分に記録されていないものの、下肢の静脈損傷が圧倒的に多い。

24.3.2 複合的動脈損傷に関連する外傷

予想されるように、解剖学的にいくつかの部位は、骨折と動静脈損傷がよく合併する。特に膝窩動脈と膝窩静脈、腋窩動脈と上腕神経叢、大腿動静脈と大腿骨などの部位である。

動脈	血管(%)				神経(%)		骨(%)	
	レバノン N=550	米国 ベトナム N=936	ソ連 アフガニスタン N=194	米国 アフガニスタン/イラク N=585	米国 ベトナム	ソ連 アフガニスタン	米国 ベトナム	ソ連 アフガニスタン
腋窩	41	34	50	35	92	40	27	20
上腕		19	36	6	71	55	34	38
腸骨	23	42	50	57	12	17	8	33
大腿	39	45	38	47	19	37	23	55
膝窩	82	52	74	38	37	45	40	55
全ての四肢	47	38	45	34	44	43	30	47

表 24.1 他の外傷に合併した動脈損傷の頻度。ただし主要な末梢血管のみであり前腕と下腿は除外されている。[2]

前腕と下腿は通常このような分析からは除外される。というのも解剖学的にこの部分では、血管、神経、骨の外傷の同時発生が一般的であるためである。

多くの研究による報告によると、静脈や神経損傷を合併する動脈損傷は 2 分の 1 程度であり、骨折との合併は 3 分の 1 から 2 分の 1 である。

1. Fasol R, Irvine S, Zilla P. Vascular injuries caused by anti-personnel mines. J Cardiovasc Surg 1989; **30**: 467 – 472.
2. Lebanon: Zakharia AT. Cardiovascular and thoracic battle injuries in the Lebanon War. Analysis of 3,000 personal cases. J Thorac Cardiovasc Surg 1985; **89**: 723 – 733.
USA Viet Nam: Bowen TE, Bellamy RF. Emergency War Surgery NATO Handbook, 2nd US Revision. Washington D.C.: United States Department of Defense; 1988.
USSR Afghanistan: Brusov PG, Nikolenko VK. Experience of treating gunshot wounds of large vessels in Afghanistan. World J Surg 2005; **29 (Suppl.)**: S25 – S29.
USA Afghanistan / Iraq: White JM, Stannard A, Burkhardt GE, Eastridge BJ, Blackbourne LH, Rasmussen TE. The epidemiology of vascular injury in the wars in Iraq and Afghanistan. Ann Surg 2011; **253**: 1184 – 1189.

24.3.3 血管損傷後の切断率

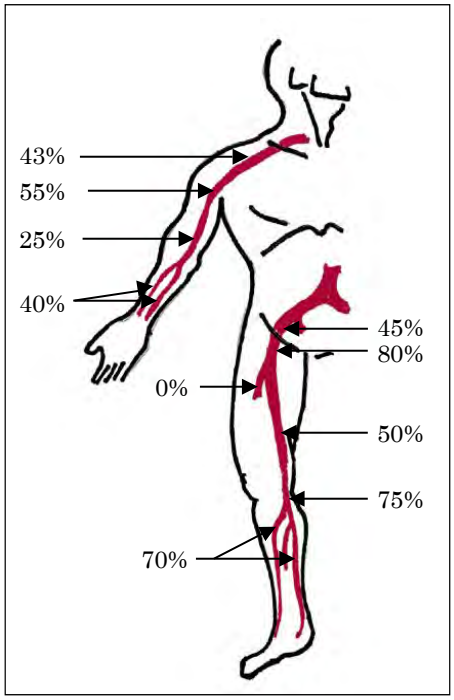


図 24.3 動脈結紮後の切断率(複数の文献からの平均)

第二次世界大戦や朝鮮戦争、ベトナム戦争時に行われたいくつかの古典的な血管外傷の研究によって、現在の血管修復の標準が作られた。朝鮮戦争までは、少数の外科医が血管の修復を試みてはいたが、それでも切断された動脈に対しては結紮が一般的な方法であった。第二次世界大戦以降、最も引用される統計はDeBakeyとSimeoneによるもの[3]である。血管外傷の 2,471 症例のうち、81 例(3%)に初期治療として血管修復が施行され、切断率は 35%であった。残りの動脈結紮術を受けて生存した患者における切断率は 49%であった。血管修復に非常に精通している医師がいると切断率は低下し、韓国やベトナムでのアメリカ軍では切断率は10〜13%であった。アフガニスタンでのソ連軍では切断率は約5%にとどまっている。

動脈損傷での切断率は、この 100 年間で劇的に低下している。これは次に示した要因に基づいている。すなわち、速やかな患者移送と早期の手術、応急手当と出血コントロールがより広く行われるようになったことと、輸血、より良い蘇生と麻酔、そして抗生剤である。特に注目すべきは、血管修復に関する外科的専門技術がますます進歩していることである。

動脈	第二次大戦:結紮	ﾍﾞﾄﾅﾑ戦争:吻合
腋窩	43%	5%
上腕	27%	6%
総腸骨	54%	11%
大腿	81%	15%
浅大腿	55%	12%
膝窩	73%	30%

表 24.2 主なる血管損傷の切断率:「結紮していた時期」対「吻合していた時期」[4]

それにも関わらず、肘や膝から末梢の血管損傷が非常に多いため、末梢血管損傷に対して結紮はいまだによく行われる技術である。現代の紛争でも 50%、或いはそれ以上の動脈外傷に単純結紮術が行われている[5]。

3. DeBakey ME, Simeone FA. Battle injuries of the arteries in World War II: an analysis of 2,471 cases. Ann Surg 1946; **123**: 534 – 579.
4. Rich NM, Baugh JH, Hughes CW. Significance of complications associated with vascular repairs performed in Vietnam. Arch Surg 1970; **100**: 646 – 651 and DeBakey and Simeone, 1946.より改変
5. White JM, Stannard A, Burkhardt GE, Eastridge BJ, Blackbourne LH, Rasmussen TE. The epidemiology of vascular injury in the wars in Iraq and Afghanistan. Ann Surg 2011; **253**: 1184 – 1189.

24.3.4 切断対温存

ショック、側副血行路の状態、そして付随する骨折の有無は、切断か温存かを決断する際に重要な役割を果たす。

血管損傷の患者で切断に至る主な原因は以下の通りである。

- 診断と血行再建の遅れ
- 軟部組織の損傷がひどいため血管を覆うことができず、血管修復が不可能
- 感染
- 挫滅創
- コンパートメント症候群

主要神経の欠損はしばしば機能障害を来すため、退縮し、痛みを伴う四肢を温存するよりも義肢の装着の方が患者にとってはよい場合がある。(B.5.1 及び第 23 章 3.3 参照)。

急性虚血による神経と筋肉の不可逆性損傷に至る危機的な時間は 6～12 時間である。有効な側副血行路が不十分であった場合、12 時間以上経過してからの血流再開は時機を失している場合がほとんどである。1989～91 年、パキスタンのペシャワールの ICRC 病院でアフガニスタン戦争の傷病者の治療が行われていた際には、受傷後 12 時間以内に血行再建を行った患者の切断率は 22%であったが、12 時間以上経過してから手術を行った患者では、切断率は 93%に達した[6]。

側副血行路の重要性に疑問の余地はなく、これは 2 つの構成要素からなる。1 つは、側副血行路として知られている、すでに名前がついている血管で、解剖学的部位にもよるが多かれ少なかれ強固なものである。もう 1 つは多数の無名の、筋肉へ行く枝で、これらはお互いに結合し合い、「中間網」を作り上げ、増加、発達している。この 2 つのシステムが初期の段階で十分に発達していれば、四肢の生存能力は保たれる。上肢の血管損傷での温存率が下肢の血管損傷のそれと比べて高いのは、おそらく側副血行路の存在によるものである。止血帯を用いた場合、この側副血行路を遮断することになるため、止血帯を不適切に使用し、患者の搬送中に定期的に緩めなければ、四肢の生存能力を脅かすことになる。

単独の動脈損傷と比較し、骨折と血管外傷の合併例における切断率の違いを報告している多くの文献がある(表 24.2 参照)。第二次世界大戦の間はほとんどの血管外傷は結紮されており、切断率は骨折との複合外傷では 60%、血管単独の外傷では 42%であった。ベトナム戦争では血管修復が行われたが、切断率は複合外傷では 33%、血管単独外傷では 5%であった。骨折の合併は、外傷が部分的に大きな軟部組織のダメージを起こし、側副血行路を途絶させるほどの大きな運動エネルギーによるものであったことを示している。同じ傾向は修復不可能な静脈損傷の合併の時にも見受けられる。

24.3.5 弾丸塞栓

第 14 章でも討論したように、弾丸塞栓はとてもまれな現象で、過去にも数える程の症例報告しかない。ほとんどの症例が軍関係によるものではなく、市民間の暴力によるものと報告されている。ベトナムでの血管損傷に関する記録簿では 7,500 例の血管損傷のうち、弾丸塞栓は 22 例しかなく、発生率はわずか 0.3%であった。22 例中 3 例は対人地雷や迫撃砲、あるいは手榴弾の小さな破片で外傷を負ったものであった。

弾丸塞栓が発生するためには、いくつかの基準に合致していなければならない。弾丸の口径は十分小さくなければならず、通常は破片である。また、創部におけるその運動エネルギーは十分小さくなければならない。しかも、損傷された血管は十分太いか、または心臓や動静脈瘻を巻き込んでいなければならない。

診断は、いつも明白というわけではなく、また受傷した数年後に発生することもある。

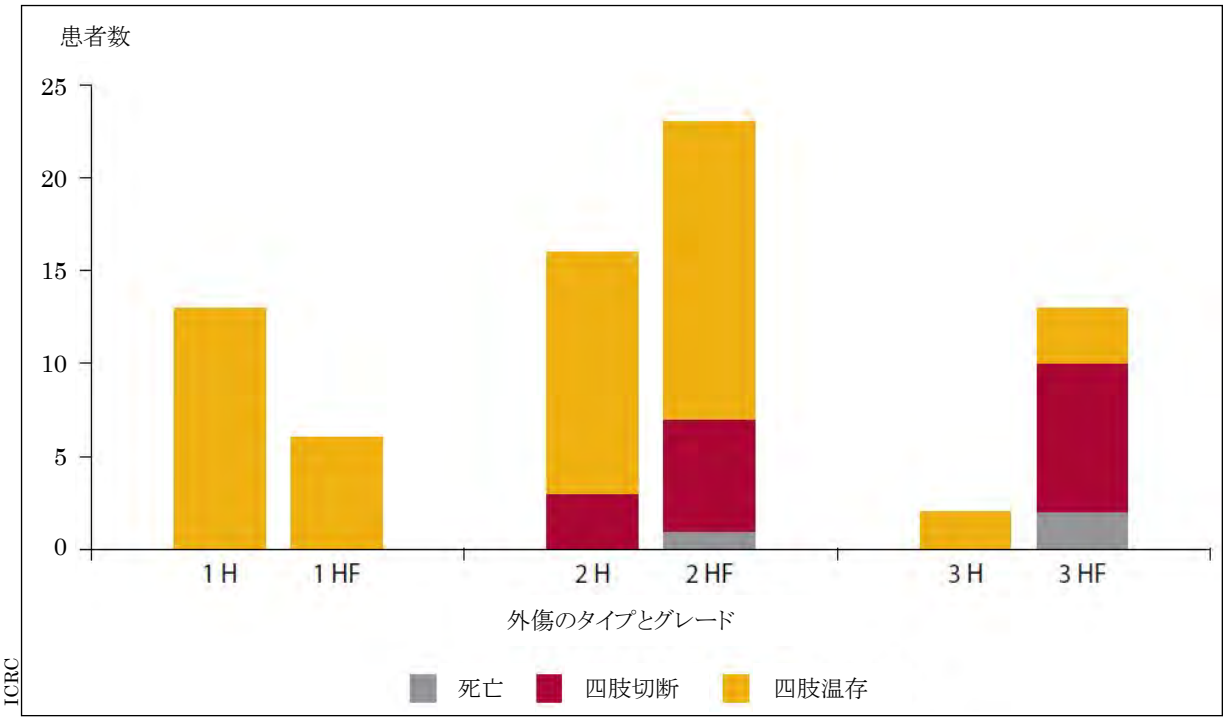
---

6. Gosselin RA, Siegberg CJY, Coupland R, Agerskov K. Outcome of arterial repairs in 23 consecutive patients at the ICRC-Peshawar Hospital for War Wounded. J Trauma 1993; **34**: 373 – 376.

24.3.6 赤十字外傷スコア(RCWS)

膝や肘より中枢の末梢血管外傷は致命的な出血を引き起こす可能性がある。したがって、赤十字外傷スコア(RCWS)ではこれらの血管の 1 か所に外傷があると、スコアは V=H となる。

ICRC での大腿動脈あるいは膝窩動脈の外傷で、骨折の合併例と非合併例の 73 例の結果をグラフ 24.4 に示す。症例数は統計学的に有意な結果とはいえないが、傾向は明らかで理にかなったものである。骨折を合併する大きな傷の血管外傷は切断率が高く、死亡率も高い傾向にある。



グラフ 24.4
ICRC での外傷の種類と程度分類による死亡率と切断率。大腿動脈あるいは膝窩動脈の外傷はタイプ H の外傷に分類する。臨床的に有意な骨折はタイプ F の外傷に分類する。グレードは、傷の大きさによって 1、2、3 に分類される。

24.4 救急室でのマネージメント

末梢血管からの体外への相当量の出血(Catastrophic external haemorrhage)は C-ABCDE 法の最初の C で、病院到着までに緊急処置を行わなくてはならない(第 7 章 7.3 を参照)。さもなければ患者は生きて病院にたどり着けない。動脈と静脈、いずれの出血もショックになり得ることを理解する必要がある。

第 8 章 5.2 に述べたように、出血創を深いところでやみくもにクランプしてはならない。救急室では指での中枢側の圧迫、創のパッキングと圧縮性のある被覆材、あるいはエアターニケットを用いて一時的に出血をコントロールし、手術室に患者を搬送する。出血している血管が明らかに見えている場合のみ、血管遮断鉗子で出血を直接止めてもよい。

外出血は、気道や呼吸、内出血への対応を行っている間、一時的に止血可能である。

救急室では、診察と気道と呼吸のコントロール、体内への出血がないことを確認した後、他の末梢血管損傷の所見を探

す。すべての四肢外傷で、血管損傷を強く疑わなくてはならない。筋肉の小さな塊が創をふさぎ、内部に形成されている血腫からの出血が隠されていることもある。

鎮痛剤及び抗生物質と破傷風の予防をプロトコル通りに行う。

24.4.1 エアターニケット

救急室でのエアターニケットの使用は、手術室で中枢側と末梢側の出血のコントロールをするまでの間、開放性出血創に有効であるが、止血帯は内部に血腫がある創、もしくは虚血のサインがある場合には使用するべきではない。なぜならその末梢組織が生存するために重要である側副血行路を断絶してしまうからである。

24.4.2 臨床的検査

状態の安定している患者で虚血の所見がはっきりしない場合や、動静脈瘻や仮性動脈瘤の部位をより明確にする場合に、利用可能であれば血管造影を行うことがある。これは外科医により手術室で、血管の中枢から 20mL の造影剤の原液を直接注入し実施するのが最善の方法である。もし適切なレントゲン機器(ポータブルの C-アームレントゲン透視装置)が手術室で使用できないのなら、ためらわずに自ら患者をレントゲン室に連れて行くべきである。総大腿動脈は経皮的に 18G の針で穿刺でき、造影剤を注入することができる。単純レントゲンなら注入後 2 秒後に大腿部、3 秒後に大腿部遠位、5 秒後に下腿を撮影する。

超音波ドップラー端子が手元にあるならば、それは特に血管損傷が潜んでいて、注意深く観察したい場合、有用な機器となる。末梢の血流を確認するだけでなく、上下肢血圧比(ankle-brachial index、ABI)を算定できる。足関節に手動血圧計を巻いておき、ドップラー端子を足背動脈と後脛骨動脈にあてて最高収縮期血圧を測定する。その値を上腕動脈の収縮期血圧で割ったものが ABI である。他の部位が健康な患者で ABI が 0.9 以下の場合は高い確率で動脈損傷が疑われる。蘇生後の患者でドップラー端子がないときは、聴診器で後脛骨動脈の脈拍の聴診を試みるとよい。

24.5 診断と外科的治療の決断

ショックと多発外傷がある場合、大血管損傷を診断するのは難しい。一方、血管損傷のサインは明白なケースもあり、その場合は下記の「確実なサイン」を示す。

・活動性の出血
・大きく、増大する血腫
・雑音や振動を認める拍動性血腫(仮性動脈瘤)
・「機械的な」雑音(動静脈瘻)
・急性末梢虚血の所見、特に蘇生後の脈拍の消失

急性末梢虚血の古典的 6P

・Pain(疼痛)	・Paraesthesia(知覚障害)
・Paller(蒼白)	・Poikilothemia(冷感)[7]
・Paralysis(運動麻痺)	・Pulselesness(動脈脈拍消失)

発射体の弾道が主要末梢血管付近を通過した症例で、上記の所見をひとつでも認めた場合には試験開創術を必要とする。

末梢の急性虚血の所見は曖昧なことがあり、脈拍に問題がないからといって血管損傷の可能性を除外できない。というのは側副血行路が末梢の脈拍を保つことがあるからである。特に空洞効果の後は、内膜の断裂と血栓症が遅れて発症することがある。冷たく、脈拍が消失し、皮膚の色調がまだらでチアノーゼになった四肢という所見は、患者が寒冷環境下にいた場合や、クラッシュ外傷、その他様々な原因によるショックでも起こり得る。しかし蘇生後患者での末梢の脈拍消失は動脈損傷の「確実な所見」と考えられる。末梢循環の臨床的尺度は、外傷を負った四肢と負っていない四肢を比較することで判断する。非対称的な脈拍、毛細血管灌流、皮膚温などはすべて末梢循環不全を示唆する。

収縮期血圧が 90mmHg に達する以前の蘇生術において動脈損傷を診断するのは困難である。常に外傷を負っていない四肢と比較することが必要である。

もし発射体の弾道が主要血管の近くで、「確実な所見」が見られないか、虚血の所見が不完全であれば、まずは外科的治療ではなく、経過観察を選択し、以下の「疑い所見」を確認する。

- 小さく、安定している、拍動のない血腫
- 隣接した神経の運動・知覚の低下
- 他の外傷で説明できないショック
- すでに止まっている出血

明らかに血管損傷をもった患者は遅滞なく、すぐに手術室へ運ぶべきである。動脈修復はもはや適応外という制限時間はないものの、最善の結果は受傷後 6 時間以内に血行再建された時に得られる[8]。良好な側副血行路の存在は動脈修復の成功率や血管結紮の結果を左右する。ショックの存在は状況を複雑化させる因子である。他の重要な因子は深刻な組織損傷で、これがあると外科医は動脈修復し四肢を温存するよりも、切断する決断を下すことが多い（第 23 章.3.3 参照）。

ICRC

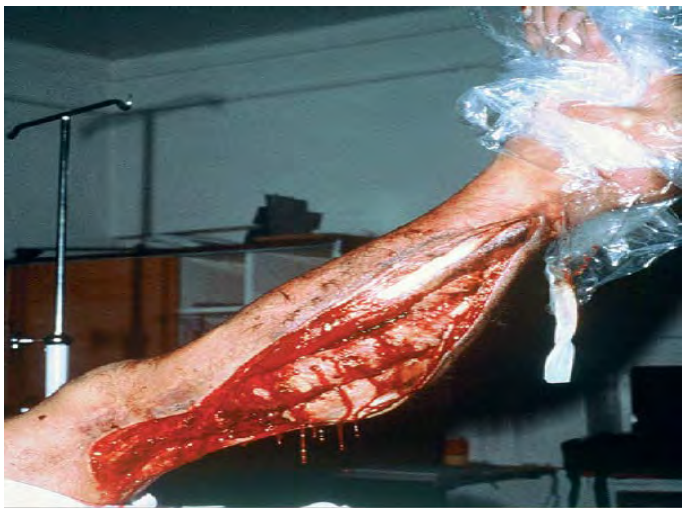
図 24.5 膝窩動脈付近の弾丸の弾道による斑状出血

F. Hekert / ICRC

図 24.6 明らかな血管外傷：銃創による明らかな虚血性壊死

ICRC

図 24.7 常に両側の四肢の虚血があるかどうかを比較する



R. Coupland / ICRC

図 24.8 筋肉と少なくとも 2 か所の筋区画が露出し、壊死性である。

いくらか側副血行路があるがコンパートメント症候群が進行している部分的虚血症例を、完全な虚血症例と識別するのは非常に困難である。不可逆的虚血性筋肉と神経損傷の臨床的評価は、だいぶ時間が経過してしまった場合を除いては、通常は不可能である。したがって、はっきりしない症例であっても、まずは第一に筋肉の生存能力を評価するために筋膜切開を行うべきである。筋肉の生存能力は色調・手触り、つまんだり電気メスで刺激を与えたりすることによって収縮するかどうかで判断する。もし筋肉が生存しているのであれば血管修復を行う。

最も困難な状況は膝から下である。もし前外側コンパートメントの筋肉のみが壊死に陥っていると判明した場合、デブリドマンと血管修復を行う。もし 2 つ以上の筋区画が壊死に陥っている場合は切断を行わなければいけない。

「実際に見て確認すること」 は 「経過観察」よりも賢明である。

動脈は可能ならいつでも修復すべきである。しかし、前腕と膝窩より下の下腿においては、外傷が単独で、もし末梢への良好な血流が保たれているならば結紮しても良い。ただし、もし両側の前腕に外傷を負った場合は、少なくとも一方は修復するべきである。下腿では、前脛骨動脈に加え少なくとも一方の後脛骨動脈を修復するべきである。

主要静脈の損傷は動脈損傷よりも診断が難しい。唯一の所見は創部から持続する暗赤色の出血か、あるいは閉鎖創での増大する血腫である。急性静脈灌流不全は 24 時間以内に冷たく(熱感のない)青みがかった四肢の増悪する浮腫として現れる。後に、静脈の状態を示す兆候から慢性灌流不全が明らかになる。その所見とは浮腫、皮膚の変色、潰瘍形成である。

神経学的症状も診察時に調べるべきである。ただしその神経学的所見は、虚血によるものかもしれないし、拡大する血腫による神経の圧迫や、コンパートメント症候群によるもので、神経自身の損傷によるものではない場合もある。

7. Poikilothermia:「変温性」。この単語は、体温を調節できず、周囲の環境の温度に合わせて体温を調節する変温動物に使用される単語であるが。ここでは、虚血した四肢が冷たくなり、皮膚温が室温まで下がることを意味している。
8. Burkhardt GE, Gifford SM, Propper B, Spencer JR, Williams K, Jones L, Sumner N, Cowart J, Rasmussen TE. The impact of ischemic intervals on neuromuscular recoveryin a porcine (Sus scrofa) survival model of extremity vascular injury. J Vasc Surg 2011; **53**: 165 – 173.

24.6 外科的管理

出血を止める最も効果的な手技は血管周囲の結紮である。

24.6.1 血管外科の非専門医が準備すること

T. Gassmann / ICRC

図 24.9 血管遮断鉗子

血管の手術は時間がかかる。通常血管の手術を行っていない一般外科医は、血管の解剖と主要血管を露出するために行う切開を徹底的に復習し、準備するべきである。動脈吻合の基本技術は単純なダメージコントロール手技と同じく、単純である。

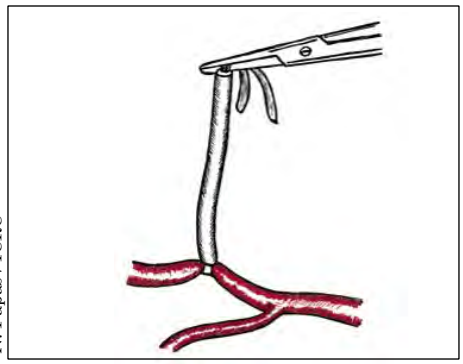
24.6.2 手術室の準備

血管手術に使用する器具は、ドベーキー、ブラロック、サテンスキー鉗子、ブルドッグなど、特殊なものだが、それらは非圧挫腸管鉗子、あるいは先端にプラスチック製の点滴ラインのチューブをはめた通常の止血鉗子で代用可能である。血管の吻合はモノフィラメントの非常に細い針付き縫合糸を用いる。血管吻合用モノフィラメントがない場合は、細い編み込み絹糸を一度皮下脂肪組織に通して滑らかにして用いることもできる。

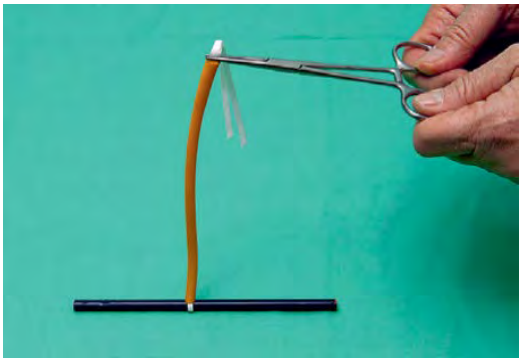
その他、血管手術に特有な必需品は以下の通りである:

- 即席のルンメルターニケット(図 24.10.1 と 10.2 を参照)を作るための血管ループ、またはへその緒状(ループ状)テープ、あるいはペンローズドレーン
- 異なるサイズのフォガティカテーテルか尿道カテーテル
- ヘパリン
- できれば造影剤

これらは手術が始まる前に手術室のスタッフに準備させておくべきである。良好な照明と優秀な助手も血管修復手技をかなり容易にする。



N. Papas / ICRC



T. Gassmann / ICRC

図/写真 24.10.1〜2
ルンメルターニケット:テープをゴムのチューブかカテーテルの中に通したもの

24.6.3 患者の準備

血管露出に適した患者の体位と手術ドレープは重要である。「接合部」の外傷（D.6 を参照）では、中枢側のコントロールのために開胸あるいは開腹を要求される場合もあるためである。

外傷を負っていない下肢の皮膚は、必要であれば同時に静脈グラフトを採取できるように準備すべきである。

麻酔は通常通りに行う。患者はまず適正に蘇生されていなくてはいけない。血管の手術は時間を要するため、四肢を温存するために患者が低体温、アシドーシス、凝固障害といった重大な 3 徴候に陥らないようにしなくてはならない。輸血用の血液が入手可能かどうかによっては、四肢温存のために費やされる時間も変わってくる。

24.6.4 動脈外傷に対する外科技術

主要動脈は可能な限り修復されるべきである。基本原則は以下の通りである。

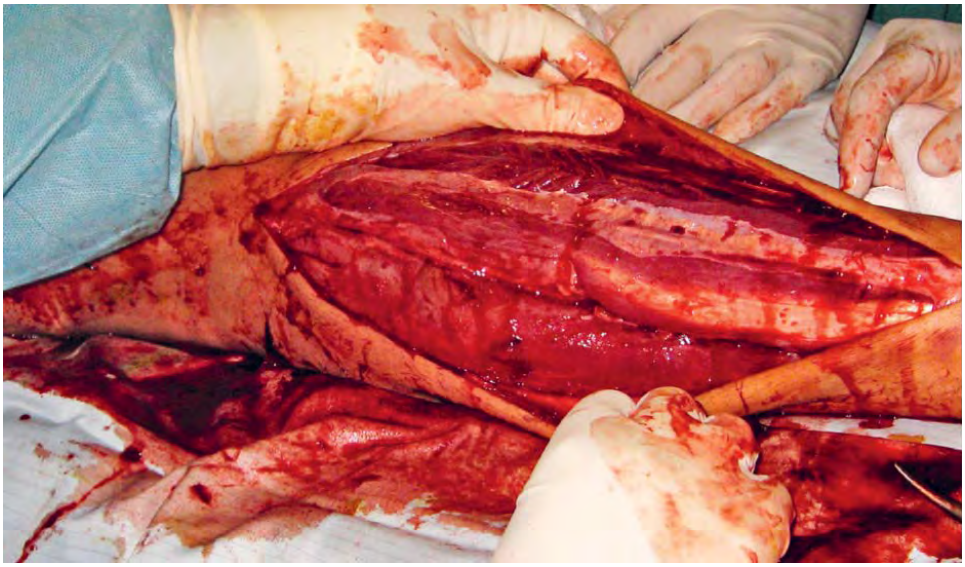
- 出血のコントロール
- 血管の近位部と遠位部の露出
- 血管の開存性の保持
- 修復にむけての血管の準備
- 動脈の修復、再建
- 動脈を適切な軟部組織で覆う
- 傷のデブリドマンと他の骨折の安定化
- 筋膜切開

注：

四肢の血流再開が遅れる場合、血管修復の前に早期の筋膜切開を行うこともあり得る。一旦出血がコントロールされた時点で、ルーチンに筋膜切開を行う外科医もいる。

1. 出血のコントロール
   必要に応じてエアターニケットを使用するか、中枢・末梢側の動脈を助手に用手的に圧迫してもらう。エアターニケットは明らかな出血がなくても装着しておいてよいが、実際に必要な瞬間までは膨らませない。
2. 血管の露出
   主要血管の中枢側は、安全にできる範囲で、損傷部位からできれば健常組織の部分まで、十分な長さの切開を入れて露出する。
   末梢側の露出は通常は損傷部分までよい。もしくは、解剖的な血管の走行に沿って、健常組織の部分で中枢側とは別に切開を行う。

図 24.11
血管露出のための大きな切開

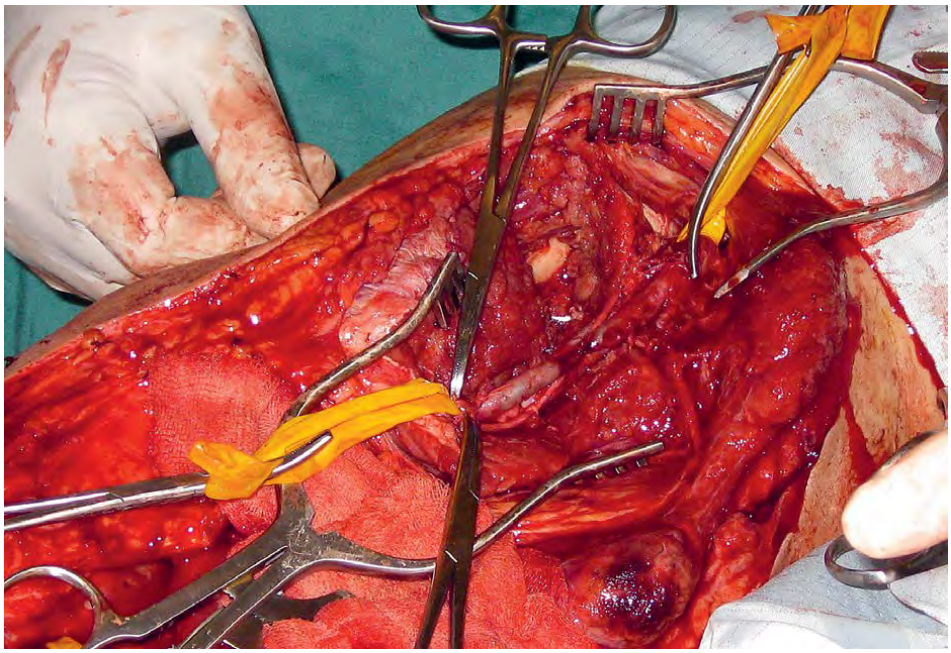


F. Plani / ICRC

3. 血管のコントロール

露出された血管の中枢と末梢は、血管遮断鉗子か、ルンメルターニケットで血流を遮断する。エアターニケットを使用している場合、この時点でターニケットをはずしてよい。

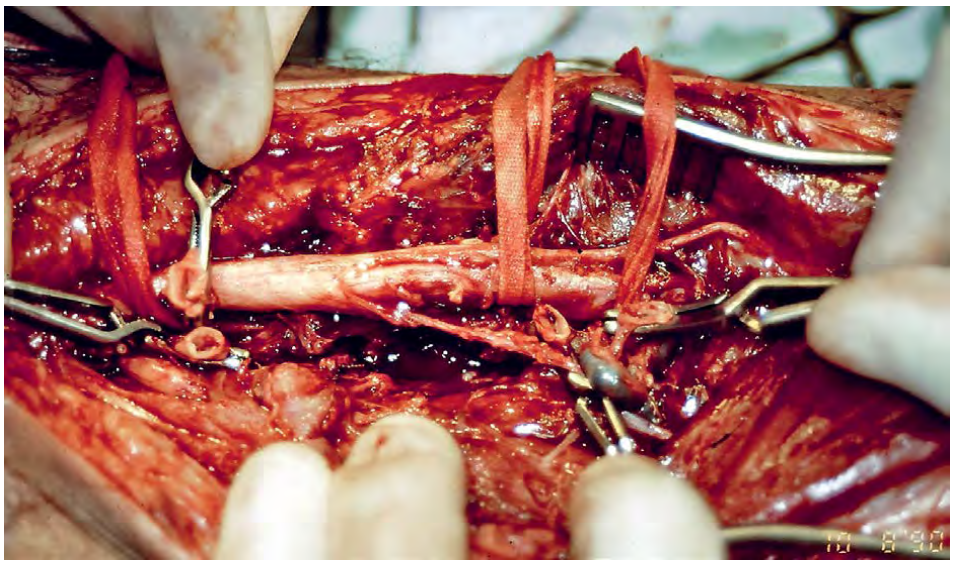
図 24.12 血管遮断鉗子とペンローズドレーンを使ったルンメルターニケットで血管の中枢と末梢を遮断



F. Plani / ICRC

4. 血管の同定

創部は直接的な損傷を受けており、血管は切り裂かれて離れているので、それぞれの断端をブルドック遮断鉗子か非圧挫性鉗子で挟んでおく。もしくは、小児用のフォーリーカテーテルを挿入し、バルーンを膨らませて血管を閉塞させる。



C. Pacitti / ICRC

図 24.13
分かれてしまった断端をブルドック血管遮断鉗子で挟む

5. 血管の開存性の保持

動脈の近位端はブルドック鉗子か血管遮断鉗子を開放し順行性に血液を流すことで確認される。同じように末梢端は血液の逆流があることで確認される。

血栓除去術はフォガティカテーテルか尿道カテーテル（入手可能なもの）を慎重に引き抜いて行う。カテーテルは挿入時、あるいはバルーンを大きく膨らませすぎると内膜を容易に損傷し得るため、注意深く挿入する。

C. Pacitti / ICRC

図 24.14 損傷した血管から除去された血栓

ヘパリン入り生理食塩水（5～10 IU/mL 生理食塩水 [9]）を中枢側、末梢側に注入する（下腿であればそれぞれ 20～30mL、上肢であれば 10～20mL）。これは修復を行っている間に血管内腔に凝血塊が生じないようにするのに有効であるが、ICRC の外科ではこれを体系的には行っていない。

フォガティカテーテルがない場合は、用手的に血栓を絞り出すように血管の中枢側と末梢側とをそれぞれ創部にむかってミルキングする。それと並行してヘパリン入り生理食塩水、（なければ通常の生理食塩水）を持続注入することで、血栓を除去し排出し得るはずである。

尿道カテーテルはフォガティカテーテルよりも好ましい。血栓除去のためのバルーンがついており、ヘパリン入り生理食塩水を注入するのにも使用できる。

6. 修復に向けての血管の準備

損傷した血管の断端は健常な部位まで切除する。動脈では、外膜を 2～3mm 以上除去する。これにより、断端は、それだけで構造の保持が可能な弾性中膜を認めることができる。

創傷の程度によって、修復、吻合、あるいは静脈グラフトでのバイパス置換のいずれかを行う。しかし良好な軟部組織で覆うことができない限り、いかなる修復も行ってはならない。

---

9. 外科医が使用するヘパリン濃度は、5 から 100IU/mL まで様々で、統一された基準はない。多くの外科の参考文献でも濃度は記載されておらず、単にヘパリン生理食塩水と述べられているだけである。ヘパリン使用時には、拮抗薬としてプロテアミンを準備しておく。ヘパリン 100 単位に対し、プロテアミン 1mg が適切な用量になる。

24.6.5 修復、吻合とグラフト移植

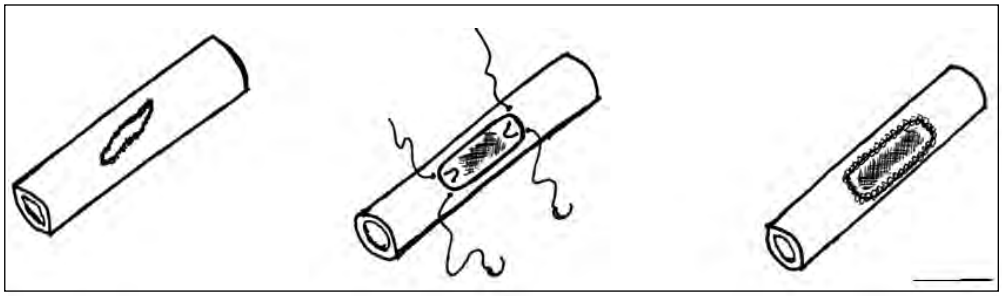
側方からの裂傷

狭窄の危険性がない場合に限り、大きな動脈であっても傷が小さくきれいに裂けているだけであれば、縫合による直接修復も可能である。5/0 か 6/0 の合成血管縫合糸で、創縁から 1mm のところに 1mm 間隔で連続縫合を行う。小、あるいは中程度の大きさの動脈裂傷、あるいはデブリドマンされた動脈で、直接縫合で狭窄を起こす可能性がある場合には、静脈パッチで修復した方がよい。ただし損傷した部位を切除し、吻合を行う方が早いという理由で、すべての症例でこれを好む外科医もいる。

写真 24.15.1
動脈の側方裂傷

C. Pacitti / ICRC

図 24.15.2
静脈パッチを用いた動脈の側方修復。最初に両端に固定用縫合を行うと血管を扱いやすい。



C. Giannou / ICRC

完全な離断か裂離

直接吻合は通常低あるいは中等度エネルギー外傷の創で可能である（例えばナイフや手榴弾による破片、いくつかの回転式連発拳銃による裂傷）。動脈にもよるが、2〜4cm の欠損であれば、血管を授動することによって直接端々吻合ができる。損傷を受けた動脈を中枢から末梢にかけて最大 10cm まで切り裂いて、たるみを作り、吻合部に緊張がかからないようにする。外科医は端々吻合を行うために、重要な側副血行路の分枝を犠牲にしたり、関節を過度に屈曲したりするべきではない。血管の大きな欠損に対しては、通常静脈グラフトを要する。

動脈挫傷

通常、動脈挫傷における内膜損傷は、切除と吻合を行うには範囲が広すぎることが多い。健常な組織まで切除して静脈グラフトで置換することも選択肢に入れる。

動脈攣縮

単純な臨床背景だけで動脈攣縮を診断するのは非常に危険であり、血管は直接観察するべきである。動脈切除は内膜

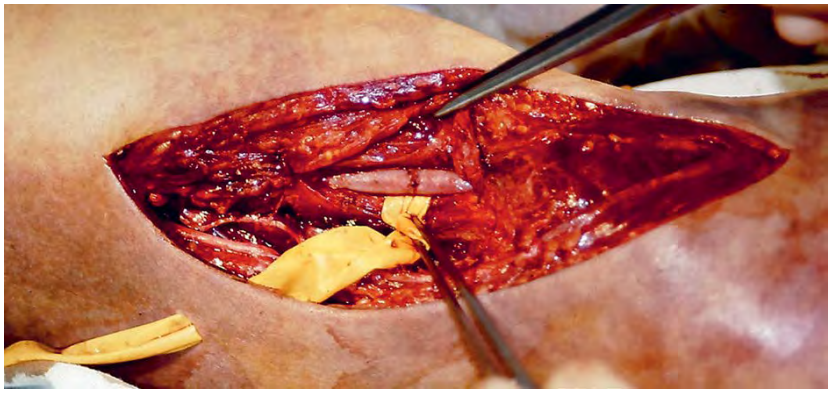
剥離が起こっていないと確認できる、つまり内膜が無傷であると断言できるところまで施行する。局所へ温かい生理食塩水をかけたり、パパベリンやリドカインを外膜に注入したりすることは攣縮を軽減するのに役立つ。

動脈攣縮と診断された症例の多くは内膜剥離を起こしている：見つけ出す唯一の方法は「開けて、見る」ことである。

24.6.6 手術手技

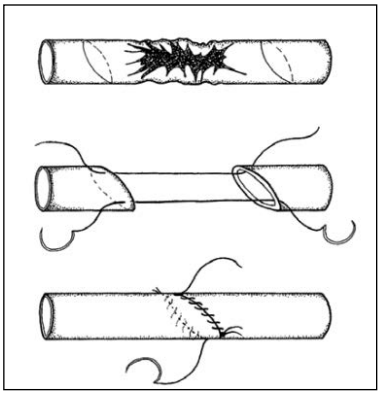
動脈吻合

動脈の断端は、尿管吻合の時ほどではないが、わずかに斜めに、楕円形（あるいは先広）になるように切る。非常に細い単フィラメント性の縫合糸（5/0 か 6/0）で連続縫合するのが吻合としては最善である。中枢と末梢の断端をコントロールするために、2 針か 3 針固定のための結節縫合を用いることもある。非連続の結節縫合は撓骨動脈や尺骨動脈、脛骨動脈、小児の動脈のように直径の小さな動脈を吻合する時に用いる。これらの吻合は動脈の吻合部位に張力をかけず、狭窄を起こさないように行わなくてはならない。



C. Pacitti / ICRC

写真 24.16.1 動脈の直接吻合



P. Zylstra / ICRC

図 24.16.2 損傷した動脈部位を切除して端々吻合を行う。動脈断端の断面が楕円である。

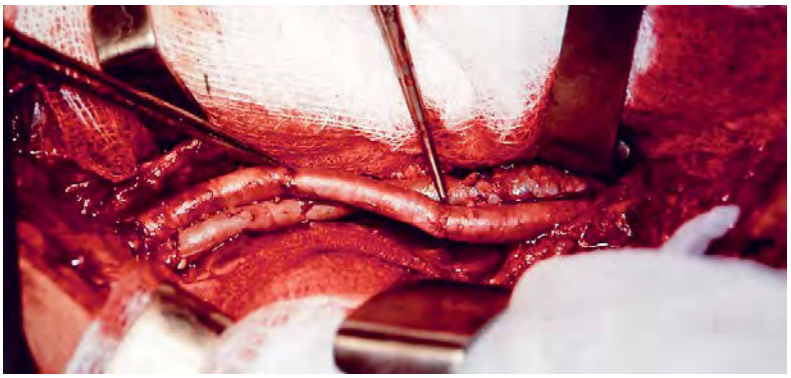
静脈グラフトでの置換

より広範囲の損傷では、受傷した四肢の静脈灌流を損なわないよう、対側の下肢から大伏在静脈グラフトを採取し置換術を行わなければならない。動脈損傷の多くは発射体（弾丸など）による大きな組織欠損に合併する。中枢と末梢の断端を切除した場合、それぞれの断端に張力がかからないように吻合することができないのであれば、静脈グラフトが必要である。

大伏在静脈グラフトは受傷していない方の下肢から採取する。

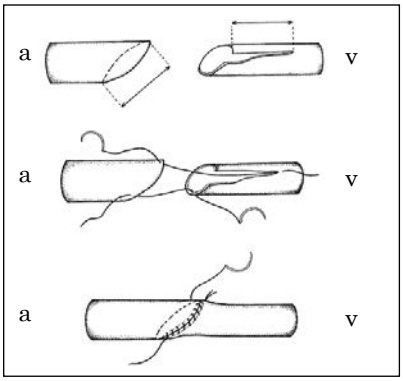
大伏在静脈を適切な長さで分離し、すべての分枝を注意深く結紮する。もしこれが行えないのであれば、小伏在静脈か上肢の静脈が次の選択肢となる。

グラフト攣縮は注射器で生理食塩水か血液を緩徐に注入することで戻すことができる。静脈切片は静脈弁により血流が妨げられないように逆向きにして使用する。グラフトを置く時には捻れが生じないようにし、屈曲が生じないよう、長過ぎないようにする。どちらも血栓症を起こし得るからである。動脈とグラフトの吻合は直接吻合で述べたのと同じく単フィラメントの縫合糸を用いて連続で行う。静脈は縦方向にわずかに切開を加えて、先広の断端に形成する。



C. Pacitti / ICRC

写真 24.17.1　静脈グラフトでの置換



P. Zylstra / ICRC

図 24.17.2　損傷した動脈の断端を先広に形成した後、静脈グラフトと端々吻合する。a=動脈、v=静脈

グラフト置換のために、人工血管を用いる外科医もいるが、ICRC の外科医は汚染された戦闘での創部に、物資が限られた環境下ではほとんど入手できないような人工的なグラフトの使用は回避すべきだと信じている。自家静脈グラフトが一番である。

注：

子供の場合は、成長するにつれて、彼らの血管も大きくなる。したがって、離断された動脈に静脈グラフトを用いる場合、長期にわたって狭窄が生じないように、連続縫合よりは結節縫合を行うのが望ましい。

最後の一針

修復の最後の一針を完成させる前に、末梢の遮断鉗子を一時的に緩めて切片内に血液を充満させ空気を追い出す。そして最後の一針を結紮したら、まずゆっくりと末梢の遮断鉗子をはずして、次に中枢の遮断鉗子をはずす。

どの動脈の吻合でも、遮断鉗子をはずした後に縫合線からときどき出血がみられるが、もし必要であれば 10 分間、ガーゼなどで覆って軽く圧迫して止血する[10]。追加の縫合は通常新しい針穴からの出血を助長させる。8の字縫合あるいはマットレス縫合は、圧迫のあとにも続く出血を止血する時のみに用いるべきである。

24.6.7 手術の終了

傷のデブリドマン

動脈修復や静脈グラフトのあと、傷はデブリドマン後に通常通り洗浄し、のちの待機的一次閉創（DPC）のために開放創としておく。デブリドマンの際には、特に最初の損傷が多数の破片によるものの場合、周囲に他の血管や神経損傷がないかどうかを探す。

軟部組織で覆う準備

B.11.にあるように、修復された血管は軟部組織で覆わねばならない。必要であれば筋膜や筋肉のローテーションフラップを用いる。広背筋は腋窩動脈や上腕動脈の被覆に、薄筋は大腿の血管の被覆に使用できる。腓腹筋は膝窩部の被覆に適している。しかし、血管を過度に圧迫して血栓を生じさせないようにしなくてはならない。前述のように、軟部組織による被覆ができないと、更なる失敗を招く。すなわち血栓か、修復血管の乾燥か、二次性の出血である。

適切な軟部組織で被覆することができないのであれば、どのような血管修復も行うべきではない。

筋膜切開

以下は筋膜切開が適応となる、指標である[11]。

- 受傷してから血流再開までに 4 時間以上経過したもの
- 低血圧あるいはショックの時間が長いもの
- 術前から明らかに浮腫があるか、術中あるいは術後に進行する浮腫がある
- 主要血管における動・静脈合併損傷例
- 広い範囲での軟部組織の欠損を伴った創
- 動脈結紮例か、明らかに修復に失敗した例
- 単独の主要な静脈の損傷

注:

筋膜切開を手術終了まで待つと、静脈うっ滞と循環不良、あるいは筋肉壊死などにより、血管修復が危うくなる可能性がある。これまで述べてきたように筋膜切開は、血管を剥離同定して遮断したらすぐに、血管修復をする前に行ってよい。

経験をふまえ、ICRC の外科医は血管損傷の全例に末梢の筋膜切開を行うように推奨する。

修復のコントロール

四肢の末梢循環(脈拍とブランチテスト)は外科医が手術室を出る前にチェックする。吻合部の開存の確認は数時間後ではなく、すぐに行うのが最善である。もしも必要な設備があって術前に手術台での動脈造影を施行できたのであれば、術直後に再造影を行う。

24.7 術後管理

血行再建後の末梢循環は定期的に確認しなければならない。出血や虚血(吻合部の血栓を示す)、感染、あるいはもし最初に筋膜切開を行っていないのであればコンパートメント症候群のいかなる徴候に対しても、注意深い観察が必要である。

四肢は固定し、静脈ドレナージが改善するようにわずかに挙上しておく。軟部組織の待機的一次閉創(DPC)まで床上安静が必要となるため、負荷のない能動的な筋肉の運動は手術後第 1 日目から開始するべきである。

ICRC の外科医は抗凝固療法(ヘパリンやワーファリン)、あるいは抗血小板剤(アスピリン)は投与しない。

---

10. これは 1 杯のコーヒーや紅茶を飲む時間である。外科医がテーブルを離れるとしたらここが最善のタイミングであるが、多くの外科医は「ちょっと見て」みずにはいられない。
11. du Plessis HJC, Marais TJ, van Wyk FAK, Mieny CJ. Compartment syndrome and fasciotomy. S Afr J Surg 1983; **21**: 193 – 206.より改変

24.8 ダメージコントロールと一時的シャント

以前は、大量に出血した患者に対する標準的な処置は動脈の単純結紮であった。これは今でも経験の少ない外科医にとって最も安全な止血方法である。

現代の外傷外科では、20 世紀初期に行われていた動脈吻合の基本的手技が幅広く活用されており、これは限られた医療資源で手術を行う一般外科医にとって、非常に有用なものである。その手技とは主要動脈の欠損を連結する一時的シャントである。

一時的シャントの適応

状況によっては、吻合や静脈グラフトを行うよりも、ダメージコントロールとして一時的シャントを行うことが求められる場合がある。

- 多発外傷で血行動態が不安定な患者
- 大きな軟部組織の創傷で、解剖学的な位置の問題で神経血管束のデブリドマンが困難な症例
- 大きな骨折を伴う創傷（下記の通り）
- 外科医に、最初の手術で血管修復を終えることに十分な自信がない場合

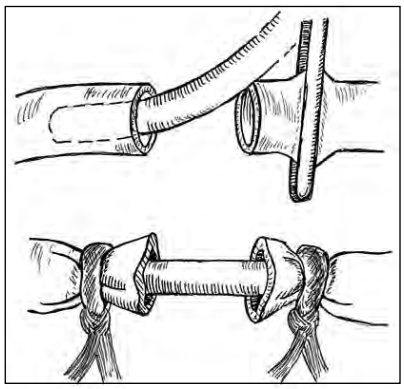
静脈グラフトが使用可能であれば、一時的静脈シャントをルーチンに施行することを推奨する外科医もいる。一時的シャントは血管修復を行う前、あるいはグラフトのために大伏在静脈を採取する間に、四肢への血流を速やかに供給し、長くうんざりするデブリドマンの間、組織の状態を良好に保つ。

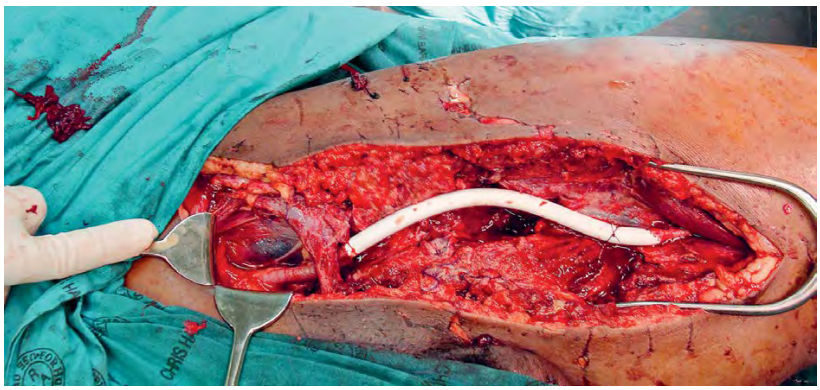
加えて、多数傷病者が発生しトリアージが行われているような事例では、シャントを使用することは有利である。ただし、翌日、翌々日にもより多くの傷病者が到着する、多数傷病者の洪水のような状態では、一時的シャントは最善の選択肢ではないかもしれない[12]。

手技

フォガティカテーテルを用いた末梢の血栓除去術、末梢動脈へのヘパリン入り生理食塩水注入、筋膜切開は事前に実施しておく。

一時的シャントを増設するため、十分に長さをもたせた点滴用ルートか、その他の適切な資材（気管内吸引チューブ、鼻胃管チューブ、小児用栄養チューブ、T–チューブなど）を切ってヘパリン入り生理食塩水を満たしておく。このシャントを動脈の末梢と中枢の断端に（動脈断端をそれ以上デブリドマンしないように）挿入し、その部位を太い結紮糸かルンメルターニケットで保持する。しかし、血液がシャントの中に流れ始めるとチューブは曲がり、脈打つようになるため、単純な結紮糸では固定するには不適切である。そのためシャントの真ん中にもう1本、周囲組織と固定するための結紮糸を置く。その後修復する手術を行う際には、結紮した断端は適切にデブリドマンを行う。


N. Papas / ICRC


F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

図/写真 24.18.1～2　一時的なシャントが置かれ、両端は結紮で固定されている。

一時的シャントは、患者の状態が安定し、完全な血管修復のための2回目の手術を受けられるようになるまで、あるいは外科医が十分に手術を行い得ると確信するまで、あるいは十分に資源とスタッフのそろった病院に移送されるまで、48 時間もしくはそれ以上置いておいてよい。

ダメージコントロールとしての一時的シャントは、結紮術よりも、主要静脈にも利点がある。シャントは危機的状況にある間、損傷を受けた四肢からの良好な血液流出を可能にする。

24.9 四肢複雑損傷:動脈損傷と骨折の合併

深刻な骨折に合併した動脈損傷は治療が難しく、切断に至る確率が比較的高率になる。外科的治療に関しては、適切な優先順位を決定しなければならない。つまり吻合、血液再還流は骨折整復・固定の前に行う。理論上は、血管吻合部が整形外科的手技により障害を受けることがあるため、まず骨を固定すべきという議論がなされてきた。たしかに理屈では先に吻合すると吻合部が危険なように思えるが、実際にはこれは大きな問題ではない。それよりも重要なことは、四肢が適切な長さで最終的に固定された時に、吻合部における緊張もしくはたるみが生じていないことである。

四肢の血行再建は骨折整復固定よりも優先される。

以下に2つの臨床的状況を示す。

- 1 つ目は最小限の操作を要し、四肢の長さが不均等となることが案じられる、比較的安定した骨折である。骨折整復固定に先んじて、ただちに血管修復と末梢の筋膜切開を行うのは問題ではない。そのあとで骨は創外固定、無理のない牽引、あるいはギプス固定が行われる。
- 2つ目は、部分的な骨欠損や広い範囲の軟部組織の破壊あるいは汚染を含む、不安定で深刻な骨の偏位あるいは骨折である。四肢への血流を復活させるために、最初に末梢の筋膜切開と一時的シャントを行うことは有用であり、次に骨整復(通常は創外固定)と創のデブリドマンを行う。動脈の完全修復は最終的に四肢の長さが安定した時に行われる。これらの複雑な段階は、患者の血行動態の安定性に応じて、同時に、もしくは異なる時期に行われる。

筋肉筋膜弁は、骨折した部位と血管修復部を隔離するために使用する。神経損傷を伴うことは非常に多いが、初期修復は必要ではない。後から修復を行う時のために切断された神経断端を同定し、印を付けておくことが推奨される(第 25 章を参照)。

24.10 特有の動脈

関節外傷、つまり鼠径部や腋窩部の外傷は、上下肢の主要動脈が身体の2つの異なった部位にわたるため、中枢側の用手的圧迫や止血帯の使用が非常に困難である。フォーリーカテーテルを弾道創に通して膨らませると出血を抑制するのに役立つ場合がある(D.6 参照)。

12. 第 9 章で多数傷病者のトリアージを扱っている。しかし病院の資源がぎりぎりであるが、病院の収容能力の最大限を使ってすべての患者を治療できる「多数傷病者の発生」と、病院の資源が明らかに不足している「多数傷病者の洪水」は区別されねばならない。

24.10.1 腋窩動脈と上腕動脈

腕を外転させ、三角筋と大胸筋の間隙（三角胸筋溝）に沿って、鎖骨の中央から大胸筋の遠位付着部まで鎖骨下に切開を入れる。三角筋と大胸筋の間の剥離を続け、腋窩動静脈と神経叢を分けている鎖骨胸筋筋膜と小胸筋を露出する。一時的シャントは修復の準備をする間、有効な処置となる。上腕動脈は上腕二頭筋と上腕三頭筋の間の正中間隙を切開することで露出される。

24.10.2 鼠径部

素早く開腹して外腸骨動脈を遮断すると鼠径部の創の中枢側のコントロールが確保される。これは上前腸骨棘と恥骨結合の中央を垂直に、鼠径靭帯も切断して直線の切開を入れることでも行うことができる。大腿動静脈の末梢のコントロールとしては、深大腿動脈の位置的な理由から、そこからの血液の逆流をいつも止められるわけではない。損傷を受けていない大腿動脈は創部に向かって、深大腿動脈を探索しながら剥離する。

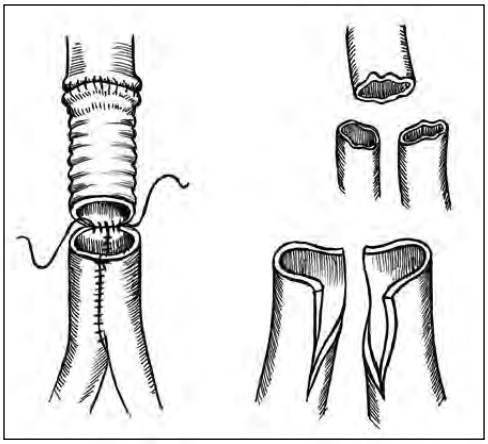

N. Panas / ICRC

図 24.19 大腿動脈分岐部の逆 Y グラフト修復

一時的シャントは、解剖を探っている間の出血をコントロールし、四肢への血流を維持するのに優れた処置である。血腫の真ん中にある大腿の血管を剥離するのは簡単ではない。深大腿動脈が開存していることが確認されれば、必要なら浅大腿動脈を結紮してもよい。

大腿動脈分岐部の外傷は非常に困難な挑戦である。深浅動脈の断端を側側吻合して共通幹を作成し、グラフトを挿入できるようにする、逆Y修復を行う。

24.10.3 膝窩

膝窩動脈はおそらく、そこへ到達して修復するのが最も難しく、修復の結果が最も不良な動脈であろう。側副血行路が乏しい窮屈な解剖構造が、結果として膝の外傷を切断に至らしめる。筋膜切開はむしろ最初のステップとして、また外科的露出手技の一部として常に行われるべきである。

膝窩の血管に到達するには2通りの切開が通常用いられる。正中切開と直接後方切開である。まず前者は膝関節を30度から45度曲げる。切開は大腿下部の内側にある内側広筋と縫工筋の間隙から始め、大腿骨背側の深い筋膜へ進めていく。次に膝窩を広く露出するため、正中筋膜切開を行う。筋膜切開を先に行った場合は、血管露出のため切開を中枢側に延長してもよい。

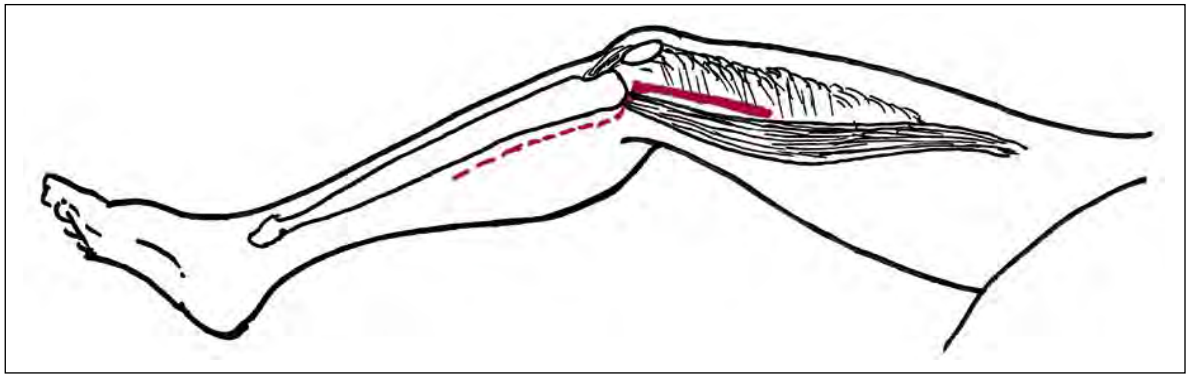

C. Giannou / ICRC

図 24.20 膝窩領域への正中切開。赤の点線は追加した正中筋膜切開の線である。

直接後方切開では、膝の屈曲線を中央にして S 状切開を入れる。しかし、解剖学的に制限があり、別の筋膜切開の切開創が必要となる。

注:

もし外科医に血管外科の経験が多少なりともあるならば、直接修復やグラフトに代わるものとして、損傷部位を除去するために膝窩動脈を中枢側と末梢側で結紮して損傷部を切除し、大伏在静脈グラフトを用いて非解剖学的バイパスを行うという方法もある。

24.11 静脈損傷

主要静脈は四肢の血液の流入出をより通常の状態に回復させる目的で、可能な限り、結紮よりも修復をするべきである。不適切な静脈還流は、末梢の血液うっ滞を助長させ、結果として大きな血液損失につながる。加えて浮腫とコンパートメント圧の増加を招き、直ちにコンパートメント症候群を引き起こす。

主要静脈の静脈還流を維持すべき決定的な時間は 72 時間であり、72 時間で静脈側副血行路が十分に発育する。72 時間を超えて還流を維持できなかったとしても、大きな問題に陥ることはなく、血栓化した静脈の再開通がしばらくしてから自然に起こるというのもよくあることである。ここでは筋膜切開と静脈の一時的シャントの両方が有用である。

主要静脈幹は直径が大きいため、側方の裂傷に対する直接縫合(通常健常部まで最低限のデブリドマンを行って)が可能な場合も多い。主要静脈幹が大きく損傷している場合は、極度の狭窄を回避するため、静脈パッチグラフトか置換グラフトを用いる。縫合しやすいように、断端は(楕円になるように)縦軸方向に切り込みを入れ、縫合は動脈ほどきつく行う必要はない。

静脈の結紮はいつでも行うことができる。

結紮は深部静脈血栓症や肺血栓塞栓症のリスクを増加させるように思われるが、主要静脈修復に伴ったそのような危険は報告されていない。

24.11.1 特有の静脈

いくつかの特定の主要静脈は、結紮のあとに合併症が出現しやすい。膝窩静脈はその典型で、動脈修復が成功した後であっても切断を余儀なくされることがある。しかし、膝窩静脈よりも下位にある下腿や前腕の静脈は、そういった問題なく結紮し得る。

深大腿静脈よりも近位の静脈(大腿、外腸骨、総腸骨静脈)の結紮は、顕著な浮腫と静脈壊死のリスク、あるいは晩期の慢性静脈還流不全につながる急性静脈還流不全を引き起こす可能性がある。大腿静脈あるいは外腸骨静脈の修復には、通常十分な直径がない大伏在静脈の代わりに、浅大腿静脈が必要となる場合がある。

同様に、下腿の広範囲の軟部組織損傷は、四肢の生存能力の損失あるいは慢性静脈還流不全に至るほどの静脈還流障害を容易に引き起こす。

24.11.2 動・静脈損傷の合併

動脈の血流が再開する場合、十分な血液灌流を得るため、静脈は先にシャントもしくは修復しておかねばならない。さもなければ、静脈内に血液がうっ滞し、引き続き末梢血管床に血栓症を起こす危険性がある。ただし、中心動脈と考えてよい頚動脈は例外である(第 30 章 8.3 参照)。

動・静脈の複合外傷では動脈より先に静脈を再建する。

静脈と動脈の修復後、その間に筋肉弁をおいて動静脈瘻の発生を予防する。

もし複雑な創であれば、一時的動静脈シャント(瘻)を作成することもある。筋膜切開は必須で、手術の早期に行うのが最善である。

24.12 動静脈瘻と仮性動脈瘤

動静脈瘻と仮性動脈瘤は急性発症することがあるが、これらは来院が遅れた患者や誤診された患者により多く見受けられる。多くは低エネルギーの小さな破片による創に発症する。

動静脈瘻

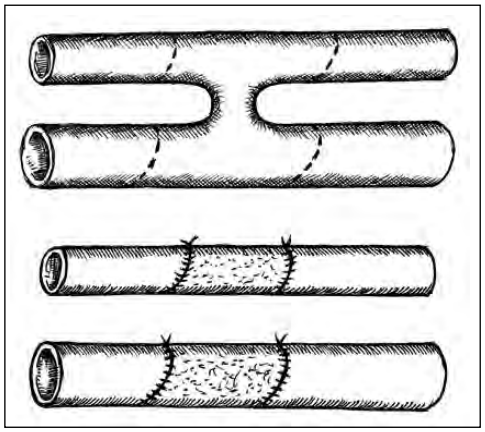
もし動静脈瘻に出くわしたら、通常は切除あるいは修復をするが、患者の状態と外科医の経験によっては手術をせずに経過観察とする場合もある。四肢の生存能力が高く、虚血の所見が見られないのであれば、動静脈瘻は、側副血行路が十分に発育して外科的アプローチが容易になるまで、あるいはもし可能であれば経験のある血管外科医に紹介することができるようになるまで、「成熟する」のを待つこともある。

中枢と末梢の血管のコントロールのため、適切な剥離はきわめて重要である。

・それほど重要ではない血管の動静脈瘻は単純に切除して血管を結紮する。

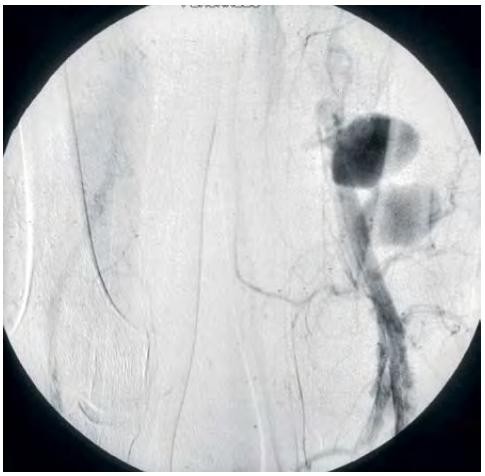
・より重要な血管の、小さな動静脈瘻は、それぞれ剥離して分断し、動脈と静脈の穴はそれぞれ縫縮し、もし必要なら静脈パッチを用いる。血管壁が脆弱すぎて縫縮できない場合には、4 重結紮が古典的だが有効なテクニックである。

・非常に重要な血管の瘻孔は動脈と静脈を切除し、静脈を用いたインターポジション(置換)グラフトで修復する。もし緊張がかからないのであれば、単純縫合が可能な場合もまれにある。



N. Papas / ICRC

図 24.21 2 本の静脈グラフトを用いた動静脈瘻の修復



F. Irmay / ICRC

写真 24.22 この造影検査は動静脈瘻と仮性動脈瘤の合併例を示す。

軟部組織弁は修復した動脈と静脈の間に用いられなければならない。

仮性動脈瘤

狭い閉鎖区域での動脈の側方裂傷は凝血塊を含有する血腫となり、仮性動脈瘤に変質する。患者は拍動性血腫を有する。

写真 24.23
肘関節直上（cubital fossa）の上腕動脈の仮性動脈瘤

A. Weldu / General Army Hospital Addis Ababa

仮性動脈瘤は通常通り、動脈瘤の中枢と末梢の血管のコントロールを確実に行わねばならない。血管を遮断したのち動脈瘤を切開し動脈内腔の穴を同定する。

・穴が小さく動脈壁の性状が良好なら、単純縫合か静脈パッチが可能である。
・穴が大きい、あるいは血管壁の性状が柔らかい場合、損傷を受けた部分は切除して静脈を用いた置換グラフトを行うのが最善である。
・もし切除が不可能ならば、仮性動脈瘤は中枢と末梢で結紮して除去し、静脈グラフトを用いた一時的・解剖学的バイパスを構築する（図 24.24）。

繰り返すが、虚血の所見がない限りは、血栓が形成されるのを許容する初期の保存的管理は適切な選択である場合もある。

24.13 合併症

最大の合併症は、虚血や切断につながる二次出血や血栓を伴う吻合部の感染である。

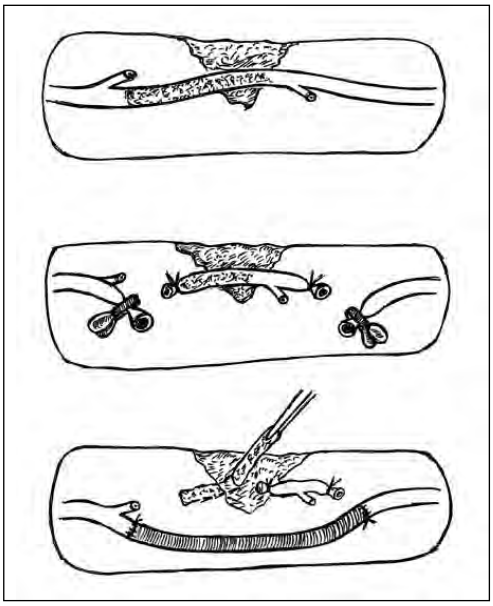
24.13.1 感染症

創の感染は最も多く見られる合併症であり、しばしば動脈修復部の破綻や出血、あるいは血栓を引き起こす。感染した部位には追加の修復は行うべきではない。よって中枢と末梢を結紮し、感染した動脈部分を切除しなければならない。四肢の生存を維持するために非解剖学的バイパスを行い、動脈血流を再建することが可能な場合もあるが、切断が止血を成し遂げる唯一の手段となることも多い。

24.13.2 塞栓症

吻合の縫合線の血栓は感染によるものもあるが、通常血栓は、最初の手術を終える前に発見されるべき技術的な過失によるものである。

過失には次のような例が挙げられる。



N. Papas / ICRC

図 24.24 感染した修復部を切除後に解剖学的修復を行う

- 不適切な動脈のデブリドマン
- 末梢の動脈の血栓の残存
- 縫合線が極端な狭窄を起こしている
- 静脈グラフトの捻れ、屈曲、あるいは外からの圧排

矯正するためには、手術をやり直し、新たな修復を行わねばならない。

しかし非医原性の場合、静脈特有の解剖学的理由によって、その修復を行うのは不可能なため、静脈還流不全か急性静脈うっ血を引き起こす。

もうひとつのタイプの狭窄は、数週間以上あるいは数か月以上の間に緩徐に進行するもので、これは縫合線の内側に仮性内膜が形成されることによって起こる。修復部位に血管雑音が聴取されることがあるが、確定診断は血管造影で得られる。もし狭窄が症状を有するもので虚血拘縮を来している場合は、新たな吻合かグラフト術が必要となることもある。

第 25 章
末梢神経の損傷

25. 末梢神経の損傷

25.1. はじめに 241

25.2. 創傷弾道学 241

25.3. 臨床病理 241

25.4. 疫学 242

25.4.1 赤十字外傷スコア(RCWS) 243

25.5. 臨床像 243

25.6. 外科治療 244

25.6.1. 初期外科治療 244

25.6.2. 神経断裂の待機的一時閉創 245

25.6.3. 外科的治療方針の決定:二期的手術を行うか否か 246

25.7. 神経縫合のテクニック 247

25.8. 術後管理 249

25.8.1. 神経麻痺とシーネ固定 249

25.9. 外傷後の後遺症 250

25.9.1. 外傷性神経因性疼痛 250

基本原則
重傷外傷症例では、神経損傷は見落とされやすい。
多くの場合、術中に肉眼所見によってのみ診断される。
神経離断は、一期的に修復すべきでない－神経断端に糸をかけて目印としておく。
多くの場合は保存的治療となる－手術による診査や修復が必要となるものは多くはない。
経年的創傷では手術適応となるものはほとんどない－適切な患者選択が重要である。
筋萎縮予防及び拘縮予防には理学療法が不可欠である。

25.1 はじめに

末梢神経の損傷は、一般的に認識されている以上に発生している。これは生命を脅かすものではないが、長期的な生活障害の主要な原因のひとつであり、低所得国においては、末梢神経障害が生活に負の社会経済的影響を及ぼしていく。神経修復による神経障害の改善は期待されるほどのものではなく、かつ手術適応となり得る患者もごくわずかである。

25.2 創傷弾道学

神経は身体組織において脆い部類の組織ではなく、また、動脈や腱のように貫通する飛来物を「避ける」傾向がある。直接貫かれた場合は裂けるが、受傷機転は弾丸によるものよりも、鋭利な断片による場合が多い。小さな破片が神経幹に埋没され、部分的な神経遮断を来しているのを認めることもまれではない。しかしながら、戦傷外傷における神経の受傷機転の多くは、骨折骨の鋭利な断端によるものである。

一方で、一時空洞が神経に及ぼす影響の方がより頻繁に見受けられる。一時空洞の形成によって神経は容易に引き延ばされ、また屈曲させられ、一過性伝導障害や軸索断裂（いずれも、「連続性のある病変」）を引き起こす。さらに、神経鞘の挫滅により神経上膜は軟化し長軸方向に裂ける。このことは、外科的神経修復にとって重要な意味を持つ。

末梢神経は、一時空洞による圧波とは異なる、高速の弾丸が生み出す真の衝撃波により障害を受けるおそらく唯一の組織であろう（第 3 章 4.6 参照）。受傷の数時間後より見られる一時的な神経遮断が、臨床所見として唯一認められるものである。類似の現象は、直近で爆傷を被った場合にも起こりうる。

25.3 臨床病理

飛来物による末梢神経障害は、以下の 3 つに分類される。

神経伝導障害(神経振盪もしくは伝導遮断)

いくらかの脱髄が起こってはいるものの、軸索は温存されている状態。生理学的麻痺とされる一過性の機能欠損が起こるが、自然に完全回復する。神経伝導が再開すると、同時に運動知覚機能も改善する。

軸索断裂（鞘内軸索断裂）

神経線維を取り巻く構造物は損傷せず、内部の軸索やそのミエリン鞘が障害されている状態。軸索が崩壊した部位に

神経内線維化が起こると共に、損傷部位より遠位側にワーラー変性を生じる。受傷後およそ 10 日後、損傷部位より近位側の神経線維は増生をはじめ、非常にゆっくりと1 日あたり、およそ 1～2 mm のスピードで残存する神経膜の中を延びていく。増生する軸索と神経内の線維化とで、神経幹内に連続する紡錘形の神経腫を形成する。

回復の程度は様々である。完全回復であったり、緩徐に改善が見られたり、部分的回復であったりする。全く回復しない場合もあるが、これは、先に述べた神経腫が神経伝導を完全に遮断している場合であり、回復が見込まれる手段としては、神経腫の外科的切除と、それに続く縫合修復もしくは神経グラフト術である。回復は段階的であり、最初に受傷部位に最も近い筋群から機能回復し、最後は末梢の皮膚知覚機能が回復する。いずれの場合においても、軸索が末端組織の運動や知覚受容器に到達してから、機能再開するまでに、それからさらに 3 週間を要する。

神経断裂（解剖学的な神経断裂）

神経幹が部分的に、もしくは完全に断裂しており、少なくとも全層（神経鞘と軸索）が影響を受けている状態。神経鞘もまた、受傷部を起点に長軸方向に裂けている。軸索損傷と同様に近位側断端より神経繊維の増生が始まり、一方で遠位側断端よりワーラー変性が始まる。加えて、遠位側断端ではシュワン細胞が増生し、わずかな膨らみを形成する。切断端は、動脈で見られるのと同様に引き吊り込まれており、近位側、遠位側は、それぞれ切断面でつながろうと再生が起こる。しかしながら、このギャップは器質化した血腫で埋められており、これは線維性組織塊を形成する。これを神経腫と呼ぶ。

神経の完全断裂において、神経腫の形成は正常の治癒過程であり、避けられない。四肢切断断端などの特有な環境下では、再生する軸索が、遠位側の神経断端へと向かっていこうとするが、その遠位側神経断端が存在しないため、時に痛みを生ずる断端神経腫を形成する。神経幹の部分的な損傷は、側方神経腫の原因となる。断端神経腫及び側方神経腫、いずれの場合も自然に改善することはまずなく、外科的切除及び修復が機能回復のための唯一の望みである。

神経傷害病変は、神経伝導障害、軸索損傷及び神経断裂が混在したものである。

修復後の回復及び神経再生

軸索損傷の自然回復と比べると、神経修復や神経グラフト後の回復は期待するほどには至らない。手術がいかに精密であれども、縫合線にそって神経内線維化が生じ、それは縫合部にかかる張力、局所炎症、細菌感染により助長される。加えて、軸索の遠位側断端への伸展も決して完璧なものではなく、本来の末端組織とは異なる部位へ神経がつながる場合もある。とりわけ運動神経と知覚神経の混合する神経においてその傾向は顕著である。神経再生と末梢運動及び知覚組織活動開始までに要する時間は、軸索損傷と同程度である。

神経周囲線維化

飛来物が神経に接する形で遺残した場合、外傷後、神経周囲に線維化を来すことがある。これが神経を取り巻き、圧迫し、慢性的な神経障害による症状を引き起こす。仮骨による神経の巻き込みも、同じ結果を招き得る。いずれも、外科的に圧迫解除する必要がある。

25.4 疫学

飛来物による末梢神経損傷は、通常四肢損傷の際に起こり、必ずしも体幹をも巻き込む損傷ではない。このような外傷は、神経損傷のみではなく、多くは、血管損傷や骨折も合併しており、下肢よりも上肢に起こる頻度が高い。

血管損傷を合併する場合を除き、神経損傷症例の報告はほとんどない。また、神経伝導障害の頻度についても通常記録がない。実際、ほとんどの患者は「神経の連続性が保たれた状態」を呈している。すなわち、牽引もしくは圧挫傷により、神経伝導障害や軸索損傷を来しており、こうしたケースの多くは、自然に機能回復に至る。また、自然回復する症例は、一抹の願いをかけて外科的修復を行うものと比べて、より完全な機能回復に至る。これらの経験は外科医に、神経障害で観

血的な診査や修復手術を要するものが、さほど多くはなく、こうした損傷に対しては保存的治療が望ましいことを教えている。

以下に外科的神経修復の治療成績に影響を及ぼす要因を列挙する。

- 損傷の程度（部分的断裂か完全断裂か、欠損部にグラフトを要するか否か）
- 損傷を受けた神経の特徴（運動神経と感覚神経の混合か、どちらか一方か）
- 受傷機転
- 併存する損傷（血管損傷もしくは骨折）
- 受傷から外科手術までの時間
- 外科的修復前に理学療法が十分になされていたか
- 患者の年齢と全身状態
- 修復術の術式
- 診断機器と手術器具の有無（筋電図測定器、術中顕微鏡もしくは拡大鏡、など）
- 外科医の技術

25.4.1 赤十字外傷スコア（RCWS）

RCWS には、末梢神経損傷の分類は含まれていない。この創傷スコアは、弾道学的影響と組織損傷の程度を関連付けて表すことを主眼としており、生理学的側面との関連性についての評価に乏しい。

しかしながら、AIS（Abbreviated Injury Scale）と RCWS を用いて、戦傷治療術後の末梢神経回復について検討している研究がある。その中で、神経機能回復と、AIS と、RCWS における骨折のスコアリングの間には、統計学的に有意な関連があることが示されている[1]。

25.5 臨床像

生死にかかわる状態の患者を診る際には、末梢神経損傷は重視されず、見落とされることがよくある。その他、見落としの原因としては、数少ない医療スタッフで非常に多くの外傷患者の治療を行わなければならない、意識がない、ショック状態、疼痛や衰弱のためにコミュニケーションがとれない、信頼できる診断機器がない、神経症状がルーチンの観察事項に入っていない、などが考えられる。

四肢の一連の診察の中には、神経学的所見も含まれるが、著しい軟部組織損傷や血管損傷、骨折を目の当たりにしては、詳細な神経所見の評価は後回しになりがちである。患者の状態が許すのであれば、最初の創傷部の評価に先立って、可能な限り正確に末梢神経機能評価を行うべきである。運動知覚欠損の所在を調べ上げ、その程度、部分的か完全欠損かを、関連する脊髄反射能と共に評価する。神経断裂については、臨床判断だけで推定されるべきものではなく、術中に肉眼所見として確認することにより、確定診断がなされる。

動脈損傷や著しい筋肉損傷による循環不全が、神経損傷に類似する症状を呈している場合がある。

症状を引き起こす神経外病変

仮性動脈瘤や動静脈瘻による神経の圧迫や伸展が、強い痛みや進行性の神経機能障害を引き起こすことがある。特に膝窩、下腿前区画、腋窩、肘、前腕腹側、といった閉鎖腔における場合である。同様に、コンパートメント症候群では、局所の虚血性変化に端を発し、神経圧迫を生ずる（B.10 参照）。

25.6 外科治療

末梢神経損傷の外科治療に関しては、状況ごとに分けて話を進めなければならない。すなわち、初期治療と、安定期の治療についてである。治療すべき患者を注意深く選択することが何よりも重要である。

25.6.1 初期外科治療

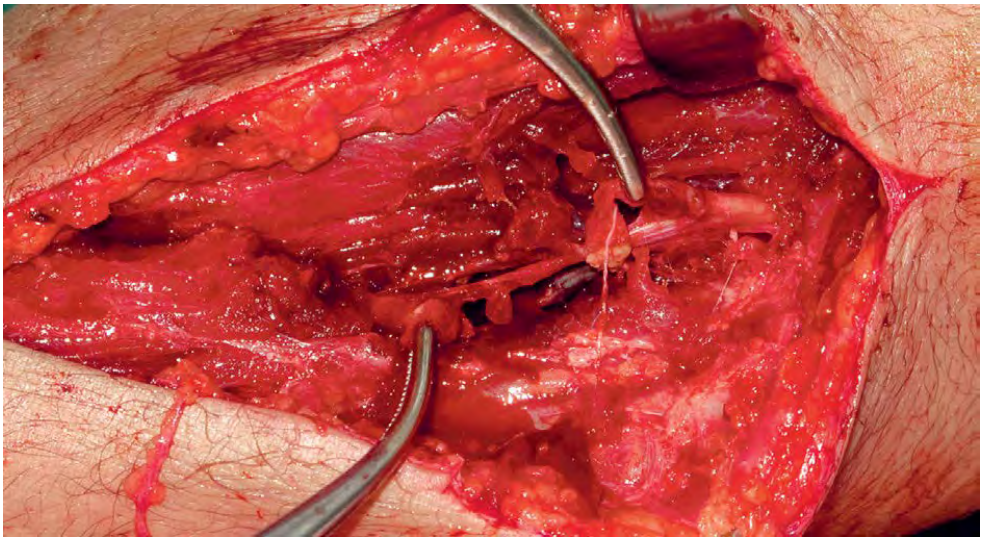
神経損傷は、手術中に偶然に発見されることが多い。神経障害が術前より強く疑われる場合には、術中に疑わしい神経を肉眼的に評価する。その際、手前にある健常組織を傷つけないように気をつける。損傷の程度は手術記録に残しておく。

状況は 2 つのうちのどちらか、すなわち、その神経が離断されているか否かである。

神経が離断されている場合：神経断裂（Neurotmesis）

神経が完全に離断されている場合は、まず断端を同定する。その際、周囲健常組織から剥離してはならない。両側の神経断端に、非吸収性のモノフィラメント糸をかけて引き出してくる。糸をかける際には、神経周囲組織も含めてかける。また、それぞれの断端ができるだけ捻じれないように気をつける。両断端を寄せておくことで、線維化による神経の短縮を避け、後の修復の際に必要な長さを確保できる。また、損傷を受けた軟部組織や骨と断端との接触を避けることで、過剰な神経腫の形成を避けるために役立つ。

写真 25.1
橈骨神経の完全断裂症例。薄い神経上膜の一部のみが、両側の離断断端をつないでいる。



ICRC

別の方法として、2 本の非吸収糸で神経断端に支持糸をかけ、シリコンゴムやシリコンカテーテルの中を通しつつ、両断端を捻れのないように寄せておく、というものがある。こうすることで、周囲の受傷組織との癒着を防ぐことができる。

戦傷に対する一期的神経縫合は禁忌である。

以下のようないくつかの理由から、一期的神経縫合は禁忌である。

- 戦傷部は汚染されており、常に感染のリスクを伴う。いかなる修復も無駄となり、再手術がより困難なものになるだけである。
- 神経縫合のために神経を授動し、余分に剥離を行うことで、創部の汚染を広げ、感染を招く。
- 神経損傷の程度は肉眼的に判別がつかない。肉眼的に損傷の程度を評価することは不可能である。時間が経過すれば、断端近位側の神経や遠位側の神経膠腫（グリオーマ）と、正常神経組織との境界がはっきりしてくる。

- 損傷を受けた神経鞘は脆弱である。挫滅により神経上膜は長軸方向に裂傷を生じ、軟化する。時間と共に、神経上膜は線維化によって補強され、縫合を維持するにより望ましい状態となる。
- 神経縫合は時間がかかり、根気のいる作業である。神経損傷以外の著しく激しい損傷や、多くの患者に対応を強いられる状況では、神経縫合は最優先事項ではない。

例外が 1 つある。鋭利なガラス片や刺傷などの急性期症例では、一期的神経修復は成功し得る。「きれいな切創」は直ちに閉創可能であり、待機的一次閉創は行わない。

神経が離断されていない場合:連続性の保たれた損傷

挫滅した神経は、神経伝導障害や軸索損傷を来す場合がある。しかし、これらは術中観察で判別し得るようなものではない。保存的手法が望ましく、いかなる修復術も行うべきではない。

注:

離断の有無によらず、露出した神経は、血管や腱と同様に、乾燥を防ぐために筋や脂肪組織で覆うこと。

デブリドマン後と待機的一時閉創(DPC)

デブリドマン後の患肢のルーチンの観察項目には、血流評価と神経機能評価が含まれる。創検索で見逃した損傷がある場合もある。それが血管損傷であれば直ちに再手術が必要となるが、神経障害であれば、慌てる必要はない。

デブリドマンでは、神経病変の有無にかかわらず、注意深く診察を行い、感覚、運動、反射の状態を記録しておく。この記録は、その後の患者の状態を評価する基準となる。

外科医は、待機的一時閉創の際に前回見落とした神経損傷を探すかもしれないが、健常組織層を切開してはならない。もし損傷があったとしても、デブリドマンの時と同様に扱わねばならない。待機的一時閉創にも、デブリドマンにも同じ理屈が当てはまる。すなわち、神経も創部も、修復するに適した時期がある。いかなる神経修復も、創部が完全に治癒するまで、待たねばならない。

初期段階における外科治療、ーデブリドマンと待機的一時閉創ーの目的とは、瘢痕化を最小に抑え、合併症のない創治癒を目指すことであり、修復することではない。

25.6.2 神経断裂の待機的一時閉創

離断された神経は、創部の経過が良好で汚染がなく、急性炎症の時期を過ぎてから修復されるべきである。しかし、運動神経末端で修復不能な障害が生じてしまう前に行わなければならない。理想的には、待機的一時閉創(DPC)から 3〜6 週間の期間に行うのが望ましいが、確実な看護ケアと理学療法プロトコールが提供される環境であれば、3 か月まで待機可能である。

この間、廃用性変化から四肢を守るために保温を行い、パッドで覆っておく。また、筋の過伸展を防ぐために、良肢位でシーネ固定を行う。優しく関節を動かし、筋肉をマッサージすることで、拘縮を予防する。可能であれば理学療法士に、麻痺した筋肉に対してガルバーニ電流刺激(galvanic stimulation)を行ってもらい、筋肉の活性を維持する。

創を放置して拘縮を起こしてはならない。

---

1 Mićović V, Stancić M, Eskina N, Tomljanović Z, Stosić A. Prognostic validity of different classifications in assessment of war inflicted nerve injury. Acta Med Croatica 1996; **50**: 129 – 132.

25.6.3 外科的治療方針の決定：二期的手術を行うか否か

神経損傷の症例では、神経そのものの連続性は保たれているケースが多い。したがってほとんどの場合は自然治癒するため、外科的治療を決断する前に、まずは保存的にみるのがよい。中には、全く改善を見ないケースもある。古く、すでに治癒している創傷があり、持続的な神経症状を訴える患者は多いが、手術によって神経症状が改善する症例はほとんどない。保存的治療にしても外科治療にしても、予後は組織の状態と、待機的一時閉創に向けて組織を健常に維持する看護ケアと理学療法によって大部分が決まる。

外科医が覚えておくべきこと

- 連続性の保たれた神経障害のほとんどは、外科的修復は必要ない。大半は自然に治癒する。
- 受傷後かなり時間が経過した古い創傷で、外科的治療が奏効するケースは極めて少ない。
- 手術を始めたが修復不能であったり、とても成功しそうにない状況となることを避けるため、手術症例を正確に選択することが極めて重要である。

神経損傷を手術する理由は 2 つある。運動知覚機能を改善させることと、神経痛を緩和することである。

機能改善

神経の一過性伝導障害はよく見られ、軸索断裂は時間の経過と共に治癒する。後者の場合、治癒するまでの時間は、受傷部位からその神経支配領域にある一番近い筋群までの距離を測ることで予想できる。神経再生速度は 1 日 1mm であり、それに続く筋肉と神経終板との間の活動再開までに 3 週間を要する。予想治癒期間より 6～12 週間経過しても全く改善を見ない場合は、手術治療を考慮する。

筋電図は運動神経線維の損傷を評価する診断機器として、最も広く利用されている。物資が限られた環境の中では、これが利用できることは稀であるが、いずれの場合においても、受傷後 1 週間は、ワーラー変性が脱神経性変化を来すまでに時間を要するため、筋電図を測定する意味はない。筋電図が最も有用な時期は、神経障害の回復期後半であり、手術治療症例を検討するのに役立つ。

筋電図が測定できない状況では、手術による病変検索を行う。見落としていた神経切断部があるかもしれないし、著しく増大した神経腫を認めることもある。神経が線維性組織によって巻き込まれている場合もある。神経組織の巻き込みは、特に血管縫合部や仮骨形成部の近傍で起こる。こうしたケースでは、周囲組織から神経を遊離する神経剥離術によって、症状が改善することもある。神経剥離術は、血管剥離術と同じ要領で行う。正常な神経幹の近位側と遠位側とを同定し、それから線維性に癒着した部分へと、注意深く剥離を進める。遊離した神経は近傍の健常な筋組織内に添えておく。

垂れ足や垂れ手といった著しい機能不全については、受傷後数か月にわたって定期的に評価する必要がある。一部の機能については、神経剥離、神経腫切除、または神経縫合によって改善を見る場合がある。

神経損傷後の疼痛

神経性疼痛を緩和するために、外科的治療が有効である場合がある。症状改善の手術として下記のようなものがある。

- 線維性組織や仮骨形成部に巻き込まれた神経の解除
- 神経幹に突き刺さった骨や飛来物の破片の除去
- 痛みを伴う神経腫の摘除（特に四肢切断断端に多い）

痛みは医原性である場合もある。神経を不注意で結紮してしまったか、不適切な場所に創外固定を行ったケースなどがこれにあたる。

さらに複雑な慢性疼痛症候群の場合は、最初は薬剤により治療を試みる(第 25 章 9.1 項参照)。

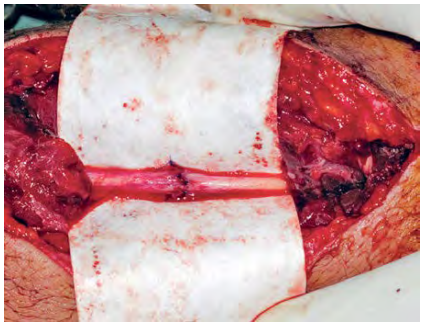
25.7 神経縫合のテクニック

神経縫合は、物資に乏しい環境下では通常手に入らないような物品を必要とする、専門性の高い手技である。一期的に修復するにせよ二期的に修復するにせよ、手術用顕微鏡か、拡大鏡と拡大鏡用眼鏡を用いることが理想である。時に、後者は自作可能である。昨今の神経外科で標準的に用いられる術中電気生理学的計測機器は、まず手に入らない。モノフィラメントのナイロン糸が、最も異物反応を起こしにくい。サイズは 8-0、もしくは入手可能な最小サイズ(血管縫合用の 6-0)を用いる。すべての吻合術にいえることだが、吻合部には決して緊張がかからないように配慮する。

断端間が 2〜3cm までであれば、神経両断端を直接吻合してもよい。6cm 以上の距離がある場合は、さらに専門的技術を要する神経グラフトが必要である。3〜6cm の距離であれば、近位側と遠位側とを授動することで、かろうじて縫合できる場合がある。

解剖学的な神経走行の位置を変更し、短縮すれば、さらに吻合間距離を稼ぐことができる。よい例は、尺骨神経を肘関節の背側から腹側へ、上腕では橈骨側に移動させる方法である。橈骨神経の長さに合わせて、上腕骨を短縮する方法もある。橈骨神経はほぼ常に上腕骨骨折に随伴するため、上腕骨短縮はしばしば施行可能な術式となる。腓骨骨頭は、削ることで腓骨神経の長さを稼げる場合がある。関節を少し屈曲するだけでも、正中、橈骨、脛骨そして腓骨神経の距離を稼ぐことができる。

部分麻酔と駆血帯とを使用すれば、手術が行いやすくなる。



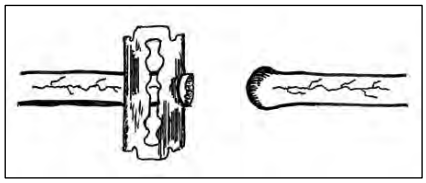
ICRC

写真 25.2
授動後に両断端を直接縫合

手術手技

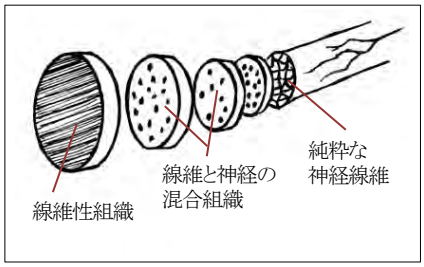
1. まず、損傷部位の近位側と遠位側の健常神経幹へ到達する。周囲の健常組織への切開を要することが多い。多くの場合、厚い瘢痕組織が神経損傷部位を取り巻いており、これを注意深く剥離しながら神経の授動を進めていく。瘢痕形成が強いところから神経損創部にアプローチするのは非常に難しく、神経そのものを傷つけてしまうことがある。
2. 次に、近位側断端の神経腫と、遠位側断端の神経膠腫を切除する。新しいメスか剃刀を使って、膨隆した健常神経組織が見えるまで、また断面から血液がにじみ出てくるようになるまで、「サラミスライス」を作るように、少しずつ薄切しつつ切除する。ハサミは使用してはならない。切除する際に組織を圧壊するからである。

   この作業は、分層植皮の際に用いる木製板のような、硬くて平らなものの上で行うのがよい。瘢痕化した神経上膜に対しても、血管用鋏や眼科用鋏を用いて丁寧に剥離除去する。
3. 支持糸(4-0)を2本かけ、両断端を寄せる。この際、神経が捻れないように気をつけながら、神経束同士や、神経表面の微小な血管同士の位置が合うように引き寄せる。



N. Papas / ICRC

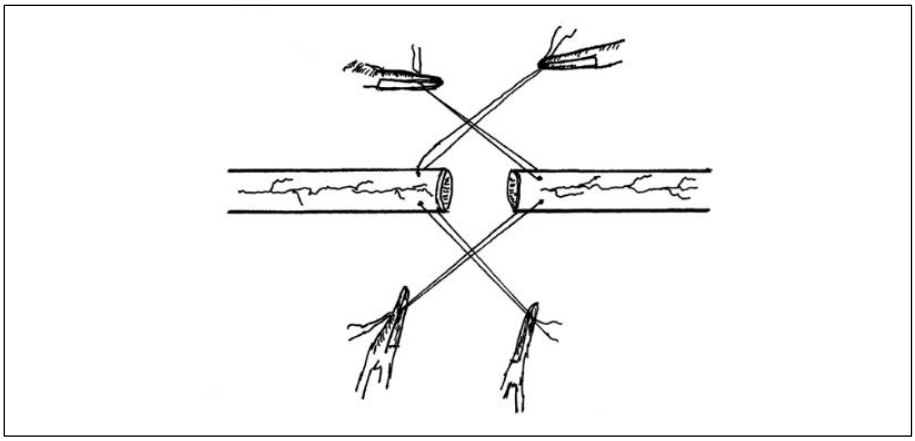
図 25.3.1
剃刀の刃にて神経腫を少しずつカットする。



N. Papas / ICRC

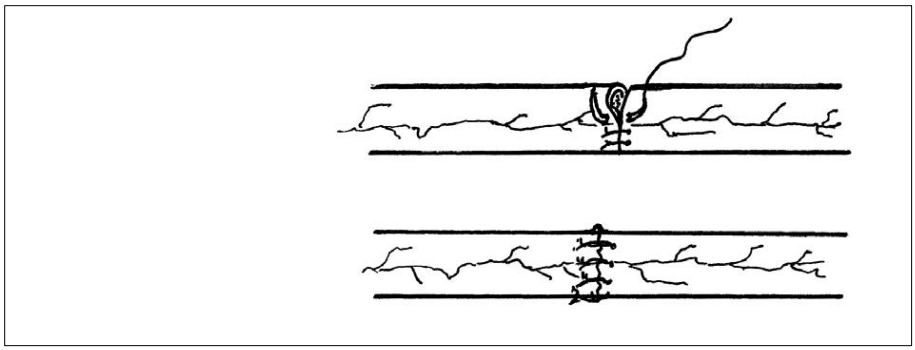
図 25.3.2
神経腫の切断断面を、健常神経束に至るまでの各段階で示した。

図 25.4
支持糸は神経上膜のみにかける。



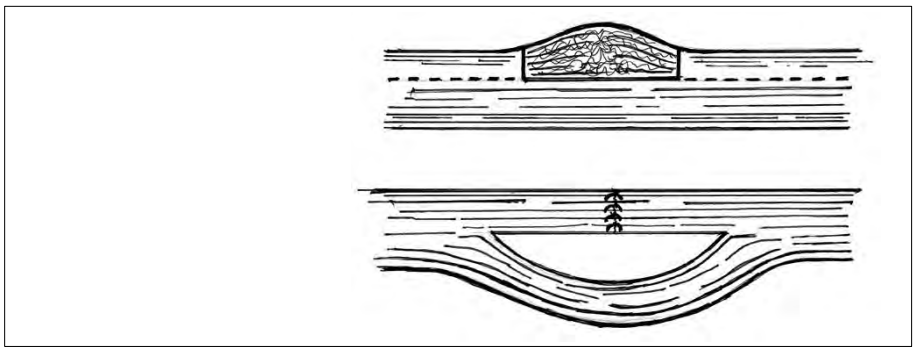
4. 可能な限り細い縫合糸を用いて、神経上膜のみをすくい上げながら修復を行う。神経両断端が正しく密着し、かつ最少（3〜6針）の縫合で行う。

図 25.5
細い縫合糸を用い、神経上膜のみに糸をかけ、修復を行う。



5. もしも、側方の神経腫がある場合、その腫瘤部のみを取り除き、ループ状に再建する。これはしかし難易度も高く、成功が困難な手技である。

図 25.6
側方神経腫のループ状再建



6. 最後に、修復された神経は、通常は2つの筋組織の間もしくは筋組織の中など、近接する適した健常組織内に縫着する。

神経組織は腱組織とは区別しなければならないが、これを術中に判断することは難しい。神経はより黄色で軟らかく、断面では神経束が膨隆し、周囲組織に細かな血管が走行する。腱組織は青白く光を反射し、強くて硬い。断端は木材の断端と似ている。

腱縫合もまた、戦傷では二期的に行われるべき手技であるが、その縫合法は神経縫合とは異なる。

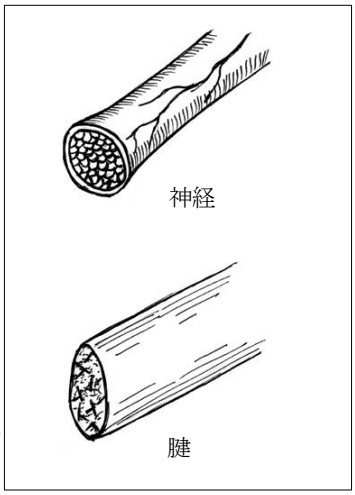


図 25.7
神経と腱の断面の違い。

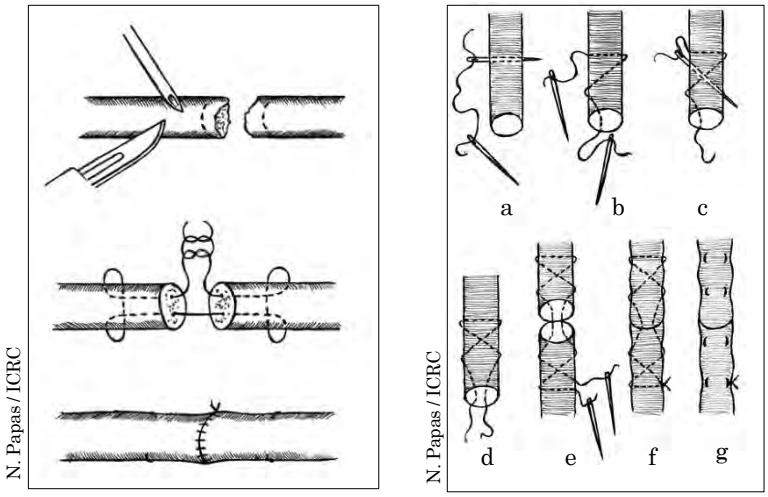


図 25.8.1- 2
腱縫合の 2 つの手技。腱の操作には注射針を用いる。

25.8 術後管理

神経損傷は、受傷後長期にわたって様々な病理学的変化を引き起こし、管理方法や臨床転帰に影響を与える。軸索損傷からの自然回復後や、神経離断の修復後に、神経の再生がうまくいくように、こうした病態変化から四肢を守らねばならない。 例えば、麻痺側では四肢を動かせないために、その末梢循環は阻害される。皮膚は青白く、冷たく、菲薄化し、爪は脆弱となる。また、運動を行わないと、関節周囲の血管は癒着して関節拘縮を来す。さらには麻痺によって収縮できない部分の筋肉は、その拮抗筋の作用により過度の張力を受ける。

変性から 3 週間も経過すると、麻痺した筋組織は電気刺激にも反応しなくなる。しかし依然ガルバーニ電流刺激には反応を示す。そのまま筋刺激が途絶えてしまうと、変性した筋組織は、徐々に線維性組織に置き換わっていく。

術後ケアの基本は理学療法である。筋萎縮と腱の短縮を防ぎ、拘縮予防として関節の可動性を維持しなければならない。まず、最初の 3 週間は、神経に最も緊張がかからない肢位で、パッドをあてたギプス固定を行う。それからは数週間かけて、関節を徐々に進展させる。その後、能動的、他動的に関節運動を開始する。骨折を合併し、患肢の固定を余儀なくされている場合には、その近位側と遠位側の関節運動が必要である。筋のマッサージと、使用可能であればガルバーニ電流刺激を継続する。小さな外傷や廃用性変化からも、患肢を守らなければならない。患者教育として、患者自身での運動を奨励し、感覚麻痺している皮膚の保護について、十分に説明する。

その後も患者の診察を継続し、回復するまで、可能であれば 3 か月ごとに筋電図を測定する。しかし、資源の限られた環境で、長期のフォローは困難であり、本当に神経縫合が成功したか否かを判定するのには、丸 1 年を要する。

25.8.1 神経麻痺とシーネ固定

神経麻痺による拘縮や変形を予防するために、様々なケースでシーネ固定が用いられる。創外固定や牽引が行われている場合、神経縫合までの待機中、縫合後の治癒観察期間中、治療困難症例に対する経過観察中、などである。

単純なシーネ固定を心がける。

- 橈骨神経麻痺では、十分にパッドをあてた石膏シーネにて下垂手を予防する。
- 尺骨神経障害では、アルフェンスシーネで作製した指固定にて、鷲手を予防する。
- 正中神経障害では、夜間、母指を対側の小指(もしくは他の手指)の指先とテープで固定する。
- 坐骨神経障害や外側の腓骨神経障害では、夜間に足関節を直角になるよう固定する。

日中、何度も固定を外して患肢を運かすよう促し、可動制限のないことを確認する。金属製の可動性手関節固定具や、下垂足用バネ付き装具は特に有用で、医療装具店や整形疾患の補助用具店で入手できることがある。

25.9 外傷後の後遺症

神経損傷では、結果として治療不可能な神経障害に至るケースが極めて多い。しかし、運動機能障害のうちいくつかは、周囲の筋群が機能の埋め合わせを行い、最終的な運動機能は予想されたものよりも良好であることがある。試しに神経グラフトを行っても、たいていの場合うまくいかない。実際のところ、神経グラフト術は、難易度も専門性も高く、結果もばらつきが大きい。下垂手や下垂足の場合、自然回復が見込める18か月を過ぎても回復が見られない場合、症例によっては腱移植術も考慮する。下垂足の場合、シンプルな治療法として関節固定術があり、特に装具が入手できない場合には有用な治療法である。

慢性期の症状として、感覚神経が萎縮性変化を起こすと、慢性下肢潰瘍や感染、骨髄炎を生じることがある。こうしたケースでは、適正な義肢が入手可能で、患者の理解が得られれば、患肢切断が最善の方法である場合もある。

25.9.1 外傷性神経因性疼痛

銃創による末梢神経損傷では、様々な慢性疼痛症候群を伴う。この傾向は、純粋な運動神経損傷に対してよりも、混合神経損傷に対してより多く見られる。治療は、神経損傷の原因と、痛みの種類により、薬剤治療、神経ブロック、理学療法、手術がある。疼痛を伴う神経腫や幻肢痛に関しては、第23章11.2で述べた。神経原性疼痛の中には、簡単な手術で治療できるものもある。(第25章6.3参照)

多くの慢性複合性疼痛症候群は、詳細な診察と、筋電図を含む様々な検査によってのみ診断される。代表的な例として、不完全な神経損傷や、神経内に小さな破片が埋没された場合に起こるカウザルギー(causalgia)[2]がある。数時間から数日のうちに症状が出現し、時折激しい灼熱痛と、自律神経性変化を伴う。最初、著明な末梢血管拡張と発汗が見られ、続けて、血管収縮と皮膚乾燥とが起こる。最後には、皮膚と爪に萎縮性変化が出現する。疼痛は時に非常に激しく、そのため患者は不眠となり、最後には患肢のわずかな触診にも耐えられなくなる。埋没された破片は除去すべきであるが、真性のカウザルギーでは、まず初めにオピオイド投与による内科的治療を試みる。それから、局所麻酔薬を繰り返し用いながら治療する。自律神経異常は、診断も兼ねての交感神経ブロックで緩和される。薬剤治療に抵抗性が出てきた場合は、交感神経切除術が必要となる。

さらなる複合性疼痛症候群(神経再支配による疼痛、求心路遮断痛など)にはほとんどの場合、薬剤治療を行う。多くの症例は治療抵抗性である。理学療法を行いながら、繰り返し神経ブロックを行うと奏功することがある。とりわけ慢性症例では、抑鬱状態、不眠、不安神経状態により、臨床像も複雑となり、精神安定剤が最良の手段となる。患者の精神的サポートが、極めて重要である。

2. Complex regional syndrome TypeⅡ (CRPSⅡ)、または reflex sympathetic dystrophy and causalgia としても知られる。

Part C

頭部・顔面・頸部

C　頭部・顔面・頸部

C.1　一般外科医と頭部・顔面・頸部外科　254

基本原則

頭部・顔面・頸部の損傷は非常に多彩な臨床像を呈する。

頭部・顔面・頸部の外科における基本原則は、一般外科医の知るそれと同様である。

頭頸部の表面積は総体表面積の 9～10%に過ぎないが、頭頸部外傷を負った患者の割合は戦傷患者総数の 10～20%を占める。伏臥位の兵士は敵に向かって体表面積の 25%が露出しているだけであるが、顔面がそのほとんどを占める。頭頸部の露出率は、防具着用の有無や戦闘形態によっても変わる。戦闘員が視野を確保するために上半身を曝す塹壕戦や戦車戦、また広範な狙撃兵を配備する市街戦では、頭部・顔面・頸部の外傷が増える傾向にある。

多くの外科文献で、解剖学的部位の定義があいまいであることは、第 5 章 6.2 で述べた。通常この部位の外傷は、「頭頸部外傷」としてまとめて表現される。ICRC の外科データベースでも、この分類を用いており、頭部、顔面、頸部と分けて分類されることは稀である。表 5.12 に、受傷部位と致死率に関する 2 つの研究結果を示している。

頭部・顔面・頸部損傷は異なる臨床像を呈するため、区別しておく必要がある。脳損傷による死因は多岐にわたる。損傷が脳幹部に及んだ場合、昏睡に伴う呼吸不全、頭蓋内圧の亢進、感染症の併発などが挙げられる。頸部損傷では、まず気道障害、次に大量出血が問題となる。巨大な皮下血腫によって気道が圧迫される場合もある。致死的顔面損傷では著しい出血で気道閉塞に至るケースが多い。

最近では、頭部・顔面・頸部の外傷は区別して扱われるようになってきた。以下に 2001 年 10 月から 2005 年 1 月にかけて、アフガニスタン及びイラクで活動した米軍負傷者の調査結果を示す。1,566 名の受傷者に対して計 6,609 か所の外傷を認めた。このうち頭部・顔面・頸部に受けた外傷は 30%を占めた。表 C.1 に受傷部位別の割合を示す。最新の防具着用によって、受傷部位が露出部に偏っていることがわかる。

部位	割合	領域別の割合
頭部	8%	30%
眼	6%	
顔面	10%	
耳	3%	
頸部	3%	
胸部	6%	17%
腹部	11%	
四肢	54%	54%

表 C.1　アフガニスタン・イラクにおける米軍負傷者 1,566 名の受傷部位別割合（2001～2005 年）[1]

頭部・顔面・頸部の外傷は臨床的側面だけでなく、致死率も異なる。これは、表 C.2 に示した、2004 年にイラクで作戦に従事した米軍兵士を対象に 7 か月間かけて行われた別の研究でも明らかである。軽傷患者と重症患者は区別して扱われた。334 名の受傷者に対して、頭部・顔面・頸部に計 834 か所の外傷を認めた。同領域の外傷による死亡者は 19 名であった。

1. Owens BD, Kragh JF, JC Macaitis J, Wade CE, Hlcomb JB. Combat wounds in Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom. J trauma 2008; **64**: 295-299より改変

受傷部位	創傷数 (n=834 創)	部位別の致死率	損傷創による死亡 (n=60 創)	RTD* (n=296 創)
頭部	25%(n=212)	13.7%	48%(29)	23%
顔面	65%(n=540)	3.7%	33%(20)	68%
頸部	10% (n=82)	13.4%	18%(11)	9%

*RTD：72 時間以内の任務復帰率(Returned to Duty within 72 hours)、表在性で非致命的損傷と同義
表 C.2　頸部・顔面・頸部の戦傷部位の分布に関する分析 [2]

戦闘における顔面損傷の多くはさほど重篤ではない。致死率もわずか 3.7%で、多くの患者が早期に任務に復帰する。気道に影響を及ぼし、コントロールが困難な重篤な外傷は、少数ではあるが、死因全体の 33%を占め、死因としては比較的高い割合である。頭部と頸部の戦傷致死率はいずれも 13%を超える。しかし、頭部は、頸部よりも外傷を被りやすいので、損傷の数やその損傷によって死亡した犠牲者の絶対数もかなり多い。

世界的に見ても、脳及び顎顔面外傷の大多数が鈍的外傷であり、多くは交通外傷によるものであるが、同様の鈍的外傷は紛争時にも発生する。このような外傷管理については、外科学の成書を参照するとよい。本章では主に穿通創と兵器による創傷の特徴について述べる。

C.1　一般外科医と頭部・顔面・頸部外科

一般外科医は、脳神経外科、顎顔面外科、眼科、耳鼻咽喉科 [3] についての手技や手順について通り一遍の知識を持っているというだけのことが多い。しかしながら、戦傷治療の際の確固たる科学に基づく原則は頭頸部領域の銃創にも同様に適応されるため、これらを治療する能力は一般外科医も十分に持っているものである。本項では、頭部・顔面・頸部外傷にも適用できるこれらの原則と、こうした創傷治療に必要な基本手技について述べる。

資源の限られた状況下では、一般外科医は 1 人の患者に対して時には、脳外科医、眼科医、耳鼻咽喉科医、顎顔面外科医としても対応しなければならない。

写真 C.1.1 - 2
一般外科医の能力で対応可能な創傷

F. Hekert / ICRC

F. Hekert / ICRC

2. Wade AL, Dye JL, Mohrle CR, Galarneau MR, Head, neck and face injuries during Operation Iraqi Freedom II: results from the US Navy-Marine Corps Combat Trauma Registry. J Trauma 2007; **63**; 836-840より改変
3. 原著では、耳鼻咽喉科に、ORL (otorhinolaryngology) と ENT (ear, nose and throat) の両方の用語が使用されている。

第 26 章
頭部外傷

26. 頭部外傷

26.1 はじめに 258
26.1.1 一般外科医と脳神経外傷学 258

26.2 損傷と創傷弾道学のメカニズム 259
26.2.1 骨の動き 259
26.2.2 脳の動き 261
26.2.3 防護用ヘルメットの着用時 261

26.3 疫学 261
26.3.1 発生率 262
26.3.2 機序と死亡率 262
26.3.3 予後 262
26.3.4 赤十字外傷スコア 264

26.4 病態生理学 264
26.4.1 一次及び二次脳外傷 264
26.4.2 脳血流と酸素化 264
26.4.3 頭蓋内圧と脳浮腫 265

26.5 診察 265
26.5.1 グラスゴー・コーマ・スケール(GCS) 266
26.5.2 補助的検査 267

26.6 救急室でのマネージメント 267

26.7 手術の決定 268

26.8 手術室 269
26.8.1 患者の体位と術前準備 269
26.8.2 麻酔 269
26.8.3 手術室の設備と器具 269
26.8.4 基本的な手術のマネージメント 271

26.9 脳のデブリドマン:「burr-hole」外傷 271
26.9.1 創傷の病態 271
26.9.2 手術手技 272

26.10 接線方向の外傷 275
26.10.1 病態 275
26.10.2 手術適応 276

26.10.3 手術治療 277

26.11 その他の貫通外傷 278
26.11.1 グレード 1 の小破片外傷 278
26.11.2 貫通性の突き抜け外傷 279

26.12 穿頭術 280

26.13 治療困難な症例 281
26.13.1 上矢状洞外傷 282
26.13.2 前頭洞外傷 283
26.13.3 脳神経外傷におけるダメージコントロール 284

26.14 術後管理と保存的治療 284
26.14.1 痙攣発作の予防 286

26.15 頭蓋内圧亢進 286
26.15.1 管理 287

26.16 脳脊髄液漏 287

26.17 感染症 287
26.17.1 放置された外傷 288
26.17.2 術後感染合併症 288

26.18 一次爆傷による脳神経外傷 289

26.19 外傷後理学療法 289
26.19.1 患者の転帰 289

付録 26.A 穿頭術 291

基本原則
脳神経外傷学は脳神経外科ではない。
頭部外傷患者の多くは救命でき、十分満足できる QOL で過ごすことができる。
戦場での頭部外傷患者のほとんどは開放創で、その場合、頭蓋内圧上昇のリスクは少ない
気道確保が最優先であり、必要に応じて気管切開を行う。
創傷処置は、壊死組織と骨片のデブリドマンが中心になる。
デブリドマン中に見つかった発射物は除去するが、それ以外はそのまま置いておく。
硬膜は脳のデブリドマンの後、髄液漏れのないように閉じる。必要に応じて筋膜グラフトも行う。
昏睡患者のケアは大変な労力を要するが、満足すべき予後を得るためには最も重要である

26.1 はじめに

戦時における頭部外傷は、貫通性のものであることもあれば、閉鎖創の場合もある。閉鎖創は一般市民の鈍的外傷でもみられるが、爆弾の爆発後にもみられる。

発射物などによる頭部の貫通創は、戦時の脳神経外傷において象徴的なものである。それらは弾道に沿って局部の脳損傷を引き起こすが、それとは対照的に、爆風の均等なエネルギーによる鈍的外傷は、びまん性で広範な神経損傷を引き起こす。発射物による頭部外傷患者の多くが、生存して病院までたどり着き、外科処置を受けた後、良好に回復するということは、はるか昔から知られている。

「切開を入れて、頭蓋骨膜と骨に付着している組織を頭骸骨から剥がしていく。次いで開創器をかけると翌日には、最小限の痛みで創が大きく広がる。その後、酢に細かい小麦粉を混ぜてこねた、あるいはさらに煮沸して粘度を加えた湿布薬を開創器に沿って置く」

ヒポクラテス（紀元前約 460～377）[1]

さて、本章の導入として、脳神経外傷学は、脳外科学と同じではないということも強調しておきたい。現場で物資が限られている状況であっても一般外科医は、「脳損傷をしている患者だし、自分にできることなどない」などといって逃げ腰な態度を取るべきではない。むしろ、脳神経外傷学のいくつかの原則に則れば、重篤な頭部外傷患者に対してできることは非常に多い。脳神経外科で脳腫瘍を切除するわけではないのである。

26.1.1 一般外科医と脳神経外傷学

脳血管関門は、患者の解剖学的・生理学的なものだけでなく、しばしば外科医にとっての心理的な関門でもある。脳というものは極めて洗練された臓器ではあるが、決して不可侵の聖域ではなく、また魔術のようなものも全くない。

もはや前頭葉（のみならず他の部位も）が使用できないように見える外傷で、脳の一部を欠損したにもかかわらず生存し、普通に生活ができている患者もいる[2]。

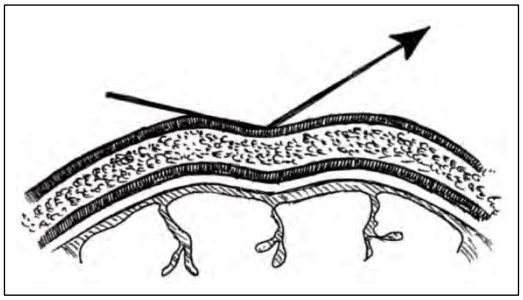
少し前までは、頭蓋内血腫に対する穿頭術は、一般外科医が普通に行うことが期待され、実際に行われていた手術であった。頭蓋内に入っていくことなど別段気にも留められていなかったのである。多くの国で外科のトレーニングが変化し、

現在ではそのような技術は脳外科の専門医のみに伝授されるものとなってしまったが、バーホールを開けるのは、一般外科医の能力で十分にできる手技である。しかも、外科医が戦場で遭遇する貫通性外傷患者の処置の多くは、脳の単純なデブリドマンであり、他の軟部組織に対する処置の原則が、この領域でも適応できる。一般外科医の技術で十分に通じるのである。もちろん脳のデブリドマンではいくつかの注意点があるものの、それらはすぐに習得できるものである。

本章では、弾丸等による頭蓋中枢神経系の外傷を中心に扱う。閉鎖性の頭部外傷に対する優れたテキストもあるが、本書では貫通性外傷との比較に留めるが、穿頭術の手技も載せてある（付録 26.A 参照）。爆弾による閉鎖性脳神経外傷については第 19 章で扱っているので、ここでは臨床的に重要なポイントの要約のみを記載する。

26.2 損傷と創傷弾道学のメカニズム

適切な実験モデルがないため、頭蓋中枢神経外傷における弾道と創の破壊機序の研究は非常に困難であった。頭蓋も顔面も、骨と軟部組織が複雑に混ざり合った構造でできており、これらの様々な組織が密接に関連しているため、発射物の軌道が数ミリでも変わると破壊される部位が大きく変わり、様々な症状を呈することになる。



N. Papas / ICRC

図 26.1.1
低動体エネルギー物体による接線方向の衝突

致死的でない損傷は通常、低エネルギーの特に小さな破片によるものか、発射物の射程距離の終末の方で着弾するか、発射物が壁などに当たって跳ね返った際に運動エネルギーの多くを失っていたかである。運動エネルギーが低い発射物の多くは直接的な破砕や裂傷をもたらす。頭蓋内の一時空洞の形成は、重篤な軸索の亀裂や、血管破壊をもたらす。爆発や鋼鉄のボールがラバーの膜で包まれている「ラバーコーティング弾丸」による異物の弾道の様相は、破片の弾道と同じである。

26.2.1 骨の動き

頭蓋骨は円形の天井と頭蓋底で囲まれた閉じられた箱である。円形の天井部分は骨の包みのようなもので、その厚さは場所、年齢、個人差によって変わる。頭蓋骨底部は多くの骨孔や骨洞でできた複雑な構造をしており、ある部分の骨は薄くデリケートだったり、逆にある部分は非常に厚く密度があったりする。

発射物が頭骸骨を直撃する時、ぶつかる角度や骨の弾性反応によって受傷内容は以下のように変化する。

1. 骨には異常がない：接線方向の受傷
   発射物（ほとんどの場合弾丸だが）が頭部に対して鋭角にぶつかり、頭蓋骨を一過性にへこませるが骨折には至らずに跳ね返ったような状況で、これは頭部を急に鈍的に揺さぶられたのと同じ状態であり、脳挫傷を引き起こすことがある。
   弾丸が頭皮の軟部組織に残存して、さらに頭部に沿って反対側まで移動して出てくる場合もあれば、出てこないでそのままの時もある（写真 26.16.1、26.16.2 参照）。
2. 骨折：接線方向の受傷
   発射物が脳実質まで貫通するには至らないが、頭蓋骨を破壊する程強い衝撃であった場合 [3]。破壊された頭蓋骨の骨片が脳に

R. Coupland / ICRC

R. Coupland / ICRC

写真 26.1.2、26.1.3
Tour du casque: 弾丸が左の頭皮を貫通し頭蓋の頂点に移動して留まった状態

入り込むことがある。骨折自体は臨床的には重要ではないが、その下の脳の損傷が問題となる。

3. 開放骨折:接線方向の受傷

さらに当たる衝撃が強ければ、傷の入り口と出口が1か所の開放性骨折を来す;脳は直接的な挫創となり、傷は押し出されてきた脳実質や血腫で「衝撃的な」外観となる。皮膚や毛髪、骨片や、頭を覆っていた衣服までもが傷に入り込むこともある。

4. 骨の穿孔と脳への貫通:貫通外傷

発射物の動性エネルギーが頭蓋を突き抜けて出ていくほど高くない場合は、発射物は頭蓋骨を貫き、頭蓋内腔に入り込んだままになる。このような、まるで穿頭でバーホールを開けたような表層部の貫通創が、臨床的によくあるケースである。

5. 頭蓋骨を貫通し、頭部を貫いて突き抜けて出ていくタイプの外傷[4]

片側のみを貫き、片側の大脳半球を破壊するタイプの外傷は、非常に重篤な損傷となり、ほとんど救命できない。

弾丸が正中線を越えて両方の大脳半球を破壊するタイプの外傷は致死的であり、外科医が遭遇することはまれである。

弾丸が貫通して出ていくタイプの外傷では衝撃波が頭蓋骨の両極に波及して、多発性の放射状骨折を呈することが多い。

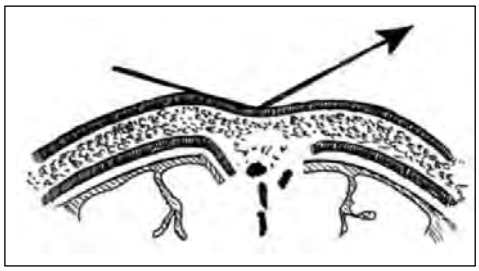


図 26.1.4　高エネルギー物体による接線方向の衝突

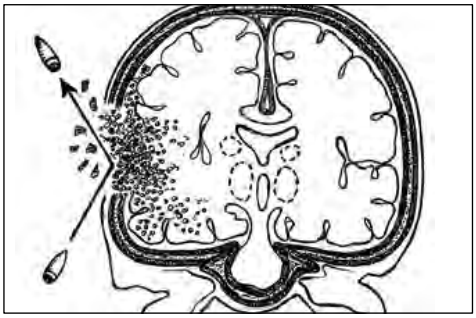


図 26.1.5 接線方向の貫通:入り口と出口が1つになっている

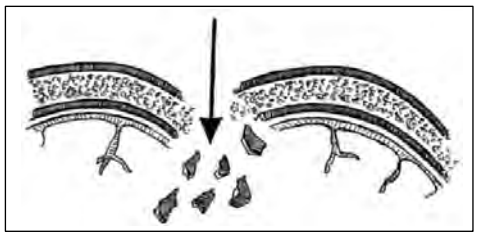


図 26.1.6　垂直に衝突した状態:骨の穿孔と貫通性外傷

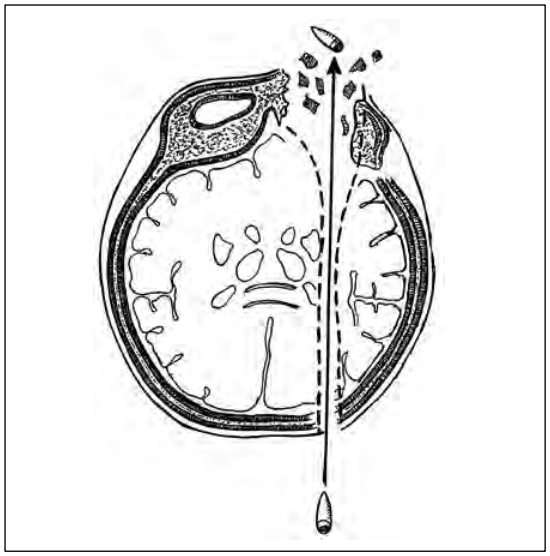


図 26.1.7
高エネルギーの弾丸が片側大脳半球を通過:この外傷は細い第1相の射撃溝によるもので、空洞形成は出口部分から始まる。

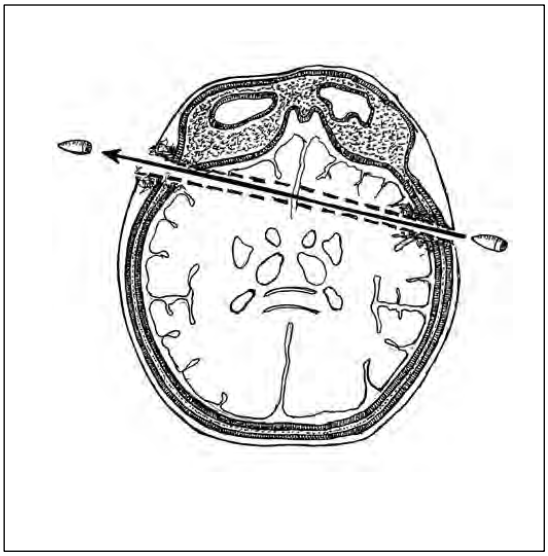


図 26.1.8
両側頭部を通過する貫通外傷。薄い側頭部の骨は弾丸に対してほとんど抵抗がない。

1. On Injuries of the Head. Part 14, translated by Francis Adams. Internet Classics Archive, Massachusetts Institute of Technology.
2. Dent CT. Surgical notes from the military hospitals in South Africa: bullet injuries of the head. "A humane war". BMJ 1900; **1 (2043)**: 471 – 473.

6. 頭蓋骨底部を貫通する外傷

これらは直接当たった場合と、刺入部から衝撃が伝わって頭蓋底部も骨折して起こる場合のどちらもあり得る。直接的な受傷の場合は上部脊椎と顔面も障害を受けていることが多い。

26.2.2 脳の動き

予後を左右する最も重要な因子は、脳幹の損傷である。脳幹は、ほんの小さな部位が損傷を受けただけでも急速に死をもたらす。頭蓋は骨の包みのようなイメージで、均一な液体がそこに入っており、別段大きな空洞があるわけではない。大脳容積が増大するとすぐに限界に達してしまう。というのは、弾力性のある脳の組織は固い頭蓋骨で囲まれて制限されているからである。

圧が限界に達すると、「限界反応」として知られているように、頭蓋骨は文字通り爆発する(写真 3.26 参照)。

脳の限定された境界線に、ほんの一時的に空洞ができた場合でも死に至るほどの障害を引き起こす。

体内の他の部位の動脈と違って、脳の動脈は周囲の組織によって比較的強固にその場所に固定されており、発射物が通過する際にほとんど引き出されることはない。動脈が直接損傷を受けた場合、生存者はほとんどいない。ほんのわずかな損傷でも偽動脈瘤や動静脈瘻が形成されてしまい、この場合でも生存者はほとんどいない。

26.2.3 防護用ヘルメットの着用時

軍用ヘルメットは、ケブラー繊維でできているものであっても、防御可能なのは低エネルギー発射物に対してのみであって、高エネルギー発射物はヘルメットを貫通し重篤な損傷を引き起こす。貫通しなかったとしても、ハンマーで殴られたのと同じような強力な運動エネルギーが頭部と脳に伝播して、鈍的頭部外傷と同じ状況の受傷となって死に至る場合もある。

26.3 疫学

武力紛争で殺害された者の半数は頭部への重篤な外傷を受けている。しかし、貫通性外傷症例の多くは気道確保と感染防御が適切になされた場合、救命可能である。この場合、創傷処置は単純なもので済むので、外科医はこのような比較的簡易な方法で良好な予後を得られる症例に、まずは焦点をおくべきである。

最も多い非開放性損傷は脳震盪で、最も多い貫通性外傷は、バーホールを開けた穿頭術に似た、単純な低エネルギー外傷である。多くの患者は、多数の破片による表層の傷と、軽度の脳震盪である。爆発は閉鎖性及び重篤な開放性外傷の両方を起こす。

---

3. 頭蓋骨を破壊するために必要なエネルギーは、 100～150 ジュールで、これは 1～1.5 m の高さから落下するのと同等のエネルギーである。
4. 外科の教科書には若干の混乱がみられる。著者によっては、これらを「穿孔性(perforating)」と呼ぶが、すべての貫通創は、頭蓋骨に穿孔を開ける。本書の用語では、「横断(transit)」、「貫通(transfixation)」、「(through-and-through)」を使用している。

26.3.1 発生率

体表面積の公式からすると、頭頸部が戦闘中に受傷し得る比率は 12%であるが、過去の統計では頭頸部外傷は 4～24%、平均は 15%である(表 5.5 、5.6 参照)。

兵士が頭部と体幹を防護するような衣服を着用した場合、こうした数字は変化するが、防護されていない一般市民や非正規軍の兵士はこの限りではない。

軍の研究によれば、頭頂部から頭骸骨基部までにかけての広汎な外傷において、患者が病院に到着するまで生存している割合は以下の通りである。

・前頭部、側頭部及び頭頂部;80～90%

・後頭部;7～18%

・後頭窩と頭骸骨基部;0～5%

頭頂部は面積としてはより大きい部位ではあるが、生存率はむしろ高い。

26.3.2 機序と死亡率

歴史的には、貫通性頭部外傷の致死率は 80%に近く、それらの症例の半分から 4 分の 3 は受傷後 24 時間以内に死亡する。しかしながら、手術自体の進歩だけでなく、現場でのトリアージや救助方法と蘇生術、 術後の集中治療なども進歩し、術後の死亡率は劇的に低下した。クリミア戦争から南北戦争に至るまでの間、病院での死亡率は 70%であったが、第一次世界大戦末期に Harvey Cushing の功績によって 28.8%まで低下し[5]、更に朝鮮戦争からベトナム戦争にかけてはアメリカ軍の部隊では 10%にまで低下した。

先の戦争で、高エネルギーと考えられる弾丸と、低エネルギーの破片での受傷では在院死亡率が大きく異なっていた。ある研究では、銃創での死亡率は 26.4%で、破片での受傷による死亡は 9.5%であった[6]。鋭利な破片に比べて銃創の方が 2.5～4 倍という高い死亡率になるのは、現代の研究でも追試され確認されており、それによると銃創が 11.5%、破片が 5.1%であった[7]。

現代の紛争では破片で受傷するケースが増加する傾向があり、それ故生存率も上昇している。一方でゲリラ戦や都市部の戦闘(トルコ、レバノン、クロアチア)では銃創の比率が高くなっている。

表 26.1 現代のいくつかの武力紛争における、貫通性頭部外傷の原因となった物体、破片などの統計

	米国 ハモン 1971	ﾚﾊﾞﾉﾝ ﾊﾀﾞﾄﾞ 1978	ｲﾗｸ ｱﾒｰﾝ 1984	ｲﾗｸ ｱﾌﾞﾄﾞｩﾙﾜﾋﾄﾞ 1985	ｲﾗﾝ ｱｰﾗﾋﾞ 1989	ｲｽﾗｴﾙ ﾌﾞﾗﾝﾄﾞﾎﾞﾙﾄﾞ他 1990	ｸﾛｱﾁｱ ﾏｰｼｷｸ他 1998	ｴﾁｵﾋﾟｱ ﾎﾞｶﾞﾙ 1999[8]	ﾄﾙｺ ｴﾙﾄﾞｶﾞﾝ他 2002
症例数	2,187	219	110	500	379	113	197	102	374
弾丸(%)	16	37	10	3	11	17	27	17	
破片(%)	82	63	90	97*	72	74**	61	48 地雷 35 追撃砲	
その他/不明(%)	2	-	-	-	17	9***	12***	-	-

* 単一破片 86%、複数破片 11%

** 爆風によって飛来した石によるもの 3 名と、ラジオのアンテナによる患者が 1 名含まれている。

*** 接線方向の外傷

26.3.3 予後

どのような脳への貫通性外傷であれ、致死的になる可能性を秘めているのは明らかであるが、多くの疫学調査によって、ある特定の因子が予後を左右することが知られている。これらの因子は頭部外傷すべてに共通して当てはまるものもあれば、発射物での外傷に特有のものもある。共通する因子としては低酸素、年齢、他の外傷の有無、合併症、併存疾患などで、グラスゴー・コーマ・スケール(GCS)の評価に影響を与え得る。

発射物による外傷に特有の予後因子は以下の通り。

・高エネルギー発射物による外傷
・頭骸骨の基底部や後方窩への外傷
・発射物の軌道が中心線をまたぐ両側の大脳半球の外傷(両側の前頭葉は例外である)
・発射物の軌道が片側性の大脳半球の外傷
・側脳室の部位を巻き込んだ外傷
・脳内の血腫の有無
・外傷性動脈瘤や動静脈瘻の形成
・気泡が発射物の軌道から離れた脳実質内に散在しているのがレントゲン上認められる場合(これは通常銃撃された際に高圧がかかってガスが入り込んでしまったことによる)

蘇生後の GCS

病院搬送前の GCS スコアは、初期治療のモニタリングと患者の評価には有用であるが、実際に予後を示すのは蘇生後の GCS である。

以下の場合、良好な結果は得られない。

1. 合計スコア ≦8
2. 運動 ＜3
3. 開眼 ＜2
4. 発語 ＜2
5. 瞳孔: 開大または異常な対光反射

蘇生後に評価した GCS スコアと予後の関連について表 26.2 に示した。これは、CT 検査が可能な南アフリカでの一般市民の銃創症例でのデータに基づいている。

GCS	死亡率
3～5	98%
6～10	31%
11～15	8%

表 26.2　蘇生後 GCS と死亡率[9]

GCS スコアに加えて、この研究では死亡率に強く関係する特異的な病理所見が示された。
脳室を貫いた受傷(死亡率 100%)、両側の大脳半球の受傷(同 90 %)そしてびまん性の脳の浮腫(同 81 %)である。

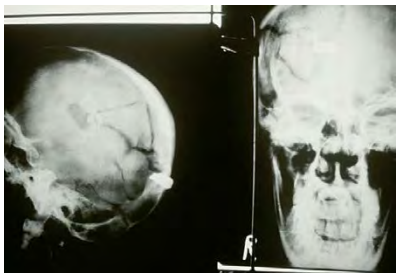
5. Harvey W. Cushing（1869～1939), 第一次世界大戦で米軍に従事した脳神経外科医で、「現代脳神経外科の父」とも呼ばれる。彼が記載した戦傷における貫通創のデブリドマンは、現代の診療でも、なお基本となっている。
6. Hammon WM. Analysis of 2,187 consecutive penetrating wounds of the brain from Vietnam. J Neurosurg 1971; **34**: 127 – 131.
7. Erdogan E, Gönül E, Seber N. Craniocerebral gunshot wounds. Neurosurg Quart 2002; **12**: 1 – 18.
8. Bogale, Solomon. Management of penetrating brain injury: experience in the Armed Forces General Hospital, Addis Ababa. Personal communication, 1999.
9. Adapted from Semple PL, Domingo Z. Craniocerebral gunshot injuries in South Africa – a suggested management strategy. S Afr Med J 2001; **91**: 141 – 145.

26.3.4 赤十字外傷スコア

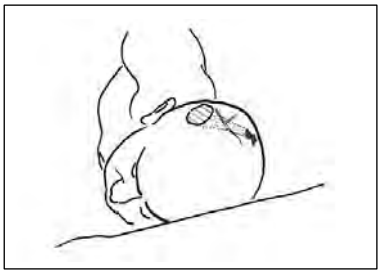
髄膜の貫通は患者の生命の危険に影響する。赤十字外傷スコアでの表記法ではVはNと同じである。頭蓋骨骨折はFスコアとなる。もちろん、鈍的外傷や爆発物での受傷も生命の危険があるが、赤十字外傷スコアでは貫通性外傷のみを扱う。

R. Coupland / ICRC

R. Coupland / ICRC



R. Coupland / ICRC



写真/ 図 26.2.1 - 26.2.3
赤十字外傷スコアの一例: E3 X0 C0 F2 VN M1

26.4 病態生理学

26.4.1 一次及び二次脳外傷

脳への外傷には一次外傷と二次外傷がある。一次外傷は臓器損傷によるもので、鈍的外傷や貫通外傷などの直接的な外傷の場合もあれば、加速、減速、回転性の力が脳にかかって頭骸骨内面とぶつかって損傷を引き起こす間接的な受傷の時もある。その両方が弾道創を形成する。

二次外傷とは、低酸素血症や虚血、脳血管関門の破綻、細胞間のイオン交換の異常等の生理代謝の結果によるものである。二次外傷は最初の受傷後数分から数日後に起こり、生存して病院にたどり着いた患者の死亡と中枢神経系の機能不全の原因のほとんどを占めている。

26.4.2 脳血流と酸素化

脳は固く密閉された箱の中の柔らかいゼリーのようなものである。 頭蓋内容物(脳、血液、脳脊髄液)と全身循環の間には生理的なバランスがある。

$$\text{脳血流量} = \frac{\text{脳灌流圧}}{\text{脳末梢抵抗}}$$

脳灌流圧＝平均動脈圧−頭蓋内圧

生命の維持に極めて重要な、良好な循環と酸素化をもたらす脳への安定した血流は、このバランスによるものである。低酸素血症は、原因が何であれ二次的な脳損傷を来す重要な因子である。多くの研究が、受傷早期に起こった低酸素血症の程度と時間、回数が、病態や死亡率の悪化に強く関係していることは、多くの研究によって示されている。

従って、十分な脳循環と酸素化を保ち、二次的脳損傷を防ぐのが患者管理の鍵となる。しかし非可逆性の脳障害がどの程度の脳虚血で起こるのかははっきりしていない。

低酸素血症は、原因が何であれ予後の悪化につながる。

したがって、蘇生中に GCS に基づいて患者のカテゴリーを分類する場合は、血圧がいったん 90mmHg 以上に上昇し、もし可能ならば酸素投与されてから行うべきだとしている。これが実際の蘇生後 GCS となる。

26.4.3 頭蓋内圧と脳浮腫

脳浮腫は、様々な脳への外傷に対する正常な反応である。頭蓋内圧の上昇は通常閉鎖性の頭部外傷で起こり、傷が非常に小さい場合を除いて貫通性外傷で起こることは稀である。

貫通性外傷での重大な脳浮腫は、受傷後 6 時間経過してようやく発症する。そもそも開放性の外傷では頭蓋はもはや閉鎖した箱ではなくなっており、損傷した脳は外に飛び出してしまっていることが多いため、脳内容量が減少している。

大きな脳の開放創は、脳灌流圧と頭蓋内圧の生理動態を劇的に変化させる。

頭蓋内圧の上昇は、低酸素血症に次ぐ主要な二次的脳損傷の因子である。

26.5 診察

「目で見て骨の外観を調べることに加えて、次のような特徴的な所見の有無をしっかり調べる必要がある。すなわち、傷病者は失神したのか否か、目の前が真っ暗になったのか、めまいがして地面に倒れ込んだのか否か、などを。これらは大なり小なり外傷の所見である。」

ヒポクラテス

洗練された診断機器やモニター機器がない場合は、系統的な全身の診察が重要で、患者管理の基本となる。

初期診療においては、いわゆる ABCDE の順が基本となる。少しでも意識障害がある場合は、すぐに切迫した低酸素血症を伴う呼吸障害を来す危険がある。

頭部を含む鈍的外傷は脳脊椎に対する適切な処置が必要となるが、これは貫通性外傷の処置とは別である（第 7 章 7.2 、第 36 章 5 参照）。

小児以外では、頭皮からの出血でショックをきたすことはまれである。浅側頭動脈は重篤な血腫を引き起こすが、用手的に圧迫して単純なクランプをかけることで救命できる。しかしながら、脊髄の貫通性外傷は神経性ショック、つまり循環血漿量不変の低血圧を来す場合がある（第 36 章 3.2 参照）。

先人の教えに学ぶ

頭部からの出血によるショックはまれである。他の部位を探せ

ICRC

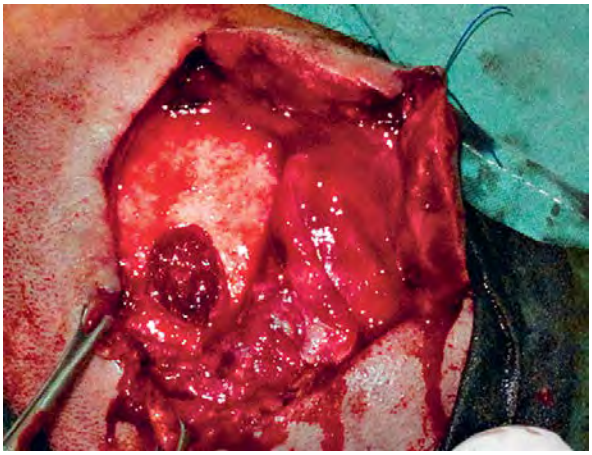

ICRC

写真 26.3.1 、 26.3.2
この小さな傷とその下の陥没骨折は、頭蓋骨を入念に触診し、毛髪を剃って初めて判明した。

頭部の非常に些細なところまで注意深く触診して初めて完全に診察したといえる。頭蓋内に入り込んでいる小さい破片を診断するのは難しい(写真 8.6 参照)。

頭皮のすべての挫創は徹底的に触って診察すべきである。頭蓋骨の骨折や、異物が入り込んでいる小さな入り口を発見する方法はこれしかない。

先人の教えに学ぶ
小さな傷に重篤な外傷が隠れているかもしれない。
「悪い事は小さな穴から起こる」

患者の容態が安定したら GCS のパラメーターやその他の脳神経所見などで、より完全な神経所見を取る。

26.5.1 グラスゴー・コーマ・スケール(GCS)

グラスゴー・コーマ・スケール(GCS)(表 8.4 参照)は、本来閉鎖性の頭部外傷の評価に対して確立されたものであるが、貫通性外傷においても臨床的に有用なツールであることがわかっている [10]。いくつかの研究では評価者間での信頼性に乏しいとされるものの、GCS は患者の状態のモニターと評価にとりわけ有用である。特に同じ医師や看護師が繰り返し行うことで信頼性が上がる。蘇生後の GCS をベースラインとするべきであり、これが最も予後を反映する。

頭部外傷重症度のカテゴリー分類 [11]

・軽微: GCS = 15、意識消失や健忘を伴わないもの
・軽症: GCS = 13～15 で、短時間の意識消失または意識レベルや記憶の低下を伴うもの
・中等症: GCS = 9～12、5 分間以上の意識消失または神経学的病巣所見を認めるもの
・重症: GCS =5～8
・致死的: GCS = 3～4

蘇生後に軽度または中等度の外傷を呈し、その後悪化する患者が、外科医が労力を集中すべき対象である。このような病態は通常可逆的で、結果は良好なことが多い。

注:

意識レベルの低下は頭部外傷によるものよりむしろ、急激なショック、アルコール、ドラッグや薬剤が原因となっている可

能性がある。

26.5.2 補助的検査

レントゲンは頭部と前後、側頭部を含めチェックすべきである。CT スキャンは医療資源が限られている現場で行うことができるのはまれである。

射入創を調べると、頭骸骨の内部は、常に外部よりも多く骨折していることが認められる。射出創ではその逆である。傷から放射状に広がる骨折は重篤な外傷であることを示している。しかしながら、頭蓋内の部位や頭骸骨底部の骨折に関しては、レントゲンから得られる情報はほとんどない。射出創がない場合、レントゲンで金属の発射物の破片の位置がわかるので、発射物の弾道や関連する損傷を推定する一助になる。

ICRC

ICRC

写真 26.4.1、26.4.2
破片の位置を知っていることが診断の手助けになる場合もある。
ここでは破片は頭蓋骨の直下にあった。

D. Cooke / ICRC

写真 26.4.3
この症例では槍の先が頭蓋骨を貫通している。

しかし貫通性外傷のほとんどの症例では、単純レントゲンですら手術の是非や待機手術の適応を決める上で必要不可欠というわけではない[12]。

26.6 救急室でのマネージメント

目的は、一般的な蘇生法によって二次的脳損傷を最小限に留めることである。直接的な臓器破壊による場合を除いて、頭部外傷による死亡のほとんどは、低酸素血症と低血圧による二次的損傷によるものである。

> 当初生存していた患者が死亡するのは、最初に受傷した組織損傷によるものよりも、二次的脳障害によるものが多い。これらの多くは避けられる死亡である。

患者によっては気道確保と呼吸のコントロールのために挿管を要する場合もある。特に重篤な損傷を受けた患者（GCS 8 以下）では気道確保は必須であり、可能ならば酸素投与を行う。

気道が確保できたら外科医は患者が自発呼吸をしているかどうかを確認しなくてはならない。バッグによる補助呼吸が必要になる場合もある。現場の状況によってそのような手動の補助呼吸をどれくらいの間行うか決定する（F.3 参照）。大量の患者が殺到してトリアージを行う状況では、人工呼吸を必要とする患者はカテゴリーIV（黒タグ）に分類され、「期待を込めて」扱われる（第 9 章参照）。

酸素と換気と血圧の維持：それが脳の低酸素と虚血を防ぐ。

最適な脳血流量を維持するためには平均血圧が 70mmHg 以上必要であるが、これは収縮期血圧 90mmHg を保つということである。これは、もし他の外傷があったり失血していたりして外科医が低血圧蘇生をしなくてはならない時に問題となる（第 8 章 5.4 参照）。外科医は体内の他の腔、特に腹腔からの出血を引き起こさないようにしつつ、「治療の曲芸（therapeutic juggling act）」を行うが如く、蘇生と脳血流量を維持しなければならない。

このジレンマを両立させるために、蘇生時に、使用する高張性食塩水の量を制限し、デキストランを併用したりしなかったりと試す研究者もいるが、ICRC の外科チームではそのような実験をしたことがないため、コメントすることはできない。また、デキストロースを水に混入してはならない。これは低張性であり、脳内浮腫を悪化させるためである。

尿量と蘇生の適正度のモニタリングを行うと共に不快感を避けるため、膀胱にはカテーテルを挿入する。多くの場合、実際に膀胱が充満していることで苦痛を訴える患者には鎮静剤が投与されてきたが、低酸素血症や膀胱充満によるものでない、真の不快感や不穏に対しては、必要に応じてジアゼパムやペンタゾシンを用いる。

胃内容を空にして嘔吐と誤嚥を防ぐために、経鼻チューブを挿入するが、篩骨洞や頭骸骨底部の骨折がある場合は注意が必要である。

破傷風予防薬や抗生剤はプロトコルに従い投与する。

発射物による貫通性外傷で、マンニトールや利尿剤の投与が必要になることはまれである。これらの薬剤は頭部外傷のタイプに関係なく、ルーチンで投与してはならない。これらは緊急手術を待つ間の時間稼ぎとしてのみ用いるべきで、その場合も適切な管理下で行わなくてはならない。また、ステロイドの投与は禁忌である[13]。

26.7 手術の決定

優先すべき手術は気道、呼吸や循環のような生命の危機につながる部位である。神経系の領域では、直ちに手術しなくてはならないようなものはほとんどない。それらは例えばテント状ヘルニアを伴うような、急速に拡大する頭蓋内血腫であるが、これは貫通性外傷よりも鈍的外傷による場合がほとんどである。

外傷は 1 つとは限らない。まずはすべての出血をコントロールせよ！

頭部の貫通外傷の管理方針に関しては、臨床所見と同様に外傷の内容に応じて決定されるべきであるが、いくつかの全体的な原則がある。

- 初期治療は可能な範囲で根治的なものでなくてはならない。止血困難な出血に対するダメージコントロールのようなアプローチを行わねばならないことは稀である。
- 頭蓋内で広がる血腫の所見のない、頭頂部の小さな刺し傷は手術すべきではない。意識低下や脳脊髄液の漏出がないかを注意深くモニタリングする。
- 蘇生後 GCS が 13～15 で悪化傾向がある場合は最優先で手術する。
- GCS が 8 以上の患者は積極的に手術で対応する。
- GCS が 3～5 の患者は、手術可能な血腫がない限りは保存的治療を行う。
- GCS が 5～8 の患者は治療方針決定が困難で難渋する。気道確保と酸素投与をし、24 時間待機し、その後改めて手術するかどうか決定するという方法を提唱する外科医もいる。改善傾向があるならば手術、悪化するならば補助的治療のみとする。
- ある種の外傷症例では、臨床病理学的に、積極的な手術治療から縮小手術に至るまで幅広い治療方針の選択肢があ

る。

外科医は GCS 9～13 の患者に焦点を絞るべきである。

開放性の頭部外傷はしばしば恐ろしいように見えるが、当初考えたよりもはるかに軽傷であることがある。蘇生後 GCS は予後を最もよく反映するため、多数の外傷患者に対してトリアージをする際、優先順位を決定するのに特に重要である。生存可能な外傷のほとんどはカテゴリー2 である。手術が必要ではあるが、十分に気道確保されていれば待機可能なためである。

26.8 手術室

26.8.1 患者の体位と術前準備

頭部は、完全に剃毛し、頭皮の切開を延長したり、外科医や麻酔科医が動かしたりしてもよいように、ドレープで十分な範囲を覆う。

頭頂部や側頭部の傷に対しては、患者を側臥位にすべきである。後頭部と後方窩の場合は腹臥位にする。仰臥位にすることも可能だが、頭部を過剰に傾けたり、側方へ回旋したりすることは、脳への血液の出入りを妨げることになるので避けるべきである。肩甲骨の間や肩の下に枕を入れることが必要な場合もある。

手術台は、頭部が心臓よりも挙上した状態になるように傾け、静脈還流を促す。

M. Della Torre / ICRC

写真 26.5
患者の頭部を剃毛し石けんと水で洗った後にイソジンで消毒する。

26.8.2 麻酔

小手術や表層のみの傷を除いて、麻酔の設備と資源があれば挿管するのがベストである。麻酔科医は挿管して、丁寧なバッグ換気で患者の呼吸と酸素化をコントロールしなくてはならない。慎重にコントロールされた換気は頭蓋内圧を上げる咳や嘔気や努力呼吸などを防ぐことができる。

脳ヘルニアや重篤な浮腫が術中に起こっている明らかな兆候がない限りは、過換気管理は避けるべきであるが、短期間のわずかな過換気管理は、頭蓋内圧上昇のコントロールに最もよい方法である。マンニトールも血圧が 90mmHg 以上であれば使用可能である。しかし、既に述べたように、戦場における貫通性の脳外傷は開放創であることが多く、特に大きな創の場合、そのような処置は通常必要ではない。ステロイド投与は必要でもないし、推奨もされない。

挿管しての麻酔はガス麻酔でもケタミンでも可能で、その病院で入手可能で通常使用されているものでよい。以前に報告されていたのとは逆に、ケタミンは頭部外傷に対する麻酔薬としては安全で（第 17 章 4.1 参照）、挿管が不可能で安定した気道確保のために気管切開を考慮しなくてはならないような症例に対しても、自発呼吸下で使用することもできる。 .

極端な例では、頭皮や頭骸骨膜や髄膜に対して、チオペンタールやジアゼパム等の鎮静剤と併用して局所麻酔で対応することも可能である。脳自体には痛覚はないからである。

26.8.3 手術室の設備と器具

いくつかの単純な器具が非常に役に立つ。手動で頭を上下できる手術台や、電動の低圧吸引器か大きなシリンジ（60-100 mL）、電気メスは、あると便利である。

頭部の開放性外傷を扱う場合、唯一必要不可欠な器具はリュエルである。

T. Gassman / ICRC

写真 26.6 ICRC の穿頭術セット

神経外傷の基本的な手術器具キットは以下のような構成になっている。

- ハンドドリル（Hudson brace）
- 頭蓋骨穿孔器（trephine）
- 種々のバー（ドリルの刃先）：シリンダー状のものから、球形のものまで
- 硬膜剥離子
- 骨膜剥離子
- リュエル
- 糸鋸

10. Teasdale G, Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. Lancet 1974; **2**: 81 – 84.
11. Jarell AD, Ecklund JM, Ling GSF. Traumatic Brain Injury. In: Tsokos GC, Atkins JL, eds. Combat Medicine: Basic and Clinical Research in Military, Trauma, and Emergency Medicine. Totowa, NJ: Humana Press; 2003: 351 – 369.より改変
12. 多くの ICRC の外科医は、レントゲンの恩恵を受けずに手術をしなければならなかった。診断的画像は、質の高い戦傷外科に必要不可欠なものではない。
13. CRASH Trial Contributors. Final results of MRC CRASH, a randomised placebo-controlled trial of intravenous corticosteroid in adults with head injury – outcomes at 6 months. Lancet 2005; **365**: 1957 – 1959.

26.8.4 基本的な手術のマネージメント

創傷弾道学の議論は、脳に対する発射物による外傷の幅広い多様性を明らかにしたが、根本的な手術技術は比較的限られており、基本的にはほとんど同じである。開頭術、頭皮や頭骸骨・脳のデブリドマン、そして一期的閉創である。

> 身体の他の部位で用いられているデブリドマンの基本原理は、脳の外傷であっても同様に適応できる。
> Harvey W. Cushing [14]

残存する骨や金属の破片には、非常に多くの関心が寄せられてきた。 骨片は感染の原因となるのでより重要であるが、これより問題なのは皮膚や頭髪の混入である。金属片は体内に入った後あちこちに移動して、さらに損傷を引き起こすことが報告されているが、その発生率は極めて低い。残存している発射物を取り除くために再度手術するのは、その異物が原因で合併症が起こった時だけである。すなわち感染や脳脊髄液の漏出、残存物が他の組織を圧迫して障害を引き起こしている、あるいは鉛中毒の確証が得られた時(第 14 章 3 参照)などである。さもなければ身体の他の部位の異物と同様、容易に到達できる部位にない限り、そのまま体内に置いたままにしておく。

穿孔性外傷は、紛争で外科医が最もよく遭遇する、発射物による脳損傷であろう。それに対する処置としても、ほとんどすべての発射物による外傷に対する基本的な手術技術が最適である。それ故、これ以後の章は穿孔性外傷に対するデブリドマンを例として述べてゆく。

26.9 脳のデブリドマン:「burr-hole」外傷

このような外傷の多くは予後良好である。患者はしばしば意識清明で、脳の具体的な受傷部位にもよるが、救急室まで独歩で来ることもある。しかし常に手術を検討考慮すべきである。

26.9.1 創傷の病態

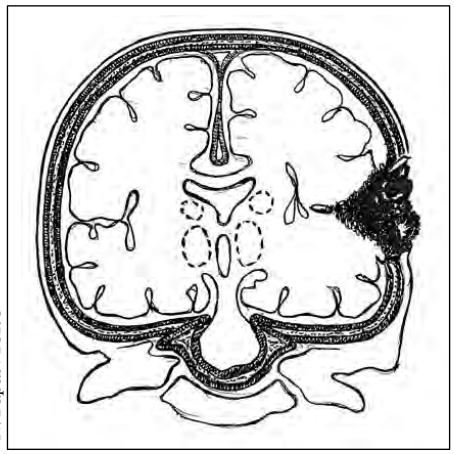

N. Papas / ICRC

図 26.7
表層部位の貫通、バーホール型:組織が破壊されてコーンのようになっている。また、傷の底に発射物がある。

弾道は、低運動エネルギーの破片や、変形あるいは不安定な弾丸のそれに似ている。射入創は発射物の直径よりはるかに大きく、頭蓋骨の受傷部位がバーホールのような形になるため、そのような名前が付けられた。ドロドロになった脳や血腫、頭髪や頭皮、骨片などからなる破壊された組織のコーンができている場合がある。脳ヘルニアや脳真菌症では、頭蓋骨から脳が飛び出してしまうことがしばしば認められる。

発射物の脳への侵入は 1cm にも満たないほど浅い時もあれば、はるかに深い場合もあるが、常に骨片よりも深い場所に至る。先の丸い弾丸は、その軌道の最後で脳神経を押しのける傾向があるため、より遠位の、損傷を受けていない組織内で発見される。金属片は不整形で鋭利なので、脳に入り込んで止まった最後の部位まで 脳を挫傷する。骨片は常にコーンの中で発見される。

14. Cushing H. A study of a series of wounds involving the brain and its enveloping structures. Br J Surg 1918; **5**: 558 – 684.

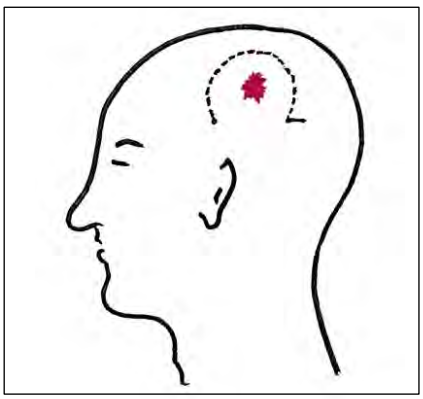
26.9.2 手術手技

手術の手順は、解剖学的な層構造、すなわち頭皮、骨、硬膜、脳組織を順に露出していく。

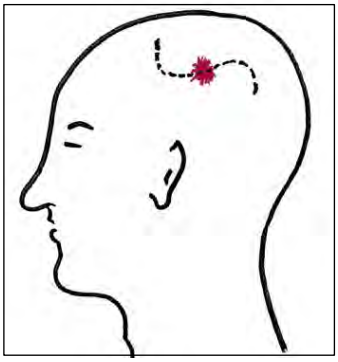
頭皮の切開

損傷を受けた脳を調べるには大きく創を開く必要があるが、それには二通りの切開がある。下方を基部としてフラップの中心に傷がくるように逆 U 字切開を入れる、いわゆる馬蹄状フラップにするか、あるいは傷を通り抜ける形で切開を入れる S 状切開である。双方に有利な点と不利な点がある。ICRC の外科医の実際としては、 創を大きく開くために通常、馬蹄切開が好まれ、小さな創や開頭術に対しては S 状切開が好まれる。頭皮の切開は、希釈したアドレナリンを浸透させることで出血をコントロールできる。

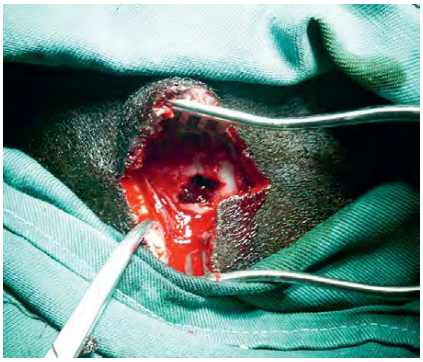
図 26.8.1 、写真 26.8.2
馬蹄状皮弁、あるいは U 字切開:切開は頭皮の全層にわたって行う。傷そのものは手術の最後に切り取る。小さな水平切開を皮弁の端のひとつに置くことでわずかに回旋することができ、創に緊張がかからないように閉じることができる。希釈したアドレナリン溶液を切開部に注射してもよい。


N. Papas / ICRC

ICRC

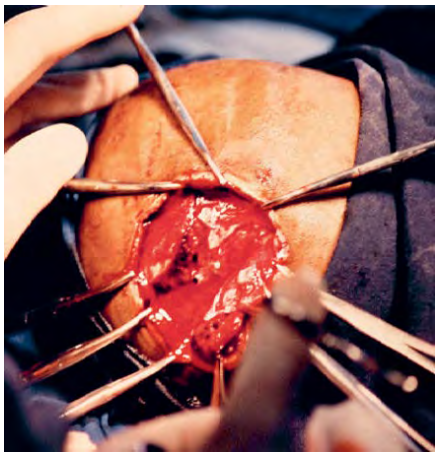

N. Papas / ICRC

V. Sasin / ICRC


V. Sasin / ICRC

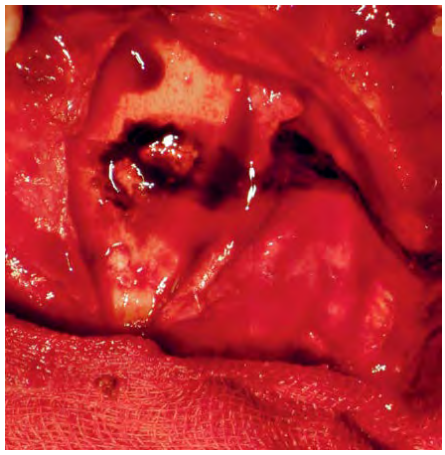
図/ 写真 26.9.1 – 26.9.3 S 字延長切開:頭皮から脳がそれ以上汚染するのを防ぐため、初めに傷の全層にわたってデブリドマンを行う。その後、創は S 字形に延長し断端は広範に皮下を剥離する。

皮膚切開の後に、外科医は頭骸骨に血腫や組織の破片などでどろどろになった固まりが詰まっている大きな穴を見ることになる。場合によっては、単純に皮膚弁を持ってくるだけでテンションを緩め損傷した組織を血の固まりとして取り出すのには十分である場合もある。



C. Giannou / ICRC

写真 26.10.1
止血は、頑健な繊維組織層である帽状腱膜を鉗子で掴み、血管を折れ曲がらせるように外へひっくり返す。

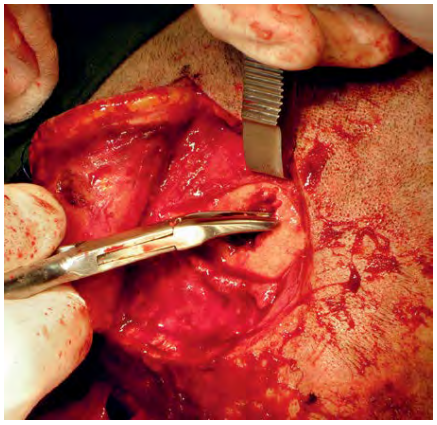


C. Giannou / ICRC

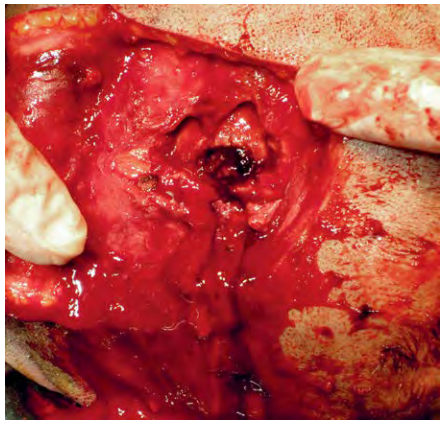
写真 26.10.2
そこからの血腫でいっぱいになった頭蓋骨の穴

骨

硬膜は硬膜剥離子を使って注意深く骨から剥離していく。しばしば骨端に癒着しているからである。リュエルで頭蓋骨の欠損部を、傷の全周にわたって断端を注意深くかじり取りながら、硬膜が見えるようになるまで広げていく。板間層からの出血はすべて希釈したアドレナリンに浸した圧砕された筋肉パッチで対処でき、汚染された傷に異物として入り込み感染を来す骨蝋を用いるよりもよい。



ICRC



ICRC

写真 26.11.1、26.11.2 骨の欠損部の全周にわたって硬膜を露出するため、骨の断端をリュエルでかじり取っている。

髄膜

硬膜の断端のほつれはきれいに切りそろえる。硬膜が裂けるとそれなりの距離になるのでそれ以上裂けないような対処をし、後に閉じる必要がある。

脳

ドロドロに壊死した脳は、ヨーグルトやお粥のような状態であり、それは出血もしなければ拍動で脈打つこともない。生きている脳はゼリーのようで、心拍に合わせて出血や拍動が認められる。

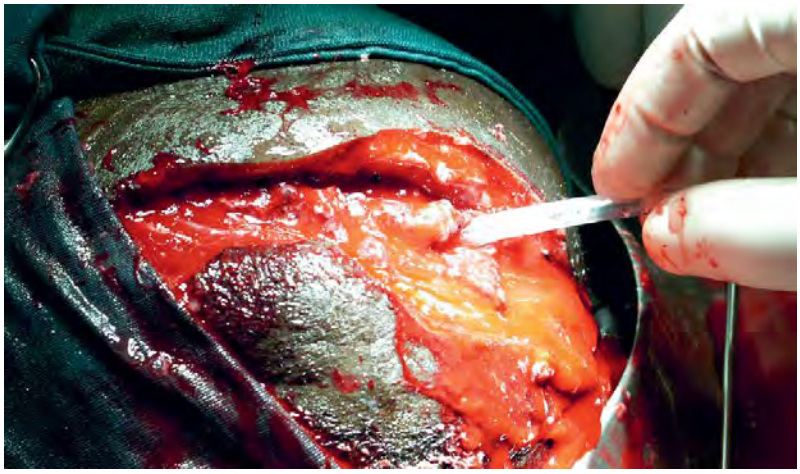
死んだ脳はヨーグルト、生きている脳はゼリーのようである。

デブリドマンとは、ドロドロになった脳や血腫を機械的な低圧吸引器で吸い出すことである。柔らかいフォーリーカテー

テルを付けた大きなシリンジで代用する時もあるが、これはもともとHarvey Cushingが始めた技術である。生理食塩水で傷の内腔を優しく洗浄する。内腔がきれいになるまで洗浄と吸引を繰り返す。

ICRC

写真 26.12.1
注射器を用いて洗浄している。



V. Sasin / ICRC

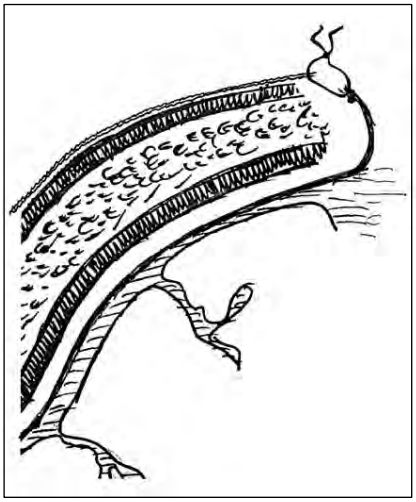
写真 26.12.2
洗浄後、傷の内腔は低圧で吸引する。

ぼろぼろになった骨片は常に組織が破壊されて形成されたコーンの中から発見されるので、吸引したり、鑷子でつまみだして対処する。容易に摘出し得る破片の検索は、柔らかく指で触知しながら行う。骨片や金属片の検索や摘出のためにさらなる神経損傷を起こしてはならない。容易に到達できそうなものだけを摘出する。

骨片と金属異物は、容易に到達できるものだけを取り除く。

清潔になった内腔はきらきら光る白色で、脳組織は心臓の鼓動に合わせて拍動するのが見える。

止血



N. Papas / ICRC

図 26.13
硬膜を骨膜に縫い留めることで出血をコントロールする。

止血は注意深く行わなくてはならない。脳の表面からの出血は毛細血管からの漏出によるものかもしれず、もし手に入ればバイポーラが最も有効である。 大脳皮質のヒダのために、脳回の一番上では電気メスによる凝固は容易であるが脳溝の底部では非常に難しい。あるいは、希釈したアドレナリンか温かい生理食塩水に浸したガーゼを傷の内腔に詰め、軽く指で圧迫し数分間待つという止血法もある。その後ガーゼを外すと通常止血しているが、もしまだ出血しているならば同じ処置を繰り返す。

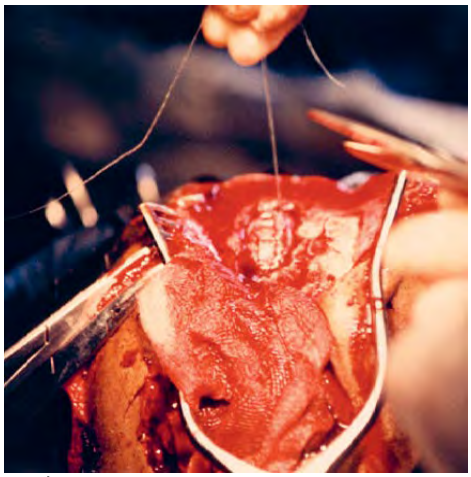
非常に薄くデリケートな部位からの出血は連続縫合で針糸をかけることでコントロールできるが、しばしば引きちぎれてしまう。軟膜を硬膜と共にすくいあげて針糸をかけて縫ってしまうのがより現実的なやり方かもしれない。バイポーラによる止血や、クリップがもし手に入れば、個々の血管からの出血をコントロールするのに有効である。

硬膜の縫合

傷の内腔がきれいで出血もなく乾いた状態になれば、閉創の条件が整ったといえる。非常に小さな傷や硬膜がちょっと裂けた場合以外では、硬膜の端を直接縫合できることは滅多にない。通常パッチグラフトが必要になり、頭蓋骨膜や、側

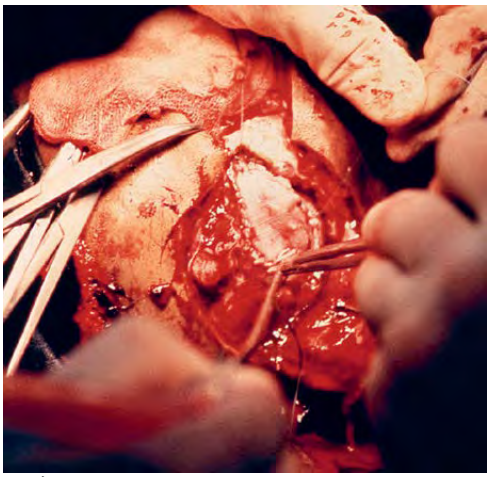
頭筋または後頭筋の筋膜、 帽状腱膜から採取する。もし非常に大きなパッチが必要な場合は大腿筋膜から採取する。

グラフトパッチは 3-0 吸収糸か 4-0 非吸収糸を用い、周囲の硬膜に連続でインターロッキング縫合を行い、液漏れのない縫合にする。清潔環境が厳密に保たれず物資に限りがあるような状況では頭蓋内にドレーンを留置すべきではない。



C. Giannou / ICRC

写真 26.14.1
小さな髄膜の欠損は、側頭筋膜から採取したグラフトを緊密に縫い付けて修復する。



C. Giannou / ICRC

写真 26.14.2
大きな筋膜皮弁

頭皮の縫合

頭蓋脳外傷は待機的一時閉創(DPC)の例外のひとつである。手術終了時に頭皮の傷は切り取って縫合する。創のデブリドマンで皮膚組織が欠損すると頭皮の切開創の縫合が困難となる。馬蹄状切開フラップの底部での遊離のための切開は、閉創の際に皮膚を回転させるのに有効である。S 状切開を延長したり、皮下を剥離したりして回転フラップを作るのも同じ目的である。フラップは、帽状腱膜の下で持ち上げられるようにすべきで、それにより縫合のラインにかかるテンションを減弱できる。回転皮弁により頭蓋骨膜の一部が露出してしまった場合は、分層皮膚移植(SSG)で覆う。

小さな傷以外は、頭皮の閉創は 2 層で行うことが望ましい。1 層目は創が離解しないためと止血の目的で厚く固い帽状腱膜を吸収糸で閉じ、2 層目は皮膚を閉じる。マットレス縫合を用いて1層で閉じるのを好む外科医もいる。皮下ドレーンを 24 時間入れておいてもよい。

C. Giannou / ICRC

写真 26.15
皮下ドレーンを挿入して頭皮を閉じる。

26.10 接線方向の外傷

これは、外科医が比較的よくみる発射物による外傷で、生存率がよいことが知られている。

26.10.1 病態

発射物は骨折を引き起こす場合とそうでない場合がある。骨折の場合、陥没して「V 字形の溝(V-shaped gutter)」を作る場合があるが、これは拍動性の血腫で満たされ、外科医に硬膜への貫通を疑わせる。骨の破片は脳の深くまで到達しているかもしれないが(写真 26.1.2)、 外観からは損傷の程度はわからない。硬膜の血管損傷は硬膜外、硬膜下血腫を引き起こす可能性がある。

ICRC

写真 26.16.1
接線方向の銃創：ピンセットが傷の入り口から出口まで貫通している。両方の傷を含むように馬蹄状皮弁の切開を行っている。

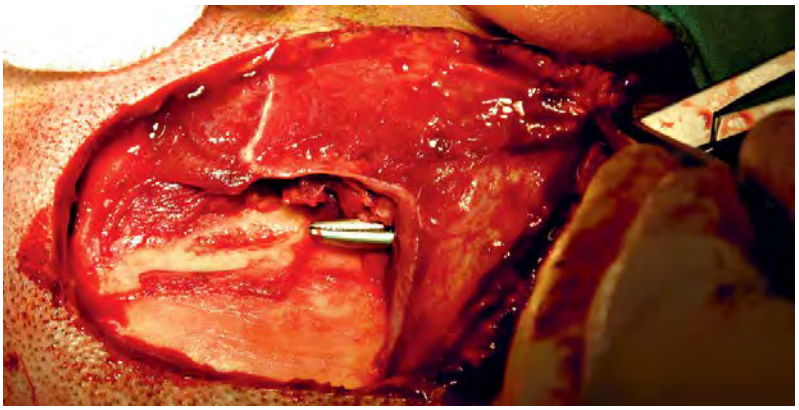
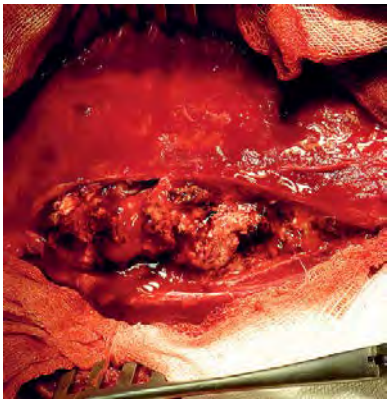
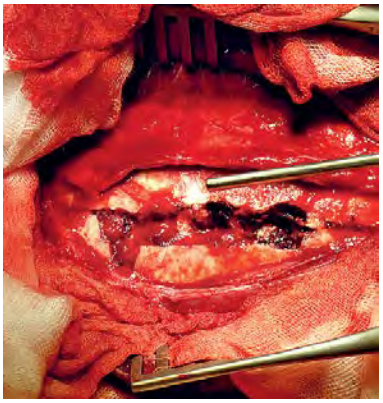

ICRC

写真 26.16.2
ピンセットの先端は骨の溝状の変形を示している。脳への貫通はない。


ICRC


ICRC

ICRC

写真 26.17.1 - 26.17.3
脳に至る貫通銃創が溝状の傷を来している。

最も重篤な 接線方向の損傷は、ぽっかりと穴の開いたような傷で、「出入り口」が 1 つになったような粉砕骨折を伴う打ち抜き欠損となり、大脳皮質の直接的な挫傷と挫滅を伴う（写真 26.1.3、26.20.1-26.20.2）。

すべての骨折や骨片がレントゲンで視認できるわけではない。

骨折や貫通の有無にかかわらず、激突の衝撃は、その下にある脳皮質挫滅を様々な形で引き起こす。傷の観察をしても外傷の重篤度が必ずしもわかるわけではない。

26.10.2 手術適応

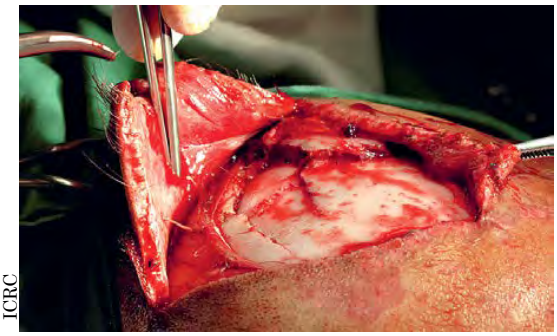

ICRC

写真 26.18
患者 A:陥没した頭蓋骨の破片

手術適応は以下の状態によって決定される。

局所症状を伴う陥没骨折

圧迫による局所症状は手術の絶対適応である。高い頻度で大脳皮質内に骨の破片が入り込んでいるため、外科医の多くはそのような外傷症例すべてに対して開頭術を行うことを好む。経過観察をして、局所症状が出現するか数日経過しても改善が認められない場合のみ手術をする方針を選択する外科医もいる。

J. Stedmon / ICRC

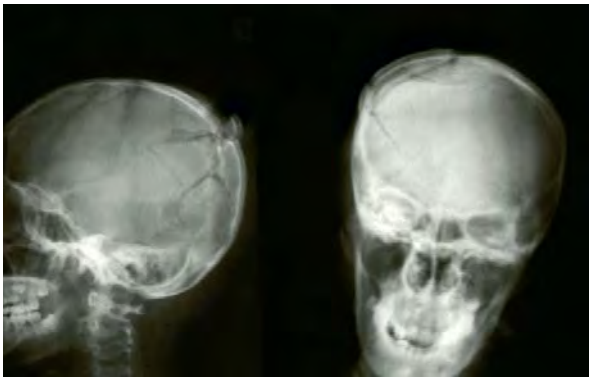

J. Stedmon / ICRC

写真 26.19.1 and 26.19.2
患者 B: 頭皮に環状創があり、その下に陥没骨折がある。

血腫の圧迫による局所症状

この場合、血腫が硬膜外であれ硬膜下であれ、あるいは皮質下であれ、開頭術と凝血塊の除去は不可欠である。

てんかん発作

痙攣発作は骨の破片による髄膜の損傷の後に起こることがある。それを除去しても長期予後の改善が得られる保証はないが、場合によっては、てんかん重積へ発展していくのを予防できることがある。

脳裂傷を伴う打ち抜き欠損(Single entry-exit)

この脳の開放性創傷はデブリドマンが必要である。

E. Dykes / ICRC

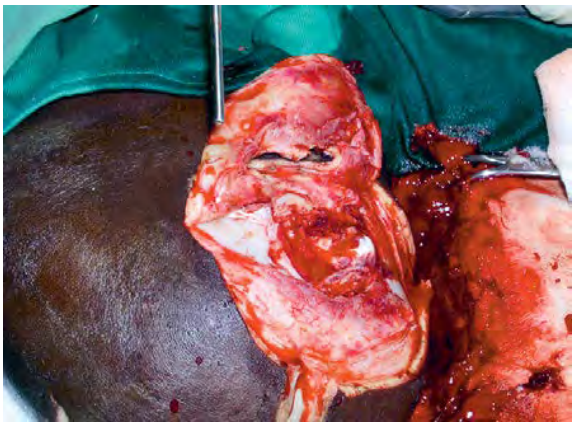

M. Baldan / ICRC

写真 26.20.1 、26.20.2
接線方向の穿通創(one entry-exit)を認める 2 症例

26.10.3 手術治療

頭皮のデブリドマン以外に手術適応がない場合は、閉鎖性頭部外傷と同様に保存的治療を行う。時間がかかるもののしばしば自然に回復する。

穿頭術をする場合、 溝や陥没骨折のすぐ近傍で行わなくてはならない。骨片を持ち上げて硬膜の損傷の有無を確認する。

- 挫滅した脳の上に正常な硬膜がある場合、実際に皮質の液状化がなければ、そのままにしておくことが可能である。
- しかしながら、もし正常な硬膜が緊張し青みがかっているならば、開けて血腫を除去しなくてはならない。挫滅した脳組織は丁寧にデブリドマンする。
- 裂けてしまった硬膜はきれいに切り離して、損傷を受けた脳皮質は吸引と洗浄でデブリドマンする。そして摘出可能な

骨の破片は除去する。

射入創と射出創が 1 つになった穿通創（single entry-exit defect）では、貫通性の穿頭創と同じようにデブリドマンを行う。

26.11 その他の貫通外傷

小さな破片による受傷は比較的多いが、穿通損傷は稀である。患者は生存して病院にたどり着けないからである。

26.11.1 グレード 1 の小破片外傷

ちょうど頭蓋骨を貫通するだけの運動エネルギーを持ち、脳に入った破片は、比較的小さな局所の組織損傷を来す。赤十字外傷スコアではグレード1ということになる。いくつかのシナリオがあり得る。

1 つもしくは限られた数の破片

脳幹のような生命に直結する部位が損傷されていなければ、予後はよく、患者は通常意識清明でしばしば歩いて緊急入院する。通常は脳浮腫や血腫形成は限局的なので、ほとんどの外科医は受傷部位の洗浄や頭皮の傷の縫合以外は保存的な非観血的治療の方針をとる。

ICRC

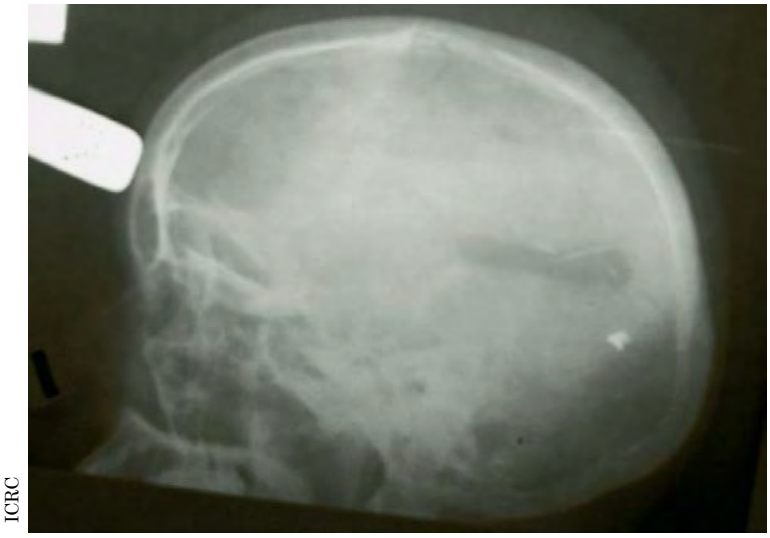

ICRC

写真 26.21.1 、26.21.2 単一の残存破片

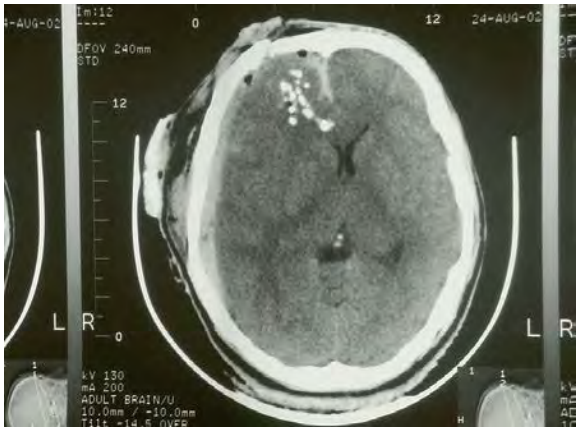
しかしながら、患者は厳重に経過観察し、頭蓋内圧の上昇を示唆する兆候や局所症状、脳脊髄液の漏出が認められたら、積極的な治療を行わなくてはならない。この場合、射入創にバーホールを開けての穿頭や損傷を受けた脳の局所のデブリドマンなどが必要である。

もし破片が比較的大きく表層部にある場合は穿頭術で摘出する（写真 14.3）。

多数の破片

多数の破片がある場合は、脳浮腫や血腫形成などいくつもの影響が重複した状態になる。意識レベルは通常低下し、昏睡に至ることもある。 このタイプの外傷は重篤な閉鎖性の頭部外傷に似ている。

M. Yacoub / Rafidia Hospital Nablus



M. Yacoub / Rafidia Hospital Nablus

写真 26.22.1 、26.22.2
前頭葉に多数の破片があることを示す単純レントゲンと CT

GCS が 8 以上で患者の状態の悪化がない場合、保存的治療の適応である。 臨床上急激な悪化を認めた場合、医療資源が限られている状況では、バーホールをたくさん開け、それぞれの射入創の局所のデブリドマンが、外科医に残された唯一の手段である。

26.11.2 貫通性の突き抜け外傷

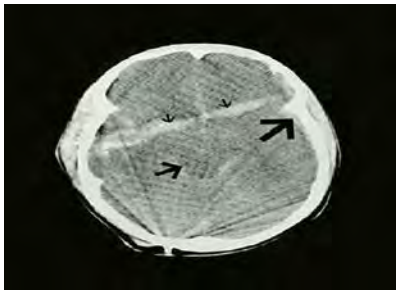
これらは非常に重篤でしばしば致死的である。空洞効果は急激に死に至らしめる。発射物もまた、しばしば側脳室(lateral cerebral ventricle)を横断する。血腫、骨片、浮腫は発射物の弾道に不規則に認められる。

片側大脳半球の貫通

射入創と射出創が、片側の大脳半球のみを巻き込んでいる場合である (図 26.1.5). 予後不良だが、頭頂部の高い位置の受傷で GCS がよいわずかな患者のみが手術適応となる。

ICRC

ICRC



M. Yacoub / Rafidia Hospital Nablus

写真 26.23.1、26.23.2
頭部の銃創: 前頭部に刺入創、頭頂部に射出創を認める

写真 26.23.3
CT では、片側大脳半球の貫通性受傷で細い射撃溝を認める。

刺入創と射出創は通常通りにデブリドマンし、細い弾道は、カテーテルや NG チューブを用いて優しく吸引洗浄する。硬膜と頭皮はドレーンを入れずに閉じる。

時として、発射物が大脳半球を完全に横断するものの頭蓋骨を突き出るほどの運動エネルギーがないことがある。この場合も治療は貫通性の外傷と同じである。

V. Sasin / ICRC

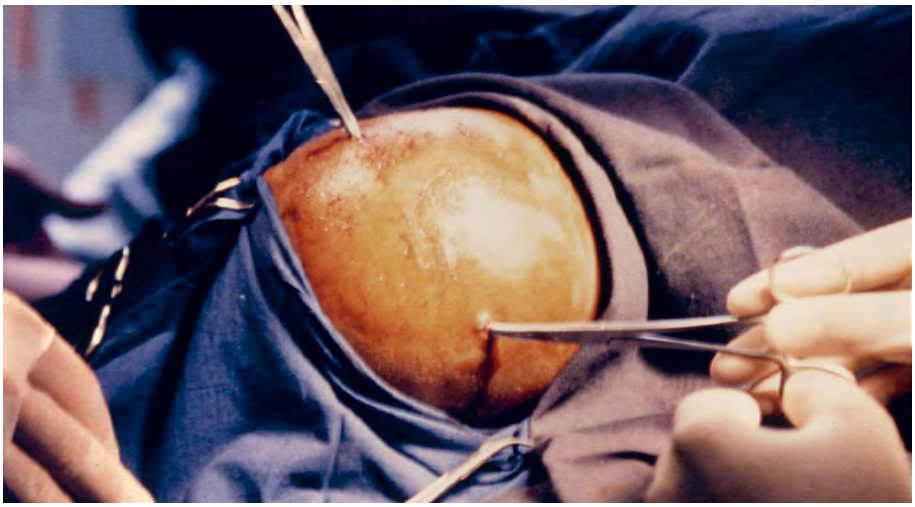
V. Sasin / ICRC

写真 26.24.1 、26.24.2
大脳半球全体を横断後に破片が残存している。

両側大脳半球の貫通

発射物は正中線を横切り両側の大脳半球を巻き込む（図 26.1.6）。これらの外傷は病院でみることはまれではあるが、実際にみる症例は頭頂部の高い位置での受傷で前頭葉や洞を巻き込んでいる。

写真 26.25
頭頂部の高い部位に射入創と射出創があることを鉗子で示している。



C. Giannou / ICRC

両側前頭部の傷以外は、先に述べた手順を簡素化及び略式化した手順で行う。保存的支援治療がこれらの「いずれ死亡してしまうことが避けられない」患者には最善の選択となる。

26.12 穿頭術

穿頭術の適応となる代表的な症例は、頭蓋内血腫を伴う鈍的外傷もしくは片側大脳半球の症状が出ている閉鎖性陥没骨折であるが、いくつかの接線方向の受傷やそれに伴う小さな骨折でも穿頭術が必要になる場合がある。

注:
前述したように接線方向の受傷と爆発による外傷は閉鎖性の頭蓋内血腫を引き起こす。

バーホールを開ける穿頭術（Burr-hole trepanation）は、一般外科医が十分できる手技であり、特にへき地で、ひとりで働く外科医にとって、備えておかねばならない基本となる手術手技である。手術の詳細は付録 26.A.参照のこと。

26.13 治療困難な症例

貫通性頭部外傷においては多くの困難な症例がある。中には神経外科医による適切な治療が必要な患者もいる。

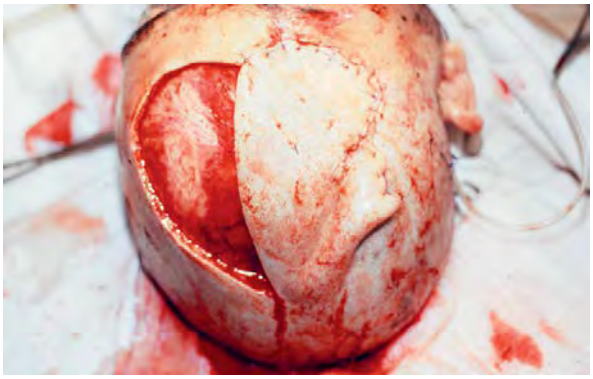
落下してきた弾丸

多くの社会で、戦争での勝利や誕生日、結婚式等のお祝いの時にライフルを空に向けて撃つという習慣があるが、その国が武力衝突の状態にある時は、これがことさら激しかったりする。落ちてきた弾丸がたまたま立っている人を殺傷してしまうことはまれではない。落ちてきた弾丸の中には頭蓋骨に穴を開けて、脳に数センチメートル入り込む、すなわち 小さな穿頭創となるほどの運動エネルギーを有するものもある。 手術方針は既に述べたような分類に応じて決定する。

弾丸が頭蓋骨に穴を開けるだけで頭蓋の骨の部分に留まる症例もある。これらは決して盲目的操作で摘出してはならない。小さなバーホールを弾丸の横に開け、リュエルで周りをかじって弾丸を遊離する。弾丸の先端が硬膜に穴を開けてしまっていないか注意深く観察しなくてはならない。 挫傷した脳組織は愛護的に吸引し、硬膜は縫合する。解剖学的な位置によっては矢状静脈洞の損傷に注意するべきであり、この特殊な症例に関しては後に述べる。

頭部を覆う頭皮を大きく損失してしまった場合

下からの動脈血流が皮弁にいくような、十分な大きさの回旋皮弁を作る。この皮弁は頭部の半分以上の大きさになる場合もある。すべての頭蓋骨膜の露出した部位は直ちに分層皮膚移植で覆う。



R. Coupland / ICRC

R. Coupland / ICRC

写真 26.26.1、26.26.2
頭皮の皮弁を大きく回旋している： 分層植皮弁が頭蓋骨膜の露出した部位を覆っている。

頭蓋骨を大量に失ってしまった場合

現在は大きな骨の欠損を置換するための様々な人工素材が開発されている。しかしながら頭蓋形成は特殊な手技で本書で扱う範疇を超えている。症例によっては、頭蓋骨の大きな破片を保存しておき、後にそこにはめ込む外科医もいる。骨の端が汚染されている時はすべてニッパーのような器具で削り取らなくてはならない。その後生理食塩水に抗生剤を混ぜたもので洗浄し輸血用の冷蔵庫に保存する。患者が完全に安定したら取り出してそこにはめ込む。他の方法としては頭蓋骨の大きな破片を腹壁の皮下脂肪の中に埋め込んで保存するという方法もある。

ただしほとんどの症例では、そのような骨を保存して再び使うということは不可能で、患者は後々、頭部を保護するために自転車やオートバイのヘルメットや、固い帽子を被らなくてはならない。

頭蓋底の損傷

創の局所のデブリドマンが唯一の外科的処置である。患者は半座位で安静にさせる。もし耳からの滲出が認められても耳孔を塞がず、耳介の上から吸収性のガーゼを当てて包帯を巻くだけにする。

深部にある主要血管の損傷

この外傷は通常急速に死に至る。挫滅した脳や血腫、骨片を取り除いた際にそれまで覆われていた脈管の損傷が露出して、大出血を来すこともたびたびある。この状況は一般外科医の手に負えるものではなく、ダメージコントロールとして腔にガーゼでパッキングして止血を試み、24 時間後にもし患者が生存していたら再手術することになる。

外傷性動脈瘤や動静脈瘻

これらの病変は通常破片によって引き起こされる。弾丸は血管を押しのけるか、あるいは完全に突き抜けて急激に致死的となる。脳の重篤な一次爆傷もまた、仮性動脈瘤形成を来す場合がある。生存者では通常これらは脳血流の末端で、より表層に近い枝にある。これらは最新のテクノロジーがないと診断は困難である。

仮性動脈瘤や動静脈瘻が脳のデブリドマンを行っている最中に発見された時は、血管は通常の血管外科の技術で修復するには小さすぎ、また適切に剥離するには脳神経外科の修練が必要である。

一般外科医は、単純に病変の血管を結紮して、それによって引き起こされる障害は仕方のないものとして受け止めるか、保存的治療にするか、どちらかの方針で管理すべきである。ただしどちらの方針であっても予後はよくない。

26.13.1 上矢状洞外傷

上矢状静脈洞は三角形をしており、大脳鎌の 2 つの層の間にある。それは体内の他の主要な静脈と違って、開放された状態で頑強に固定されており、圧迫は困難である。頭蓋内の静脈洞や内頚静脈、上大静脈などは弁がないため、患者が側臥位になった時、右心房や上大静脈の静脈圧は矢状洞の圧を反映する。

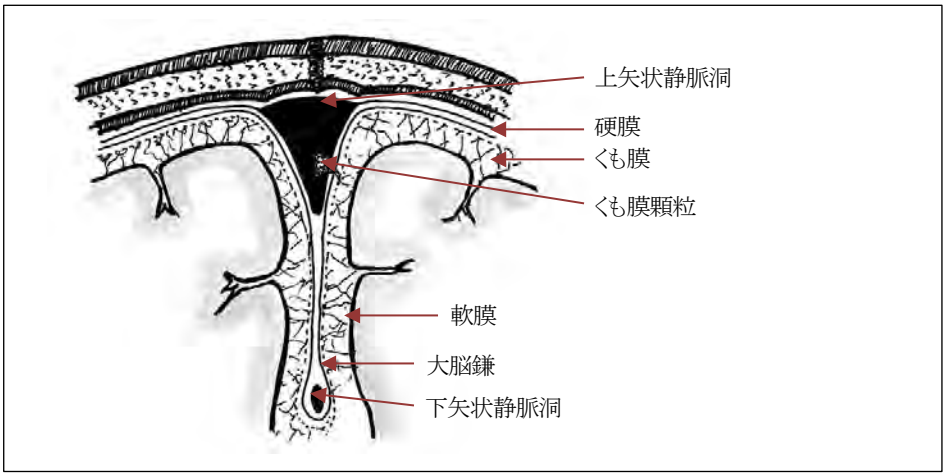


図 26.27
上矢状静脈洞の解剖

矢状静脈洞の大きな損傷は、失血及び空間を圧迫する塊の影響、もしくはどちらか一方の影響で、急激に死に至る。死に至らずに外科医を受診するような患者は、通常は、落下してきた弾丸や小さな破片による損傷、または折れた骨の尖った部位が静脈洞を覆っている硬膜を突き破ってその部位に引っかかった状態となり、そのために大出血が避けられたような症例である。

手術治療

患者の頭部と身体を操作する上で、外科医と麻酔科医の共同作業が不可欠である。

1. 頭皮の皮弁は S 状切開が好まれる。落下した弾丸による傷であれ頂点の骨折であれ、十分な視野が得られるからである。
2. 穿頭孔を 1、2 か所開け、リュエルを用いて骨を削りとって穴を大きくし、発射物や骨の砕片を露出する。こういった異物は脳のデブリドマンの最中に発見されることもあるが、異物を摘出した後に起こるであろう出血をコントロールする準備が整うまで、触らないでそのままにしておく。
3. 異物摘出の前に、頭部と上半身を挙上する。それにより静脈洞の静脈圧を低下させることができる。しかしながらこの時点で異物を摘出すると空気塞栓を引き起こすことがある。それを防ぐために、あらかじめ傷を生理食塩水で満たしておく。
4. 次いで外科医は弾丸や破片、骨の砕片を摘出し、静脈洞の穴を指で押さえる。同時に麻酔科医は患者の頭部の高

さを調節する。低すぎると出血が激しくなるし、高すぎると生理食塩水が洞に引き込まれてしまう。出血もせず生理食塩水が吸い込まれることもない、ちょうどよい位置を見つけなくてはならない（通常は 30 度挙上）。そうしてやっと外科医は指を離すことができる。もし異物が早まって除去されてしまった場合、外科医は用手的に同じだけの圧を加えることと、麻酔科医の操作が必要である。

5. 硬膜を閉じるのは難しい。血脈洞の壁は直接縫合するには非常にしっかり固定されていて、縫合しても切れてしまうからである。以下に述べる手技で対処する。
   - 頭蓋骨膜または側頭筋膜を用いて皮弁を作る。
   - 硬膜の一部分を洞の大きさや形に合うように移動させて穴全体を覆うようにする、髄膜の回旋皮弁。
6. どちらの方法を用いたとしても、血管外科の細かい連続縫合の技術を用いて 皮弁をその部位にきっちり縫い付ける。針を貫通させた場所はすべて出血する。そのため皮弁は破砕された筋肉組織のかけらで補強し、そこから凝固系の因子が滲み出してくるのを期待する。外科医と麻酔科医、看護師が天気の話をしたり、深呼吸をしたりして過ごすうちに、 5〜10 分で皮弁は固定される。
7. その後頭皮の切開を単純縫合する。

もし洞の裂けた部位が大きすぎてパッチグラフトや髄膜回旋皮弁で被覆できない場合は、頭皮の下面を洞に縫い付けてしまうという方法もある。あるいは、ダメージコントロールの方針で対処するという場合もある。開いてしまっている場所にガーゼを詰め込んで、その上で頭皮を縫い合わせ、さらにその上から圧迫ガーゼをあてる。24〜48 時間後に再手術する。それも不可能であれば、洞の周囲（洞の開放部の基始部と末梢側）に厚めに糸をかけて閉じてしまうというのが残された対処法となる。洞の最初の 1/4 から 1/3 が限界で、それ以上は致死的となることを外科医は受け入れなければならない。

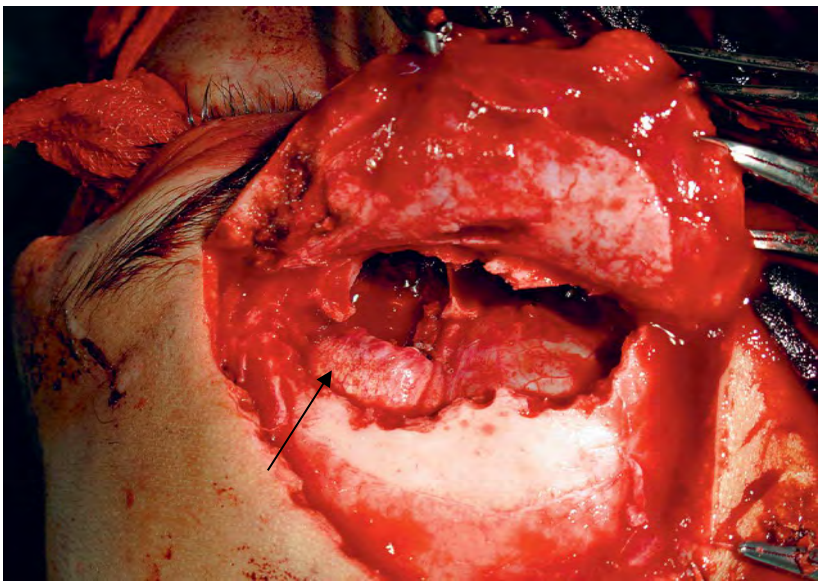
26.13.2 前頭洞外傷

発射物は前頭洞を通り抜け、脳の前頭葉に入り込む。 眼窩も巻き込まれる可能性がある。上眼窩動脈を中心とした馬蹄状皮弁が望ましいが、粉々になった洞から直接脳のデブリドマンを行うのが最も単純な方法である。

脳のデブリドマンが終わったら、逆行性感染を防ぐために、必要な何らかの移植片を用いて、硬膜を閉じることを試みる。

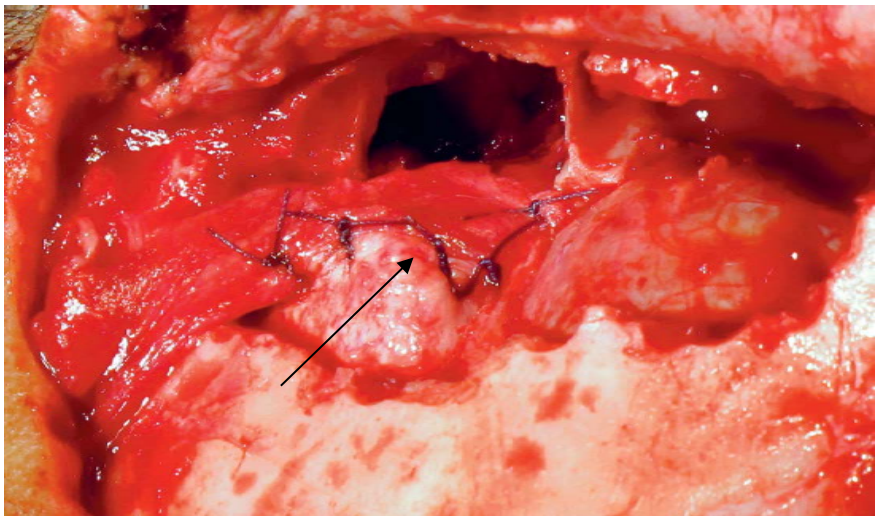
洞自体は、内腔をキュレットで削って粘膜を取り除きポビドンヨード溶液で洗う。前鼻孔は筋膜の一部を用いて塞ぐ。その後皮膚の傷を、デブリドマンを行って閉じる。

軟部組織の大部分が欠損しているような場合は、洞の内腔にポビドンヨードで浸したガーゼを詰め込み、後日皮弁が作れるようになるまで待つという方法で対処できる（写真 27.28.1-27.28.3 参照）。



ICRC

写真 26.28.1
正面の皮弁を開けると洞の損傷が認められる。また前頭葉を覆っている硬膜が露出している（矢印）。



ICRC

写真 26.28.2
硬膜は筋膜皮弁を用いて閉じられている。

26.13.3 脳神経外傷におけるダメージコントロール

頭部外傷におけるダメージコントロールは身体の他の部位と同じ原則に従って行われる。つまり生理機能の観点からで低体温や凝固系の異常、アシドーシスを防ぐということである(第 18 章参照)。遠隔地において、患者を搬送することが可能で血腫除去や開放性脳損傷に対する簡潔なデブリドマンで対応が可能な状況であれば、これは成功するかもしれない。

患者の輸送が困難であり、かつ深い部位にある血管からの出血等で出血のコントロールが困難な場合は、ガーゼを詰めて圧迫止血を行い、24～48 時間後に全身状態が安定してきたら再手術を検討する。

多発外傷の患者には、他の部位の出血に対処する前に外科医は非常に手早く 穿頭孔を開けて頭蓋内圧を下げ、脳ヘルニアを防がなくてはならない場合がある。頭蓋内の血腫は、ドレナージが効いていれば、最初の状態で必ずしも完全に摘出しなくてもよい。外科医はどの状況がより命を脅かすものなのか判断しなくてはならない。

26.14 術後管理と保存的治療

術後管理は手術よりも、はるかに賞賛にふさわしい。

患者が昏睡状態であれ意識清明であれ、頭部に重篤な外傷を受けた患者の術後のモニタリングと看護ケアは、昏睡状態の患者の保存的治療と同様に大変な作業で、同時に時間と手間と人手を消耗する。しかしその努力は多くの患者が回復するのを見ることで報われるだろう。術後管理の大切さはしばしば過小評価されている。重篤な神経系の外傷患者においては、術後管理こそが賞賛にふさわしい仕事であって、手術そのものではない。

- 注意深い観察とモニタリング

  GCS スケールは患者の状態を評価するのによい指標である。頭蓋内圧と術後出血(凝固系の異常、特に DIC)の臨床的なチェックは厳密に行わなくてはならない。

- 適切な気道確保.

  挿管して人工呼吸を行う設備がない場合は、気管切開を積極的に行ってよい。気管切開を行うと 1 回換気量あたり 150mL 分の死腔がなくなり、良好な酸素化を得られるのと同時に二酸化炭素を飛ばすこともできる。その後患者が意識を取り戻して自発呼吸が十分できるようになれば気管切開口を閉鎖できる。

  他に呼吸器に異常がないにもかかわらず酸素飽和度測定器で血中酸素の低下を認める患者や、意識レベルが低下(GCS < 12) しているような患者は気管切開を行うことで良好な管理ができる。GCS が 8 以下であれば絶対適応である。

- 湿度を加えた補助的酸素の投与
- 頭部を 30 度挙上した半座位
  これは、脳からの静脈ドレナージを促進することで頭蓋内圧を下げる効果がある。
- 静脈輸液
  治療開始して数日は、血行動態が安定した後は静脈輸液はリンゲル液のみに限定し、輸液が過剰投与にならないように注意する。さもないと脳浮腫を引き起こすためである。
- 尿道カテーテル挿入
  尿量は輸液バランスを確認するためにモニターしなくてはならないし、膀胱が充満する不快感を防ぐ意味でも重要である。多尿や乏尿は、頭蓋骨の底部の骨折によってバゾプレッシンの分泌に障害が起こっていることを示唆する。
- 眼瞼の清潔を保つ。
  昏睡状態の患者は角膜炎や結膜炎を来すリスクがある。目は毎日湿らせた布で拭って分泌物はすべて取り除かなくてはならない。眼瞼は、点眼薬を投与した後にテープ（Steri-Strips®）で閉じておく。
- 破傷風予防と抗生剤の投与
- 鎮痛剤、特に関連する外傷がある場合
- 必要に応じて鎮静剤の投与　ジアゼパム、バルビツール
- 消化管出血の予防
- ストレス潰瘍を防ぐために、H2 拮抗剤やプロトンポンプ阻害剤、経口の抗酸剤を投与する。
- 栄養管理
  3 日目までに経鼻チューブを用いた経管栄養を開始する。もし多発顔面骨折がある場合は十分注意して挿入する。もし患者が長期にわたって摂食できないようであれば胃瘻や空腸瘻が必要になる。必要エネルギー量は高くなる（麻痺のない患者の安静時代謝の 140 %必要で、第7病日からタンパク質を15 %含む栄養組成にする）。付録 15.A で述べている熱傷患者に対する栄養と同じになる。
- 深部静脈血栓の予防
  これはどこでも適応があるというわけではない。深部静脈血栓の頻度は、食事等の生活習慣に関係しており、もしこの疾患がその地域でよくみられるのであれば、予防策が必要である。薬剤ではない方法、例えば弾性ストッキングなどの理学療法を優先する。もしも禁忌でないのであれば薬剤の投与を行ってもよいが、頭蓋骨と脳の外傷における出血が持続している場合は、リスクが非常に高い（Part F.2 参照）。
- 体温管理
  重篤な頭部外傷ではしばしば体温調節機能が損なわれる。 低体温は何があっても防がなくてはならない。また、凝固能に異常がないか常にチェックする。脳の異化作用の亢進によって引き起こされる高体温は、特に子供においては、低体温と同様に危険である。
- 皮膚と口腔内の衛生
- 理学療法
  肺をきれいな状態に保ち、関節の可動性を維持する。
- 痙攣発作予防

注:
ステロイドは頭部外傷に何の役にも立たない。

定期的な意識レベルの評価が最も重要である。意識レベルが悪化する場合は再開頭が必要になり、通常は新たな血腫を摘除したり、感染に対処することになる。

意識レベルが悪化した場合は、再度診察が必要である。

26.14.1 痙攣発作の予防

痙攣発作の発生は、臨床研究によって報告が異なるが、受傷後 15 年にわたってフォローした結果では発生率は 50%に達する。7 日以内に起こる初期の痙攣発作は、遅発性のものよりも多い。現在わかっている知見は、早期の予防薬の投与でも、晩期の発作を防げないことを示唆している。

回復期の非常に早期の痙攣発作は、 二次的脳損傷によって、急激かつ急速に患者の状態を悪化させる。直ちにジアゼパムの静注を行う。

ICRC の外科医は最近治療のプロトコルを改変し、術後1週間痙攣の予防薬の投与をプロトコルに含めることにした[15]。

短期的な予防薬はいくつかあるが、その選択は病院の環境による。

- 塩酸フェニトイン静注

  成人でも子供でも、初期投与量は 10～20mg/kg の静注である。(低血圧や徐脈等の心肺機能への副作用を避ける為に最大投与速度は 50 mg/分とする)

  成人に対する24時間後の維持量は3～7 mg/kgを1日1回投与とする。 子供の場合は12歳までは2.5～5 mg/kgを 1 日 2 回筋注する。

- カルバマゼピン

  錠剤か懸濁液しかないが、直腸に挿入して使うことが可能である。成人は初期投与として 200 mg を 1 日 2 回、その後 400 mg を 2 回投与に増量する。生後 1 か月から 12 歳までの子供は 1 日 5 mg/kg、10～15 mg/kg まで増量可能で、これを分割投与する。経口投与は経直腸投与量の 25 %増とする。

- フェノバルビタール

  他の薬剤が入手できない場合は、この一般的な薬を使うことになる。成人の初期投与は 10 mg/kg で、最大投与量は 1g である。100 mg/ 分以上の速度にならないよう注意する。24 時間後の維持量は 1 日 100～200 mg とする。12 歳までの子供は初期投与量 1～1.5 mg/kg 1 日 2 回、2 mg/kg/日まで増量可能、維持量は 2.5 ～4 mg/kg を 1 日 1 回または 2 回とする。

注:

すべての抗痙攣薬は、痙攣の誘発を防ぐために段階的に減量していく。1 週間のプロトコルで投与された予防薬は次の 1 週間をかけて段階的に減量していく。長期にわたる予防薬の投与は賛否両論があり、推奨はされていない。

26.15 頭蓋内圧亢進

頭蓋内圧の上昇は必ず直ちに診断し、積極的に治療しなくてはならない。これは開放性の頭部外傷では、閉鎖性外傷に比べてはるかに稀である。

頭部外傷患者における最優先事項は、完全で迅速な生理学的蘇生である。患者をモニターする洗練された機器がない環境では、蘇生処置中に頭蓋内圧の上昇を防ぐ特別な治療を行ってはならない。

頭蓋内圧をコントロールする薬剤(例えば浸透圧利尿剤)は、重篤な合併症を来す場合があるため、患者を厳密にモニターする方法がない場合にそういったものを投与すると蘇生処置の妨げになる場合がある。

15. 2010 年 12 月にジュネーヴで行われた第 2 回 ICRC Master Surgeons Workshop で採用されたプロトコル

26.15.1 管理

治療は単純な方法から始めるべきである。酸素投与、頭部の挙上、鎮静剤の投与、発熱のコントロール、低血圧や静脈輸液の過剰投与の予防などである。グルコースを含む輸液は一切行わない。

人工呼吸器がない場合、患者を鎮静して用手換気で管理できるかどうかは、病院のマンパワーによる。マイルドで、管理された過換気は迅速な効果があるが、非常に短期間だけ行うべきである(手術中に、急激な脳の腫脹をコントロールするのに一時的に用いるには良い方法である)。

頭蓋内圧をコントロールするためにマンニトールを使用するのは、単純な手段とはいえない。その場合、患者を厳密にモニターしなくてはならないからである。きちんとした看護と患者の観察ができない場合は使用しない方がよいであろう。さらに付け加えると、マンニトールは、発射物による外傷の局所的な浮腫よりも、頭部の鈍的外傷によって引き起こされる全体的な浮腫に対して、より有効な薬剤である。

患者が完全に蘇生され、血行動態が安定した時にのみ、マンニトールを使用するべきである。体重あたり 0.5～1mg/kg の静注を 20 分以上かけて行う。急速投与をすれば頭蓋内圧低下に関しては急速に、より大きな効果が得られるが、中止した時にリバウンドしてしまう。 緩徐な投与の方が頭蓋内圧の低下の効果がより長く継続する。

傷のデブリドマンや血腫の除去などはそれ自体が脳の圧迫を解除し頭蓋内圧を下げる効果がある。脳室造瘻術は、脳脊髄液を脳室の外にドレナージする方法だが、これは脳内除圧頭蓋骨摘除術という、頭蓋骨の広汎な部位を摘除する手技を要する脳神経外科の専門的な手技であり、本書で扱う範囲を超えている。

26.16 脳脊髄液漏

脳脊髄液の漏出は急性に起こる場合もあるし遅発性の場合もある。その 70%が受傷後 2 週間以内に起こる。受傷部位からの漏出は 50%程度に限られる。術後、頭蓋底部における脳脊髄液漏は、硬膜を十分に閉じられなかったことが主な原因である。その他の原因としては骨折や硬膜が裂けて過伸展してしまったことによるもので、特に頭蓋底骨折の時に多い。患者はその後鼻孔や耳孔から液が流れてくるようになる。疑わしい症例では、頭部を伸展させて両側の頚静脈を 30 秒間軽く圧迫すると隠されていた漏出がわかる場合がある。前頭洞の損傷は特に脳脊髄液の鼻漏を来すことが多い。

かなりの症例(50～60 %)が感染を来す。しかしながら、経験の豊富な戦傷外科医は、それは、頭皮を縫合する際に裂開して隙間ができた部位から脳脊髄液が漏れてきて起こった逆行性感染であり、その逆はない、と主張している。それが原因であれ結果であれ、いずれにせよ感染が起こると死亡率は劇的に上昇する。幸運にも脳脊髄漏の 40 % が自然閉鎖する。

明らかな感染がない場合は保存的治療の適応となる。特に耳漏はしばしば自然閉鎖して治ることがある。しかし鼻漏はより問題が多い。漏出が認められる間は抗生剤投与を継続し、頭部を挙上し、咳やくしゃみも避けなくてはならない。

頭蓋頂部で容易に到達可能な部位からの漏出の場合、2～3 日経過しても漏出の減少が認められなかったり、感染兆候を認めたりする時は、硬膜を完璧に閉鎖する手術を行う。筋膜の皮弁が通常用いられる。頭蓋底は手術で到達できない部位なので、そこからの脳脊髄液漏出に対しては完全に保存的治療となる。

26.17 感染症

臨床的には2種類のパターンが見られる。1つは患者が受傷した後、生き延びたものの病院を受診したのが遅かった場合で、もう 1 つは病院での治療における合併症である。ここで注意しなくてはならないのは、多くの臨床研究において、傷を汚染する細菌と、術後感染の中心となる細菌は関係がないということである。さらに、皮膚や頭髪とそれらの常在細菌叢に比べると骨片や金属片は、感染源としてそれほど重要ではない。

26.17.1 放置された外傷

低所得国で、移動が困難な場合、脳に真菌感染巣ができ、開放性の膿瘍を形成して放置されている患者が少なからず存在する。開放性の大きな創（通常はバーホールタイプであるが）は頭蓋内圧の致死的な上昇を防ぐ。膿瘍は神経膠組織（中枢神経系の繊維組織と同じもの）に覆われていて、そこから、膿汁が流れ出ている。

治療は、他のすべての放置された傷や膿瘍に対する原則と同じである。すなわち、ひたすらドレナージ、である。患者はすでに数日間生存しているわけであるから緊急性はない。

患者はしばしば脱水状態になっているため、適切な補正処置と抗生剤の投与を行った後に、傷の内腔を生理食塩水で愛護的に洗浄吸引する。注意深く愛護的に指で触診し、空洞内の骨片を見つける。非常に大きい場合は、2 回目、3 回目の洗浄を行う必要があるが、要点は、急いで摘除して新鮮な組織をむき出しにしないことである。感染が拡大すれば直ちに脳脊髄液までも感染してしまう。

洗浄は、神経膠の内腔壁がきらきらした均一な白色になり、きれいになるまで毎日 2 回行う。そうなれば、回旋皮弁を用いて傷を閉じることが可能になる。

26.17.2 術後感染合併症

保存的あるいは外科的治療のいずれを行ったとしても、開放性頭部外傷においては、感染は常に致死的な合併症となる。その致死率は 50%以上とされ、歴史的には臓器損傷に次ぐ死亡原因である。最新の治療をしても 10～15% まで感染率が高くなることも稀ではないが、治療が遅れるとさらに高くなる。頭皮の傷の裂開は、脳脊髄液瘻と同様に感染のリスクを高める。骨片は、金属片よりも感染を引き起こすリスクがはるかに高い。しかしながら真の「犯人」は埃にまみれた頭皮と毛髪である。

感染はいくつかの形態がある。頭皮の傷の感染で脳脊髄液瘻や逆行性感染のリスクを伴うもの、頭蓋骨の骨髄炎、髄膜炎、あるいは遅発性脳膿瘍などである。

ICRC

ICRC

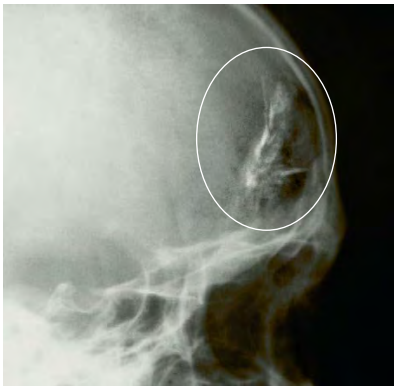

ICRC

写真 26.29.1 - 26.29.3
前頭洞の破片損傷受傷後の骨髄炎

進行する神経学的な所見は脳の重要な容積を失った術後の患者では稀で、より潜行性の発症が多い。 不快感や頭痛、突然の発熱が起こることもある。しかしながら、しばしば発熱や頸部硬直や嘔吐などの一般的な所見がないことがある。頭皮の皮弁の拍動は通常減少し、隆起してくる。

遅れることなく抗生剤投与と再手術を行う。つまり、必要に応じて開頭、ドレナージ、デブリドマンを再び行うことが治療の基本となる。通常、硬膜と頭皮を閉じることが可能である。ドレーンは留置してはならない。二次性の真菌や細菌感染を常に念頭に入れておく必要がある。

26.18 一次爆傷による脳神経外傷

第 19 章 4.1 で述べたように、また多くの参考文献が言及しているように、中枢神経や自律神経系の一次爆傷にはいくつかの病態生理学的な受傷機序があり、その中には鈍的外傷に似ているものもあるし、そうでないものもある。

臨床上は即死例から非常に軽度の脳震盪まで、様々な重篤度を示す。軽度の脳震盪の頻度はおそらく非常に低く見積もられている。 ほとんどの患者は自然軽快するが、その中のいくつかの症例では長期にわたる後遺症を伴う場合もある。

多くの関連する外傷が爆発によって起こるが、その中には顔面や脊柱も含まれる。注意すべき合併症としては脳脊髄液瘻や脳血管痙攣、仮性動脈瘤や動静脈瘻などがある。一次爆傷の影響が及ぶ半径内での貫通性の頭部外傷では、DIC が比較的高い頻度でみられる。

26.19 外傷後理学療法

重篤な脳損傷を負った患者の最終的な予後は、単純な死亡率よりも重要である。最終的に生存した患者の多くは完全に独立して生産的な生活をすることができるようになる。積極的な長期にわたるリハビリが必要ではあるが、その手段は限られている。

> 術後の理学療法は、「治療チームと患者、患者家族が一体となった創造的な努力で、それは精神的、社会的、また職業的な能力を最大限に活用することを目的としている[16]。」

程度は様々ではあるが、多くの患者は精神的、家族的、社会的な問題を伴う脳震盪後障害を呈する。受傷してから何年も後になっててんかん発作が発症することもよくある。頭部外傷の患者は、他のどの患者よりも長期の支援と理解を必要とする。脊髄の外傷を負った患者も同様である。

26.19.1 患者の転帰

重篤な頭部外傷を負った多くの患者に見られる悲惨な転帰や、広汎な外傷後の機能障害の可能性をみても、死亡率だけが治療の良し悪しを判定するパラメーターではないことがわかる。広く用いられている評価方法は Glasgow Outcome Scale（GOS）[17] である。退院時と、その後数か月から何年にもわたる経過において、何度も状況を評価し、患者の状態を調べる。

Glasgow Outcome Scale として以下に述べるカテゴリーが確立されている。

1. 死亡
2. 継続する植物状態
3. 重篤な機能障害（意識はあるが動けない）
4. 中程度の機能障害（機能障害はあるが日常生活動作は自立）
5. 良好な回復（通常の、あるいはそれに近い状態で生活できる）

カテゴリー1と2、3は満足できない結果ということになり、コストと社会的な影響という意味で最悪なのは2である。カテゴリー4と5は好ましい結果ではあるが、しかしそれでも家族や友人を消耗させてしまうインパクトがある。

GOS は便利ではあるが、非常に広汎な分類システムである。軽度な脳震盪だけの患者で、特に爆弾による外傷患者の多くは、数か月後から数年後に様々な外傷後症候群を来し、様々なレベルの機能障害や精神的な問題を抱えることにな

る。こういった現象による社会的影響は、多くの軍や社会で言及されている。

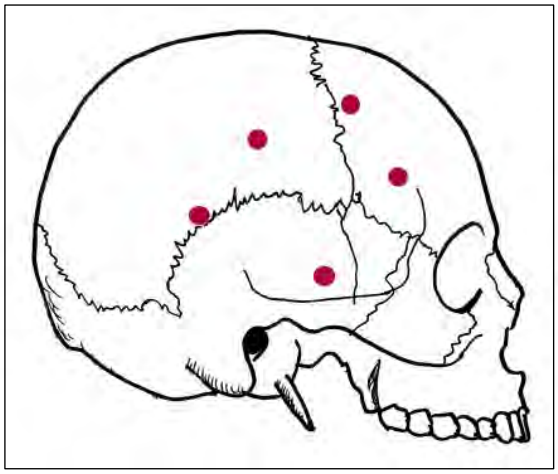
16. Erdogan et al., 2002.
17. Jennett B, Bond M. Assessment of outcome after severe brain damage. Lancet 1975; **1**: 480 – 484.

付録 26. A 穿頭術

頭蓋骨の開孔術 は、最も古くからある外科手術のひとつで、古代メソポタミアやファラオの時代のエジプトでも行われていた。ここでは簡潔にまとめたものを提示する。さらに詳細を知りたい場合は標準的な外科の教科書を参照のこと。

26.A.a 臨床所見と手術適応

鈍的外傷において、頭蓋内出血で最も多いのは急性硬膜下血腫で、大脳皮質と硬膜の間の空間を渡っている小血管が破綻して起こる。急性硬膜外血腫は通常側頭骨の骨折の後に中硬膜動脈が破綻して起こり、「意識清明期」と呼ばれる古典的な症状を呈する。



N. Papas / ICRC

図 26.A.1
頭蓋内血腫に対する盲目的穿孔術の穴を開ける位置。これらの穴を線でつなげることで、そのまま頭蓋骨切除術となる。

閉鎖性の頭部外傷は、頸椎の適切な保護処置の後、厳重に、繰り返し観察しなければならない。頭蓋内血腫の診断は、特に脳幹のヘルニアの所見があるときは迅速に行わなくてはならない。

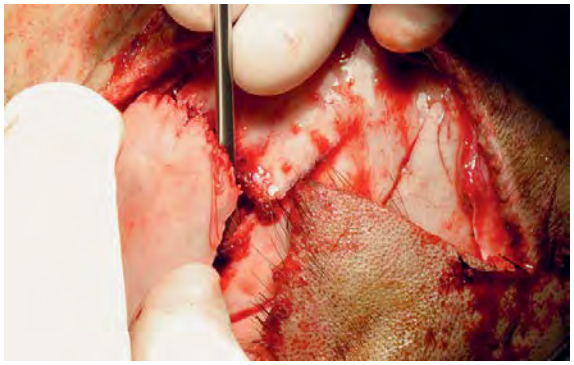
閉鎖性脳外傷では、近代機器がない場合、巣症状の部位や単純レントゲンでの骨折所見をもとに、どこを穿頭するかを決める。可能であれば、外科医が自分で頸動脈を直接穿刺し、動脈造影を行えば(第 24 章 4.2) 血腫の部位の特定に役立つ。そうでなければ、盲目的にいくつか穿頭孔を開ける必要がある。3 分の 1 の患者では何も見つからないとされる。この場合は後頭蓋窩の出血や脳内出血、または単純性脳浮腫が原因である。

ICRC

ICRC

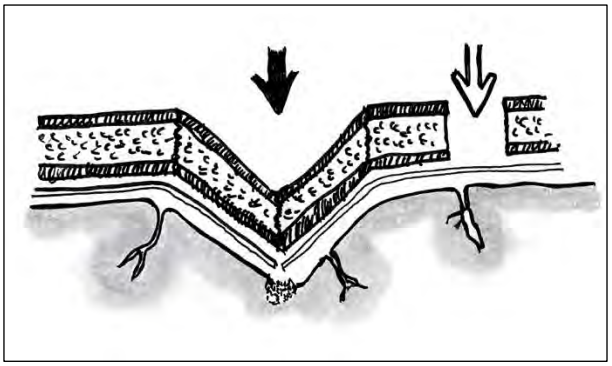
写真 26.A.2 、26.A.3
爆発による受傷で巣症状を呈した陥没骨折症例

接線方向の受傷では、血腫が骨折部位の真下にある可能性が高く、穿頭の場所は骨折の隣か、「溝」である。症例によっては骨折部位に直接アプローチしてもよい。大きな発射物や落下してきた弾丸が、頭蓋骨を貫通したが脳皮質の表層に留まっているような状況でも、穿頭によって摘出できる。



ICRC

写真 26.A.4
陥没骨折に直接アプローチし、硬膜剥離子を用いて陥没骨折を持ち上げている。



N. Papas / ICRC

図 26.A.5
バーホールを開けて陥没骨折の部位に到達する。陥没した破片は側方からのアプローチで持ち上げることができる。

26.A.b 頭蓋穿孔術の手術手技

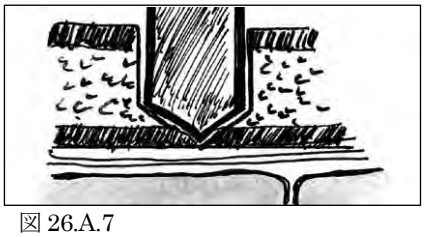
患者の術前準備や麻酔は第 26 章 9 で述べている。バーホールを開ける穿頭術の基本手技は、閉鎖性頭部外傷や接線方向の外傷、あるいは小さな破片による損傷に行う場合と同様である。

T. Gassmann / ICRC

写真 26.A.6
基本的な穿頭用ドリルの先

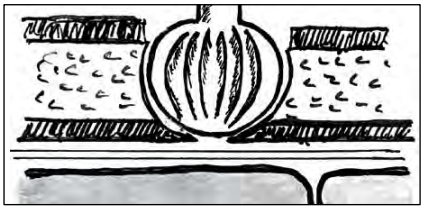
1. 頭皮から頭蓋骨膜まで、希釈したアドレナリンを浸潤させる。
2. 頭皮に 4〜5cm 程度の切開を入れ、骨に至る。開創器(ウエルトライナー)を用いて軟部組織を広げ、術野を展開する。これにより止血も得られる。病変によってはこれらの代わりに、馬蹄状の皮弁を作る場合もある。
3. 穿頭器の先端、あるいは冠状鋸の先端を当て、手動でドリリングしながら外板をゆっくりと貫通していく。そのうちに抵抗を感じるが、それは板間層に到達したことを示す。内板に到達するとさらに抵抗を感じる。力を入れすぎて内板を突き破らないように注意する。穴は漏斗状の形で、内板の底に薄い層を残すのみである。
4. その後、小さな球状または筒状のバーに取り替える。穴が円形になったら大きな球状のバーを使用する。ドリルの軸は常に安定するように注意する。

内板が破れるまで、ドリルを回転するスピードを落としながら行う。硬膜



N. Papas / ICRC

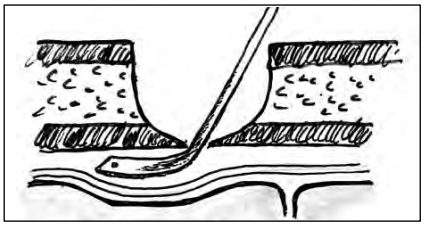
図 26.A.7



N. Papas / ICRC

図 26.A.8

に小さな穴を開けるが、内板の縁は残す。
開口部が同じ直径になるまで続けると、内板の縁がそれ自体を脳の実質の中に押し込むリスクがある。もしドリルとバーの軸が一定方向に保たれず、骨の欠損部位を不規則に拡大してしまうようなすりこぎ運動が生じた場合、この危険が高くなる。


N. Papas / ICRC
図 26.A.9

5. 硬膜剥離子を入れて硬膜を骨から剥がし、リュエルの先端を注意深く入れて開口部を大きくしていく。

一般外科医はその地方で手に入る食用動物、山羊や羊や豚等の頭蓋骨を使って、穿孔術を練習することができる。この場合、その地方の文化的背景を考慮に入れた上で、施設の責任者と、倫理委員会がある場合はそこにも許可を取る必要がある。

26.A.c さらなる手術マネージメント

穿頭孔や穴ができたら、頭蓋内の障害部位の処置に移る。すなわち硬膜外や硬膜下血腫、あるいは大脳皮質下血腫や裂けた硬膜や脳皮質等である。

凝血塊摘出

- 硬膜外血腫の場合であれば、内板を貫いたらすぐそこに血腫が現れる。すぐにカテーテルを入れて凝血塊を吸引する。開口部は必要に応じて広げる。血腫は非常に局所に限定され、バーホールが 1～2cm ずれただけで全く見つからないこともある。こういった場合は通常骨折のちょうど真下にあることが多い。
- もし硬膜が膨隆していて、色調が深紫色であれば、開口部を大きくする前にまず硬膜を X 形に切開し、硬膜下の血腫を吸引する。血腫はびまん性であり、正しい側に穴を開ければ必ず見つかる。
- もし硬膜が膨隆していて、色調が通常のピンク色から白色であれば 、切開して開き、硬膜剥離子を用いて愛護的に脳の表面を観察する。腫脹の原因が脳浮腫であることと、近傍に硬膜下血腫がないことを確認しなくてはならない。
- 膨隆し挫傷した紫色の脳は、大脳皮質下あるいは脳内血腫を示唆する。硬膜を切開すると、挫傷した大脳皮質の間から皮質下の凝血塊が自然に出てくることが多いが、そうでない場合は細い針で吸引を試みる。
- 裂けた硬膜や脳組織は愛護的にデブリドマンを行い、表層にある棘や骨等を除去する。

バーホールからでは血腫を十分に除去することはできないので、リュエルで拡大しなければならない。最もありがちで最も大きな間違いは、小さすぎる切開でデブリドマンを行おうとすることである。大きな切開が必要である場合は、皮膚切開を馬蹄形に伸ばし、その後、骨フラップを形成する。硬膜剥離子を 1 つ目のバーホールから別のバーホールに注意深く通して道筋をつけ、そこに糸鋸を通して頭蓋骨を切断する。同様にいくつかのバーホールを同じような方法で繋げ、骨フラップとして外し、処置の最後に再び戻す。脳浮腫がひどい場合は、骨フラップを生理食塩水に浸けて輸血用冷蔵庫に保存しておき、後日戻すこともある。最近では、一時的に腹部の皮下脂肪の中に埋め込んで保存するという方法も報告されている。

止血

ほとんどの硬膜外血腫は中硬膜動脈の枝からの出血であるが、その動脈を露出して止血しなくてはならない。硬膜下血腫は脳皮質と矢状洞を橋渡しする静脈からの出血が典型的で、前頭部に最も多い。これらの静脈を止血しなくてはならない。さらなる止血は他の開放性外傷と同様である。

硬膜の縫合

硬膜は手技の最後に閉じなければならない。硬膜の下にドレーンを入れてはならないが、硬膜外血腫の場合は血腫除去後にドレーンを挿入し、24 時間後に抜去する場合もある。

第 27 章
顎顔面損傷

27. 顎顔面損傷

27.1 はじめに 297

27.2 創傷弾道学 297

27.3 疫学 299

27.4 診察と救急処置 300
27.4.1 顎顔面領域の系統的な診察 300
27.4.2 適切な気道確保 301

27.5 手術の決定 302
27.5.1 患者の術前準備 303

27.6 止血とデブリドマン 304
27.6.1 出血のコントロール 304
27.6.2 デブリドマンと粘膜縫合 305

27.7 下顎骨骨折 307
27.7.1 垂直包帯固定法 307
27.7.2 上下顎骨固定術 307
27.7.3 創外固定 310
27.7.4 骨欠損と下顎骨の癒合不全 312

27.8 顔面正中領域の骨折 314
27.8.1 上顎洞の損傷 314
27.8.2 眼窩領域の骨折 316

27.9 皮膚縫合 317
27.9.1 特殊な部位 318

27.10 術後管理 318

27.11 合併症 319
27.11.1 軟部組織 319
27.11.2 下顎骨の骨髄炎 320
27.11.3 開口制限 320

基本原則
顎顔面の創傷は、実際よりも重症にみえることが常である。
気道確保が最も重要である。顎顔面損傷症例では、早期に気管内挿管や気管切開が必要となるケースが多い。
顎顔面損傷のメカニズム：穿通性外傷と鈍的外傷がある。後者の場合は、頸椎に対する適切な処置が必要である。
気道が確保できたら、次の治療を考える。デブリドマンは二期的に行ってもよい。
合併症を伴わない創は、十分なデブリドマンを行った後に一期的に閉鎖してもよい。
骨や歯牙の固定を行うよりも先に、軟部組織に対する適切な処置を行う。
修復に際しては、機能面に配慮する。最終的に、患者は呼吸ができ、見たり話したりすることができ、咀嚼や嚥下を行うことができなければならない。

27.1 はじめに

顔面は解剖学的に非常に固有性に富んだ領域であり、他者に対して自己表現できる特性を備えている。そのため、顔面の欠損や変形は、生きる上での基本的な問題となる。しかしながら、美容的側面よりももっと重要なことは、呼吸、視力、咀嚼、嚥下、会話などの基本的機能を維持することである。

顎顔面領域は、多様な骨及び軟部組織で構成されている。骨組織は、その密度、厚さが様々であり、副鼻腔などの含気腔や口腔内には、特殊な細菌叢が定着している。軟部組織は血流豊富であるため、感染に対して強い抵抗性があるが、含気腔の汚染や唾液は、常に感染要因となる。

顔面外傷は非常に複雑であり、遅発性気道閉塞を起こす危険性がある。また、深部領域に大量の出血を来した場合は、生命にかかわることもある。このような状況はまさに緊急事態であり、麻酔科医と外科医の双方にとって難題となる。

本章では、戦傷としての発射物外傷に焦点を当てるが、武力紛争では鈍的外傷を来す場合もある。

R. Gosselin / ICRC

R. Gosselin / ICRC

R. Gosselin / ICRC

写真 27.1.1-27.1.3
顎顔面創傷は複雑で、生命を左右することが多い。しかし、その障害の程度は、初診時の印象よりも軽度であることが多い。

27.2 創傷弾道学

顔面の軟部組織は繊細で非常に小さく、四肢の筋肉や腹腔内臓器のような大きな塊ではない。顔面の障害の多くは直接的な圧挫や裂傷によるもので、その範囲は限局されているが、個々の構造物が小さいために、相対的に広い範囲に傷

害を呈する。顎顔面外傷症例では、こうした繊細な構造物が破壊され偏位するために、初診時に「破裂様」の重篤な印象を受ける。また、顎顔面領域には骨格構造による仕切りがないために、浮腫や血腫が著しく蓄積することがある。こうしたことから、顎顔面損傷は実際よりもはるかに重篤に見えることが常である。大きく鋭利な破片は、修復が可能ではあるが、重篤な切創を形成することを知っておかなければならない。*gueules cassées*(破壊された顔面)とは、第一次世界大戦中に生まれた言葉であり、凄惨なまでに切り刻まれた顔面を表している。

上顎洞を構成する骨は、紙のように薄い。この部分を弾丸が貫通した際の影響を図27.2.1に示す。一方、厚くて強い頬骨に対する弾丸の影響を図 27.2.2 に示す。

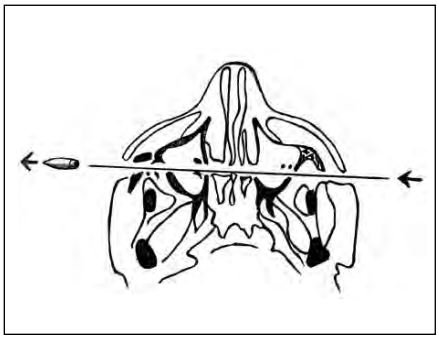


図 27.2.1
上顎洞の菲薄な骨を貫通した FMJ 弾の弾道。弾丸はほとんど安定性を失わない。

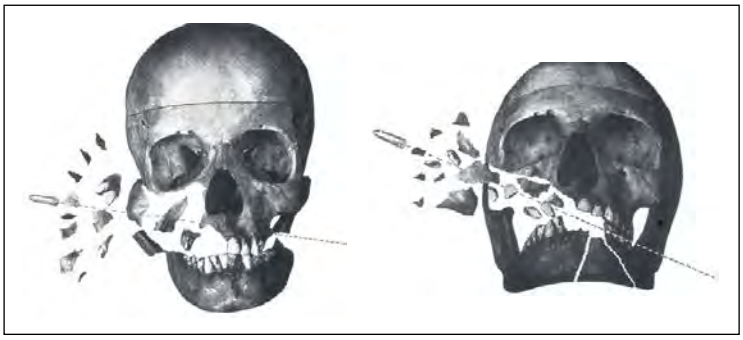
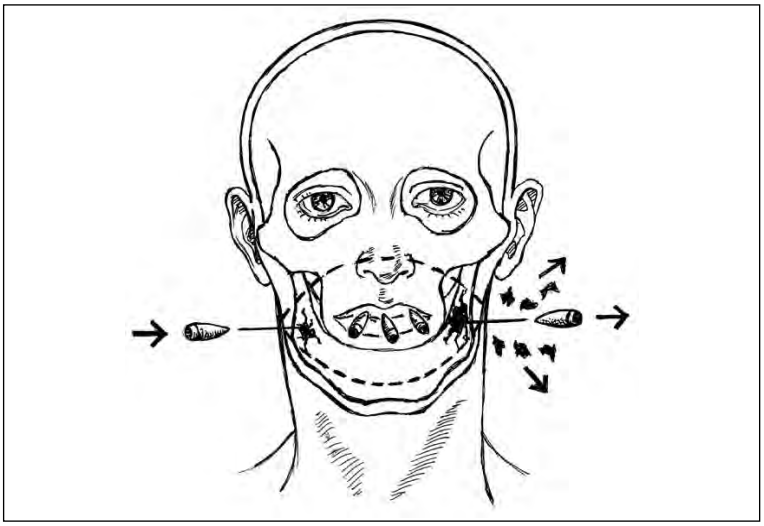


図 27.2.2
頬骨弓を通過した弾丸。複数の骨片が創外に飛散する。

弾丸による顔面損傷では、射創管の距離が短いため、安定飛行して着弾した高エネルギー完全被甲弾(FMJ)であっても、形成される空洞効果は小さい。破片や安定性を失った弾丸の場合、射入創の直下に空洞を形成する。低エネルギーの弾丸は、骨に着弾して安定性を失った後、舌の筋組織内に容易に迷入する。

図 27.3
低エネルギー弾丸による下顎損傷の機序。弾丸は下顎骨右上行枝に着弾した後、安定性を失い、舌塊を経て、下顎骨左枝を大きく粉砕しながら射出する。



弾丸による下顎骨骨折では、通常、複数の粉砕骨片ができる。個々の骨片は、様々な大きさの運動エネルギーを持つが、それらの総エネルギー量は、弾丸が通過に要した全運動エネルギー量よりも、必ず小さい。

よって、各骨片の持つ運動エネルギーは比較的小さく、二次的な弾丸としての殺傷力を備えたものではない。下部下顎骨損傷では、約 20%に頸部損傷を伴う。通常、弾道は下顎骨から連続性に頸部まで達する。

爆発によって粉砕され、飛散した骨片、歯牙、歯の充填物や義歯などは、頸部の皮膚を貫通できるだけの運動エネルギーを持つ。爆傷では、含気腔、特に上顎洞や前頭洞に開放性骨折を来す。

27.3 疫学

頭部、顔面、頸部に分類した疫学研究はまれで、近年、これを修正する試みがなされている(表 C.1、C.2)。様々な軍関係者の研究によると、臨床的に重要な点として、外傷の多くは入院を必要としない比較的表在性のものであることが報告されている。また、頭頸部領域の外傷では、顔面外傷が 65%と大半を占めており、顔面外傷による入院症例では、高率に創感染を認めると報告されている。

イラク―イラン戦争における戦傷の研究で、純粋に顎顔面損傷症例を扱ったものが 1 つある。これは、1 か月の激しい戦闘期間中に、イラク南部のバスラの病院に収容された顎顔面領域の単独損傷症例 300 例を対象にした報告である。報告によると、外傷の 80%は破片によるもので、20%は弾丸によるものであった[1]。また、軟部組織損傷は全症例の約 3 分の 1 にしか認めなかった。単純な処置も含めて多くの症例で治療が行われたが、その内容はデブリドマン及び一次縫合が 36%、上下顎骨固定術を要したものが 27%、洞のパッキングを要したものが 14%であった。

一方、イラン側では、テヘランの主要な病院で顎顔面損傷症例 1,135 例に対して治療を行った。そのうち、52%が銃弾創であり、双方で戦略上の違いがあることを示していた[2]。 多くの症例で、搬送遅延に伴う、感染、衰弱、失血や低栄養などの影響が見られた。こうした症例の 72%に対して、軟部組織のデブリドマンと一次閉創がなされた。上下顎骨固定術(MMF)は併用したケースとしなかったケースがあった。

イラクでは一般市民の受傷の統計も報告されているが、病変の様相はかなり異なる。報告は、1 年間にバグダッドの主要な専門病院で治療を受けた顎顔面損傷症例 100 例を対象にしたものである。受傷要因は、従来型の戦闘、市民による暴動、テロ、強盗、暴行事例など、様々な形の暴力行為によるものであった(付録 6.C 参照)。統計によると、まず受傷要因として、ライフルによる銃創 49 例、破片外傷 29 例、拳銃による銃創 15 例、空気銃による外傷 6 例、ショットガンによる銃創1例であった。男女別では、男性 79 例、女性 21 例であった。また、13 例は軟部組織損傷のみであり、87 例が骨折を合併していた(表 27.1)。

受傷部位	症例数	緊急気道管理を要した症例数
下顎部のみ	56	20(36%)
顔面の中央 3 分の1／上顎部のみ	22	2(9%)
上顎部及び下顎部	9	5(55.5%)
総計	87	27(31%)

表 27.1 緊急気道管理を要した症例数と受傷部位との関係;バグダッドメディカルシティ外科専門病院、顎顔面外科ユニット, 2003 年 12 月-2004 年 12 月[3]。

研究対象となった症例は、大学病院の専門チームで治療を行ったものであるが、臨床的に一般外科医も知っておくべき重要な点がいくつかあった。

- 27%の症例で緊急気道管理を要した。これは、特に下顎骨骨折を伴う症例に多く見られた。軟部組織損傷のみの症例では、緊急気道管理を要することはなかった。
- 19%の症例に活動性出血を認め、止血コントロールのために外科的処置を要した。
- 半数以上の症例は、単純なデブリドマンと一次縫合で治療が可能であった。46%に広範な軟部組織外傷を認めたが、そのうち 80%は一次縫合が可能であった(その他の症例に対しては、創部にヨードホルムを浸した細切りガーゼを充填し、後の再建手術に備えて開放創のままとした)。
- 下顎骨骨折の 75%、上顎骨骨折の 25%に対して、整復後に上下顎固定術が行われた。
- 多くの症例に関連外傷の合併を認めた。

ただし、後送先の市中病院で行われたこうした研究は、かなり症例に偏りがあるため、決して全体像を表したものではないことを念頭におかなければならない。多くの症例は、他の施設で一般外科医によって治療されており、専門施設に後送されているものは、特に上顎損傷を伴うものなど、複雑な症例のみである。

27.4 診察と救急処置

最初の診察と救急処置は、標準的 ABCDE アルゴリズムに沿って行う。受傷機転によっては、頸椎固定が必要となるが、発射物による穿通創では、これは鈍的外傷ほど重要ではない（第 7 章 7.2、第 36 章 5 参照）。

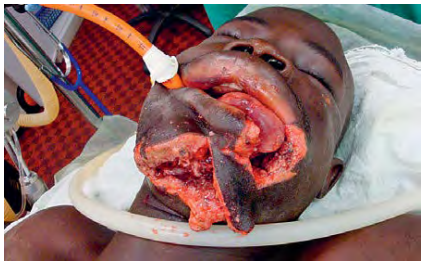
こうした症例では、当然ながら気道確保が優先される。顎顔面損傷症例は、頭蓋内病変や頸部損傷、あるいはその両方を伴っていることも多く、それらは気道に障害を及ぼす。呼吸障害によって、異物や吐物を吸引してしまうこともある。

顎顔面損傷単独で出血性ショックを起こすことは、浅側頭動脈の裂傷がある場合を除いて稀であるが、軟部組織からの出血（前方出血）、あるいは深部の上顎骨骨折部からの大出血（後方出血）は、他の損傷からの出血を増強する。末梢性の上顎部や顔面からの出血は、ほとんどの場合、直接圧迫で止血が得られる。患者が嘔吐する危険がある場合は、頭部を挙上しておく。

27.4.1 顎顔面領域の系統的な診察

顎顔面領域の詳細な診察の重要で特徴的な点は下記の通りである。

- 損傷はしばしば「壮絶」であるが、組織の傷害は通常、最初の視診での様相ほど重症ではない。
- 口腔・咽頭を直に診察して、ぐらついていたり、折れた歯や骨片がないか、持続性出血がないか観察する。これは、意識のある患者でも行う必要がある。
- 遅発性の浮腫による気道閉塞の可能性に注意しなくてはならない。
- のちの骨折固定が可能かどうかを決定するため、歯咬合について、評価する。
- 眼球・眼窩の合併損傷を検索しなくてはいけない。これらは、より長期の障害の原因となるからで、特に眼球筋の損傷がある場合は、2 次的虹彩傷害を予防するための早急な処置が必要となる。（第 29 章 13 参照）
- 感覚や運動障害は、顔面神経損傷の可能性がある。
- 胸部や頸部のレントゲン検査を行い、はずれたり折れた歯や義歯、骨片などを吸い込んでいないかを確認する。樹脂製の義歯やアクリル製の義歯は、時にレントゲンでは同定できないという落とし穴があることも一般外科医は知っておかねばならない。
- 上顎部と顔面領域のレントゲン写真の読影は、専門家でなければ困難である。


A. Contreras / ICRC

A. Contreras / ICRC

写真 27.4.1- 2
顎顔面外傷は、「壮絶な」様相を呈することが多い。

気道閉塞は、受傷後すぐに起こることもあれば、浮腫形成によって遅れて起こることもある。

1. Sadda RS. Maxillo-facial war injuries during the Iraq – Iran war: an analysis of 300 cases. Int J Oral Maxillofac Surg 2003; **32**: 209-214.
2. Taher AAY. Management of weapon injuries to the craniofacial skeleton. J Craniofac Surg 1998; **9**: 371-382.
3. Kummoona R, Muna A. Evaluation of immediate phase of management of missile injuries affecting maxillo-facial region in Iraq. J Craniofac Surg 2006; **17**: 217-223

27.4.2 適切な気道確保

顔面損傷症例における主な死亡原因は、気道閉塞による窒息である。骨偏位を伴っていたり、頸椎が著しく不安定な症例では、気道入孔部が閉塞する可能性がある。また、浮腫や血腫、吐物や血液の吸引、異物(骨片、折れた歯や義歯)によっても閉塞は起こり得る。下顎領域の弾丸外傷は、口腔底や舌根部を巻き込むことが多く、気道が骨格による支持を失い、口腔内に出血や浮腫を来す。

1. 意識のある患者の多くは仰臥位になりたがらない。彼らは自然に頭部を前に突きだし座位をとりたがるが、これはそのようにさせておけばよい。この姿勢は、顔面の骨格と支持組織を前傾させるため、気道の開通を助け、血液や唾液を出しやすくする。
2. 意識がある患者を仰臥位や側臥位にしておくと、たくさんの血液を嚥下し、その結果出血の持続に気付くことが遅れる。また、後に嘔吐を引き起こす原因となる。
3. 意識のない患者は、血液や唾液を誤嚥しないように、頭部を下向きにした側臥位をとらせると安全である。こうした患者に挿管すると、鼻腔内や口腔内から血液があふれてくることがある。
4. 義歯、折れた歯、血液、唾液は口腔内や咽頭から注意深く取り除く。口腔内吸引は嘔気を引き起こし、出血や嘔吐を助長することがあるため注意を要する。

注:

嘔気は胃内容物の誤嚥につながる危険性がある。嘔吐は、血液の嚥下だけではなく、脳損傷やアルコール中毒の患者にも見られる。

救急室スタッフは、突然の予想しない嘔吐に対応できるように、明確なプロトコルを作成して、これを把握しておかなければならない。シンプルで有効な手段としては、吸引器で気道内を洗浄している間、患者を側臥位にしてから、30cm ほど頭低位にしておくとよい。

5. 特に下顎骨骨折を伴う場合は、舌の位置を確認するべきである。舌の位置を安定させ、後方に落ち込んで気道閉塞を起こすのを防ぐための簡単な方法がある。太い縫合糸か、タオルクリップ、あるいはキルシュナー鋼線を用いて、舌を口腔外組織や胸部の皮膚に固定しておくとよい。
6. 可能であれば、できるだけ早期に気管挿管を行うべきである。顎顔面損傷症例の全例に挿管を行うことは難しく、重症症例や大量出血を認める場合には挿管できないこともある。経鼻挿管は、創傷が下顎領域に限局している場合には有効であるが、顔面中央部の骨折症例や、頭蓋底骨折症例に対しては禁忌である。
7. 広範な骨欠損を伴う下顎骨骨折症例では、ほとんど全例に気管切開が必要となる。注射針による輪状甲状軟骨穿刺術は、外科的輪状甲状軟骨切開術の準備をする間の緊急手段として施行される(第 8 章 3.4 参照)。これはあくまでも一時的な手段であり、できるだけ早く気管切開を行う。

ICRC

写真 27.5
重篤な下顎損傷では、常に気管切開が必要となる。

緊急時の臨床所見の要点

・気道確保。
・挫滅した軟部組織からの出血のコントロール。
・骨片や折れた歯牙、義歯などを探して取り除くこと。
・遅発性の浮腫形成の観察と評価。

27.5 手術の決定

顎顔面領域の発射物外傷は、単純で限局性の裂傷であることが多く、容易に洗浄でき、一期的閉創が可能である。これは待機的一次閉創（DPC）の原則の例外のひとつである。他の多くのケースでは、単純な上下顎骨固定術を要する。こうした症例では、最初の創処置を行う際に、軟部組織と骨損傷部の両方をデブリドマンしておくことが勧められる。

しかし、顎顔面損傷のみの症例と、他に致命的な損傷を合併する同様の外傷症例とでは、管理方法に大きな違いがある。また、多くの患者をトリアージしなければならないような状況では、気道確保や出血コントロールによって手術を待つことができるカテゴリーⅡに該当する症例の管理方法にも違いがある（第 9 章参照）。顎顔面損傷症例の大半は、根治治療の開始までに時間がかかっても耐えることができる。

こうした症例に対しては、ダメージコントロールアプローチを行う。必要であれば、気管切開や直接的圧迫止血、簡単な吊り包帯による一時固定を行う。あまり重篤ではない場合は、定型的な軟部組織のデブリドマンを行い、粘膜を縫合する。腹部のダメージコントロールのために、通常 24～48 時間後に行う根治手術が大幅に遅れることがある。しかし、この間に浮腫や血腫の悪化が改善するのを待ち、再建手術の計画を立てて備えておけばよい。

このような待機的な治療法は、爆傷症例に対しては最善の方法でもある。なぜならば、血管損傷によって、損傷組織に遅延性の虚血性変化が起こることが多いためである。こうしたケースでは、壊死領域が徐々に拡大するため、繰り返しデブリドマンが必要となる（第 10 章 8.2 参照）。

段階的な治療は、爆傷症例のダメージコントロール手段として有効であり、搬送遅延症例に見られる感染創のコントロールにも有効である。

R. Gosselin / ICRC

R. Gosselin / ICRC

R. Gosselin / ICRC

R. Gosselin / ICRC

R. Gosselin / ICRC

写真 27.6.1-27.6.5
爆傷よる顔面損傷症例。段階的な手術によって治療された。

段階的治療は、搬送遅延によって来院時にすでに感染を伴っているような症例に対して特に有用である。創傷のデブリドマンと一次縫合を行う時期は、受傷後 24～48 時間以内がおそらく最も適している。この時期を過ぎると、創傷部は唾液による持続的な汚染に曝される。そのため、すべての創にポビドンヨードに浸したガーゼを充填し、毎日生理食塩水で洗浄する。待機的一次閉創（DPC）は浮腫が改善してから行う。

E. Dykes / ICRC

E. Dykes / ICRC

E. Dykes / ICRC

E. Dykes / ICRC

E. Dykes / ICRC

写真 27.7.1-27.7.5
銃弾創の受傷から数日後に搬送された患者。段階的な手術によって、かなり満足できる結果が得られた。

著しい組織欠損を伴い、非常に複雑な様相を呈している創傷に対しては、極めて高度な軟部組織の再建を要する。こうしたケースでは、段階的に修復術を行うことが望ましい。創傷部と口腔内を毎日生理食塩水で洗浄することが最も大切である。

27.5.1 患者の術前準備

顎顔面損傷の手術では、確実な気道確保が必要である。上下顎固定術を施行する場合には、経鼻挿管や気管切開が不可欠である。すべての症例に対して、咽頭内に血液や唾液を吸収するためのガーゼを充填しておく。重症症例では、術後管理に備えて気管切開を行う。

胃管を挿入して、嚥下した胃内の血液を吸引しておく。また、眼瞼結膜に軟膏を塗布しておく。患者の頭部は手術用ドレープで覆い、術中に外科医が動かしたり、麻酔科医が確実に気道処置を行ったりできるように備えておく。

顎顔面領域の外科手術における基本原則

1. 気道閉塞を起こす可能性が少しでもある場合は、必ず気管切開を行う。
2. 止血は二番目に優先される。
3. 軟部組織と骨のデブリドマンを行う。
4. 繰り返し創洗浄を行う。
5. 軟部組織の修復と粘膜縫合は、骨整復よりも先に行う。
6. 歯牙咬合を確認して、顎固定術を行う。
7. 皮膚外傷は縫合閉鎖する
8. 必要であれば、根治的再建外科術は熟練した形成外科医に依頼する。

27.6 止血とデブリドマン

気道確保ができたら、次に行うべきは止血である。しかし、こうした症例では、組織が無秩序に破壊されていることが多く、また口腔内や顔面深部という狭いスペースで操作を行わなければならないため、処置が難しい。

27.6.1 出血のコントロール

末梢性出血であれば、顔面動脈、側頭動脈、あるいは舌動脈からのものが考えられる。中枢性出血であれば、顎動脈からのものが考えられる。止血処置には積極的な手段を講じなければならない。

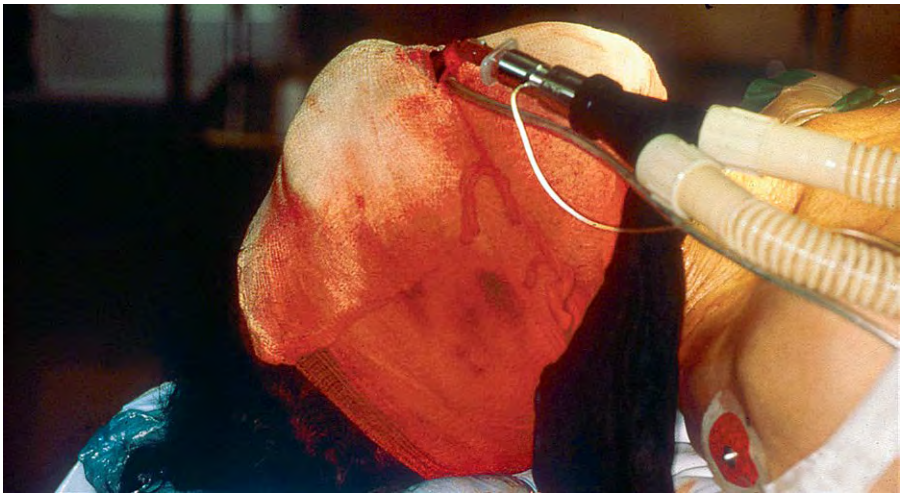
M. Richter

写真 27.8
前鼻腔内へのパッキング

1. 末梢性出血は、直接圧迫と頭部挙上によってコントロールする。
2. 圧迫だけではどうしても止血できない場合は、損傷血管の結紮を試みる。周囲の重要な血管や神経を巻き込まないように、出血している血管だけを慎重に露出して結紮する。
3. 創周囲にガーゼを充填して、20Fr のフォーリーカテーテルを留置する。皮膚をしっかりと縫合した後に、カテーテルのバルーンに生理食塩水を注入して膨らませ、タンポナーデ効果による止血を試みる。タンポナーデは48時間以内に解除する。
4. 顔面の中央 3 分の1領域(上顎、鼻腔内、篩骨)の損傷による中枢性出血は重篤化する場合がある。創内の血管を確認できない場合は、口腔内、鼻腔内、及び咽頭内へガーゼを充填して止血を試みる。ガーゼパッキングは、このような著しい出血をコントロールする唯一の手段である。

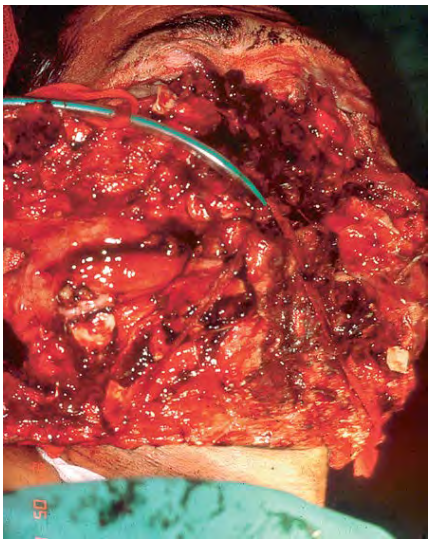
口腔内と咽頭内にパッキングを行う際には、最初に乾いたガーゼを用いる。鼻腔内と上顎洞内へのガーゼ挿入は、前方から行う。後でガーゼを除去しやすくするために、先にワセリンガーゼかパラフィンガーゼを敷いておき、その上からポビドンヨードに浸した 5cm の細切りガーゼを充填する。顔面には弾性包帯をしっかり巻いておく。これは、外側から圧迫することで、浮腫を予防し、血腫の増大を防ぐためである(写真 27.12 参照)。

パッキングガーゼは 48～72 時間以内にすべて除去するか交換する。



M. Richter

写真 27.9.1
ER に到着した患者。現地で圧迫包帯による応急処置を受けていた。



M. Richter

写真 27.9.2
包帯を除去すると顔面の破裂創が現れた。

M. Richter

写真 27.9.3
軟部組織を前方と後方から寄せて縫合し、最終的に出血をコントロールした。

5. 片側あるいは両側の外頸動脈の結紮は最終手段である。出血部の前後から有効なパッキングができていれば、通常は必要のない手技である。両側の外頸動脈を結紮した場合、鼻尖部や口腔底組織が虚血性壊死に陥る危険性がある。顔面の中央領域は、両側の外頸動脈及び内頸動脈から血流が供給されていることを知っておかなければならない。したがって、外頸動脈を結紮するだけでは出血を止めるには不十分であり、可能な限りの範囲のパッキングを並行して実施しなければならない。

27.6.2 デブリドマンと粘膜縫合

皮膚表面に付着した微細粒子は、後に「入れ墨」として残るため、固めのブラシで十分に擦り落としておく。創縁のデブリドマンは極力控えめに留める。軟部組織の切れ端を認めても、明らかに壊死していなければ温存する。顔面の血流は豊富であり、ほとんどすべての組織を灌流している。したがって、傷害を受けたことによって、組織の茎がわずかに残っているだけであったとしても、できるだけ切除せず温存に努める。

顔面領域の血流豊富な軟部組織や骨組織のデブリドマンは控えめに行う。

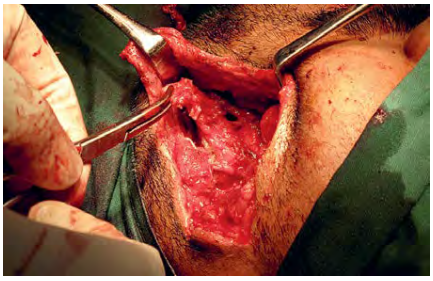
異物や遊離した歯はすべて除去するが、骨膜や歯肉組織とつながっている場合はそのまま残しておく。遊離骨片は、余分な骨皮質を除去して、残った海綿骨をきれいに洗浄しておけば、移植骨片として使用できる。骨膜は可能な限り温存に努める。

創傷部やすべての骨折部には、デブリドマンの間、繰り返し十分な洗浄を続けておく。

口腔内下部の粘膜は、骨折の整復固定術を行う前に、唾液などが漏れないようにしっかりと縫合閉鎖しておく。可能であれば、閉創は二層に分けて連続縫合で行う。この時、組織に緊張がかからないように気をつける。留意すべきは、唾液による骨折部、口腔底、頸部の組織の汚染を防ぐことと、唾液瘻を形成しないようにすることである。従って、どんなに外観の変形を伴うとしても、創閉鎖は行わなければならない。いったん骨折部が固定されて皮膚が閉鎖してしまうと、軟部組織は適当なスペースに落ち込んでくれる。下顎骨が露出している部分には、ヨードホルムに浸したワセリンガーゼを充填して保護する [4]。下顎骨の骨髄炎は、最も頻度が高く、治療に難渋する合併症である。

H. Nasreddine / ICRC

写真 27.10.1
脱落した歯や遊離骨片はすべて取り除く。

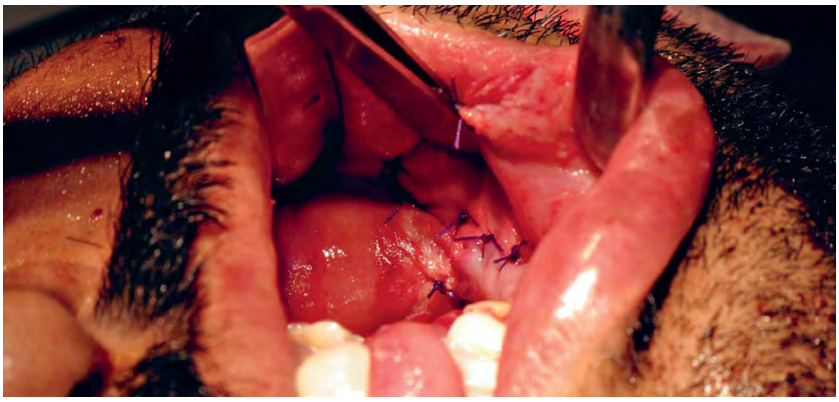


ICRC

写真 27.10.2
組織に付着している骨片は温存する。

口腔内下部領域の粘膜は必ず縫合閉鎖しなければならない。縫合は骨折部の整復固定術を施行する前に行う。

写真 27.11
口腔粘膜の閉鎖：この症例では、緊張がかかるのを避けるために、連続縫合してから結節縫合を加えて補強している。



ICRC

硬口蓋を覆う粘膜はしっかりと直接閉鎖する必要はなく、それは不可能であることが多い。硬口蓋を形成する骨の小孔は再生粘膜によって閉鎖され、露出部分も再生上皮で自然に覆われる。一方、軟口蓋はできるだけ修復しなければならない。さらなる再建手術を要する場合は、後日に形成外科医に依頼する方がよい。

4. ヨードホルムワセリンガーゼがない場合は、ガーゼをポビドンイソジンに浸してワセリンを塗布することで代用できる。ワセリンは肉芽形成を促し、またガーゼ表面を滑らかに保つことで、ガーゼを除去する際に出血させずにすむ。テトラサイクリン軟膏を用いてもよい。

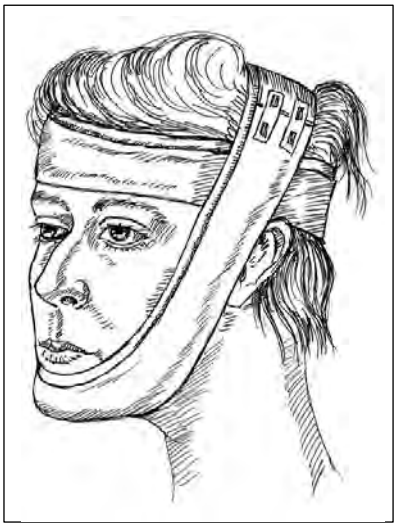
27.7 下顎骨骨折

顎顔面骨折の管理は、いろいろな意味で顔面整形外科領域の管理とも考えられる [5]。重篤な感染創で、軟部組織損傷を合併する場合には、特に注意を払う必要がある。こうした症例に対しては、整形外科的な外傷を扱う時と同様の一般原則が適用される。唾液による汚染のリスクがあるため、歯の存在する範囲に下顎骨骨折を生じた場合は、開放性骨折でなくとも開放性骨折と同様の処置を行う必要がある。

下顎骨骨折の固定法はたくさんあるが、患者の全身状態が悪い場合や、重篤な出血や浮腫を伴う場合には、一時的な固定のみを行い、最終的な固定を行うまで 1 週間までならば待つことができる。治療の最終的な目標は、骨折部が良好に回復し、歯が機能的に咬合できるようになることである。

27.7.1 垂直包帯固定法

最も容易かつ速やかな固定方法は、弾性包帯を顎の下から頭頂部に吊り上げるようにまわして固定する方法である。これは、偏位を伴う骨折がない場合の一時的な固定法として、非常に有用であり、他に固定ができないような下顎骨骨折に対しても用いることができる（写真 27.22.1～27.22.5 参照）。



N. Papas / ICRC

27.7.2 上下顎骨固定術

上下顎骨固定術は、顎間固定術とも呼ばれ、下顎骨骨折固定の標準的手技である。骨癒合は 6 週間以内に得られる。思春期や若年成人であれば、4 週間以内に得られる。顎間固定術の基本は、歯を用いて骨片を本来の位置に間接的に固定することである。

粘膜を閉鎖した後、上下の歯を正常の咬合に戻してから骨折部を整復する。上下の歯弓の固定には、スプリントを用いる。上下顎固定術について、2 つの手技を記載する。アーチ型バーが有用であるが、いつも準備できるわけではない。他には、鋼線を用いてもよい。

M. Richter / ICRC

図/写真 27.12.1- 2
外から圧迫するのために、包帯を用いて垂直固定を行う。

鋼線を用いた上下顎固定術

これは、顎間固定術の中で、最も簡単な方法である。これは、高度な手術が行えない場合に用いる固定法で、適応条件は単純性骨折であることと、適切な咬合を残すために上下の歯が十分に残存していることである。軟らかい防腐性の鋼線を伸ばした状態で準備しておき、これで上下の顎を固定する。

鋼線は、上顎と下顎の骨片を安定して固定できる強度を持ち、かつ軟らかいものを用いる。ただし、狭い歯間を通過できる細さのもので、不快さや歯肉刺激性のないものでなければならない。形成外科医の中には、径 0.40mm の鋼線を用いる人もいれば、もう少し細い鋼線を好む人もいる。ICRC が用いている顎間固定術セットには、径 0.40mm と径 0.25mm の鋼線が入っている。

鋼線を固定するためには、歯科用の機材以外に、特殊な鋼線カッターや様々な角度のペンチがある。これらがない場合は、コッヘルや止血鉗子、または一般工具を十分に消毒して用いる。

専門外の医師が治療にあたる場合は、皮膚を縫合閉鎖する前に骨折部の整復固定を行う方が容易である。口腔内で軟部組織の縫合や皮膚縫合を行った後で、ペンチや鋼線を使用するのはとても難しい。歯科医の協力が得られれば手術

が行いやすい。

鋼線を用いた上下顎固定術には様々な方法があるが、ここでは 3 つの方法を紹介する。骨欠損の程度や残存している歯の数によって、どの方法を選択するか決めればよい。

Ivy 結紮

上顎と下顎のそれぞれに対して、舌側から口唇側に向けて歯間にステンレス鋼線を通す。次にハト目を作り、これを隣接する歯に固定していく。さらに、ハト目に鋼線や輪ゴムを通して固定用スプリントとする。骨折や粉砕の程度、残存する歯の数によって、上顎と下顎のそれぞれに 2 個あるいはいくつかのハト目を作る。この方法は、歯牙欠損を伴う場合に有用である。

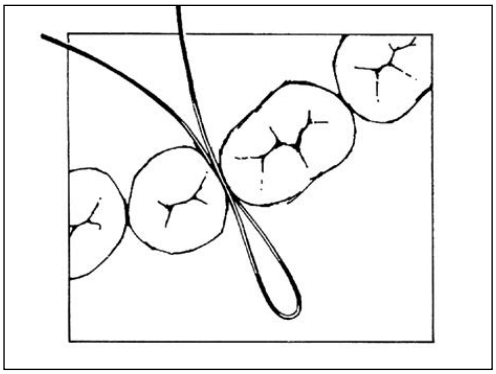


図 27.13.1
舌側から口唇側に向けて歯間に鋼線を通し、径 0.25mm か径 0.40mm のループを作る。

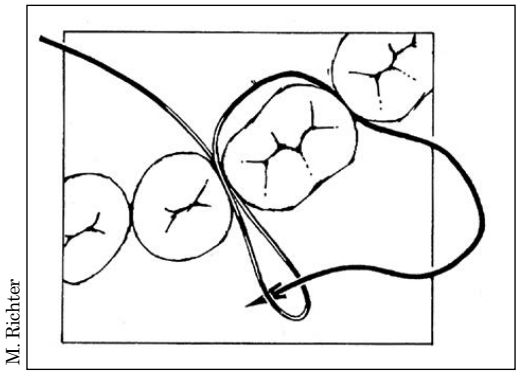


図 27.13.2
鋼線の一端を一本の歯の頸部を巻くように通して、前側からループを通す。

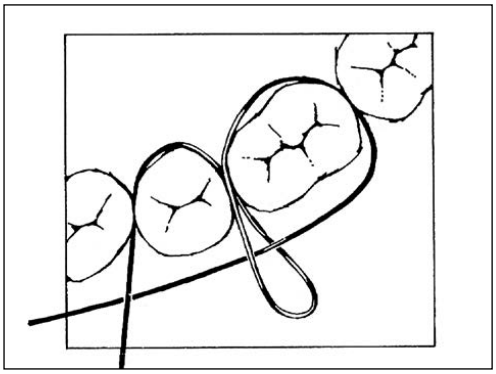


図 27.13.3
もう一方の端を他方の歯の周囲に通して前方に出す。

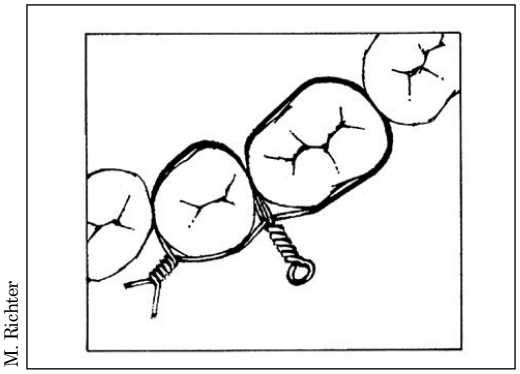


図 27.13.4
それぞれの端をねじり、隣接する歯に固定する。ハト目は、プライヤーや止血鉗子の先端を使い、ループを捻って作る。すべてのハト目を同じ時計回り方向に捻る。

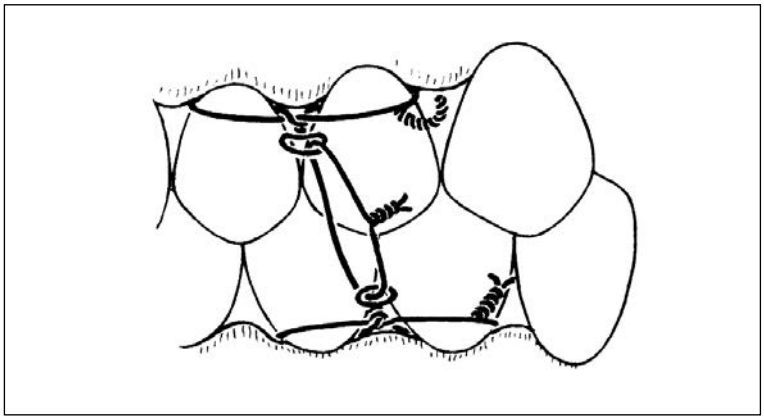


図 27.13.5
より細い鋼線（径 0.25mm）、または輪ゴムを用いて上下のハト目を連結し、顎間を固定する。

複数の歯間ハト目

十分な数の歯が残存している場合は、複数の Ivy 結紮を行うことによって、より安定した固定ができる。アーチ型バーを利用できない場合や、片側の下顎に大きな欠損がある場合に、この方法は非常に有用である。

エルンスト結紮(ernst ligature)

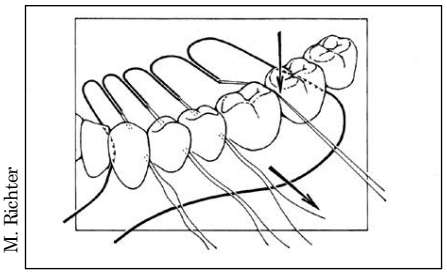


図 27.14.1
より太く頑丈な鋼線を歯間に通すために、まず細径の鋼線(径 0.25mm)を歯間に通す。

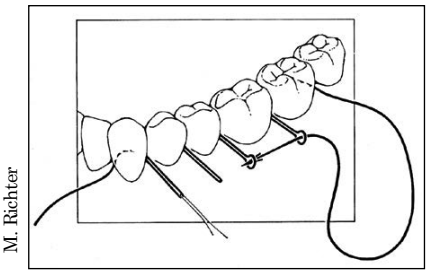


図 27.14.2
細径の歯間鋼線を除去する。固定用鋼線の一端を、Ivy 結紮の要領で歯間ループに通す。

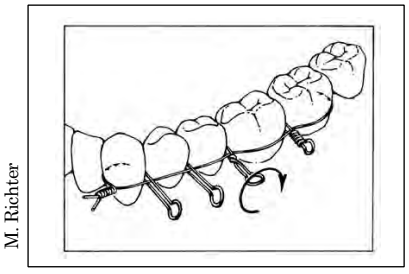


図 27.14.3
複数のハト目を作る。この時、ループをすべて同じ時計方向に捻って作る。次にIvy結紮の要領で、より細径の鋼線(径 0.25mm)や輪ゴムで上下のハト目を結んで、顎間を固定する。

この結紮は、速やかに行うことができる。また、額構造の偏位を予防し、疼痛を軽減するため、最終的な固定が完了するまでの一時的な固定法として有用である。

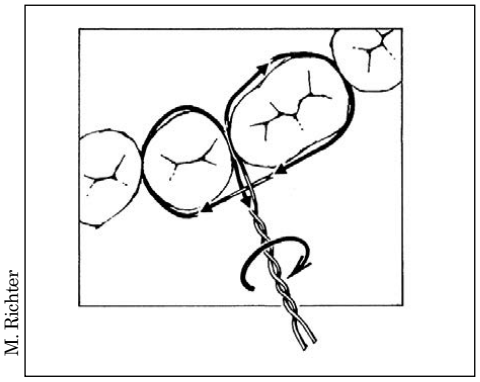


図 27.15.1
エルンスト結紮:歯間のループはない。二つの隣接する歯を口唇側から囲むようにして大きなループを作る。次に、鋼線の両端を舌側から口唇側に向かって歯間から引き出す。この際に、1 本は横切っている鋼線の上側、もう 1 本は下側を通してより合わせる。

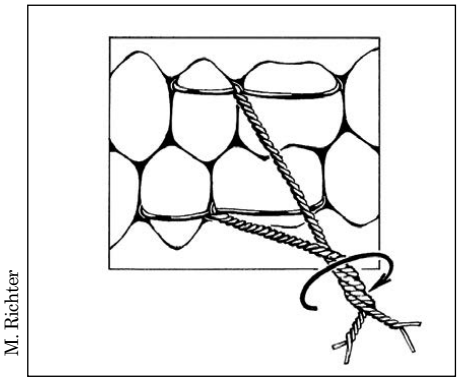


図 27.15.2
別の鋼線を使用せずにすむように、下顎と上顎の鋼線は十分長くしておき、これらをより合わせる。

上下顎固定用の歯科用副木(アーチ型バー)

さらに高度な顎間固定法として、市販されている歯科用副木がある。これは、変形可能な金属でできており、様々な長さのものがある。Erich 法、Dautrey 法、Schuchardt 法などの手技がある。歯が何本か残存しているのであれば、この方法が有用である。一本の歯科用副木を上顎に、もう一本を下顎に沿って置き、残存する歯にステンレス鋼線を用いて強固に固定する。さらに、鋼線か輪ゴムで上下のバーを連結する。この方法は、特に歯牙欠損症例に対して有用である。歯科医の協力が得られればなおよい。

---

5. Perry M, Dancey A, Mireskandari K, Oakley P, Davies S, Cameron M. Emergency care in facial trauma – a maxillofacial and ophthalmic perspective. Injury 2005; **36**: 875 – 896.

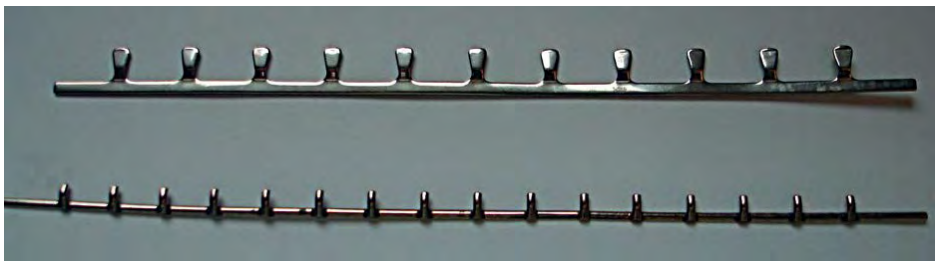

M. Richter

図 27.16
フックがついていて変形可能な、既製の歯科用副木。Dautrey 法で用いる。

歯科用副木は、上下の歯の外側表面に沿うように容易に形状を調整できる。歯肉側に突き出たフックには十分に注意する。フックは歯間ループの役割を果たす。上下のバーは歯列弓を十分に覆うことができる長さが必要であり、歯肉縁を刺激しないように装着する。

まず、歯列に沿ってバーを敷き、歯の裏側からステンレス鋼線（径 0.40mm）を通して、バーとそれぞれの歯の頸部とを結紮して固定する。鋼線の一方の端はバーの上側から、もう一方を下側から出し、この両端をより合わせると、バーは歯茎のまわりに強固に固定される。鋼線の断端は捻じって切断するが、口唇を傷つけないように、すべて同じ時計方向に捻じっておくとよい。上下のバーのフックに、何本かの鋼線か輪ゴムをかけて連結すると、上顎と下顎の固定用スプリントして機能する。

歯科用副木と複数の歯のハト目を組み合わせてもよい。

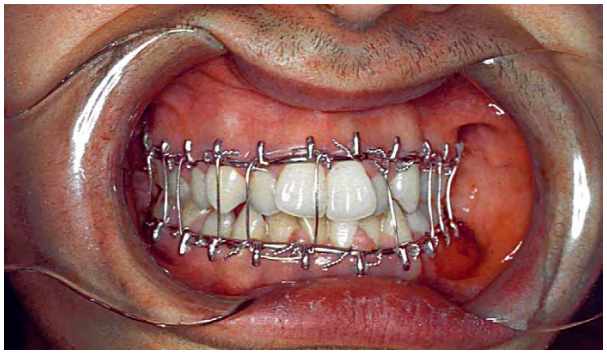

M. Richter

写真 12.17
上下顎固定アーチ型バー。

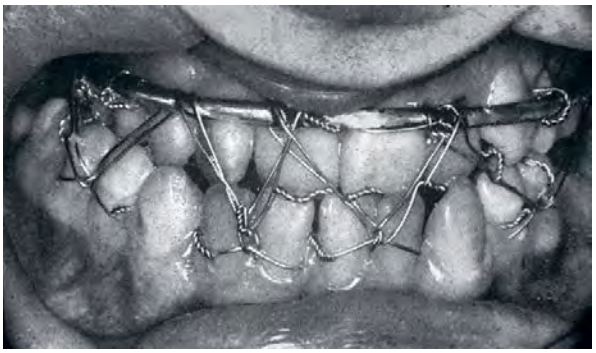

M. Richter

写真 12.18
上のアーチ型バーと下の歯のハト目による顎固定。

特に浮腫や昏睡状態の症例など、気道閉塞の危険を伴うケースでは、気管切開が必須である。

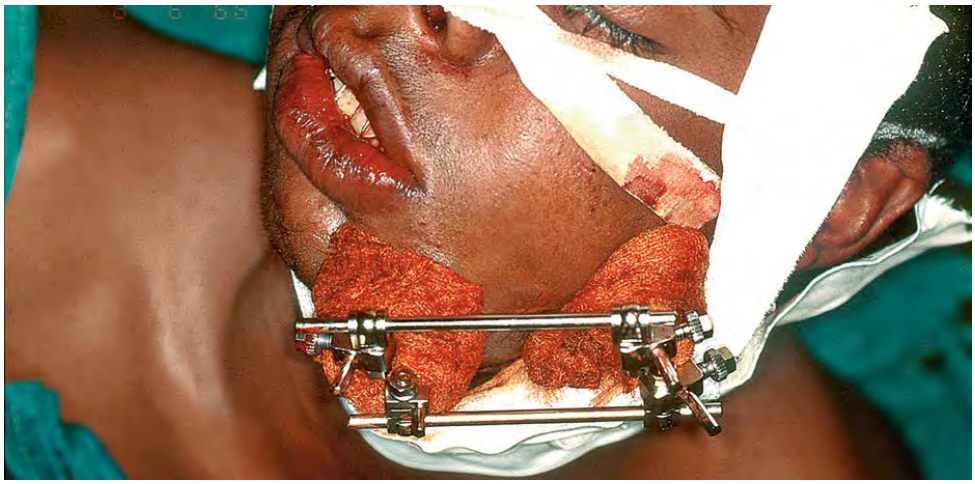
顎間固定後の症例で、嘔吐などによって直ちに開口しなければならない場合には、上顎と下顎を連結している鋼線や輪ゴムを切断する。これらは、カッターやハサミで簡単に切断できるため、道具を常にベッドサイドに置いておく必要がある。患者も担当の看護スタッフも、こうした対処法を知っておく必要がある。

また、頭部外傷のために患者の意識が混乱している場合は、気管切開を行うか、数日間はハト目やバーを歯に固定した後、上顎と下顎を連結せずそのままにしておく。

顎間固定術後は、患者のベッドサイドに鋼線用カッターやハサミを常備して、患者に固定を解除する方法を指導しておく。

27.7.3 創外固定

広範な軟部組織の傷害と骨欠損がある場合の下顎の固定法として、ミニ創外固定器は非常に有用である。これは、下顎の可動性や機能を維持できる唯一の固定法である。



M. Richter / ICRC

写真 27.19
ミニ創外固定器。骨折した下顎を安定化させる。

粘膜縫合を行った後、骨折部を整復し、上顎と下顎が正しく咬合するように、鋼線を用いたエルンスト結紮などで一時的に固定する。筋肉と皮膚を縫合閉鎖して、ピンを挿入する。創外固定術は、顔面の軟部組織が縫合閉鎖できる場合の唯一の固定方法であり、これによって軟部組織が誤った位置に固定されずにすむ。また、ピンを挿入する際には、回転しないように三次元的に挿入する。創外固定によって、骨片の固定が得られれば、顎間固定を外す。

創外固定を装着する前に、一時的顎間固定が必要である。

M. Richter / ICRC

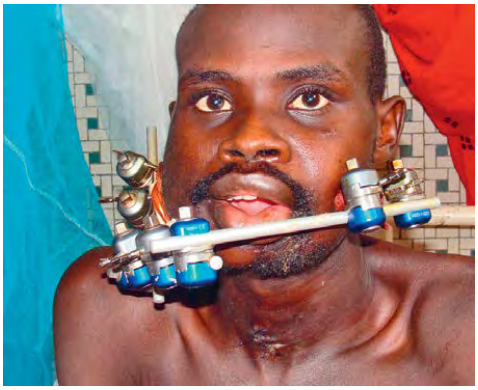
写真 27.20.1
先行する一時的顎間固定をせずに、ミニ創外固定で治療された患者のレントゲン：良好な骨化がみられる

M. Richter / ICRC

写真 27.20.2
一時的顎間固定をしなかった結果、上下顎の咬合の大きな障害が残り、創外固定器をはずした後、患者は摂食できない。

代替手技

小型の創外固定器がない場合は、標準的な創外固定器と短いステインマンピンやシャンツスクリューで代用することもできる。



A. Contreras / ICRC

A. Contreras / ICRC

写真 27.21.1- 2
標準的外固定器を使った顎顔面固定。

27.7.4 骨欠損と下顎骨の癒合不全

骨欠損の修復は後日に検討すればよい。ただし、下顎骨欠損の再建術は困難で、専門的技術を要するケースが多い。骨膜が温存されていれば、骨欠損によって下顎骨の癒合不全が生じることは少ない。骨癒合が得られるようであれば、写真 27.22.1～27.22.5 や 27.23.1～27.23.2.A に示したような保存的治療でよく、 整形外科手術を要する重篤な四肢外傷症例のように骨移植を急ぐ必要はない。十分な時間の経過と栄養管理によって、欠損範囲は縮小する。

写真 27.22.1
術前の状態：下顎と口腔底に広範な軟部組織損傷を認めた。

R. Coupland / ICRC

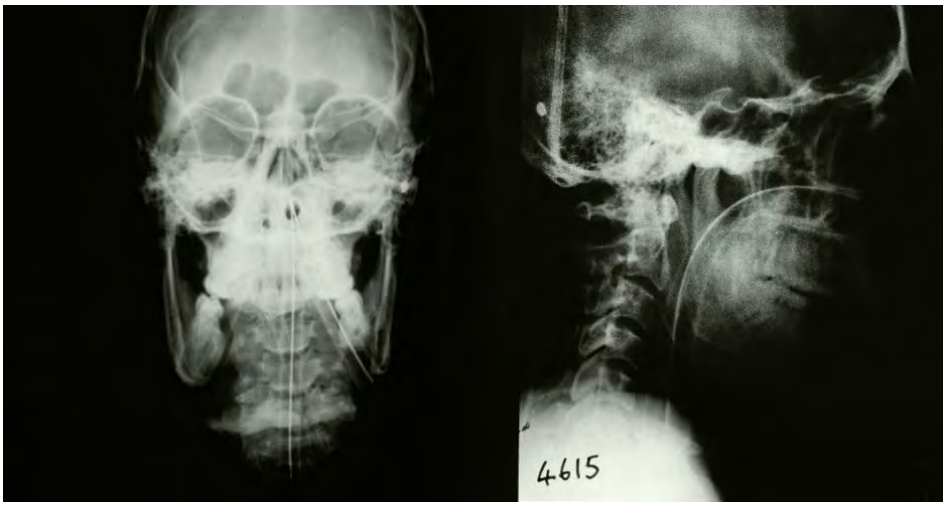
写真 27.22.2
術前レントゲン写真：下顎骨が著しく破壊されている。

R. Coupland / ICRC

写真 27.22.3
術後の状態：粘膜と皮膚を縫合閉鎖した。包帯を用いて簡単な吊り上げ固定を行った。

R. Coupland / ICRC

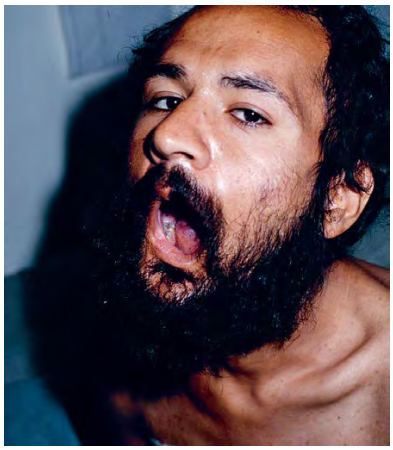
写真 27.22.4
術後レントゲン写真：下顎骨の水平枝とオトガイ結合が完全に欠損している。



R. Coupland / ICRC

写真 27.22.5
術後 3 週間目。半固形食を食べている。

R. Coupland / ICRC



R. Coupland / ICRC

写真 27.23.1
同じ患者が 24 か月後に別の戦傷で再受診してきた。

R. Coupland / ICRC

写真 27.23.2
フォローアップのレントゲン写真：残存骨膜から骨形成が進み、骨欠損部は完全に修復されている。

骨移植が必要な場合は、腸骨稜から移植片を採取する。骨皮質と海綿骨組織の結合塊として、移植片に適した形状、容積、固さの骨片が得られる。移植片と下顎骨の骨片が擦り合わないように、上顎骨と下顎骨を 6 週間は固定しておかなければならない。肋骨を用いた骨移植術や、筋皮弁や遊離骨筋皮弁などを用いた再建術など、さらに高度な手技を要する場合は、形成外科医に協力を依頼するべきである。

27.8 顔面正中領域の骨折

顔面正中領域の骨折は非常に多彩であるが、発射物による外傷は外観ほど、あるいは鈍的外傷ほど複雑ではない。他の顎顔面外傷と同様に、気道確保と出血のコントロールが救急治療の基本である。出血コントロールのために、様々なタンポナーデ手技が考案されてきた。閉鎖腔である上顎洞の損傷では、直接ガーゼを充填する方法が単純ながら最も有効である。ガーゼは 48 時間以内に除去するか交換する。鈍的外傷とは異なり、発射物による上顎骨骨折症例で、デブリドマンの後に整復や固定が必要になるケースは少ない。

写真 27.24
発射物外傷は、鈍的外傷ほど複雑ではないが、それでも扱いが難しい。

E. Dykes / ICRC

27.8.1 上顎洞の損傷

完全に貫通した銃創症例では、軟部組織や骨組織に与えるダメージは比較的少ない。射入創と射出創に控えめにデブリドマンを行い、骨に小さいドレナージ孔を設けてから閉鎖する。ただし、上顎洞には血液が貯留しやすいため、適切に

ドレナージを行わなければ感染を起こす。上顎洞のドレナージ法は、慢性副鼻腔炎におけるドレナージ法である Caldwell-Luc 法 [6] で行う。すなわち、口腔内からアプローチして、上頬唇溝にドレナージ孔を設ける方法をとる。

図 27.25.1- 2
Caldwell-Luc 法：頬唇溝の口腔粘膜に、犬歯根部の直上が中央になるように 2.5cm の切開を加える。

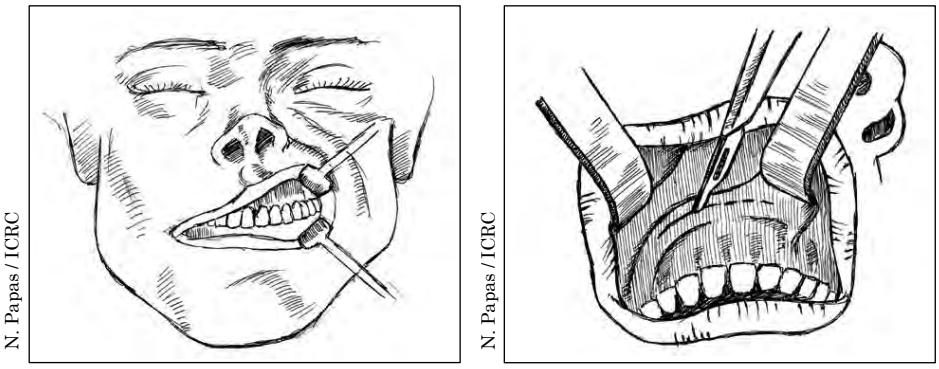


図 27.25.3-4
粘膜と骨膜を挙上する。円ノミを用いて上顎洞前庭部に達し、開口部をリュエルで拡大する。

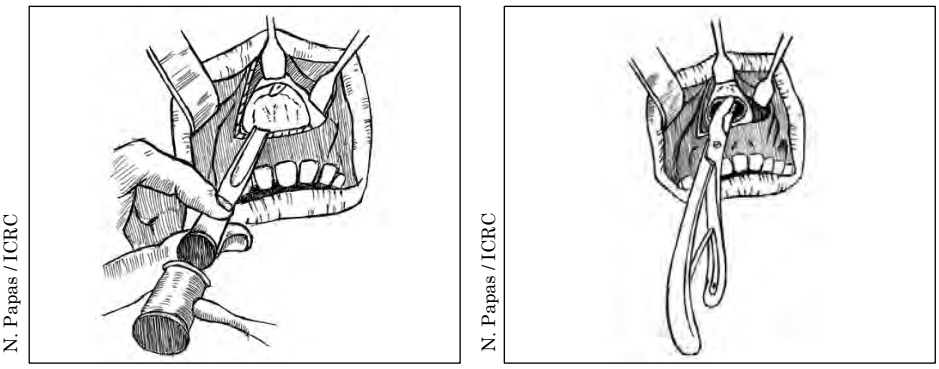
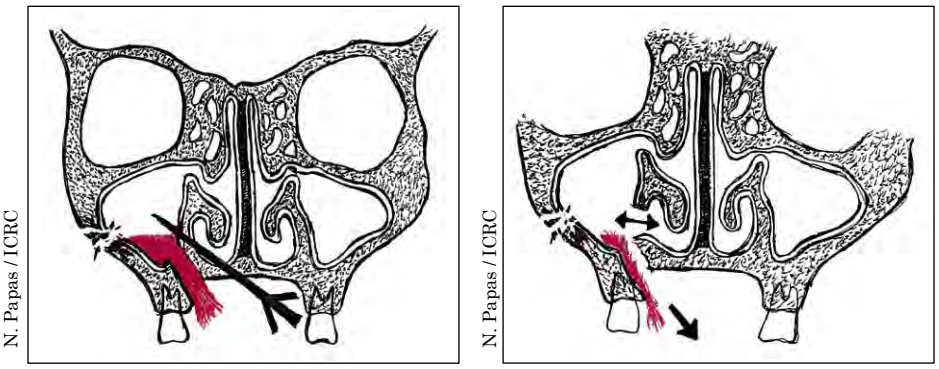


図 27.25.5-6
鼻腔内から上顎洞を切開する。上顎洞を洗浄した洗浄液が Caldwell-Luc 法で設けた開創部から口腔内へドレナージされる。



6. 注: 副鼻腔炎に対する Caldwell－Luc 法は、篩骨砲火を含む全ての洞の剥離を含む。

R. Coupland / ICRC

R. Coupland / ICRC

R. Coupland / ICRC

写真 27.26.1－27.26.3
落ちてきた弾丸が右上眼窩突起から入り込み、上顎前庭で留まっている。Caldwell-Luc 法で弾丸を除去した。

その他に大きな開放創を認める場合や、上顎洞が粉砕している場合は、デブリドマンを行い、出血をコントロールした後にガーゼパッキングを行う。ヨードホルムに浸したワセリンガーゼを充填して、24～48 時間ごとに交換する。上顎洞内は、粘膜からの分泌液によって常に汚染されているため、生理食塩水で洗浄を続ける。軟部組織の閉鎖は、創がきれいになってから行う。再建の範囲は組織欠損の程度によって決まる。骨欠損部分を埋めるために、人工骨などが必要になることが多いが、これには専門的な技術を要する。

K. Barrand / ICRC

K. Barrand / ICRC

K. Barrand / ICRC

写真 27.27.1－27.27.3
上顎洞が粉砕した銃創症例。資源の限られた環境で簡単な再建術を施行した後、より専門的な治療を受けさせるために、後送した。

27.8.2 眼窩領域の骨折

眼窩は様々な骨で構成されており、部分的に傷害されることもあれば、全体が傷害されることもある。創部のデブリドマンは、通常の創傷と同様の方法で行う。中には眼球摘出術が必要になるほど重篤なケースも見られる（第 29 章 11.2 参照）。また、創傷が頭蓋骨や脳に及ぶ可能性があることも知っておかなければならない。重傷例では、創傷が眼窩上縁や前額洞に及ぶことも多い。創傷が頭蓋骨に達している場合は、最優先で治療を行わなければならない（第 26 章 13.2 参照）。

解剖学的理由から、この領域の外傷は縫合閉鎖が難しい。眼窩の開放創にはヨードホルムを浸したワセリンガーゼを充填しておく。最初は毎日ガーゼ交換を行い、しばらく経過すれば 1 日おきに交換する。再建手術については、後日に検討する。再建手術が不可能な場合は、自然に肉芽組織や上皮組織が形成されるのを待つか、局所の回転皮弁を作成したり、植皮を行う。

M. Baldan / ICRC

M. Baldan / ICRC

M. Baldan / ICRC

写真 27.28.1－27.28.3
眼窩と前額洞の銃創症例。組織欠損部に、ヨードホルムを浸したワセリンガーゼを充填している。

眼窩底骨折症例では、眼窩内容物が上顎洞内へ脱出することがある。そうしたケースでは、観血的整復を要する。眼球の支持と視力維持のために骨移植術が必要となるが、専門的な技術が必要である。形成外科医がいない場合は、口腔内から Caldwell-Luc 法で上顎洞に入り、半閉鎖的整復術を施行することができる。フォーリーカテーテルを挿入し、バルーンを膨らませて骨折を整復すると、眼窩底を直視することができる。この時、患者の頭越しに、あるいは後方から、左右の眼球の突出の程度を確認する。その他の代替法としては、上顎洞にヨードホルムワセリンガーゼを充填して、骨折した骨を支える足場を作る方法がある。いずれの場合も、骨折を整復し過ぎないように注意しなければならない。

眼球の圧迫は失明の原因となることがあるため、術後は視力検査を繰り返し行う必要がある。ガーゼを充填して足場を作る場合も、2～3 週間以内には除去する。ガーゼを充填する際には、事前にワセリンを塗布して十分に潤滑にしておき、ガーゼの除去は麻酔下に行うのが望ましい。感染徴候がないかどうかを観察し、感染の可能性があればガーゼを除去して上顎洞内を洗浄する。

27.9 皮膚縫合

顔面の縫合では美容面に対する配慮も大切である。皮膚を縫合閉鎖する前に、歯の咬合を合わせてから骨折部の整復固定を行う。この操作によって、軟部組織はより正確な位置に戻る。

合併症のない顎顔面損傷においては、皮膚を一期的に縫合閉鎖してもよい。これは待機的一次閉創（DPC）の原則の例外である。

一期的に皮膚を縫合閉鎖する際には、周囲の組織に緊張がかからないように気をつけなければならない。たとえ広範な損傷に見えても、単純に組織を寄せて縫合することが可能な場合がある。また、層ごとに縫合できる場合もある。閉創を容易にするためには、創縁部の皮下を剥離しておくとよい。細い茎のみで周囲組織とつながっているような皮膚片は、血行がなければ切除し、脂肪組織を除去した後、遊離全層植皮片として再利用する。

高度の汚染を伴う創や、すでに感染している創に対しては、待機的一次閉創（DPC）とする。粘膜は可能であれば縫合するが、他の軟部組織は開放しておく。下顎骨が露出した部分には、ヨードホルムを浸したワセリンガーゼを充填して被覆しておく。銃創の場合、顎顔面領域とその他の部位とでは創傷の扱いが異なる。顎顔面損傷では、粘膜損傷部が皮膚側と交通している場合、唾液による持続的な汚染を来すため、毎日包交しなければならない。創傷部がきれいになり、肉芽が形成されて待機的一次閉創あるいは二次的閉創ができるようになるまで、生理食塩水で毎日洗浄する。粘膜を縫合閉鎖したら、通常の手順通り、待機的閉創が行われるまで包交はしない。

皮膚欠損が大きい場合は、待機的閉創や二次的閉創の際に、局所において有用な修復手技がいくつかある。例えば、

Z形成術やV-Y形成術、色調や質感の面で最適な回転皮弁形成術、あるいは植皮術などが行われる。通常は、このような手術を段階的に行うのがよい。症例によっては、より高度な再建手術が必要となる場合もある。

27.9.1 特殊な部位

口唇と皮膚との境界線は正確に位置を合わせなければならない。粘膜、筋肉、そして皮膚は層別に縫合する。頬部の貫通創も、層別に縫合閉創する。

舌裂傷は非常に出血が多く、舌動脈の結紮が必要となる場合がある。裂傷が深い場合は合成吸収糸で修復する。部分的な舌フラップは口腔底の粘膜欠損部を被覆する際に利用できる。

耳下腺管は、結紮すると高率に耳下腺炎を引き起こすため、開放したままにしておく。細いステントを留置して修復が試みられることもあるが、これは難しい手技である。ペンローズドレーンを粘膜に縫合固定して、唾液を口腔内に再流入させる方法もある。こうした手術の際には、唾液瘻を防ぐために、頬部の皮膚と筋肉を層々に縫合しておくことも重要である。顎下腺を損傷している場合は切除してもよい。

顔面神経の修復術は 6 週間の経過観察後に、待機的に行うべきである。修復術には、神経刺激用の器機や手術用顕微鏡などの特殊器材の準備を含めて、専門的な技術が必要である。

27.10 術後管理

術後は、治療プロトコルに沿って抗生剤投与や抗破傷風トキソイド投与を行う。また、必要に応じて鎮痛剤も投与する。

気道については、継続的に注意を払わなければならない。重篤な外傷、特に大きな軟部組織損傷や、広範な浮腫、組織欠損を伴う下顎骨骨折症例では、固定法にかかわらず、上気道が十分に確保できるように、ある程度の期間は気管切開が必要となる。

歯の咬合は定期的に確認しなければならない。創外固定の場合は、理学療法やチューインガムを用いた運動を行う。

1 日数回の、歯ブラシ、生理食塩水、抗菌口腔洗浄液(0.2%クロルヘキシジンや炭酸水素ナトリウム/重曹)を用いた口腔内の衛生管理は、上下顎間固定術や創外固定術など、固定方法にかかわらず、感染予防に最も重要で、患者にとっても快適な処置である。

口腔内の衛生管理は顎顔面損傷治療の基本である。

M. Richter / ICRC

写真 27.29
口腔内の衛生管理:注射器を使って口腔内をすすいでいる。

唾液汚染のために、開放創のままで待機的一次閉創に備えているような場合でも、生理食塩水による創洗浄は毎日行わなければならない。また、創外固定を行っている場合は、適切なピンのケアを続ける必要がある。

栄養管理も行う必要がある。様々な方法があるが、管理法は患者の意識状態や、外傷後に見られる浮腫や血腫の程度によって異なる。それぞれの患者に最も適した方法を選択すればよい。

患者が昏睡状態である場合は、頭蓋底骨折がなければ、経鼻胃管から流動食を注入する。意識状態が不安定で、経過の長期化が予想される場合は、胃瘻や腸瘻を造設する。胃瘻や腸瘻の造設手技については26章26.14に記載している。栄養剤については、付録15.Aに熱傷患者用のものを記載しているため、参照するとよい。

患者に意識がある場合でも、著しい浮腫を伴うようなケースでは、流動食が経口摂取できるようになるまでは経鼻胃管を用いる。顎間固定術を施行された患者は、多くの場合 1 本もしくはそれ以上の歯を失っており、口腔内にストローを差し込む隙間があるため、栄養スープや、すりつぶした果物や、野菜を摂取させることができる。すべての歯が揃っている患者でも、ブイヨンやスープなどを一日に数回摂取することは可能である。

顔面創や頸部創の抜糸は、5日目に行う。骨折の固定は2週間後には外し、鋼線か輪ゴムを用いた固定に換える。完全な固定材の除去は6週間後に行う。

27.11 合併症

合併症には、早期合併症と晩期合併症がある。合併症は軟部組織にも骨組織にも発生する。

27.11.1 軟部組織

早期合併症の中で最も重要でよく見られるものは、唾液瘻である。唾液瘻は様々な感染や、二次的出血を引き起こす。唾液瘻を認めた場合は、口腔内粘膜を再縫合しなければならない。この時皮膚側の創は縫合せずに開放したままにしておく。また、口腔底や頸部の軟部組織を繰り返し洗浄し、異物を取り除き、腐骨形成した骨片が残存していないかどうかを十分に観察しなければならない。皮膚側の開放創には、ヨードホルムガーゼを充填して、これを毎日交換する。創がきれいになれば、待機的一次閉創を行うが、通常は1～2回の包交を行ってからの手術となる。

軟部組織の晩期合併症には、手術創の治癒不全や拘縮による変形がある。再建手術は形成外科医の協力を要する。

遅発性の瘻孔形成は、創の深部感染の結果として起こることが多い。深部感染の原因としては、腐骨や歯根部の感染、壊死組織や異物がある。整形外科領域で行われる瘻孔切除術は、膿瘍を切開して瘻孔を根部まで周囲組織から剥離し、切除する。術前の瘻孔造影が有用である（第22章9.5参照）。

F. Hekert / ICRC

F. Hekert / ICRC

写真 27.30.1- 2
遅発性の唾液瘻感染。壊死した歯牙が原因と考えられる。

27.11.2 下顎骨の骨髄炎

下顎骨の骨髄炎はしばしば起こり、治療が最も難しい合併症である。唾液瘻に伴って起こることが多い。治療の原則は、その他の外傷後骨髄炎と同様であり、腐骨の除去、広範な開放性ドレナージ、さらなる感染の予防、適切な抗生剤投与、そして患者の全身状態と栄養状態を維持することである。

まず、創を開放して壊死骨片を除去した後、口腔内粘膜の縫合閉鎖を試みるが、局所の浮腫のために処置に難渋することが多い。創部を十分に洗浄し、開放しておくことが基本である。唾液瘻と同様に、口腔内粘膜を縫合閉鎖するまでは生理食塩水で洗浄し、毎日あるいは 1 日 2 回の包交を続ける。創がきれいになり、肉芽形成を認めたら、待機的一次閉創あるいは二次的閉創を行う。

27.11.3 開口制限

開口障害も、よく見られる合併症である。切開や再建手術を要するような軟部組織の拘縮を伴う症例や、特殊な修復術を要する下顎骨損傷を伴う例では、重篤な開口障害を引き起こす場合がある。このような症例に対する最善の方策は、一方で専門治療ができる施設に後送が可能かどうか、もう一方で、外科医に経験と技量があるかどうかにかかっている。

開口障害は、単純なものからより複雑なものまで、3 つの病状に分類される。

トリスムス(trismus)

トリスムスとは可逆的な開口障害のことを表し、側頭筋及び翼状咬筋の弛緩不全によって起こる。原因としては、直接の外傷や慢性炎症、あるいは感染症の合併や長期間の上下顎間固定などがある[7]。木製の舌圧子やチューインガムを用いて、集中的に開口訓練を行うことによって、多くは正常に開口できるようになる。

強直と鉤状突起の過形成

強直と鉤状突起の過形成は、進行性の線維性変化によって生じる。この変化によって、最終的には側頭筋の腱が骨性変化を起こす。鉤状突起の過形成や、線維性強直を来した患者は、上下の前歯の間を 10～15mm しか開くことができない。ただし、下顎骨を側方に動かすことはできる。鉤状突起切除術は治療の選択肢ではあるが、強い開口制限があるため、簡単ではない。

顎関節の硬直

顎関節の硬直は、下顎骨の関節突起頭と側頭骨の関節窩の癒合によって起こる。この骨梁形成は、関節突起の骨折に対して固定期間が長すぎた場合にみられる。顎関節の硬直を来した患者は、10～15mm も開口することができない。下顎骨の関節頭切除術は、さらに強い関節硬直を来すケースが多く、効果は期待できない。顎関節の硬直を来さない、顆頭骨折の最もよい治療法は、早期から自主的に下顎を突き出す運動をすることである。

---

7. トリスムスとは、顎をギュッと締めるようなしぐさを表わす言葉である。顎領域の感染後に見られるトリスムスと、破傷風患者に見られるトリスムスとを混同しないように気をつける。

第 28 章
耳の創傷

28. 耳の創傷

28.1. 疫学と受傷機転 323

28.2. 外耳 323

28.3. 中耳 324

28.3.1. 鼓膜破裂の治療 324

28.4. 内耳 325

基本原則
爆発によって最もよく見られる耳外傷は、機能上の一過性感覚性聴力消失と鼓膜破裂であり、このために患者との意思疎通が困難となる。
外耳道の創傷部や破裂した鼓膜は、注意深く掃除し、抗菌薬の全身投与を行う。患側の耳は、清潔なガーゼで覆う。
原則として洗浄と点耳薬は不要である。液体は汚染物の混入と感染とを促し、脳脊髄液の漏洩を観察する際の妨げとなる。
外耳の創傷では注意深く控えめにデブリドマンを行い、皮膚と軟骨組織の除去は最小限にする。皮膚は閉創するか、少なくとも軟骨だけは被覆するように寄せておく。

28.1 疫学と受傷機転

耳は外耳、中耳、内耳の 3 つの部分からなり、いずれも様々な兵器による外傷に曝される。耳には 4 つの機能がある。すなわち、聴覚、平行感覚、美容的外見及び顔面神経を介しての表情の発現である。弾丸外傷や爆傷はその 4 つの機能のすべてに影響を及ぼし得る。

耳の各部位は、飛来物によって直接損傷を受けることもあるが、これは比較的稀である。外耳の開放性損傷は、頭頸部外傷のおよそ 10%にみられる。それに比べて、一次爆傷による鼓膜破裂は、はるかに一般的で、爆発に曝された人に最も頻度が高い損傷である。

鼓膜破裂は、爆発に巻き込まれた人々に最も一般的に見られる損傷である。

受傷時の状況、爆心地からの距離、受傷時の頭部の位置などのすべてが、創傷の頻度に大きく関係する。爆発で耳創傷が起こる確率は、開放空間で最大 30 %であるのに対し、閉鎖空間においては 50%に達する。爆心地に近ければ近いほど、爆発が生み出す圧がより大きくなる。耳創傷は、外耳道の角度が衝撃波に対して垂直である時に最も起こりやすい。

高い圧力で、非常に大音量のもとでは、感覚受容器の神経麻痺や、耳小骨の偏位が起こることがある。外耳軟骨のデグロービングが起こることもある。

爆弾破裂によって多くの人々が聴力を失い、意思疎通に困難を来す。

爆発の犠牲者は、複数の損傷を負うことが多く、それらの多くは生命の危機に直結するものである。そのため、治療すべき疾患として聴覚器の優先順位は低い。その結果、耳損傷は外傷の初期段階では気づかれないこともある。一旦患者の状態が安定したら、系統的に全身の診察を行うことが重要である。

28.2 外耳

耳介や外耳道の外傷は、通常は飛来物によるものであり、その他の軟部組織損傷と同様に取り扱う。こうした創は、適切に治療されなければ大きな変形を残すことがある。

耳介の血腫は、十分に消毒してから穿刺吸引するか除去する。処置後は、滅菌ガーゼでしっかりと耳を覆っておく。ガーゼは少なくとも 48 時間ごとに交換し、血腫が再びできていないかどうかをその都度観察する。

耳介部の裂傷が単純なものであれば、注意深く控えめに損傷組織を切除する。このとき、皮膚と軟骨の除去は最小限にとどめる。修復は、層々に一次縫合閉鎖することが望ましい。吸収糸を用いて、軟骨を適切な位置に固定することに注力する。皮膚と皮下組織は細い無傷針にて閉鎖する。

もし耳介が部分的に引き裂かれていた場合、できるだけ早く壊死組織を除去し、再接着を行う。耳介が部分的に欠損している場合は、前方の層と後方の層とで皮膚を合わせて、露出した軟骨を完全に被覆する。

軟骨が露出したデグロービング損傷では、軟骨炎を起こす危険性がある。こうした症例では、軟骨が完全壊死に陥ったり、耳介を失うケースさえある。露出した軟骨はすべて、後日の再建のために、耳介後面陥凹部の皮下に埋没しておく。

外耳道の裂創は正確に修復しなければならない。後々まで耳道を開通させることが何よりも大切であり、正確な縫合修復がなされなければ、容易に耳道狭窄を来す。修復後に、消毒液に浸したコメガーゼを内腔に詰めておくとよい。

術後は、すべての傷を滅菌ガーゼで 48 時間しっかりと覆っておく。48 時間を過ぎればガーゼを外したままでもよい。縫合糸は 5～7 日で抜糸する。5 日間の抗菌薬の全身投与を行う。

28.3 中耳

鼓膜損傷の原因として、最も頻度の高いものは一次爆傷である。これ以外に、飛来物が直接頭蓋底を貫通するケースや、頭蓋底骨折が鼓室輪に及ぶケースなどがある。

爆傷では、充血や鼓膜内出血から、鼓膜の 1 か所あるいは複数の穿孔、鼓膜の完全欠損まで、幅広い範囲の損傷が起こる。鼓膜の穿孔は、きれいに打ち抜かれたようなものであることもあれば、縁が不整にめくれ上がっていたり、落ち込んでいたりといったものもある。両耳の場合もあれば、片側だけのこともある。

鼓膜が爆発によって破裂した場合、鼓膜を形成する角化扁平上皮が、中耳腔や乳突蜂巣内へと押し込まれることがある。生きている上皮細胞は生着して増殖し、破壊性の外耳道真珠腫を形成する。可能であれば、専門医による 2 年間の経過観察が必要である。

28.3.1 鼓膜破裂の治療

鼓膜破裂をはっきり疑うべき症状として、聴力低下、完全失聴、耳鳴、耳痛、耳出血がある。鼓膜面の 1/3 以下の小さな穿孔（約 80%の症例）であれば、数週間以内に自然治癒する。重傷例や治癒不良の場合は、専門外科医による鼓室形成術を要する。

治療の基本は保存的治療である。一般的に外耳道には何も挿入せず、洗浄も点耳薬の注入も行わない。いかなる液体も、汚染物の混入と内部への感染を促進する結果となり、脳脊髄液の漏出を観察する際の妨げにもなる。

適切な耳鼻科用器具と技術があれば、外耳道に過剰に混入した破片やゴミを、直視下に柔らかく拭き取ったり、吸引したり、フックで取り除いたりすることができる。

全例、滅菌ガーゼで創部を覆い、重力で血液、排液、汚染物が流れ落ちるように患側の耳を下にしておく。入浴の際には綿の詰め物を使用し、患耳の乾燥状態を保つ。抗生物質は、全身投与を行う。

破裂した鼓膜が治癒するまでの間、鼻咽頭からの上行性感染を避けるべく、あらゆる予防策を講じる。

患者へは、鼻をかまないように注意を促し、抗鼻閉薬を投与する。

脳脊髄液の漏出を認めるケースでは、鼓膜破裂の症状がより複雑になるが、こうした症例に対しても抗生物質の全身投与を行う。抗生物質の点耳投薬は禁忌である。耳の障害よりも、頭蓋内損傷の治療が優先される。

28.4 内耳

内耳道の外傷は、前述の創傷に伴って起こるか、もしくは単独で起こる場合もある。完全な失聴、重度のめまい、高音の耳鳴、顔面神経麻痺を生じることがある。

爆風の犠牲者の多くが、一時的な聴力閾値の偏位や耳鳴を患う。失聴の多くは、患者を静かな環境へと移すと数時間で改善する。中には、症状が遷延したり、時に永続する場合もあるが、ほとんどの場合それは高音域において起こる。めまいを伴うことは稀であるが、爆発の被害症例を対象としたいくつかの報告によると、前庭迷路の障害というよりも、脳震盪後の症状によるものとされている。

前庭器官が完全に破壊されると、劇的なめまいが生じる。臨床症状としては、じっとしていても激しいめまいを伴うような嘔吐があり、こうした症状は頭部をわずかに動かしただけでも増悪する。身体所見としては水平方向の眼振を認める。内耳損傷は、側頭骨の穿通性弾丸外傷や横方向の骨折で起こる。迷路機能を鎮静する、シクリジンやメクリジンなどの抗ヒスタミン薬が症状緩和に有効で、投薬によってめまいは徐々に消失していく。

顔面神経は狭い骨性のトンネルの中にあり、側頭骨の中を屈曲して走行している。頭蓋骨骨折に伴う顔面神経の急性障害は、だいたい神経の断裂や、骨による神経への強い圧迫によるものである。神経機能を回復させるためには、専門外科医による手術が必要である。

耳の一次爆傷の臨床像

- 聴力消失と耳鳴が多いが、通常は自然に改善する。
- 耳痛は通常は一過性であるが、数週間続くこともある。
- めまいは多くない。
- 外耳道からの出血は、鼓膜穿孔によるものである。
- 鼓膜穿孔は、通常自然に治癒する。
- 粘調で膿性の排液は中耳の二次感染を示唆しているため、抗生物質の全身投与を積極的に行う必要がある。

第 29 章
眼外傷

29. 眼外傷

29.1 はじめに 330

29.2 受傷機転と弾道 331

29.3 疫学 332

29.4 初期治療と緊急処置 333

29.5 臨床像と診察 334
29.5.1 眼球診察の基本 334
29.5.2 系統的な眼科診察 335

29.6 眼外傷の初期管理 336

29.7 眼外傷の評価と手術の決定 336

29.8 麻酔 337

29.9 眼外傷の処置 337
29.9.1 結膜異物と結膜裂傷 337
29.9.2 角膜異物と擦過傷 337
29.9.3 虹彩損傷と毛様体損傷:前房出血 338
29.9.4 眉毛部裂傷と眼瞼裂傷 338
29.9.5 眼窩吹き抜け骨折 339

29.10 中等度の眼外傷 339
29.10.1 角膜損傷と強膜損傷 340
29.10.2 ブドウ膜、硝子体、水晶体嚢 341

29.11 眼球摘出術 342
29.11.1 眼球内容除去術 342
29.11.2 眼球摘出術 342

29.12 球後出血 344

29.13 合併症の治療 345
29.13.1 眼内炎 345
29.13.2 交感性眼炎 345

29.14　眼と眼瞼の熱傷　346

付録 29.A　系統的な眼科診察　347

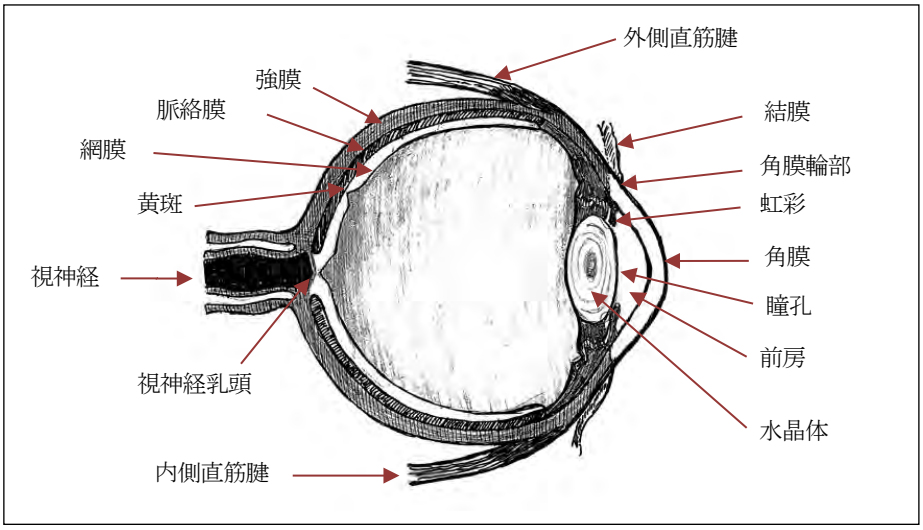
基本原則
眼球背側の出血は眼科領域で緊急対応が必要な唯一の外傷である。
眼周囲に傷があれば、必ず眼球自体の外傷がないかどうかも確認する。
視力を確認する。
可能であれば、眼科医に後送する。
少なくとも抗生剤の点眼か軟膏処置と、必要であれば毛様筋調節薬の投与と眼球保護を行う。
眼瞼の修復は、最小限の切除後に行う。
角膜と強膜の修復は、簡単なものであれば一般外科医でも行うことができる。
損傷した眼球の摘出術は緊急に行わず、事前に患者と、可能であればその家族とも話し合った上で行うべきである。

29.1 はじめに

紛争地域で受傷する眼外傷で最も多いのは発射物によるものであるが、一次爆傷と鈍的外傷によるものもある。また、化学兵器とレーザー兵器による眼外傷は、独特の病状を示す。これらの兵器は国際条約によって使用を禁止されているが、現在でも使われている[1,2]。幸い現代の紛争で、写真 2.6(訳注:Volume1 第 2 章)に示すように、失明した兵士が長い列を作るような光景が再び見られることはない。本章では、通常の兵器によって引き起こされる眼外傷のみを扱う。

視力の喪失は、その後長く患者を苦しめる。低所得国ではリハビリテーションサービスが整備されていないことが多く、社会復帰は困難で、多くの問題を抱えている。

眼球の穿通創の治療は、限られた資源の中で活動する一般外科医にとって、技術的にも精神的にも最も大きな難題の 1 つである。ほとんどの場合眼科医へ送るのが望ましいが、残念ながらそれができることはまれで、外科医は自分で治療しなくてはならない。そうはいっても、たいていの外傷は軽症か、眼球の完全損傷のどちらかである。一般外科医は多くの軽症眼外傷に対処できるが、破壊された眼球の摘出以外には、ほとんどの眼外傷に対して単純な応急処置しかできない。



N. Papas / ICRC

図 29.1
眼の解剖:断面図

1. 化学兵器の開発、製造、使用、備蓄と、それらの破棄に関する条約 13 January 1993.
2. 失明レーザーに関する議定書 13 October 1995. 過剰な殺傷力を持ち、無差別に攻撃する性質を持つと考えられる種類の兵器の使用禁止、制限に関する 1980 年の国連条約の第四議定書である。

29.2 受傷機転と弾道

眼はとても繊細な臓器で、ほんの小さな弾丸外傷でも影響を受ける。図29.2にバーミンガム眼外傷用語システムを改変した眼外傷の基本的な分類を示す。眼外傷は主に閉鎖創、つまり強膜あるいは角膜の全層にはわたっていない傷、もしくは開放創に分類される。

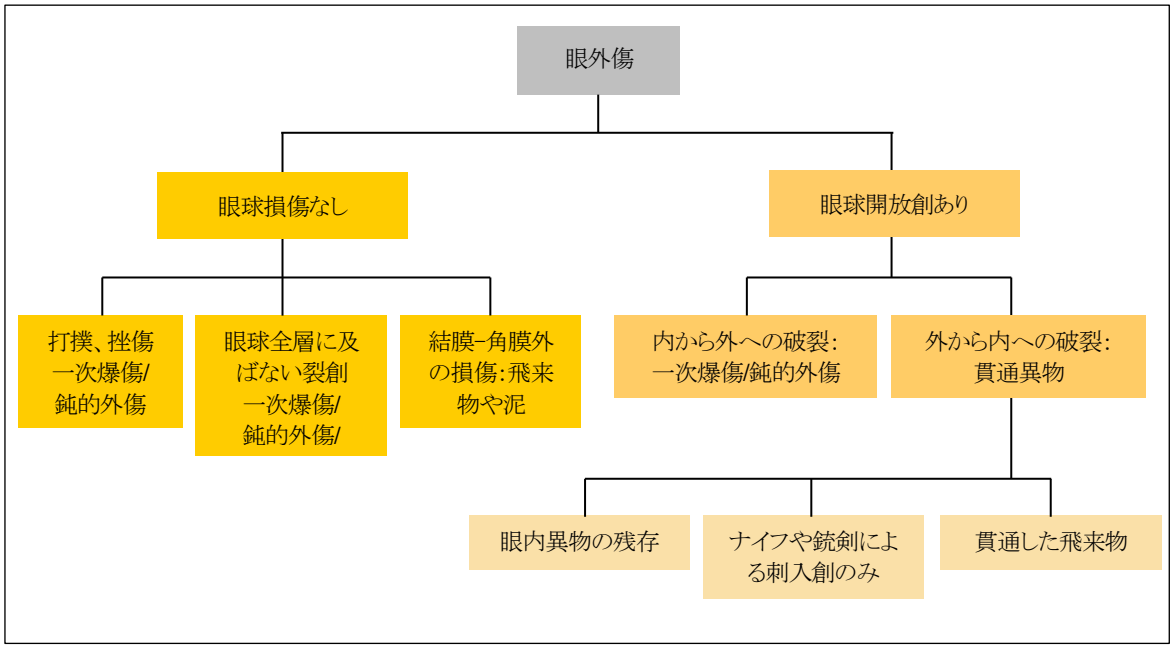


図 29.2 眼外傷の分類[3]。

現在の戦争ではその多くが開放型の眼外傷で、ガラスの破片や砂、小石など、爆発によって飛散した小さな破片や残骸によって引き起こされる。破片の多くは非常に小さく、小さな運動エネルギーしか持っていないため、衣類や皮膚は貫通しないが、眼球を貫通して眼内異物として眼内に残ることがある。眼内異物の存在は眼内炎のリスクを増大させる。

発射物は十分な運動エネルギーを持つ場合、眼球を貫通して穿通創を形成する。穿通創のダメージは、同時に眼球付属器や眼周囲の筋組織、運動神経、視神経にまで及ぶ可能性があり、頭蓋内に達する場合もある。視神経は発射物が命中したり近傍を通過したりすると、激しい血管収縮を起こし、一時的に、あるいは永久に機能を消失し得る。さらに、発射物の衝撃によって眼窩骨折や、網膜剥離を起こすこともある。ナイフや銃剣などによる眼球穿通創では、刺入部しか確認できないこともある。

一方で、眼球は眼窩や、固くて弾力のある強膜によって強い爆風からよく守られている。眼球構造物の密度がほぼ等しいことも、眼球の強度に寄与している。体幹部は防具で保護できるが頭部は露出しているため、受傷時の姿勢や視線の方向も、眼外傷に関連する重要な因子となる。一次爆傷による閉鎖性眼外傷には、下記のように様々なものがある。

- 結膜裂傷と粘膜下出血
- 前房出血
- 水晶体の偏位と外傷性白内障
- 硝子体出血と網膜出血及び網膜剥離
- 栄養血管の強い収縮による視神経障害
- 破裂肺に伴う空気塞栓が引き起こす失明(第 19 章 10 参照)
- 眼窩吹き抜け骨折

開放創、閉鎖創いずれも眼球損傷を起こし得る。

E. Dykes /ICRC

E. Dykes /ICRC

写真 29.3.1, 29.3.2
薬莢が刺さって、眼球の完全損傷を来した症例

通常の火災や爆発時に飛んでくる火球によって、眼瞼や角膜に熱傷を生じることもある。後者は網膜にも影響を及ぼす可能性がある。防護用ゴーグルや市販のサングラスでも、熱傷や小さい破片や砂から眼球を守ることができる。

球後出血は、様々な爆風や、鈍的眼外傷及び穿通性眼外傷によって眼球内容物が損傷を受けた結果生じる。これは、眼科領域で唯一緊急性のある外傷であり、急性眼内コンパートメント症候群を引き起こす。

球後出血は、眼科で唯一緊急を要する外傷である。

ICRC

図 29.4
砲弾の破片が貫通した結果、著しい眼球突出を伴う急性球後出血と結膜外血腫を起こした症例

29.3 疫学

頭部外傷と同様に眼外傷も片側性に起こることがよくある。眼部の占める面積は、体表前面の 0.27%、顔全体の 4%にすぎないが、眼外傷は現代の紛争地域における負傷者の 5～10%に起こる。また、1 回の爆発による負傷者のうち、最大25%に発生する。多くは眼球や眼窩単独の外傷であるが、20～40%は脳や他の顎顔面領域に穿通創を伴う。両側の眼

球の障害は 15～25%の症例にみられる。他の外傷と同様に、現代の紛争では爆発兵器の破片によって引き起こされる外傷が多数を占め（50～80%）、そのうち約 20%は一次爆傷によって起こる。防弾チョッキの着用と、特に眼を防護することで、解剖学的な部位別外傷発生率は変化する。

眼球穿通創は眼球外傷全体の 20～50%に起こるが、角膜擦過傷や表層異物、眼瞼や眼瞼結膜の裂傷が主であり、これらは一般外科医でも十分に対応が可能である。

表 29.1 はイラン―イラク戦争時、テヘランの病院の眼科特別ユニットが治療した眼外傷症例 4,622 例にみられた 5,320 か所の創傷部の分類である。これらの患者の約 17%（眼部 863 か所）に眼内異物を認めた。興味深いことに、こうした異物の 22%は有機物質からなり、おそらく多くは地雷外傷によるものであった。パターン 3 の地雷外傷が眼外傷を引き起こすことが多い（第 21 章 3.3 参照）。

外傷		例数（眼）	割合
軽症外傷	角膜上皮剥離	651	12.2%
重症外傷	後眼部	3,020	59.1%
	水晶体	1,100	21.5%
	前眼部	695	13.6%
	眼窩	240	4.7%
	視神経	59	1.2%
化学兵器による外傷	マスタードガス	350	6.6%

表 29.1 イラン・イラク戦争時にテヘラン病院で治療した眼科外傷 [4]

この調査における軽症外傷の多くは現地の環境が影響している。砂漠地帯では角膜上皮剥離と結膜炎を引き起こしやすく、都市部ではガラス片による裂傷が比較的多い。

29.4 初期治療と緊急処置

瞳孔を確認する主な理由は、ABCDE パラダイムの D の異常、すなわち神経学的損傷の有無を評価するためである。これは同時に、眼病変及びその他の視覚障害を来す病変の有無を速やかに確認する作業でもある。眼球の膨隆、突出、硬化を認めた場合は、球後出血があることを示しており、外科的緊急事態として対応しなければならない。

眼瞼裂傷を認めた場合は、角膜保護のために速やかに縫合閉鎖しなければならない。眼球から異物が突出しているケースでは、救急室では処置せずそのままにしておく。

眼球の開放創を認めるか、それを疑う場合は、眼球の洗浄や点眼や軟膏塗布を行ってはならない。生理食塩水で湿らせたガーゼで覆い、適切な診察ができるようになるまで、硬い眼帯で保護しておく。損傷した眼球に圧がかかると、後の経過を損なう可能性があるため、眼を擦ったり、眼瞼を絞るように強く閉じたりすることは避ける。発泡スチロールのコップの底や、ペットボトルを切って、応急的に眼球保護用の装具を作り、包帯で固定しておくとよい。

3. Kuhn F, Morris R, Witherspoon CD, Heimann K, Jeffers JB, Treister G. A standardized classification of ocular trauma. Ophthalmology 1996; **103**: 240 – 243.
4. Lashkari K, Lashkari MH, Kim AJ, Crane WG, Jalkh AE. Combat-related eye trauma: a review of 5,320 cases. Int Ophthalmol Clin 1995; **35**: 193 – 203.より改変

29.5 臨床像と診察

すべての眼外傷は、開放創ではないと確認できるまでは、それと想定して対応すべきである。臨床所見は多岐にわたる。眼球が完全に破壊されている場合もあれば、ほんの小さな傷のみの場合もある。特に爆傷では、軽微な症状によって重篤な外傷が隠されていることもある。よくある症状としては、眼球の刺激症状や不快感、疼痛、異物感、視力低下や視力消失、眼窩血腫、眼球浮腫が見られる。

ICRC

ICRC

ICRC

写真 29.6.1 - 29.6.3
眼窩周囲に破片を認める場合は眼外傷を強く疑う。

多発外傷症例で眼外傷が見落とされるケースは少ないが、耳外傷などと同様に、他に生命に危険を及ぼすような重篤な外傷がある場合には、初期段階であまり注意を払われないことがある。眼球に穿通創を認めた場合は、創傷が頭蓋内にまで達している可能性を強く疑って診察を行う必要がある。

Plani / ICRC

写真 29.7
眼部銃創症例。弾丸が眼球を貫通し、前静脈洞から前頭葉にまで到達していた。

M. Baldan / ICRC

写真 29.8
眼部銃創症例：弾丸が上顎洞や眼窩を通過し、眼球を吹き飛ばしていた。眼窩粉砕骨折を呈していた。

29.5.1 眼球診察の基本

眼周囲に創傷を認めた場合は、開放性眼損傷を疑うべきである。

眼瞼を翻転させて予備診察を行う。眼外傷症例では自発的に開眼することが困難であるため、局所麻酔薬（0.4%オキシブプロカイン、または 2%リドカイン）や、鎮痛剤を使用しながら診察する。眼瞼用の開創器を使用して、慎重に開眼することが望ましい。開創器がない場合は、指で眼瞼を頭側に軽く牽引するとよい。無理に眼瞼を開く操作は控える。眼球破

裂が疑われる場合は、眼瞼を翻転させるよりも眼瞼を上下に開ける方がよい。

眼瞼を無理に開こうとしてはならない。強い浮腫や血腫を伴う場合は、それらが自然に消退するのを待ってから診察を行う。

眼球にはいかなる圧力もかけてはならない。

写真 29.9
眼球に圧力を加えることなく、眼瞼を牽引しているところ。結膜下に局所麻酔をしており、眼瞼に斑状出血がみられる。眼窩の側方に小片の刺入創を認める。

F.Plani / ICRC

眼球裂傷や眼球穿孔を伴う場合は、少しでも眼圧を加えると、眼球内容物に不可逆的な損傷を与えることがある。診察及び緊急治療には、細心の注意が必要である。

29.5.2 系統的な眼科診察

両側の眼球が存在することと、眼窩骨を含めた全体の損傷をざっと確認した後、眼科診察を開始する。細隙灯があることが望ましいが、眼科医が不在である場合にはないことが多い。

系統的な眼科診察では、以下の点を評価する:

- 眼瞼及び睫毛
- 結膜、角膜、強膜
- 瞳孔反射
- 眼球の動き
- 両眼の視力

視力は、評価すべき最も重要な指標である。

単純レントゲン写真は、眼窩骨部の程度や、眼球内異物や脳内異物の有無を知るために有用である。ただし、プラスチックは X 線透過性があり、通常はレントゲン写真には映らないため、注意を要する。眼球内異物は、眼窩内における眼球外異物と鑑別しなければならない。患者を上方視及び下方視させた時の 2 枚のレントゲン写真を撮影する。眼球内異物であれば移動がみられ、眼球外異物であれば動きがない。超音波検査ができれば、X 線透過性のある物体でも検知することができる。

眼科診察の主要項目については、付録 29.A に記載した。さらなる詳細については、成書を参照のこと。

29.6　眼外傷の初期管理

たとえ治療が数日遅れるとしても、すべての眼外傷症例は、最初から眼科医の診察を受けることが理想である。

もし、眼科の専門医がいない場合、以下の方法をとる。

局所麻酔下に、十分な量の生理食塩水か飲用水で結膜嚢を洗浄し、組織に埋没していないすべての異物を取り除く。組織に埋没している異物はそのままにしておく。

次に、外傷による眼内炎の予防策を講じる。異物が残存している場合、眼内炎の発症率は約 10%である。プロトコルにしたがって、抗生剤の全身投与と、破傷風の予防を行う。局所には、4 時間ごとに抗生剤の点眼、または 1 日 2 回の抗生剤軟膏の塗布を行う。また、6 時間ごとに 1%硫酸アトロピンの点眼を行う。

局所の清潔を保つため、滅菌ガーゼで包交する。包交は、眼球に圧がかからないように慎重に行い、保護用眼鏡(シールド)で防護する。小児の場合、ガーゼを触ろうとするため、特にこうした注意が必要である。ガーゼ交換は 1 日 2 回行い、結膜や眼瞼辺縁部からの膿性粘液性の分泌物を滅菌水で洗い流す。また、不必要な眼球運動を減らすために、健常側の眼に眼帯をしておく。

制吐剤はあらかじめ投与しておく。また、咳やくしゃみ、嘔吐、便秘、膀胱充満など、眼圧の上昇につながることは避けるように気をつける。また、十分な疼痛コントロールを行って、患者の安静維持に努めなければならない。

29.7　眼外傷の評価と手術の決定

もし、患者を眼科医に後送できるのであれば、手術をするべきではない。例外は真の眼科的緊急症例、すなわち球後出血と急性眼窩内コンパートメント症候群であり、この場合は緊急に外側眼角靭帯の切開が必要である(第 29 章 12 参照)。

眼科医への後送ができない場合、一般外科医が施行できる手術としては、簡単な眼瞼、角膜、結膜の修復術と、完全に損傷した眼球に対する摘出術がある。眼科手術を行うためには、眼科用の細かな手術器具と縫合糸が必要である。さらに、外科医は眼窩骨外傷の基本的な治療ができなければならないが、これは第 27 章 8.2 で述べている。

眼球は、明らかに完全損傷している場合以外は、常に保存することを検討しなければならない。眼は光を感じることができる限り有用である(視覚テストでのグレード 4:付録 29.A 参照)。視力が著しく悪化しても、それは一時的なことで、後にある程度まで回復することもある。特に眼外傷が両側性の場合には、こうした可能性を十分に考慮しなければならない。しかしながら、当初より視力が極端に悪い場合や、瞳孔反射がない場合、また眼球後面の外傷の場合には予後は悪い。

外科医にとって、開放性眼球損傷と閉鎖性眼球損傷とを鑑別することは重要である。穿通性眼外傷は、眼内炎や交感性眼炎を起こすことから、危険性の高い状態である。眼球が完全に視力機能を失い、ただ疼痛の原因となるだけであるならば、もはや役立つことはなく、重大な合併症を引き起こす可能性しか残らない。原則として光を感知する場合は眼球温存に努めるが、抗生剤耐性の眼内炎と交感性眼炎は例外であり、いずれも眼球摘出術を施行する。

一般外科医でも、角膜表層の小さな傷であれば対処に困ることはないであろう。一見重篤だが中等度の傷害の場合は、治療方針の決定には慎重でなければならない。合併症がなく、十分な視力が残存している場合、またはそうでない場合に、その眼外傷症例をどう扱うべきかについて考える。すなわち、こうした症例に対して眼球摘出術が必要であるかどうかは、受傷後 2 週間経過を観察した上で検討するべきである。眼球摘出術については、常に、外科医、患者、友人や家族らと十分に話し合った上で決めるべきである。患者の同意は必ず得なければならず、その後のカウンセリングも必須である。

眼外傷の治療方針は様々であり、それは眼球の状態、視力の程度、合併症の有無によって決まる。

一般外科医のための、眼科的治療方針

1. 眼外傷が最小限で、視覚良好な場合。予後は良好で、緊急的な外科処置はほとんど、あるいは全く必要ない。小さな眼内異物は保存的に治療する。
2. 眼外傷が中等度から高度で、視覚障害を伴う場合。眼球摘出を決定するまで、2 週間は待つべきである。一般外科医は視力の保護と合併症の回避のため、保存的手術に努めるべきである。
3. 眼外傷が高度で、視力が失われているか、視神経が切断されている場合。専門医による解剖学的再建もほとんど無意味である。治療の選択肢は、感染予防のために最小限の手術を行うか、眼球摘出を行うかのどちらかである。
4. 眼球が高度に損傷している場合は、眼球摘出術を行う。
5. 抗生剤耐性の眼内炎や、交感性眼炎を認めた場合も、眼球摘出術を行う。
6. 急性球後出血や、眼内コンパートメント症候群は、眼科的緊急疾患であり、外側眼角切開術と眼角形成術を行わなければならない。

29.8 麻酔

小処置や眼球洗浄は、点眼麻酔薬を用いて行うことができる。眼球手術は、局所麻酔やブロック麻酔に、チオペンタール静注による鎮静を併用して行うことも理論上は可能である。しかし、眼科医以外の医師が手術をする場合は、全身麻酔が望ましい。開放性の眼球損傷を認めた場合には、筋弛緩薬の投与は必須である。これは、筋痙攣や攣縮によって、眼圧を亢進させたり、眼球内容物を溢れさせたりすることを防ぐためである。

スキサメトニウム(サクシニルコリン)などの脱分極性の筋弛緩薬は眼圧を亢進させ、外眼筋の収縮を引き起こすため用いない方がよい。麻酔の導入は非脱分極性の筋弛緩薬(ベクロニウム、アルクロニウム)とバルビツレート系薬剤を併用して行う。

ケタミン単剤の麻酔は、眼振や眼球運動を引き起こすため避けるべきである。他の全身麻酔薬がない場合には局所ブロックを使用し、外眼筋を麻痺させた状態でケタミンを併用する。

ケタミン単剤による麻酔は眼手術を困難にする。

29.9 眼外傷の処置

ほとんどの小処置は局所麻酔下に行うことができる。患者が錯乱していたり、非協力的な場合には、全身麻酔や鎮静剤の投与が必要である。

29.9.1 結膜異物と結膜裂傷

結膜嚢の洗浄は、注射器に十分な量の生理食塩水か蒸留水を吸って、これを灌流させながら行うとよい。浮遊している異物は、鉗子あるいは綿棒で除去する。非穿通性の結膜裂傷は自然に治癒する。結膜嚢にクロラムフェニコールの点眼を 1 日 4 回行い、これを 1 週間継続する。ガーゼは必要ない。

29.9.2 角膜異物と擦過傷

付録 29.A に記載しているように、フルオレセインを点眼することにより、角膜の擦過傷はより明瞭になるが、使用できる

のは通常眼科医がいる場合に限られている。拡大鏡は非常に有用である。

角膜表面の異物は、局所麻酔薬を点眼してから、大きめの皮下注射針を用いて除去する。針は、なるべく角膜に対して接線方向からあてがうようにして使用する。潰瘍底に残った金属粉は、眼科用器具がない場合、針先を使用して取り除いておかなければ角膜剥離を来すことになる。

1%ホマトロピンなどの毛様体筋麻酔薬と、1%クロラムフェニコールを1日 3 回点眼し、1週間継続する。NSAIDS の点眼、鎮痛剤の全身投与、潤滑薬の点眼も行う。

29.9.3 虹彩損傷と毛様体損傷:前房出血

前房出血は、穿通性眼外傷よりも非穿通性眼外傷でよく見られる。受傷から 3〜5 日後に二次出血が起こる危険性があるが、これは最初の出血よりも経過が悪いことが多く、2 次性緑内障や角膜血性斑の原因となる。患者に鎌状赤血球症による貧血や、その他の造血機能障害がないか、検査しておく。再出血とそれに伴う眼圧亢進を防ぐためには、以下の手段が有効である。

- 頭を 30 度挙上させた状態で、完全な床上安静を 1 週間続ける。また、その後 1 週間の活動を制限する。
- 瞳孔の動きを抑えるために、1%アトロピンかホマトロピンなどの網様体調節薬を 1 日 3 回点眼する。
- クロラムフェニコールを 1 日 3 回点眼する。
- ステロイド薬を 1 日 3 回点眼する。
- 両側の眼球を眼帯で保護する。

アスピリンや NSAIDS は出血を助長する恐れがあるため、使用を避ける。パラセタモールや経口剤のトラマドールを使用する。

治療は 2 週間継続する。一般に予後は良好で、視力も完全に回復する。

前房出血が消退しない場合には、血腫除去術が必要である。細い翼状針を前房に接する角度で穿刺し、生理食塩水で血液を洗い流す。通常は 1〜2 回の洗浄で十分である。凝血塊を除去するためには、側方の強膜角膜移行部に小切開を加え、小さい鉗子で血腫を除去し、切開部を縫合する。

緑内障を発症することがあるため、術後診察は定期的に行う。眼圧亢進を認める場合には、経口及び局所の降圧剤を使用する。アセタゾラミド(ダイアモックス)は鎌状赤血球症の患者には禁忌である。

29.9.4 眉毛部裂傷と眼瞼裂傷

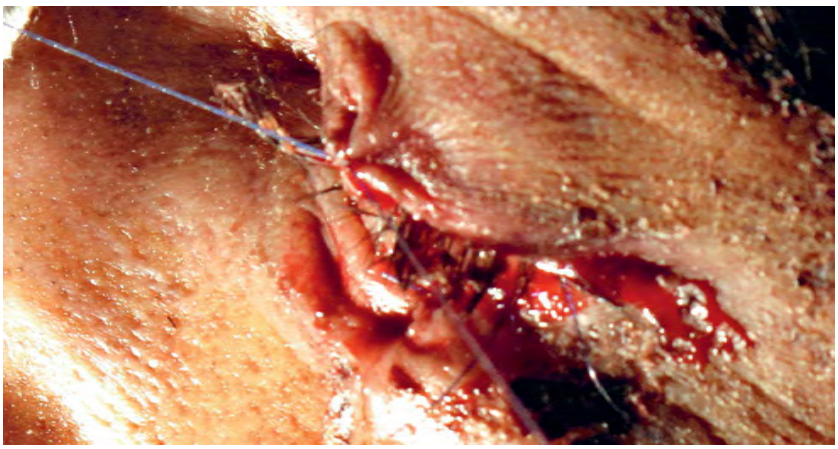
眉毛は生えてこない可能性があるため剃らない。できれば縫合も控えて、皮膚用接着テープ(Steri-Strips®)で固定しておく。

眼瞼裂傷を認める場合は、まず眼を洗浄し、次いでアドレナリン添加 1%リドカインを注入する。壊死組織の除去は最小限でよい。眼瞼は血流が豊富であるため、組織が壊死したように見えても必ずしもそうでないことがある。単純な浅い創は縫合せずにそのままにしておいても自然に治癒する。

眼瞼の修復は辺縁を層ごとに 2 層に縫合する。

1. はじめに、睫毛のラインと、眼瞼辺縁部の皮膚粘膜移行部との間を 5-0 または 6-0 の糸を用いて縫合し、支持糸とする。
2. 支持糸を用いて眼瞼を翻転させつつ、瞼板を 6-0 または 5-0 の吸収糸で結節縫合する。結び目は角膜を擦らないように埋没する。
3. 眼瞼の皮膚と粘膜皮膚移行部を 7-0 または 6-0 の非吸収糸を用いて縫合する。針は創縁からなるべく近い位置に刺入する。検創が定期的に行えない場合は、吸収糸で縫合する。

写真 29.10
最初の支持糸を睫毛のラインとグレイライン（眼瞼の辺縁）の間に入れている。

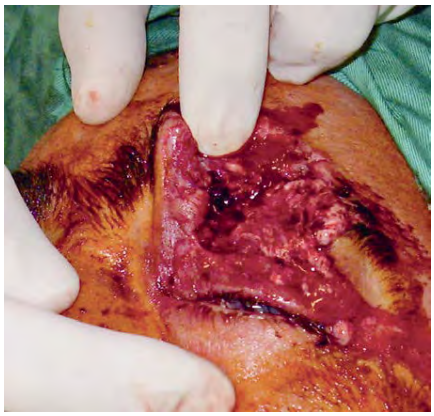


F. Plani / ICRC

縫合糸は 5 日目に抜糸し、必要ならば皮膚用接着テープで固定しておく。眼瞼辺縁部の縫合創で、吸収糸がまだ吸収されてない場合や、非吸収糸を使用した場合は、11～14 日目に抜糸する。

眼瞼組織が広範に欠損して角膜が露出している場合は、利用できる周囲組織を用いて一時的に角膜を覆っておく。少しでも角膜が露出している場合は、1%クロラムフェニコール軟膏を適宜塗布して創部の保護に努める。眼瞼部の損傷が著しい場合には、結膜弁を作成して角膜を被覆しておく（図 29.14）。根治的再建術を行うためには、周囲の皮膚組織を広範にわたって剥離したり、局所のローテーションフラップを作成したりする必要がある。涙腺器官の損傷は、通常眼科医の対応を要する。

写真 29.11.1, 29.11.2
眼瞼のデグロービング外傷。グレイラインは無傷。



F. Plani / ICRC

F. Plani / ICRC

29.9.5 眼窩吹き抜け骨折

一次爆傷は上顎洞の眼窩吹き抜け骨折を起こし、眼窩内容物が眼窩底から上顎洞へ脱出することがある。こうした所見を認めた場合は、脱出物を眼窩内に戻し、上顎洞にガーゼを充填しておく（第 27 章 8.2 参照）。

眼に影響が及んでいない場合、眼窩吹き抜け骨折の治療は保存的に行う。2 週間の経過観察を行い、患者には鼻をかまないよう指示し、血管収縮薬を 1 日 4 回点鼻させる。

29.10 中等度の眼外傷

中等度の眼外傷症例に対する外科的修復術は、眼科用の小型器具と細い縫合糸がある場合にのみ行う。開放性眼外傷は24時間以内に修復することが望ましい。修復手技には、押さえておくべきいくつかの基本原則がある。

29.10.1 角膜損傷と強膜損傷

角膜裂傷部は縫合して、前眼房を修復しなければならない。

角膜損傷

拡大鏡はどんな種類のものでも、あれば非常に有用である。角膜損傷症例では、初めに損傷が全層に及んでいるかどうかを評価する。損傷が全層に及んでいない場合は、必要な器具が揃っていれば修復を試み、そうでない場合は保存的に観察する。全層性損傷の場合は、手元にある器具を使って修復する。

糸は、6-0から8-0の細い絹糸かモノフィラメントナイロン糸、または合成吸収糸を用いる。手術器具は眼科用のものを使用する。鑷子で強膜の上から上下の結膜円蓋を押さえて眼球を固定するが、その際に圧をかけないように気をつける。

縫合は角膜の中心部分から開始し、末梢に向かって進める。無色の吸収糸を用いて、弯曲針を創縁から2mmの位置から組織にほぼ垂直に刺入し、角膜層の中間部分の深さまで水平に針を進め、反対側の創縁から2mmの部位に針が出るように縫合する。2mm間隔で結節縫合を行い、結び目は組織内に埋没するように内側に置く。絹糸か色付きのモノフィラメント糸で角膜実質をしっかりと縫合し、10日後に抜糸する。

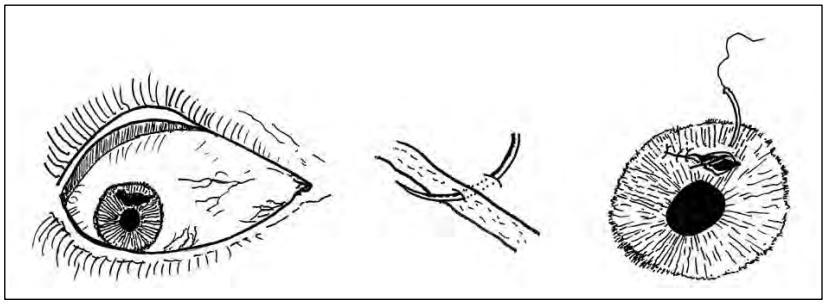


図 29.12
無色の吸収糸を用いた角膜縫合
(midstromal suture:角膜実質の中間部を通した縫合)

創傷が角膜と強膜の両方に及んでいる場合、創の軸方向を合わせてから角膜輪部に支持糸を置き、角膜から強膜の順に縫合修復する。

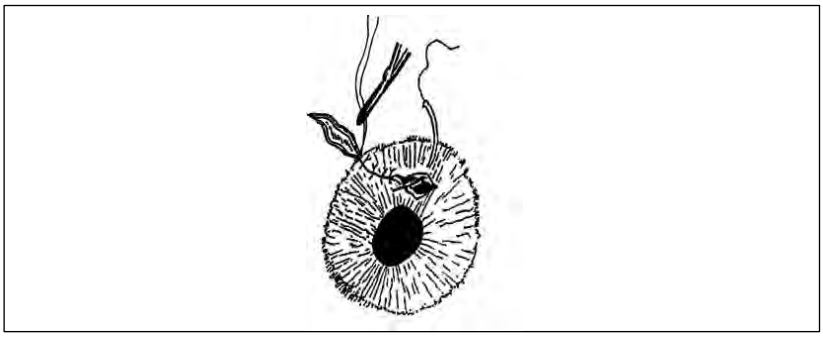
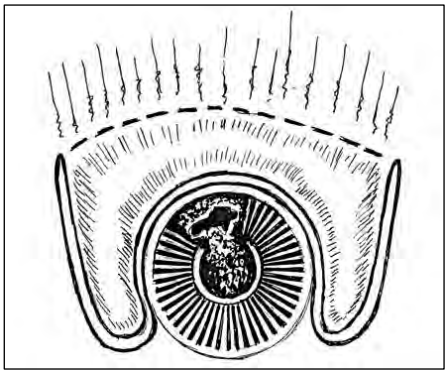
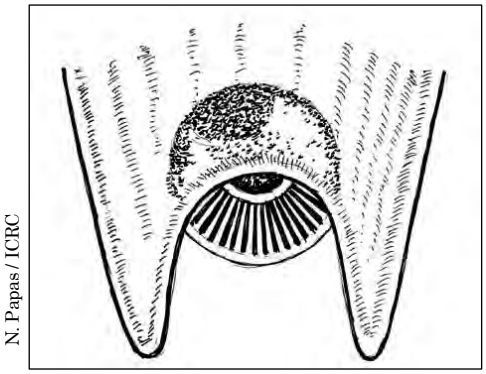


図 29.13
強膜と角膜の両方に損傷が及んだ縫合は、角膜輪部に支持糸をかけた後、角膜から先に縫合を行う。

角膜裂傷のうち直接縫合で修復できないものは、結膜フラップを用いて被覆する。角膜輪部近傍に環状切開を加え、結膜の裏側を剥離することで、フラップに張力をかけずに角膜を被覆することができる。フラップは結膜にかけた支持糸で固定する。

図 29.14.1- 2
開放性角膜損傷で用いる結膜フラップ。点線部分まで結膜下を剥離する。


N. Papas / ICRC


N. Papas / ICRC

強膜損傷

強膜の損傷が全層にまでは及んでおらず、必要な器具がない場合は、角膜損傷と同様に保存的に治療する。損傷が後方にある場合も同様である。強膜損傷が全層に及ぶ場合は、角膜損傷と同様の方法で、無色の縫合糸を用いて閉鎖する。欠損のために閉鎖できない強膜損傷も同様に、結膜で皮弁を作成して被覆する。

抗生物質の点眼もしくは眼軟膏塗布を 1〜2 週間続ける。

29.10.2 ブドウ膜、硝子体、水晶体嚢

結膜を翻転させ、眼球から飛び出ている内容物があれば鋭角なハサミを用いて除去し、前述した方法で角膜や強膜を閉鎖する。眼球内組織は、決して創内に残してはならない。抗生剤の全身投与と局所投与は必ず行う。

写真 29.15
損傷した角膜から突出した虹彩

F. Plani / ICRC

穿通性眼外傷を認めた場合は、常に異物が残存している可能性を考えておかなければならない。眼内異物が確認された場合は、ステロイド点眼薬を投与する。小さい異物の除去は、眼科用器具が備わった施設で、訓練された眼科医が行うべきである。水晶体摘出術、硝子体切除術、あるいは再建手術を要する重症症例の扱いについても同様にすべきである。

眼窩内における小さな眼球外異物は、容易に取り除けるもの以外は、そのまま残しておく。

29.11 眼球摘出術

眼球摘出術の適応は以下の通りである。

- 眼球の完全損傷症例
- 疼痛を伴う失明症例
- 治療抵抗性の眼内炎
- 交感性眼炎

眼球摘出術の適応である場合、髄膜炎を防ぐために、術式は眼球核出術よりも眼球内容物の完全除去術の方が望ましい。眼球摘出術を行う場合は、あらゆる切断手術を行う際と同様に、患者に説明して適切な同意を得ることが重要である。義眼を正しく装着するためには、専門的な技術を要するが、現地で対応する際には、専門性は劣るものの、代替手段を見つけられることもある。

ICRC の経験

ウガンダ共和国北部、カロンゴにあるミッショナリー病院では、歯科医師が豊富なサイズのセラミック製の義眼を用意して、患者がそれらをきちんと装着ができるかどうかの確認作業を行っていた。ICRC の外科医は、こうした試みを見学するために、この病院を訪問した。

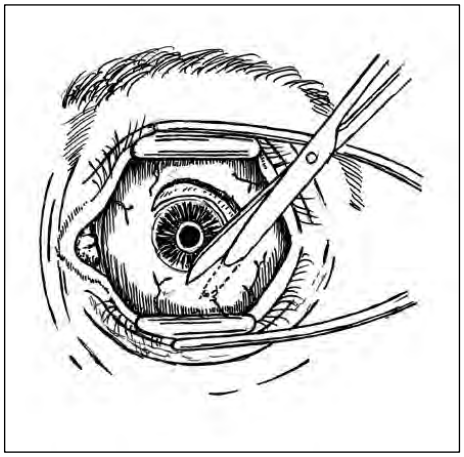
29.11.1 眼球内容除去術

眼球後面半分は外眼筋を付けた状態で残す。これは後に義眼を装着するために最もよい方法である。

1. 眼科用開眼器か小さな開創器で眼瞼を開く。
2. 強膜と角膜との境界に近い場所に全周性に全層切開を加え、角膜を除去する。
3. 眼球内容物をすべて取り除き、キュレットで内部を掻爬する。
4. 内腔が白く見えるまで、ブドウ膜をすべて除去する。
5. 眼球内容物が除去された後の空洞には、温生食か希釈アドレナリンを浸したガーゼを充填して、止血のために圧迫する。

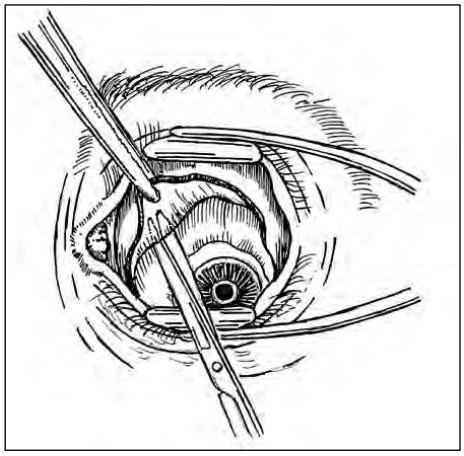
29.11.2 眼球摘出術

眼球破壊が著しく、眼球をすべて取り除かなければならないケースがある。眼球の摘出は、上行性感染の危険性を軽減する。



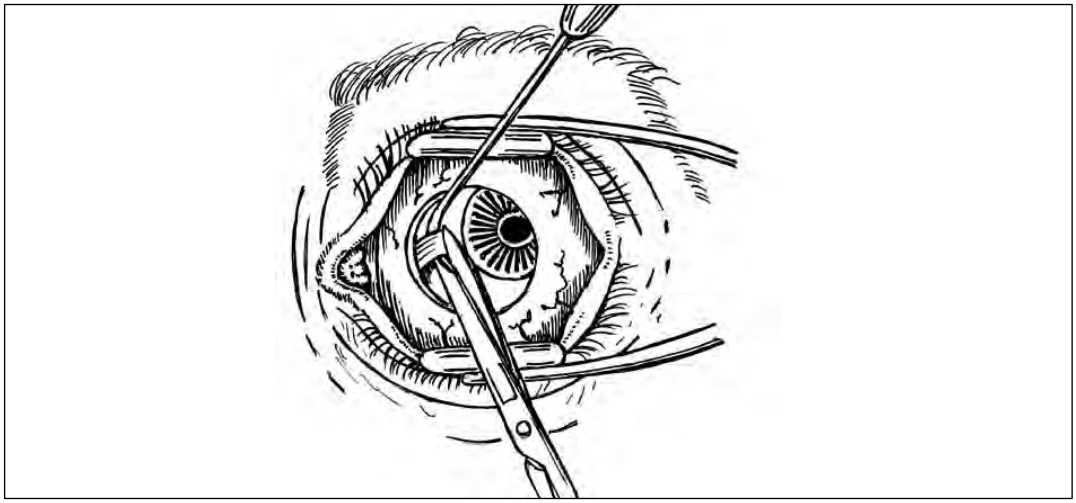
N. Papas / ICRC

図 29.16.1
眼瞼を開き、結膜に残っている異物を取り除き、可能な限り残っている角膜に近い部分に切開を入れる。



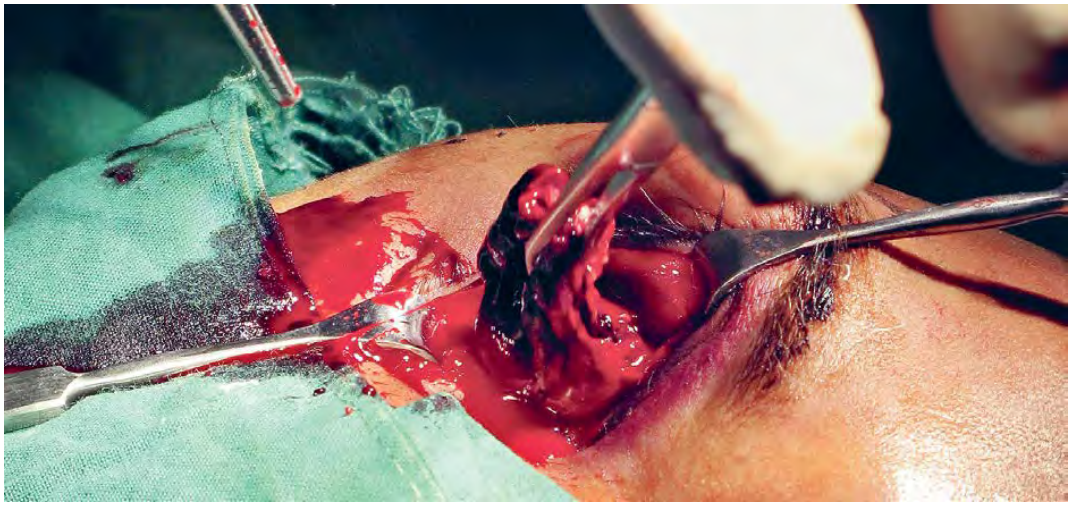
N. Papas / ICRC

図 29.16.2
曲剪刀で鈍的に剥離しながら、眼球に隣接した空隙(テノン嚢)に入る。



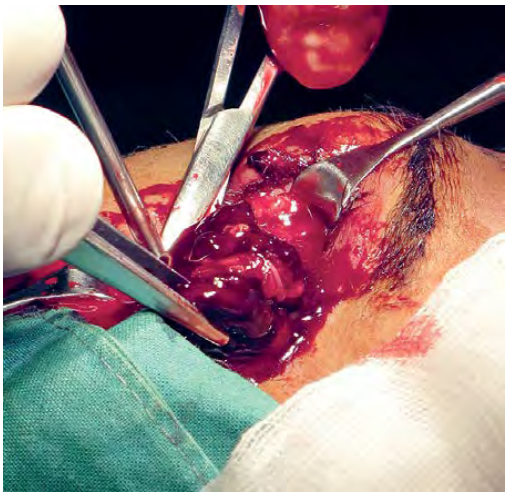
N. Papas / ICRC

図 29.16.3
眼筋はクランプし、可能な限り強膜に近い部分で切断する。切断した筋肉は結紮するか、縫合して、糸は長めに残しておく。



ICRC

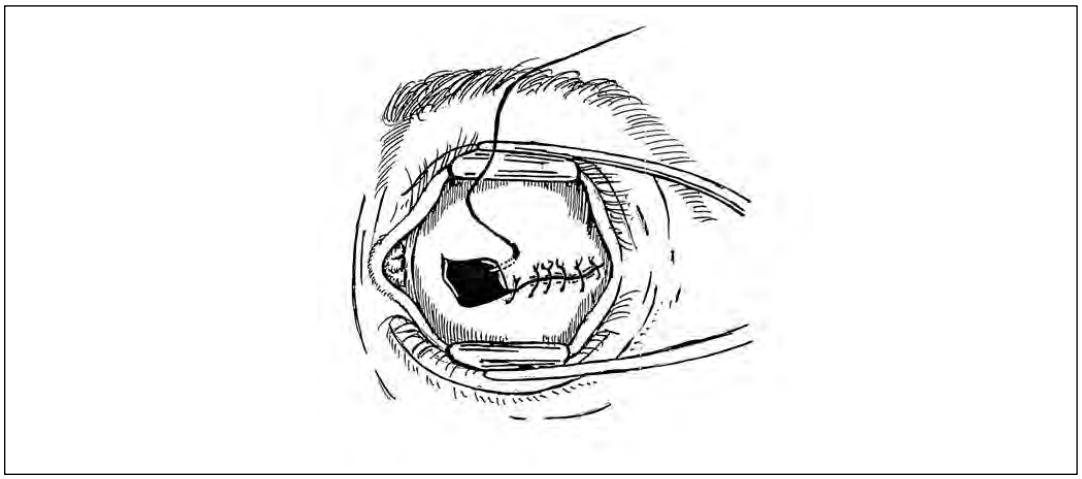
写真 29.16.4
筋肉から切離された眼球をコッヘルでつかみ、眼神経が分離するまで挙上する。



ICRC

ICRC

写真 29.16.5&6
神経を切断し、眼球を摘出する。他にも付着している組織があれば除去する。



N. Papas / ICRC

図 29.16.7
眼球の空洞内に、温生食か希釈したアドレナリンに浸したガーゼを充填して、数分間の圧迫止血を行う。眼筋を結紮した糸を縛って空洞を閉鎖し、結膜を縫合閉鎖する。創部はガーゼで 2 日間保護する。

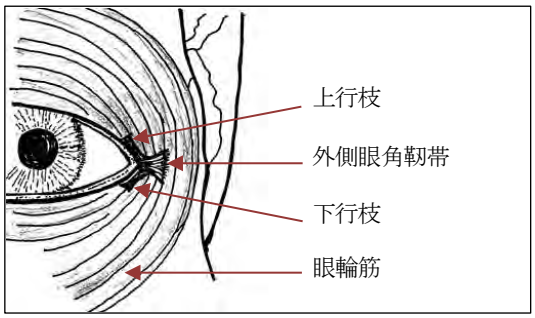
29.12 球後出血

前述のように、球後出血では急激な眼窩コンパートメント症候群を来す。こうした症例では、失明の危険性があるため、2時間以内に緊急手術を行う必要がある。重度の顔面熱傷もまたコンパートメント症候群を来すおそれがある。

眼窩コンパートメント症候群の症状には、眼球の激しい疼痛、硬直した眼球突出、対光反射の消失、眼球麻痺、急激な視力低下などがある。

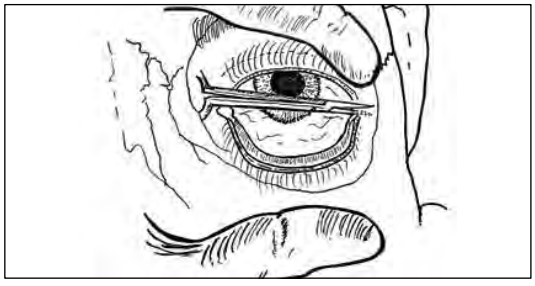
眼圧を下げるためには、眼角切開術で外側眼角靭帯を切断するが、これは簡単で迅速に行うことができ、さらに後の修復も容易である。

1. 外眼角の結膜、外側眼角靭帯にアドレナリン入り局所麻酔薬を浸潤させる。皮膚にも2cmにわたり浸潤させる。
2. 上眼瞼を、助手か開眼器、もしくは自分の利き手と反対側の手の親指と人差し指で広げる。
3. 鋭利な小剪刀(もしくは15番メス刃)で、外角を皮膚ごとすべて切開し、1cmほど外側に広げる。結膜と皮膚の全層を切開する。
4. 外側眼角靭帯を鈍剪刀か止血鉗子で、眼窩縁の付着部から剥離する。骨膜や切開した靭帯下枝からも剥離する。すると、四肢の筋膜切開術の時と同様に、筋緊張が速やかに軽減する。
5. 後に靭帯を修復する際は、単純な縫合で十分である。



N. Papas / ICRC

図 29.17.1
外眼角の解剖



N. Papas / ICRC

図 29.17.2
外眼角の切開:眼瞼を尾側に軽く牽引して開眼させ、1cm の切開を入れる。

手術中はアセタゾールアミド(訳注:本邦商品名ダイアモックス®)の点滴(500mg を 30 分で投与、その後 250mg を 4 時間おきに、1g まで投与)と、頭蓋内圧を低下させるためにマンニトールを使用する。静脈が確保できない場合は、アセタゾールアミドを経口投与してもよい。

29.13 合併症の治療

合併症の中でも、露出性角膜炎は完全に予防することができる。眼瞼外傷や眼瞼熱傷、あるいは眼輪筋外傷では、角膜が直接露出する場合がある。こうしたケースでは、眼軟膏か結膜フラップによって創部を被覆し、保護しなければならない。しかし、露出性角膜炎が最も多くみられるのは、眼外傷との関連性によらず、昏睡状態にある症例や、顔面神経損傷のある症例である。昏睡状態の症例では、眼の衛生に関しては、毎日湿ガーゼで清拭して分泌物を除去し、眼軟膏を塗布した後、皮膚用粘着テープか Steri-Strip®で眼瞼を閉じて保護しておく。

外傷性白内障、小さな眼内異物、網膜剥離、線維芽細胞の増殖、続発性緑内障などは、眼科医による適切な治療が必要である。こうした症例を認めた場合は、可能であれば応急処置の後、直ちに眼科医のいる施設に後送する。

眼内炎や、交感性眼炎など、他の重大な合併症を認めた場合も、速やかに眼科医のいる施設へ後送し、すぐに治療を開始しなければならない。

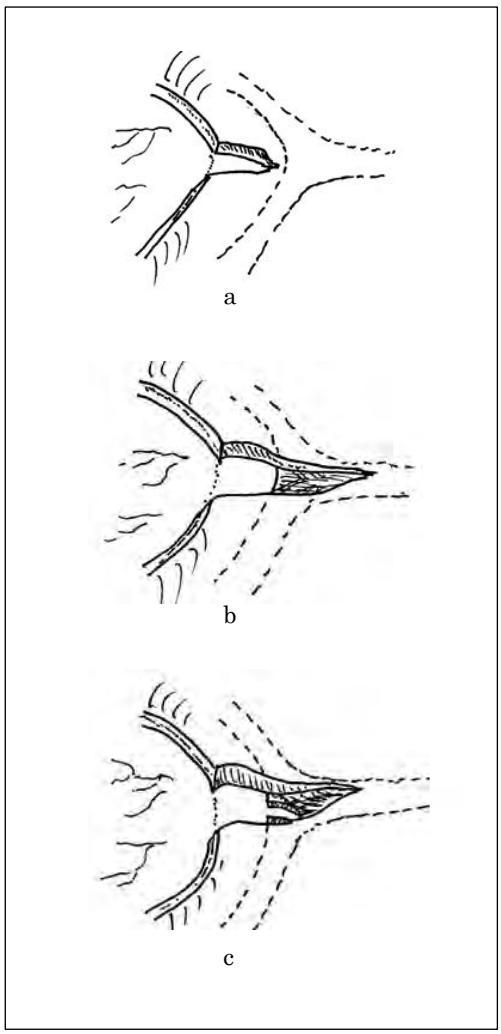


図 29.17.3
皮膚を切開して外側眼角靭帯下行枝を露出、これを切開する。

29.13.1 眼内炎

穿通性外傷、特に地雷外傷では、眼内異物として有機物が混入する場合がある。こうしたケースでは、常に細菌や真菌による眼内感染の危険がある。眼内炎は緊急を要する症例である。

顕著な症状としては頭痛と局所の疼痛がある。また、羞明や急激な視力低下、発熱を伴うこともある。眼球は「炎のように」充血し、結膜と眼瞼は著しく腫脹し、多量の膿が見られる。前眼房内には、貯留した膿が観察できる(前房蓄膿)。

治療には広域系抗生剤(セファロスポリンかゲンタマイシン)を用い、経静脈的全身投与と点眼薬投与を行う。その後、刺入創を閉鎖する。毛様筋調節点眼薬は疼痛緩和に効果がある。患者は必ず床上安静とし、眼球の保護に努める。真菌感染が疑われる場合はアンホテリシン B(10μg/0.1mL)の眼内注射とフルコナゾール(6～12mg/kg/day、最大 400mg)の全身投与を行う。しかし、こうした症例はいずれも予後が悪く、眼球摘出術が必要となることが多い。

29.13.2 交感性眼炎

交感性眼炎はヒポクラテスの時代から知られており、恐れられていたが、実際の発症は稀で発生率も誇張されていた可能性がある。最近の戦時下での発生率は眼外傷の 0.2%以下と推定されている。

肉芽腫性ブドウ膜炎は自己免疫性疾患であり、創傷からの刺激によって引き起こされるが、後に創傷を受けていない健側眼にも広がる。両眼の病理学的変化は同じものであり、最終的には両眼とも失明に至る。ブドウ膜の逸脱は、網膜タンパク質を自己免疫システムに曝露させ、自己免疫反応を刺激する。これは閉鎖性眼外傷では知られていない。さらに、化膿した眼球も、稀に交感性眼炎を引き起こすことがある。短くて 5 日間、長くて 60 年間の潜伏期間の後に発症する。症例の 65%が受傷後 2 週間から 2 か月以内に発症し、90%が 1 年以内に発症する。障害を受けた眼球の摘出が唯一の予防策であるが、それでも今後発症するリスクは一生残る。

症状は羞明や視野がぼやけることで始まる。患側眼に疼痛を伴う発赤と視力低下を認めるが、眼内炎のような急性の化

膿性炎症所見はみられない。

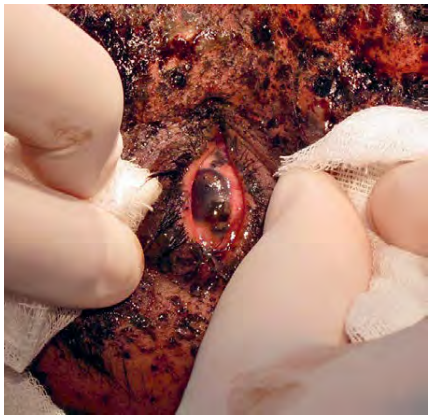
局所的なステロイド点眼と、大量のステロイドの全身投与を 1 週間行う。メチルプレドニゾロン 30mg/kg を 30 分かけて点滴投与し、その後 15mg/kg を 6 時間ごとに 2 日間投与する。改善がみられた場合は経口投与に切り替え、内服量を 6 時間ごとに 80mg から、60mg、40mg、最終的には 20mg まで、3 日ごとに減らしていく。他の方法として、内服薬だけで治療する場合は、1 日量 100mg から 200mg のプレドニゾロンを 1 週間投与し、その後1週間に 5mg ずつ減量し、1 日量 5mg から 10mg を維持量として 6 か月間継続する。コルチコステロイドは病状のコントロールには効果的ではあるが、予防することはできない。

改善がみられないか、対側眼の感染を認めた場合、また患者が大量のステロイド投与に耐えられない場合は、視力の程度によらず、対側眼を守るために眼球摘出術が必要になる。この場合、眼球内容だけを除去するよりも眼球摘出術を選択する。

29.14 眼と眼瞼の熱傷

眼領域の熱傷処置に乾燥剤を使用してはならない。例外なく瘢痕収縮による広範囲の眼瞼外反を来し、角膜炎を引き起こし、時に失明あるいは眼球そのものを失う結果となる。

ICRC



ICRC

図 29.18.1- 2
パターン 3 の地雷外傷:2 度の熱傷と、破片による顔面、眼瞼、角膜の表層外傷。この患者は他にも両手、腕、足を負傷していた。

眼瞼の熱傷は、生理食塩水で十分に洗浄する。水疱は開放して、皮膚剥離創に抗生剤軟膏を塗布する。さらにワセリンガーゼを塗布し、厚めにガーゼを当てて被覆し、しっかりと包帯固定する。細菌による汚染を避けるため、滲出液が浸潤する前にガーゼを交換する。

眼周辺部の熱傷を開放創として治療する場合は、生理食塩水で洗浄し、クロラムフェニコール眼軟膏を 4 時間ごとに塗布し、さらにホマトロピンを 1 日 2 回点眼投与する。

眼瞼皮膚の全層熱傷症例では、できるだけ早い段階で病巣をデブリドマンし、植皮を行う(第 15 章 7.2 参照)。植皮は最も治療効果を期待できる方法であり、瘢痕も最小限に留めることができる。早期に植皮ができない場合でも、肉芽組織が確認できたらすぐに行うようにする。もし植皮片が生着しなかった場合は、植皮を繰り返す。

角膜は被覆して保護するが、受傷初期には眼瞼腫脹のために自然に被覆される。必要であれば、眼瞼の腫れが軽減した後に、角膜が完全に治癒するまでの間、結膜フラップを形成して被覆する。熱傷が角膜に及んでいる場合も同様である。瞼板縫合は、組織に大きなダメージを残すため推奨できない。

付録 29.A 系統的な眼科診察

眼科医のいない施設では、系統的かつ正確な眼科診察を行うことは難しい。眼科用の細隙灯があれば理想的であるが、資源の限られた環境では、手に入る機器を用いて系統的な診察が行えれば十分である。ペンライト、眼科用スコープ、簡易な眼科用チャートがあればよい。詳細は成書を参照されたい。

1. 眼瞼と睫毛の観察

上眼瞼が平坦化している場合は、眼球が破壊している可能性がある。眼球破壊を疑った場合は、眼瞼は翻転せず、上下に広げて開眼させる。

小さな眼瞼裂傷でも内側には重篤な損傷が隠れている場合がある。眼瞼から射入した発射物が、眼球や脳にまで達するケースがあることも知っておく必要がある。

眼瞼裂傷は、浅くても皮膚全層に及んでいても、その深さを慎重に評価しなければならない。また、眼瞼組織の欠損を認めた場合は、いずれも角膜を露出させる危険性がある。涙腺器官に影響が及んだ場合は眼科医による治療が必要である。

2. ペンライトを用いた眼瞼、角膜、強膜の診察

埃や破片などが原因で、結膜が高度に汚染されることはよくある。眼球が破壊されていないことを確認したら、上眼瞼を翻転して局所麻酔の点眼(0.4%オキシブプロカインか 2%リドカイン)を行う。瞼板表面に異物を認めた場合は、洗浄するか、小鑷子か綿棒で除去する。

角膜に擦過傷がないかどうかは必ず確認しなければならない。フルオレセインを点眼すれば、角膜の擦過傷を確認しやすくなるが、これは通常、眼科医がいる施設にしか置いていない。角膜裂傷症例では前眼房が浅く、虹彩の突出を伴う瞳孔不整を認める。

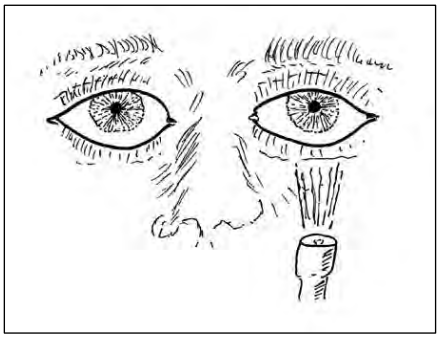
強膜穿通創の程度は、非常に微細で判別が困難なものから、眼球破壊に至るものまで様々である。結膜下血腫を伴う場合は、強膜穿孔部が小さくても、裂傷部が広範囲であっても、創部は不明瞭になる。透明なゼリー状の物質、結膜出血、押し出された黒色の脈絡膜などを認めた場合は、穿通創の存在を疑わなければならない。より大量に眼球内容物が逸脱するケースもある。例えば、硝子体やブドウ膜、水晶体、網膜などが強膜裂傷部から押し出される場合もある。

眼内異物は、大きくて確認しやすいものもあれば、小さくて裸眼で認識することが不可能なものもある。

3. 瞳孔反射

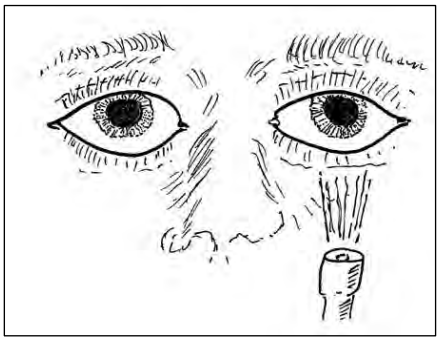
左右の瞳孔径、形状、左右差、対光反射の有無を水晶体の混濁の有無と併せて記録する。瞳孔不整と前眼房内の血腫を認めた場合、あるいは前眼房が潰れている場合は、眼球前方部分に房水の喪失を伴う外傷があることを示している。こうしたケースでは、角膜後壁と虹彩が

図 29.A.1 - A3
相対的求心性瞳孔反射。



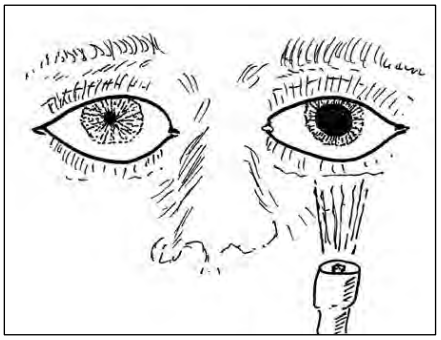
N. Papas / ICRC

図 29.A.1
正常な状態:両眼とも光に対して縮瞳する。一方の眼に光を当てると縮瞳する=直接対光反射。この時反対側の瞳孔も収縮する=間接対光反射。



N. Papas / ICRC

図 29.A.2
左の視神経に障害がある場合、左眼に光を当てても、どちらの瞳孔も収縮しない(直接反射も間接反射も認めない)。右眼に光を当てると、どちらの瞳孔も収縮する。



N. Papas / ICRC

図 29.A.3
左の視覚運動神経に障害がある場合、直接対光反射は認めないが、間接対光反射は認める。右眼に光を当てた場合、直接対光反射のみを認める。

接触している。また、創部から虹彩が逸脱している場合もある。

眼底検査では、瞳孔からの赤色反射光を 50cm の距離から直接検眼鏡で確認する。赤色反射光が消失している場合は、白内障や硝子体出血、もしくは網膜剥離の存在を疑う。

視覚神経経路が正常かどうかを評価するためには、左右の瞳孔にペンライトですばやく光を当てる反射試験を行う。これは、相対的求心性瞳孔反応と呼ばれる反射を見るもので、正常であれば瞳孔は両側とも対光反射にて収縮する。もし片側の網膜や視神経に障害があれば、ペンライトの光を健側眼から患側眼に揺らしてきた時に患側眼の瞳孔は収縮しない。この試験は鋭敏であり、下記に示した簡単な視覚検査と異なり、意識のない患者にも行うことができる。またこの試験は、視神経障害と視覚運動神経障害との鑑別にも使われる。

4. 眼球運動検査

眼球の全方向運動試験では、第Ⅲ脳神経(動眼神経)、第Ⅴ脳神経(滑車神経)、第Ⅵ脳神経(外転神経)の総合的な機能評価を行う。この試験は、患者に意識があり、協力が得られる場合にのみ行うことが可能である。真正面を含めた 9 方向をそれぞれ注視させることによって、複視が見られないかどうかを確認する。

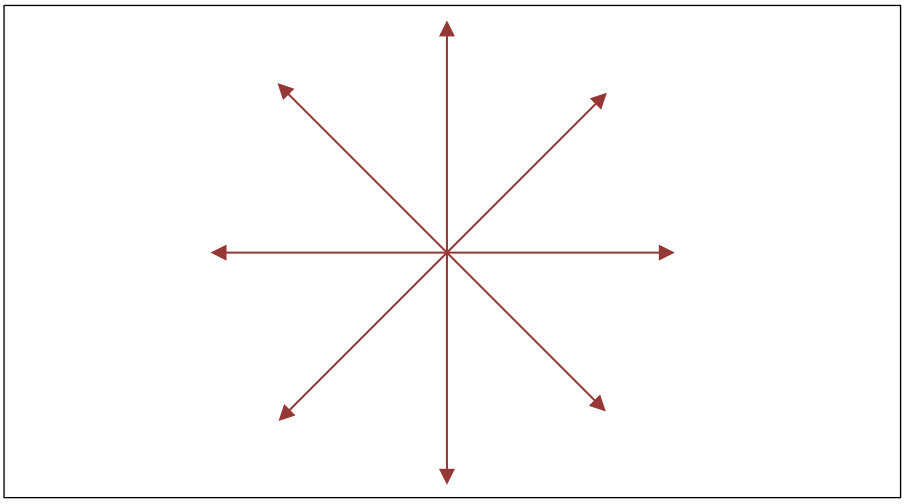


図 29.A.4
真正面を含めた9方向の注視テスト

5. 両眼視覚検査

これは眼外傷の重症度を診断する最も重要な検査である。この検査も、患者に意識があり、協力が得られる場合にのみ行うことができる。結果は 5 段階で評価して記録する。

1. プリントが読める。
2. 指の数を数えられる。
3. 手の動きがわかる。
4. 光を知覚できる。
5. 光を知覚できない。

光の知覚検査を行う時は、片方の眼を完全に覆い、明るい電灯を用いて評価する。また可能であれば、検査の際に電灯の温度を感じさせないように気をつける。

第 30 章
頚部外傷

30. 頚部損傷

30.1 はじめに 352

30.2 外科的解剖 352

30.3 創傷弾道学 354

30.4 疫学 355
30.4.1 赤十字外傷スコア(RCWS) 356

30.5 臨床症状と救急室治療 356
30.5.1 C-ABCDE:大量出血 356
30.5.2 気道 357
30.5.3 呼吸・循環 358
30.5.4 身体障害 358
30.5.5 食道・臓器損傷 359
30.5.6 検査 359

30.6 手術の決定 360

30.7 術前患者管理 361

30.8 血管損傷に対しての外科的マネージメント 361
30.8.1 基本原則 361
30.8.2 ゾーンⅠ外傷へのアプローチ 362
30.8.3 ゾーンⅡ外傷へのアプローチ 363
30.8.4 ゾーンⅢ外傷へのアプローチ 364
30.8.5 後頚三角:椎骨動脈 365

30.9 喉頭気管損傷の外科的マネージメント 365
30.9.1 外科的アプローチ 365
30.9.2 喉頭損傷 365
30.9.3 気管損傷 366
30.9.4 鈍的外傷 366
30.9.5 その他の組織損傷 366

30.10 咽頭食道損傷の外科的マネージメント 366
30.10.1 局所へのアプローチと手術診断 367
30.10.2 修復 367

30.11 術後管理 368

30.12 気管切開 368

30.12.1 気管切開部のケア 369

基本原則
十分な解剖学的知識が不可欠である。
気道確保が最も重要で、気管切開術が必要になることもある。
ショックは神経原性である場合がある。
広頚筋を貫くほとんどの外傷では、臨床症状を伴わなくても外科的検索が必要である。
大血管損傷は迅速な修復が必要である。
食道損傷は多くの場合無症候性で、見落としによる合併症が頚部外傷の晩期死亡の主な原因である。

30.1 はじめに

頚部における発射物による外傷の死因として最も一般的なものは、窒息と失血である。頚部への直接的な鈍的外傷、例えば十字のパイプやライフルの銃尻での殴打などは、戦闘中に起こり得る。また、急性期以降に見られる合併症では、敗血症が最も多く、食道瘻がこれに次ぐ。

落下や自動車事故といった減速外傷による鈍的外傷を診る場合、頚部脊髄については、診察と治療に際し、特別な注意が要求される。これは発射物による外傷(第 7 章 7.2、第 36 章 5 参照)には当てはまらないが、爆傷症例の扱いに際しては注意が必要である

30.2 外科的解剖

頚部の解剖について、標準的な解剖学書には以下のように書かれている。頚部は前頚三角・後頚三角とそのいくつかの分画によって構成される。この分類は便利ではあるが、貫通創には向いておらず、血管外傷に関連するゾーン分類の方がよい。ゾーンⅠは胸骨切痕/鎖骨から舌軟骨まで、ゾーンⅡは舌軟骨から下顎角まで、ゾーンⅢは下顎角から頭蓋底までをいう[1]。

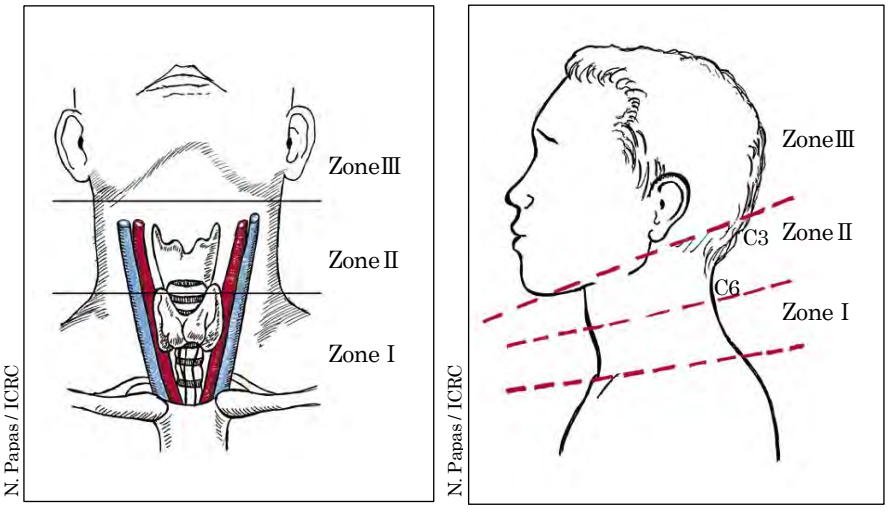


図 30.1.1- 2 頚部のゾーン

Ⅰ: 大血管の胸腔出口;肺尖部・気管・食道・甲状腺・胸管、頚髄、頚神経幹。ゾーンⅠの主要血管にアプローチするためには、鎖骨部分切除または胸骨切開が必要になることもある

Ⅱ: 下顎・頚部血管束と脊椎血管、喉頭、咽頭、頚髄。脈管系へのアクセスは容易である

Ⅲ: 椎骨内頚動脈が遠位側で頭蓋内に入り、頚静脈が出てくる。中咽頭と頚髄。頭蓋底に出入りする血管は分離同定がかなり困難である。

前頚三角では、胸鎖乳突筋の下に気道・食道の管腔・頚動静脈血管束が通っている。後頚三角には椎骨動脈、頚髄、頚神経叢がある

図 30.2
頚部の気道・消化管管腔

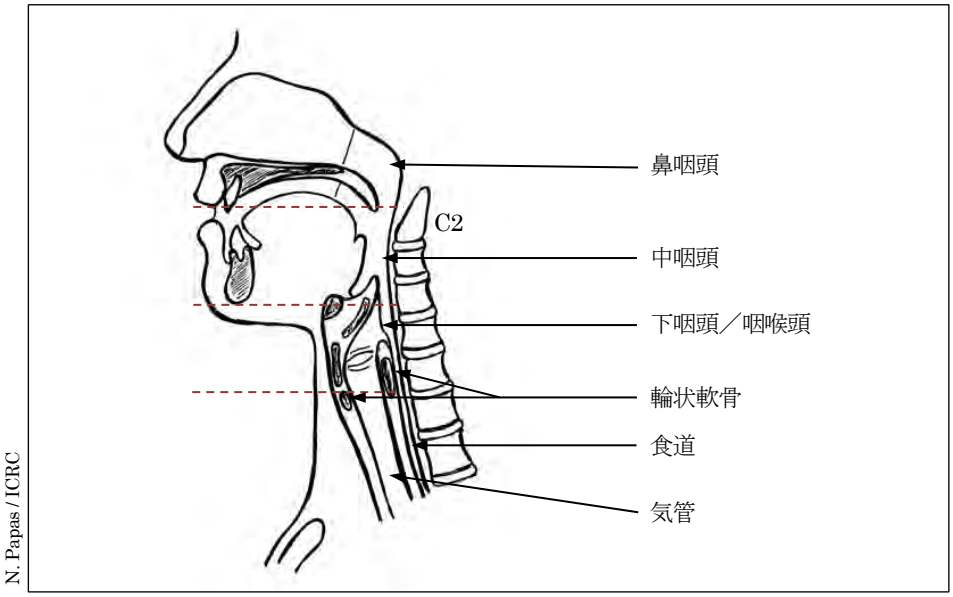
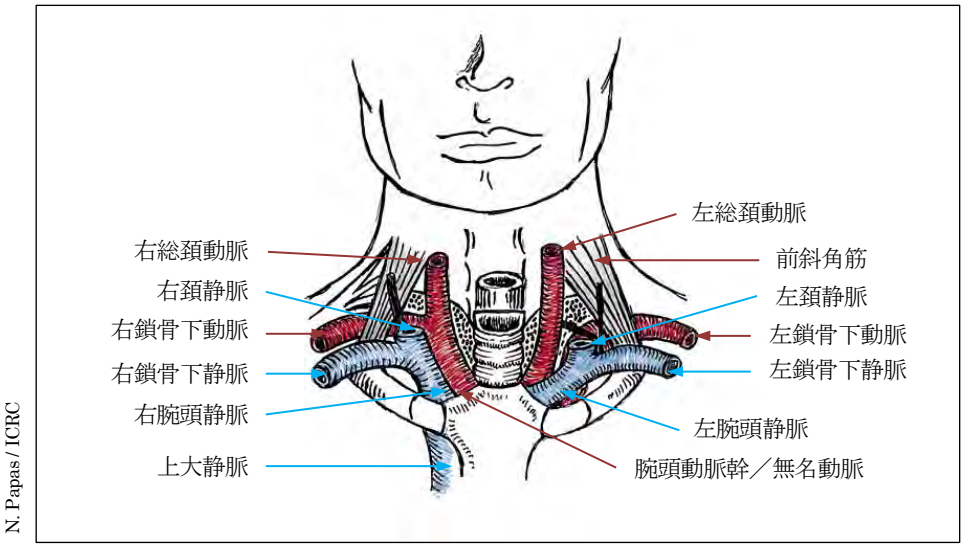


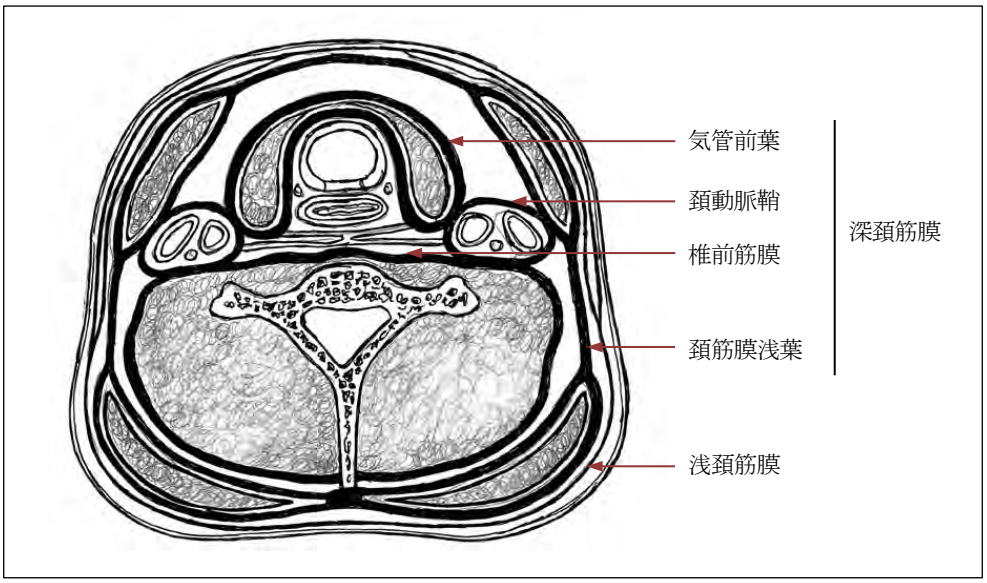
図 30.3
頚部体幹側の主要血管



頚部は 2 層の筋層に覆われている。広頚筋を含む浅頚筋膜と、深頚筋膜（頚筋膜浅葉・気管前葉、椎前葉）である。深頚筋膜はコンパートメントを形成するため外出血を制限するものの、その結果として血腫が気道を外部から圧迫して妨げることもある。感染や空気が筋膜を伝って頚部から縦隔・心嚢まで到達することもある。

1. First described by Monson DO, Saletta JD, Freeark RJ. Carotid vertebral trauma. J Trauma 1969; 9: 987 – 997 and refined by Roon AJ, Christensen C. Evaluation and treatment of penetrating cervical injuries. J Trauma 1979; **19**: 391 – 396.

図 30.4
頚部筋膜層と筋区画



30.3 創傷弾道学

頚部は、頚部脊柱に沿う軟部構造の集合体であり、弾力性に乏しい筋膜に覆われている。創傷弾道学の見地から述べると、頚部は3つの領域に分類される。後面は、最も可動性に富んだ頚椎と、その軸部をなす頚髄が筋組織や筋膜に囲まれた構造をしている。側面は後頚三角、前頚三角で構成される。後頚三角には重要な構造物はあまりない。前頚三角には重要血管と気道・消化管といった管腔臓器がある。前述のゾーン分類と照らし合わせると、いずれのゾーンも臨床的に最も関連が深い部分は前頚三角領域である。(図 30.1.2 参照)

ゾーンⅠの大血管・神経は、低エネルギーの飛来物に対しては、鎖骨と第一肋骨により部分的に保護されている。主たる外傷は高エネルギーの弾丸によるもので、こうした骨構造に損壊を認めるケースでは重症となる。

ゾーンⅡは、前後左右に狭いため、高エネルギーを持つ完全被甲弾では貫通銃創、すなわち狭小部のみを形成する(第 3 章 3.3 参照)。こうした穿通創では、被害者の予後は、主要臓器の損傷を伴うか否かで、「生か死」にはっきり分かれる。命に直結するのは主要血管損傷である。損傷血管径が小さいほど、筋区画(コンパートメント)の閉鎖腔内での血腫形成によるタンポナーデ効果によって、一時止血のチャンスが増える。

低エネルギーの小破片で受傷した場合、射入創が小さくとも、血管を貫通したり、仮性動脈瘤や動静脈瘻を形成することがある。一方、大きな破片や変形弾、または跳弾による傷では、着弾の瞬間に空洞を形成する。頚部組織内に形成される空洞は、伸展に乏しい深頚筋膜の作用と相まって、大きな一時空洞となる。射入創はかなり大きくなり、主要血管からの出血が起こる。

気管は軟骨で保持されており、比較的しっかりとした構造物である。そのため発射物による損傷は欠損創を形成する。欠損部は、穿通創、気管側壁の掠り傷など、様々な所見を呈する。傷の大きさも様々で、時には大きな欠損を残す。

食道は管腔臓器であり、組織の持つ弾性力が牽引外傷のダメージを減じる。このため、射入創や射出創がとても小さい場合があり、内視鏡検査や術中検索で見落とすこともある。

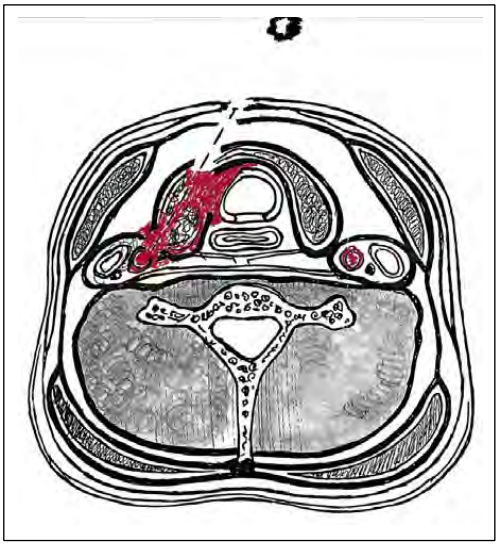


図 30.5
低運動エネルギーを持つ破片が内頚動脈を傷つけ、筋膜による閉鎖腔内に血腫を形成した場合、気道を圧迫することがある。

ゾーンⅢに入った発射体は下顎骨、椎体、頭蓋底などの骨に当たるケースが多い。

30.4 疫学

頭部外傷と同様に、頚部外傷でも、表面積に対して不均衡な割合を占める。頚部は体表面積の 1～2%を占めるに過ぎないが、生存者統計における受傷領域別の割合が 5～15%を占める。表 30.1 は第二次世界大戦、朝鮮戦争、ベトナム戦争における、米軍の頚部外傷の統計である。

	戦死者に占める割合	頚部外傷による致死率	頚部外傷症例の生存率
第二次世界大戦	9%	6%	9%
朝鮮戦争	10%	7%	11%
ベトナム戦争	8%	8%	17%

表 30.1 第二次世界大戦、朝鮮戦争、ベトナム戦争における、米兵の頚部外傷症例に関する調査[2]

一般的にゾーンⅡの外傷が最も多く(約 1/2)、次にゾーンⅠ(1/3 以下)、ゾーンⅢ(約 1/4)と続く。領域別に見ると、前頚三角領域が 85%を占めている。

複数の研究によると、頚部外傷症例における血管損傷と内臓損傷の割合はほぼ同じである。レバノン内戦の報告では血管損傷 47%、内臓損傷 45%であった。また、ユーゴスラビア紛争の報告では 53%と 46%であった。

表 30.2 はレバノン内戦の統計で、ゾーンⅡ・Ⅲに受けた頚部外傷 112 症例 142 か所の調査である。ほとんどの創傷の受傷機転は破片によるものが最多であった。特記すべきは、112 名のうち有所見率が 55%しか得られなかったことである。同様にユーゴスラビア紛争の研究でも頚部外傷 95 症例のうち、有所見率は 58%であった[3]。

外傷部位		症例数	有所見率
動脈	総頚動脈	11	19%
	内頚動脈	8	
	外頚動脈	6	
	椎骨動脈	2	
静脈	内頚静脈	36	28%
	外頚静脈	4	
血管損傷全般		67	47%
気道	喉頭	17	21%
	気管支	13	
消化管	咽頭	28	24%
	食道	6	
内蔵全般		64	45%
軟部組織	甲状腺	1	-
神経組織	脳神経	10	7%

表 30.2 頚部損傷を伴う 112 症例に対する受傷部位に関する調査(米国大学病院、ベイルート)[4]

2. Carey ME. Learning from traditional combat mortality and morbidity data used in the evaluation of combat medical care. Mil Med 1987; **152**: 6 – 13.より改変
3. Progmet D, Ďanić D, Milićić D, Leović D. Management of war-related neck injuries during the war in Croatia, 1991 – 1992. Eur Arch Otorhinolaryngol 1996; **253**: 294 – 296.
4. Ramadan HH, Samara MA, Hamdan US, Shahinian HK. Penetrating neck injuries during the Lebanese war: AUBMC experience. Laryngoscope 1987; **97**: 975 – 977.より改変

これらの研究によって示唆される、臨床的に重要な所見をまとめると以下になる。

- 受傷原因の如何にかかわらず、頚動脈損傷症例の 1/3 に脳虚血の症状がみられた。理論上は、脳血流の改善によって梗塞部分から出血するが、実際にはこうした症例は認めず、それよりも血管修復後の合併症として、脳浮腫を認めることがあった。
- 小破片による受傷を除き、血管損傷のみのケースはまれである。
- 喉頭気管外傷では、咽頭あるいは食道損傷を同時に合併しているケースが 50%にのぼる。

頚部外傷を起こした発射体は、その射入角と軌道により、頭蓋内や胸腔内にも損傷を及ぼし得る。

30.4.1 赤十字外傷スコア(RCWS)

RCWS では、主要臓器への損傷は致命的なものと考える。主要血管である内頚動静脈への損傷は V=H と評価し、出血が頚動脈・内頚静脈の両方で起き得る。喉頭から気管への気道損傷は V=T とし、頚髄損傷は V=N とする

30.5 臨床症状と救急室治療

頚部外傷における C-ABCDE の配列順

Catastrophic hemorrhage 大量出血＝主要血管からの出血
Airway 気道＝喉頭＋気管
Breathing 呼吸＝肺尖部
Circulation 循環＝胸郭出口部、頚動静脈、脊椎血管からの出血
Disability 神経症状＝頚髄＋脳神経＋頚・腕神経叢＋内頚動脈
Esophagus 食道

30.5.1 C-ABCDE:大量出血

大量出血を来した症例は、病院のすぐ近くで受傷したケースや、用指圧迫などによる病院前治療が奏功して、出血がうまくコントロールでき、かつ搬送時間が短くてすんだケースを除いて、救急外来でみることはほとんどない。このような例では、応急処置を行った者に、現場でどの程度の出血があったのかを聞かねばならない。

用指圧迫によってうまく止血できている場合は、手術室の中までその圧迫を継続し、清潔手術野で術者に引き継ぐ。止血が不十分な場合には血腫により、頚部の膨隆が進むか外出血が継続する。その場合には、20F フォーリーカテーテルを創部に挿入し、生理食塩水でバルーンを満たしクランプする。創縁は閉鎖してタンポナーデ効果による止血を期待する。複数の創がある場合、特に頚部の起始部における外傷では、カテーテルが 2 本必要となる。

F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 30.6
2 本のフォーリーカテーテルを用いて血管損傷部位のタンポナーデを行う。

深部創内における盲目的なクランプ行為は決して行ってはならない。

カテーテルによるタンポナーデ止血が奏功したら、状態が安定していても気道確保を行うべきである。未挿管のままでは血腫が増大して気道を圧迫し、窒息を引き起こす恐れがある。

30.5.2 気道

次に命を脅かす状況は気道損傷であるが、直接外傷による場合と、血腫による気道圧迫の場合がある。

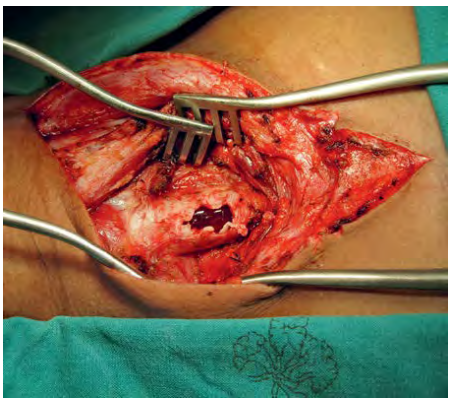
ほとんどの穿通性気道外傷は、臨床症状から明らかにそれとわかる。喘鳴やかすれ声、呼吸困難や喀血などの症状を伴う。喉頭の動揺性、気管変位や圧痛を認めることもある。傷口から泡沫を認めたり、皮下気腫が見られる場合もある。筋膜層の解剖構造により、気腫は縦隔、心嚢、胸腔に達し、極端な症例では頭皮から腹部まで及ぶこともある。

喉頭気管損傷がとても小さい場合（大抵は小さな破片外傷）、患者を頭低位かつ側臥位とする。これにより出血が口へと滴り落ち、吐き出すことができる。協力的な患者であれば座って吐き出させる。

気道障害を伴う気道損傷症例には、例外なく気道確保が必要である。しかし、挿管を行う際に、嘔吐や吐気のために凝血塊が剝がれて、出血を助長し、実施が困難となる場合がある。救急室のスタッフの熟練具合にもよるが、非常事態では、まず輪状甲状靭帯穿刺によって気道を確保し、その間に輪状甲状靭帯切開の準備をする。その後、様態が安定したら手術室で気管切開を行う（8.3.4 参照）。

輪状甲状靭帯穿刺は命を救い得る。

B. Sangthong / Songkla U. Hospital, Thailand



B. Sangthong / Songkla U. Hospital, Thailand

写真 30.7.1- 2
頚部銃創患者で、気管挿管がされた。

喉頭や気管に広範な外傷を受けた場合、外傷性に気管孔が形成されることがある。こうしたケースでは、一旦サイズの小さな気管チューブを創部から直接に挿入しておき、後日改めて気管切開術を行う。チューブ挿入時に気管裂傷を避けるために、裂傷部の末梢側に支持糸をかけておく。この支持糸は牽引や挿入時のガイドとしても役に立ち、挿入時の引き裂き損傷のリスクを低減する。チューブ挿入後は皮膚に固定しておく(写真 30.18.2 参照)。

動脈気管瘻のような重症かつ複雑な外傷の場合、救急外来での対応は非常に困難である。輪状甲状靭帯切開を置き、そこから気管チューブを挿入して、損傷血管部をバルーンで圧迫することがこの状況では最良と思われる。食道静脈瘤治療で用いる SB チューブ(Sengstaken-Blakemore tube)が手に入ればより有用である。

血腫による気管への外的圧迫には、気管チューブあるいは輪状甲状靭帯切開からの挿管が最良の対応である。

鈍的外傷では、嗄声や声質の変化、気腫、嚥下困難が存在しない場合には保存的に対応する。銃床の殴打による外傷では、ほとんどの場合舌骨・喉頭・輪状軟骨の骨折が存在するため、気道確保が必要となるケースがしばしばある。

30.5.3 呼吸・循環

肺尖部損傷やゾーン I の血管損傷では、緊張性気胸や血胸が起こる可能性があり、胸腔ドレナージが必要となる場合がある。

大量出血ほどではないが、活動性の外部への出血や射入創からの血泡を認めることがある。気管血管瘻では喀血を、食道血管瘻では吐血を認めることもある。拍動する、あるいは広がる血腫が認められ、軽い拍動を触知するケースもある。仮性動脈瘤や動静脈瘻では、脈と共に振戦を触知し、聴診で雑音を聴取できる。

頚部出血を疑った場合は、内頚動脈や浅側頭動脈の拍動を指で確認し、血圧は両上肢で測定すべきである。

ショックは出血性とは限らない。しかしながら神経原性ショックは頚部損傷では少なからず発生し、決して忘れてはならない(36.3.2 参照)。

点滴ラインは患側と反対の上肢、あるいは下肢にとる。頚部外傷症例の血管修復に伏在静脈グラフトを用いる可能性があることに気をつけておく。膀胱カテーテルを留置し尿量測定を行う。

30.5.4 身体障害

身体障害は、四肢麻痺や脳神経症状、腕神経叢損傷として現れる。感覚神経、運動神経と、脳神経の検査を行う。

頚動脈や椎骨動脈への損傷では脳虚血症状が現れることがある。即ち、片側不全麻痺、片麻痺、失語、意識レベルの低下である。中枢神経症状は、弾丸が頚動脈の近くを通ることによって引き起こされる、血管攣縮が原因ともいわれる。神経症状は時間と共に改善する。発射体による損傷では、その軌道や角度によって頭蓋骨内にまで損傷が及ぶことがあり、神経症状の原因が、脳外傷そのものという場合もある。

外傷に伴う神経所見

頚髄:四肢麻痺、神経原性ショック
頚神経叢:ホルネル徴候(眼瞼下垂・縮瞳・瞼裂狭小・無汗)
腕神経叢:上肢の感覚・運動障害
顔面神経(Ⅶ)・下顎枝:口角下垂
舌咽神経(Ⅸ):嚥下障害・嘔吐反射
迷走神経(Ⅹ)・反回神経:声の変化
副神経(Ⅺ):僧帽筋筋力低下
舌下神経(Ⅻ):舌偏位
頚動脈:片側不全麻痺

30.5.5 食道・臓器損傷

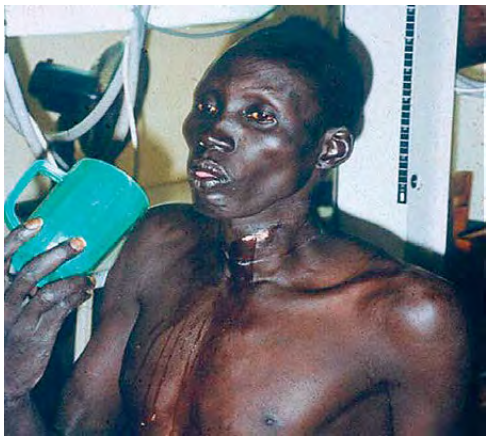
下咽頭外傷や食道外傷では嚥下障害や吐血、嚥下痛が現れることがある。この部位の外傷は、初期段階ではしばしば無症状のこともあるが、初期に臨床症状を欠いていても重篤な外傷が隠れていることはよくある。こういった症例の多くは喉頭・気管領域とも関連性があるため、気道障害を認めた場合は気道外傷を強く疑うべきである。遅発性の症状は、縦隔内にまで広がることもある瘻孔形成や感染によってしばしば複雑になる。

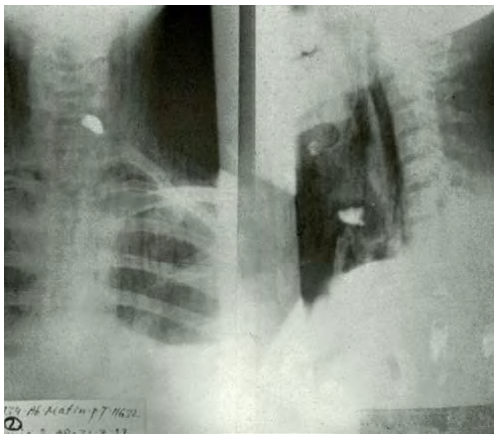
写真 30.8.1- 2
頚部前面の銃創で食道瘻となった症例。撃たれた際ギザギザの射出口が 2 か所でき、頚部は後傾した。血腫や気道損傷、感染は認めなかった。術前の経静脈的抗生剤投与が行われる。

E. Dykes / ICRC

E. Dykes / ICRC

写真 30.9.1- 2
晩期食道瘻。気道は無傷だが、水分摂取をすると頚部の孔から液体が滴り落ちている。レントゲン画像では残存する破片を認める。


ICRC


ICRC

左側の頚部外傷症例において、透明または乳白色の分泌物を認めた場合には、胸管損傷を疑う。甲状腺損傷では特異的な症状はない。

30.5.6 検査

血行動態が安定している症例では臨床検査を行う。頚部（正面、側面）・胸部単純レントゲン撮影は最低限行う。放射線不透過マーカーを射入創・射出創に置いて目印としておく。レントゲン所見からわかることは、気管偏位、皮下気腫、血腫を意味する軟部組織の腫脹、血胸・気胸、脊椎損傷、弾丸の有無、などがある。食道損傷がある場合は、喉頭後部のエアが唯一の所見である。

注:

撮影時に立位・座位で深呼吸をさせると、損傷血管に空気塞栓を起こす危険がある。撮影前には確実な気道確保と出血コントロールを行っておく。

手術室での喉頭鏡検査は通常可能であるが、血管造影、食道鏡検査（硬性/軟性）、透視検査は、できない施設が多い。

食道穿孔の有無を確かめるには、バリウムによる造影検査が最も適している。組織反応により縦隔炎を起こし得るという報告があるが、穿孔に対する手術を 2 時間以内に行うなら問題とならない。理論上、ガストログラフィン®などの水溶性造影

剤はさらに安全であるが、偽陰性・偽陽性が高率に起こる。造影剤がない場合の代替策として、希釈したメチレンブルーかゲンチアナバイオレットを患者に飲用させてもよい。

造影検査の代替手段:メチレンブルーを患者に飲用させる。

30.6 手術の決定

広頚筋までの表層外傷であれば、デブリドマン、徹底的な洗浄、迅速な一次閉鎖一期的閉創でよい。これは待機的一時閉創(DPC)を要しない例外のひとつである。

従来の戦傷治療では、広頚筋を貫通する創に対しては、臨床症状を欠いても全例に外科的診査を行っていた。この方針は、戦場の経験則に基づくところが大きかった。しかし、最近では、疫学の項で示したように、外科的診査による有所見率の低さから、頚部を横断する穿通創症例を除いて、保存的治療が選択されることが多い。

M. Della Torre / ICRC

写真 30.10
頚部表層外傷ー射入創・射出創ー呼吸困難症状や出血は見られない。デブリドマンと一次縫合で十分である。

ただし、この選択は低運動エネルギー外傷のみで、また、洗練された診断手段があることが前提である。資源の限られた状況で、あり合わせのもので外科医自身が動脈造影を行うこともある(24.4.2 参照)。保存的治療では繰り返し臨床検査を行う必要があるが、これは十分な数の医療スタッフを要する。高エネルギー発射体による外傷では、組織損傷が大きいため、保存的治療が選択されるケースは少ない。

ゾーンⅡ外傷

資源の限られた環境におけるゾーンⅡ外傷治療は、比較的正攻法なものとなる。すなわち、従来の戦傷治療プロトコル、「臨床症状がなくても外科的検索を行う」に立ち返った治療となる。出血や明らかな換気不良、拡大する皮下気腫を認めたら、直ちに治療を開始する。

ゾーンⅡ外傷:資源が限られた環境においては、wait-and-see(経過観察)よりも look-and-see(外科的診査)が安全である。

ゾーンⅠ・Ⅲ外傷

限られた資源の中で、ゾーンⅠ・Ⅲ外傷を扱う場合に、外科医は苦境に立たされることがある。こうしたケースは、臨床所見に乏しいことが多く、外傷部位を特定するためには高度な検査機器を要するためである。

活動性出血、巨大血腫、拍動性血腫は緊急処置が必要である。フォーリーカテーテルを挿入しバルーンを膨らませることは、一時的な止血手段として有用である。ゾーンⅢ外傷では胸鎖乳突筋をカテーテル周囲に広く縫合して閉鎖腔を形成し、タンポナーデ効果による止血に期待する。頭蓋底近くの高位ゾーンⅢ外傷では、経験豊富な術者でも外傷部へのアプローチが難しく、保存的治療を余儀なくされる。

出血は動脈結紮でコントロールできるが、リスクも伴う。いくつかの基本手術手技は創の検索にも有用である。特に症状がない場合には、外科医は保存的治療を好むことが多いが、経過観察や保存的治療は根治治療ではないため、リスクを伴う。また、観察期間が長くなると看護スタッフにも負担を強いる。どこまで積極的な治療を行うかは、外科医の経験と力量によって決まる。

30.7 術前患者管理

経鼻胃管の留置は、手術室で麻酔導入前に行う。留置によって嘔気が誘発されると、頚部主要血管の血餅が容易に剥がれてしまう。挿管するか、あるいは必要があれば局所麻酔下に気管切開を施行する。

体位は仰臥位とする。両腕は身体の横に付け、肩の下に小さく丸めたシーツを入れて頚部を伸展させる。頭はリング状のいわゆるドーナツ枕で固定し、対側に向ける。手術台はトレンデレンブルグ位とし、静脈損傷からの空気塞栓を防ぐ。

頚部は両側を、下口唇から上胸部まで消毒しドレーピングする。どちらか一方の下肢も、伏在静脈をグラフトとして用いる可能性があるため、消毒しておく。グラフトは、頚部血管との血管径を合わせるために、鼠径部より遠位から採取する。

ゾーン Ⅰ 外傷では、上腕と胸部全体を術野として消毒する。腕は身体の横に付けたり、外側に広げたりできるようにドレーピングする。腕を体に付けると、鎖骨下動脈の中枢側を鎖骨のレベルより頭側に押し上げることができる。腕を広げると、鎖骨下動脈末梢側と腋窩動脈領域の視野がより良好となる。

30.8 血管損傷に対しての外科的マネージメント

30.8.1 基本原則

第 24 章 6 で述べたように、血管修復が不可能であれば、結紮が最も容易かつ確実な止血方法である。頚部は、結果として起こる虚血に関するふたつの極端な例がある。外頚動脈は全く問題なく結紮してもよいが、腕頭動脈は結紮してはならない。

> 2 つの両極端な例：外頚動脈はいつでも結紮可能であるが、腕頭動脈は結紮してはならない。

すべての血管外科は、病変の近位と遠位にいかに適切に到達するかが、仕事の大部分を占めるといってよい。頚部の病変においては、このいかに適切に到達するかは、切開のやり方によって簡単にも難しくもなる。一般外科医は必要な解剖に精通しておかなければならない。

> 重要血管から大量出血があっても慌てない。

血腫を取り除く時には常に注意を払うべきである。なぜなら、不要な操作は主要血管の損傷につながるからである。四肢外傷においては、検創前に受傷部の近位側と遠位側の血管を確保し、クランプを行うことで血腫をコントロールできる。しかし頚部・体幹では診査前にクランプを行うことがいつも可能というわけではない。創を検索中に大量出血がみられた場合、切り抜ける秘訣は、「急がず、慌てないこと」である。ガーゼによる直接圧迫で通常止血が得られる。外科医は一旦手を止めて、麻酔科医が必要な蘇生・輸液等、当座の状況に追いつくのを待つ。受傷部の近位側と遠位側の血管が確保できれば急場はしのげる。状態が落ち着いてから、血管結紮術や血管修復術を行う。主要動脈の一時的シャント形成術を行うことにより時間が稼げる。(24.8 参照)

> 一時的シャントが命を救う。

動脈形成の手順として、血管吻合前に希釈ヘパリンを損傷部の遠位側血管に注入しておく。総頚動脈あるいは内頚動脈をクランプしなくてはならない場合は、全身状態が許す場合に限り、例外的に 5,000～10,000IU のヘパリンをボーラス投与する。血管再建のより詳しい記載は第 24 章に譲る。

頚部の血管再建術後は、どのゾーンであっても、ドレーンを24時間留置する。頚部という狭い閉鎖腔内では、血腫が気道に影響を及ぼし得るため、気管切開を行っていない場合には特に気をつける。

受傷部位によって異なる切開が必要となる。綿密な臨床所見から、外傷の主座がどのゾーンにあるかを判断する。

30.8.2 ゾーンⅠ外傷へのアプローチ

ゾーンⅠ外傷における血管の同定作業は、血管結紮や修復自体よりも困難である。局所出血(外出血・血腫・仮性動脈瘤、動静脈瘻)を呈することもあれば、胸腔内出血に及ぶ場合もある。それ故、頚部は胸部と頭部の「接合部」といえる。(D.6 参照)

腕頭・鎖骨下・腋窩動静脈損傷は直接縫合、あるいは静脈グラフトによる再建が可能である。鎖骨下動脈・腋窩動脈は再建が不可能であれば結紮してよい。通常は側副血行路が豊富なため、合併症は少ない。

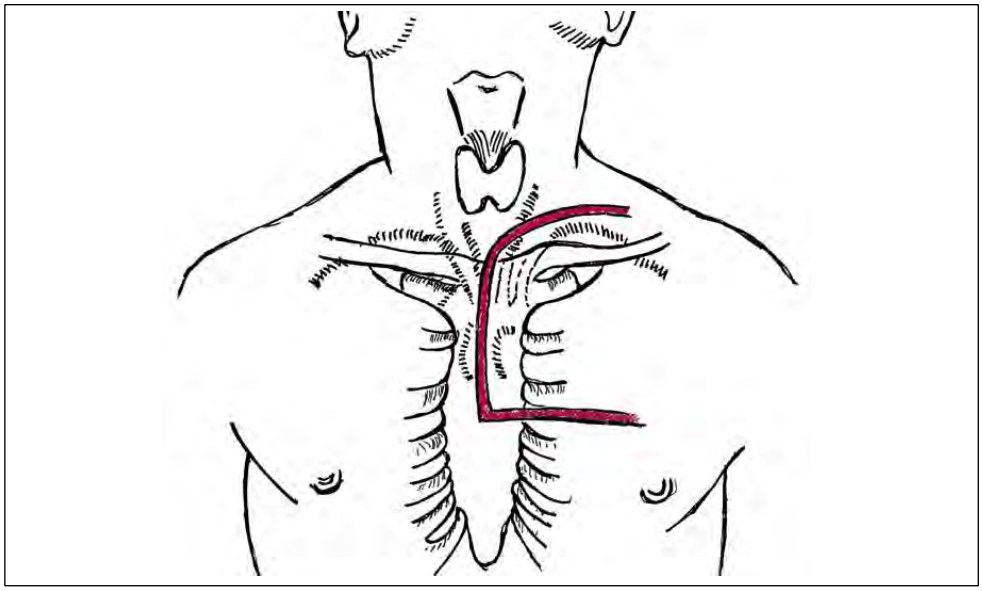
腕頭動脈は修復再建が必要である。
鎖骨下、腋窩動脈は結紮が可能である。

鎖骨下動静脈遠位部及び腋窩動静脈

鎖骨下動脈の遠位部 2/3 領域、あるいは腋窩動脈の近位側領域において、出血をできるだけ近位側でコントロールするためには、まず上肢を体側に付けた体位を取り、鎖骨上切開を行う。胸鎖乳突筋と前斜角筋を鎖骨付着部で分離する。斜角筋上を通る横隔神経は温存する。鎖骨は、必要であれば中央 1/3 で切断するか、骨膜下で部分切除する。この部分は側副血行路が発達しているため、遠位側から出血が持続する。遠位側のコントロールは上肢を外転させ、大胸筋と小胸筋の間を上腕骨付着部まで分けると共に、三角胸筋溝を剥離開排して進める。

腕頭動脈と鎖骨下動静脈近位部

腕頭動脈と鎖骨下動静脈起始部の外傷では近位側で血管を確保するためには胸腔内操作が必要となる。「Trapdoor(跳ね上げ戸)切開」が好まれる。



N. Papas / ICRC

図 30.11
Trapdoor 切開。胸骨柄切開を側方に延長する。胸骨柄と胸骨の一部を、正中線でハンマーや骨ノミで割る。そして切開を第 3 肋間に沿って外側に伸ばす。一方、頭側では鎖骨上切開につなげる。これでフラップは跳ね上げ戸(trapdoor)のように折りたためるようになる。鎖骨は切断する場合もある。

代替方法としては、右腕頭動静脈や左内頚動脈を処理する際には、胸骨正中切開を胸鎖乳突筋切開のように頚部に伸ばす方法がある。鎖骨下動静脈近位部を処理する際には、鎖骨上切開を加える。胸骨正中切開については付録 31.C で述べる。

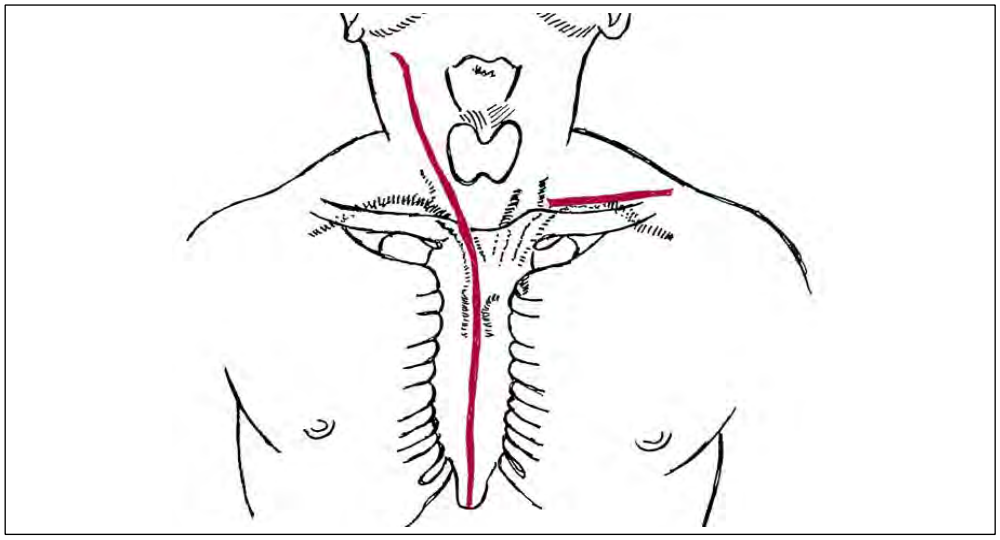


図 30.12
左鎖骨上切開、及び胸骨正中切開＋右胸鎖乳突筋切開（写真 30.13.1 参照）

縦隔を開けたら、鎖骨下動静脈・腕頭動静脈からの出血は胸鎖関節後面の血管束を指でつまむことでコントロールできる。それを助手に維持させ、時間を稼ぐ。前述の方法で頚部を開き、遠位側の静脈出血をコントロールする。また、内頚静脈近位側や鎖骨下静脈近位側からの出血をコントロールするために、頚部と、鎖骨上窩を開けて遠位血管のコントロールを行う作業はしばしば時間のかかる作業となる。

血胸を伴う頚部外傷

頚部外傷に血胸を合併している場合、開胸は患側の第 4 肋間前胸部で行うのが最もよい。ガーゼを肺尖部に押し当てて圧迫する。これを助手の片手で押さえさせ、もう一方の手で鎖骨上窩を押さえさせるか、あるいは大きいサイズのフォーリーカテーテルを創部から挿入し、膨らませる。出血は回収し、自己血として輸血する（第 34 章を参照）。

損傷した胸管は結紮する。

30.8.3. ゾーンⅡ外傷へのアプローチ

頚部外傷の多くはゾーンⅡで起こるが、幸いにもこの領域へのアクセスは最も容易である。胸鎖乳突筋前縁切開を置くと、頚動脈鞘、下咽頭、食道、気管側面・後面へのアクセスがしやすい。胸鎖乳突筋を外側に牽引するか、あるいは胸骨鎖骨の付着部を剥離して後方へ翻転することで良好な視野が得られる。また、両側の胸鎖乳突筋切開に横切開を加えれば、大きな広頚筋フラップを形成することができ、これにより両側の損傷部、とりわけ喉頭や食道領域でよりよい視野が得られる。

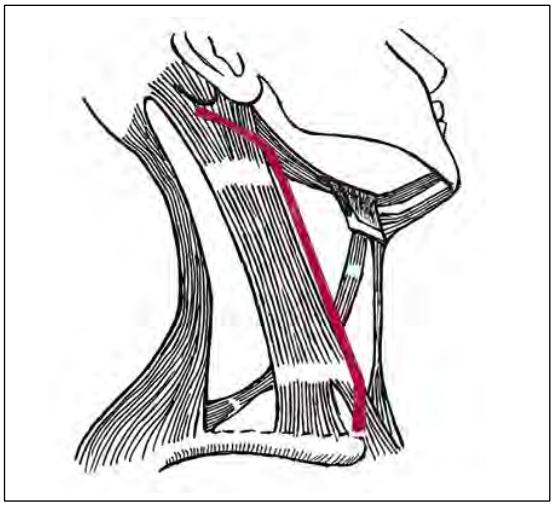


図30.13.1
胸鎖乳突筋前縁切開

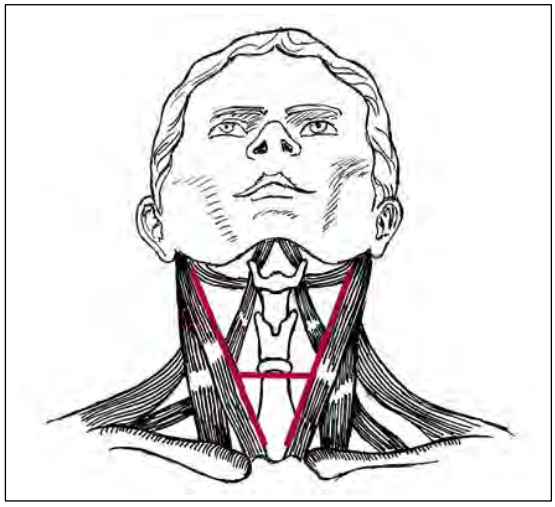


図 30.13.2
両側胸鎖乳突筋切開＋横切開

内頚静脈

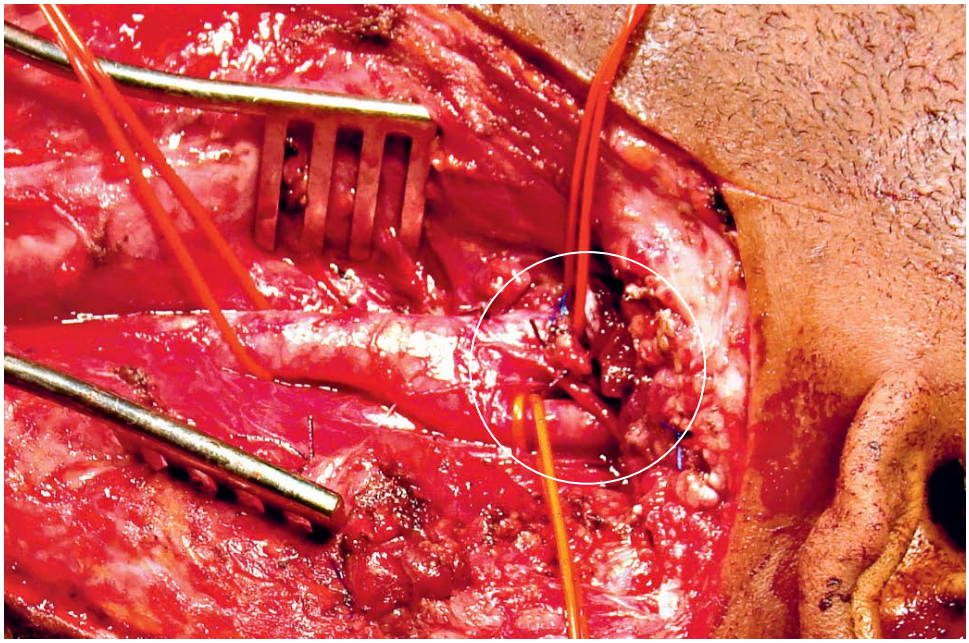
内頚静脈損傷では患者の頭部を心臓より低く保ち空気塞栓のリスクを減らす。可能であれば修復するが、そのために多大な労力をかけるべきではない。刺入結紮で十分である。両側損傷の場合には少なくとも片方は修復するように試みるべきで、両側とも結紮してしまうと合併症と死亡率が著しく増加する。

外頚動脈

外頚動脈とその分枝は両側損傷であっても問題なく結紮できる。

総頚動脈・内頚動脈

総頚動脈・内頚動脈の血管修復は、患者に脳神経所見の異常がみられない場合においてのみ施行する価値がある。脳神経に軽度の異常所見があり、動脈に逆行血流を認める場合には、修復か結紮を行ってもよい。逆血がない場合は、脳虚血を防ぐには遅すぎ、単純に結紮した方がよい。手術時間と患者の年齢を考慮して手術に臨む。総頚動脈の修復は、直接吻合か静脈グラフトを用いて行う。外頚動脈を犠牲にして、側面パッチの素材として用いることが可能である。術後脳梗塞はよくある合併症であり、術前にショックを認めた症例や、神経学的異常所見があった症例では死亡率が高くなる。



F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 30.14
頚動脈分岐部の損傷の修復。

神経学的所見がない場合、頚動脈は修復すべきである。
すでに神経所見に異常があり、逆血がある場合には結紮することも可能である。
逆血がない場合、単純に結紮する方がよい。

頚動脈と頚静脈の損傷が同時にみられる場合、まず動脈を修復して、脳への灌流を確保する。頚静脈は 1 本あれば脳からの流出路としては十分である。

30.8.4 ゾーンⅢ外傷へのアプローチ

胸鎖乳突筋前縁切開を、可能な限り頭側まで伸ばす。この際、顔面神経下顎枝を避けるために、乳様突起を越えて後方へ弧を描くように皮切する。内頚動脈の遠位側を頭蓋底まで露出するには、顎関節を外すか、下顎骨を下顎関節直下で切断する必要があるが、術後に偽関節を形成することがある。胸鎖乳突筋の乳様突起付着部の剥離を加えてもよい。

ほとんどの症例では、内頚動脈を遠位部で結紮することが最善の止血法で、患者と外科医はその結果起こる脳神経障害を受け入れなければならない。結紮すべき頚動脈遠位部が頭蓋底に近く、短すぎる場合には、損傷部位に骨蝋を詰め

込んでおく(戦傷外科で骨蝋使用が許されるまれなケースのひとつ)。フォーリーカテーテルを挿入して、一時的なタンポナーデが得られることもしばしばある。

30.8.5 後頚三角:椎骨動脈

幸運にもほとんど受傷することはないが、後頚三角領域の椎骨動脈へのアクセスは非常に困難で、とりわけ第 1-6 頚椎横突孔へのアプローチは難しい。急性期の止血処置は、受傷部位の如何によらず、タンポナーデ止血が選択されるが、ほとんどの症例で血栓を併発する。24～48 時間後にタンポナーデを解除した後は、すべきことはほとんどない。再出血を来した場合には、横突孔に周囲の筋肉片あるいは骨蝋を当てて圧迫する。

30.9 喉頭気管損傷の外科的マネージメント

喉頭気管損傷では最大 50%で咽頭・食道損傷合併がある。気道損傷では適切な検創が必要である。食道気管瘻は修復すべきである。

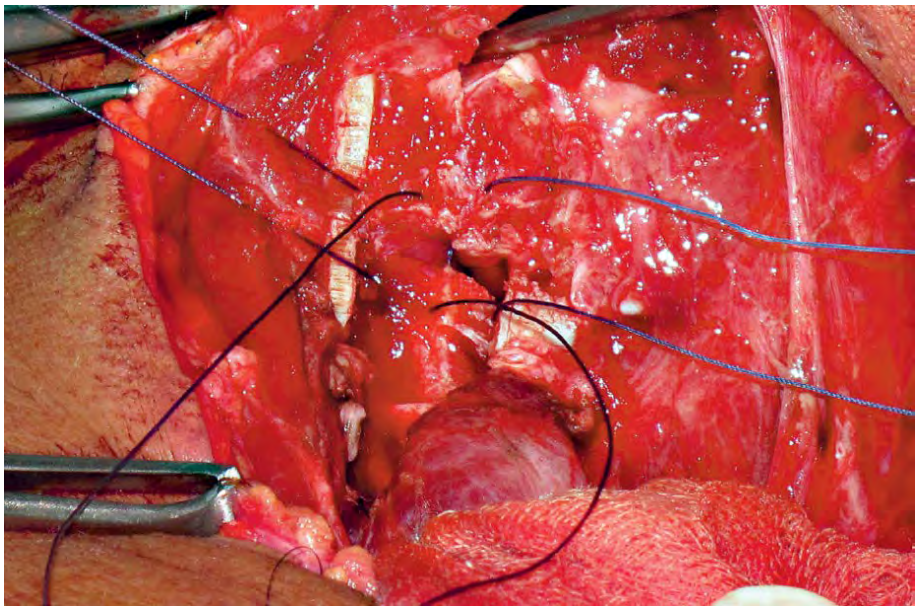
30.9.1 外科的アプローチ

正中切開は、小さな合併症のない損傷にのみ用いる。これ以外の外傷での喉頭・気管へのアプローチは、通常両側胸鎖乳突筋切開に横切開を加えることにより容易かつ適切に行える。

30.9.2 喉頭損傷

遠位側での気管切開が必須である。損傷が小さければ、デブリドマンを行ってから粘膜と軟骨を吸収糸で縫合閉鎖する。結び目は喉頭の外側に置く。輪状軟骨損傷の場合は、第 1 気管軟骨の周囲組織を寄せて欠損部を閉鎖する。気管チューブなどをステントとして 14 日間留置して喉頭狭窄を防止する。

写真 30.15
喉頭損傷の修復



ICRC

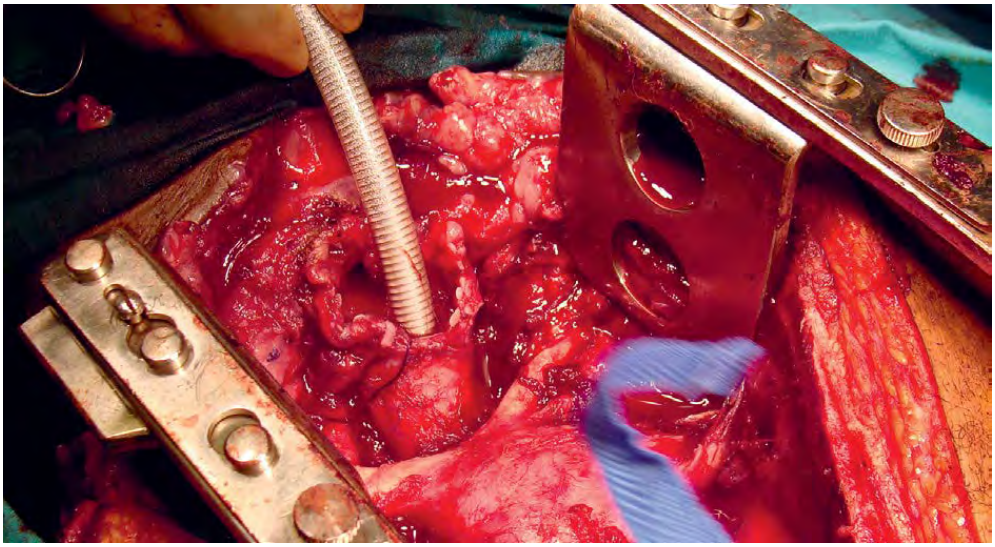
喉頭骨の大きな損傷や声帯麻痺は、後に喉頭狭窄のような多くの外科的問題を引き起こす。気管切開により気道確保ができたら、一旦その状況でよしとし、可能な限り喉頭骨を閉鎖するのが賢明である。待機的再建・修復術は、耳鼻咽喉科専門医に任せるべきである。

喉頭の待機的再建、修復は専門医によって施行されるべきである。

30.9.3 気管損傷

前壁の小さな損傷であれば、その部位に気管切開をおき、浮腫改善までチューブを留置しておく。その後チューブを抜去すれば創は自然閉鎖する。

外周の 40%以下の損傷であれば直接修復が可能である。辺縁の粘膜と軟骨は最小限のデブリドマンを行い、粘膜を吸収糸で縫合する。前述したように結び目は気管の外側に置く。軟骨縫合は、損傷部の上下の気管軟骨を含むように縫合する。その後、遠位側に気管切開を施行する。



F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 30.16
修復前に気管損傷部位から挿管する。

外周 40%を超える大きな気管裂傷は、創部分の気管を切除し、気管チューブをステントにして、一期的に吻合を行う。この際、気管前後面を授動する(気管の血流は左右から供給されるため、側面は剥離しない)。大きな欠損は有茎骨膜フラップを用いて被覆する。胸鎖乳突筋鎖骨脚の鎖骨付着部を、骨膜ごと剥離切除することで同部の骨膜を採取し、これを有茎骨膜フラップとして用いる。気管切開を遠位側で施行して手術を完了する

30.9.4 鈍的外傷

銃床による強い殴打は、喉頭あるいは軟部組織の血腫、喉頭軟骨の脱臼骨折を招くことがある。すぐに喉頭閉鎖を来すことはないかもしれないが、そのリスクは常に存在する。注意深い観察が重要で、緊急の輪状甲状靭帯切開が必要となる場合もある。綿密な観察が行えない場合には、一時的に気管切開をおくことが最良かつ賢明な選択となる。

30.9.5 その他の組織損傷

甲状腺損傷は最小限のデブリドマンと被膜縫合を行う。すべての甲状腺手術と同じく、副甲状腺と反回神経を傷つけないように注意する。

30.10 咽頭食道損傷の外科的マネージメント

咽頭喉頭・頚部食道損傷では唾液による頚部組織全体の汚染が起こりやすい。引き起こされた感染が下降し、致死性の縦隔炎を引き起こすこともある。汚染拡大を予防するために、可能な対策はすべて試みるべきである。

30.10.1 局所へのアプローチと手術診断

頚部深くにある損傷部位にアプローチするためには、両側胸鎖乳突筋切開と横切開を行って、広く術野を確保することが必要である。食道周囲にフォーリーカテーテルやペンローズドレーンを通しておけば、翻転させて全周を十分にチェックすることができる。

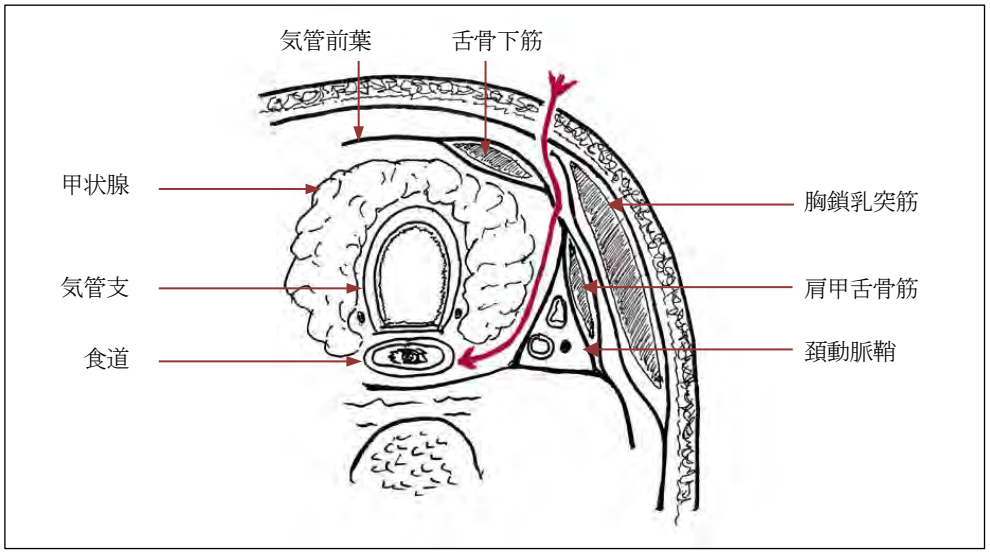


図 30.17
頚部食道の外科的アプローチ

咽頭食道損傷では臨床症状に乏しいため、受傷部位がはっきりわからないこともある。食道周囲の小さな血腫が唯一の所見であることもある。食道損傷の見落としによる合併症は、急性期以降における頚部損傷の死亡原因の主たるものである。

食道損傷の見落としは、急性期以降における頚部損傷の主要死亡原因である。

射入創、射出創に対しては注意深い検索が必須であり、穿孔創が奇数個であれば外科医は常に疑わねばならない(訳注:貫通創では通常入口と出口で偶数個になる)。食道損傷部を同定するための単純な方法は、バリウムあるいはメチレンブルー、ゲンチアナバイオレッドで局所を染めることである。他には、食道遠位部を指でつまんでおいて、術野に生理食塩水を貯め、経鼻胃管から空気を送って漏れを確認する方法がある。

30.10.2 修復

咽頭・食道損傷部の創縁は丁寧にトリミングし、周囲の壊死・汚染組織は切除する。

下咽頭の一次修復は可能であれば実施する。できない場合は、咽頭皮膚瘻と食道瘻造設術を実施すべきである。

小さな食道裂傷は直接縫合する。裂傷が大きい場合は、縫合部に緊張がかからないように、縫合の前に食道を授動する。後咽頭腔の続きである食道後面の疎性結合組織を丁寧に鈍的剥離しておくと、吻合の際に数cmの長さの余裕ができる。食道損傷部は2層で閉鎖する。食道には漿膜がないため、周りの適当な筋肉を授動して、縫合部を覆うようにする。舌骨下筋が薄すぎる場合には、胸鎖乳突筋近位端か遠位端を骨付着部からはずし、翻転して被覆に用いる。この操作は、気管食道瘻修復の後、食道損傷部位と気管を分ける時に特に重要である。

食道修復部の被覆や、気管食道瘻修復後の両者の分離には、周囲の筋組織を授動して用いる。

修復部を被覆した筋肉に柔らかいペンローズドレーンを置き、創部は開放のままとし、3 日後に待機的一時閉創(DPC)を行う。食道からのドレナージは修復手技よりも重要である。漿膜がないために縫合不全が非常に発生しやすく、続く頚部蜂窩織炎は、縦隔炎や膿胸、敗血症を容易に引き起こす。

食道のドレナージは修復手技より重要である。

術後 7～10 日間は縫合部を安静に保ち、経鼻胃管か胃瘻あるいは空腸瘻で栄養を入れる。その後縫合不全を示唆する所見がなければ、メチレンブルーかバリウムを服用させて漏れの有無を確認する。縫合不全がなければ経口摂取を開始するが、さらに 2 日間ドレーンを留置しておき、漏れがないか確認をする。漏れがあった場合にはドレーンは残しておく。瘻孔は通常小さいため、時間と共に自然に閉鎖する。局所炎症が治まれば再手術は必要ない。

授動しても修復できないほど大きな食道損傷の場合には、頚部瘻と食道瘻を造設し、後日に閉鎖を試みる。T チューブを食道に留置して太い縫合糸で固定し、唾液をドレナージする。これも緊急ダメージコントロールのひとつにあたる。

気管と食道の両方の修復が困難な場合には気管修復を優先する。食道は後日、代替器官で置き換えることが可能であるが、気管はそれに代わるものがないからである。

30.11 術後管理

患者は半座位を保つ。気管切開部の注意深い観察と、頚部損傷に特有の合併症を見落とさないように目を配ることが重要である。

・血腫
・閉鎖組織内の血腫による気道圧迫
・気胸
・食道損傷の見落としと唾液瘻
・感染
・胸管損傷と乳糜胸、リンパ瘻

プロトコルに沿って抗生剤投与を行う。気道あるいは消化管損傷であれば、アンピシリンとメトロニダゾールを用いる。血管損傷のみの場合はペニシリンを単剤投与する。破傷風対策は全例で必須である。

患者の栄養管理は、経鼻胃管や胃瘻・腸瘻を用いて適切に行う。肺理学療法は重要で、特に気管切開症例に対しては必須である。

30.12 気管切開

気管切開については本書でしばしば記載している。これは資源の限られた環境では非常に有用な手技であるが、その重要性は過小評価されている。気管切開により150mLの死腔が減少し、酸素・二酸化炭素の換気がより効率的となる。重症頭部外傷や肺損傷、破傷風患者にはよい治療法であり、顎顔面外傷や頚部損傷の管理においては必須手技である。適切なケアを行うことができれば、患者管理がより容易となる。

気管切開は人工呼吸器治療に代わるものではないが、人工呼吸器が手に入らない環境では最良の治療法である。人工呼吸器のある病院でさえ、ほとんどのプロトコルは、2～3 日から 1 週間ほどで気管内挿管から気管切開へと変更するようになっている。

注:

技術的には気管を切開することを「tracheotomy（気管切開術）」といい、人工的に気管孔を形成することを「tracheostomy（気管形成術）」という。しかしながら記載者によって「tracheotomy」は切開部を皮膚に縫い付けていないこと、「tracheostomy」は切開部を皮膚に縫い付けること、と区別していることがある。あるいは「tracheotomy」は一時的なもの、「tracheostomy」は永久的なものとしている。

本書では「tracheostomy」という用語を、皮膚への縫合固定の有無にかかわらず用いているが、看護ケアが制限されている状況では、気管切開縁を皮膚固定することを推奨する。これによって、チューブの位置が動いたり、不注意なチューブ抜去などによる致命的な事故を避けるためである。

気管切開には様々な方法があるが、どれも概ね洗練された手技であり、待機的に行う手法である。シンプルな緊急気管切開では、頚部を後屈させ、両肩の間に枕をおき、縦切開を行い、甲状腺峡部の下方で気管に到達する。慣れた術者にはこれが迅速で比較的出血が少ない。舌骨下筋を鈍的剥離で左右に分け、必要があれば甲状腺峡部を上方へ牽引する。単純な切開か逆 U 字切開を 1～2 気管軟骨の距離で行う。切開前に、吸収糸を切開予定部の遠位側の気管軟骨にかけておく。これは、開窓部の保持とチューブ挿入時に遠位側気管支の裂創を避けるためで、その後この糸を皮膚へ縫い付けて固定する。

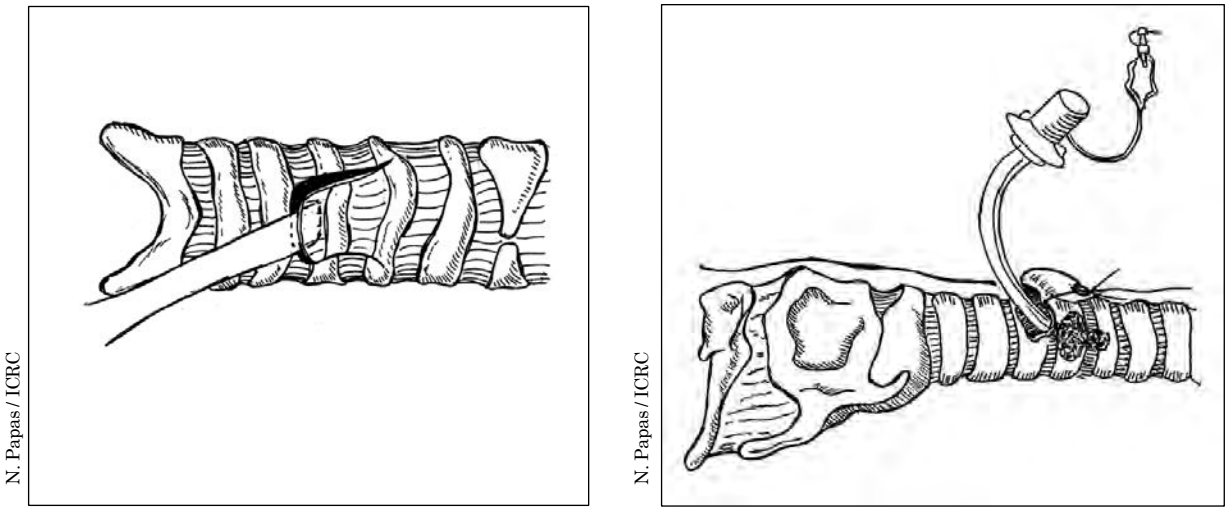


図 30.18.1- 2
U 字フラップ法と遠位側縫合糸。遠位側縫合糸は外傷による気管切開施行時でも同様に置く。

2 種類の気管切開用チューブがあり、サイズは様々なものがある。バルーンのついた使い捨てタイプと、化学合成物あるいは金属製で内筒・外筒の 2 筒式のものがある。2 筒式のチューブは内筒を外して洗うことができる。このタイプは長期間の気管切開管理を要する患者や、強い浮腫がありチューブの再挿入が困難である場合に適している。

30.12.1 気管切開部のケア

合併症を避け、治療のメリットを最大限に高めるためには適切な看護ケアが必要である。

・気管切開部周囲の皮膚から、乾燥した分泌物を常に除去しておく。濡れたガーゼでそっと拭き取るだけで十分である。
・特殊フィルター（人工鼻）があれば用いる。これが入手できない場合には、生理食塩水で湿らせたガーゼで気管切開周囲を覆っておく。
・酸素は加湿する。
・気管カニューレのバルーンは日に数回萎ませて、バルーン圧による気管壊死と狭窄を防ぐ。気管切開部が安定してきたら萎ませたままにする。
・内筒は日に 2 回、生理食塩水と重曹を用いて洗浄し、粘稠な分泌物を取り除き、軽く消毒する。

呼吸音に異常があれば分泌物が貯留している可能性があるため、ゆるく吸引する。次のような手順で行う。

1. 吸引前に 7～10mL の生理食塩水と重曹の溶液を注射器で気管内に注入し、湿度をあげて分泌物の分解を助け、咳を促進する
2. 吸引カテーテルを 2 本の指で捻って吸引を停止させておき、気管チューブからできるだけ奥まで挿入する。
3. 指を緩めて捻りを解除し、カテーテルをやわらかく回してゆっくりと引き上げながら吸引を行う。
4. すべての分泌物がなくなるまで数回繰り返す。

十分な量の使い捨て吸引カテーテルがあるならば、毎回新しいものを使用する。そうでない場合には、カテーテルを洗った後に、消毒液の入った瓶に浸しておく。

適切な肺理学療法と呼吸訓練により、分泌物を取り除き、沈下性肺炎を防ぐ。臨床症状が許せば離床を進めていく。

Part D

体幹

D 体幹

D.1 はじめに 373

D.2 疫学 373

D.3 胸腹部損傷 374

D.4 横隔膜損傷 376

D.5 体幹部を横断する創傷 377

D.6 接合部外傷 377

D.7 一般外科医と胸部：心理的隔壁 378

基本原則
体幹部の銃創は外科的難題である。
胸腹部損傷症例は全例、麻酔前に胸腔ドレーンを挿入すべきである。
胸腔内処置と腹腔内処置のどちらを優先するかの決定は困難である。
胸部手術を胸部外科医だけの「聖域」とすべきではない。

D.1 はじめに

体幹部は、胸部、腹部、骨盤部によって構成され、臀部もこれに含まれる。体幹部における貫通銃創は、2 つ以上の体腔を巻き込みやすく、むしろそれが普通である。横隔膜の動き、つまり吸気時か呼気時かによって胸部の範囲はかなり異なる。従って、射入創を「胸部」に認めても、同時に腹部損傷を伴うケースは多々ある。乳頭部から鼠径部及び大腿近位部までの範囲に貫通創を認めた場合は、必ず腹腔内損傷の併存を疑う。

単一の弾丸が、横隔膜を通過して胸部と腹部の両方を損傷し得ること、また複数の銃創、特に複数の破片による創傷は横隔膜を損傷せずに両腔に傷害を及ぼす可能性があることを外科医は常に考えなくてはいけない。

F. Plani / ICRC

写真 D.1
複数の破片による創はしばしば臨床診断を難しくする。

R. Coupland / ICRC

写真 D.2
背部の観察も忘れてはならない！

D.2 疫学

統計によると、胸部及び腹部の外傷は全体の 6-15%を占める（表 5.6 参照）。胸部外傷の 40%に腹部外傷を伴う。近年の紛争から、防具着用を義務づけていない地域の戦傷事例を表 D.1 にまとめた。

紛争／原著	胸腔内損傷 (n=患者数)	胸腹部創	他の合併損傷*
米国-ベトナム戦争(1968～69 年) McNamara ら、1970	547	34%	85%
イスラエル-エジプト、シリア(1973 年 10 月) Levinsky ら、1975	42	21.5%	14%
チャド(1980) Dumurgier ら、1996	56	12.5%	≈50%
イスラエル-レバノン(1982 年 6 月) Rosenblatt ら、1985	64	42%	>40%
レバノン市民戦争(1969～82 年) Zakharia ら、1985	1,992	12.6%	10%
ICRC(レバノン市民戦争 1976 年) Kjaergaard,1978	44	31.8%	≈25%
ベルファスト(1969～76 年) Ferguson＆Stevenson,1978	100	31%	25%
ベルファスト(1969～88 年) Gibbons,1989	430	29%	≈40%
ソビエト連合-アフガニスタン(1981～84) Roostar,1996	1,314	29%	19%

*脊髄損傷を含む
表 D.1　胸腹部創及び他の合併損傷の頻度。出典は第 31 章の全引用文献の参考文献一覧に記載。

D.3 胸腹部損傷

すべての胸腹部外傷症例に対して、開腹術の前に胸腔ドレーンを挿入するべきである。

胸腹部外傷症例における胸部外傷に関しては、通常は閉鎖式胸腔ドレーンの挿入によって管理できる。一方、腹部外傷については、開腹術が必要となる。これらの戦傷による死亡は、まずい開腹術によるものではなく、腹部損傷の見逃しに起因する。胸部外傷に対する最も一般的な手術は、肋間より胸腔ドレーンを挿入した後の開腹術であるといわれている。胸腔ドレーンは常に開腹術の前に留置する。ただし、開胸術と開腹術の両方が必要な患者もおり、この場合、開胸創と開腹創は別に設けるのが標準的な手技である。

写真 D.3
実施すべきではない開胸開腹法：開腹創が正中ではなく傍正中になされ、さらに前下部開胸創へとつながっている。この切開創は外傷外科では、ほとんど用いられない。

J.S. Munch / ICRC

もし、試験開胸及び試験開腹の両方が必要な場合、可能であればそれぞれの切開は別に設ける。

開胸と開腹の両方が必要な場合、外科医はどちらを先に行うかを決定しなくてはならないジレンマが生じる。決定が容易な症例もあるが、困難な症例もある。このような場合、麻酔科医に相談し協力を仰ぐことが、優先順位を決定する上で不可欠である。

開放性胸部外傷(open sucking chest wound)を認めた場合、肺機能を確保するために直ちに創を閉鎖し、胸腔ドレーンを挿入する必要がある。重篤な腹腔内出血を伴う場合は、胸部創を創傷被覆材を用いて一時的に閉鎖し、開腹にあたる。麻酔科医は、緊張性気胸の有無と、酸素飽和度などを十分に観察しなくてはならない。こうしたケースでは、治療の方向性が比較的わかりやすい。

胸腔ドレーン内に血液を認めることが、試験開胸、あるいは試験開腹を行う理由となるか？　胸腔内出血と腹腔内出血では、どちらの方が致死性が高いのか？　どちらの腔から始めるべきか？　胸腔ドレーン内の血液は本当に胸腔内からのものか？腹腔内からの出血が、横隔膜の孔を通じて流入している可能性はないか？　開胸術に踏み切った際に、外科医は、左胸腔に入り、胸腔内容の観察と、必要なら下行大動脈のクランプをする準備をしておかなければならない。胸部創から大動脈をクランプした場合、これを解除する前に、新たに開腹して腹腔内に出血源を探す必要がないか、腹腔内のダメージコントロール処置を行う必要がないかどうかを評価しておく必要がある。

胸腔ドレーンからの出血がほとんどないにもかかわらず、血圧が維持できない状態を考えてみる。先に開腹術を行って、明らかな出血源を見つけられなかった場合にはどうすればよいか？　胸腔ドレーン先端の位置は適当か、ドレーンが屈曲していないか、凝血塊による閉塞はないか？　心タンポナーデによる血圧低下ではないか？　あるいは、神経学的ショックの可能性はないか？

こうした問題を経験することはよくある[1,2]。胸腹部外傷症例では、臨床所見だけでなく、胸腔ドレーンや中心静脈カテーテルから得られる情報も、不確実で間違いを引き起こしやすい。患者の呼吸状態が悪い場合は、腹部の臨床所見ははっきりしないことが多い。

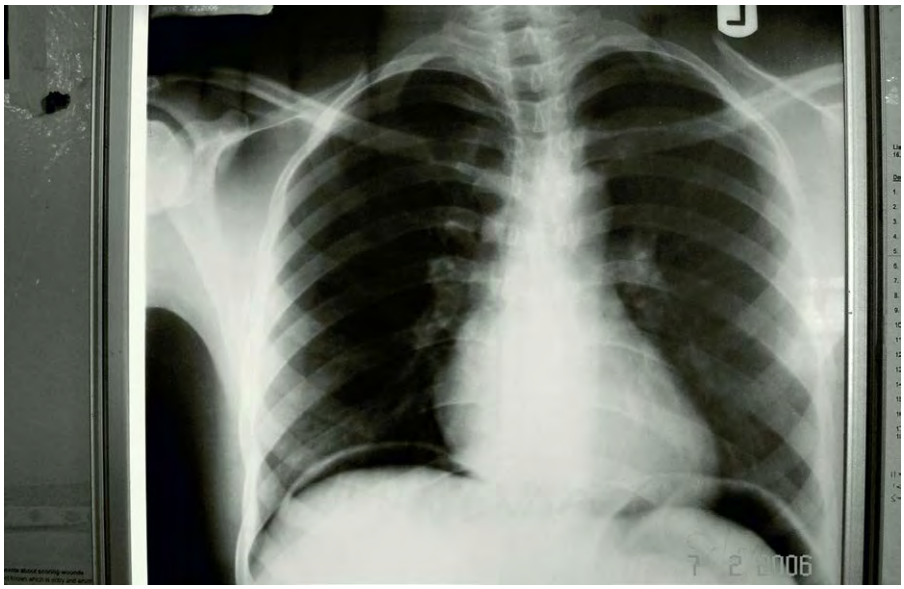
開胸、開腹の連続手術という不適当な選択をされる頻度は、胸腹部外傷を負ったと推定される血行動態不安定症例の25～45%に達する。したがって、こうした手術に際しては、外科医は開胸及び開腹の両方を行えるよう、消毒、準備をしておく必要がある。時には現行の手術を中断して、別の腔の手術へ術式を変更する覚悟もしておかなくてはならない。2か所以上から同時に出血しているケースでは、簡潔な開胸術から簡潔な開腹術へ「ジャンプ」し、一方の腔からもう一方の腔にとりかかるまでの時間を短縮するために、ダメージコントロール処置のみを行うこともある。

外科医は柔軟でなければならない。出血源をコントロールするためであれば、時には現行の手術を中断し、大きく術式を変更する覚悟をしておかなければならない。

1. Hirshberg A, Wall MJ Jr, Allen MK, Mattox KL. Double jeopardy: thoracabdominal injuries requiring surgical intervention in both chest and abdomen. J. Trauma 1996; **39**: 225-231.
2. Asensio JA, Arroyo H Jr, Veloz W, Forno w, Gambaro E, Roldan GA, Murray J, Velmahos G, Demetriades D. Penetrating thoracoabdominal injuries: ongoing dilemma-which cavity and when? World J Surg 2002;**26**:539-543

D.4 横隔膜損傷

写真 D.4
両側の横隔膜ドーム下にフリーエアを認める胸腹部外傷例

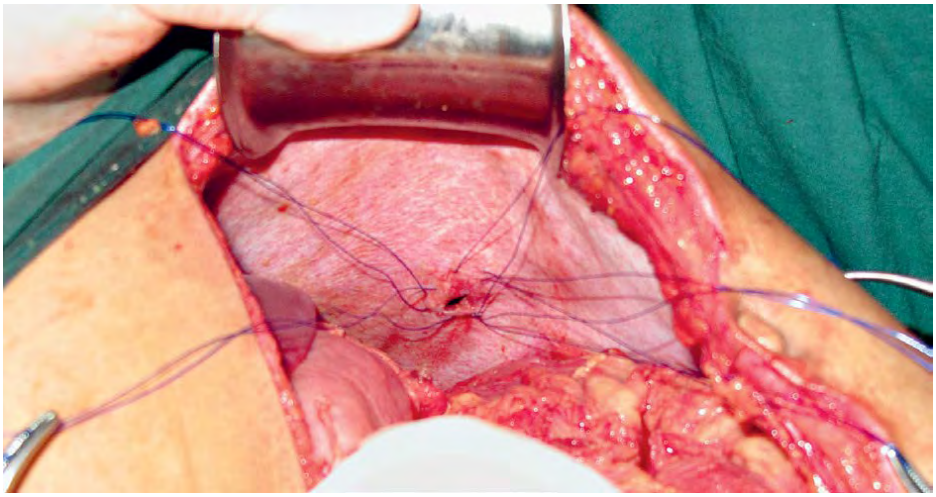


ICRC

胸部と腹部の両方に単一の発射物外傷を認める場合は、必然的に横隔膜損傷がある。欠損が大きいと腹腔内臓器が胸腔内に入り込むが、これは鈍的外傷の際により起こりやすい。もっと重要なのは、穿孔した腸管から漏れた腸内容物が胸腔内に入った場合で、腹腔内損傷を適切に処置した後に胸腔内を十分に洗浄しなくてはならない。横隔膜穿孔部を見落とすと、開放性胸部外傷(sucking chest wound)となり、緊張性気胸につながる可能性のあることを忘れてはならない。背側の肺溝領域にある小さい横隔膜穿孔は見落とされやすい。

横隔膜穿孔部は、太い非吸収糸で注意深く閉鎖されなくてはならず、裂創部の両端に支持糸を置いて牽引しながら縫合するとよい。小さい穿孔は、連続縫合で閉鎖してもいいが、大きい裂創の場合は、水平マットレスによる結節縫合を行い、遅発性の横隔膜ヘルニアに至る筋性裂傷や筋虚血を防ぐ。外科医によっては、最初に連続縫合を行い、それから結節縫合を追加して 2 層性に閉鎖する。

写真 D.5
横隔膜穿孔の修復術



ICRC

しかしながら、開胸手術中に横隔膜穿孔を見つけたとしても、経胸的に腹腔内にアプローチしようとしてはならない。これは、適切な腹腔内検索の手技としては認められない。

開胸手術中の腹腔内操作は、決して横隔膜を通して行ってはならない。

D.5 体幹部を横断する創傷

体幹部を横断する創傷(transaxial injuries)とは、射入創と射出創が体幹部のそれぞれ対側にあるもの、あるいは、弾丸が体幹部を通過して反対側に停留しているものを指し、X 線検査、もしくは術中に診断される。弾丸が胸腔内か腹腔内、またその両方を通過した場合、主要臓器を損傷する可能性が極めて高い。自動的に自然のトリアージが働き、すべての負傷者が生存して病院にたどり着けることはない。搬送時間が短いほど、救急室ではより多くの重症患者を扱わなければならない。そうでなければ、外科医は運よく弾丸が重要臓器をすり抜けてくれた患者だけを診る。たしかに前縦隔はかなり大きな空洞である。

患者は解剖学的肢位に立って被弾するわけではないため、体幹部を通過した弾道経路は、常に明らかなわけではない。損傷の程度を誤って評価してしまうことはよくあり、また、弾丸が身体のどの腔から入ったかを正確に知ることは難しい。これは、体幹部の銃創症例 223 例を対象とした研究でも明らかに示されている[3]。結果は、体幹部を横断しているものが 28%、射入創のみを認めるものが 66%、多発銃創にて判断不能のものが 5%であった。弾丸が体幹部を横断していた 63 症例のうち、腹部を受傷したものが 67%、胸部が 14%、胸腹部とも受傷していたものが 19%であった。

体幹部を横断する創傷では主要臓器の損傷率がより高く、致死率も著しく高い。特に胸腹部を横断する創傷では、致死率は 42%に達し、死亡症例の 3 分の 2 が術中死であった。著者らは多くの外科的な問題に遭遇したが、特に困ったのは最初に開創した腔内に出血源を認めなかった場合であった。こうしたケースでは、横隔膜の反対側の腔、または対側の胸腔、さらには四肢の検索が必要となる。多くの損傷が見落とされ、体幹部横断創を認める患者の 19%は早期に再手術を受けていた。

D.6 接合部外傷

体幹部にはいくつかの「接合部」がある。腋窩には上肢との接合部があり、鼠径部には下肢との接合部がある。胸郭出口には頸部根との接合部がある。接合部には大血管が通っているため、同部の外傷は生命や四肢へのリスクとなる。体腔内においては近位側での出血コントロールがなされなくてはならない。一方、四肢や頸部では遠位側での出血コントロールが必要となる。一般外科医はこのように非常に複雑な処置を要求される。

創傷の特徴と対処法を分析したものを表 D.2 に示す。

創傷の特徴	実施手技
解剖学的に、手指圧迫やターニケットの装着ができない場合。	隣接する体腔:(胸腔や腹腔)に至る、あるいは関節溝を越える切開創を加えて、血管の近位側で出血をコントロールする。
血管損傷やこれに関連する外傷によって四肢の血流が維持できない場合。	四肢温存より生命維持を優先する。
隣接する体腔内の臓器が同じ弾道によって障害を受けていることが予想される場合。	血胸や腹腔内出血などの隠れた大量出血に留意する。鼠径部の血管修復は糞便による汚染のリスクがある。

表 D.2 接合部外傷の特性[4]

状態が不安定な患者に胸腹部創がある場合、創の特徴を把握して、どちらの腔に先に到達すべきかを決定するのは非常に難しい。手術を優先することが、「生命と四肢」を救う鍵である。患者の血行動態は安定しているか？ 出血源はどこか:胸部、腹部、四肢のいずれか、あるいはそのすべてか？ どうすれば四肢出血を近位側でうまくコントロールできる

か？　ダメージコントロールのために有効な処置は何か？　いつ結紮し、いつシャントを置き、いつ最終的な血管修復を行うべきか？

頸部根部（Zone1）の血管束損傷を近位側でコントロールする方法については第 30 章 8.2 で述べているが、一方で頸胸部間の接合部出血を止め、もう一方で、胸部上肢間の接合部出血を止める。腹部下肢間の接合部出血は、開復して骨盤内血管を露出することで、迅速かつ良好にコントロール可能である。

写真 D.6
接合部出血症例における直接圧迫によるコントロール；ターニケットを装着できるスペースがない。

F. Plani / C.H. Baragwanath Hospital, S. Africa

D.7　一般外科医と胸部：心理的隔壁

横隔膜は胸腹部間の解剖学的な仕切り壁として存在しているだけでなく、多くの一般外科医の心理的隔壁ともなっている。一般外科医自身が自信を持って手術を行うためには、胸部の解剖に精通しておく必要があり、同時に精神力も求められる。多くの一般外科医は胸部外科手術の経験が少なく、不安なまま開胸術を行っており、それはおそらく、心臓や大血管の存在が原因であろう。また、彼ら自身のトレーニングの程度にもよるであろう。しかしながら、眼前で明らかに患者が死に至りつつある場合、勇気は恐怖に打ち勝たなくてはならない。

胸部は、「恐れるべき」腔ではなく、腹腔内と同じ外科的基本原則が適用される。脳神経外科医が脳神経外傷学の知識を持っているのと同様に、たいていの一般外科医は一般外傷処置に関する知識と手技を持っている。故に胸部外傷に関してもしかるべきである。胸部外傷が非常に重篤な症例では、いかにしても救命できない。

胸部は触れてはいけない聖域ではない。

いくつかの基本原則は、容易に理解、習得可能である。

- 胸腔のドレナージには、腹部手術に用いる開放ドレーンではなく、水封ドレーンを用いる。
- 呼吸のために必要な胸腔内陰圧を得るため、胸膜を密に閉鎖する。

胸部外科医が居合わせることがあるかもしれないが、そうした幸運は滅多にない。しかし、器具や物資が不足していても、単純で十分に確立した外科手技によって、多くのことを成し得る[5,6]。

3. Hirshberg A, Or J, Stein M, Walden R. Transfix gunshot injuries. *J Trauma* 1996; **41**: 460 – 461.
4. Adapted from: Tai NRM, Dickson EJ. Military junctional trauma. *J R Army Med Corps* 2009; **155**: 285 – 292.
5. Dumurgier C, Teisserenc LY, Emanuely P. A propos du thorax en chirurgie de guerre: plaidoyer pour la thoracotomie. [Concerning the thorax in war surgery: a plea for thoracotomy.] Lyon Chir 1996; **92**: 124-128
6. Hassan MY, Elmi AM, Baldan M. Experience of thoracic surgery performed under difficult conditions in Somalia. East C Afr J Surg 2004; **9**: 94-96

第 31 章
胸部外傷

31. 胸部外傷

31.1 はじめに 382

31.2 創傷弾道学 382
31.2.1 骨に及ぼす影響 383
31.2.2 肺に及ぼす影響 383
31.2.3 その他の臓器に及ぼす影響 384
31.2.4 横隔膜に及ぼす影響 384

31.3 疫学 384
31.3.1 致死率 384
31.3.2 胸部臓器損傷の分布 384
31.3.3 開胸率 385
31.3.4 随伴損傷 386
31.3.5 赤十字外傷スコア（Red Cross Wound Score） 386

31.4 臨床所見 387
31.4.1 初期診療 387
31.4.2 全身検索 388
31.4.3 血胸と気胸 389
31.4.4 諸検査 390

31.5 救急室治療 391

31.6 胸腔ドレナージ 392
31.6.1 適応と基本原則 392
31.6.2 胸腔ドレナージと自己血輸血 393
31.6.3 胸腔ドレーン挿入術後の管理 394
31.6.4 合併症 395

31.7 開胸術 396
31.7.1 救急室における開胸術 396
31.7.2 緊急開胸術の適応 397
31.7.3 早期開胸術の適応 397
31.7.4 待機的開胸術の適応 399
31.7.5 患者の術前準備、体位、麻酔法 399
31.7.6 皮膚切開 399

31.8 胸腔内の観察 400

31.9 胸壁の創傷 401

31.10 肺の外傷 402
31.10.1 肺実質の血腫 402
31.10.2 肺内血腫、破裂肺、肺挫傷、動揺胸郭(フレイルチェスト) 404
31.10.3 気管・気管支損傷 404

31.11 大血管、心臓、心膜 406
31.11.1 心タンポナーデ 406
31.11.2 剣状突起下心嚢開窓術 406
31.11.3 前方開胸術と心外傷 407
31.11.4 心筋縫合 408
31.11.5 奇静脈系 408

31.12 食道損傷 409

31.13 その他の損傷 410
31.13.1 胸管 410
31.13.2 胸腺 410
31.13.3 横隔膜 410

31.14 胸部外傷のダメージコントロール 411

31.15 開胸術の術後管理 411

31.16 停留血胸 412

31.17 膿胸 413
31.17.1 膿胸壁剥離術 414

付録 31.A 肋間神経ブロック 416

付録 31.B 胸腔ドレナージ 417

付録 31.C 開胸法 423

基本原則
発射物による胸部外傷の 90%以上が胸腔ドレーンの挿入だけで治療可能である。
胸腔ドレーンが適切に機能しているか、必ず定期的にチェックする。
大量の血胸では自己血輸血を検討すべきである。
胸腹部にまたがる損傷はよく見られる。
膿胸を予防するためには、疼痛コントロールと理学療法が重要である。

31.1 はじめに

「胸部外傷における肺実質からの出血は、量は多いが緩徐であり、止血処置を要することはまれである。一方、心臓、大血管、乳房内や肋間動脈からの出血は速度が速く量も多い。出血を見落とせば早期より急速にショックに状態が進行し、死に至る」
R.Arnold Griswold and Charles H.Maguire[1]

武力紛争下では、鈍的外傷、爆傷、穿通性外傷など、様々な胸部外傷が起こる。多くは胸腔内損傷を伴わない、表面軟部組織の損傷と胸壁の骨折である。しかし、時に即致死性でない微細な胸壁外傷であっても、生命を脅かす内部臓器の損傷を伴うことがある。

胸部には心臓や肺などの主要臓器があるため、胸部外傷症例の致死率は高い。しかし、病院に搬送された生存患者の大多数は、胸腔ドレーンを 1 本挿入するだけで治療することができる。胸腔ドレーンは、訓練を受けた一般医や経験のある看護師でも正しく挿入することが可能である。

一次爆傷の治療に際して外科医が念頭に置くべきは、患者は身体全体を爆風に曝されていることと、そのため外傷は身体のあらゆる面に及んでいることである。

輸血用の血液が供給される状況であっても、大量血胸の治療時に自己血輸血は有効である。血液供給の不足している場合はなおさらである(第 34 章参照)。

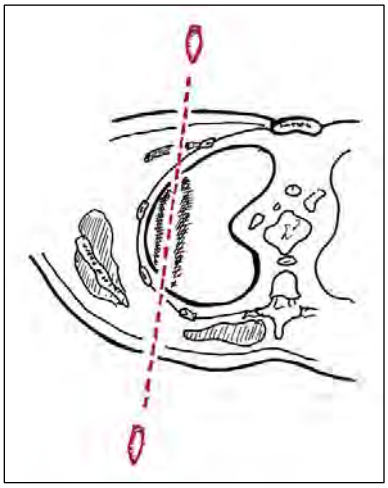

N. Papas / ICRC

図 31.1
全体がフェーズ1の狭い射撃溝である、空洞効果を伴わない肺貫通創

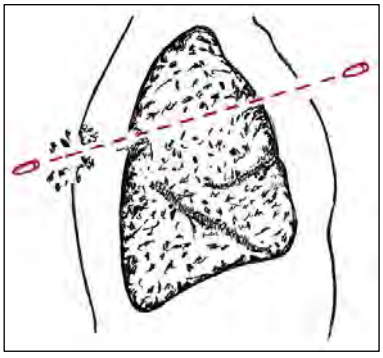

N. Papas / ICRC

図 31.2
完全被甲弾による前方から後方への貫通創:出口で空洞効果が始まり、開放性気胸となる。

31.2 創傷弾道学

胸部は様々な臓器で構成されている。このため弾道学上、弾丸が身体に及ぼす影響も多彩である。弾道と、特にその長さを知ることは、銃創に及ぼす、いわゆる一時空洞の影響を考える上で重要である。安定に飛行する弾丸が、胸部を前後に貫通した場合は、組織損傷はわずかで、狭い射撃溝を残すのみである(図 31.1 参照)。射出創に空洞を形成した場合、大きな開放

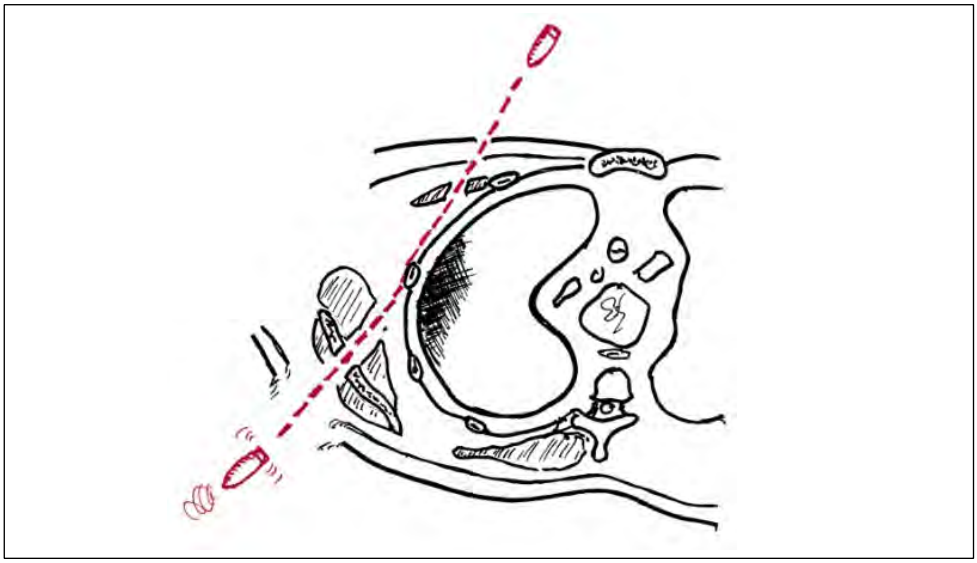
性胸部創となる(図 31.2 参照)。一方、弾丸が胸部を左右に貫通した場合、射撃溝は 3 相、すなわち狭小部、一時空洞、終末狭小部のすべてを含む場合がある(第 3 章 3.3 参照)。

31.2.1 骨に及ぼす影響

安定飛行した弾丸は肋骨や胸骨に穴を開けて貫通するが、破片や不安定な動きを伴う弾丸は骨片を形成し、その骨片は肺や縦隔内に迷入する。こうした不安定な発射物の射入口は、大きな組織欠損を伴い、開放性気胸の原因となる。

肋骨は柔軟性と弯曲を持つため、弾丸が浅い角度で射入した場合、接線方向の創を形成する。しかし、その衝撃は直下の肺に大きな損傷を与え、弾丸の入射角度や放出された運動エネルギーの大きさによっては、広範に組織が破壊され、開放性胸部損傷を形成する。

図 31.3
弾丸が胸壁に対して接線方向に射入した場合、肺挫傷を伴うことがある。胸壁を掠めた後、弾丸は安定性を失う。



N. Papas / ICRC

吸い込み胸部外傷(sucking chest wound)の要因

- 破片や跳弾による外傷
- 射出口に空洞を形成した場合
- 肋骨に接触した弾丸の衝撃

胸椎は頚椎に比べて大きく、可動性に乏しい。しかし、弾道学上、創に及ぼす影響は頚椎のそれと同等である。

椎骨骨折では、骨破片による肺損傷や縦隔損傷だけでなく脊髄損傷を来すこともある。

31.2.2 肺に及ぼす影響

肺実質は非常に弾力性があり伸展変形にも耐え得るものの、裂けやすい。したがって肺組織は高エネルギーライフル弾よりも低速で重い拳銃用の弾丸によって重篤な損傷を受けやすい。後者では空洞効果は小さいものの、広範な組織破壊を来すためである。胸壁に大きな挫創が形成されると、骨片が胸腔内に迷入する原因となる。高エネルギー弾によって大きな空洞が形成されると、大量の血性分泌物が損傷を受けていない肺実質へと吸い込まれ、結果的に肺挫傷を来す。これは無気肺や肺炎の原因となる。裂傷部や挫傷部もまた、肺内血腫をもたらす。

肺は特に一次爆傷を受けやすい臓器である。肺胞内や間質の浮腫に加えて、肺胞やその毛細血管の破綻により換気と血液灌流が障害され、肺胞のガス交換が不十分となる。気胸、血胸、気腫、縦隔気腫にも注意する。肺胞静脈瘻は全身性の空気塞栓を生じるリスクが高い(第 19 章 8 参照)。

31.2.3 その他の臓器に及ぼす影響

心臓、大血管は血液に満たされた臓器であり、伸張力に対して抵抗できない。そのため、被弾すると空洞効果により爆発的な破裂が起こる。管腔臓器である気管や食道が、伸張力によって受ける影響は少ない。縦隔内では主要臓器が近接しているため、それぞれの臓器が単独に損傷されることはほとんどなく、大きな外傷を受けると致命的になりやすい。

しかしながら生存例では、小さい弾丸片や低速度の弾丸といった低エネルギーの発射物によって、心タンポナーデや大血管の仮性動脈瘤、気管穿孔や食道穿孔も見られる。頚部外傷に伴う食道穿孔部を同定することは、手術をもってしても困難である。

31.2.4 横隔膜に及ぼす影響

横隔膜近傍で空洞が形成された場合、その筋肉に重篤な損傷を来す。左横隔膜に大きな裂傷が形成された場合は、腹腔内臓器が胸腔へ脱出してヘルニアを引き起こす。一方、右横隔膜損傷を来したケースでは、必ず重篤な肝損傷を引き起こす。単純な横隔膜穿孔や放射状の横隔膜裂傷はこれらより頻度が高い。弾道の向きによっては、肺実質内や腹腔内など、射撃溝のさらに先に空洞が形成されるケースもある。

31.3 疫学

31.3.1 致死率

現在の紛争下では、胸部の貫通創は外傷症例の 10%を占め、死亡例の 25%を占める。胸部外傷症例の死亡率は約 70%である。死亡率は使用された兵器によっても変わるが、小さな弾丸よりも高エネルギー弾や至近距離の爆発では明らかに高くなる。防弾チョッキの着用は、体幹の貫通創を減少させるため死亡率を下げるが、一次爆発効果を防ぐことはできない。

主な死因は心臓、大血管の損傷である。現場で防ぎ得た死亡例の調査では、簡単に治療可能な緊張性気胸や開放性気胸によるものがおよそ 5%を占める。病院搬送後の早期死亡症例の中には失血や心タンポナーデがある。気道損傷や腹腔内出血の合併も重要な死亡要因である。生存例では、胸壁や肺実質に比較的軽度な損傷を受けただけのことが多い。

爆傷や重度の出血性ショックを起こした症例では、早期に急性肺障害が出現する。こうした症例では、さらに急性呼吸窮迫症候群(ARDS)に進行する場合がある。

感染のリスクは常にある。血胸は膿胸に、肺内血腫や無気肺は肺炎に進行し、しばしば致死的となる。

31.3.2 胸部臓器損傷の分布

胸部外傷症例の 98～100%に肺損傷を認める。一方、生存者に気管や食道といった胸部臓器の損傷が見られることは稀である。それは、こうした臓器が大血管に解剖学的に近接しているからである。表 31.1 に、過去の紛争時における開胸手術報告から、胸腔内臓器損傷(肺を除く)の分布を示す。

1. Griswold RA, Maguire CH. Penetrating wounds of heart and pericardium. Surg Gynecol Obstet 1942; **74**:406-418.

紛争 / 出典	胸腔内損傷	開胸術(率)	心臓 /心膜	大血管	気管 /気管支	食道
USA -Viet Nam (1968-69) McNamara et al., 1970.	547	78(14%)	2.4%	2.9%	0.2%	0
Israel (1973 October war) Levinsky et al., 1975.	42	19 (45 %)*	2.4%	9.5%	0	0
Israel - Lebanon (1982) Rosenblatt et al., 1985.	64	6(9.4%)	7.8 %**	0	0	0
Lebanese civil war (1969 - 82) Zakharia, 1985.	1,992	1,422 (71 %)*	14.3%	2.7%	2.1%	0.4%
Belfast (1969-76) Ferguson & Stevenson, 1978.	100	100 (78 %)*	2%	7%	0	1%
USSR - Afghanistan (1981-84) Roostar, 1996.	1,314	138 (10.5 %) ***	1.5%	0.8%	3.2%	0.5%

* 専門医のいる後送病院へ短時間で搬送

** 症状もなく手術も行わなかった、心膜、心筋内の小弾片

*** 緊急、早期の開胸術に限定した数字。全開胸率は 19%でそのうち 45%は膿胸のための晩期手術であった。

表 31.1 開胸術時の所見。開胸術時の所見に基づく胸腔内損傷全患者対比。出典は参考文献参照のこと。

31.3.3 開胸率

病院に搬送された胸部外傷症例のうち、約 90%は胸腔ドレーンの挿入のみで治療できる。ICRC の外科医の報告では、こうしたケースは 95%以上とされる。中には、ドレナージさえ必要ないケースもある。

胸部外傷症例に対して開胸術を行うべきか否かについては、過去にも多くの議論がなされてきた。多くの症例は、胸腔ドレーンの留置のみで十分に治療可能とされる。しかし、状況によっては外科医の積極的介入を要し、時には速やかな開胸術が求められるケースもある。こうした状況の違いは大きく、またこれによって表 31.1 に示すように、開胸率もまた大きく異なる。

外科医の性格や、胸部外科医や血管外科医の「積極性」もまた、開胸率を左右する大きな要因のひとつである。一般外科医が重篤な胸部外傷治療を行う場合は、その主観的先入観から、より保存的治療を好む傾向がある。

チャドとアフガニスタンでの注目すべき 2 つの調査がある。共に胸部外科の専門医が同行し、非常に困難で危険を伴う環境下で治療を行ったが、それぞれ対照的な結果を得た。1980 年、チャドで勃発した市街戦において、フランス軍は前線の病院で 8 週間に 1,484 人の負傷者を治療した。そのうち 56 人は外科手術を要する胸部外傷を負っていた[2]。開胸率は 68%(56 人中 38 人)であった。いずれの症例も、胸腔ドレーンを挿入して 1 時間の経過観察後に手術を行う決定がされた。背景には、医師の過度の労働量、患者を適切にモニターする看護スタッフの不足、自己血輸血を除いた輸血血液の不足、そして X 線装置の不備などがあり、手術治療はこうしたことを考慮しつつ、専門医が判断した。38 の開胸術が行われ、止血術、デブリドマン、肺縫合術、葉切除術、そして 1 例の右心室縫合術が実施された。総じて「積極的な」アプローチであった。

一方、アフガニスタンの軍基幹病院(the Academy of Medical Sciences of the Afghanistan Armed Forces)では、1981～84 年の 3 年間の調査期間中に 25,000 人の負傷者を治療した。そのうち 2,873 人が胸部外傷を負い、1,314 人が胸腔内臓器損傷で入院となった[3]。輸血血液は不足しており、自己血輸血がたびたび行われた。開胸術の適応基準は控えめで、大量出血、経過観察後も持続する出血、大量エアリーク、胸壁欠損や食道損傷などであった。緊急、早期の開胸手術を要したのは 10.5%(138 例)であった。全開胸率は 19%で、そのうち 45%(111 例)が膿胸による待機的開胸術であった。総じて「保存的」アプローチであった。

2. Dumurgier C, et al., 1996.
3. Roostar L. Gunshot Chest Injuries. Tartu, Estonia: Tartu University Press; 1996.

ICRC の経験

ICRC の医療機関では、胸腔内損傷症例の約 95%は胸腔ドレーンの挿入のみで治療が可能である。良質な看護ケアや理学療法を行えば、持続出血や膿胸を予防することができ、待機手術を行わなくてすむ。開胸術は術後管理が必要であり、胸腔ドレーンのみの治療と比べて医療スタッフの負担が大きい。また、ICRC の外科医に胸部外科専門医が少ないことも、保存的治療が好まれる理由のひとつである。

31.3.4 随伴損傷

胸部外傷症例の 10～40%に腹部損傷を伴う(図 D.1)。Th4 レベル(乳頭線)以下の胸部穿通創では、高率に腹腔内臓器の損傷を伴う。胸部の銃創や爆傷症例では、デブリドマンや胸腔ドレーン挿入を除くと、最も一般的な手術は開腹術である。他部位の随伴損傷も多く、報告では 12～90%とバラツキがあるが、これは受傷機転によるところが大きい。体表面に複数の創傷を認める場合は、破片による外傷であることが多い。

H. Nasreddine / ICRC

H. Nasreddine / ICRC

写真 31.4.1&2
胸腹部にまたがる銃創：射入創は小さく射出口は大きい。

31.3.5 赤十字外傷スコア(Red Cross Wound Score)

胸部外傷のうち、およそ 45～65%が表在性のものであるとの報告が多く見られる。興味深いことに、こうした傾向は搬送に時間がかかる地方のゲリラ戦においてだけでなく、搬送時間が短くてすむような都市部の市街戦においてもみられる。第 4 章 5 や第 5 章 6.2 で述べたように、すべての報告が表在創と穿通創を明確に区別して記載しているわけではないが、留意すべき事実である。

M. Della Torre / ICRC

M. Della Torre / ICRC

写真 31.5.1- 2
胸腔内に至らない、大小それぞれの胸部外傷

赤十字外傷スコアと分類システムでは、胸膜損傷は主要な臓器損傷として、V=T と記載する。また稀ではあるが、胸膜損傷を伴わない胸部気管損傷も、V=T と評価される。

31.4 臨床所見

外傷症例の初期診察と蘇生術はABCDEアルゴリズムに則って速やかに行い、続いて系統的な全身検索を行う。

31.4.1 初期診療

認識すべき重要な点は、胸部外傷は、気道(胸腔内気管)、呼吸(肺実質、胸壁欠損)そして循環(心肺、大血管)に直接影響するということである。胸椎損傷による神経麻痺も同様である。

胸部外傷症例の90%以上は、胸腔ドレーンの挿入のみで治療ができるということは、残りの10%の迅速な診断が極めて重要であるということである。こうした症例は致死的な外傷を伴う場合があり、開胸術を要するケースもある。症例は、緊急治療を要するもの、早期治療を要するもの、待機治療でよいものに分けられる。緊急治療症例と早期治療症例は、その重症度によって重複することがある。

武力紛争下での、重篤な胸部外傷症例

緊急治療を要するもの

気道(Airway)

・胸腔内気管支の損傷、重篤な主気管支損傷

呼吸(Breathing)

・吸込み胸部外傷(sucking chest wound)/開放性気胸

・緊張性気胸

・重篤な肺挫傷を伴う重度のフレイルチェスト

循環(Circulation)

・肺損傷による大量血胸

・心タンポナーデ

・縦隔の大血管損傷

・空気塞栓

早期治療を要するもの

気道(Airway)

・気管気管支樹の軽度の断裂

呼吸(Breathing)

・単純な気胸

・肺内血腫、肺挫傷と破裂肺

・肺挫傷を伴うフレイルチェスト

循環(Circulation)

・限局した血胸

・爆傷による心筋挫創

・大血管の仮性動脈瘤

その他

・食道損傷

晩期手術となる病態は膿胸が最も多く、受傷以前から低栄養や貧血を伴う場合はしばしば重症化する。

多くの患者に呼吸時疼痛、呼吸困難を認める。中には低酸素状態、または喀血や出血性ショックによって、明らかに呼吸が窮迫している場合もある。

著しい肺内血腫、肺挫創や破裂肺は、病態生理学的に大きな影響を及ぼす。肺のコンプライアンスが低下し、肺血管抵抗や痛みが増大し、すべての変化が換気と血管灌流のバランスを破壊する。そして低酸素血症が増悪し、高炭酸血症を引き起こす。

胸壁に対して接線方向の外傷は、しばしば胸部開放創を形成し、開放性気胸を引き起こす。創の面積が気管断面の2/3以上であれば、空気は気管からよりも開放創から胸腔内に流入し、患側肺で有効な換気ができなくなる。開放性気胸は生命を脅かす状態であり、患者を手術室へ搬送する間にも、3辺テーピング法や湿らせたガーゼで、創を仮閉鎖しておく(第8章4、写真31.10参照)。

胸骨近傍の外傷や、出血量に見合わない、また対麻痺症状では説明がつかないような低血圧を認めた時は、心タンポナーデを疑う。低血圧、頚静脈怒張、心音減弱(Beckの3徴)を必ずしも呈するとは限らない。また、脈圧低下、吸気時収

縮期圧の奇異的減少も必発ではない。さらに、心タンポナーデでは必ず心膜裂傷を伴うわけではなく、心嚢内血液が胸腔内に漏出して、血胸の所見を呈する場合もある。

肺静脈と主気管支は近接しているため、双方に外傷が及ぶと、小さい傷でも外傷性気管支肺静脈瘻を形成し得る。稀であるが空気塞栓を引き起こすこともあり、危険である。全身麻酔下に、陽圧換気を行う際には特に注意が必要である。こうした症例では、気管内挿管の前に、血液検査や痙攣、神経学的異常のために採血をしている時に、喀血したり、泡沫状の血痰を認めたりする。全身麻酔をかけた途端に急激に循環虚脱が起こることもある。

発射物による塞栓もまれではあるが発生する。これらは、弾丸よりも小さな破片によって起こる方が多い。大血管の存在する胸部では、身体の他の部位よりも、こうした症例を起こす頻度が高い。血管の塞栓は例えば、下肢の虚血などといった奇異な形で出現する。外科医は動静脈塞栓の可能性を常に念頭に置くべきである。

31.4.2 全身検索

常に低体温症に注意しながら、患者を適切に脱衣させ、できる限り短時間で腹側と背側のすべての外傷検索を行うことが必要である。すべての創の位置を記録する。腋窩の皺や体毛部に隠れた部分では、小さな創開口部はわかりにくい。腹部や頚部、解剖学的接合部領域(訳注:四肢の胴体への付け根)への併発傷も見落としてはならない。胸骨後面の前縦隔腔は比較的大きく、何もないため、弾丸が主要臓器を損傷せずに通過している場合もある。

H. Nasreddine / ICRC

H. Nasreddine / ICRC

写真 31.6.1- 2
砲撃による複数の破片外傷:胸腹部外傷を呈している。背部に貫通創を認める。

射入口から射出口までをつなぐ射撃溝は、必ずしも直線とは限らない。鋭角に撃ち込まれた弾丸は肋骨に当たり、逸れて胸部の皮下組織内に迷入する。射入創と弾丸の位置から、一見すると直線的な貫通創に見えても、丁寧に触診すると皮下組織内に真の弾道に沿った疼痛や、皮下気腫による捻髪音を確認できる。同じ現象は、弾丸が肋骨の内側面に接触した場合や、胸腔内に向けて弾丸が跳ねた場合にも見られる。

H. Nasreddine / ICRC

写真 31.7
射入創周囲の皮膚の色からわかるように、患者は至近距離から 2 発被弾した。弾丸は胸膜を貫通することなく、肋骨で跳弾した。術者が創は表層性であることを示している。診察前に両側の胸腔内にドレナージチューブを挿入した。

F. Irmay / ICRC

写真 31.8
経口バリウム造影で食道損傷を認める。

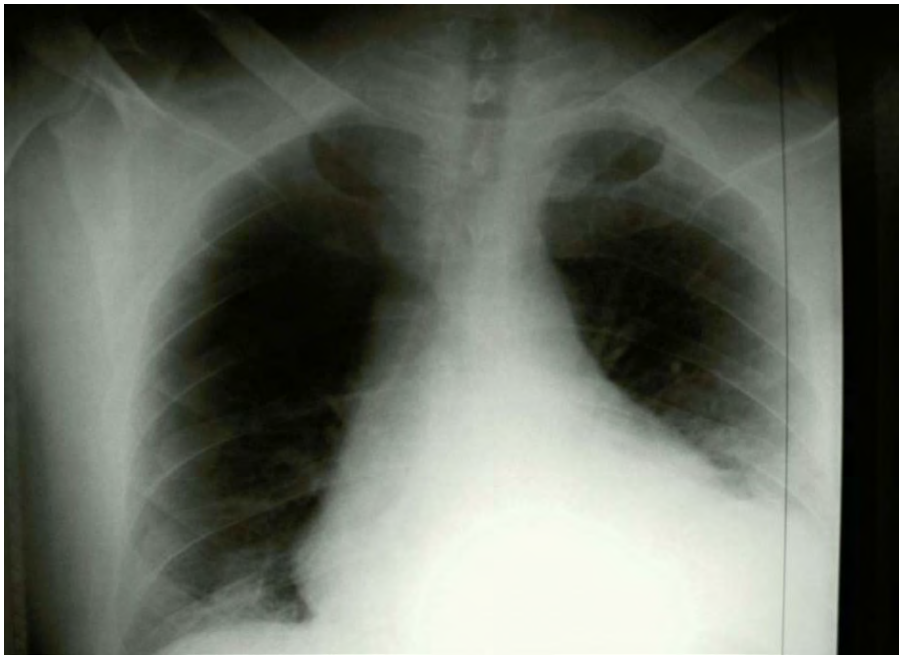
胸部外傷症例の 70%に、肋骨、胸骨、肩甲骨や鎖骨の骨折を認める。これらは、両手の掌で肋骨部の両側面や、胸骨及び脊椎の前後面を軽く圧迫することで簡単にすばやく診察できる。

弾丸が縦隔を横断するような症例で、状態が安定している場合には、食道損傷がないかどうかを疑う。食道損傷症例では、頚部に限局した皮下気腫や捻髪音を認めることがある。経鼻胃管から血性内容物を引くこともある。メチレンブルーテストや、希釈したバリウムによる造影、可能であれば食道鏡検査も有用である(第 30 章 5.6 及び第 31 章 12 参照)。胸腔ドレーンからの乳び状の排液は胸管損傷を疑う。

31.4.3 血胸と気胸

胸膜の穿通創は、理論的には全症例で血胸と気胸を共に起こすが、臨床的にはどちらか一方が主体となる。戦傷では、胸腔内の外傷のほぼすべてに血胸か気胸を認める。

写真 31.9
症例の患者は、6 時間前に胸部、腹部、左肘部に複数の銃創を負った。血圧は 140/90、脈拍は 80。右胸部に貫通創を 1 か所認め、打診で鼓音を呈した。左胸部には貫通創を 2 か所認めた。創部は膨隆し皮下気腫を認め、打診で濁音を呈した。臨床診断は右気胸と左の血胸であり、X 線撮影で同様の所見を得た。



H. Nasreddine / ICRC

出血は、多くの場合は低圧肺血管系から認めるが、肋間動静脈や内胸動静脈からの場合もある。通常、大血管や心臓の外傷は病院到着前に死亡する。胸腹部にわたる外傷では腹部に出血源があることが多い。

胸腔ドレーンからの持続的な出血を認める場合には、横隔膜の裂傷を介した腹部からの出血も疑う。

胸部の穿通創において、気胸単独のケースは 10%未満である。

発射物による外傷で気胸単独のケースは稀である。こうした症例では射入創が小さいことが多く、胸壁の軟部組織で閉鎖されてしまい、最終的には血胸となる。単純気胸はドレナージを行うか、まったく治療を要しないこともある。X 線検査で 2cm 以上肺が虚脱している場合は胸腔ドレーン挿入の適応である。例外として、全身麻酔下に外科手術を行う場合は、挿管前に胸腔ドレーンを留置すべきである。

単純性気胸が緊張性気胸へと重症化することもある。こうしたケースは、爆傷や圧挫創で多くみられるが、刺創では 3%未満である。第 8 章 4 で述べたように、緊張性気胸の患者は呼吸困難や、非代償性の呼吸不全を来す。明白な症状があれば、それだけで緊張性気胸の診断をつけてもよい。

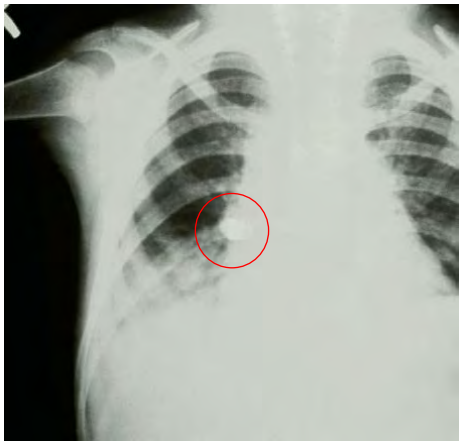
開放性気胸、吸い込み胸部外傷(sacking chest wound)はよく認める疾患である。

M. Nakade / Japanese Red Cross

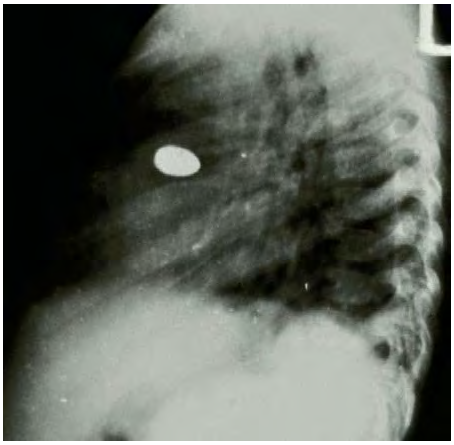
写真 31.10
3 辺テーピング法を用いた開放性気胸の応急処置

31.4.4 諸検査

X 線検査は正面像と側面像を撮影すべきであるが、急性期の初期診療を遅らせたり蘇生術を妨げたりしてはならない。X 線撮影は座位で行う:1,000ml に及ぶ液体が胸腔内に貯留していると、仰臥位での撮影ではぼやけなものになってしまう。弾丸と心陰影が重なった場合の診断は難しい。患者が明らかな心タンポナーデや呼吸困難を呈していない場合は、再撮影を行って異物の位置を特定する。



ICRC



ICRC

写真 31.11.1- 2
診断困難な症例:弾丸は放射線不透過性であり、A-P 撮影像で心陰影と重なった場合には同定は容易ではない。

射入創と射出創にマーカーを置いて撮影することは、体内の弾道を想定するのに役立つ。もちろん、前述の諸々の可能性は念頭に置いておく。

肺疾患が流行している国々では、患者が受傷時にこうした疾患に罹患していることで、X 線の読影が難しくなるケースがある。特に結核の癒着後は、胸腔内に色々な痕跡が残っている場合がある。

レントゲン上で縦隔拡大を認めた場合は、鈍的外傷を疑う。しかし、銃創の場合には、こうした所見はあまり役に立たないことが多い。血行動態の安定した患者が X 線検査で縦隔気腫を示した場合は、気管及び食道の精査を要する。

診断的胸腔穿刺術は、中腋窩線、第 4 肋間か第 5 肋間から胸腔内貯留物を穿刺吸引する方法である。診断的胸腔穿刺によって、外傷患者の集団のトリアージ時や、X 線装置のない施設、もしくは X 線撮影の質がよくない施設であっても、迅速に診断を得ることができる。胸腔穿刺は診断目的としてのみ行うべきであり、急性期の血胸の治療法として行うべきものではない。ただし血胸が極めて軽度である場合、例えば吸引血液量が 50ml 未満で、その他の症状を認めないようなケースでは、1 回の穿刺吸引で治療が可能で、その後保存的治療を選択することができる。ただ、血胸や気胸が軽度であっ

H. Nasreddine / ICRC

写真 31.12
診断的胸腔穿刺。

ても、胸腔穿刺を繰り返すことはリスクを伴う。胸腔ドレナージを行うよりも、経過観察のみで十分であるケースがほとんどである。こうした手技を繰り返すと、胸腔内に凝血塊を貯留させたり、膿胸を引き起こす原因となる。ICRC の外科のプロトコルでは、すべての血胸症例に対して胸腔ドレーンを留置する。

さらに近代的な検査法として、外科医自ら行う eFAST（extended Focused Assessment Sonography）がある。この手技は、偽陽性や偽陰性はあるものの、特に心嚢液や胸水の診断に優れているが、ICRC の外科医は臨床では用いていない。血管造影が施行可能であれば、血行動態が安定しており、体幹を横断するような外傷を負った症例に対して有用である。

31.5 救急室治療

様々な生命が危険な状態に応じて、直ちに適切な処置を行わねばならない。X 線撮影よりも、診断と緊急処置が優先される。X 線撮影は限られた評価しかできないばかりか、治療のための貴重な時間を無駄に浪費する結果となる。生命を危機にさらす最も多い外傷は大量の血胸であり、直ちに臨床的に診断を下し、緊急に胸腔ドレーンを留置すべきである。

大量の血胸や緊張性気胸の臨床所見を認める場合は、X 線撮影よりも治療を優先する。

緊張性気胸は極めて緊急性が高い。診断がつけば、直ちに第 2 肋間鎖骨中線上で胸腔穿刺を行う。穿刺針は胸壁を貫くのに十分な長さが必要である。脂肪組織、筋肉組織、皮下気腫、そして胸壁血腫などによって胸壁の厚みが増す。

胸腔穿刺が不成功であっても、緊張性気胸の除外はできない。単に閉塞状態の解除に失敗したということに過ぎない。うまく穿刺できれば脱気音が聴取できる。カニューレは既製品でも、作製した代替品でもよいが、一方向性のハイムリッヒ弁（写真 8.3 参照）とする。胸腔穿刺がうまくいかない場合は、緊急に中腋窩線上で小開胸する（胸腔ドレーンを挿入する程度に胸壁を切開する）。すなわち、緊張性気胸を開放性気胸とする。いずれの症例においても、胸腔穿刺や小開胸術は、胸腔ドレーンを挿入するまでの前処置に過ぎない。

胸腔ドレーン留置に際して、必要な器材は比較的限られており単純である。処置は救急室や手術室で行われるが、これはその病院の救急室の対応力や環境、症例の緊急性や、手術室の使用状況による。一般的に、医療資源の限られた環境での治療は、手術室で行うのが最善である。手術室であれば、合併症を起こした場合も、必要な道具がすべてあり、麻酔医の助けを借りることもできる。また、手術室を用いることは、安全を考慮した意味合いもある。救急室では興奮した人や、武装した人が集まって診療に支障を来たすことがある。このため、患者を救急室から遠ざけて、手術室へ搬送する（第 9 章 3 参照）。特殊な状況としては、多くの死傷者のトリアージを行わなければならないケースがある。こうした状況では、大きな手術に備えて手術室を空けておく必要がある。病院という特別な環境であるからこそ、最善の解決策を生み出すことができるのである。

救急室での胸腔ドレーン挿入が困難な状況であれば、第 31 章 7.1 で述べる救急室での緊急開胸術（ERT）はより困難である。

直ちに適切な循環蘇生術を開始する。大量血胸では低血圧蘇生術を心がけ（第 8 章 5.4 参照）、自己血輸血を速やかに準備し、開始する（第 34 章 5.1 参照）。

当然であるが、すべての胸部外傷患者に十分な酸素化、鎮痛、プロトコルに沿った抗生剤投与、抗破傷風トキソイドの投与を行う。そして、十分な観察とモニタリングを行うことで突然の急変に備える。

31.6 胸腔ドレナージ[4]

胸腔ドレーンの挿入に必要な器材は単純なものである。既製品が利用できることが多いが、代替品も容易に作成できる。

T. Gassmann / ICRC

写真 31.13.1
基本的な機材：商品化された胸腔ドレナージシステム。

T. Gassmann / ICRC

写真 31.13.2
基本的装置：フォーリーカテーテルとプラスチックボトルを用いて簡易に作製された胸腔ドレナージチューブ。滅菌生理食塩水でウォーターシールする。

E. Erichsen / Aira Hospital, Ethiopia

写真 31.13.3
基本的装置：手製の 2 ボトル-ドレナージシステム。

31.6.1 適応と基本原則

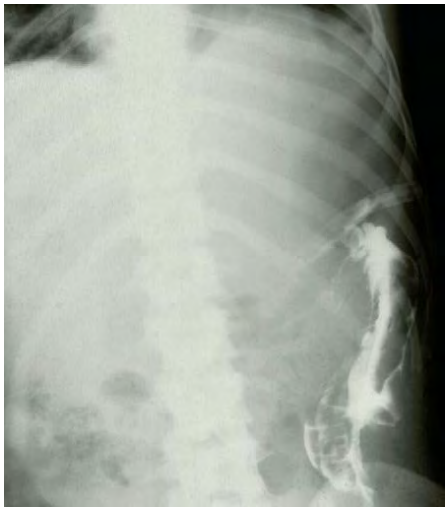
胸腔ドレーンの適応

- すべての血胸；
- 緊張性気胸
- X 線で 2cm 以上の肺虚脱を認める単純性気胸
- 気管挿管や呼吸器管理を要する気胸、及びそうした症例
- 気管支胸膜瘻
- 破裂肺：両側に胸腔ドレーンを留置する
- 十分な診療のできない場所や、X 線撮影ができない施設で、多数の死傷者を扱う際に、胸部穿通症例を治療する時
- 開胸術時；
- 膿胸

「疑えば、ドレナージせよ。」胸腔ドレーンは可及的速やかに挿入するべきである。

血胸は胸腔ドレーンの留置のみで外科的に対応し得るありふれた疾患として念頭に置いておく。

4. 肋間チェストチューブの胸腔ドレーンの適応についての ICRC プロトコルは、2010 年 10 月に『ジュネーヴで開かれた ICRC Master Surgeons Workshop で更新された。



F. Irmay / ICRC

写真 31.14
内套針を装着した胸腔ドレーンによる横隔膜の穿孔。造影剤の注入によって診断された。

胸腔ドレーンの安全な挿入方法と、血胸・気胸をうまくコントロールする手法について述べる。

・胸腔ドレーンの挿入は「比較的」簡単な処置であるが、必ず清潔操作で行う。

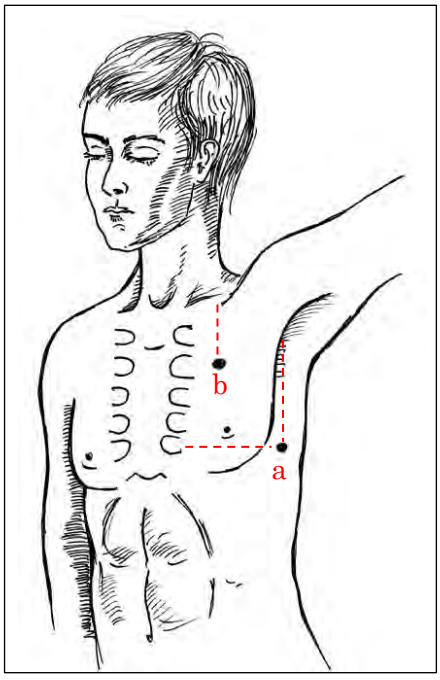
・血液を速やかにドレナージするため、特に吸引装置が利用できない場合は口径の広いドレーンチューブを使用する。

・胸腔ドレーンは創部から挿入してはいけない。創部はデブリドマンし、ドレーンは他の部位から挿入する。

・胸腔ドレーンは通常、局所麻酔下に挿入する(付録 31.A)。しかし、広範囲のデブリドマンを要する場合や、他の手術を行う場合は、ケタミンで鎮静するとよい。気管挿管を行う場合は、胸腔ドレーンを先に留置しておく。

・内套針を装着したまま胸腔ドレーンを挿入すべきではない。必ず内套針を抜いた状態で、オープン法にてドレーンの先端を胸腔内に誘導する。

内筒を装着したままの胸腔ドレーンは「危険な武器」である。



N. Papas / ICRC

図 31.15
胸腔ドレーンの挿入部:
a. 中腋窩線上(推奨)
b. 鎖骨中線上(肺尖部)

内套針を抜かずに胸腔ドレーンを挿入した結果、肺や縦隔、心大血管や、胸腔内に陥入した腹腔臓器を貫通したケースや、または横隔膜を貫いて、脾、胃、肝を損傷したケースについて、多くの文献報告がある。ICRC では内筒を装着したまま胸腔ドレーンを挿入する手技を推奨していない。

一般的に、胸腔ドレーンの挿入部位は、中腋窩線上(肺底)と鎖骨中線上(肺尖)の2か所である(図 31.15 参照)。特に中腋窩線上で挿入されることが多い。大量のエアリークがある場合は、肺尖部に 2 本目のドレーンを留置する必要がある。しかし、肺尖部のドレーン留置は、肺底部に比べて合併症のリスクが高いため、上記のようなケースにのみ行うべきである。

胸腔ドレーンの挿入と抜去に関するプロトコルについては付録 31.B 参照。

31.6.2 胸腔ドレナージと自己血輸血

胸腔内は呼吸によって絶えず動きがあるため、完全に肺が虚脱するか、余程の出血量でない限り、貯留した血液が凝血することはほとんどない。

ショックを伴うような大量血胸症例では、失った血液を用いて自己血輸血を行うべきである。胸腔ドレーンからドレナージされた血液は、「無駄にする」のではなく、再利用すべきである。自己血輸血に備えて、ドレナージボトルに使用する水には、血液を溶血させるような通常の低浸透圧水ではなく、生理食塩水を使用する。自己血輸血の詳細については、第 34 章 5.1 を参照。

31.6.3 胸腔ドレーン挿入術後の管理

胸部外傷患者への基本対応

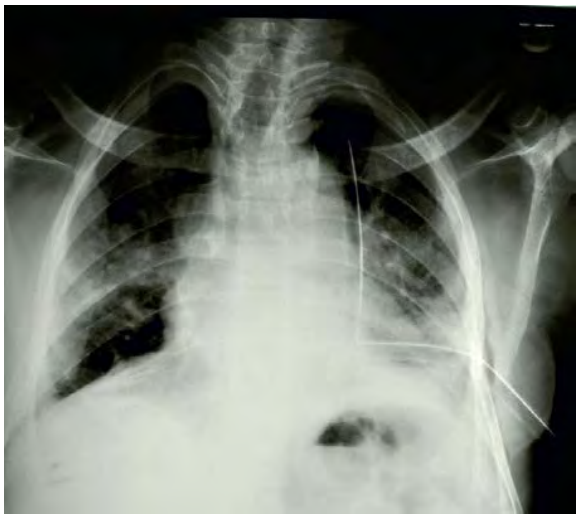
- ベッドの頭側を挙上させ、患者を半座位とする。
- 補助酸素は必ず加湿する。
- 肋間神経ブロックの反復使用や、呼吸抑制のない強い鎮痛剤（例：トラマドール）を用いて疼痛管理を行う。
- 理学療法は非常に重要である：深呼吸訓練、自発的な喀痰排出、風船を膨らませる、ボトルの水をストローで吹くなど。熟練した理学療法士を配属できればよいが、無理な場合には、外科医や看護師が患者に適切な訓練を行う。
- 理学療法によって、頻回に気管分泌物を除去する。ヘビースモーカーや、喘息、気管支炎の既往がある症例では、必要に応じて去痰剤や気管支拡張薬のネブライザー投与を行う。
- 特に人工呼吸器のない環境で、呼吸が困難な重症外傷患者に対して、喀痰排出と死腔を減らすために気管切開術を行う。

胸腔ドレーンの機能

胸腔ドレーンが正しく機能しているかどうかを速やかに確認する。ドレーンチューブ内の血性排液とウォーターシールチューブ内の液面が呼吸と同調して動いているかどうかを確認する。もし動いていなければドレーンの側孔が胸壁から抜け出ていないかを確認する。ドレーンが閉塞している場合は生理食塩水 50mL でフラッシュする。どれも効果なければ、そのドレーンを抜去して入れ換える必要がある。

胸腔ドレーン挿入直後の X 線撮影では、以下の点を確認する。

1. ドレーンの先端が正しい位置にあること:ドレーンは容易に肺葉間裂内や、肺実質内、胸腔外の皮下組織内へ迷入する。
2. ドレーンの屈曲がないこと。
3. 胸腔内から空気や血液が完全にドレナージされ、肺が十分に拡張していること。



H. Nasreddine / ICRC

写真 31.16
症例 X:屈曲して機能していない胸腔ドレーン

ICRC

写真 31.17
症例 Y:屈曲しているが、良好に機能している胸腔ドレーン

これらの判定基準を満たさない場合は、さらなる処置が必要である。

1. 胸腔ドレーンの入れ換えや位置変更:ただしドレナージが正しく機能していれば、レントゲン上、ドレーンの先端が正しい位置にある必要はない。
2. 吸引器の使用が可能な場合、効果的に吸引できているか確認する。

3. 著しい気漏が続いている場合は、肺尖部に 2 本目の胸腔ドレーン留置を考慮する。
4. 上記のすべてを行っても、根本的な原因が解決できない場合は、開胸術が必要となるかもしれない。

胸腔ドレーンが効果的に機能していることが確認できれば、次はその有効性を持続させるために、患者に適切な体位を取らせ、十分な疼痛管理を行い、そして積極的に理学療法を行うことが重要である。

観察

胸腔ドレーンとチューブの接続部や固定、そして患者の病状は、ドレーン留置後は 1 時間ごとに、そして病状が安定してからは 4 時間ごとに確認すべきである。

観察すべき項目:

・ドレーンが機能しているか
・気漏の有無
・排液量と性状
・呼吸数、心拍数、血圧
・パルスオキシメーターによる酸素飽和度

記録すべき患者の主観的評価項目:

・精神状態
・呼吸苦の程度
・咳の強さ
・疼痛スコア:口頭で、数字で、絵によるスケールなどを用いる(第 17 章 5.2 参照)

患者を丁寧に診察することができれば、毎日 X 線撮影を行う必要はない。

排液ボトルの管理

患者を動かしたり移動させたりする場合は、排液ボトルが必ず胸腔ドレーンより低位置になっていることを確認する。ボトルをドレーンよりも高くに挙げなければならない場合は、ドレーンを一時的にクランプする。同様に一杯になったボトルを交換する際にもドレーンをクランプする。クランプ後に患者が呼吸苦を訴えた場合には、直ちにクランプを開放する。プラスチックチューブは鉗子で直接クランプせず、ガーゼを巻いてチューブを保護してからクランプする。

胸腔ドレーンをクランプしたまま患者を放置してはならない。

抗生剤

ICRC の外科チームでは、ドレーン抜去後も残存する貯留液や肺内血腫への感染を予防するために、48 時間の経口抗生剤投与を行う。その結果、通常は合計 4〜5 日間の抗生剤投与となる。最新の ICRC プロトコールでは、看護ケアを簡略化するために全患者に標準 5 日間の抗生剤内服投与を行う。

胸腔ドレーンの抜去

肺の再拡張や、活動性の出血やエアリークの改善など、目的が達成されれば胸腔ドレーンは抜去するべきである。血胸症例の大多数では、2〜3 日後にドレーン抜去となる。徐々に減少して開胸を要しない気漏は 1 週間ほどで閉鎖する。

通常、ドレーン排液は胸腔ドレーン留置から 2〜3 日で透明な漿液性となる。これは胸腔ドレーンに対する異物反応であり、留置している限り排液は継続する。胸腔ドレーンは漿液性排液が 1 日 250mL 以下になれば抜去可能である。

胸腔ドレーン抜去についての詳細は、付録 31.B.c 参照のこと。

31.6.4 合併症

開胸術と比べると「比較的単純な小手術」ではあるが、胸腔ドレーンによるドレナージでは、他の外科処置と同様に合併症が発生する。以下のように分類する。

・挿入時(誤った挿入方法など):
　肺や他臓器の裂傷
　肋間動静脈の損傷による出血
　側孔の体外露出
　胸膜、皮下組織内など、胸膜外への留置
・固定、留置時:
　屈曲
　肺葉間裂内への迷入
　肺裂傷及び裂傷内への迷入
　留置後のドレーン引き抜けによる側孔の露出
・機能面:
　チューブ内排液の凝血による血胸、気胸の持続
・抜去後:
　ドレーン抜去の基準を満たしていないことによる病状の遷延
　ドレーン抜去の閉創の誤った操作による気胸
・感染:
　軽症例:ドレナージ創周囲の感染など
　重症例:膿胸など

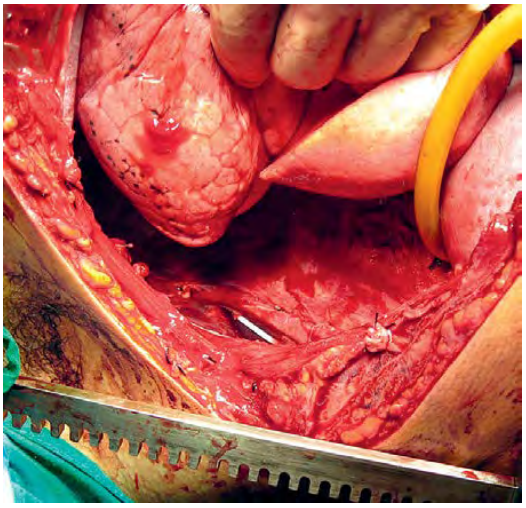

B. Sangthong / Songkla U. Hospital, Thailand

写真 31.18
胸壁の軟部組織内に留置された胸腔ドレーン

チューブの交換や位置変更で容易に対処できるものもあれば、追加のチューブ留置を要するケースや、観血的処置や開胸術を要するケースもある。

31.7 開胸術

患者搬送のロジスティクスの問題や、戦傷救護活動を取り巻く安全面での制約のため、開胸術を必要とする患者は 5〜10%未満に留まる。それは、すでに「自然のトリアージ(訳注:病院に到着するまでに死亡する例が多い)」が行われているからに他ならない。市街戦では重症患者を速やかに搬送できる場合があるため、開胸術の施行率も高くなる。しかし、こうした状況では、集団外傷治療の原則であるトリアージ診療が行われるため、開胸術の施行は制限される。とはいえ、開胸術の基本手技は習得しておかねばならない。医療資源の限られた環境において、外科医の選択肢は 2 つしかない。すなわち、何もせず患者を失うか、現状の環境で成し得る最良の医療を行うかのどちらかである。

手術を行うか否か、また術式を選択するにあたり、「どこまで積極的に治療を行うか」は、外科医と病院スタッフがどれだけの経験と技術を持っているかによって決まる。乏しい外科技術を持って「冒険的」に手術治療を行ってはいけない。カテゴリー4(訳注:黒タグ)にトリアージした患者に対してと同様に、自然の経過に委ねて経過観察を行うことが最善のケースもある。

開胸術は蘇生術の一環として施行される手技であり、生理機能が一部回復するのを待ってから行う早期手術でもあり、通常合併症が原因であるが晩期の外科的介入でもある。

31.7.1 救急室における開胸術

救急室における開胸術〔Emergency room thoracotomy(ERT)〕は、大量出血症例や、心停止を起こしている心タンポナーデ症例などの極限状態にある患者に対して施行する、高いリスクを伴う蘇生手段である。一般的にその結果は良くなく、有用性についても議論のあるところではあるが、後送施設である外傷センターでは、手術室でなく救急室での開胸術が考慮されることもある。また、こうした慌ただしく、コントロールされていない状況で鋭利な器具を用いると、不用意に飛

び散らせた血液で、手術室スタッフを HIV や肝炎ウイルスに感染させる恐れがある。これらから、開胸術は手術室のみで行うことを強く主張する。

資源の限られた環境で臨床を行う外科医にとって、治療法に関する議論は概して意味のないことが多い。そのような環境下では、不毛な努力であって、それよりも、まずは患者を手術室に運ぶことである。そこまで命をつなぐことができれば、明るいライトの下で、器材と熟練したスタッフの揃った環境で、開胸術による蘇生に取りかかることができる。

31.7.2 緊急開胸術の適応

手術室における緊急開胸術の適応

1. 吸い込み胸部外傷の開放性気胸
2. 大量出血
3. 心タンポナーデを伴う心膜内血腫
4. 大量の気漏

吸い込み胸部外傷(sucking chest wound)は、湿ガーゼが一枚あれば、救急室で応急処置ができる。その後、直ちに手術室へ搬送する。創自体は「外傷性小開胸創」と同じである。小さな創であれば開胸術は必要なく、デブリドマンと創の閉鎖を行い、胸腔ドレーンを留置した後、閉創する。

大量出血症例における手術は、自己血輸血の準備と、最低限の輸血血液が確保できる状況でのみ行うべきである。出血源は胸壁の動脈によるケースが多いが、大血管からの場合もある。

特殊なケースとして、出血を伴う右胸腹部外傷症例で胸腔ドレーンから暗血性の出血が持続する場合がある。こうした症例では、試験開腹術により肝後面の静脈損傷を認め、また、横隔膜の穿孔部を通じて胸腔内への血液漏出が確認できる。術中操作として、肝後面は剥離すべきではない。静脈損傷部を縫合閉鎖し、肝臓を固定したままパッキングしておく。次に開胸し、横隔膜穿孔部を胸腔側から大きく縫合閉鎖して血液漏出を防ぐ。肝からの出血に対しては、自然なタンポナーデ効果による止血を試みる。

早期に診断されれば、開胸術の多くは心タンポナーデに行われる。気管・気管支外傷による大量の気漏によって、レントゲンフィルムで肺の虚脱を認め、呼吸時に持続する気漏を認める場合にも、直ちに手術が必要である。結果は損傷の程度によって様々である。

開胸術を検討する場合には、患者に何らかの生命反応が残っていなければならない。救急症例において脳波が消失しているケースでは、瞳孔反射が保たれていることが緊急手術適応のよい指標となる。

31.7.3 早期開胸術の適応

早期開胸術の適応

1. 持続性出血
2. 持続性の著しい気漏
3. 大量の、もしくは増大する肺内血腫
4. 縦隔の外傷:食道、気管、大血管の損傷
5. 異物:大きく、そして「危険な」位置にあるもの

受傷後 24～48 時間以内の早期開胸術の適応となる項目が、最もよく遭遇する。最もよく見られるのが、持続性出血で、これに次ぐのが持続性の著しい気漏である。

持続性出血

これは、ICRC の外科臨床では、受傷直後に搬送され、胸腔ドレーンを挿入した際に、1,500mL 以上の出血を認めるケースに適用される。

・上記かつドレナージ開始後 1 時間で 500mL の出血を認めるもの。

・もしくは、続く 2～3 時間で 200～300mL の出血を認めるもの[5]。

血胸患者に自己血輸血を行うことで血行動態が安定する可能性があり、上記期間中は観察を行う。

出血が本当に胸腔内からのものか、横隔膜損傷部から漏出した腹腔内出血を見ている可能性はないか、それを見極めなければならない。しかし、胸腔ドレーンからの失血量は、必ずしも全失血量の指標になるものではない。肺が完全に虚脱しているケースでは、胸腔内に多量の凝血塊が存在し得るからである。

出血は最初に勢いよく出た後、止まることがある。肋間動静脈や低圧系の肺血管からの出血は、多量の血胸を呈していても止血することが多い。しかし、外科医は推測で止血したという診断を下すことはできない。これが、外科医が手術を決定するまでに 1～2 時間の経過観察を行う理由である。

出血が持続しているかどうかを調べるための古典的手法として、Ruvilua-Gregoire テストがある。このテストでは、ドレナージされた血液が凝固すれば、持続出血があると判断する。肺の動きによって脱フィブリンの時間が新鮮血にはなかったためである。血液が液体のままの場合は、すでに止血されている。ドレナージされた血液は脱フィブリンされているためである。排液の血液の色は、持続出血があるかどうかを判断する指標にはならない。

輸血血液が不足している状況にあって、外科医が熟練している場合、すばやく出血をコントロールするために直ちに開胸し、患者をゆっくり出血するままにしない、積極的なアプローチを主張する外科医もいる（第 31 章 3.3、チャドにおける調査を参照）。自己血輸血が行える環境では、それを「十分な血液準備量」として、開胸の決定を下す前に経過観察を行うことがある。

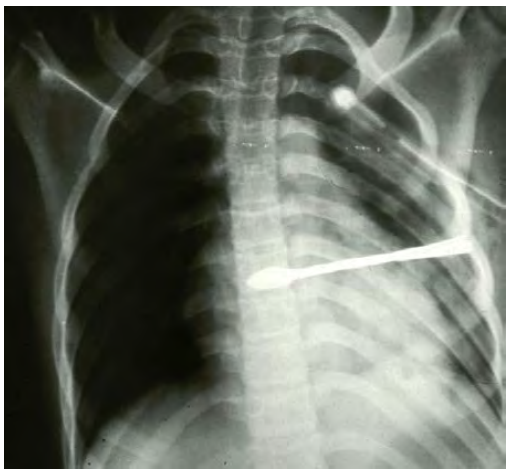
持続する胸膜のエアリーク

24～48 時間持続する大量の気漏を認め、かつ減少傾向を認めないケースでは開胸術を考慮する。

肺内血腫

レントゲンの所見で直径 5cm 以上、もしくは増大傾向の肺内血腫を認めるケースのうち、呼吸困難症状を伴うものは開胸術の適応となる。巨大血腫は感染巣となることからも、開胸術が勧められる。しかし、肺膿瘍症例では開胸術より抗生剤の大量投与が第一選択となる。

縦隔の損傷



F. Irmay / ICRC

写真 31.19
胸腔内異物症例（槍先端）。開胸術による摘出を要する。

縦隔内臓器の損傷、特に胸部を横断する創を伴うものは重症化するケースが多い。血行動態が安定している患者に、呼吸苦症状、皮下気腫、あるいはレントゲン所見で縦隔気腫を認めた場合は、食道と気管の精査が必要である。こうした症例では、適切な蘇生術や診断が数時間遅れたとしても、患者は耐えられることが多い。

大血管損傷症例のうち、病院に生きて搬送されたケースの大部分は、すでに「自然にトリアージ」されている。通常はこうした症例では、大血管に仮性動脈瘤を形成し得る、「比較的小さな損傷」を受けていることがよくある。まず、患者の状態を安定させ、診断のために検査を行い、開胸術の準備を進める。さらに前述したように、胸骨後面と前縦隔の間は「空洞」になっており、発射体が重要臓器に当たることなく体幹を横断する場合もある。

異物

大きく、特にギザギザの破片が、胸腔内、肺実質内、縦隔の大血管の上に横たわっていたり、あるいは心臓内に飛来物が塞栓していたりするのは、非常に危険である。感染や、血管損傷による胸腔内出血や、塞栓症を引き起こす恐れがあるため、こうした異物は開胸して取り除かなければならない。

一方で医学的な、また他方では外科医に関連した手術の基準は、すでに 14 章で議論されている。繰り返すと、一旦患者の状態が 24～48 時間後に安定すれば、適切な環境下での開胸術を考慮する。

31.7.4 待機的開胸術の適応

開胸術は以下のケースにも適応となる

1. 凝固した血胸／凝血塊の貯留
2. 膿胸

凝固した血胸

立位正面のレントゲン像で、血液貯留が第 7 肋骨に満たない軽度の血胸であれば保存的に経過をみる。それ以上の場合は、貯留した凝血塊を取り除くために、5～7 日以内に開胸術を行うべきである。

膿胸

感染症は起こしてはならない合併症であるが、往々にして見られる。搬送に時間がかかり、その間放置されていた外傷は感染していることが多い。また、麻酔や理学療法が不十分で、十分な肺の膨張が得られなかったケースや、血胸をドレナージしきれなかったケースも感染に至ることがある。

31.7.5 患者の術前準備、体位、麻酔法

試験開胸術の際には、患者を仰臥位とし、両上肢を外転させた体位をとる。緊急手術に際しては、消毒などの準備は最小限に留めるが、頚部から恥骨結合部までの範囲は、開腹術の可能性に備えて消毒しておく。食道損傷や、血胸、膿胸といった症例では、患者を側臥位に固定する。上肢はアブミ鈎で支える。

胸腔ドレーンは、医原性の緊張性気胸を避けるために、気管挿管前に挿入しておく。

状態が不安定な症例に対しては、シングルルーメンの気管内チューブを速やかに挿管するのが基本である。患側肺を換気させないダブルルーメンの気管内チューブを用いることは、それが使用可能であっても勧められない。挿管に時間がかかることと、熟練した麻酔医を要することがその理由である。待機的に開胸術を行う場合にのみ考慮すべきである。麻酔はケタミンと筋弛緩剤の併用が完璧に適している。

肺の穿通症例対して陽圧換気を行う場合には注意が必要である。気管支と肺静脈が損傷され交通しているような症例では、気道内圧が静脈圧を超えた場合に空気塞栓を起こし得る。

緊急を要する症例では、血圧を 90mmHg に保ち、自己血輸血を行うのが一般的である。早期晩期の開胸では術前に輸血用血液は準備すべきであり、それができるかが時に予後を左右する。

31.7.6 皮膚切開

開胸術を成功させるためには、正しい皮切法を選択する必要がある。試験開胸術では患側の第 4、または第 5 肋間前側方切開を行い、仰臥位では可能な限り後方に切開を延長しておく。

---

5. In children, the initial volume is calculated as 15 – 20 ml/kg and, for ongoing haemorrhage, 2 – 4 ml/kg.

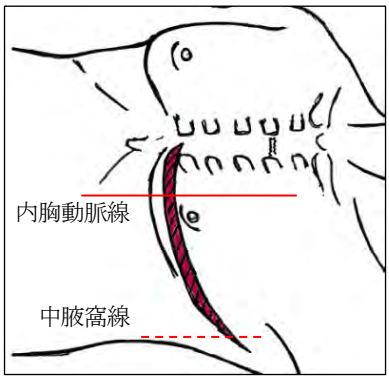


図 31.20
前側方切開

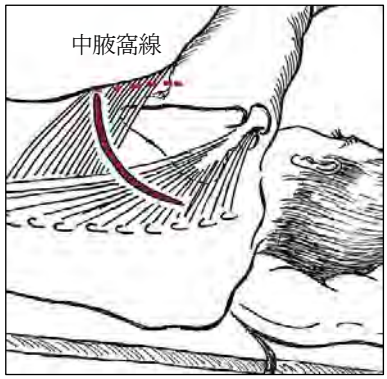


図 31.21-1
後側方切開

写真 31.21-2
左側臥位にて後側方切開による開胸を行う。

下行大動脈、食道、そして稀であるが主気管支の損傷では、後縦隔の視野展開に備えて後側方切開で行う。緊急開胸術を前側方切開で行う場合には、後側方アプローチのために体位変換を要することがある。後側方アプローチは、凝血塊のある血胸や膿胸の手術でも最も適した開胸である。

その他の皮膚切開法としては、胸骨正中切開法と「クラムシェル(clam-shell)切開法」がある。後者は最後の手段の開胸法であり、両側の前側方切開と胸骨横切開を連続させて開胸する方法である。この開胸法では胸腔を大きく開くことができ、心臓や主要血管へアプローチしやすい。また、胸骨正中切開法よりも迅速かつ容易に施行することができる。特に、縦隔を横断するような外傷症例で、状態の不安定なケースに対して有用である。ただし、術後多くのケースは人工呼吸器による管理が必要となる。

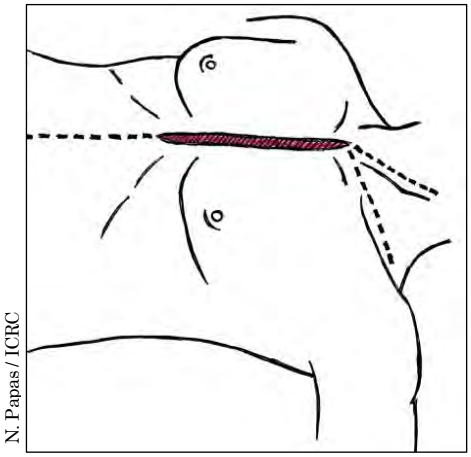


図 31.22
胸骨正中切開を延長する際には、上腹部正中切開や、胸鎖乳突筋切開や、鎖骨上切開へつなげる。

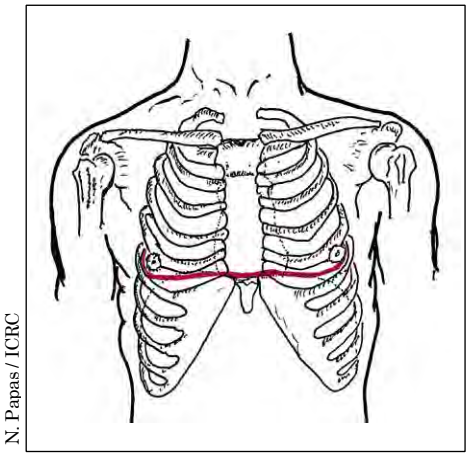


図 31.23
クラムシェル切開(Clamshell incision):両側の前側方切開を、胸骨を横断して連続させる。

胸部外傷症例の手術に用いられる皮切の詳細については、付録 31.C 参照。

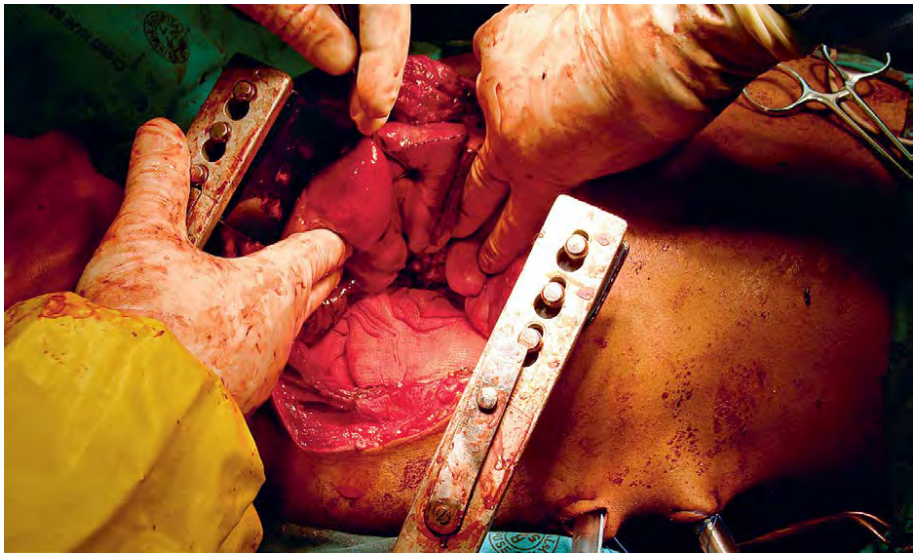
31.8 胸腔内の観察

フェノチェット型の開胸器を装着する。もしなければ、広く長めの開腹用の開創器を 2 つ用いて代用してもよい。肺が呼吸性に動くため、胸腔内の観察は困難である。麻酔医にしばらく換気を止めてもらうか、術者が気管チューブを対側の気管支へ誘導して、ダブルルーメンチューブを使用することなく選択的分離肺換気を行うとよい。

T. Gassmann / ICRC

写真 31.24
基本的な開胸セット。

縦隔や、胸部後方を観察するために、肺は授動しておく。肺を把持して上方へ牽引し、下肺靭帯を伸展させて丁寧に切離する。胸膜翻転部に下肺静脈が観察できる。



F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 31.25
胸腔内診査：縦隔内の視野を展開する。

血液は速やかにすくい出して除去する。一時的な止血法としては、片手で肺門部をつかんで肺実質を絞る肺門プリングル法（thoracic Pringle maneuver）や、肺門捻転法（hilum- twist 法）、パッキングによる方法などがある（第 31 章 10.1 参照）。胸壁からの出血にも注意が必要である。出血は開胸の切開部よりも後方であったり、離れていたりして見えにくいこともある。

よく観察してから、処置に取りかかる。

31.9 胸壁の創傷

射入創と射出創周囲の壊死組織は、すべて除去する。

肋間動静脈からの出血は、結紮して止血する。損傷血管の同定が困難な場合には、新たな切開が必要となる。切断された肋間動脈が筋肉内に引き込まれた場合は、8 の字縫合を加えて止血する。肋間には縫合に十分なスペースがないため、運針は肋骨に対して平行に行う。縫合スペースを確保するために、隣接する肋骨を部分切除することもある。

内胸動脈は、腹側の表層に位置するため、近位側、遠位側をクランプして結紮することは比較的容易である。

吸い込み胸部外傷（sucking chest wound）を治療する際は、創部に小開胸を置く。こうした創傷治療の原則に則って、挫滅した軟部組織を除去する。また、胸腔内に肋骨片が迷入していれば摘出する。そして鋭利な肋骨骨折断端を骨鉗子

で削り、やすりで滑らかにしておく。胸腔内を洗浄した後、創から離れたところの皮膚を新たに切開して、胸腔ドレーンを留置する。気密性を維持するために、胸膜と深部筋層はまとめて縫合閉鎖する。ただし、損傷した筋層や皮膚の損傷部は開放したまま残し、5 日後に待機的一次閉創を行う。開胸は清潔な処置であるが、受傷部は汚染された不潔な創である。

非常に大きな欠損で閉鎖が不可能な場合には、腹部手術で使用する「Bogota bag」を用いて一時的に閉鎖して胸腔の機能を維持し、再建に備える（第 32 章 9.1 参照）。連続のインターロック縫合でプラスチックバッグと、胸膜及び肋間筋を縫合する。気密性を保つため、できれば接着テープ（Steri-Drape®や Opsite® など）で被覆して固定する。

胸壁欠損部の再建は、患者の状態が安定した後で計画的手術として行う。欠損部位にもよるが、広背筋や大胸筋、または腹直筋などを用いてローテーションフラップを形成し、再建する。

31.10 肺の外傷

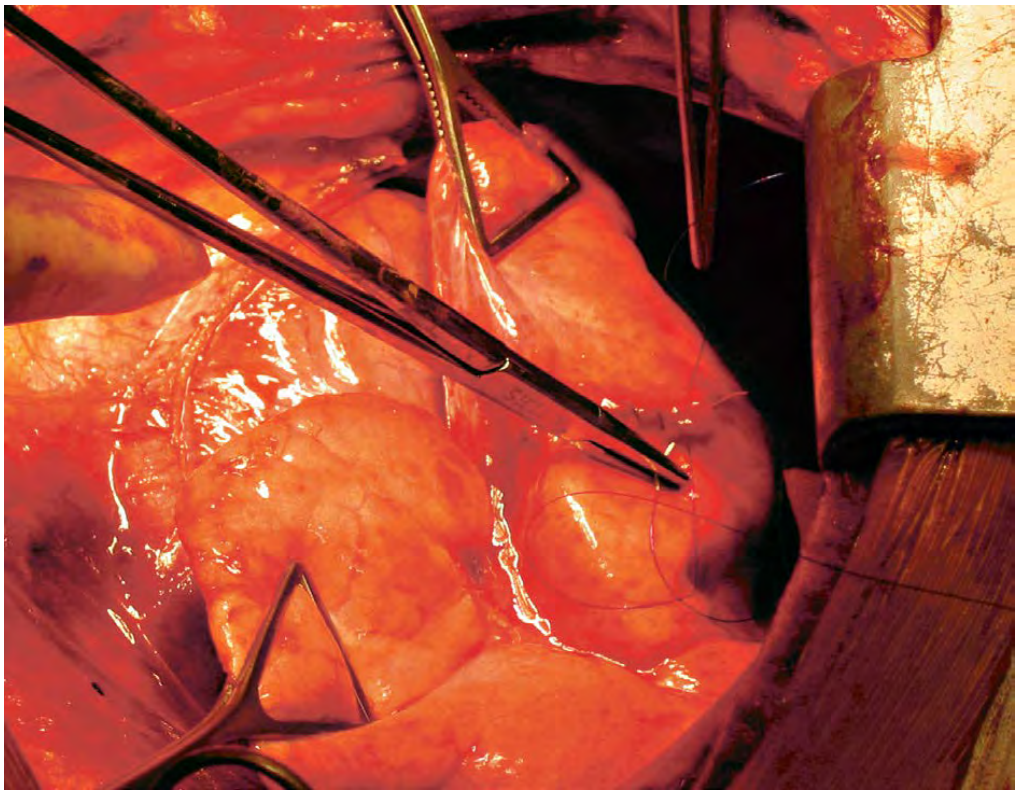
31.10.1 肺実質の血腫

肺実質の損傷部を処置するためには、一時的に患側肺を虚脱させておく必要がある。これには、麻酔医が一時的に換気を止めるか、術者が気管チューブを対側の気管支へ誘導して分離肺換気を行うとよい。肺の外傷からの出血を外科的に止血する手段は、組織損傷の程度によっていくつかある。

直接縫合

損傷範囲が小さければ、直接縫合を行う。肝縫合時のようにマットレス縫合を用いて修復するとよい。

写真 31.26
肺挫傷部の縫合。

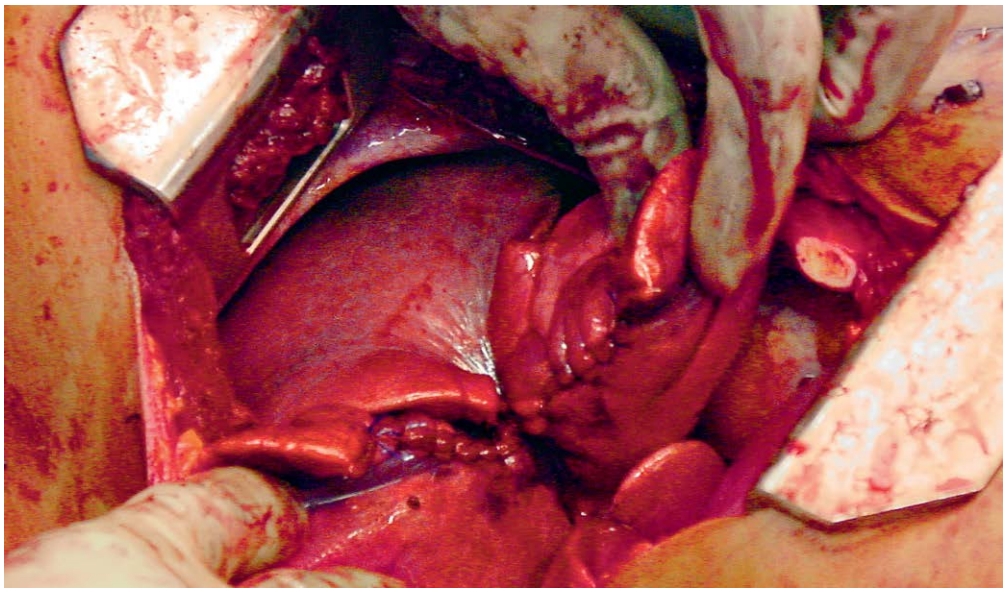


A. Taha / American U. Beirut Medical Center

非解剖学的楔状切除術

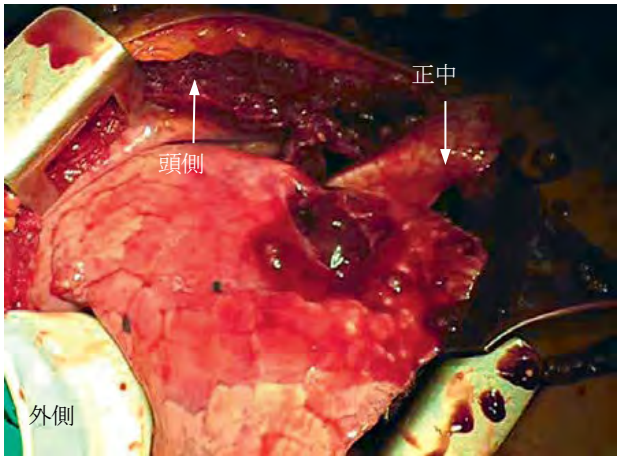
損傷範囲が大きい場合は、鉗子を用いて挫滅部を含めて「V 字型」に肺をクランプしてから楔状切除術を行う。デュバル型クランプ鉗子や、大きめの血管鉗子、または腸管鉗子を用いるとよい。切離断端は、3-0 モノフィラメント吸収糸を用いて連続縫合する。

写真 31.27
楔形切除術と肺縫合



D. Meckelbaum / McGill U. Hospital

射撃溝開放術



B. Sangthong / Songkla U. Hospital, Thailand

写真 31.28
右肺に大きな射入創を認める

肺実質深部の貫通創では、肺の射入部や射出部から血があふれてくることがあるが、これを縫合閉鎖してはならない。表層部を縫合しただけでは止血したことにはならない。創内に貯留した血液は肺内血腫を形成し、さらに周囲の気管気管支内に漏れ出ることになる。こうしたケースでは、空気塞栓を引き起こしたり、気管支静脈瘻を形成したりする危険がある。

こうした貫通創に対しては、射撃溝開放術を行う。これは、肝損傷時に用いる、用指的圧挫法と同じ手法である。まず、2 本の長い大動脈鉗子、または腸管鉗子を射撃溝の両側から挿入してクランプする。次に、この鉗子間の肺実質をメスで切開して射撃溝を開放する。必要であれば、開放された射撃溝内の挫滅組織をデブリドマンする。出血点及び気漏がないかどうかを確認して、あれば 8 の字縫合で縫縮する。クランプした部分の肺実質は、3-0 モノフィラメント吸収糸を用いた連続マットレス縫合で閉鎖する。クランプ鉗子を外した後、さらに切離断端に連続縫合を加えて補強しておく。切離した肺実質どうしを縫合して寄せる必要はなく、射創管は開放したままでよい。楔状切除術や射撃溝開放術では、自動縫合器を用いることができれば手術は非常に簡単になるが、そうした器械は手に入らないことが多い。

ダメージコントロールと肺切除術（葉切除術、肺全摘術）

胸郭内に大量出血や大量の気漏を認める場合は、開胸して「肺門プリングル法」を試みるとよい。これは、鉗子でクランプする前に、肺門部を用指的に圧迫して出血をコントロールし、空気塞栓を予防する方法である。

容易に行えるダメージコントロール手技として、「肺門捻転（pulmonary hilum twist）法」がある[6]。両手で肺を把持して外側後方へ牽引する。こうすると、下肺靭帯が伸展するため、これを下肺静脈の位置まで切離する。次に、一方の手で肺尖部を把持し、もう一方の手を下葉の下に差し込んで、患側肺を 180 度回転させる。この方法では、比較的可動性に乏しい気管支を中心に肺を翻転することで、肺動静脈の流れを遮断することができる。捻転が解除しないよう、開腹の時に使うパッキング用ガーゼを詰める。これによって生理学的にみた患者の全身状態は、肺全摘術後と同様になる。患者の状態

が安定したら、肺の翻転を解除し、損傷部を修復する。損傷の程度が著しい場合は、肺門部をクランプしたままにして、肺全摘術を施行する。

肺損傷の程度が極めて重篤で、止血や気漏をコントロールするために葉切除術や肺全摘術を要するケースがあるが、こうした症例のほとんどは病院までたどり着くことができない。また、手術できたとしても、死亡率は非常に高い。

31.10.2 肺内血腫、破裂肺、肺挫傷、動揺胸郭(フレイルチェスト)

貫通銃創による肺内血腫は小さいことが多く、併存する気胸や喀血症状などに対してドレナージをしている間に自然治癒するか、時間をかけて吸収される。レントゲン所見で直径 5cm を超えるものや、経時的に観察して増大傾向にあるものは、開胸での止血術を行うか、それができる施設へ搬送する。

鈍的外傷による肺挫傷や破裂肺は 2～3 日を要して、ゆっくりと改善に向かう。多くは人工呼吸器を用いることなく、保存的に経過観察が可能である。挫傷の程度が強いと、急性呼吸窮迫症候群(ARDS)を来す場合がある。こうしたケースでは、呼吸不全に至っても症状は軽度であるが、時間をかけて増悪することがある。ARDS では人工呼吸器による管理を要するが、こうした装置を備えていない施設がほとんどであり、保存的治療となることが多い。一時的に気管切開を置き、短期間バッグをつないで自然換気を行う方法もある。

保存的治療は基本的には胸腔ドレーン留置後や、開胸術の術後管理に準じたものであるが、肺水腫に留意する必要がある。患者の循環血液量を維持しつつ、血行動態が安定してきたら輸液量を制限し、水分をややしぼる方向で管理するとよい。利尿剤は、肺水腫を合併したケースにのみ用いる。

炎症反応を抑制するための副腎皮質ステロイドの使用については議論がある。臨床試験では、ステロイドの利点はなく、感染と消化管出血のリスクが高まるという結果が報告されている。ICRC の外科チームは、こうした症例に対して副腎皮質ステロイドは用いていない。

肺挫傷症例には動揺胸郭(フレイルチェスト)を伴うことがある。こうした症例では、受傷歴からも肋骨外傷に注目されやすいが、臨床経過と致死率を左右するのは、多発骨折を来した肋骨ではなく、肺の状態である。治療は以下の 3 点を緩和することから始める。

・胸郭の奇異性運動と、それが引き起こす呼吸苦への不安
・痛みと、呼吸への影響
・肺挫傷

フレイルチェストでは、動揺部分を粘着性の保護材などでしっかりと固定することから始める。患側が下になるように側臥位を取らせると、奇異性運動を止めることができ、肺が損傷を受けていなければ適切な呼吸機能を維持することができる。奇異性運動に伴う呼吸への不安は、十分な神経ブロックを併用することで解消することができる。しかし、最も大切なことは、肺挫傷の治療である。

31.10.3 気管・気管支損傷

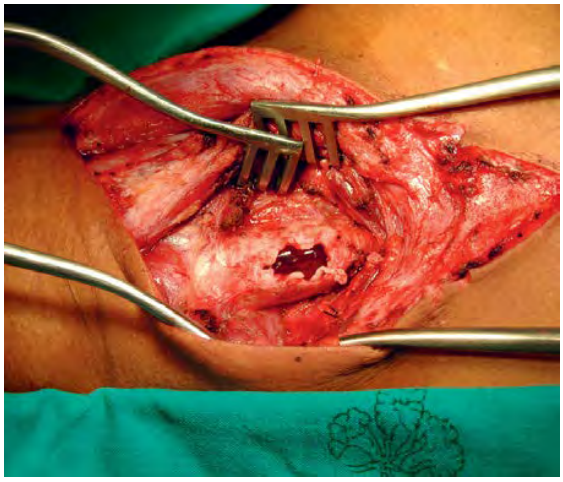
気管は半分が頚部、半分が胸郭にあり、また、全長にわたって食道や主要血管と関連した位置にある。したがって、単独損傷は稀である。

---

6. Wilson A, Wall MJ Jr, Maxson R, Mattox K. The pulmonary hilum twist as a thoracic damage control *procedure. Am J Surg* 2003; **186**: 49 – 52.

B. Sangthong / Songkla U. Hospital, Thailand

写真 31.29.1
頚胸部正中の銃創症例。緊張性気胸を認めたため、胸腔ドレーンを挿入した（白色円）。



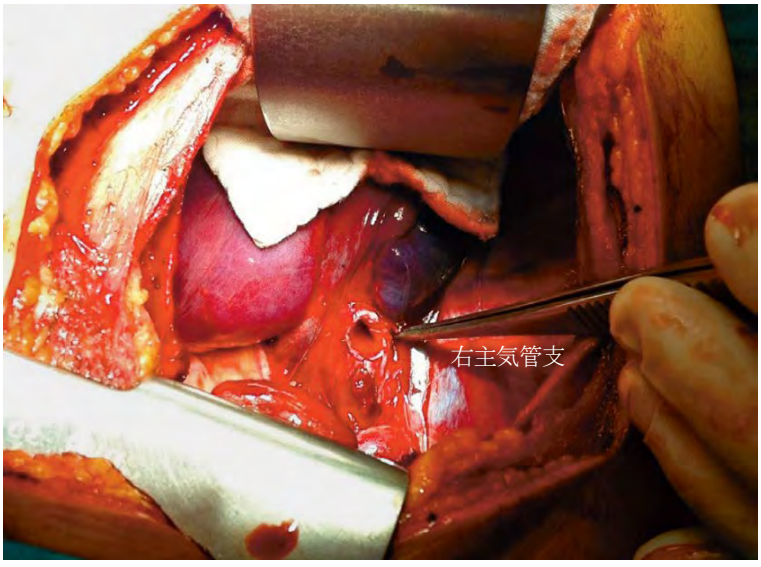
B. Sangthong / Songkla U. Hospital, Thailand

写真 31.29.2
気管損傷部を支えるために挿管した症例。

小さな胸膜気管支瘻は、大量の気漏よりも多く認められる。胸膜気管支瘻がある場合は、胸腔ドレーンからの出血は止まっても、呼吸に合わせて水封ボトル内に気泡を認める。小さい瘻孔の多くは時間が経てば自然に閉鎖するため、こうした症例では保存的に経過観察するのがよい。

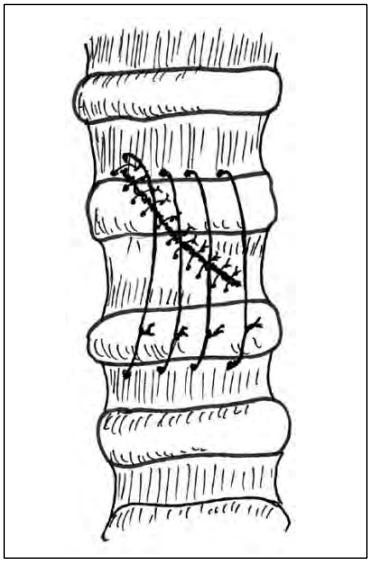
以下に気管・気管支損傷を示唆する臨床所見と病態を挙げる。

- 気胸症例で持続吸引を行っても改善せず、水封ボトル内に著しい気泡を認めるもの；
- 明らかな縦隔気腫
- 重度の皮下気腫
- 重度の、また繰り返す喀血及び呼吸困難症状
- 保存的治療で改善しない遷延性の無気肺



V. Jittithaworn / Songkla U. Hospital, Thailand

写真 31.30
右主気管支の損傷



N. Papas / ICRC

図 31.31
気管の修復

胸腔内の観察の間、気管挿管チューブを損傷部を越える部分まで誘導してステントとして用いるとよい。主気管支が損傷されている場合は、気管チューブを対側の気管支に押し込んで誘導する。修復はモノフィラメント吸収糸を用いた結節縫合にて行い、結び目は外側におく。縫合部は周囲の筋肉や胸膜で被覆しておく。気管修復の際は、損傷部の頭側及び尾側の輪状軟骨を、それぞれ 1 つずつ含むように縫合する。

31.11 大血管、心臓、心膜

開胸を要するほどの大量血胸を伴った状態で、無事に病院まで搬送されてきた症例は、内胸動脈か肋間動脈に損傷を受けていることが多い。これらの血管は安全に結紮止血することができる。一方、大動脈やその他の大血管が損傷されることはまれである。医師が処置中、例えば術中にうっかりして損傷しない限り、こうしたケースを目にすることはほとんどない。

本書が対象としている外科医が目にするのは、大血管の損傷による出血よりも、仮性動脈瘤か動静脈瘻から出血しているケースがほとんどである。これらの損傷血管を中枢側または末梢側からコントロールするのは不可能である。弯曲のある大きめの血管用鉗子を用いてクランプすれば、重要臓器への血流を遮断することなく損傷血管を修復することができる。大抵の場合、側方からの修復だけで十分である。血管移植を必要とするような大血管裂傷の予後は極めて不良である。

31.11.1 心タンポナーデ

心外傷を負いながらも病院までたどり着くことができた症例では、外傷部が小さく、心タンポナーデの効果で自然止血が得られていたケースがほとんどである。この際に患者の血圧は、自ずと許容限度の 90mmHg 以下となる。これは、圧迫を受けた状態では心臓が十分に拡張することができず、血圧を維持するためのポンプ機能が働かないためである。血圧を上げるために静脈路から点滴負荷をかけることは避けるべきである。ショックの原因は心原性であり、循環血液量の減少によるものではないためである。

こうした外傷は、飛来物よりも刺創に起因することが多い。また、弾丸よりも破片による場合が多い。銃創の場合、心外傷は、その弾道の終末になる。つまり弾丸は胸壁を貫き、ちょうど心臓に達するまでのエネルギーしか持っていない。生存例では、損傷部が低圧系の心房か右心室にあることが多い。非常に小さい破片が心嚢内に入っただけで、全く臨床症状を呈さないこともある。また、破片が心腔内に達せず心筋内に留まるようなケースでは、限局性の心筋梗塞を引き起こすことがある。いずれの場合も破片はそのままにしておく。

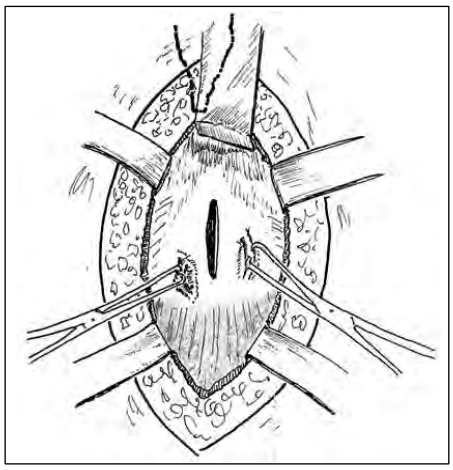
第 8 章 5.1 に、開胸術の準備をしている間の一時的な処置として、心膜穿刺の手順を示した。ただし、この手技はしばしばうまくいかない。急速に心嚢内に貯留した血液は、凝血して血漿成分に乏しくなる。このため十分に吸引除去できないことが多い。こうした場合、外科医は患者が開胸術の施行まで待機することができるかどうかを判断しなければならない。患者の状態が不安定ならば、開胸術の準備ができるまでに、剣状突起下心膜開窓術を試みてもよい。

31.11.2 剣状突起下心嚢開窓術

心嚢切開時には横隔神経を損傷しないように注意する。

患者の腰の下に枕を入れて、腰椎部分をしっかり前弯曲させた仰臥位にする。手術は局所麻酔と適当な鎮静剤を併用して行う。皮膚切開は剣状突起の左方から腹部正中線へ向けて 5～6cm 切り下げる。白線は切離してもよいが、腹膜は開けないように注意する。必要なら剣状突起を切除する。胸骨を上方に牽引して腹膜前脂肪を露出する。

指を用いて鈍的に深部に向けて脂肪組織と腹膜を剥離し、しっかりとした線維からなる三角部、すなわち横隔膜と心膜底部の結合部を露出する。心タンポナーデがある場合は、心嚢貯留血液が紫色の溜まりとして術野に透見される。心膜正中線の両側をアリス鉗子で把持するか、支持糸をおいてその間をはさみで小さく開ける。



N. Papas / ICRC

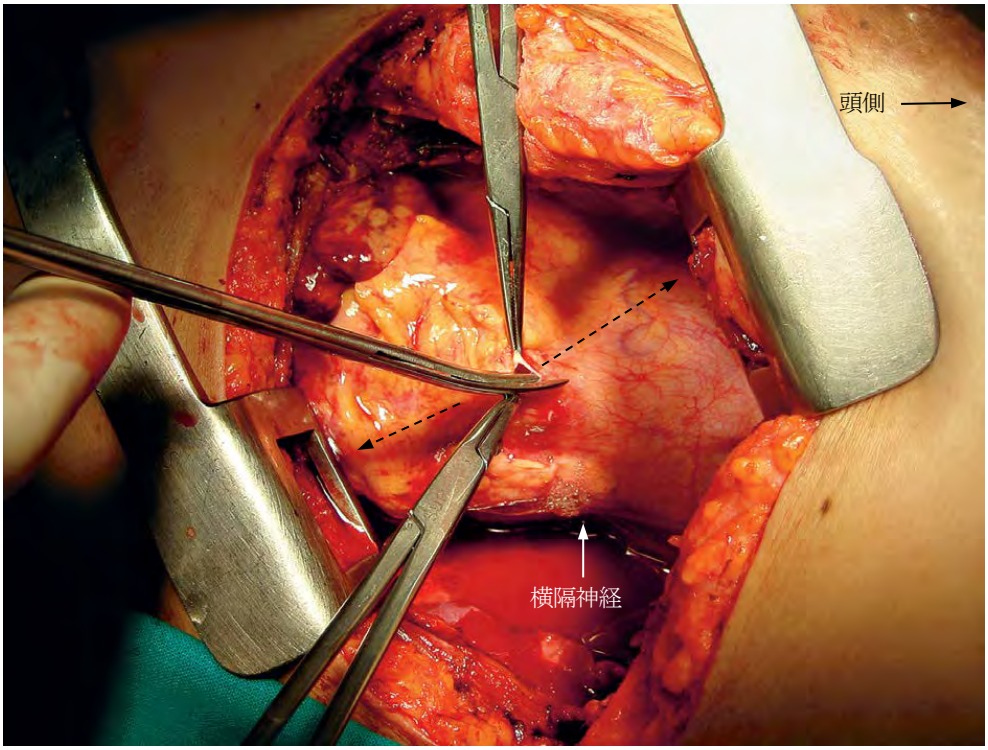
図 31.32
心膜・横隔膜三角部を開く。

狭い心膜切開孔から心筋を修復するのは難しい。肋軟骨を切断し、剣状突起下切開を延長して前側方開胸につなげるとよい。

31.11.3 前方開胸術と心外傷

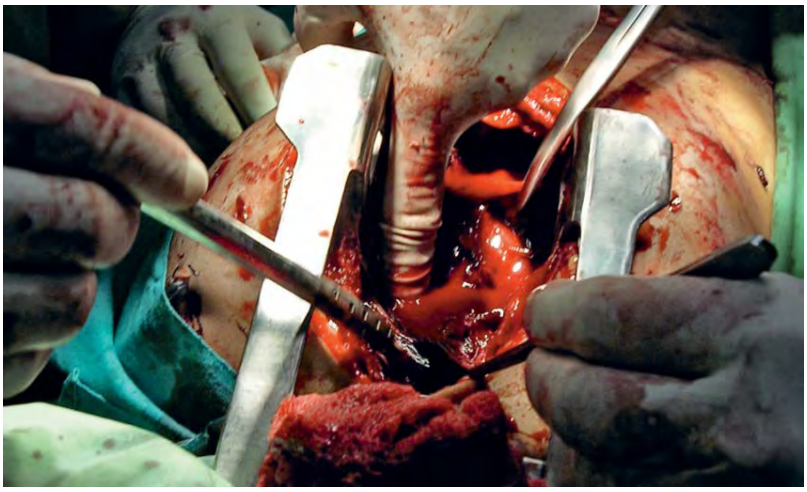
心外傷症例に対する一般的な開胸法は前方開胸である。剣状突起下開窓術と開胸術のいずれの場合も、心膜切開時には横隔神経を損傷しないように十分気をつけなければならない。

写真 31.33
横隔神経から離れて心膜を切開する。



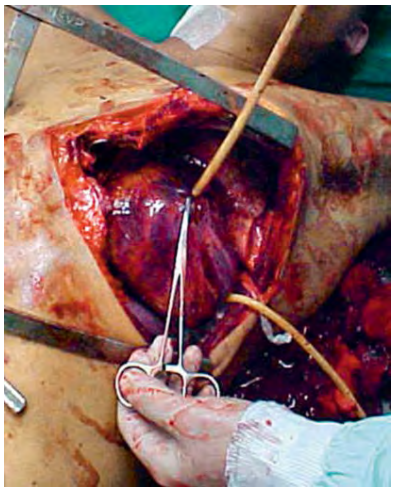
B. Sangthong / Songkla U. Hospital, Thailand

心膜を開いたら凝血塊をすくい出して、指で心筋損傷部を塞ぐ。小さめのフォーリーカテーテルを損傷孔に挿入して、生食でバルーンを膨らませてもよい。過度に牽引して小孔を裂かないように気をつける。心嚢内血腫を除去すると患者の循環動態も改善する。



M. Della Torre

写真 31.34
心筋穿孔部位に指を挿入して止血する。



A. Taha / American U. Beirut Medical Center

写真 31.35
心筋損傷部位にフォーリーカテーテルを挿入して止血する。

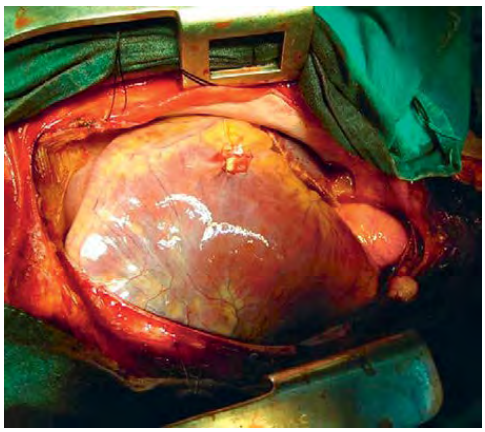
31.11.4 心筋縫合

心筋の修復法は、その損傷部位によって異なる。右房損傷時には大静脈損傷時と同じく、通常はサテンスキー側弯鉗子をかけて、血管修復に準じた連続縫合を行う。縫合は非損傷部から開始して、損傷部位に向かうように行うとよい。縫合結紮を容易にするために、助手は大静脈を数秒間用指圧迫して心臓が膨らまないように補助する。損傷部が極めて小さい場合は巾着縫合でもよい。

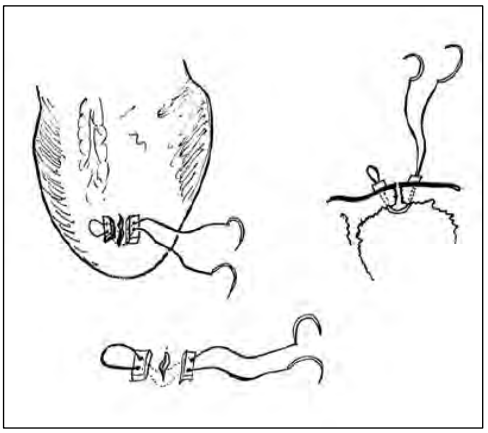
心筋の厚い部分を縫合する場合は、大きめの丸針と 3-0 もしくは 4-0 の非吸収糸を使用して心筋組織が裂けないようにすることが重要である。

心筋縫合の際には冠動静脈を巻き込まないように注意する。

心筋縫合には水平マットレス縫合が最善である。この時に、冠動脈を縫い込まないように十分に注意しなければならない。心筋が浮腫性で脆弱であったり、薄い場合には、補強のために心膜を少し切り取ってプレッジェットを作成してマットレス縫合するのが望ましい。縫合糸を強く引っ張りすぎると心筋は簡単に裂けてしまうため、縫合と結紮はできるだけ丁寧に注意深く行う。



ICRC



N. Papas / ICRC

写真/図 31.36.1- 2
プレジェットを用いた心筋マットレス縫合。

心臓外科を専門としない多くの一般外科医は、動いている臓器の縫合に慣れていない。うまく縫合する秘訣は、心臓の動きに合わせて手を動かすことである。そうすれば、動いている外科医は対象物に対しては「静止した」状態になるため、拍動と拍動の間に縫合することができる[7]。

前面の創が処置できれば、心臓の背側を観察する。小破片による心臓の貫通傷は、背面の傷の方が小さく、見落とされやすい。

左胸腔への心ヘルニアを予防するためには、数針の心嚢膜縫合を加えれば十分である。心嚢内のドレナージが維持できる程度に、粗に縫合すればよい。ドレーンは心嚢内と胸骨後面に 1 本ずつ留置し、24～48 時間後に抜去する。

31.11.5 奇静脈系

稀ではあるが、緊急開胸時に奇静脈損傷を認めることがある。こうしたケースでは、前方開胸では十分な視野が得られない。患者を後方開胸ができる体位にすると、後縦隔にアプローチすることができるようになり、奇静脈を結紮して止血することができる。

7. これはアインシュタインの特殊相対性理論における基本原則である。

31.12 食道損傷

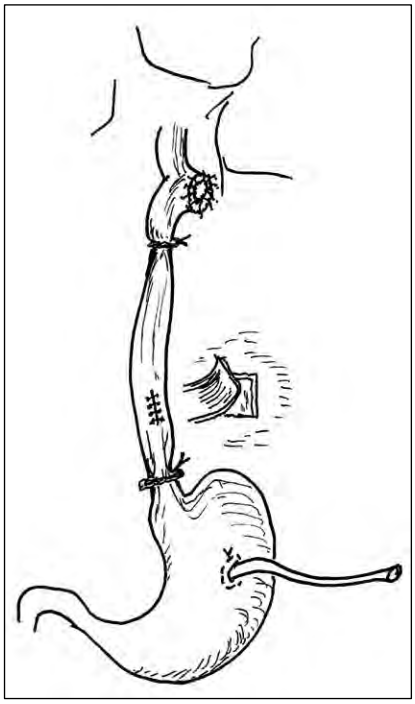


図 31.37
結紮による食道分離を伴う一時的修復術：食道近位側に食道瘻を造設。また胃遠位側に胃瘻を造設。食道修復部位は胸膜か肋間筋で被覆しておく。

食道損傷はまれであるが、治療しなければ患者はすべて縦隔炎か敗血症性ショックで死亡する。受傷後 12 時間以内に食道損傷と診断されて手術が行われるケースもあるが、全身の血行動態が安定しており、かつ頸部食道損傷時のように根治術が行えることは極めて稀で、ほとんどの症例ではダメージコントロールに終始するしかないのが実情である。

胸部上部及び胸部中部食道へのアプローチには、右後側方第 4 肋間開胸を用いる。この際奇静脈は結紮する。下部食道へのアプローチは、他の損傷部位のダメージコントロールがされてから、左前方切開を延長して行う。

頸部食道損傷に対しても外科治療の基本方針は変わらない。すなわち、局所のデブリドマン、広範囲のドレナージ、そして有茎肋間筋フラップか胸膜フラップを用いた、粘膜と筋層の直接 2 層縫合による補強を行う。一期的修復は、受傷後 12 時間以内であり、かつ損傷部位が小さくて炎症がほとんどないような症例に限って行う。もしも患者の状態が安定していなければドレナージのみに留めるべきである。いずれの場合も、両側胸腔ドレーンと縦隔ドレーンを留置しておく。また、食道損傷部には消化液が流れないようにしておく必要がある。

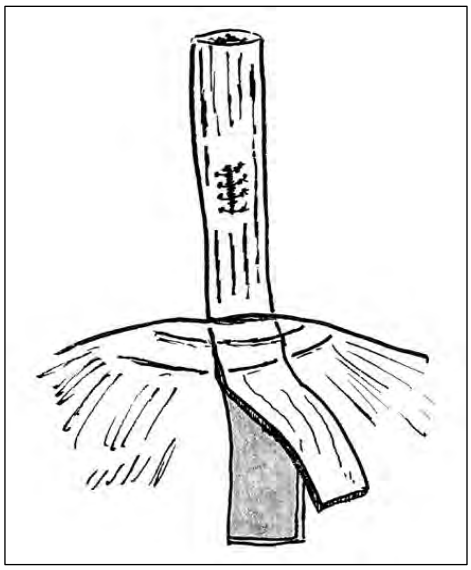
1 回目の手術で修復を行う際には、頸部食道近位部に食道咽頭粘膜瘻を造設し、また胃瘻を造設して食道を迂回し、食道の安静保持に努める。食道に唾液が流れないように、また胃液が食道に逆流しないように、頸部食道瘻の肛側と下部食道を結紮しておく。2 週間後に再手術を行い結紮糸を解除する。患者にメチレンブルーかバリウムを飲ませて手術部位に漏れがないことと、通過に滞りがないことを確認する。最後に頸部食道瘻と胃瘻を閉じて修復術が完了する。

注：

結紮にクロミックカットガットを使用した場合は、2 週間後には吸収されるので、結紮糸切除のための再手術は不要である。クロミックカットガットは牛海綿状脳症、いわゆる「狂牛病（付録 1.A 参照）」発病の恐れもあるため ICRC の標準備品ではないが、いまだに多くの国で使用されている。（訳注：クロミックカットガットは、羊の腸を処理した吸収糸）

一期的修復が不可能な場合は、ドレナージ術を行う。大きめの側孔付きドレーン（直腸用チューブ、胸腔ドレーン、T チューブ）を、損傷部位から上部食道へ挿入し、外瘻とする。ドレーン周囲の穿孔スペースは、1-2 針縫合を加えるか、巾着縫合をかけて、できるだけ塞いでおく。持続吸引器が使えれば最もよい。安全性の高い代替法として、一期的修復の時と同じ要領で、食道損傷部はそのままにして、その口側と肛側を結紮しておく方法がある。根治術は患者の体調が安定し、感染も炎症も治まった頃に再検討する。

損傷部位が食道の下部 3 分の 1 以内にある時は、胃底部の漿膜を用いた弁状パッチか、横隔膜フラップを作成して、損傷部を被覆する。食道が広範囲に欠損しているケースでは、待機的に根本的な食道再建術を検討しなければならない。再建術には専門医が必要である。



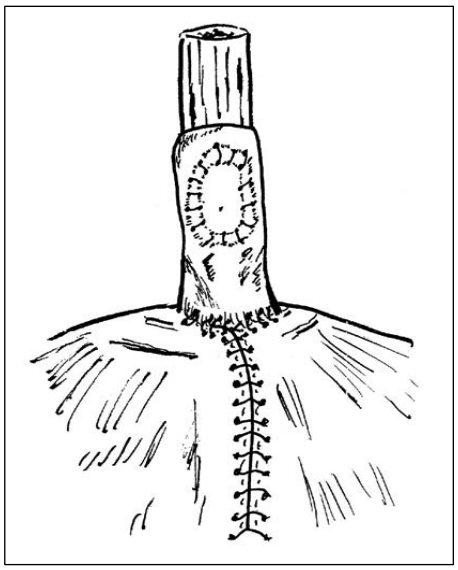


図 31.38.1- 2
横隔膜フラップを用いた損傷部の補強

食道外傷では全症例に対して絶飲食とし、少なくとも1週間は抗生物質（アンピシリン、メトロニダゾール、ゲンタマイシン）を投与する。胃瘻からの栄養補給は必須である。医療資源の乏しい環境では、食道瘻から縦隔洞炎に至ると例外なく致死的となる。

31.13 その他の損傷

31.13.1 胸管

胸管が損傷されると乳糜胸を来す。胸腔ドレーンからは黄色で脂肪性の排液が見られる。初期段階では長期間胸腔ドレーンを留置し、脂肪食制限などの保存的治療を行う。しかし、状況によっては胸管損傷部の正確な位置を確認したり、結紮したりする必要がある。こうした手術は、胸管の走行を考慮して、右後方開胸や左鎖骨上切開にて行う。胸管は椎体の右側を上行し、食道の後方を横切り、左上縦隔に至り、胸膜上をドームを描くように走行して、左内頸静脈と左鎖骨下静脈の合流点で静脈に流入する。

胸管瘻孔部の確認を容易にするために、患者には手術前夜に脂肪食を摂らせておくとよい。

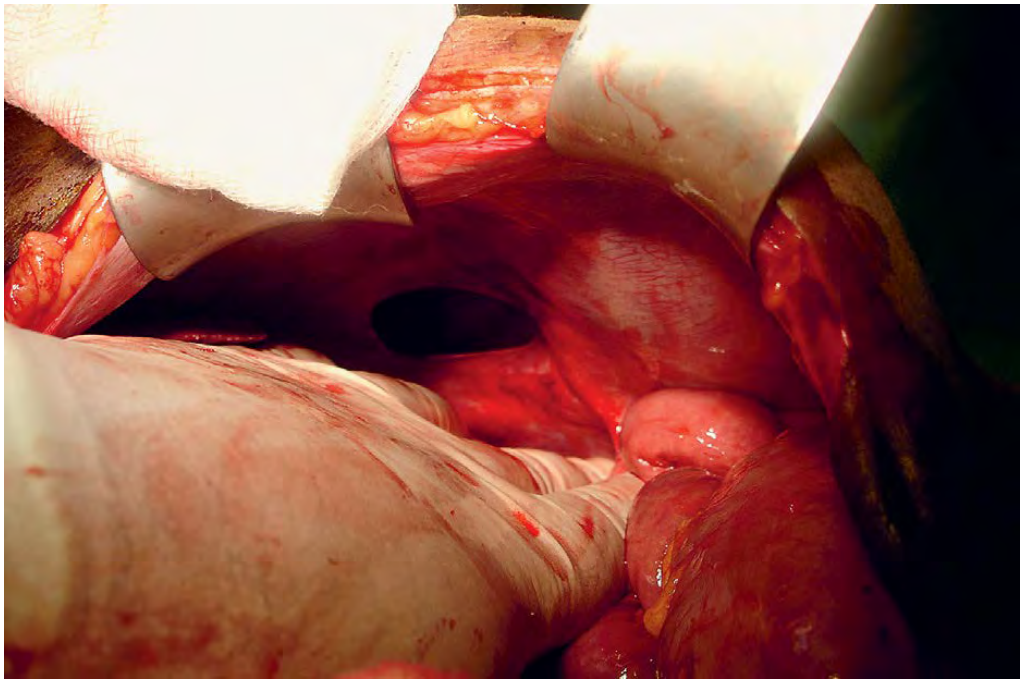
31.13.2 胸腺

幼児は胸腺が非常に大きいため、損傷を受けやすい。重要な免疫機能の発達を損なわないように、手術ではできるだけ胸腺を温存するように努める。通常は損傷部のデブリドマンと縫合処置で充分である。ドレーンを縦隔洞に留置し、24時間後に抜去する。

31.13.3 横隔膜

発射物による横隔膜損傷は、開胸術の適応ではない。横隔膜損傷は胸腹部損傷と考え、開腹で修復した方がよい。胸腔内の洗浄も、開胸する必要はなく、経横隔膜的に行えばよい。小さな横隔膜穿孔は見落とされることがある。横隔膜に残った小孔は、時間が経ってから、時には数年経過してから横隔膜ヘルニアを来すことが多い。横隔膜修復術の詳細については D.4 に記載した。

写真 31.39
横隔膜の大きな欠損孔。



H. Nasreddine / ICRC

31.14 胸部外傷のダメージコントロール

救急室での開胸術は、ダメージコントロールの手技と考えられるが、その適応についてはこれまで検討してきた通りである。胸部外傷のダメージコントロール手技は、応急処置的なものではなく、速やかかつ簡潔に行うことができる、根治的手技であることが多い。緊急開胸術の目的は、止血と生理学的改善を得ることにあり、感染は通常問題にならない。

開腹手術と同様に、開胸術で胸を「開く」と多くの体温が奪われる。状態の悪い患者の手術時間は極力短くすべきである。手術室の室温にも配慮が必要である。胸腔内洗浄には温生食を用いる。低体温は何としても避けなければならない。

手術チームにとって快適な室温は、患者にとって致命的となることがある。

胸部外傷症例に対して有用なダメージコントロール手技はあまりない。腹腔内と違って、呼吸循環動態を大きく損なわずに、胸腔内または縦郭内にガーゼパッキングを行うことは不可能である。止血目的のパッキングが奏功し得る部位は肺尖部だけである。この手技は胸郭出口部のゾーンⅠにおける止血手技と同じである（第 30 章 8.2 参照）。胸壁の出血孔に対しては、フォーリーカテーテルを使用してもよい。バルーンを膨らませてカテーテルをしっかりと牽引し、止血が確認できたら皮膚に固定する。このカテーテルは動脈内が血栓化するまで数日間固定しておく。

これまでに記述した手技には、「肺門捻転（hilum- twist）法」や、食道損傷の二期的修復法、「Bogota bag」を用いた胸壁欠損部閉鎖法も含まれる。

31.15 開胸術の術後管理

胸腔ドレーン管理の原則は、開胸術の術後患者に対しても適応される。開胸術後は、より重篤な状態にあり、厳重な観察とモニタリングが必要である。こうした術後ケアのためには、患者数に対して看護スタッフを多く配置した「集中看護ケア

病棟」があれば最もよい（Part F.3 参照）。

ICRC

写真 31.40
ケニア北部 ICRC ロキチョキオ病院集中看護病棟での胸部理学療法

人工呼吸器が使用できない環境では、気道確保のために気管切開を行った方がよいケースがある。気管切開を置くと呼吸に要する労力を減らすことができ、気管内の洗浄も行いやすい。人工呼吸換気の適応は比較的少ない。短時間の有用な代替方法として、自発呼吸をさせながらアンビューバッグ（ambu® bag）を用いた手動換気法がある。熟練したスタッフがいる施設では、この方法が可能で、補助換気を継続することができる時間はスタッフの数に依存する。

吸引器は胸腔ドレーン管理に有用であるが、気管切開症例のケアにも役立つ。呼吸抑制を誘発しない鎮痛薬を併用することは重要である。また、肋間神経ブロックも補助療法として役に立つ（付録 31.A 参照）。十分に鎮痛を効かせることで、こうした治療に不可欠な呼吸理学療法をより有効に行うことができる。また、酸素投与の際には加湿する。

31.16 停留血胸

膿胸の原因は、治療が遅れたケースを別にすると、血胸後に貯留血液を完全に除去できず、十分な肺の拡張を得られなかったことにある。こうしたケースでは、抗生剤投与などの方法では、ほとんど感染を防ぐことはできない。胸腔内の残留血は凝固して厚みが増し、タンパク質と線維成分を豊富に含んだ凝血塊を形成する。これらは後に感染源となったり、肺と胸膜の癒着の原因になったりする。凝血塊の有無を診断するためには、経時的にレントゲン撮影を行って評価する。

胸腔内の血液残留を防ぐためには、いくつかの方法がある。まず、十分な排液を得るために、口径の大きな胸腔ドレーンを用いること。次に、しっかりと鎮痛を効かせて、適切な理学療法を行うことである。

注：

繰り返すが、疼痛コントロールは極めて大切である。口径の大きい胸腔ドレーンは、それ自体が痛みの原因になる。ベッドに腰掛けている患者は、痛みを和らげようと患側に体を傾けていることが多い。こうなると、胸腔ドレーンは上下の肋骨で挟まれて、吸引ができなくなる。痛みがあると呼吸時の胸の動きはさらに制限される。そして、喀痰排出を妨げ、肺の完全膨張に必要な呼吸運動も抑制される。

血胸症例において、受傷後 7 日以内に胸腔内の残留血液に増加傾向を認めた場合は、できるだけ早急に開胸術による血腫除去を試みるべきである。一方、患者の初回診察時に、すでに受傷から 1 週間が経過しており、感染徴候を認めな

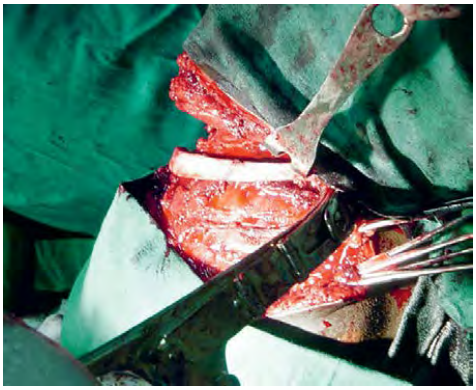
い場合には、肺実質と血腫が一塊となっていることがある。こうしたケースでは、4〜5 週間経過観察し、血腫が熟して被膜が軟化するのを待つ方がよい。その方が、後で血腫と肺実質の剥離術を施行する際に、出血量が少なくてすむ。ただし、待機的に治療すると、肺容量が減少することもある。血腫剥離除去術の適応は、肺実質の一葉以上が機能しなくなった場合である。こうしたケースでは、吸引に難渋するような線維化した小さな凝血塊を多数認める。

血腫を壁側胸膜から剥離する際には、大動脈や食道を損傷しないように十分に気をつける。血腫を壁側胸膜の内側翻転部から剥離する際には、後方に向けて丁寧に剥離する。横隔膜翻転部を剥離する際にも、横隔膜を損傷しないように気をつける。血腫剥離術は出血しやすく、手間のかかる手術である。そして、往々にして膿胸を併発する。

31.17 膿胸

膿胸や遅発性の胸腔内感染を認めた場合には、まず閉鎖式胸腔ドレナージを試みる。それが奏功しない場合には(そうしたケースは多々あるが)、胸壁開窓術を施行する。これは、肋骨 1〜2 本を背側寄りで部分切除して開窓ドレナージを行うもので、十分に確立された手法である。局所麻酔下に施行することができ、リスクも少なく、敗血症や低栄養状態の症例に対しても用いることができる。

術前に立位で胸部レントゲンを撮影しておく。撮影の際に放射線不透過性のマーカーをいくつか胸壁につけておくと、膿胸腔の正確な位置や膿貯留の範囲を知ることができる。さらに、確認のために胸腔穿刺にて膿性貯留物を吸引する。最も有効にドレナージが得られそうな部分を決め、その部分の肋骨に沿って皮切を加える。骨膜を切開し、10cm にわたって肋骨を部分切除する。


V. Sasin / ICRC

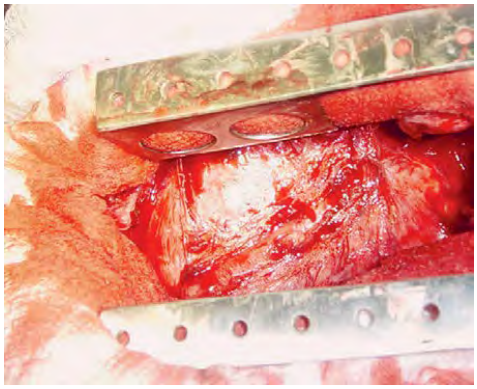
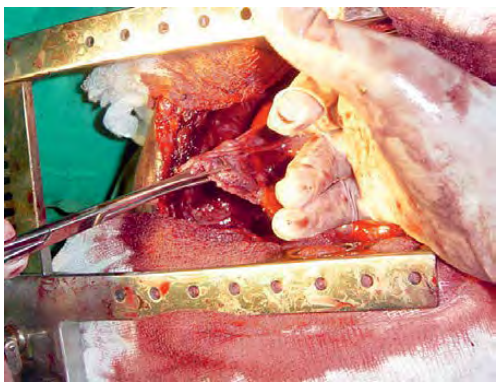

V. Sasin / ICRC

写真 31.41.1-31.41.4
胸壁開窓術

写真 31.41.1- 2
膿胸の厚い線維性被膜が確認される。

下部肋骨の上縁で肋間筋を鈍的に剥離して膿胸腔内に到達する。膿を吸引して異物は取り除く。膿胸腔は次亜塩素酸塩溶液(0.25%希釈漂白剤)か温生食水で洗浄する。肺は壁側胸膜と癒着しているため、虚脱しない。


V. Sasin / ICRC

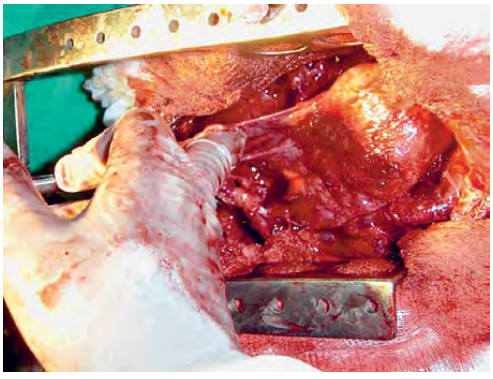

V. Sasin / ICRC

写真 31.41.3- 4
膿胸腔に入り膿と線維物を除去する。

筋肉と壁側胸膜とを縫合して単純瘻孔を形成する。外径の大きい短く切った胸腔ドレーンを挿入し、胸腔内にはヨードホルムガーゼを充填しておく。胸腔ドレーンは 24 時間後に抜去し、充填したガーゼもこの時に取り除く。1 日に 2 回、次亜塩素酸塩溶液か生理食塩水で胸腔内を洗浄する。胸腔内には滅菌ガーゼか、褥瘡処置で吸収材として用いるスポンジマットレスシートをサイコロ状に切断して褐色紙で包み、オートクレーブで滅菌して充填する(第 36 章 12.1 参照)。

肋骨切除を伴うこの単純な開窓術は、今でも小児の肺炎後膿胸に対する術式のひとつである。胸壁開窓術によって、ゆっくりと段階的に膿胸腔を修復して、肺を再拡張させることができる。肺が十分に拡張する一方で、開窓部は瘻孔となり、線維化と収縮によって自然に閉じる。皮膚は開放創としておき、二次治癒による閉鎖を待つ。

31.17.1 膿胸壁剥離術

開窓術から 20 日を経過しても治癒が得られない場合は、開胸術及び膿胸壁剥皮術の適応となる。しかし、膿胸に罹患するような患者は病態や栄養状態が悪いことが多い。このように出血量が多く、重症感染症に至る危険性の高い手術を行うためには、まず栄養状態を改善し、貧血を是正しておく必要がある。こうした術前準備を整えて、輸血用血液を確保した上で手術を検討するべきである。

F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 31.42.1
線維性被膜からなる厚い膿胸壁を切開する。

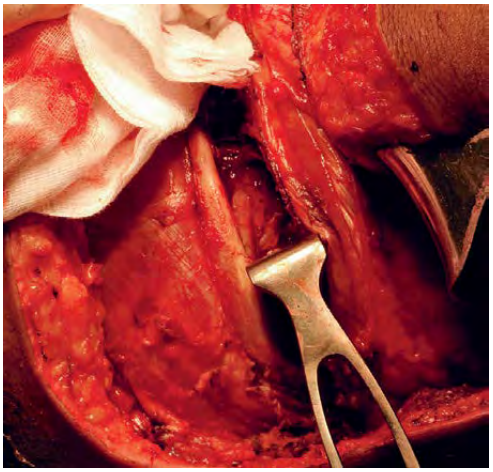

F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 31.42.2
膿胸腔に入る。

写真 31.42.1- 8
膿胸剝皮術。

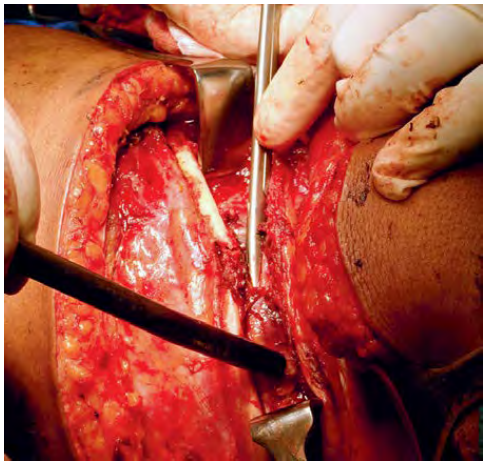

F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 31.42.3
膿と線維物を吸引器で除去する。

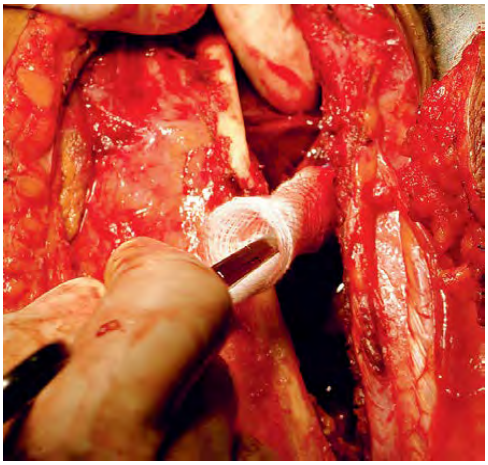
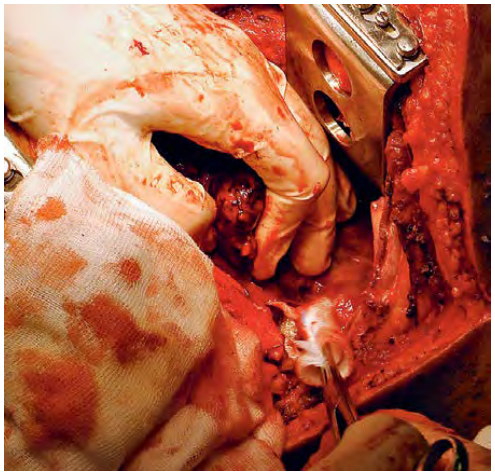
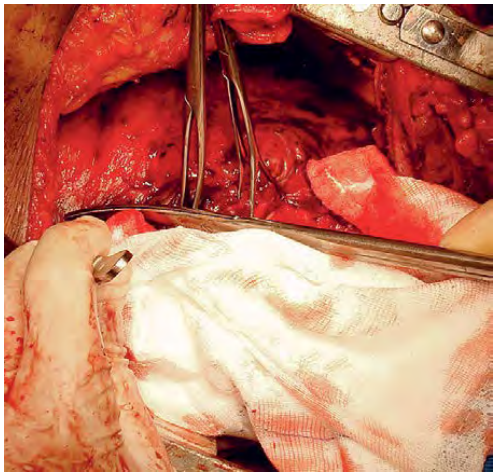

F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 31.42.4
線維化した壁側胸膜を、ガーゼを押し付けながら除去する。



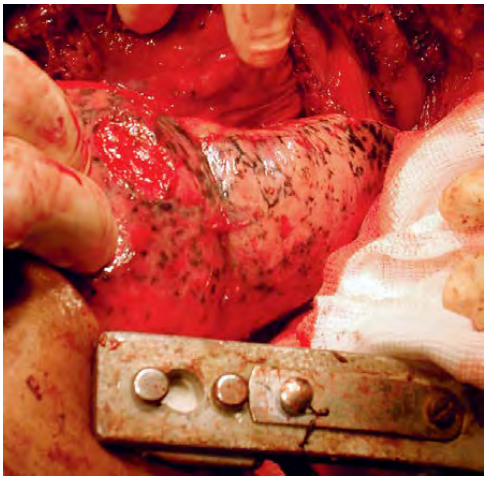
F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 31.42.5
膿胸壁を形成している臓側胸膜を用指的に剥離する。



F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 31.42.6
膿胸壁を形成している臓側胸膜の鋭的切除



F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 31.42.7
肺は膿苔から遊離されている。

F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 31.42.8
悪臭のある膿性線維物。

発熱や白血球増加などの全身性の感染徴候を認める場合には、早期に抗生物質を投与する必要がある。細菌培養や薬剤感受性検査ができない施設では、吸引した膿性胸水のグラム染色を行う。起炎菌や感受性のある薬剤が同定できない環境下で、プロトコル治療に則ったアンピシリン／アモキシリンの併用用法を行っていれば、ゲンタマイシンに、メトロニダゾールかクラロムフェニコール、あるいはセファロスポリンを加えた 2 剤併用療法に変更する。また、結核の流行地域では、結核性膿胸も念頭に置き、それが疑われた場合には抗結核治療を開始する。

付録 31.A 肋間神経ブロック

胸壁痛をコントロールするためには、肋間神経ブロックが有用である。通常は、アドレナリン入りの 1-2%リドカインが使用される。神経ブロックによって 2-3 時間の鎮痛効果が得られる。アドレナリン含有の場合、成人への極量は 6mg/kg。非含有の場合は3mg/kg である。リドカインがない場合には、アドレナリン入りの0.5%ブピバカインを用いるとよい。成人への極量は2mg/kg であり、6 -12 時間の鎮痛効果が得られる。ブピバカインはリドカインよりも作用時間は長いが、高価でいつでも入手できるわけではない。

肋間神経ブロックによる鎮痛効果は数時間しか持続しないので、繰り返し注射する必要がある。しかし、それでも肋間神経ブロックは硬膜外麻酔のよい代替療法である。硬膜外麻酔は衛生面と感染の問題から、ICRC の外科チームは施行しない。実際に硬膜外麻酔を安全に施行するためには、かなりの専門的技術とモニタリングが必要である。

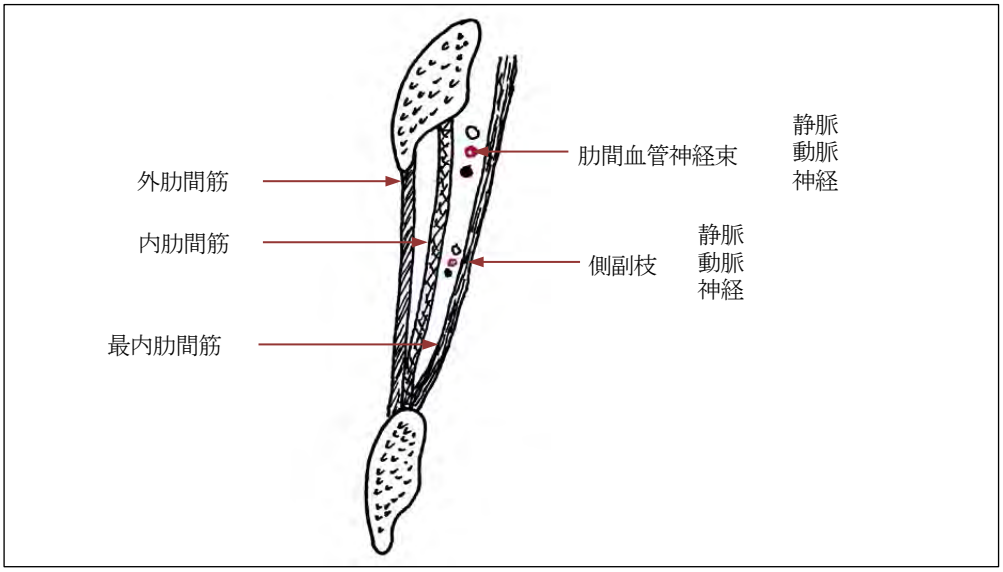


図 31.42.8
肋間腔の断面図

注射針の刺入部位は、仙棘筋と後腋窩線の間ならどこでも良い。肋骨下縁に膨隆疹をつくり、そこから針を刺入する。肋骨に針先を当てた後、さらに注射器に角度を付けて針先を肋骨下縁より約 3mm 奥に進める。針先が血管内や胸腔内に入っていないことを、吸引して確かめてから局所麻酔薬を注入する。

本ブロックは損傷部位の上下 2-3 肋間で繰り返し行う。

術中肋間神経ブロック

開胸操作の終わり頃と閉胸操作の直前に、皮切部周囲の内肋間腔を外側と内側からブピバカインでブロックしておくと、術後鎮痛を得ることができる。

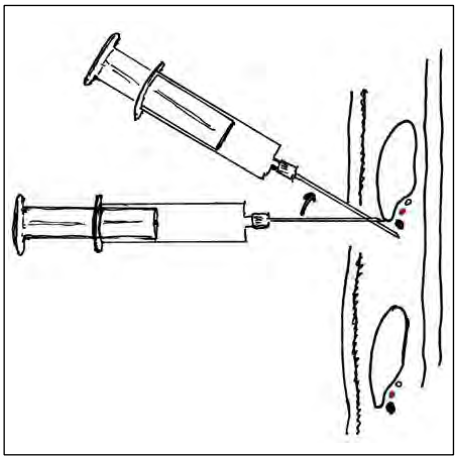


図 31.A.2
注射器に角度をつけて肋骨下縁の神経血管束に達する。

付録 31.B 胸腔ドレナージ

31.B.a 中腋窩線からの胸腔ドレーン挿入

胸腔ドレーン挿入に際しての「安全領域」は、大胸筋外縁と中腋窩線の間で、第 4 もしくは第 5 肋間（乳頭の高さ）である。女性の場合は乳房を避ける。簡単な、親指の法則（rule of thumb）は、特にストレスのかかる状況下や、肥満症例に対して有用である。これは、腋窩深部を頂点として水平に掌を当てると「安全領域」がちょうど掌下縁にくるというものである。

H. Nasreddine / ICRC

写真 31.B.1
胸腔ドレーンの基本的な挿入部位。

H. Nasreddine / ICRC

写真 31.B.2
胸腔ドレーン用ボトルの準備：生理食塩水を使用する。自己血輸血の可能性のため、通常の水は用いない。単なる水は低浸透圧のため溶血を起こす。

速やかに胸腔内の減圧を行うためには、ストレートで口径が大きめの（成人であれば 32-36Fr、小児であれば 28Fr）ドレーンを用いる。

1. 患者を側臥位とし、肩の下に枕を入れて体を少し浮かせておく。上肢は挙上させて頭の下に入れておく。皮膚を消毒して術野を整える。アドレナリン入り 1%リドカインを用いて、肋間神経血管束を含めて皮膚から壁側胸膜まで麻酔する。

写真 31.B.3-31.B19
右気胸と左血胸と伴う多発銃創症例。全身状態は安定している。

写真 31.B.3

H. Nasreddine / ICRC

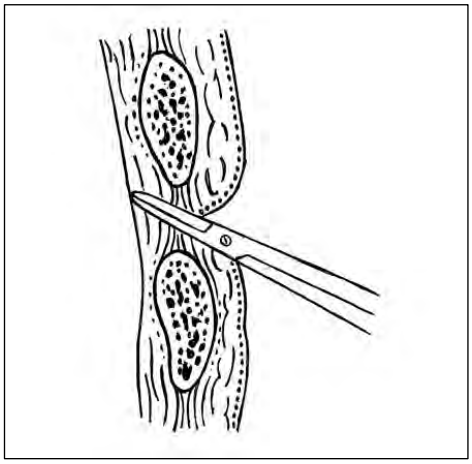
2.　中腋窩線の前方、第 4 または第 5 肋間に、水平方向に指先が十分入る大きさの皮膚切開を置く。

写真 31.B.4

H. Nasreddine / ICRC

3.　曲がりの止血鉗子を用いて、肋骨上縁に沿わせながら肋間筋を鈍的に開排する。

図/写真 31.B.5- 6

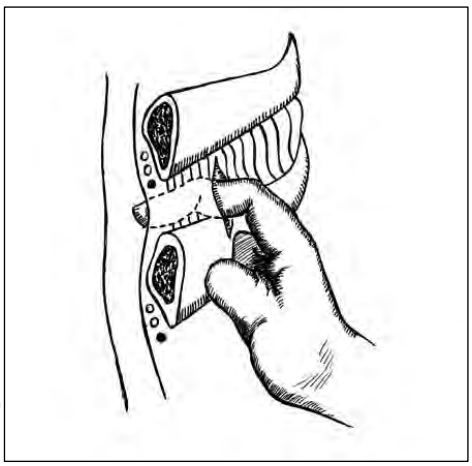


N. Papas / ICRC

N. Papas / ICRC

4.　壁側胸膜を鈍的に開放して指を挿入する。血液や空気が噴出してくる。

図/写真 31.B.7- 8



N. Papas / ICRC

H. Nasreddine / ICRC

5. 胸腔内の確認。指先を滑らすようにして中に入れ、壁側胸膜と肺の癒着がないことを確認する。

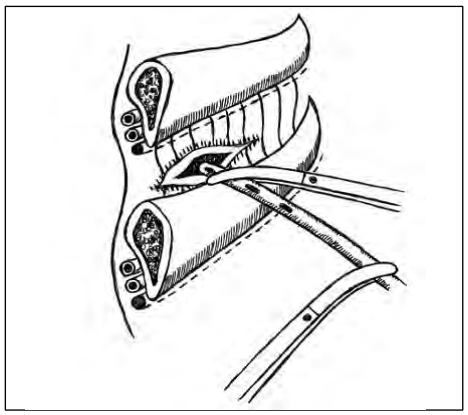
図 31.B.9

N. Papas / ICRC

用指的に剥離できない癒着があれば、1 から 5 の操作手順を、別の肋間でもう一度試みる。

6. クランプした胸腔ドレーンの先端を曲がりの止血鉗子で把持し、頭側・背側方向に向けて挿入する。ドレーンの側孔が十分胸腔内に入るまで先に進め、360 度回転させる。

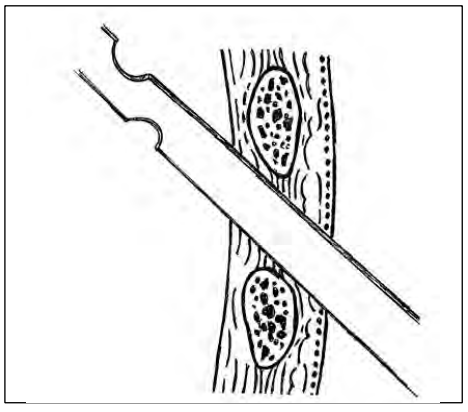
図/写真 31.B.10- 11



N. Papas / ICRC

H. Nasreddine / ICRC

図/写真 31.B.12- 13



N. Papas / ICRC

H. Nasreddine / ICRC

助手に胸腔ドレーンを定位置に保持させて、術者はそれを生理食塩水入りの水封瓶に接続する。

7. 胸腔ドレーンのクランプを開放し、呼吸に同調して脱気されているかどうかを確認する。患者に咳をさせたり深呼吸を

させたりして胸腔内に貯留している血液と空気を速やかにドレナージする。

写真 31.B.14- 15

H. Nasreddine / ICRC

H. Nasreddine / ICRC

8. ドレーン刺入部の両サイドの皮膚に糸をかけて縫合する。マットレス縫合で空気が漏れないようにしっかりと閉創し、ドレーンを固定する。ドレーンを抜去する時にすぐに創を閉じることができるように、切開創の周囲にさらに 1-2 針マットレス縫合糸をかけて、テープでドレーンに固定しておく。

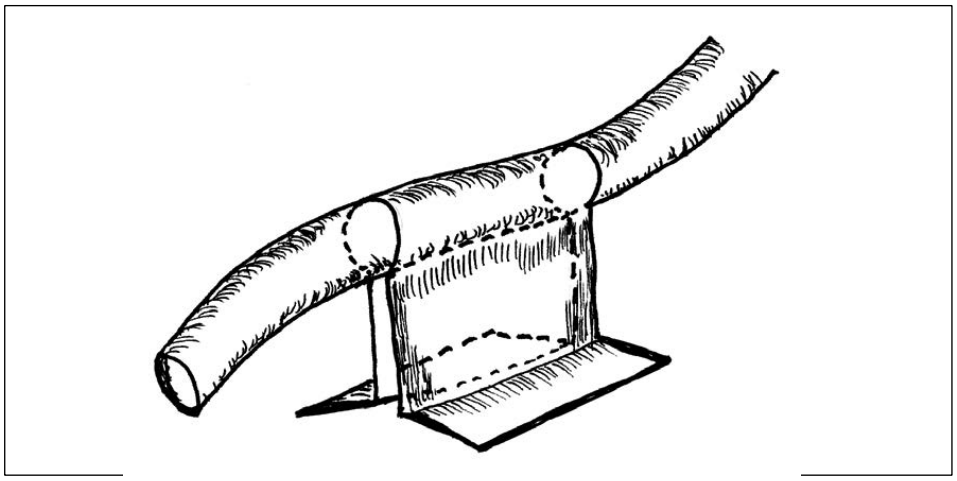
写真 31.B.16- 17

H. Nasreddine / ICRC

H. Nasreddine / ICRC

9. ドレーンの連結箇所はすべて粘着テープで固定する。さらに粘着テープを「腸間膜」のような形にして胸壁に固定し、多少動いても外れないようにしておく。

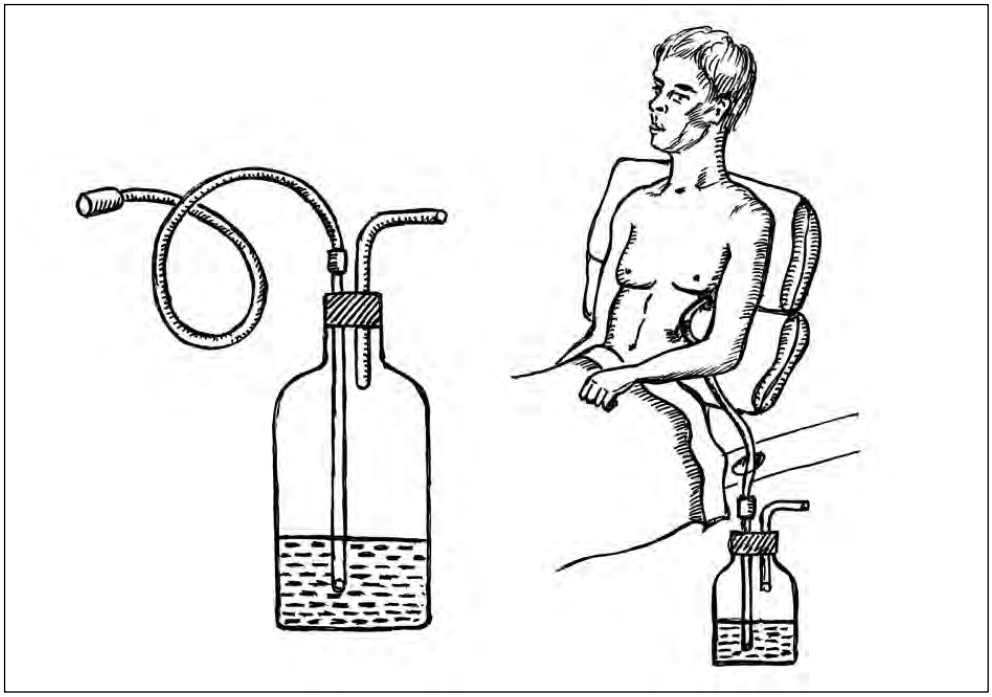
図 31.B.18



N. Papas / ICRC

10. 胸腔ドレーン排液瓶内の空気を排出するために、入手可能なら高容量の低圧持続吸引器(10～20cmH_2O)に接続してもよいが、通常その必要はない。

図 31.B.19
水封瓶による脱気治療



N. Papas / ICRC

31.B.b 鎖骨中線(肺尖部)からの胸腔ドレーン挿入

20Fr または 24Fr(小児は 16Fr)のドレーンを、中腋窩線アプローチと同様の手技で鎖骨中線第 2 肋間(Louis 角を解剖学的指標とする)から挿入する。ドレーンは肺尖部に向けて進める。

31.B.c 胸腔ドレーンの抜去

胸腔ドレーンの抜去に際してはいくつかの基準がある。

1. 聴打診から肺が十分に拡張していることを確認
2. 活動性出血がないこと
3. ドレーンからの排液が漿液性で、24 時間の排液量が異物反応で生じる 250mL 以下
4. 水封瓶の中で液面の呼吸性変動がなくなり、かつドレーンが閉塞していないこと

胸部レントゲン所見で、肺が十分に拡張し、胸水が減っていることを確認する。気漏や乳糜瘻があると、それらへの対処が行われるまで抜去はできない。

胸腔ドレーンを抜去するか否かは、原則として患者の状態のアセスメントによって決まる。

経験豊富な臨床医にとって、特に血胸症例では上記の基準で十分である。しかしながら、かなりの気漏を認める場合に安全な手順は、まずドレーンをクランプし、呼吸苦が見られないかどうか 6 時間観察する。クランプ解除後に気泡を認めないはずである。こうなれば胸腔ドレーンを安全に抜去することができる。

医原性気胸を起こさない胸腔ドレーン抜去法。

1. 固定糸を切断し、ドレーンを回転させて付着したフィブリンをはずす。
2. ドレーン抜去の瞬間から創入孔を閉鎖するまでの間、患者に息をこらえさせて、胸腔内への空気の引き込みを防ぐ

（Valsalva 法）。

3. ドレーンをすばやく引き抜く。
4. 子供はうまく息こらえができないため、ドレーンを抜去した後に指で創入孔を塞ぐか、つねって泣かせてからタイミングを見て抜去するとよい。
5. 皮膚切開創は、ドレーン挿入時にかけておいた閉鎖用糸を用いて閉じるか、または新しく縫合閉鎖する。

確認のレントゲンは、ドレーン抜去の 4～6 時間後に撮影する。気漏や肺内血腫を認めた症例では特に必要である。理学療法は退院後も自宅で 2 週間は続けるべきである。

付録 31.C 開胸法

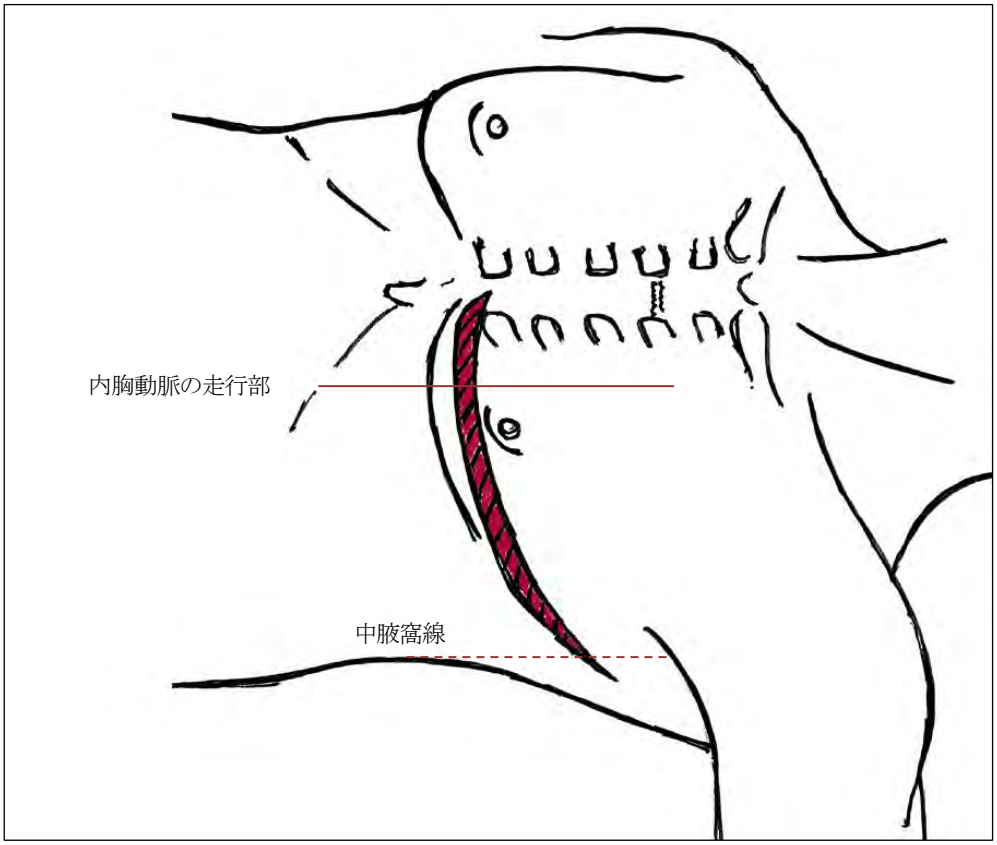
開胸の際の切開は、手術の目的や術者の経験によって様々である。

31.C.a 前側方切開と後側方切開

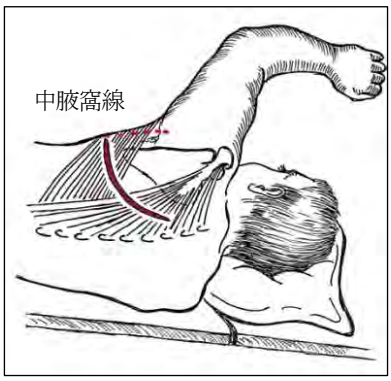
この 2 つの切開法には手技の上で大きな差はないが、体位によって胸腔内背側部の視野が異なる。

前側方切開の場合は患者を仰臥位とし、背中の下に枕か砂嚢を入れて、患側の胸郭を少し持ち上げ、上腕を 90 度外転させておく(図 31.C.1)。皮切は第 4 肋間胸骨外縁から始め、女性の場合は乳腺組織を避けるように乳房下縁に通って後方へまわり中腋窩線までとする。内胸動脈を損傷しないように注意しながら遊離する。第 4 肋軟骨を切断すれば開胸器を用いて広く視野を確保することができる。また、内胸動静脈を結紮切離して胸骨を切断すれば、さらに広い視野を得ることができる。胸骨は Lebsche 胸骨刀か、骨ノミとハンマーを用いて切断する。

図 31.C.1
前方開胸の皮切線



後側方切開の場合は患者を側臥位とし、上肢は挙上して牽引架台を用いて保持する。体幹部は牽引器やベルトなどを用いて固定する。皮切は中腋窩線第 6 肋間から始めて背側にまわり、肩甲骨の下端を通り、広背筋を切離しながら頭側に進める。後側方切開は前方へ延長することもできる。傍脊柱筋の近傍で肋骨背側部を 2cm ほど切除すれば、胸腔内背側部へのアプローチはさらにしやすくなる。



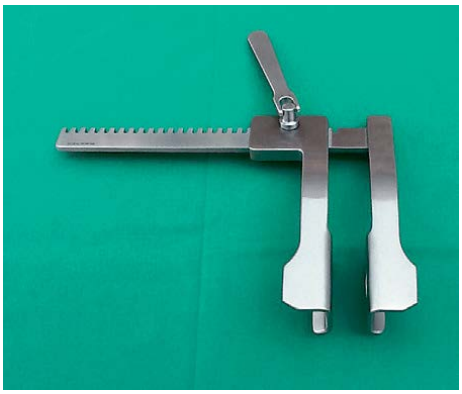
N. Papas / ICRC

F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

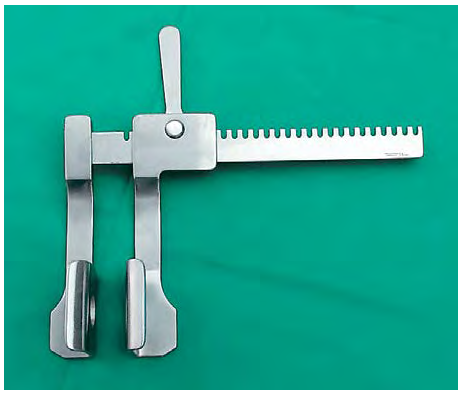
F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

図 31.C.2、写真 31.C.3- 4
後側方切開の皮切線

皮膚と筋膜はメスを用いて速やかに切開する。筋組織は線維方向に開排しながら電気メスやメスで切開する。肋間筋は肋骨上縁に沿って切開する。そうすることで、肋間神経と肋間動静脈の損傷を避けることができ、簡易かつ速やかに開胸できる。外肋間筋と内肋間筋を切離すると、光沢のある胸膜が見えてくる。胸膜を鈍的に開放した後、胸腔内に指を挿入して肺が虚脱して胸壁から落ちていること、肺と胸壁の間に癒着がないことを確認する。胸膜は皮切と同じ長さまで切開しておく。適切なサイズの開胸器(Finochietto 開胸器)を用いて肋間を開き、視野を確保する。Finochietto 開胸器がない場合は、開腹用の開創器を用いるか、助手に牽引させる。



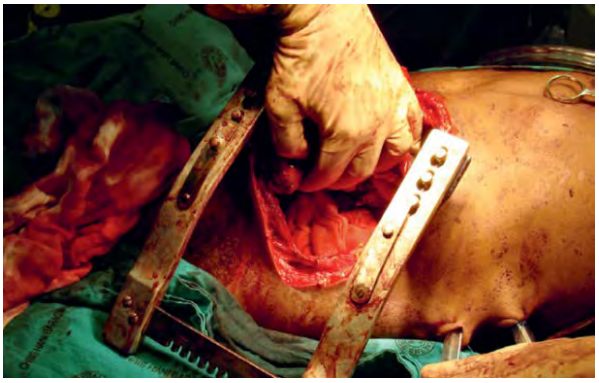
T. Gassmann / ICRC



T. Gassmann / ICRC

写真 31.C.5- 6
開胸時の標準開創器:
Finochietto 開胸器。上面と下面。

F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa



F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 31.C7- 8
Finochietto 開胸器を用いて前側方開胸術を施行する。

前側方及び後側方開胸における閉胸術

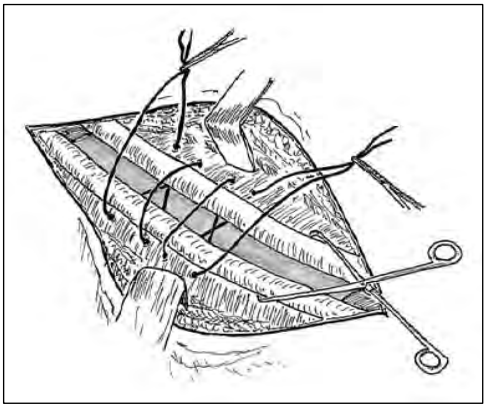
胸腔内操作を終えたら、内腔を温生食で洗浄する。凝血塊や異物は除去する。胸腔ドレーンは、直視下に第 7 または第 8 肋間から挿入する。この時に開胸時の皮切創は用いず、新しく皮切を加える。内胸動脈の走行を確認し、閉胸時に巻

き込まないように気をつける。誤って傷つけた場合は結紮しておく。

肋間を閉じる際には、太めの吸収糸で開胸部の上下の肋間を通して、切開創に 3〜4 針の垂直マットレス縫合をかけておく。結紮はすべての縫合糸をかけ終わってから行う。この際に、シーツ用鉗子で上下の肋骨を把持して引き寄せておく。また、壁側胸膜と内肋間筋は、2-0 モノフィラメント吸収糸を用いて、interlocking 法を用いて連続縫合しておく。そうすることで、縫合による胸腔内の気密性はより高いものとなる。さらに、外肋間筋とこれを覆う筋層に連続縫合を加えて補強しておく。最後に皮膚を連続縫合で閉鎖する。連続縫合は結節縫合と比べて時間がかからず、合併症も少ない。後方切開を行った場合、切離した広背筋は、他と一緒に縫合せず、個別に切離端を合わせて縫合し修復する。

写真/図 31.C.9- 10
切開創の頭尾側にマットレス縫合をかける。縫合糸をすべてかけ終わるまでは結紮しない。

H. Nasreddine / ICRC

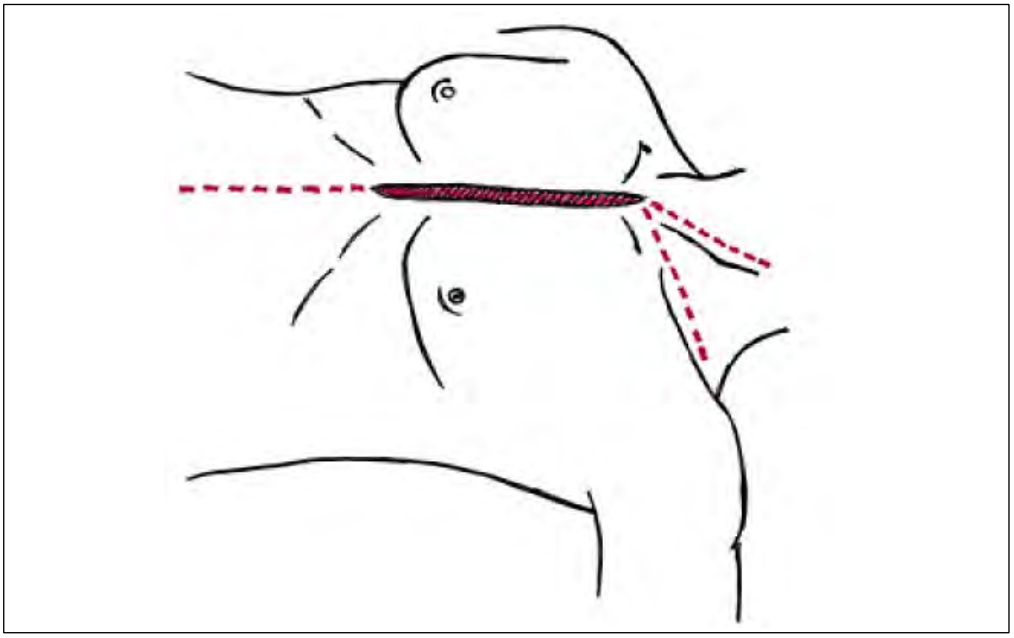


N. Papas / ICRC

31.C.b 胸骨正中切開

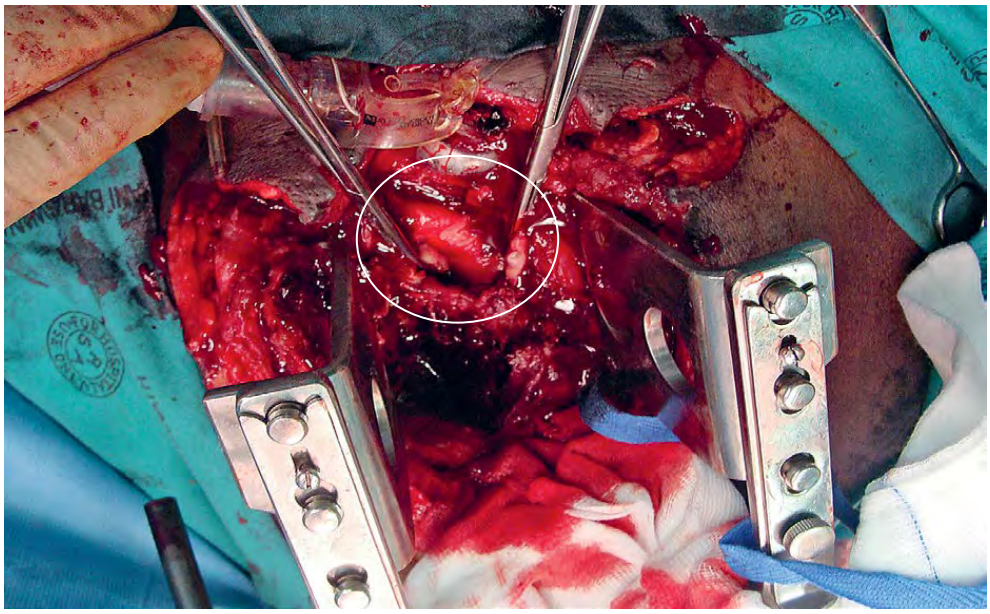
患者を仰臥位とし、両側の肩甲骨の間に枕を入れる。両上肢はそれぞれ体側に広げた状態で固定する。皮切は胸骨柄上縁部から始め、剣状突起部を越えるまで切り下げる。胸骨柄と胸骨体の骨膜を十分に露出する。骨膜からの出血はガーゼによる圧迫と電気メスでコントロールする。

図 31.C.11
胸骨正中切開：点線は、開腹や頸部切開（胸鎖乳突筋上切開、鎖骨上切開）を要した際の延長皮切線を示す。



N. Papas / ICRC

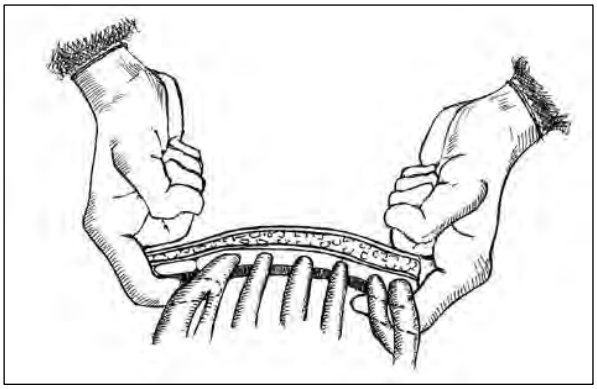
胸骨柄と剣状突起の前面を、それぞれ小さな連結静脈が横切っているが、これは結紮しておく。胸鎖靭帯を切離する際には、背側を走行する腕頭動脈を損傷しないように十分注意する必要がある。剣状突起は切除してもよい。



F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 31.C.12
胸骨切痕の直下を横切っている静脈を鉗子でクランプして切断した。

胸骨背面に付着している軟部組織を用指的に剥離する。腹部手術や骨盤内手術で用いる長い弯曲ケリーを胸骨下に通し、糸鋸をかける。糸鋸の下に柔軟ベラを敷いて縦隔内臓器を保護しながら胸骨を切断する。胸骨の切断には、ハンマーと骨ノミ、またはLebschkeナイフを用いてもよい。専用の電動ノコギリを使用できれば、切断が容易に行える。切断の際には、麻酔科医に換気を止めてもらうとよい。



N. Papas / ICRC

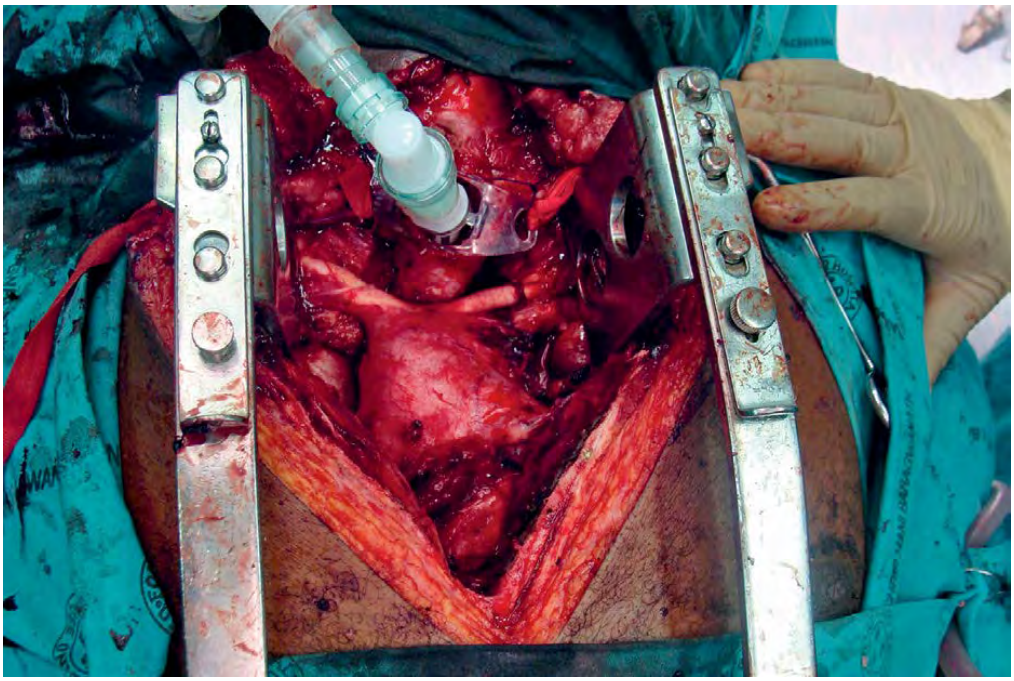
図 31.C.13
胸骨裏面の軟部組織を用指的に剥離する。

F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 31.C.14
胸骨の割断に必要な器具:ハンマーと Lebshke 胸骨刀(胸骨鑿)。

正確に胸骨中央を切断するように気をつける。切断後、左右の胸骨片は対称でなければならない。切断は胸骨柄上縁の中央部から始め、骨幅が最も狭くなる胸骨柄結合部の中央を通るように進める。骨切断端からの出血は、ガーゼによる圧迫か骨蠟を用いてコントロールする。切断後、左右の胸骨を用手的に開大し、上縦隔が露出したら開創器をかける。

写真 31.C.15
気管の露出及び修復のための胸骨切開術

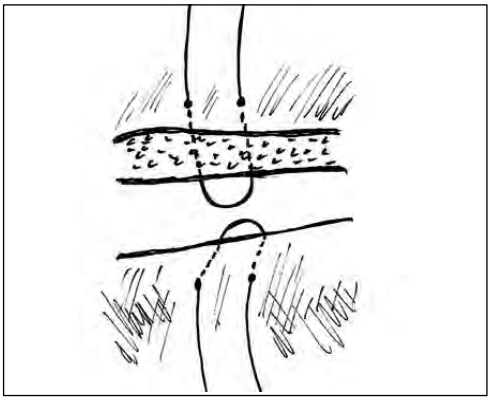


F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

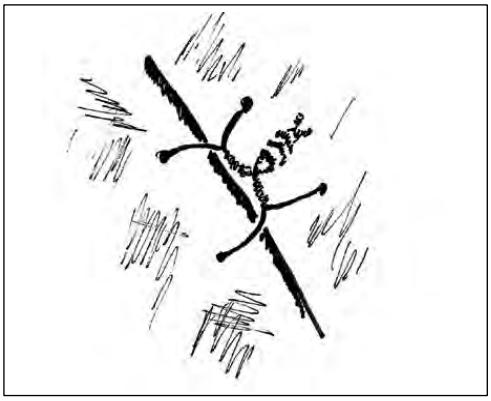
胸骨正中切開創の閉鎖法

切断した胸骨は、太めのステンレス製スチールワイヤーを用いて閉じ合わせる。胸骨柄は 2 本、胸骨体は 3 本以上のワイヤーを用いて閉じる。切断端から 1cm 離して胸骨にドリルで孔を開け、ワイヤーを通し、これを交差させてねじる。

図 31.C.16- 17
胸骨正中切開の閉胸術：マットレス縫合による閉創



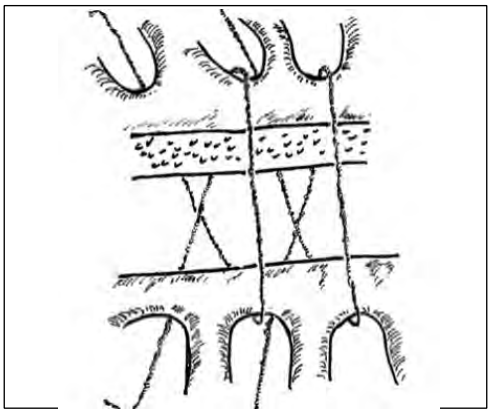
N. Papas / ICRC



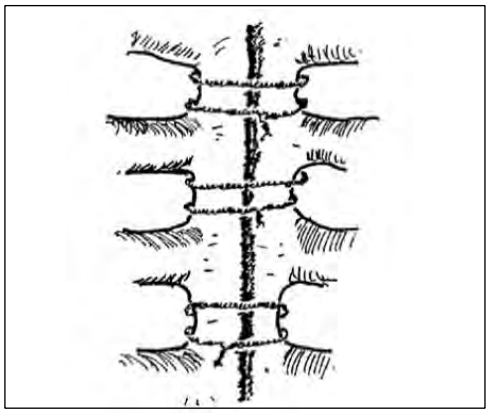
N. Papas / ICRC

次に 3-4 本のワイヤーか、太めのモノフィラメントナイロン糸（釣り道具）を胸骨外側の肋間にかける。

図 31.C.18- 19
傍胸縫合法

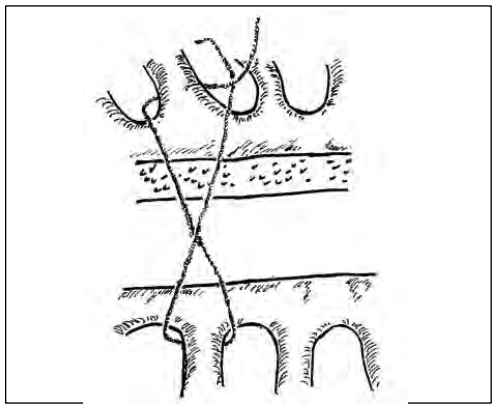


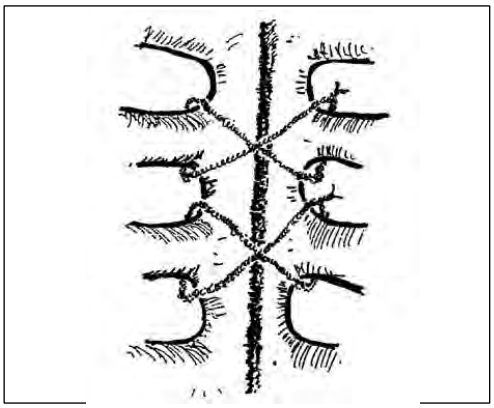
N. Papas / ICRC



N. Papas / ICRC

図 31.C.20- 21
傍肋骨閉鎖法



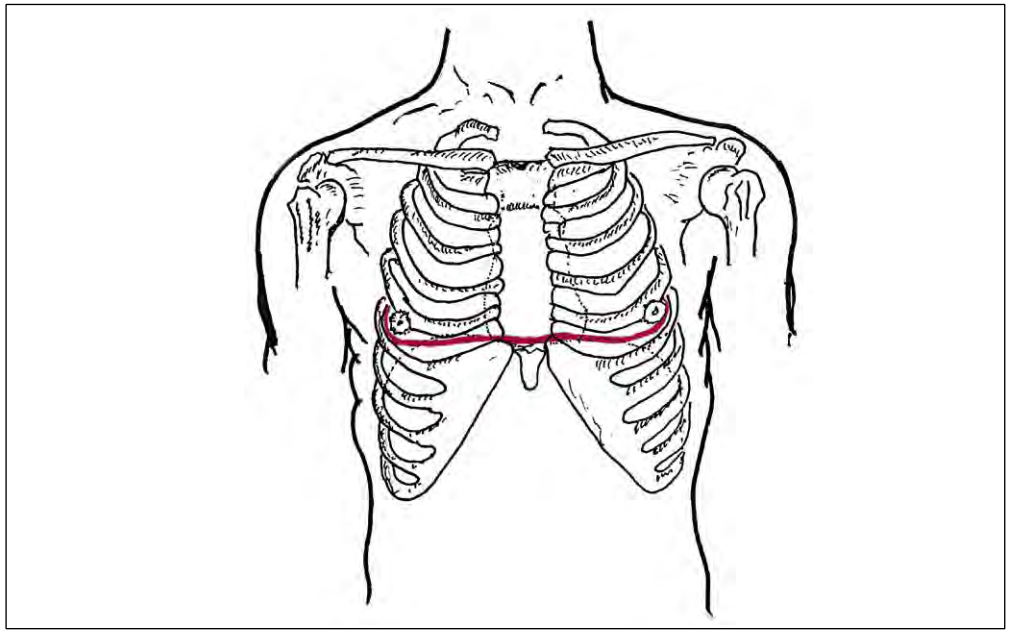


ワイヤーを結んで切開創を閉じる前に、チェスト・チューブを縦郭内に入れ，心窩部に引き出す。両側の内胸動脈を点検し、損傷があれば結紮する。ワイヤーで骨切断部を閉じ合わせてしまう前に、縦隔内に向けて胸腔ドレーンを挿入し、心窩部に留置する。両側の内胸動脈を損傷しないように目視下に確認する。損傷した場合は結紮する。

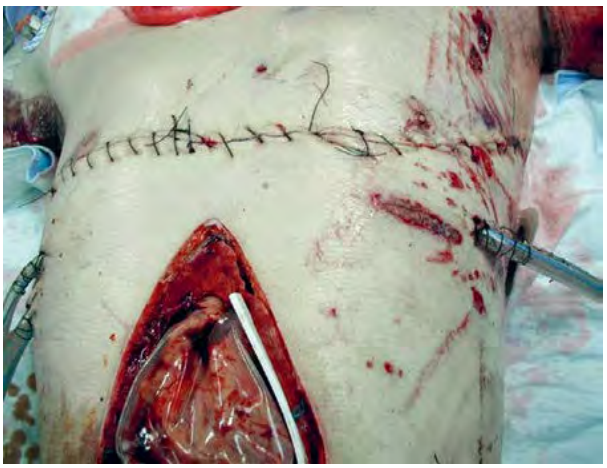
31C.c「クラムシェル（clamshell）」切開

一見極端な手技のように思われるが、クラムシェル切開を用いれば患者が瀕死の状態であっても迅速かつ安全に開胸することができる。この切開法は両側前方開胸術と胸骨離断術を組み合わせたものである [8]。まず患者を、両腕を広げた仰臥位とし、小さめの枕を下部胸椎の下に入れる。第 5 肋間で、左右両側に胸腔ドレーンを入れる時のように切開を入れ、胸腔内に指を挿入して、肺が胸壁から落ちていることを確認する。次いで、第5肋間で両側の皮切線をつなげるように、深い皮膚切開を加える。肋間筋と胸膜は大きめの剪刃で切離する。患者の解剖学的位置によって、胸骨もしくは剣状突起のどちらかを、大きな剪刀や骨剪刀、あるいは Lebschke 胸骨刀、骨鑿ノミ、糸鋸などを使って切断する。

図 31.C.22
クラムシェル切開



胸骨を切離したら、助手が両手で両側胸郭を押し広げるか、開胸器を 2 つ装着して視野を展開する。内胸動脈は両側とも結紮切離する。閉胸時、肋間腔は前方開胸の時と同じ要領で閉鎖する。胸骨は胸骨正中切開の時と同じ要領で、隣接した上下の肋骨上下に鋼線で「X 縫合」をかけて閉鎖する。



M. Stein / Rabin Medical Centre, Israel

写真 31.C.23
クラムシェル切開による開胸術を施行後、開腹創を Bogota bag で被覆した症例

8. 詳細は以下参照: Wise D, Davies G, Coats T, Lockey D, Hyde J, Good A. Emergency thoracotomy: "how to do it". Emerg Med J 2005; **22**: 22 – 24.

第 32 章
腹部外傷

32 腹部外傷

32.1 はじめに 435

32.2 創傷弾道学 435
32.2.1 管腔臓器 436
32.2.2 実質臓器 436
32.2.3 固有臓器の損傷 437
32.2.4 骨盤外傷と臀部外傷 437
32.2.5 腹腔外弾道と腹腔内損傷 438
32.2.6 一次爆傷 438

32.3 疫学 439
32.3.1 腹部外傷の発生率 439
32.3.2 死亡率 440
32.3.3 死因と危険因子 441
32.3.4 臓器損傷の頻度 441
32.3.5 無所見開腹術(negative laparotomy)及び非治療的開腹術(non-therapeutic laparotomy) 444
32.3.6 受傷機転と重症度 445
32.3.7 スコアリングシステム 446

32.4 臨床所見 447
32.4.1 診断 447
32.4.2 症状 447
32.4.3 診察 447
32.4.4 臨床検査 448

32.5 救急室におけるマネージメント 450
32.5.1 蘇生 450
32.5.2 腹腔内臓器の脱出 450
32.5.3 刺創 450

32.6 手術の決定 451
32.6.1 判断基準 452

32.7 術前の患者準備と麻酔の準備 452

32.8 手術の総合プラン 453
32.8.1 皮膚切開 453
32.8.2 腹腔内検索 454
32.8.3 大量出血 454
32.8.4 軽度から中等度の出血 456

32.8.5 汚染のコントロール 456
32.8.6 手術の終了と閉創 458

32.9 ダメージコントロール手術:略式開腹術 458
32.9.1 仮閉腹法 460

32.10 「前線における開腹術」と搬送遅延症例 461

32.11 正中の大血管 462
32.11.1 腹部大動脈へのアプローチ:左腹腔内臓器の授動(Mattox manoeuvre) 462
32.11.2 下大静脈へのアプローチ:右腹腔内臓器の授動 463
32.11.3 動脈損傷に対する対処法 464
32.11.4 静脈損傷に対する対処法 465

32.12 肝胆道系 467
32.12.1 肝外傷の重症度 467
32.12.2 単純性肝外傷の治療 467
32.12.3 広範囲の肝外傷の治療 468
32.12.4 穿通性肝損傷 469
32.12.5 複雑な肝損傷の治療 470
32.12.6 ドレーン 474
32.12.7 合併症 474
32.12.8 肝外胆管 474

32.13 膵臓・十二指腸・脾臓 475
32.13.1 膵頭部外傷 475
32.13.2 十二指腸損傷 477
32.13.3 膵尾部外傷の治療 481
32.13.4 脾損傷の治療 481
32.13.5 脾摘術後の感染予防 482

32.14 胃 483

32.15 小腸 484

32.16 大腸 486
32.16.1 治療の一般原則 486
32.16.2 右側の結腸 489
32.16.3 横行結腸 489
32.16.4 左側の結腸と上部直腸(腹腔内Rs/Ra) 490
32.16.5 後腹膜貫通創 491
32.16.6 合併症 491

32.16.7 ストマケア 491
32.16.8 人工肛門閉鎖術 492

32.17 骨盤 492
32.17.1 骨盤骨折 493
32.17.2 腸骨動静脈の損傷 494
32.17.3 仙骨静脈叢の損傷 494
32.17.4 下部直腸(Rb)と肛門 495

32.18 腹腔内ドレーン 496

32.19 術後管理 497

32.20 術後合併症 498

付録 32.A 腹部コンパートメント症候群 500

基本原則
胸腹部外傷はよく見られる外傷である。
体幹は腹側、背側、両体側及び会陰部のすべてを観察する。
患者は通常、出血性徴候もしくは腹膜炎徴候のどちらかを呈する。
不必要な臨床検査は行わない。
待って経過をみるよりも、試験開腹して確かめる方がよいケースがある。
腹腔内検索は系統的に行う。
損傷の見落としは、患者を死に至らせる。
大血管損傷で病院に生存して搬送されたケースは、後腹膜血腫を呈しているものが多い。
肝外傷症例の外科治療においては、プリングル法を施行できるか否かが生死をわける。
十二指腸損傷や膵損傷を伴う症例に、ドレナージは必須である。
戦傷外科では、脾損傷は脾摘が要求される
腸管の穿孔部が奇数であれば、疑え。(訳注:貫通創であれば入り口と出口で偶数のはずという意味)
大腸損傷の適切な治療は、外科医の判断と経験によって決まる。
重傷外傷患者には十分な栄養を維持する必要がある。:経腸栄養用の腸瘻造設は有用である。

32.1 はじめに

武力紛争で起こり得る外傷の中で、とりわけ腹部外傷とその治療法は、様々な変遷を経て今日に至っている。長年の間、腹部外傷は死に至るものであり、手術は慰みに過ぎないと思われてきた。しかし、現在の外科医は、最新の外傷治療戦略に基づき、段階的なダメージコントロール手術を行うようになった。生命を脅かす、すべての主要な外傷の中で、手術治療がとりわけ奏功するのが腹部外傷である。手術成績もよく、患者が生産的な生活に復帰できるケースも多い。致死率も100 %に近かったものが、この100年間でおよそ10 %へと低下しており、戦傷外科治療において、おそらく腹部外傷治療の領域が最大の進歩を遂げている。

腹部の戦傷には、腹腔内に至る穿通性外傷と、腹部及び骨盤領域の後腹膜外傷とが含まれる。一次爆傷によくみられることであるが、腹壁外傷のうち腹腔外に形成されたものが腹腔内にまで及ぶことがある。創傷弾道学をよりよく理解し、すべての弾丸や破片が重要臓器を直撃するわけではないということがわかれば、すべての腹部外傷を等しく取り扱うべきでないことが理解できる。

32.2 創傷弾道学

腹部外傷を考える時、患者の解剖学的な個体差が重要となる。十分な組織量があれば、安定飛行して身体に着弾した高エネルギーの完全被甲弾は、その射撃溝内に、狭小部、一次空洞、終末狭小部の3つの段階を形成する(第3章3.3参照)。したがって、体幹幅が30cmで奥行きが20cmの痩せ型の人と、体幹幅が80cmで奥行きが50cmの肥満体型の

人とでは、腹部に被弾したとしても同じ銃創所見にはならない。

高エネルギーの破片物は、腹壁に大きな欠損を及ぼすと共に、腹腔内にも重篤な障害を及ぼす。一方で、腹壁を単に貫通するだけのエネルギーしか持たない小さな破片の場合は、わずかな腹腔内損傷を引き起こすのみである。例えば、開腹時には既に止血されているような肝表面の小さな出血や、腹腔内を汚染することなく自然閉鎖するような小さな消化管穿孔などである。こうした小さな穿通創は、臨床所見がはっきりしないケースもあり、最も扱いに難渋する。

腹腔内及び骨盤腔内には様々な臓器があるが、創傷弾道学的には、3 つの大きな臓器構造からなるカテゴリーに分類される。

- 管腔臓器
- 実質臓器
- 後腹膜腔内及び骨盤腔内の筋骨格系構造物

32.2.1 管腔臓器

管腔臓器が直接的な圧挫や剪断力を受けると、周囲の非常に狭い範囲に微小血管の破綻を伴った小さな穿孔創を呈する。1 つの飛来物が幾重もの消化管ループに当たることで、複数の穿孔を来すこともあれば、腸管の長軸方向に沿って被弾した場合は、大きな裂創となる。

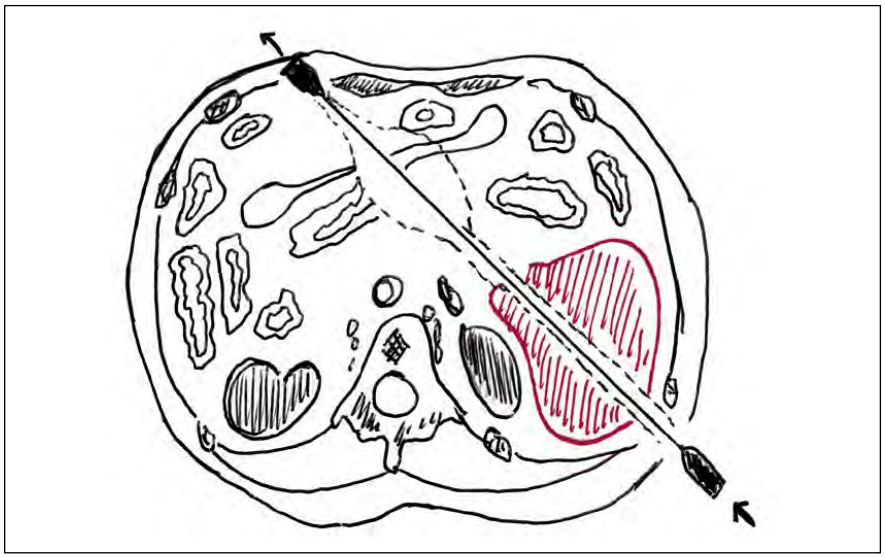
管腔臓器に対する空洞効果の大きさは、その腔内が満たされているかどうかによって異なる。第 3 章 4.3 で、胃・腸管・膀胱の「境界効果(boundary effect)」について述べた。空の臓器は比較的弾力性があり、伸展損傷に耐え得る。一方、その臓器が内容物で満たされている場合は、その内容物内に空洞が形成され、急激な水圧の上昇によって「破裂損傷」を生じることがある。

腹腔内中央部に一時空洞が形成されると、腸管ループは放射状に激しく伸展される。消化管は、その伸展力に耐え得るが、小腸間膜や結腸間膜には多数の漿膜下点状出血や血腫を生じ、ひどい場合には腸間膜内の血管損傷を引き起こす。漿膜下の点状出血は外科的治療を要さないが、小腸間膜や結腸間膜に血腫を生じた場合には外科的治療を要する。腸間膜動静脈の損傷や間膜内血腫は局所の腸管虚血を引き起こし、数日後には腸管壊死や穿孔を来たすからである。

32.2.2 実質臓器

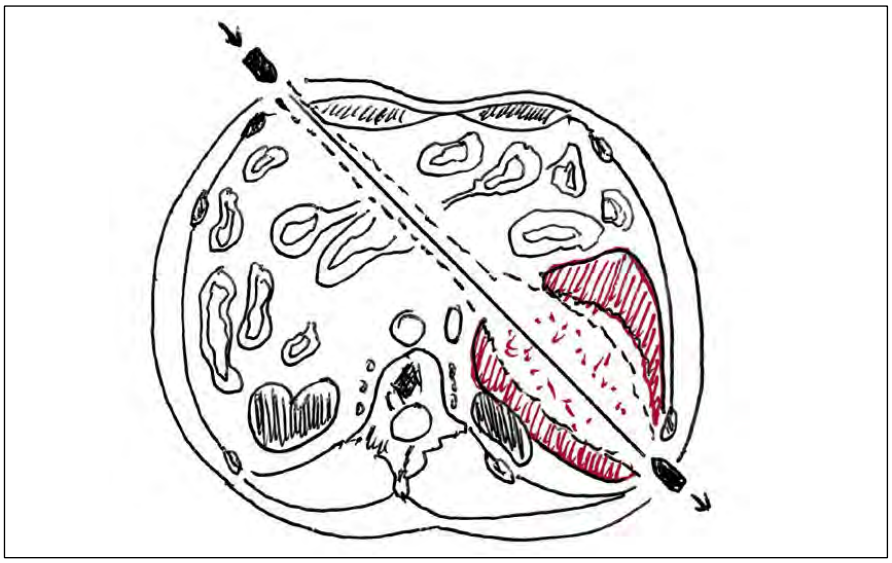
肝、脾、腎、膵のように強い結合織皮膜に覆われた実質臓器は、筋肉と同じ比重であるが、弾力性に乏しく、空洞形成に伴う伸展力に抗しきれない。また、皮膜内で境界現象を来しやすい。空洞によってわずかなエネルギーが加わってもその臓器の細胞及び結合組織構造は破壊され、粉砕損傷を呈するケースが多い。

このため、体内における弾道を知ることが非常に重要となる。図 32.1.1 と 32.1.2 に、高エネルギー完全被甲弾による腹部銃創症例のシェーマを示す。2 つのシェーマでは、弾道が同じであるが方向が異なるものの違いを示した。



N. Papas / ICRC

図 32.1.1
射入創は右側腹部にある。肝臓には、弾道初期に形成される狭小部による挫傷と裂傷のみが生じている。伸張外力をより吸収できる小腸ループ内で、空洞を形成している。



N. Papas / ICRC

図 32.1.2
射入創は前方の臍周囲部にあり、右側腹部より射出している。肝臓内で空洞化が起こり、それによって、組織が粉砕されている。

破片や跳弾による損傷の大きさは、入射創において最大であり、内腔に至るにしたがって減弱する。

32.2.3 固有臓器の損傷

大血管は通常、直接的な衝撃を受けて損傷する。後腹膜に固定されている血管は、腸間膜内の血管と比べて、空洞形成によって障害を受ける危険性が高い。大動脈や下大静脈は固定されているため、横方向へ強く偏移させる力が加わると血管そのものが裂けてしまう。腹腔動脈幹、腸間膜及び腸間膜動静脈は、解剖学的にはより可動性がある。

外傷時に後腹膜筋群が受ける影響は、他の筋組織のそれと同様である。銃創による損傷の大きさも軽微なものから重篤なものまで様々である。骨格筋の損傷時と同様に、低エネルギーの破片による小さな穿通創に対してはデブリドマンを行う必要はない。逆に、損傷が著しい場合にはデブリドマンを行わなければならない。結腸を貫通した飛来物は、理論的には汚染されており、後腹膜組織内に細菌を押し込むことになる。小さな破片では大した汚染は起こらない。複数の研究結果が示すところによると、受傷直後における細菌感染は、受傷面から 1cm を超えて広がることはなく、こうした感染は自然治癒するとされている。しかしながら、組織損傷が大きい場合や、受傷から時間が経過した症例では、射撃溝内の壊死組織を介して細菌が広がることがある。

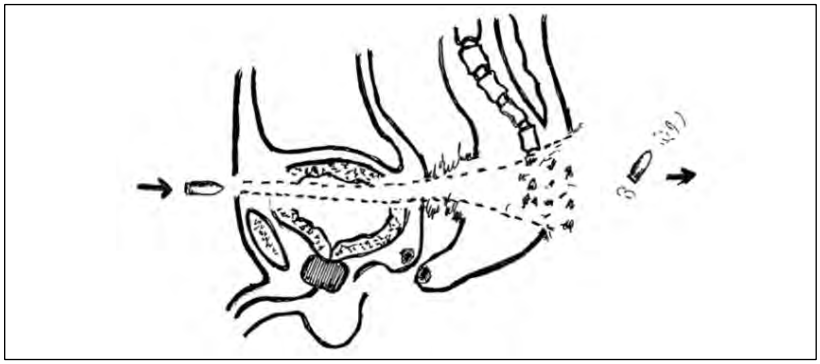
32.2.4 骨盤外傷と臀部外傷

骨盤部と臀部は様々な組織から構成される。骨盤腔を形成する器の部分は、骨盤骨と大腿骨近位部からなる。さらに、筋組織や、腹膜外腔を構成する血管、膀胱、直腸、肛門などからなる。妊娠子宮は、妊娠週数と羊水量によっては、外傷時に筋肉組織や管腔臓器と同様の影響を受ける。すなわち、妊娠状態によって、形成された空洞から受ける影響の大きさや、伸展損傷に対する抵抗力が異なる。

兵器による外傷創は様々な様相を呈する。飛来物は重要臓器を損傷せずに臀部及び骨盤部を通過することもあれば、極めて重篤な障害を及ぼす場合もある。

R. Coupland / ICRC

写真 32.2.1
所見の著しい臀部銃創症例。しかし、軟部組織損傷のみであった。



N. Papas / ICRC

図 32.2.2
腹部骨盤損傷の図解。仙骨部の射出口に空洞を形成し、重篤な損傷を来している。

32.2.5 腹腔外弾道と腹腔内損傷

腹腔内へと突き抜けず、腹壁に対して接線方向に着弾した弾丸も、腹壁の筋肉を十分に長い距離通過すると、一次空洞を形成し得る。この一次空洞は腹腔内臓器にも影響を及ぼす。比較的まれながら見ることがあるケースとして、腸間膜が伸展されることによって腸管のごく一部に虚血を生じ、腸管壊死や腸管穿孔を来たす場合がある。穿孔は受傷よりも数日遅れて起こるため、診断が遅れることになる。こういった患者は、初めのうちは経過観察されているかもしれないが、退院させると 2〜3 日後には急性腹症を来して戻ってくる。こうした症例は、開腹術にて軽快したという報告がほとんどであり、重篤化することは少ない。

さらに稀なケースとして、腸間膜が伸展する間もなく、瞬時に穿孔を来たす場合がある。しかし、穿孔部が小さく、便による腹腔内汚染がなければ、こういった患者はすぐには来院しない。したがって当然ながら腹痛の訴えがある症例の数は把握できるが、自然治癒に至った症例数はわからない。

腹壁に対して接線方向に着弾した銃創症例について、症例報告を散見すると、そのすべてにおいて深部筋膜の損傷を伴っていた。また、ICRC の外科医からも同様の報告が得られた。すなわち、腹壁外傷における「表在性損傷」とは、弾丸が腹膜に達したかどうかではなく、むしろ深部筋膜に達したかどうかで診断されるべきだといえる。深部筋膜が貫かれていなければ、「表在性損傷」と診断され、治療が施される。ただし、深部筋膜損傷を伴う銃創症例のすべてが外科手術の適応となるわけではない。外科医が心得ておくべきは、そうした可能性を認識しておくことと、患者にもそのように説明しておかなければならないということである。

32.2.6 一次爆傷

第 19 章 4.1 でも述べたが、一次爆傷による実質臓器の損傷を伴う症例を扱うことはほとんどない。こうした症例は、そのほとんどが受傷後まもなく失血死してしまうからである。一方、管腔臓器の損傷を伴う症例については、多くの報告を目にする。特に、水中や閉鎖空間で受傷したケースについての記載をよく見る。精巣破裂に関する記載を見ることもある。しかし、腹部外傷の多くは、破片などによる二次爆傷による。

写真 32.3
爆弾による胸腹部臓器脱出。生存は稀である。

B. Sangthong / Songkla U. Hospital, Thailand

腸管穿孔が瞬間的に生じる原因として直接圧波に曝される場合があり、こうした例は回盲部によく見られる。遅発性に腸穿孔を来たす場合には、いくつかの段階を経る。まず、粘膜組織の虚血性変化を認める。腸管の虚血性変化の中では、この変化が最も重要である。さらに、この部分を中心として、粘膜下層から筋層、漿膜層へと虚血が進んでいく。この過程で形成された壁内血腫によって、さらにその範囲の血流が減少し、壁梗塞から腸管壊死、最終的には腸管穿孔へと進行する。

腸管虚血を来すもうひとつの機序として腸間膜への剪断応力があり、それによって微小血管の破裂や血栓症が生じる。腸管壊死は受傷後 6 時間で始まり、穿孔が生じるまでに通常 3〜5 日を要する。ただし、受傷後 24 時間で穿孔が始まる場合もあれば、7 日後に起こる場合もある。

腸管穿孔は、受傷後すぐに起こるケースもあれば、時間が経ってから起こるケースもある。診断するためには、まずその可能性を疑う姿勢が大切である。術中観察において心得るべきは、いかなる漿膜損傷も全層性変化を伴うケースがあり、デブリドマンと修復を要する場合があることを念頭に置くことである。

爆傷例で、外科的治療を行わず保存的治療のみで退院させる場合には、退院後に腹部症状を認めた場合に直ちに再受診するように、患者に十分に説明しておかなければならない。

32.3 疫学

32.3.1 腹部外傷の発生率

体表面積に占める腹部の割合を鑑みれば、戦傷症例のおよそ 20 %に腹部外傷を伴うということは驚くまでもない。飛来物腹部損傷が即座に致命的であるーおよそ半数は受傷後間もなく死亡するーということは、生きて病院へ運ばれた患者の 10%に腹部損傷があるということを意味する。飛来物による腹部外傷の致死率の高さを考えると—その半数は受傷直後に死亡する—、無事に病院に搬送された患者の 10%に腹部損傷を伴うことにも頷ける（表 5.6 参照）。病院までの搬送に距離がある場合や、兵士が防弾チョッキを身につけている場合には、その割合はさらに小さくなる。

ICRC の経験

入院患者における腹部外傷の占有率は、いくつかの要因に左右される。その地域の一般市民が置かれている環境によっても異なる。

1976 年、ベイルートの ICRC 関連病院では、安全上の理由から、救急車による搬送症例のみを治療対象とした。すなわち、この病院の入院症例と一般病院の入院症例とでは、重症度において様相が異なる。また、頭部の銃創症例はベイルート内の他の病院へ搬送していた。その結果、505 名の入院患者のうち、腹部外傷を伴うケースや開腹術を要するケースは 26%に上った。これは、通常予想されるよりもはるかに高い割合である。実際にこの病院は、現地では腹部外傷患者の後送施設として機能していた。

32.3.2 死亡率

第 5 章でも述べたが、外科の文献から腹部外傷の死亡率を把握するのは難しい。統計の方法論、定義、データ収集法などが統一されていないためである。例えば、軽症症例を含めるべきか、試験開腹術を施行したが異常を認めなかった症例は対象とすべきか、といった具合である。データ収集法も統一されているわけではなく、確立された方法があるわけでもない。

しかしながら、医療の質が向上し、積極的に外科治療が行われるようになってきたために、戦傷治療に対する大きな方向性が示されるようになってきた。術後の総死亡率を見ると、第一次世界大戦後期には 67%であったものが、第二次世界大戦では 25%へと低下した。また、米軍医療班の報告によると、朝鮮戦争では 12%、ベトナム戦争では 8.5%とさらに低くなっている。現在、様々な研究報告によると、術後死亡率は 10～15%といわれている。軍の中でも、前線に外科医療班を帯同させ、搬送システムが確立している隊は死亡率が低い。表 32.1 に周術期及び術後の死亡率の指標について示した。軍人と一般市民とでは、治療をめぐる環境や搬送システムに大きな違いがあることがわかる。

紛争/情報元	開腹手術件数	術後致死率
従来の戦闘		
米国－ベトナム 1966～67; 米軍病院 Hardaway, 1978.	1,350	4.5 %
イスラエル – エジプト 1973; イスラエル軍病院 Kleinman & Rosin, 1979.	151	20 % 前線病院 5 % 後方病院へ搬送後
市街戦		
チャド 1980; Mission humanitarian française Dumurgier et al., 1982.	210	22.5 %
レバノン 1975～86; ベイルート医療センターのアメリカン大学 Nassoura et al., 1991.	1,314	9.5 %
Bourj el-Barajneh 難民キャンプ, ベイルート 1985～87; パレスチナ赤新月社病院 Cutting & Agha, 1992.	69	17.4 %
前ユーゴスラビア 1991～1995; Karlovac 中央病院、クロアチア Šikić et al., 2001	93	10.8 %
ガザ ストリップ 2000～03; Shifa 病院 Kandil, 2005.	230	7.4 %
モスル, イラク 2006; Al-Jumhuri 教育病院 Borhan & al-Najafi, 2008.	153	33.3%
辺境ゲリラ戦		
米国 – ベトナム 1966～67; Bien Hoa 州立病院 Dudley et al., 1968.	28	14.3%
ジンバブエ – ローデシア 1976～78; Harare 中央病院 Dent & Jena, 1980.	110	19%
エリトリア 1980～82; エリトリア人民解放前線病院 Fekadu, 2006.	692	16.8%
アフガニスタン 1989～90; ICRC カブール病院 Morris & Sugrue, 1991.	70	14.5%

表 32.1　近代の数ある紛争に見る術後死亡率。参照元は参考文献より

主な、そして最も直接的な死因は出血である。しかしながら、戦傷では腸管や尿路系臓器の単独損傷のみを認めるケースも多い。こうした症例では感染性腹膜炎が進行するまでに6～8時間程かかり、患者が死に至るまでにはさらに時間を要する。腹膜炎は主に腸内細菌によって引き起こされるが、第2の原因として、外来異物やその他の汚染物質、腹壁の欠損や長時間の腸管脱出によるものがある。

腹部外傷症例に見る2つの病態：出血徴候及び腹膜炎徴候。
主な死因：出血性ショックと敗血症性ショック。

今日でも、受傷後 24 時間以内の死亡症例の死因として最も多いものは出血による不可逆的ショックである。しかし、病院前処置や手術治療の向上により、受傷後 24～48 時間の死亡例では、主たる死因は低体温やアシドーシス、凝固異常となっている。受傷後 48 時間を経た症例では、腹膜炎や敗血症が主な死因とされている。治療によって長期生存を得た症例でも、その後、多臓器不全により死亡するケースがある。

32.3.3 死因と危険因子

外傷による死因には多くの要素が影響するため、外傷による死因を、例えば腹部外傷という一義的な面だけでは説明できない。純粋に病因や医学的なことだけではなく、貧困地域や資源の限られた環境における治療であるということも加味される。地域によっては、患者の栄養状態は悪く、輸血血液も不足している。また、病院前処置や患者の搬送が適切に行われないこともある。医療施設そのものが危険を伴う場所に位置することもある。

- 受傷機転：高エネルギー弾による外傷症例は直ちに死に至ることが多い。病院まで生存して搬送される腹部外傷例は、そのほとんどが低エネルギー弾によるものと考えてよい。一次爆傷で実質臓器の損傷がある場合、生存者はほとんどいない。
- 病理生理学的状態：出血性ショックもしくは敗血症性ショック
- 特定の臓器損傷：大量出血を認めた場合は、主要血管損傷や実質臓器の損傷を伴う可能性が高い。また、死亡症例の 85%に結腸損傷または直腸損傷を認める。尿管損傷や膀胱損傷は見落とされる場合があり、診断が遅れ、敗血症を起こす。
- 組織障害の程度：組織障害は、弾丸の持つ運動エネルギーが組織に向けて放出された結果であり、重症度はその効率によって決まる。
- 受傷臓器の数：受傷臓器の数が3つ以上になると、合併症の発生率や致死率は指数対数的に上昇する。
- 関連損傷：腹部外傷症例では、その 50～60%に致死率の高い関連損傷を合併している。また、腹部外傷症例の 15～25%は胸腹部外傷である。

32.3.4 臓器損傷の頻度

既に述べたように、腹部外傷症例では主に出血と腹膜炎の2つの主要な病態がある。こうした病態の発生頻度を、先進国の一般市民を対象にした研究と、紛争地における統計とで比較したところ、著しい違いを認めた。武力紛争地域を対象にした同様の研究においても、対象地域によってこれらの発生頻度に差異を認めた。特に市街戦や、外科医療班と搬送システムを備えた前線部隊においては、応急処置や搬送が適切にされているかどうかによって数字に差が見られた。

一般的に、腹部外傷症例の半数に小腸損傷を合併しており、3分の1に結腸損傷を、4分の1に肝損傷を認める。表32.2.1～32.2.3に、異なる戦時状況における、臓器別の受傷頻度を示す。

紛争/情報元	米国 – ベトナム 1966～67 Hardaway, 1978.	ｲｽﾗｴﾙ – ｴｼﾞﾌﾟﾄ 1973 Kleinman & Rosin, 1979.*	
		前線病院	後方病院
開腹手術件数(所見陽性例)	1,350(1,751)	30(91)	121(165)
肝臓	16.4 %	8.8 %	15.2 %
胆嚢 & 肝外胆管	-	0	4.8 %
大血管	1.5 %	3.3 %	4.2 %
小血管	-	-	-
脾臓	9.1 %	13.2 %	14.5 %
胃	7.4 %	8.8 %	4.2 %
膵臓	1.5 %	3.3 %	3 %
十二指腸	25.9 %	5.5 %	3 %
小腸		15.4 %	15.8 %
結腸	25.4 %	20.9 %	26.1 %
直腸			
腎臓	7.8 %	15.4 %	5.5 %
尿管	1 %	0	1.2 %
膀胱	2.6 %	4.4 %	1.2 %
尿道	1.4 %	0	1.2 %
副腎	-	1.1 %	0
骨	-	-	-
横隔膜	-	-	-

*前線の病院には致命的外傷を受けた重症症例のみを搬送した。他の負傷者は後方支援病院へと搬送した。

表 32.2.1　一般的な野戦部隊を対象とした調査。開腹を要した腹部外傷症例における、臓器別の受傷頻度

紛争/情報元	チャド 1980 Dumurgier et al., 1982.	レバノン 1975～86 Nassoura et al., 1991.	Bourj el-Barajneh, ベイルート 1985～87 Cutting & Agha, 1992.	前ユーゴ 1991～95 Šikić et al., 2001.	サラエボ 1992～96 Versier et al.,1998	ガザ 2000～03 Kandil, 2005.	モスル，イラク 2006 Borhan & al-Najafi, 2008.
開腹手術件数（所見陽性例）	210(319)	1,314 (2,208)	69(133)	93(190)	72(128)	230(419)	130(257)
肝臓	10.7 %	14.3 %	12.8 %	9.5 %	8.5 %	8.8 %	10.9 %
胆嚢＆肝外胆管	0	2 %	1.5 %	0	0	0.5 %	2.7 %
大血管	0.8 %	2.5 %	5.3 %	4.2 %	0	8.8 %	3.5 %
小血管	-	-	-	-	-	-	9.7 %
脾臓	7.3 %	6.2 %	6 %	4.7 %	5.1 %	6.2 %	4.3 %
胃	6.5 %	9.3 %	7.5 %	8.4 %	5.1 %	10.5 %	4.7 %
膵臓	1.7 %	2 %	2.3 %	3.7 %	5.1 %	2.6 %	1.2 %
十二指腸	2.5 %	24.7 %	1.5 %	2.1 %	15.2 %	26.7 %	2.3 %
小腸	30.5 %		27.1 %	27.9 %			21.4 %
結腸	18.6 %	21.2 %	16.5 %	28.4 %	22 %	17.9 %	18.7 %
直腸& 肛門	2.5 %		1.5 %		10.2 %		
腎臓	5.1 %	6.1 %	10.5 %	4.7 %	10.2 %	5 %	3.9 %
尿管	0.6 %	0.9 %	0	1.6 %	1.7 %	0	1.9 %
膀胱	1.7 %	2.8 %	3 %	4.7 %	3.4 %	3.6 %	2.3 %
尿道	0.6 %	0		-	0	-	0
子宮＆付属器/生殖腺	0.8%	0	0.8 %	0	1.7 %	1.7 %	0
骨	-	-	-	-	-	-	5.1 %
横隔膜	9.9 %	7.9 %	3.8 %	-	11.7 %	7.6 %	7.4 %

表 32.2.2　市街戦部隊を対象とした調査。開腹を要した腹部外傷症例における、所見陽性例の内訳

紛争/情報元	米国 – ベトナム 1966～67 Dudley et al., 1968	ジンバブエ –ローデシア 1976～78 Dent & Jena, 1980.	エリトリア 1980～82 Fekadu, 2006.	アフガニスタン 1989～90 Morris & Sugrue, 1991.
開腹手術件数（所見陽性例）	28(49)	110(206)	692(1,126)	70(114)
肝臓	6.1 %	8.7 %	15.1 %	14.9 %
胆嚢&肝外胆管	0	1.5 %		0.9 %
大血管	2 %	4.4 %	-	2.6 %
小血管	2 %	-	-	-
脾臓	8.2 %	3.4 %	5.2 %	0.9 %
胃	4.1 %	5.3 %	5.2 %	8.8 %
膵臓	4.1 %	0.5 %	1.9 %	0
十二指腸	2 %	1.9 %		28.9 %
小腸	30.6 %	30.1 %	32.6 %	
結腸	20.4 %	29.1 %	23.6 %	30.7 %
直腸&肛門	2 %		1.9 %	
腎臓	0	3.9 %	2.1 %	4.4 %
尿管	0	0		0.9 %
膀胱	6.1 %	4.9 %	4 %	2.6 %
尿道	0	0		0
子宮&付属器/生殖腺	2 %	0	1 %	0
骨	-	-	-	-
横隔膜	10.2 %	6.3 %	6.5 %	4.4 %

表 32.2.3　辺境地のゲリラ部隊を対象とした調査。開腹を要した腹部外傷症例における、陽性所見の内訳

最も頻度の高い受傷臓器

2 番目に頻度の高い受傷臓器

会陰部外傷（外性器を含む）、臀部外傷、大腿部外傷は、対人地雷による負傷者によく見られるが、これらは腹部外傷のおよそ 10%に合併するのみである。また、腰部や後腹膜腔に病変が及ぶものも同じく、腹部外傷の 10%程度に見られる。腸骨動静脈は、弾丸などの外来異物によって損傷を受けることもあるが、骨片によって損傷を受けることもある。会陰損傷は外性器損傷を伴うのはもちろんである。

32.3.5　無所見開腹術（negative laparotomy）及び非治療的開腹術（non-therapeutic laparotomy）

negative laparotomy とは、腹腔内損傷を疑って開腹術を施行したが、有意な所見がなかった場合を指す。こうした症例では、通常飛来物は腹壁を貫通しただけで、腹膜は損傷を受けていない。非常に稀なケースとして、腹腔内に弾丸や鋭利な破片を認めるものの、臓器損傷を来していない場合がある。

一方、非治療的開腹術（non-therapeutic laparotomy）とは、先述の negative laparotomy に終わったケースに加えて、腹腔内損傷を認めたものの外科的修復術を要さなかった症例をも含む。例えば、縫合の必要のない肝損傷症例など

がこれにあたる。開腹症例のうち、negative laparotomy や非治療的開腹術に該当するケースは、数%から 20%と幅広い報告がある(表 32.3 参照)。

報告例	開腹手術件数	無所見例の割合
Hardaway, 1978.	1,350	19.2 %
Kleinman & Rosin, 1979.	121	10.7 %
Dent & Jena, 1980.	110	3.6 %
Dumurgier et al., 1982.	210	4.8 %
Nassoura et al., 1991.	1,314	9.7 %
Cutting & Agha, 1992.	69	2.9 %
Morris & Sugrue, 1991.	70	11.4 %
Šikić et al., 2001.	93	4.3 %
Kandil, 2005.	230	6.5 %
Borhan & al-Najafi, 2008.	153	15 %
Dudley et al., 1968.	28	7.1 %
Fekadu, 2006	692	11.8 %

表 32.3 主な近代紛争時における無所見開腹術(negative laparotomy)の頻度

大量の負傷者を扱わなければならない状況では、negative laparotomy となるケースが増える。これは、個々の患者に十分な診察を行う余裕がないことと、少しでも多くの患者を助けなければならないという「重圧」に起因する。

32.3.6 受傷機転と重症度

兵器の殺傷力については、これまでに何度も述べてきた(第 5 章 7.4 参照)。多くの研究が示すように、施設や条件を同じくして統計を取った結果、腹部外傷においては高エネルギーの弾丸による外傷の致死率は、低エネルギーの弾丸や破片と比べて 3-4 倍高いとされている。一次爆傷との比較も考慮すべきであるが、爆傷における生存者の多くは破片外傷などの二次的爆損傷を合併しているため、単純に比較ができない。しかしながら、単純な破片外傷症例と一次爆傷例との間には、明らかな重症度の違いが認められる。

腹部外傷症例を対象に、受傷機転による重症度の違いを比較した 2 つの研究がある。いずれの研究も、搬送時間が比較的短い市街地にて行われたものであり、地域の主要病院における症例データを用いている。

ベイルート米国大学病院は、レバノン内戦時に治療を施した腹部外傷症例を対象として調査を行った。症例を、破片外傷群(低エネルギー外傷群)と、銃創群(高エネルギー外傷群)に分けて、様々な値を比較した(表 32.4 参照)。

指標	Group A:破片による外傷 n = 133	Group B:銃創 n = 166	有意差
陰性開腹手術	11.3 %	5.4 %	$p < 0.05$
致死率	2.3 %	7.2 %	$p < 0.01$
術後合併症率	7.5 %	8.4 %	NS
腹腔内損傷臓器数:大血管を除く	1.56	2.05	$p < 0.05$
腹部外の関連損傷	26 %	21 %	$p < 0.05$

表 32.4 破片及び銃による腹部外傷における、様々な数値の比較[1]。

2つの群を比較すると、negative laparotomyは破片外傷群で高く、原因としては、低エネルギー外傷の方が生存率が高いことと、軽症例では初回診察時に腹膜貫通の有無を評価することが難しい点が挙げられる。銃創群について考察すると、致死率の高さは弾丸が本来持つ高い運動エネルギーに起因すると考えられる。また、negative laparotomy が少ないことは、外傷所見や症状がより明確であることから、より診断しやすいためであると考えられる。

エルサレムのHadassah大学病院は、腹部外傷を原因別に比較考察している[2]。すなわち、鈍器外傷、銃創、爆傷に分類して比較研究を行っている。ここではまず、兵器による腹部外傷の数の多さについて述べられている。次に、爆傷のもたらす外傷の多様性と重篤性について記されている。爆傷と鈍的外傷ではエネルギーが波及しやすいため、全身性の外傷となりやすい。一方、銃創ではエネルギーが射撃溝を中心として局所に放出される傾向にある。また、腹部以外の外傷合併率を見ると、爆損傷症例では 85%、鈍的外傷症例では 60%以上に、2 か所以上の外傷を認める。一方、銃創症例では 30%未満にしか認めない。しかし、術後合併症の発生率と死亡率(19%)に関しては、いずれの群もよく似た値を示している。

32.3.7 スコアリングシステム

腹部外傷の重傷度を数値化するために、いくつかのスコアリングシステムが考えられてきた。例えば、簡易損傷指標 abbreviated injury scale(AIS)や、腹部貫通創指標 penetrating abdominal trauma index(PATI)などの指標がある。しかし、こうした指標は複雑なことが多く、実際に用いるには事務的なサポートも必要であるため、資源の限られた環境では必ずしも有用ではない。

赤十字外傷スコア(RCWS)では、腹膜穿通創がある場合、V=A と表記する。RCWS は、組織損傷の程度を運動エネルギーの放出量に換算しようと試みたものである。結果として、腹膜穿孔がなくとも、空洞形成に伴う腹腔内損傷は陽性所見(V=A)とみなす。RCWS は穿通創に対して用いるべきものであり、一次爆損傷としての臓器損傷には用いない。

第 4 章 5 項でも述べたが、RCWS は生命を脅かす危険性のある外傷を扱う際には検討の余地を残している。例えば、RCWS を用いて腹部外傷を評価する際には、臓器障害の程度や損傷を受けた臓器の数には着目しない。それでもなお、RCWS は腹部外傷の重症度を速やかかつ簡便に分類するためのツールとしては有用であり、それによってある程度の生命予後を予測することができる。

ICRC の経験

ICRC の戦傷データベースに記録されている症例のうち、腹腔内臓器の単独外傷 335 症例と骨盤内臓器の単独外傷 195 症例を対象にした研究報告がある(多発外傷症例は除く)[3]。全 530 症例のうち、腹膜穿通創及び腹腔内臓器損傷を合併しないもの(V=0)は 48.5%であった。また、V に該当する症例のうち、Grade 2(n=106)に該当するものは Grade 1(n=167)のものよりも致死率が高く、それぞれ 14.2%と 6.6%で統計学的に有意差を認めた。

腹部の単独外傷症例で Grade 3 に該当するものは 11 症例のみであり、全例が生存を得た。理由としては、接線方向の外傷が及ぼす特性が挙げられた。すなわち、腹壁には大きな損傷を残すが、腹腔内臓器には中等量のエネルギーしか放出されないことが考えられる。また、Grade 3 症例のうち、腹腔内の主要臓器に損傷を来したものは、その大部分が病院へたどり着く前に死亡したものと考えられる。

---

1. Georgi BA, Massad M, Obeid M. Ballistic trauma to the abdomen: shell fragments versus bullets. J Trauma 1991;**31**: 711 - 715. より抜粋
2. Bala M, Rivkind Al, Zamir G, Hadar T, Gertsenshtein I, Mintz Y, Pikarsky AJ, Amar D, Shussman N, Abu Gazala M, Almogy G. Abdominal trauma after terrorist bombing attacks exhibits a unique pattern of injury. Ann Surg 2008; **248**: 303 – 309.
3. Coupland R. Abdominal wounds in war. Br J Surg 1996; **83**: 1505 – 1511.

32.4 臨床所見

ICRC

写真 32.4
診断に難渋した症例：写真は爆発に伴う破片外傷で大腿、足、前腕、手に外傷を認めた。さらに上腹部にも小さい創を認めたが、腹部は平坦・軟で圧痛を認めず、腸蠕動音も聴取された。診察に際して患者の協力が十分に得られず、試験開腹術を施行することになった。開腹に際して、皮下に小結節を認めた。皮下組織内に迷入した破片であった。術前に身体所見が十分に取れていなかったのである。鑷子の先端部に破片を認める。射撃溝にはクーパーを挿入している。

32.4.1 診断

診断において重要なことは、腹腔内損傷の程度や障害臓器について術前に正確に評価することではなく、手術を施行すべきか否かを判断することである。

> 戦傷外科における腹部診断の意義とは、手術を施行すべきか否かを判断することにある。

綿密な診察が必須ではあるが、重篤なショック状態や頭部外傷、中毒などで意識レベルが低下している状況では、正確な診断を下すことは難しい。また、腹膜外損傷によっても診断は不明瞭になる。例えば、小さな後腹膜血腫による後腹膜刺激が、腹側腹膜に波及するケースもある。他にも、十二指腸、直腸、膀胱、尿管といった後腹膜臓器の損傷が診断遅延の原因となる場合がある。

さらに、多数の破片によって、身体の 3 か所以上に外傷がある場合には、腹腔内病変を合併する傾向にある。これは、トリアージを要する状況において、重要な判断の指標になる。

32.4.2 症状

疫学の項でも述べたが、これまでに腹部外傷症例を対象とした 2 つの大規模コホート研究がある。これらの研究では腹腔内出血症例と腹膜炎症例を扱っている。臨床では多くの患者に、実質臓器と管腔臓器の両方に損傷を認めるが、症状はどちらか一方からのものによる場合が多い。また、少量の出血が腹膜の違和感、すなわち腹膜刺激症状に準じた症状を引き起こす場合がある。しかし、出血量が多い場合には、こうした違和感は出血による症状に隠されてしまう。また、どちらの群に属する症例も、病院到着時には症状が軽微であったり、全く無症状のこともある。すでに止血している場合や、腸管の穿孔部が小さかったためにフィブリンによって被覆されており、腹腔内に腸液が漏れていない場合もある。

管腔臓器の損傷症例を対象とした小規模コホート研究もある。こうした症例の中には、症状が遅れて出てくるケースも多く、またはっきりとした腹膜炎症状を呈さないケースもある。例えば、結腸や直腸、膀胱や尿管などに小さな穿孔を来たした場合には、周囲のわずかなスペースに便や尿が漏れだすことがあるが、症状としては乏しいことがある。遅発性の腸管穿孔は、一次爆傷や空洞効果によってもみられるが、こうしたケースでははっきりとした腹膜炎所見を呈する場合が多い。

32.4.3 診察

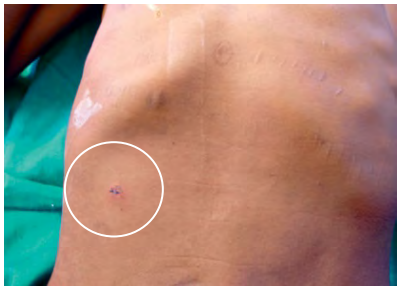
気道を確保し、呼吸状態を確認し、末梢からの出血による循環不全をコントロールした後、外科医の眼は腹部に向けられる。そして腹部診察においても、循環動態に関連する症状は最も重要な要素である。

以下の点を念頭に置きながら詳細な腹部診察を行う。

F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 32.5 会陰部銃創。

1. 腹部の腹側と背側、胸部、会陰部、臀部、大腿上部を注意深く診察する。
2. 創の数と性状を記録しておく。例えば、複数の小さな孔や、大きく裂けた射入創、腹腔内臓器の脱出に至るまで、そのすべてを記録しておく。
3. 深部筋膜もしくは腹膜穿通の可能性を判断するために、射撃溝のおおよその方向を推測しておく。



H. Nasreddine / ICRC

写真 32.6
右季肋下の破片による盲管創

H. Nasreddine / ICRC

写真 32.7.1- 2
貫通性胸腹部銃創

H. Nasreddine / ICRC

4. 患者が爆発によって飛ばされたのであれば、一次爆傷や鈍的外傷による非開放性の腹腔内臓器損傷の可能性を念頭に置く。

R. Saleah / Pattini Provincial Hospital, Thailand

写真 32.8
側腹部の鈍的外傷：
三次爆傷。

腹腔内臓器損傷の有無を判断するためには、触診、打診、聴診が大切であり、時には経過観察が必要な場合もある。直腸指診も大切であり、血液の付着によって腸管損傷の診断に至るケースもある。

血腫形成を伴う会陰部外傷を認めた場合には、尿道損傷に準じた手順で尿道カテーテルを留置するべきである。流出尿に肉眼的血尿がないかどうかを確認する。ま経鼻胃管も同様に、血性の排液がないかどうかを確認する。

32.4.4 臨床検査

循環動態が不安定な症例には、最低限の術前検査のみを行う。ヘモグロビン濃度、血液型、女性であれば尿中妊娠反応検査を行う。ただし、こうした検査を行うことで外科診療を滞らせてはならない。時間があれば胸腹部の単純レントゲン検査も行う。

血行動態が安定している場合は、立位と側臥位で腹部単純レントゲン検査を行い、弾丸などの異物や腹腔内フリーエアーの検索を行う。同様に立位の胸部単純レントゲン検査を行う。腎盂造影検査は、設備があって患者の状態が安定している場合に行えばよい。

局所麻酔下での創部検索は、腹膜穿通創を診断もしくは除外するには、単純で有用な方法である。ただし、ルーチンとして行ってはならない。銃創症例において創部検索が有用であるケースは、弾丸が腹壁をかすめたと判断される場合と、表在性の破片外傷を認めた場合のみである。

臨床所見から腹腔内損傷が否定的であるにもかかわらず、直腸診で血液を認める場合や、弾丸による骨盤損傷を認める場合には、肛門鏡検査を行う必要がある。ただし、下部消化管内視鏡検査などを行う必要はない。

FAST（Focused Assessment Sonography in Trauma）は非侵襲的なスクリーニング検査である。しかし、FAST は血性心嚢液貯留の診断には有用であるが、腹腔内出血の診断においては信頼性に乏しいとされている。診断的腹腔内洗浄（diagnostic peritoneal lavage：DPL）は鈍的外傷症例には有用であるが、重症症例には必要ではない。DPL は腸管内容物による汚染を拡散させるだけで、後腹膜損傷などは評価できない。こうした検査法は、ICRC の外科チームでは実践されていない。

資源の限られた環境では CT 検査は行えない。もし CT 検査が行える場合でも、全身状態が不安定な症例や、検査中に急変する可能性がある症例には決して行ってはならない。

ICRC

写真 32.9
腹部銃創症例：両側横隔膜ドーム下の腹腔内フリーエア

F. Irmay / ICRC

写真 32.10
砕けた弾丸は大きな運動エネルギーが放出されたことと、重篤な組織損傷があることを示唆する。

「臨床検査は診断のためのツールとして用いる。診断は、身体所見と検査所見を総合的に評価して下さなければならない。よく観察し、直接触れて診察することが最も重要である。」

Dr. Norman McSwain[4]

4. Dr Norman E. McSwain Jr, (Tulane 大学医学部教授, Spirit of Charity Trauma Center 外傷部部長, New Orleans, USA) の、surgical forum trauma.org,でのコメントを許可を得て掲載

32.5 救急室におけるマネージメント

救急外来における腹部外傷症例の診療で最も大切なことは、蘇生と早期の体内動態の安定であり、治療戦略は全身の生理学的状態によって異なる。

32.5.1 蘇生

著しい出血を来した症例と、現在も出血が続いている症例を、総じて出血群とする。失血死に至るかどうかは、ほとんどの場合、出血の割合によって決まる。コントロールできないほどの大量出血を来したケースや、収縮期血圧が 90mmHg 以下の症例に対しては、保存的治療では救命の可能性が限られてくるため、緊急手術が必要となる。輸血血液がいつでも確保できる環境であればよいが、資源の限られた環境では準備できないことがある。術中に腹腔内に貯留した血液を用いて、自己血輸血を行わなければならない場合がある（第 34 章 5.2 参照）。

蘇生の基本は止血である。

何時間もかけてゆっくりと出血が続いているケースや、すでに止血しているケースは、低血圧蘇生術のよい適応である（第 8 章 5.4 参照）。血圧を低く保つことで出血量を減らすことができ、形成された凝血塊の脱落も起こりにくくなる。

腹膜炎群では、出血や、サードスペースへの血漿成分の漏出、単純な脱水症状などによって血管内脱水を呈する。搬送に時間がかかった場合には、なおさら注意が必要である。こうした症例には、麻酔の前に十分な輸液を行って循環動態を改善し、適切な尿量を確保しておく必要がある。その他の処置として、酸素投与や適切な鎮痛剤投与、抗破傷風トキソイドの投与、プロトコルに沿った抗生剤投与などを行う。

32.5.2 腹腔内臓器の脱出

腹部外傷症例の中には、大網の一部や腸管ループが創部から体外へ脱出している場合がある。脱出臓器を認めた場合には、大きな湿ガーゼや、滅菌タオルで被覆しておく。決して腹腔内へ戻そうと試みてはならない。

F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 32.11
絞扼と虚血を伴う重篤な腸管脱出症例。

32.5.3 刺創

腹部に弾丸やナイフ、銃剣などが突き刺さった状態で搬入されるケースがある。こうした刺入物はその場で取り除いてはならない。患者を手術室へ運ぶまでは、刺入物に力が加わらないように、それ以上動かないように固定しておかなければならない。また刺入部よりも遠位側の脈拍が触知できることを必ず確認しておく。

刺入物を固定する際には、大量の包帯（開腹手術用のパックや、四肢切断術の際に断端に用いる被覆材）でそれを固定し、次にそれらを覆うのに十分な大きさの段ボール箱を被せて固定しておく。箱の天井側の左右の端に V 字型の切れ込みを入れ、ここを通るようにして患者と段ボール箱を包帯で縛り、動かないように固定しておく。

C. Giannou / ICRC

写真 32.12
刺さったものが動かないように、段ボール箱で固定している。

32.6 手術の決定

「穿通創の受傷部位が、乳頭部よりも尾側、恥骨結合部よりも頭側、かつ左右の後腋窩線の間にある場合は、腹部外傷として扱い、試験開腹術の適応となる」
D.E. Lounsbury et al.[5]

腹部の戦傷症例に対しては、必ず試験開腹術を行うことが一般的となってきた。この方針は多くの外科医に支持されている。ただし、受傷後何時間も経ってから、時には数日経ってから受診してくるような患者で、無症状のものは例外として扱う。こうした治療方針は、おおむね外科医の共通認識となっている。

ICRC の経験
1985 年にアフガン戦争で戦傷患者を扱っていたクエッタ（パキスタン）の病院で、当時、ICRC の外科医らは、受傷後数日が経過した患者を多数受け入れた。その中には、腹腔内臓器損傷を伴うケースが 17 例含まれていた。「そのうち 5 名の患者は、腹腔内に破片が迷入していた。こうした外傷は、どれも受傷後数日が経過したものであり、持続的な出血や感染を示唆する臨床所見を認めなかったため、保存的に治療され、数日間の経過観察の後に退院となった。陳旧性の横隔膜下膿瘍を認めた 1 例に対してはドレナージを施行した。」[6]

実際には、受傷直後の腹部外傷症例の中にも無症状で経過するケースはある。そのため、すべての症例に対して試験開腹術を検討する戦傷治療の基本方針に対して、一般市民を扱う医療現場を中心に疑問の声が上がっている。最近ではこうした背景の中、それ自体にも合併症を伴う negative laparotomy を避けようとする傾向があり、保存的治療への支持が高くなりつつある。

症例を選び、十分な看護ケアと主治医の観察の下に管理できるのであれば、保存的治療の適応も増えてくる。

高度な臨床検査が可能であれば、このアプローチもさらにやりやすくなる。

限られた資源の中、何が起こるか予測できない環境で臨床を行う外科医にとって、目指すべき医療とは、negative laparotomy の頻度ができるだけ少なくなるように努めながら、外傷を見落とさず、診断を遅らせないようにすることである。そのためには高い臨床能力が求められる。例えば、穿通創の扱いにしても、高エネルギーを有する完全被甲弾によるものと、低エネルギーの破片外傷とでは傷の様相が異なることを知っていなければならない。

その環境で最善を尽くすこと。ここでいう最善とは、negative laparotomy（所見のなかった試験開腹術）をできるだけ避けつつ、かつ外傷を見落とさないことを指す。

腹部外傷の全例を試験開腹の適応とする考え方にも明確な利点がある。腹腔内損傷を見落とす可能性が低くなることと、診断の遅れを来さないこと以外にも、腹部治療を続けるべきか否かをすぐに判断できることは、重要なことである。多忙で疲労を強いられ、いつ大勢の負傷者が搬入されてくるかわからない中、十分な睡眠も取れない外科医にとって、こうした精神衛生上の利点は存外に大きい。

しかしながら、全例試験開腹のアプローチには好ましくない点もある。手術が治療に寄与しない場合があることと、試験開腹術そのものに合併症のリスクを伴う点である。特に多数の重症症例を受け入れなければならない状況では、手術室設備、時間、器材と人員を不用意に投入することには慎重でなければならない。

32.6.1 判断基準

出血性ショックや腹膜炎といったわかりやすい病態評価に対してだけではなく、開腹術を必要とするか否かについても明確な判断基準がある。

- 単純 X 線写真で、フリーエアを認める。
- 適切な腹部診察を行うことができない。すなわち、胸腹部外傷症例で、十分な呼吸が行えない状態や、脊髄損傷や頭部外傷を伴う場合など。

大勢の負傷者をトリアージしなければならない状況では、腹部外傷を伴う症例は、たとえ状態が安定していたとしてもカテゴリーⅡに分類し、手術に備えなければならない。診断が遅れて、症状が明らかになってから気付くようではいけない。出血を伴う症例は直ちにカテゴリーⅠに分類する。

先人の教えに学ぶ

資源の限られた環境において、臨床で何かを疑った場合には、ただ漫然と経過観察してはいけない。五感を働かせて観察しなければならない。

原則として、また一般論として、資源の限られた環境で腹部穿通症例を扱う場合、可及的速やかに試験開腹術を行うべきである。negative laparotomy であったとしても、その症例の死亡率は 0%に近い。しかし、腹腔内損傷があった場合に手術を行っていなければ致命的となる。

32.7 術前の患者準備と麻酔の準備

開腹手術は、手術室のスタッフを総動員しなければならない大きな手術である。特に麻酔科医は、自己血輸血が必要となるような症例では、「もう 2 本」手が欲しいほど忙しくなる。外科医はさらに大変であり、腹壁を牽引するために、「さらにも

う 4 本」手が要るほどである。

1 患者を仰臥位とし、両上肢は外転しておく。皮切は胸部から鼠径部まで延長できるように準備しておく。これは伏在静脈グラフトが必要となった場合に備えてのことである。滅菌ドレープは剣状突起部から恥骨までが術野となるように掛ける。
2 安全に腹部手術を行うためには、筋肉の緊張をコントロールしておく必要がある。ケタミンや筋弛緩薬を用いてもよいし、鎮静と鎮痛を効かせて挿管下に手術を行ってもよい。挿管管理ができない環境では、脊椎麻酔と腹壁の局所麻酔を併用する方法もある。
3 必要な数の静脈ラインを上肢もしくは外頸静脈に留置しておく。
4 麻酔科医は、術前に、輸血の準備をしておく。
5 輸血血液が限られている環境では、出血がコントロールされてから輸血を行う(第 8 章 6 項参照)。自己血輸血に必要な器材は、いつでも使用できるように備えておく(第 34 章 5.2 参照)。
6 出血のため開腹術が長引くと、患者は低体温、アシドーシス、凝固能異常に陥りやすい。資源の限られた施設では、術中に体温をモニターすることは一般的ではなかった。しかし、麻酔科医は血圧や脈拍を測定するのと同様に、体温も記録しておく必要がある。術中の体温をモニターするためには、35 度以下まで測定できる体温計が必要である。それが手に入らない場合は、既存の体温計の水銀柱が 35 度以下になったら、術者と麻酔科医は、最大限の注意を払いつつ手術を続けなければならない。

32.8 手術の総合プラン

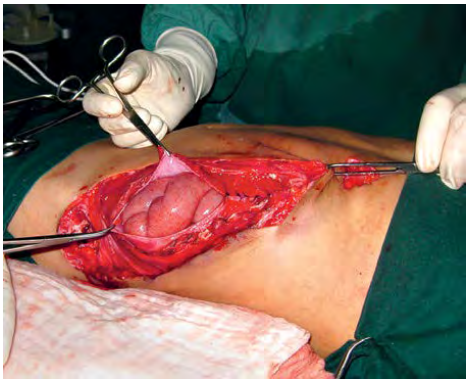
外科医が「型通り」の開腹術を行うにせよ、「型破り」な開腹術を行うにせよ、それらは基本原則に則ったものでなければならない。本項ではその基本原則について述べる。各臓器の治療については後述する。

32.8.1 皮膚切開

剣状突起から恥骨までの正中切開が望ましい。腹部正中切開は速やかに行うことができ、術野展開に優れていることから有用性が高い。一般的に、腹部外傷創そのものを延長する方法は、外傷部そのものが非常に大きい場合に限られる。すなわち、新たに正中切開を加えることによって、腹壁の虚血を生じる可能性が危惧される場合に、緊急避難的にこうした処置を行う。また、胸腹部切開を行う場合には、腹部と胸部の皮切は別々の位置に置くことが望ましい。

写真 32.13.1- 32.13.4
腸管脱出を伴う接線方向の外傷症例:正中切開を加えると腹壁の虚血を生じる可能性があるため、創部を延長切開して開腹した。

P. Andersson / ICRC


P. Andersson / ICRC

5. Lounsbury DE, Brengman M, Belamy RF, eds. Emergency War Surgery Third United States Revision. Washington, DC: Borden Institute, US Department of Defense; 2004.
6. Rautio J, Paavolainen P. Afghan war wounded: experience with 200 cases. J Trauma 1988; **28**: 523 – 525

P. Andersson / ICRC

P. Andersson / ICRC

32.8.2 腹腔内検索

腹腔内と後腹膜腔内のすべての臓器を検索するために、術者は系統的に観察を行わなければならない。損傷の見落としは、患者の死につながる。出血を認めた場合には、まず止血に努める。明らかな出血を認めない場合には、まず肝臓と脾臓の表面に裂傷がないかを触診で確かめ、次に腸管を引き出して後腹膜を検索する。この際、まず腸管ループを手前に引き出し、次に助手側に翻転すると後腹膜の全容を見ることができる。続いて消化管を全域にわたってくまなく観察し、汚染がないかどうかを確認する。外傷が胸腹部に及ぶ場合には、開腹術の前に胸腔ドレーンを挿入しておく必要がある。もし挿入しなかった場合には術中に挿入して、その後、適切な換気が維持できるように横隔膜を修復する。

腹膜腔内と後腹膜腔内の検索がすべて完了すれば、さらなる出血や感染のコントロール、そして最終的な修復術を行うか否かは、患者の状態に応じて決めればよい。大部分の患者は病状が安定しているため、外科医は手術を含めた治療を全うできることが多い。

出血症状

必要ならば、直接結紮もしくはダメージコントロール手技による止血を行う。それから、肝臓、脾臓、後腹膜及び腸間膜動静脈の検索を行う。

腹膜刺激症状

消化管はすべて、後腹膜の十二指腸、結腸、直腸に至るまで 1cm 単位で注意深く観察する。

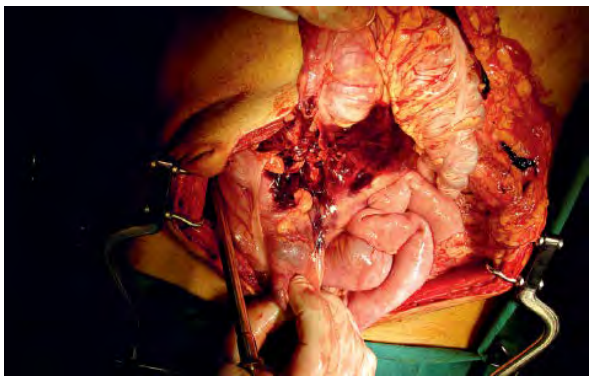
32.8.3 大量出血

有効な蘇生を行えるかどうかは、止血ができるかどうかによって決まる。一時的な処置以外ではコントロールできないような大量出血によって、循環動態が不安定な患者は、簡略化した開腹術によるダメージコントロール手術の最有力候補である。ダメージコントロール手術で重要なことは、開腹後直ちに状況を把握し、必要な処置だけを速やかに行うことである。迅速な対応が肝要である。

大量腹腔内出血は、1 つの臓器からでも、正中の大血管や腎臓を巻き込んだ後腹膜血腫からも起こり得る。腹腔内という閉鎖空間では、タンポナーデ効果によって血腫はある程度以上に増大することはなく、こうした状態では、患者の循環動態は保たれていることがある。しかし、開腹すると圧が解除されるため、再度の大量出血を来す場合がある。

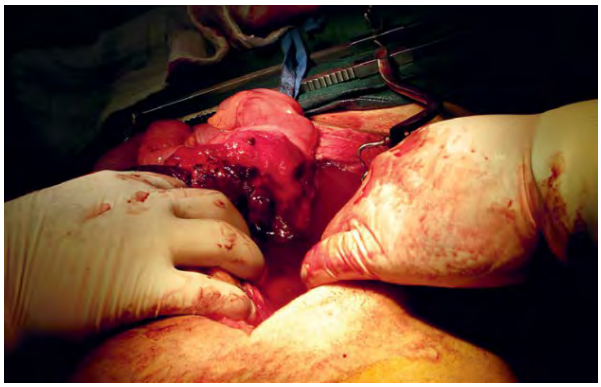
H. Nasreddine / ICRC

写真 32.14.1
患者は 5 時間前に右側腹部に銃創を負い、来院時には血圧 110/70、脈拍 78 であった。腹部は軟らかく腸蠕動音を聴取した。



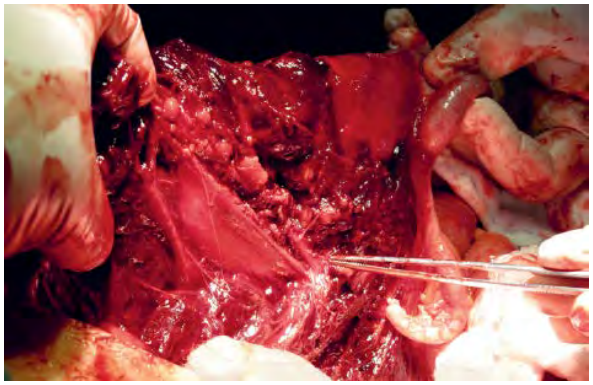
H. Nasreddine / ICRC

写真 32.14.2
開腹時、結腸間膜の背側に大きな後腹膜血腫を認めた。



H. Nasreddine / ICRC

写真 32.14.3
ドレナージにより血腫は縮小したが、下腸間膜動静脈より著しく出血した。



H. Nasreddine / ICRC

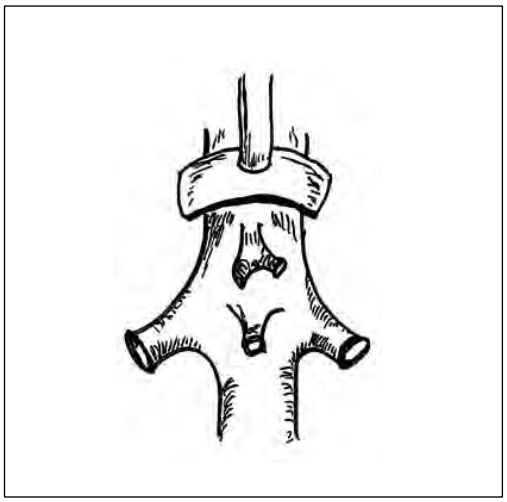
写真 32.14.4
腸間膜の基部に大きな血腫を認め、少し離れた部分の空腸に小さな穿孔部を認めた。

大血管に損傷を受けた患者は、たいてい病院へ到着する前に死亡する。そのため、前線の軍事医療施設や市街戦からの搬送施設にでもいない限り、こうした症例を扱うことは稀である。しかし、後腹膜血腫となった場合には出血が抑えられるため、手術室までたどり着くケースもある。重篤な肝損傷や脾損傷を伴っていても、病院到着時には出血が止まっているケースもある。しかしながら、こうした症例に対する止血術は極めて難しく、術中に失血死するケースがほとんどである。手術が成功するためには、十分な輸血血液が供給される環境でなければならない。

また、多数の重傷者を扱わなければならない状況では、著明な血圧低下を認める症例はトリアージで治療対象外となるため、手術にまで至らない。

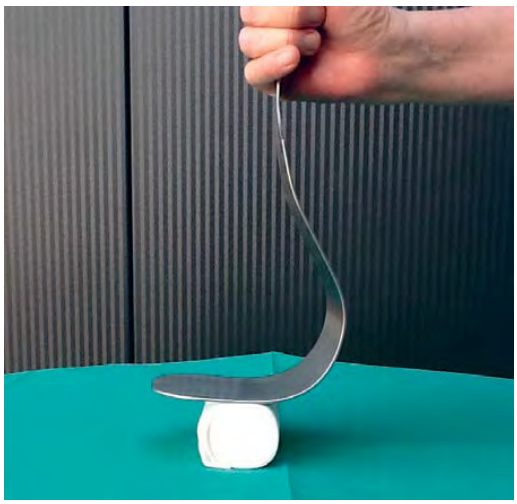
開腹時に大量の出血を来すと、手術室は往々にしてパニック状態に陥る。まず術者が冷静を保ち、周囲にも落ち着くように促すことが大切である。あらかじめ、手術室スタッフや麻酔科医などの必要な人員を揃えておく必要がある。輸血用血液や自己血輸血の装置、血管縫合セットや縫合糸も忘れてはならない。

開腹時に腹腔内から血液や血腫があふれ出してくるようであれば、出血点を確認するために、術者は両手で速やかにそれを腹腔外へ汲み出さなければならない。自己血輸血が可能である場合には、大きなボウルか膿盆へためておく。そして、腸管を引き出して、素早く腹腔内を観察する。肝臓や脾臓からの出血はすぐに確認できる。そうでない場合には、助手が大動脈と下大静脈を指か開腹用パッドで圧迫して検索を補助する。この際に、近位側は肝左葉の下の大動脈裂孔部を、遠位側は総腸骨動静脈への分岐部を圧迫する。出血点が同定できない場合には、腹腔内の四隅に開腹用パッドを詰め込んで押さえ込む。開腹用パッドは腹腔内に残った血液を吸収する役目も果たす。パッドを詰めたら、助手は用指圧迫からディーバー圧排鈎（Deaver retractor）か圧迫器を用いた圧迫に変える。



N. Papas / ICRC

図 32.15.1
大動脈圧排器



S. Heldng – C. Gerber / ICRC

写真 32.15.2
ディーバー圧排鉤を用いた圧迫

出血が後腹膜からのものであれば、さらにパッドを詰めて圧迫する。後腹膜切開で大血管が露出されれば、助手の指での圧迫を適切な血管鉗子に変える。腎破裂を認めた場合は、腎摘術を行う。重篤な肝損傷を認めた場合は、損傷部位を確認する前にパッドを充填しておき、肝十二指腸間膜に血管テープを通してプリングル法を行い、出血のコントロールを試みる。脾破裂を認めた場合は、直ちに脾摘術を施行する。

大量出血がどこからのものであれ、結紮や脾摘、腎摘といったシンプルな方法で対応ができる。すなわち、ダメージコントロール手術のアプローチである。後腹膜血腫の検索については、第 32 章 11 項で述べる。

32.8.4 軽度から中等度の出血

病院まで無事に搬送された症例の大半は、致死的な大量出血を伴っていない。初期診療は迅速かつ系統的に行わなければならない。小腸間膜か結腸間膜の動静脈を出血源とするケースが最も多く、こうした出血は結紮にてコントロールできる。次に多いのは、肝臓、脾臓、そして大血管の主要分岐血管からの出血である。単純な外科的止血手技については後述する。

32.8.5 汚染のコントロール

外科医は開腹に際して、腸管内容物や便の臭いに留意しておかなければならない。

腸管は全長にわたってくまなく検索する必要がある。どんな小さな穿孔も致命的になり得るからである。

消化管の検索は、腹部食道から肛門までくまなく丁寧に行う。外科医は穿孔部をすべて確認して修復しなければならない。非常に小さいものであったり、予想もしないような部位に存在することもあるが、穿孔はどれも致死的となり得ることを肝に銘じておく必要がある。繰り返し述べるが、腹腔内検索は論理的かつ系統的に行わなければならない。まず、食道胃接合部から観察を始めて、徐々に肛門側に進めていく。次に反対に、直腸から食道に向けて観察を行うことでダブルチェックする。観察がすべて終わったら修復術を行う。この時、さらなる腹腔内汚染を避けるために、穿孔部の頭尾側を鉗子で遮断しておく。

胃前面に損傷を認めた場合は、後面にも所見を認めることが多い。胃結腸間膜を切開して網嚢を開放し、胃後面を観察しなければならない。膵損傷を疑う場合は、小網も切開して注意深く観察する必要がある。

続いて十二指腸周囲を観察する。十二指腸の周囲に、膵十二指腸損傷を示唆する胆汁染色がないかどうかを探す。必要であれば、Kocher 授動術を行うと十二指腸下行部が見やすくなる。同じように横行結腸間膜と大網の癒合部を切離し、

さらに十二指腸空腸靭帯を切離すると、水平部が見えるようになる。

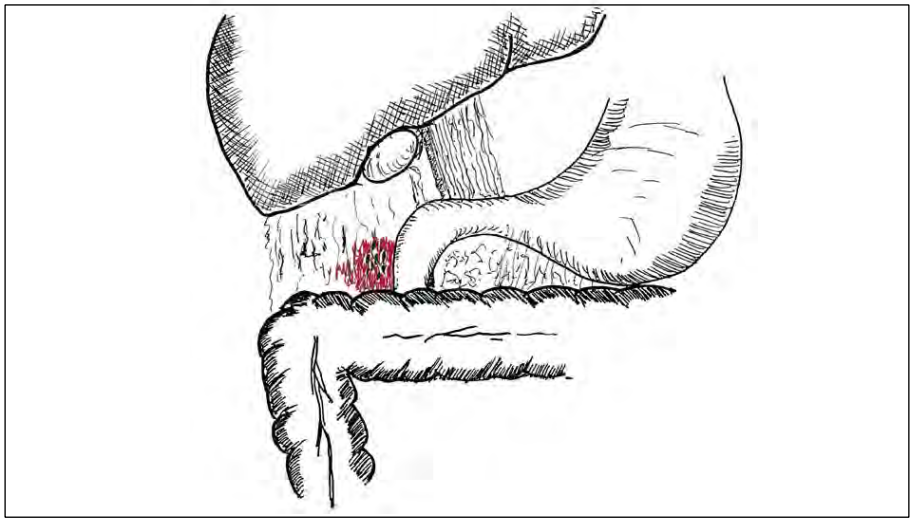


図 32.16
肝、結腸、十二指腸で囲まれた三角地帯が血液と胆汁とで染まっている場合には、後腹膜腔における十二指腸損傷もしくは膵損傷を疑う。術中に後腹膜に気腫を認めた場合には、結腸損傷もしくは十二指腸損傷を来している場合がある。

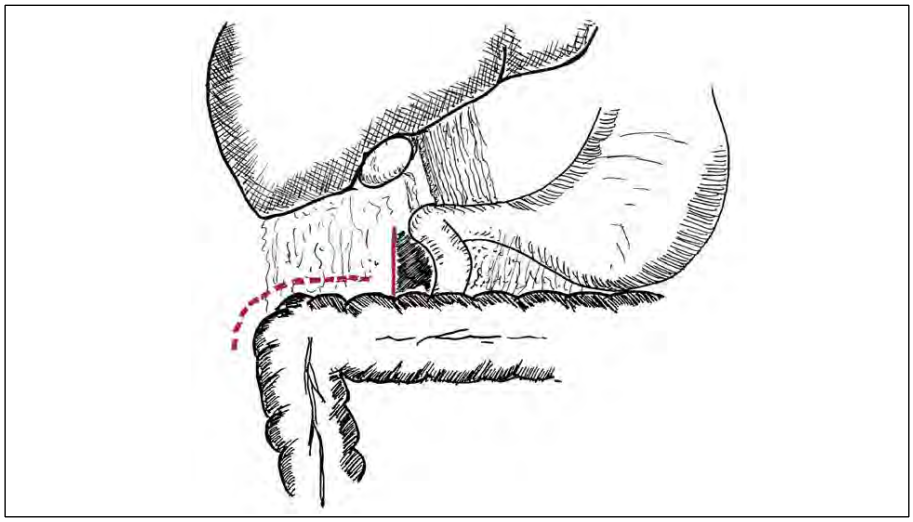


図 32.17
Kocher 授動術：十二指腸外側の腹膜を切開して十二指腸下行脚を授動する。十二指腸を正中側へと翻転することで、十二指腸の背側面を視認できる。先に結腸の肝弯曲部（赤点線部）を授動しておくとやりやすい（赤点線）。

小腸は最も損傷を受けやすい臓器である。トライツ靭帯のある十二指腸空腸接合部から回盲部までを、1cm 単位でくまなく観察し、さらに折り返し戻りながら確認する。損傷部位をすべて確認して、目印にアリス鉗子やバブコック鉗子で把持しておく。この際に腸管が傷つかないように、ガーゼを介して把持する。損傷が多数ある場合、すべて縫合修復を行うよりも、受傷部位を部分切除して吻合する方がよい場合もある。そのため、腸管の修復は損傷部をすべて確認してから行う。腸間膜は注意深く観察し、腸管に連なる血腫は必ずドレナージし、腸管の血流が悪くなっていないかどうかを詳細に観察する。

結腸前面はもとより観察可能である。上行結腸や下行結腸領域の後腹膜血腫や気腫、もしくは便臭があった場合には、結腸後面も注意深く検索しなければならない。必要があれば、左右の結腸を授動し、後腹膜側の結腸表面を観察する。同時に尿管の連続性が保たれているかどうかも確認する。

便臭は、おそらく大腸損傷を示唆する唯一の所見である。

最後に、子宮、直腸及び膀胱を必ず確認する。直腸肛門領域の腹膜外損傷については、術前に直腸診にて診断しておく。さらに、尿道カテーテルを留置する際に血尿を認めた際には、膀胱損傷を疑う。膀胱に腹腔内への穿孔を認める場合には、指診にて出口となる傷がないかどうか、また、飛来物が膀胱内部に遺残していないかどうかを確認する。術中に気腫や腹膜外血腫を認めた場合には、直腸及び膀胱外側の腹膜を切開し、周囲組織を十分に検索する。

32.8.6 手術の終了と閉創

手術終了時には、腹腔内を十分な量の温生食で洗浄し、肝下面、脾周囲、ダグラス窩をしっかりと吸引しておく。必要があれば、ドレーンを留置する。

先人の教えに学ぶ

体内から弾丸を見つけ出すために、無駄に時間を浪費すべきではない。

閉腹は、腹膜と筋膜を一括して、連続縫合で行う。消化管内容物による汚染がないか、あっても極少量の場合には、皮膚まで閉じてもよい。汚染の可能性がある場合には、開腹創の皮膚と皮下組織は開放したままにしておき、待機的一次閉創(DPC)を行う。

腹壁前面の飛来物創傷は、開腹術が終わってから処置する。背側の傷を忘れてはならない。射入創と射出創は十分にデブリドマンを行う。閉腹に際して、腹膜と筋膜はヘルニア予防のためにしっかりと縫合閉鎖する。軟部組織は閉じずにそのままにしておき、後日に二期的閉創術を行う。

皮膚欠損が大きく閉創が困難な場合には、ローテーションフラップが必要となる。フラップによる形成術を一期的に行うか二期的に行うかは、患者の全身状態によって決める。症例によっては、肉下組織が増生してくるまで腹壁を開放創のままとしておき、後日に分層植皮(SSG)で閉創する場合もある。

32.9 ダメージコントロール手術:略式開腹術

ダメージコントロール手術の一般事項については第 18 章 1.1 で述べた。基本概念を再掲する。まず、第 1 段階である初回手術は短時間の簡潔なものとし、低体温、アシドーシス、凝固能異常の予防と改善に努める。第 2 段階では、生理機能を改善するために前述した「死の三徴」を積極的に補正する。この段階における補正及び蘇生治療は集中治療室で行う。補正治療の期間は、生理機能の回復程度にもよるが、12～48 時間ほどである。第 3 段階では、手術室にて解剖学的な修復を目的とした根治治療を行う。

略式開腹術を要する症例は、一時的なパッキングやフォーリーカテーテルによるタンポナーデ治療以外ではコントロールできないような大量出血を伴ったケースである。開腹術を短時間で済ませる必要があるかどうかを、低体温や凝固能異常が発症するまでに、早期に見極めて、たとえ一時的なものであっても、出血と消化管内容物による汚染をコントロールするために必須の処置のみを速やかに行う必要がある。腹膜を開いている状態でいることは、持続的に体温を失う最も大きな要因であり、最小限の処置を迅速に行うことが何よりも重要である。空調の利いた涼しい部屋で開腹術を行った場合、平均的な体温喪失は時間あたり 4.6 度である[7]。わずか 60～90 分の手術で、取り返しのつかない生理学的障害を受ける場合がある。

死の三徴を増悪させる因子は他にも多くある。その中には医原性のものもある。よく目にすることのうち、簡単に改善できることとしては、冷たい輸液や輸血を投与しないことや、腹腔内洗浄に冷たい生理食塩水を用いないようにすることが挙げられる。低体温は起こりやすいものだということを、普段から認識して予防に努めなければならない。

適切なダメージコントロール手術を行うためには、十分な量の輸血血液、人工呼吸器と高度なモニターを備えた集中治療室、熟練した医療スタッフが必要である。人と物の両方が揃っていない場合には、ダメージコントロール手術は、「ダメージコントロール法を用いた蘇生手術」と呼ぶ方がよい。従って、ダメージコントロールをどの程度まで有効に行うことができるかは、その病院の持つキャパシティによって異なる。

ダメージコントロール手術の基本方針

1. 速やかに視野を展開して、最も効果的な手段で出血のコントロールを試みる。
2. ダメージコントロール手術をもって外科治療に臨むことを認識する。
3. 自己血輸血の導入時など、必要であれば麻酔科医のペースに合わせて手術の手を止める。
4. 最も有用な方法を用いて、一時的な汚染のコントロールを行う。
5. 場合によっては手術を中止する。
6. 適切な方法で閉腹する。
7. 患者を集中看護ケア病棟へ移送する。
8. 患者の保温に努める。
9. 循環動態を維持するために、患者の家族や友人から血液提供を募る。
10. 根治的修復術を目的とした再手術を行う。

「ダメージコントロール法を用いた蘇生手術」の適応を示す。資源の限られた環境においては、すべてを明確に記載することはできないが、以下のような簡潔な項目にまとめた。

- 術中に血液の凝固能異常を認めた場合：腹腔内の貯留血が凝固しない。
- 適切な体温計がない： 35度以下まで測れる体温計がない場合：体温が35度まで下がったら、後は十分に注意しながら手術を続けるしかない。
- 多臓器損傷によりショック状態を呈している場合。
- 腹膜炎とショックを伴う搬送遅延症例。

術者と麻酔科医は、重篤な肝外傷を扱う場合、低体温に陥らずとも肝外傷そのものが凝固能異常を引き起こし得ることを知っておかなければならない。

資源の乏しい環境において、多数の重症患者を扱わなければならない状況での、ダメージコントロール手術の有用性については議論の余地がある。

多数の外傷患者を同時に扱わなければならない状況では、ダメージコントロール手術の適応について議論の余地があり、その病院のキャパシティによっても異なる。受傷患者の数、さらに外傷患者が搬入されてくる可能性、スタッフの数と熟練度、集中看護ケアが行えるか否か、輸血血液の在庫数などを勘案しなくてはならない。一般的に、外科医は保存的治療に軸足を置くべきであり、「望みの乏しい手術」に多くを費やすことのないように気をつける。つまりは、トリアージの基本原則に立ち返らなければならない。

ダメージコントロール手技：まとめ

1. 止血：
- クランプと結紮
- 一時的シャントの形成
- バルーンカテーテルを用いたタンポナーデ
- 腹腔内のガーゼパッキング
- 速やかな脾摘術または腎摘術

2 汚染防止：
- 胃及び小腸の損傷部はクランプや縫合、結紮にて閉鎖するに留め、吻合や正式なストマ造設術は一期的には行わない

・　膵臓、十二指腸、総胆管の損傷部周囲のドレナージ

3.　一時的な腹壁閉鎖

ダメージコントロール手技の詳細については、それぞれの関連する項にて記載する。

32.9.1　仮閉腹法

この略式開腹術は、それで完了する手術ではない。すなわち、近い将来に根治的修復術のための再開腹があるため、閉腹はシンプルかつ容易に再開腹できる方法で行うのがよい。例えば、太めの非吸収性モノフィラメント糸で皮膚だけを連続縫合しておく方法がある。また別の手段として、布鉗子で皮切創全長にわたり、創縁から 1～2cm 離れた皮膚どうしを 1～2cm 間隔で把持しておく方法がある。いずれの方法も筋膜は閉じず、次回の閉腹時までそのままとしておく。

初回手術や 2 回目の手術に際しては、腹腔内パッキングや強い腸管浮腫のために、腹腔内容量が増加する。このため、腹腔内圧が上昇するほど腸管を押し込み、緊張がかかるまで創を寄せなければ閉腹できない場合がある。こうしたケースでは、腹部コンパートメント症候群を呈することがある。これは、よく見られる四肢のコンパートメント症候群と同じ生理学的機序で発生する（補足 32.A 参照）。このような場合には、腹腔内圧がそれ以上高まらないように、腹壁は閉じずに「開放のまま」としておく。

ただしこの場合でも、腸管は何かで被覆しておかなければならない。最もシンプルな方法として「Bogotá bag 変法」がある。まず、大きめの滅菌プラスチックドレープを腸管と腹壁の間に敷く。腸管と腹膜との癒着形成を防ぐために、ドレープは十分に広げておく。そして、ドレーンを腹腔内に留置する。次に、空の滅菌済み蓄尿バッグ（3L 用）か、1～2 本の輸液用バッグを用意する。これらにスリットを入れて開き、開放創部にあてがい、皮膚と縫合固定する。この時、筋膜には縫合しない。手に入るようであれば、バッグを Steri-Drape®、もしくは Opsite®で上から覆っておく。この仮閉腹法は、広範囲の腹壁欠損を伴う症例に対しても用いられる。

N. Papas / ICRC

F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 32.18.1- 2
輸液バッグで作製した「Bogotá bag」と、Steri-Drape®を用いた仮閉腹

根治修復術における閉腹術は、いわゆる待機的一次閉創術（DPC）にあたるが、通常は普通の手術における閉腹術のように難しいものではない。腹腔内圧が高い時には、閉創がうまくいくかどうかは施行するタイミングにかかっている。初回手術から 1 週間までに閉腹すべきとする報告もある。1 週間を過ぎると閉腹はより難しいものとなり、特別な手技を要する。こうした閉腹は数日間をかけて段階的に行う。腸管浮腫の軽減と、腹壁が徐々に弛緩するのを待ちながら、腹壁にかけた縫合糸を毎回少しずつ締めていく。場合によっては、腹壁瘢痕ヘルニアとなることを承知の上で、皮膚のみを縫合閉鎖することもある。また、ローテーションフラップを用いた腹壁再建術が必要となるケースもある。市販の特別なメッシュや、陰圧式閉鎖法に用いるドレッシング材は有用であるが、資源の限られた環境では手に入らないことが多い。

32.10　「前線における開腹術」と、搬送遅延症例

ICRC の外科医は、「戦地のどこか」で手術を受けた後に重症化した症例を数多く受け入れてきた。こうしたケースでは、消化管や尿管に明らかな縫合不全を認めたり、臓器損傷を見落とされていたり、腹腔内にガーゼが残っていたりして、敗血症に陥っていることが多い。こうした患者は、熟練した外科医が再手術を行ったとしても助けられないことが多い。

第 12 章で述べたが、「前線病院で行われた開腹術」は、不適切な治療を受けた群に分類される。もちろんこれは、搬送できないほどの重篤な外傷症例を、熟練した外科チームを備えた前線病院で手術するようなケースを述べているのではない。

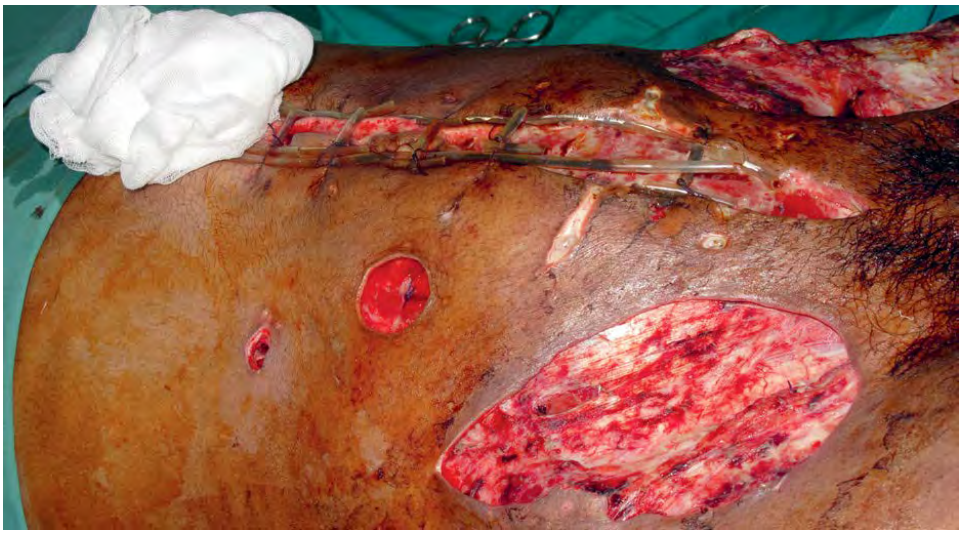
大量出血を認めない多くの患者に対しても、搬送遅延のあった症例に対しては、十分な量の輸液と抗生剤、鎮痛薬を投与しておく[8]。前戦病院では、まずこうした適切な初期治療によって患者の全身状態を安定させることが大切である。それを怠ったまま、経験の乏しい外科医が開腹術を行うと、手術を行わなかった場合よりも致死率が高くなることが多い。

危険地域における医療で優先すべきは、リスクの高い手術を行うことではなく、適切な応急処置を行って搬送できる状態にすることである[9]。

長時間かけてようやく搬送されてきたような症例は、前述したクエッタの ICRC 外科チームの記載にあるように、無症状もしくは比較的シンプルな手術で治療できる状態にあるか、極めて重篤な敗血症に陥っているかのどちらかである。十分な脱水補正、蘇生処置、抗生剤投与を行った後、もし腹腔内に何らかのリークを疑い、ドレナージが必要と判断した場合には開腹術を施行する。受傷から 1～3 日間が経過している症例では、緊急性がないことが多い。

重度の敗血症を呈している場合には、可能であればダメージコントロール手術を行う。閉創は応急的な仮閉腹術のみとする。

写真 32.19
前線の野戦病院で開腹手術を施され、その 3 日後に搬送されてきた症例。腹部膨満を認め、腸蠕動音は消失していた。明らかに敗血症に陥っていた。小腸吻合部と回腸ストマを観察するために再開腹したところ、盲腸が壊死に陥っていた。右半結腸切除術を施行した。



ICRC

7. Burch JM, Denton JR, Noble RD. Physiologic rationale for abbreviated laparotomy. Surg Clin North Am 1997; **77**: 779 – 78
8. Coupland RM. Epidemiological approach to surgical management of the casualties of war. BMJ 1994; **308**: 1693 – 1696.
9. Chirugie de guerre. [War Surgery] Bern: Federal Department of Defence, Swiss Army; 1970. より。

32.11 正中の大血管

腹部正中の大血管損傷は、術中に後腹膜血腫で発見されることが多い（出血が腹腔内に広がった場合は、もとより救命できない）。大動脈と下大静脈からの出血をコントロールするためには、出血部の近位側と遠位側から適切な処置を行わなければならない。大動脈については、まず横隔膜直下でこれを用指圧迫して、遠位側の止血処置を行う（図 32.15 参照）。

後腹膜血腫を認めた場合には、安定しているか、拍動の有無、増大傾向がないかどうかを観察しなければならない。拍動や増大傾向を認めたら、直ちに出血源を検索しなければならない。血腫が安定している場合、外科医は対応に迷うことになる。

後腹膜血腫に拍動を認めないかどうか、また増大傾向にないかどうかを確認する。そうした所見を認めた場合には、さらに検索を行う必要がある。

横行結腸間膜よりも頭側に血腫を認めた場合には注意が必要である。こうしたケースでは、重篤な十二指腸外傷や膵外傷を伴うことがあるため、慎重に検索しなければならない。一方、横行結腸間膜よりも尾側の血腫は、一般的に対応しやすいことが多い。

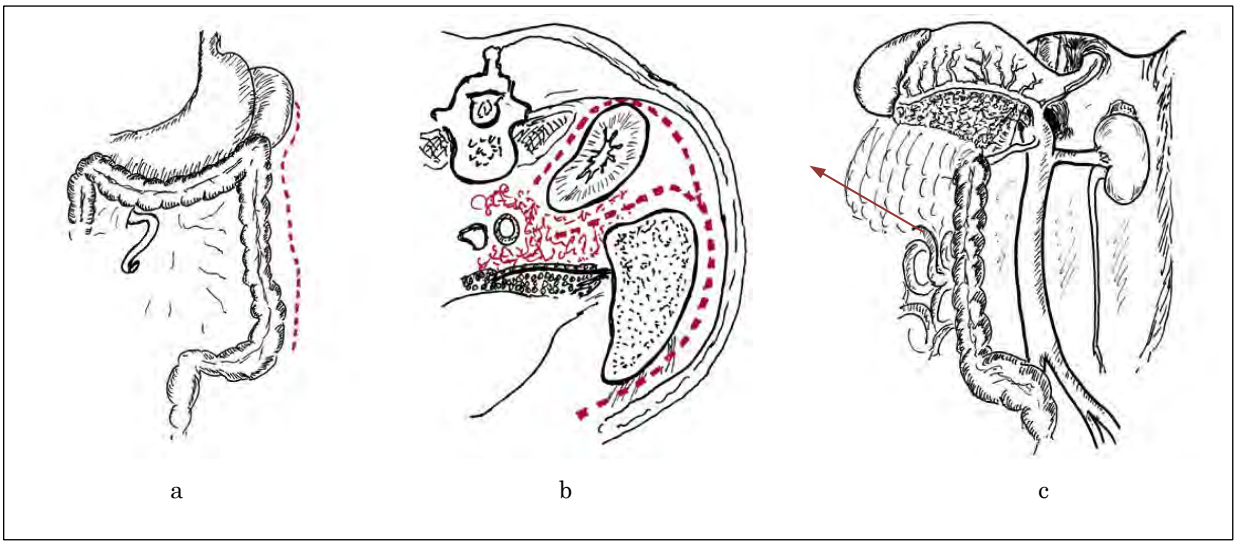
安定した血腫であっても、腎臓を囲んでいる場合は判断が難しく、選択的アプローチがとられる（第 33 章 5.2 参照）。

大血管の損傷であっても、血管外科治療の基本原則が当てはまる。すなわち、十分な視野展開、出血部の近位側と遠位側からのアプローチ、損傷血管壁の最小限のデブリドマン、ヘパリン生食による洗浄、細いモノフィラメント糸を用いた正確な血管縫合、狭窄予防に努めた血管形成などを行う。大動脈から分岐する無名動脈や、それに伴走する静脈は結紮してもよい。

外科手術において、後腹膜の大血管へ速やかに到達するのは難しい。左側方または右側方からアプローチするのが最も到達しやすい。

32.11.1 腹部大動脈へのアプローチ：左腹腔内臓器の授動（Mattox manoeuvre）

腹部大動脈の近位部とその主要分枝血管にアプローチするためには、左半結腸切除術の時と同様に、左傍結腸溝の Toldt の白線を切離して左側結腸を授動する。最終的に左側結腸と小腸は、脾臓や膵尾部と共に右側に翻転することができる。すなわち、左腹腔内臓器を翻転することができる。左腎については、腹部大動脈の全体を露出するのであれば授動してもよいし、腎動脈の分岐部を確認するだけならばそのままにしておいてもよい。剥離の際に、左尿管や脾臓を損傷しないように注意し、最後に、それらが機能していることを確認しておく。



N. Papas / ICRC

図 32.20
左腹腔内臓器の授動。
a. 傍結腸溝に沿って、Toldt の白線を脾臓の外側レベルまで切開する。
b. 大動脈へアプローチするためには、脾背側から左腎前面にかけて層を剥離する。腎動脈へアプローチするためには、腎背側に向けて剥離を進める。血腫がある場合には、自然に層が開大されるため剥離が容易となる。
c. 大動脈を露出するために、大腸、小腸、脾臓、膵臓及び胃を、患者右側へと反転してある。

腹部大動脈の近位部へのアプローチを容易にするために、左横隔膜脚は切離してもよい。大動脈と周囲組織との間を全周にわたって指で鈍的に剥離し、必要であれば用指圧迫にかえて遮断してもよい。

大動脈は、通常の拍動時には円柱状をしているが、遮断鉗子をかけると虚脱してしまう。潰れて扁平状になった大動脈を、血腫の中から同定することは容易ではない。術者は、腰椎前面の密な結合組織を指で鈍的に剥離しつつ、時々遮断鉗子を開放しながら、大動脈の確認と露出を進める。

F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 32.21
大動脈と下大静脈を露出したところ

32.11.2 下大静脈へのアプローチ：右腹腔内臓器の授動

肝下面の下大静脈や右腎門部にアプローチするためには、右半結腸切除術の時と同じ要領で右傍結腸溝の Toldt の白線を切離し、これを Kocher 授動術につなげる（図 32.17 参照）。この操作によって、回盲部、右側結腸、十二指腸、膵頭部を小腸と共に患者の左側へ授動することができる。Cattell-Braasch 法では、後腹膜の切離を回盲部を回って小腸間膜基部に沿って延長することで、これらすべてを後腹膜から授動する[10]。

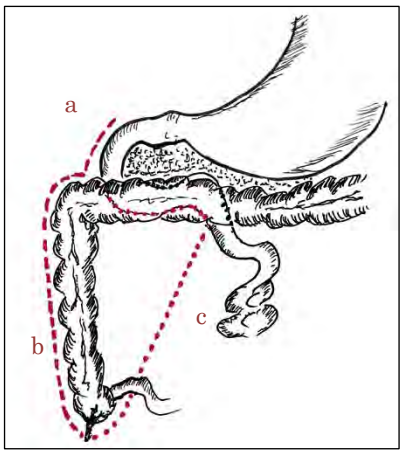


図 32.22.1
右腹腔内臓器の授動。
a. Kocher 授動術:十二指腸外側の後腹膜に切開を加えて授動する。
b. 拡大 Kocher 授動術:後腹膜の切開を Toldt の白線に沿って、傍結腸溝へと延長する。
c. Cattell-Braasch 法:回盲部を回って、さらに小腸間膜基部に沿って Treitz 靭帯まで後腹膜の切開を延長する。

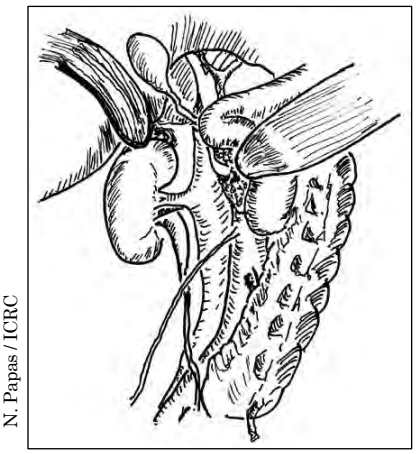


図 32.22.1
拡大 Kocher 授動術: 十二指腸と結腸を患者の左側へ授動し、肝臓を右側へと牽引して下大静脈を露出している。

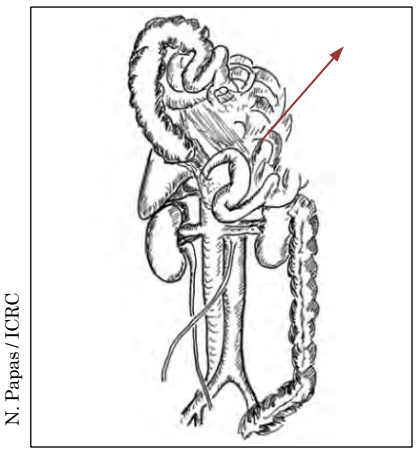


図 32.22.3
Cattell-Braasch 法:回盲部、横行結腸、小腸を患者の左頭側に向けて授動して、下大静脈の全長を露出する方法。

32.11.3 動脈損傷に対する対処法

腹部大動脈に部分的な損傷を認めた場合には、損傷部にサイドクランプをかける。それから縫合修復するか、パッチを当てて修復するとよい。腹部大動脈を修復する際には、辺縁を切離して整えてから、3-0または4-0のモノフィラメント非吸収糸を用いて短軸方向に縫合を加える。

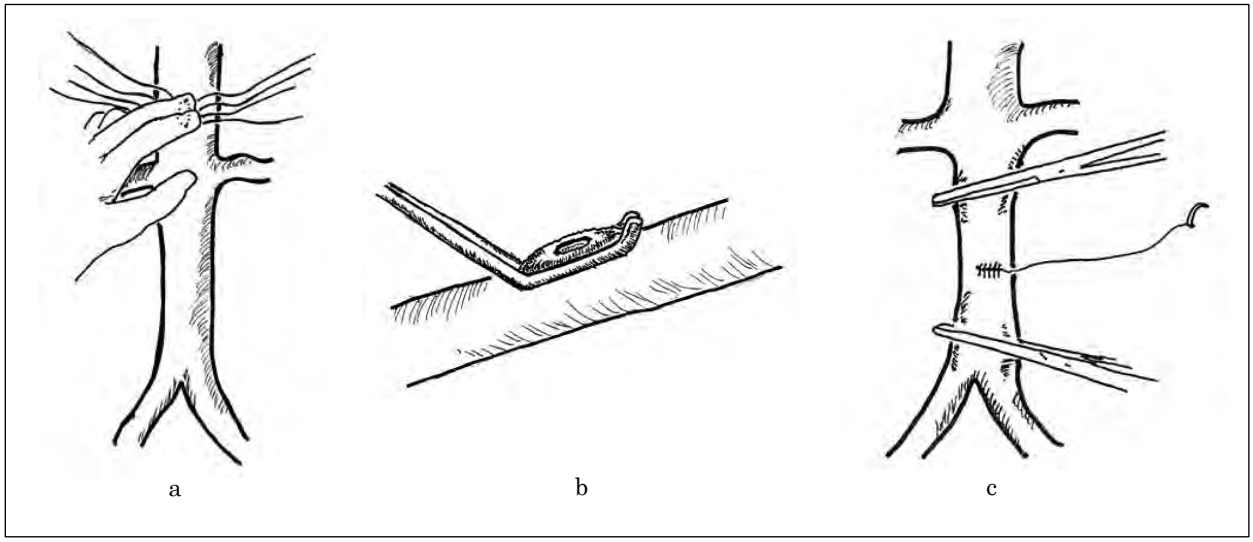


図 32.23
大動脈の修復法。
a.小さな血管損傷:用指圧迫で出血をコントロールして、指をずらしながら縫合修復する。
b.サイドクランプをかけて縫合してもよい。
c.大きい血管損傷:損傷部の近位側と遠位側を、血管遮断鉗子を用いて完全に遮断してから縫合修復する。

腹腔動脈幹、左胃動脈、下腸間膜動脈、そして脾動脈は結紮してもよい。ただし、脾動脈を結紮した場合には、脾摘術を行う必要がある。上腸間膜動脈(SMA)を損傷した場合の治療は難しく、議論の余地のあるところである。

上腸間膜動脈損傷を認めた場合、可能であれば修復するのが最善の方法で、結紮は最後の手段である。時間を稼ぐための一時的なシャント形成術は非常に有用である。損傷部が大動脈に近く、修復が難しい場合には、以下の2つの方法を知っておくとよい。

- 損傷血管の近位側断端から大動脈壁までの距離が非常に短い場合には、近位側断端を結紮し、遠位側断端を元の分岐部よりも下方で、膵臓から離れた部位に再吻合する。
- 伏在静脈をバイパスグラフト用に採取して、これを上腸間膜動脈断端と腹部大動脈の間に置いて縫合修復する。

動脈と膵臓を同時に修復した場合には、後に膵液瘻の発生によって動脈修復部が侵食されないように、腹膜フラップを用いて両者を隔てておく必要がある。

腎動静脈の損傷を認めた場合には、腎摘術が必要となるケースが多い(第33章5.2参照)。

腹部における主要動脈損傷の治療一覧[11]

血管名称	修復 vs 結紮
腹部大動脈	修復
脾動脈	結紮後に脾臓摘出術を行う
総肝動脈	伏在静脈グラフトを用いて修復する
	門脈に損傷がなければ結紮可能
	結紮後に胆嚢摘出術を行う
右/左肝動脈	結紮
	右肝動脈結紮後に胆嚢摘出術を行う
腹腔動脈	結紮
上腸間膜動脈	ダメージコントロール目的に一時的なシャントを形成する
	伏在静脈グラフトを用いて修復する
	腹部大動脈への再吻合を行う
	大量出血を伴う場合は結紮
下腸間膜動脈	結紮
腎動脈	腎臓摘出術(まず対側の腎臓の存在を確認してから)
総腸骨動脈	修復し、後に下肢の筋に筋膜切開を加える
外腸骨動脈	修復し、後に下肢の筋に筋膜切開を加える
内腸骨動脈	結紮する

注:

術者は、修復すべきか結紮すべきかの判断を求められる。動脈修復の際には、直接縫合術か静脈グラフト間置術が望ましい。縫合の際には、細い針つきのモノフィラメント糸を用いる。しかし、中には結紮してもさほど問題のない動脈もある。

32.11.4 静脈損傷に対する対処法

下大静脈(IVC)の損傷部に到達し、これを修復することは困難を伴う。一時的に出血をコントロールするためには、パッキングを検討しなければならないケースもある。IVC からの出血をコントロールするためには、用指圧迫するのが最も効果的であり、こうしておいてから血管鉗子やガーゼ用鉗子を用いて損傷部の近位側と遠位側をクランプするとよい。また、フォーリーカテーテルを近位側及び遠位側に挿入して、血管内でバルーンを膨らませることによって一時的に出血をコント

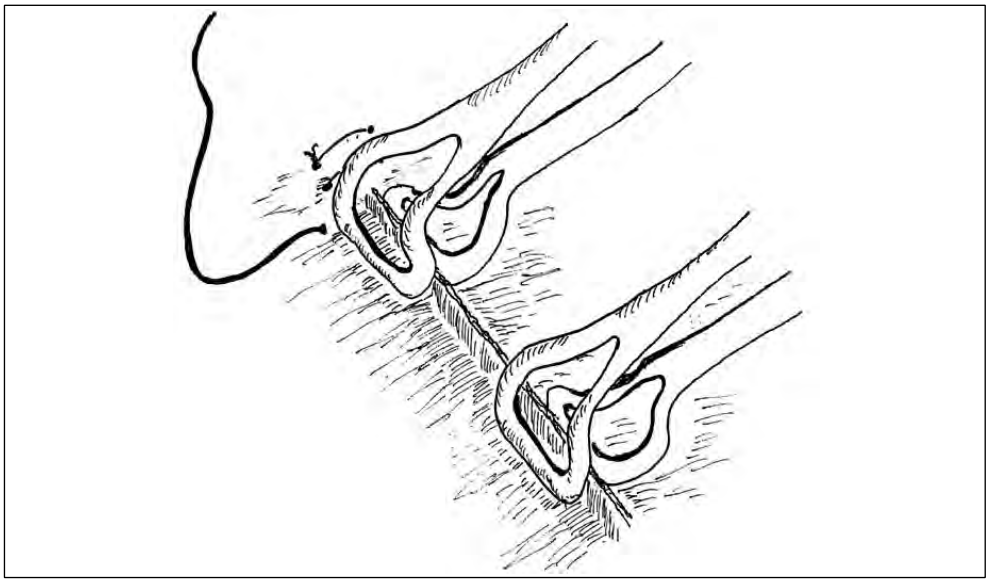
ロールしてからサイドクランプをかける方法もある。

腎静脈より頭側で下大静脈を結紮すると腎不全を引き起こすことがあるため、こうしたケースでは血管損傷部を修復しなければならない。腎静脈よりも尾側で下大静脈の損傷を認め、修復が不可能な場合には、これを結紮することは可能で、こうしたケースはしばしばある。後者の場合、術後 2 週間は両下肢を挙上して、弾性ストッキングを履かせておくとよい。

下大静脈の修復

下大静脈の修復に際しては、創縁を最小限にトリミングしてから直接縫合を行う。また、欠損部を覆うために下肢などから静脈を採取して静脈パッチを作製し、これを用いて修復を行う方法もある。血液が溢れる中で下大静脈の損傷部を確認し、さらにこれを裂かずに縫合することは非常に難しい。単純な手段としては、損傷部の近位側と遠位側を圧迫して出血をコントロールし、この間にアリス鉗子やバブコック鉗子で静脈損傷部の両端を合わせて把持し、損傷のない静脈壁から針をかけて連続縫合で修復する方法がある。損傷部を鉗子で把持できない場合は、用指圧迫した指を少しずつずらしながら、または挿入したフォーリーカテーテルを少しずつ引き抜きながら縫合修復する。静脈壁の貫通創を認めた場合は、まず後壁を血管の内腔側から修復するとよい。

図 32.24
下大静脈の縫合テクニック：バブコック鉗子で裂傷部の両端を合わせて把持する。縫合は損傷のない部分を起点として始める。



N. Papas / ICRC

肝静脈や下腸間膜静脈は結紮が可能である。左腎静脈も、左性腺静脈と副腎静脈によって静脈還流が維持されるため、結紮してもよい。右腎静脈を結紮した場合は、右腎摘術を行わなければならない。また、脾静脈を結紮した場合も脾摘術が必要になる。上腸間膜静脈や門脈は、できれば修復するべきである。これらを結紮すると、ドレナージ静脈を失った腸管が鬱血して虚血に陥る。その結果、血漿成分の多くが間質に移行するため、血流を維持するために大量輸液が必要となる。門脈については、肝動脈の血流が保たれている場合に限って結紮が可能である。

「静脈修復に固執して過度の出血を来してはいけない。場合によっては結紮せよ。」
L. Riddez[12]

10. Cattell RB, Braasch JW. A technique for exposure of the duodenum. Surg Gynecol Obstet 1960; **133**: 378 – 379.
11. Lam L, Inaba K. Major Abdominal Arteries. In: Velmahos GC, Degiannis E, Doll D, eds. Penetrating Trauma: A Practical Guide on Operative Technique and Peri-Operative Management. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 2012: 381 - 389.より抜粋
12. Louis Riddez, カロリンスカ研究所大学外科学助教授兼赤十字シニア外科医

32.12 肝胆道系

肝臓からの出血には、動脈性出血、静脈性出血、凝血塊による出血がある。それぞれが同時に起こっている場合もある。

32.12.1 肝外傷の重症度

肝外傷の程度は、被膜裂傷から肝挫傷まで様々である。肝実質は、空洞効果による影響を特に受けやすい。肝外傷の重症度を評価するために、いくつかの分類システムが用いられているが、それらは臨床で用いるには煩雑なことが多く、術後にこうした外傷を疫学的調査の観点から分類するために利用する方がよい。肝外傷はわかりやすく表記されることが多い。例えば、単純性肝外傷、深部肝外傷、放射状肝外傷、深部空洞などと記載される。

外科医は術中に、以下の 2 つのケースのどちらかに対応しなければならない。

- 損傷が比較的単純なケース。根治的修復術やドレナージのみの治療が可能である。
- 肝損傷や血管損傷が重篤なケース。大量出血を伴うことが多い。

肝外傷を適切に評価して、創部にアプローチするために肝を後腹膜から授動する必要があるかどうかを決める。特に小異物による外傷症例では、肝表面の射入創と射出創を特定することが難しい。また、こうした症例では、用手操作だけで出血のコントロールを行うことも難しい。まず、肝円索を結紮切離し、肝鎌状間膜から左右の冠状間膜に向けて切離を続ける。さらに三角靭帯を切離して、肝の授動に備える。しかし、例外として肝を授動してはいけないケースもある。

- 肝周囲にパッキングがなされている場合;
- 肝背側の肝静脈損傷を疑う場合;
- 大量血気胸を伴う右側胸腹部領域の外傷症例(第 31 章 7.2 参照)

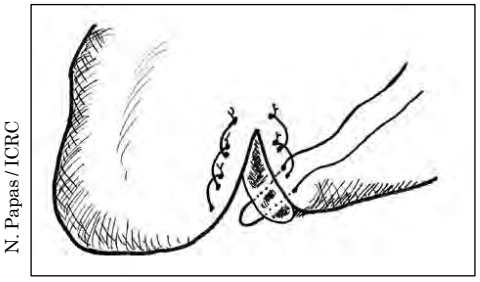
32.12.2 単純性肝外傷の治療

開腹時にすでに止血しているような小さな損傷はそのままにしておく。いたずらに手術操作を加えると、自然な凝固過程を損なって再出血を来すことがある。ただし、これは患者の血圧が正常域内にある場合の話である。

局所出血は以下の方法でコントロールできる。

- 数分間の直接圧迫
- 電気メスによる焼灼
- 局所圧迫と単純縫合
- 利用可能であれば、止血材の貼付(Gelfoam®、Surgicel®)

深部に及ぶ肝挫傷と挫傷面からの出血を認めた場合には、肝縫合用の鈍針と太めの吸収糸(No.0 か No.1)を用いて、挫傷面と平行にマットレス縫合をかけて止血する。さらに、死腔ができないようにそれぞれの挫傷面を密着させて、水平マットレス縫合を加えて修復する。結紮は脆弱な肝実質を裂かないように丁寧に行う。


N. Papas / ICRC

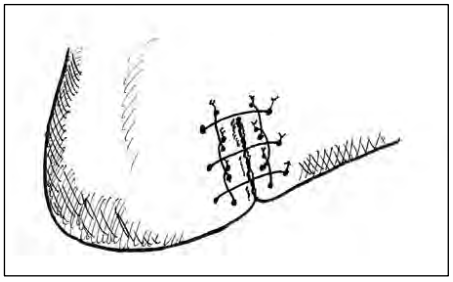
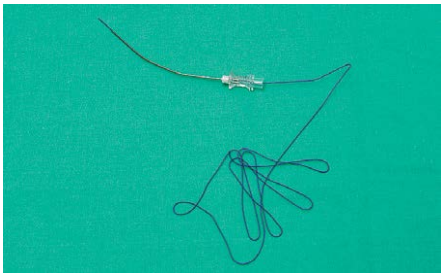

N. Papas / ICRC

図 32.25.1- 2
肝断端の止血縫合:まず、切離断端にマットレス縫合をかける。糸は互いにオーバーラップさせる。次に断端どうしを密着させて水平マットレス縫合を加える。


T. Gassmann / ICRC

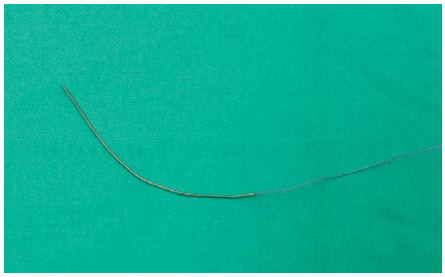

T. Gassmann / ICRC

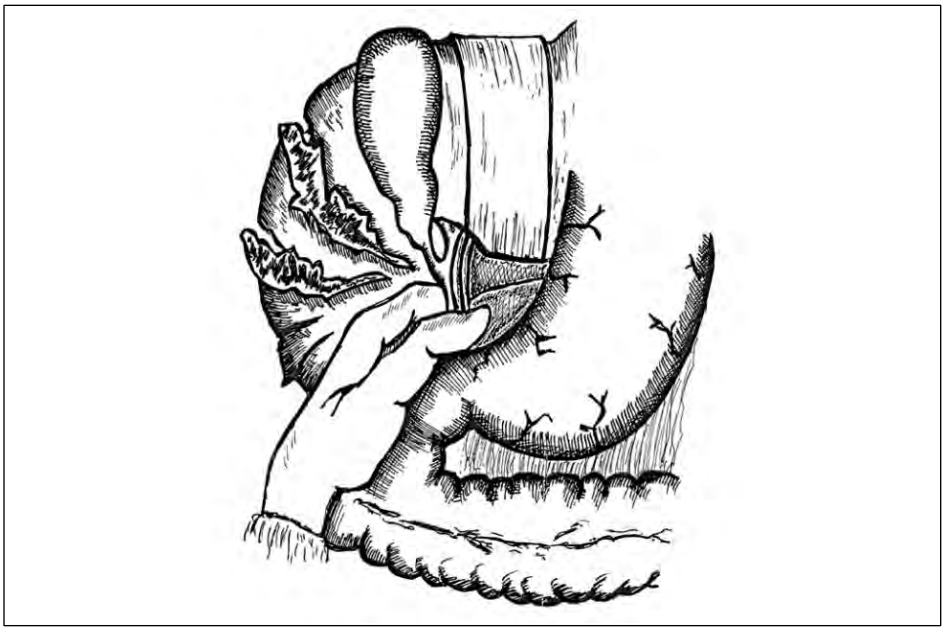
写真 32.26.1- 2
肝縫合用の針が短い場合には、脊椎穿刺針で代用することができる。穿刺針の内腔に縫合糸を通し、プラスチック製の接続部は取り外して用いる。

手術治療が必要な戦傷肝外傷の 80%はこうした単純な外傷であり、シンプルな修復術で十分なことが多い。

32.12.3 広範囲の肝外傷の治療

外傷範囲が大きく、活動性の出血を伴うケースでは、一時的に出血をコントロールするために、まずプリングル法を行う必要がある。プリングル法は、肝に流入する血流をすべて遮断することによって、肝内門脈枝や肝内動脈枝からの出血をコントロールする手技である。プリングル法を行ってもコントロールできないほどの大量出血を認めた場合には、肝背側の下大静脈損傷や肝静脈損傷の可能性を考える。

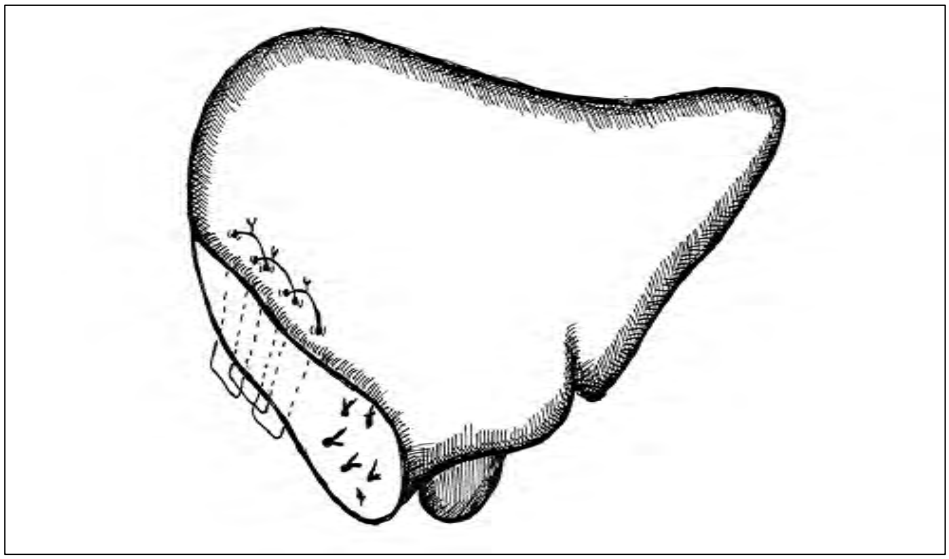
図 32.27
プリングル法:ウィンスロー孔から指を入れて、肝十二指腸間膜を介して肝門部を圧迫する。うまくいけば止血が得られる。さらに、小網に孔を開けて、肝十二指腸間膜を止血鉗子か柔らかい腸鉗子でクランプする。全肝血流の最大遮断可能時間は正確には知られていないが、1 回の遮断時間が 30 分を超えないようにする。


N. Papas / ICRC

肝

辺縁付近に大きな裂傷を認めた場合には、肝部分切除術を併用したデブリドマンを行う。この場合、断端を縫合する必要がある。また、肝葉の大部分にわたる裂傷を認めた場合には、肝区域切除術か肝葉切除を行う必要がある。まず、肝切離断端の全層を含めたマットレス縫合を行い、次にフィンガーフラクチャー法を用いてグリソン枝を露出し、これを選択的に結紮する。

図 32.28
肝部分切除術：肝切離断端はマットレス縫合を加えて止血する。断端部の血管や胆管は個別に結紮する。



N. Papas / ICRC

フィンガーフラクチャー法（Finger-fracture dissection）[13]

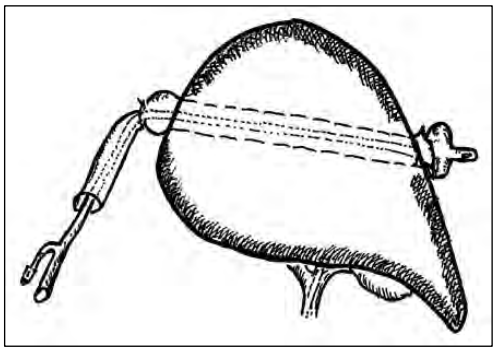
肝被膜にメスか電気メスで切開を加え、肝実質を親指と人差し指で磨り潰しながら破壊していく。途中で索状物による抵抗を感じたら、それがグリソン枝（肝内胆管枝・肝内門脈枝・肝内動脈枝からなる）である。グリソン枝は選択的に鉗子でクランプしてから刺通結紮する。肝切離面が大きい場合は大網で被覆して、断面辺縁の肝被膜に固定しておく。

32.12.4 穿通性肝損傷

穿通性肝損傷では、開腹時にすでに止血されていることがある。こうしたケースでは、双手法にて一度肝を圧迫してから手を放して、活動性の再出血を認めないかどうかを確認する。再出血を認めない場合は、射入創と射出創は縫合閉鎖してはならない。創を閉鎖してしまうと、肝内に血腫や胆汁瘻を形成することがあり、これらは後に膿瘍や胆道出血を引き起こす可能性がある。よって、創は開放のままとして、ドレーンを留置しておく。

再出血や活動性の大量出血を認めた場合の対処法をいくつか述べる。

- 貫通創が比較的浅い位置にある場合は、フィンガーフラクチャー法を用いて射撃溝を開放し、損傷を受けた肝実質をデブリドマンした後、肝実質を縫合して止血する。
- SB チューブ（Sengstaken-Blakemore tube）を射撃溝に通してタンポナーデ効果による止血を行う。まず、チューブを固定するために、先端にある胃側のバルーンを肝外で膨らませる。次に、チューブを軽く牽引しながら食道側のバルーンを膨らませる。チューブは、損傷部とは別に設けた切開創から体外へ導出してクランプしておく。バルーンは 2 日後に萎ませる。状態が安定していることが確認できたら、6～8 時間後にチューブを抜去する。
- SB チューブが入手できない場合には、フォーリーカテーテルとペンローズドレーンを用いて自作することができる[14]。カテーテルをドレーンに通して、尖端のバルーンが突き出た状態で



N. Papas / ICRC

T. Gassmann / ICRC

図/写真 32.29.1- 2
ペンローズドレーンとフォーリーカテーテルを用いて作製した、穿通肝外傷用のタンポナーデ装置

ドレーンを糸で縛ってカテーテルに固定する。こうすることで、SBチューブの胃側バルーンに似た構造のものができる。次に、カテーテルとドレーンを射撃溝に通し、ドレーン内を生理食塩水で充満させる。このままドレーンの手前側を縛り、カテーテルに固定すると、食道側バルーンを膨らませたような状態になる。SB チューブの時と同様に、カテーテルを体外へ導出してクランプしておく。ドレーンを引っ張りすぎて、肝臓から抜けてしまわないように気をつける。

- 射撃溝に挿入したペンローズドレーンは、中にガーゼを充填することで細長い止血材として利用できる。ラテックス製のドレーンを用いると、抜去する際に、肝表面にできた凝血塊を剥がさずにすむ。ただし、ガーゼを詰めたり、満たした生理食塩水を外から抜けないと、ドレーンを抜去する際に再手術が必要になる。

注:

SB チューブやフォーリーカテーテルのバルーンは、穴が開いていないかどうか事前に確認しておく。

32.12.5 複雑な肝損傷の治療

開腹時に大量出血を伴うような重篤な肝外傷について述べる。術者は直ちにダメージコントロール手術を検討する。こうしたケースでは、輸血や自己血輸血が可能かどうかが極めて重要になる。

まず、活動性の出血をできるだけ速やかにコントロールしなければならない。最も有用な手段としては、助手に両手で裂けた肝臓を合わせてもらいながら、尾側背側に向けて圧迫させ、その間に術者がプリングル法を行う方法がある。続いて、パッキング法による肝周囲の圧迫を行い、助手の両手を解放する。パッキング法は、一時的な止血の手段としてとても有効な手段であり、この間に一期的な根治的止血術の準備を行ったり、二期的手術に備えて閉創したり、ダメージコントロール手術を進めたりすることができる。パッキングそのものが治療となるケースも多い。

肝周囲のパッキング法

パッキングは肝裂傷部に充填するのではなく、必ず「肝周囲」に置かなければならない。裂傷部に充填すると出血創をさらに押し広げるだけの結果になってしまう。適切にパッキングするためには、折りたたんだガーゼを肝臓の上面と下面、外側部、そして前胸壁及び腹壁との間に置く。パッキングの目的は、裂けた肝組織の辺縁を互いに寄せ合わせて、元の形状に戻るように整えながら圧迫することである。

裂傷面が広範に露出する場合には、後にパッキングガーゼを除去する際に出血しないように、滅菌した点滴用のプラスチックボトルか大網をパッキングガーゼと創面の間に敷いておく。

パッキングガーゼを充填しすぎると、腹腔内圧を高めてしまい、腹部コンパートメント症候群を引き起こしてしまう(第32 章 9.2、補足 32.A 参照)。したがって、パッキングガーゼは止血に最低限必要な量だけを充填する。パッキングによって下大静脈を強く圧迫すると、心拍出量の低下や腎不全を引き起こすため注意する。

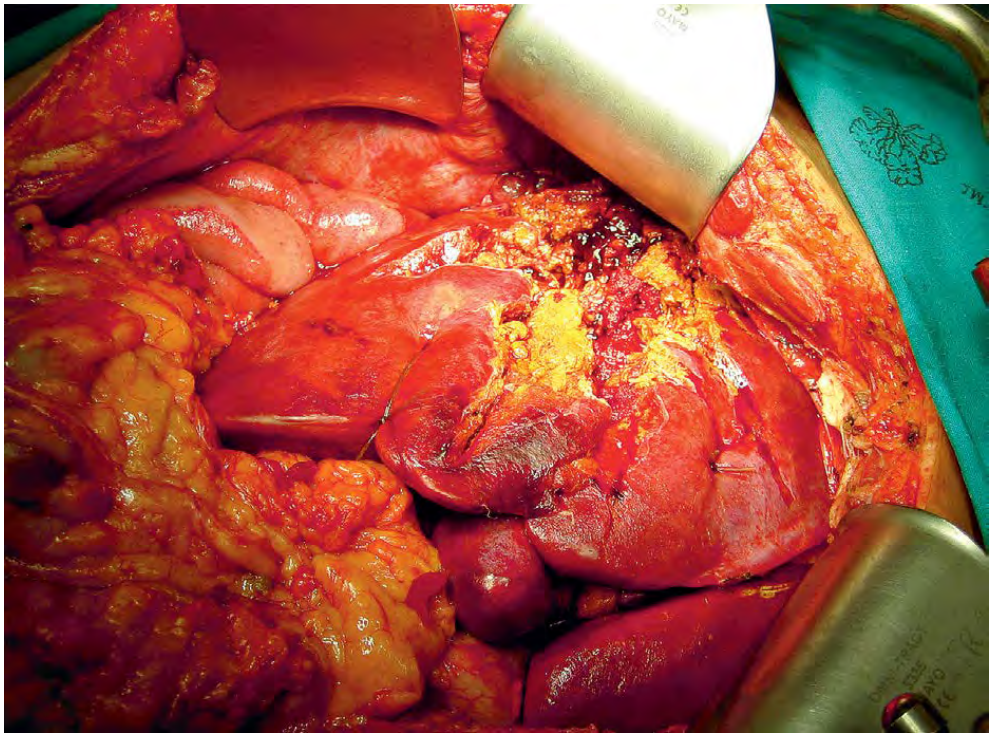
手術をさらに続けるかどうかは、外傷の程度と生理学的状態を正確に評価した上で行う。状況によっては、肝周囲にパッキングガーゼを充填したまま閉創するケースもある。再手術の際には、パッキングガーゼを温生食に浸しておくと除去しやすい。また、必要であればプリングル法を併用する。修復術は、壊死組織をすべて除去した上で、適切な方法で行う。

手術終了の決断は、早い段階で下すべきである。「パッキングと止血の再確認」を繰り返すだけの治療は、いたずらに出血を助長するだけであり、結局は再パッキングを行うだけの結果になることが多い。

放射状肝裂傷、粉砕性肝損傷

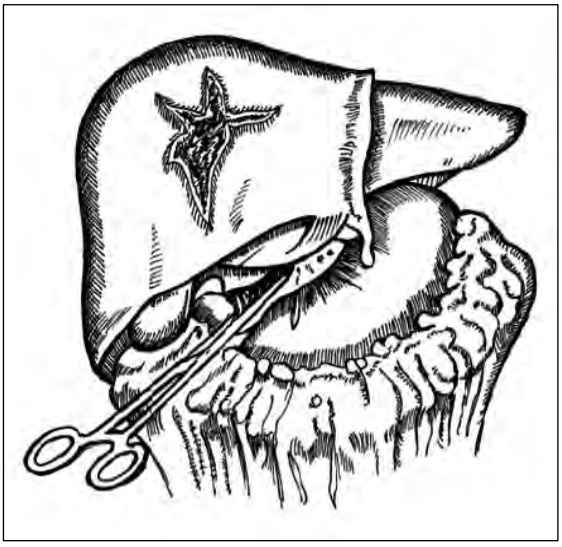
大きな放射状肝裂傷や粉砕性肝損傷を扱う際に、深部から湧き上がるような出血を認めた場合には、まずプリングル法で血流の遮断をする。出血がコントロールされたら、それは肝内門脈枝か肝内動脈枝からの出血と考えられる。根治的な止血を行うためには、フィンガーフラクチャー法を用いて創を深部に至るまで検索し、遮断を時々開放しながら出血点を

確認する。出血している血管を同定したら、その大きさに応じて結紮したり縫合修復を加えたりして止血する。



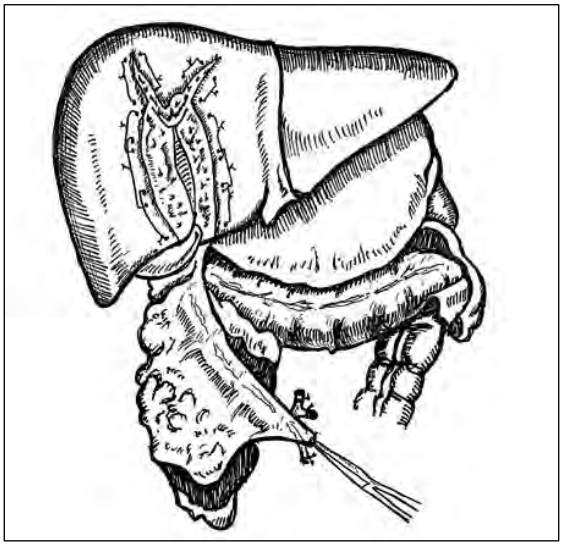
B. Sangthong / Songkla U. Hospital, Thailand

写真 32.30.1
放射状肝裂傷の手術所見。すでに止血が得られており、創部はフィブリンで覆われている。無事に病院まで搬送されたケースではこうした所見を認めることが多い。



N. Papas / ICRC

図 32.30.2
肝右葉の放射状裂創：用指圧迫に代えて血管鉗子を用いてプリングル法を続ける。この間に、フィンガーフラクチャー法を用いて、創断端から血管と胆管を露出する。



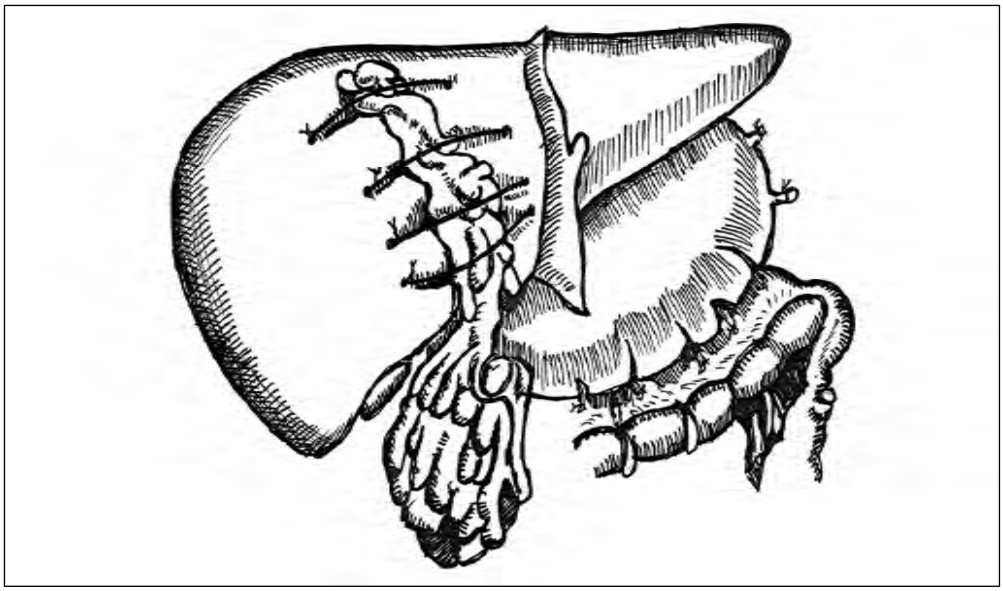
N. Papas / ICRC

図 32.30.3
壊死組織は除去され、グリソン枝は結紮され、創断端はマットレス縫合で止血されている。大網を、胃や横行結腸の付着部から遊離して、これで創部を被覆する。

出血源を同定できない場合には、貯留した血液の色を確認する。鮮血であれば、左右の肝動脈を選択的に遮断してみる。どちらか一方が出血源であると確認できたら、その血管のみを結紮してもよい。肝動脈は互いに吻合しているため、どちらか片方の動脈だけであれば、結紮しても肝壊死は起こらない。肝動脈の 20%は、上腸間膜動脈や左胃動脈から分岐する。総肝動脈の結紮は、止血のための最終手段である。総肝動脈を結紮した場合の死亡率は高く、他に止血手段がない場合に限って行う。門脈のみで肝臓が回復するのに十分な血流を維持できるケースもある。総肝動脈や右肝動脈を結紮した場合には、胆嚢摘出術を行わなければならない。

出血のコントロールと肝損傷部のデブリドマンを終えたら、遊離した大網を肝裂傷部に充填して、タンポナーデ効果によ

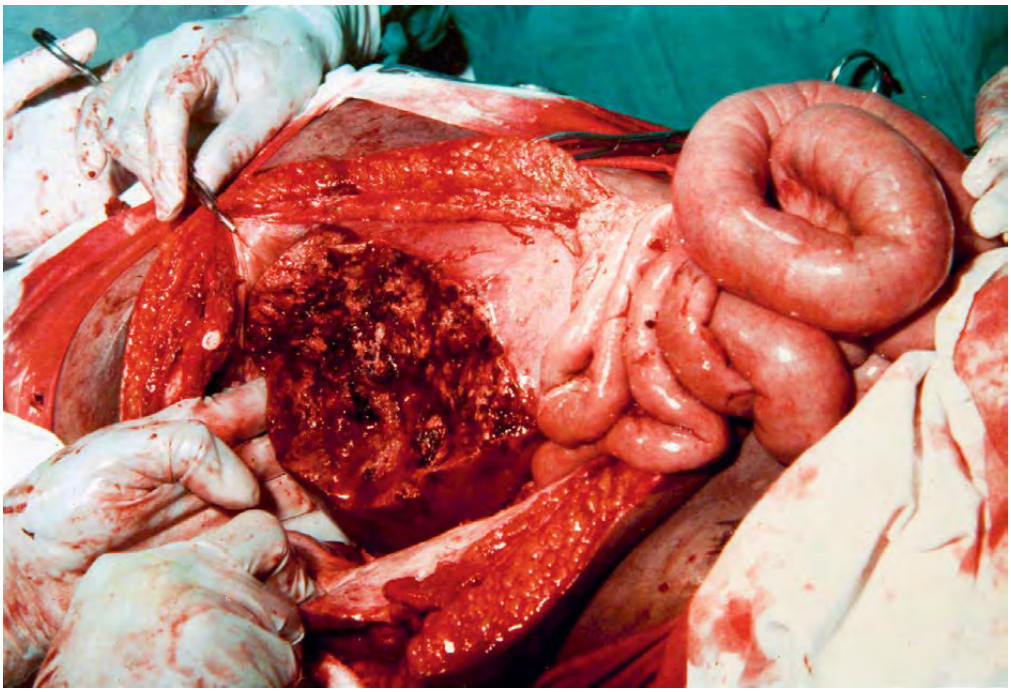
って裂傷面からの出血をコントロールする。



N. Papas / ICRC

図 32.30.4
遊離した大網を肝裂傷部に充填し、マットレス縫合を深めにかけて固定する。

プリングル法による全肝血流遮断を 30 分間続けても出血がコントロールできないようなケースは、ダメージコントロール手術の適応である。



G. Goonetilleke

写真 32.31
粉砕性肝損傷の術中所見。救命できないケースがほとんどである。

肝背側の下大静脈と肝静脈

プリングル法でコントロール不可能な創深部からの出血や、肝背側からの湧き上がるような出血を認めた場合は、下大静脈あるいは肝静脈からの出血を疑う。こうしたケースでは、通常ダメージコントロールのみを行って、手術を終了するのがよい。

肝背側に血腫を認めた場合、これを検索したり、肝を授動してはならない。右冠状間膜と右三角間膜は切離せず、後にタンポナーデを効果的に行うための支持組織として温存しておく。パッキングガーゼを充填する際には、ロール状にせず

に肝外側と背側に充填する。パッキングを追加する場合は、肝前面に置く。こうしておけば、患者が臥位になった時に肝臓そのものの重みが下大静脈にかかり、有効にタンポナーデ効果が得られる。

初回のパッキングで止血できない場合には、下大静脈の遮断を検討する必要がある。まず、肝下面で下大静脈を遮断し、次に開胸下に肝頭側で遮断する。必要であれば、大動脈遮断を併用する。こうしておいてから、肝背側の観察をするために肝を授動する。ただしこうした手技は、いかなる状況においても極めて高い危険を伴うものになる。

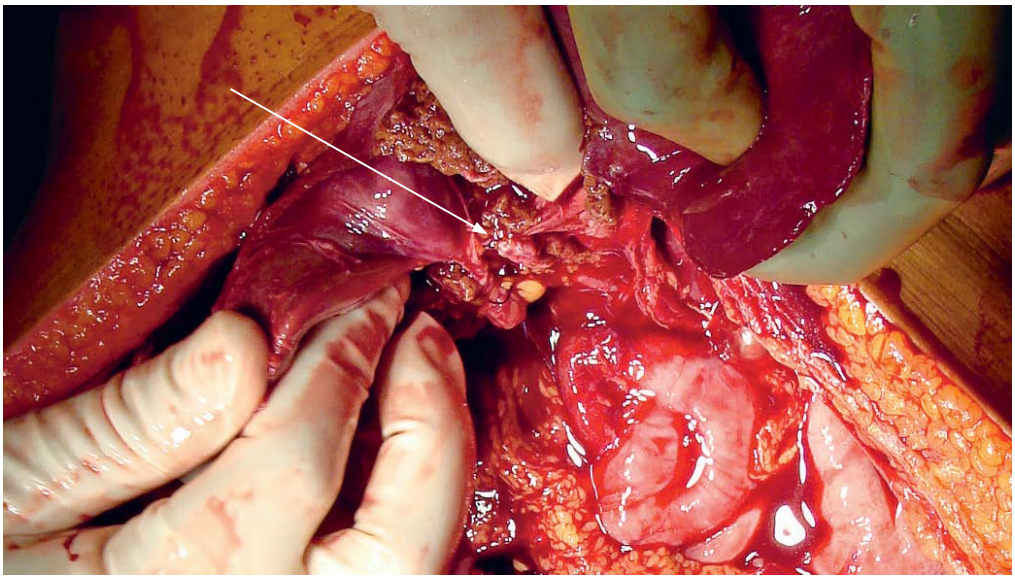
パッキング後の再手術に際しては、タンポナーデ解除後の再出血に備えて、大動脈遮断と開胸術の準備をしておくべきである。パッキングガーゼを除去した後に再出血を認めない場合は、それ以上の処置を行う必要はない。ただし、うまくいくケースは初回のパッキング処置が有効であった場合に限られる。

先に述べたように、大量血胸の診断がされた症例で、開胸時に横隔膜の裂傷部から噴出するような出血を認めた場合には、この裂傷部を縫合閉鎖しなければならない。腹腔内を閉鎖腔に戻すことで、下大静脈や肝静脈からの出血をタンポナーデ効果によってコントロールすることを試みる。その後に行う開腹手術では肝は授動せず、肝外側の簡単なパッキングのみを行う。

門脈損傷

門脈と肝動脈の両方に損傷を受けて生存するケースはほとんどない。門脈損傷では、胆管損傷を伴うことが多い。

写真 32.32
門脈損傷の術中所見



F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

門脈損傷を認めた場合は、まずプリングル法で血流を遮断し、その後、門脈周囲を剥離して損傷部位を確認する。肝に流入する門脈血流を回復するために、あらゆる手段を講じる。症例によっては、伏在静脈グラフト採取が必要になることもある。出血を一時的にコントロールする手段として、2 本の細いフォーリーカテーテルを左右の門脈にそれぞれ挿入して、バルーンを膨らませるという方法がある。どうしても修復できない場合には、門脈を結紮して後発する合併症に備える。ただし、こうしたケースは極めて死亡率が高い。

肝動脈は左右のどちらかであれば結紮が可能である。総肝動脈損傷はできるだけ修復を試みる。しかし、門脈血流が保たれている場合に限り結紮できることがある。

胆管損傷を伴うケースでは、胆管空腸吻合術による二期的再建術が必要となることが多い（第 32 章 12.8 参照）。

このように複数の臓器損傷を伴うケースでは、凝固機能障害を引き起こすことが予想される。よくある失敗例としては、出血を外科的治療でコントロールすることにこだわりすぎたあまり大量輸液を余儀なくされ、結果的に凝固機能障害に陥るケースがある。

大量の活動性肝出血を認めた場合の緊急処置

- すべての肝外傷に万能に対応できるアルゴリズムは存在しない。
- 圧迫、プリングル法、パッキング、創部へのガーゼ充填など、あらゆる手段を尽くして麻酔科が追い付くのを待つ。

32.12.6 ドレーン

肝裂傷部からの出血や胆汁漏れは、大網を充填することによって軽減する。ドレーンを留置する場合は、ペンローズドレーンや波形ラバードレーンなどの開放式ドレーンではなく、できるだけ閉鎖式のものを用いる。例えば、ネラトンカテーテルを側腹部背側寄りから体外へ導出して、滅菌した蓄尿バッグに接続しておくとよい。ほとんどのドレーンは、24～48時間後に抜去できる。総胆管への T チューブドレーン留置は、胆道に損傷を認める場合にのみ行い、肝損傷のみのケースでは留置する必要はない。

32.12.7 合併症

肝外傷の合併症として、二次出血、横隔膜下膿瘍、肝膿瘍、肝下面膿瘍、胆汁瘻などがある。これらは、壊死した肝組織のデブリドマンが不十分であったり、周囲臓器の損傷を見落とした場合に生じる。例えば、胆道損傷、十二指腸損傷や膵損傷、そして特に大腸損傷を伴うケースでよく見られる。こうした感染性の合併症は、ダメージコントロール手術として肝周囲にパッキングを行った後にもよく見られる。また、肝切除術の施行後に術後黄疸を呈することがあるが、これは 8～10日後に自然に軽快する。

32.12.8 肝外胆管

肝外胆管損傷の頻度は多くなく、単独で起きることはない。

胆嚢に損傷を認めた場合には、胆嚢摘出術を行う。

総胆管損傷で創が小さい場合には、内腔に胆石が落ち込んでいないことを確認した後に、T チューブを留置してから4-0 吸収糸を用いて閉鎖する。創が大きい場合には、段階的な再建術が必要になる。この場合、初回手術は一時的なドレナージに留め、再建術は二期的に行う。

胆嚢管よりも下の胆管損傷では 2 つのドレナージ法がある。

- 損傷胆管の肝臓側で結紮し、十二指腸側にはフォーリーカテーテルを用いて胆嚢チューブ瘻を造設する。
- 総胆管に切開を加えて、肝側の胆管に向けてチューブ瘻を造設する。十二指腸側の胆管は結紮する。

胆道再建にはいくつかの術式がある。術者の慣れた方法で行うとよい。

- 胆嚢空腸吻合術;
- 胆嚢空腸 Roux-en Y 再建術;
- 総胆管空腸 Roux-en Y 再建術＋T チューブ留置術。

---

13. Ton THat Tung, Nguyen Duong Quang. A new technique for operating on the liver. *Lancet* 1963; **281 (7274)**: 192 – 193.
14. Adapted from Morimoto RY, Birolini D, Junqueira AR Jr, Poggetti R, Horita LT. Balloon tamponade for transfixing lesions of the liver. *Surg Gynecol Obstet* 1987; **164**: 87 – 88 and Poggetti RS, Moore EE, Moore FA, Mitchell MB, Read RA. Balloon tamponade for bilobar transfixing hepatic gunshot wounds. *J Trauma* 1992; **33**: 694 – 697.

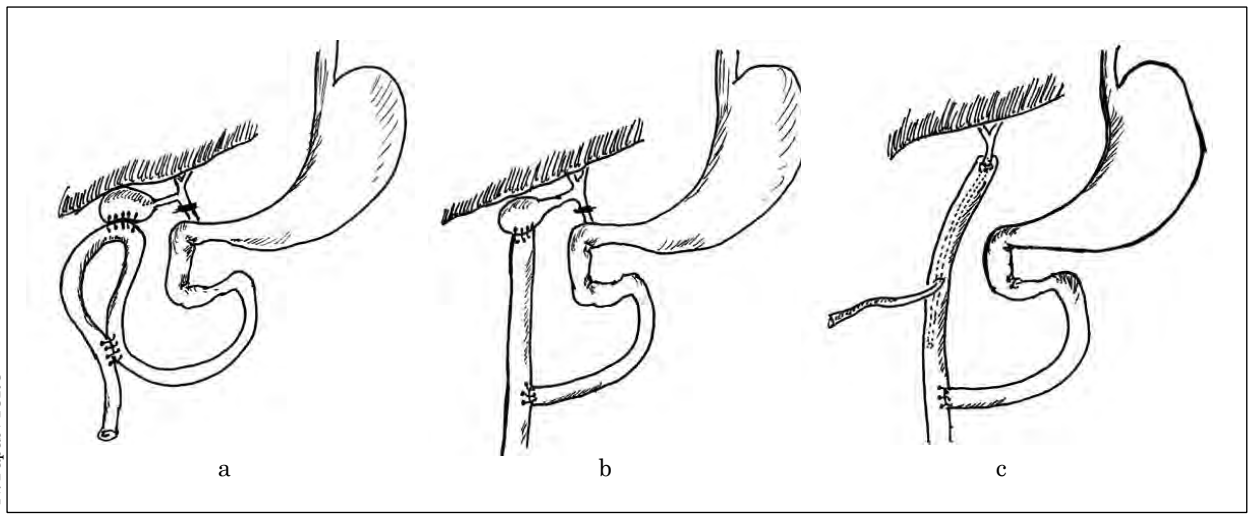


図 32.33
胆道再建術の術式。
a. 胆嚢空腸吻合術＋Braun 吻合術
b. 胆嚢空腸 Roux-en Y 再建術
c.総胆管空腸 Roux-en Y 再建術＋T チューブ留置術

胆嚢管より上部胆管損傷の再建法としては、総胆管を切断してから総胆管空腸Roux-Y再建術を行い、Tチューブを留置する方法がある。

左右いずれかの肝管を損傷した場合には、再建はさらに複雑で難しいものになる。片方の肝管だけが損傷された場合には、損傷を受けた胆管を結紮してしまい、後に発生する片葉肝萎縮に対する経過観察を行う。両側の肝管が損傷された場合には、細いカテーテルを肝管内に留置して、胆汁を体外へドレナージする。根治術として、肝管空腸Roux en Y再建術を行う。

32.13 膵臓・十二指腸・脾臓

外傷外科においては、膵臓を単独臓器として扱うことにはほとんど意味がない。膵頭部外傷と膵尾部外傷とでは、臨床的な問題点や治療の方向性が全く異なるからである。上腸間膜静脈を境として、これよりも右側にある十二指腸と膵頭部、左側にある膵尾部と脾臓を、それぞれ外科治療上の臓器群として分けて扱うのが最もわかりやすい。

膵頭部に大きな外傷を認めた場合、周囲に主要血管が多く走行しているため、救命できないケースが多い。小さな外傷では、十二指腸損傷を合併することが多い。この領域には様々な臓器が近接して存在するため、十二指腸の単独損傷を見ることはほとんどない。

発射物によって膵尾部に外傷を受けたケースでは、脾動静脈損傷や脾損傷を合併することが多い。同様に、脾損傷を認めた場合には、膵尾部、結腸、横隔膜、そして左胸部に外傷を伴うことが多い。また、肝外傷の際と同様に、左胸腹部外傷に伴う脾損傷では、左血胸を呈する場合がある。

32.13.1 膵頭部外傷

膵外傷や十二指腸損傷は確認が難しいことがある。外傷部が血腫で覆われてしまい、わからない場合が多い。後腹膜領域の黄染は膵頭部外傷に特徴的な所見である。膵頭部を詳細に観察するためには、胃結腸間膜を切開して網嚢を開放してやるとよい。こうすることで、膵頭部周囲の血腫や、創の深さを観察することができる。また、膵頭部の背側を観察するためには、Kocher 授動術を行う必要がある。

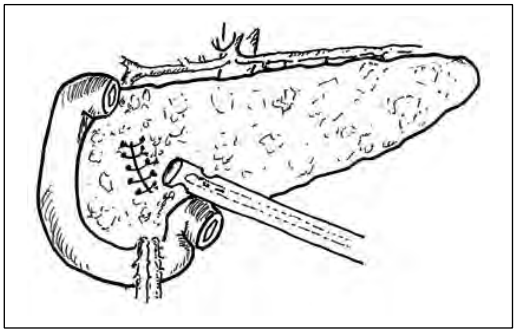
膵管は重要な構造体であるが、損傷の有無を評価するのは難しい。膵体部に深部創を認めた場合は、膵管損傷の可

能性を念頭に検索を行い、適切に処置を行わなければならない。

膵頭部外傷治療の原則は、止血と壊死組織の除去、そしてドレナージである。ドレーンは 2 本以上留置する。吸引式ドレーンを用いるとさらに有効である。膵管損傷を認めない場合は、膵被膜を縫合してドレーンを留置しておくだけでよい。膵管損傷を認める場合は、ドレナージが治療の主体となり、後日 Roux-en Y 法による二期的再建術を行う。

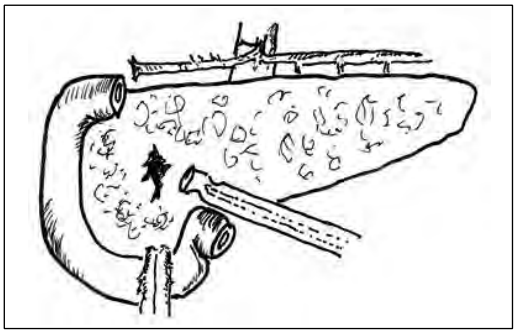
膵損傷では十分なドレナージが不可欠である。

吸引器が使用できる場合は吸引ドレナージを行う。ドレナージチューブは、経鼻胃管を直腸チューブや胸腔ドレーンに通して作製できる。こうしたチューブがない場合は、他のチューブでも代用できる。アミラーゼ値の測定ができる施設では、排液中のアミラーゼ値が血清アミラーゼ値以下になるまでドレナージを続ける。



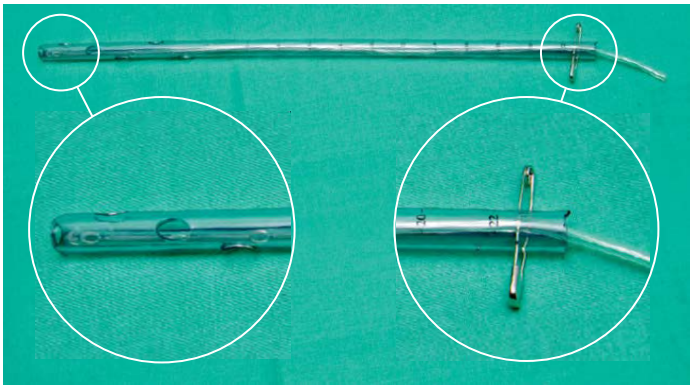
N. Papas / ICRC

図 32.34.1
膵管損傷を伴わない単純膵裂傷では、縫合してドレナージを留置する。

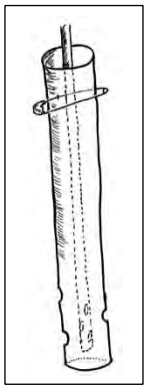


N. Papas / ICRC

図 32.34.2
膵管損傷を伴う深部膵裂傷では、ドレナージ治療が主体となる。



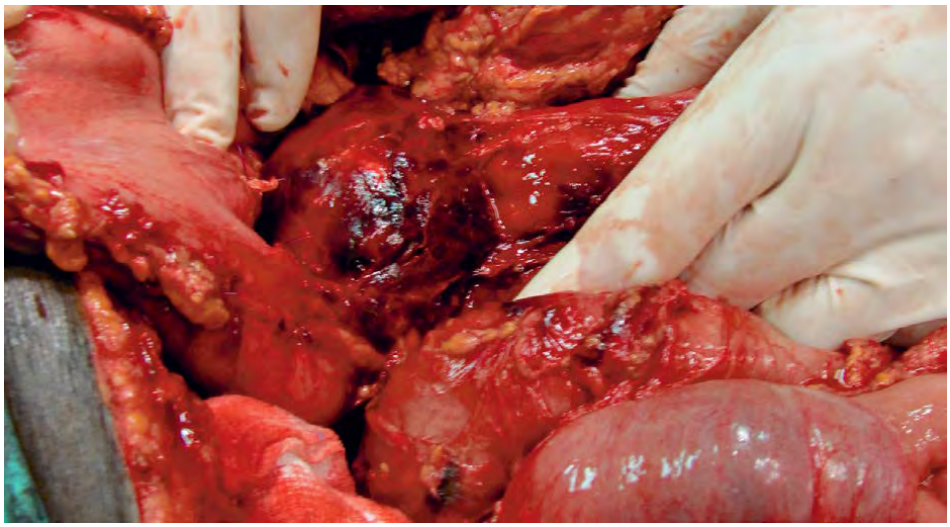
T. Gassmann / ICRC



N. Papas / ICRC

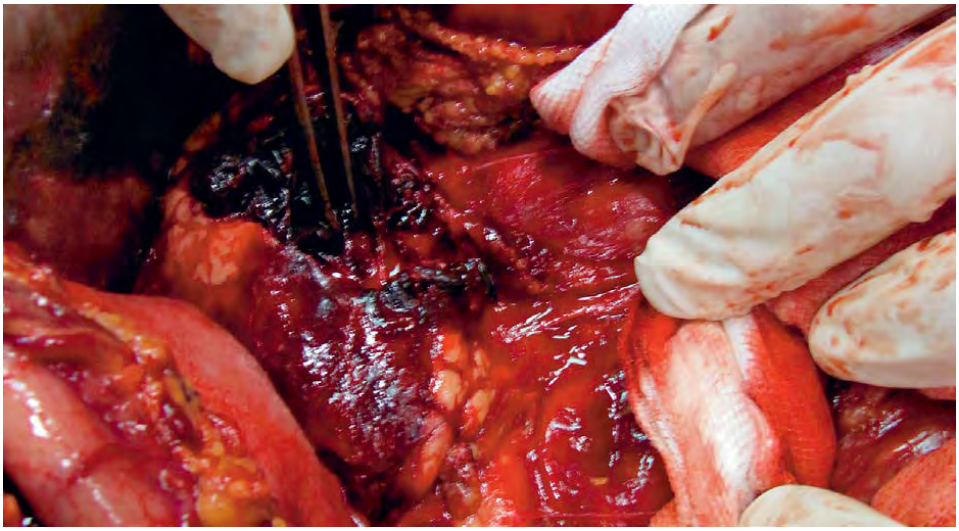
写真/図 32.35.1- 2
吸引ドレナージ：口径の大きい胸腔ドレーンの遠位端に複数の孔を設け、膵管損傷部の近くに留置する。胸腔ドレーンの内腔に経鼻胃管を通して胸腔ドレーンの先端を超えない位置で固定する。胸腔ドレーンは皮膚に固定する。経鼻胃管が閉塞してしまっても外筒は留置したまま、簡単に交換することができる。

写真 32.36.1
膵頭部が巨大な血腫で覆われている。



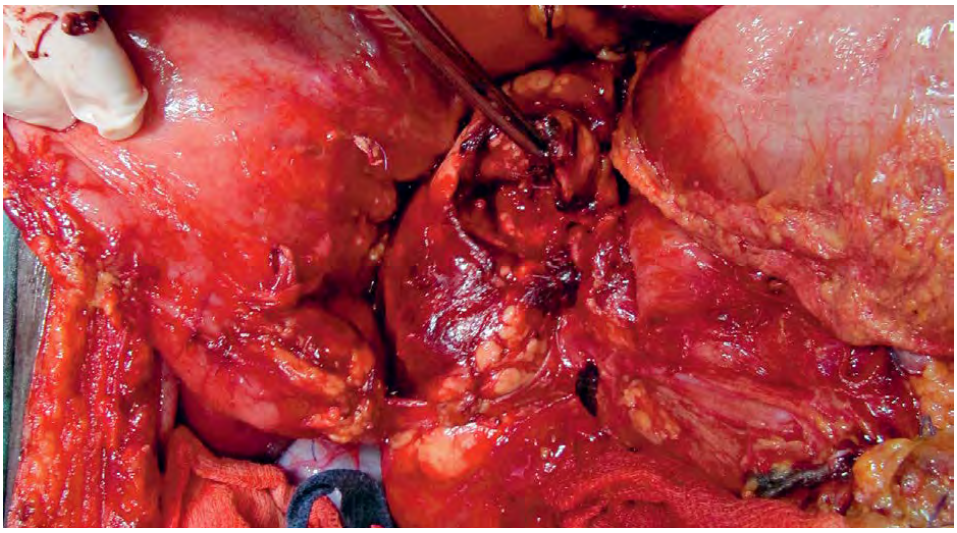
F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 32.36.2
主膵管の検索



F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 32.36.3
十二指腸を授動して、膵頭部創内のデブリドマンと主膵管の確認を行う。



F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

十二指腸損傷を合併するケースでは大量出血を伴うことも多く、治療が極めて難しい。止血のためにはガーゼパッキングなどのダメージコントロール手術が必要になることもある。膵管空腸吻合術や膵頭十二指腸切除術などは行うべきではない。治療の基本は、十分なドレナージと十二指腸の局所の修復、胃からの食物経路の変更（訳注：胃空腸吻合術などのバイパスなどによる）である。

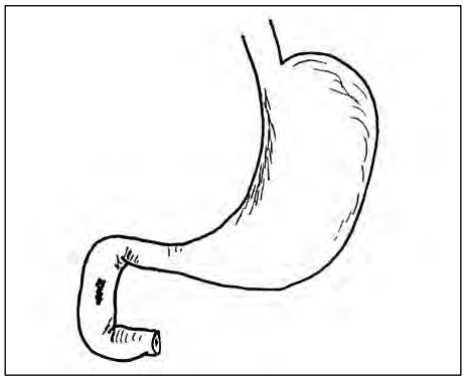
合併症

膵頭部外傷では様々な合併症が見られる。膵液瘻、膵炎、仮性膵嚢胞、膿瘍などが知られている。術後患者の5人に1人は軽度の膵炎を合併するが、保存的加療のみでよい。膵関連の合併症に対しては、注意深い経過観察が必要であり、患者の状態が悪化した場合には再手術を行って、壊死組織の除去と膵液瘻のコントロールを行わなければならない。繰り返すが、治療の基本はドレナージである。

32.13.2 十二指腸損傷

周囲を走行する大血管や近接する臓器があるため、十二指腸損傷には、2 つのカテゴリーがある。すなわち、単純な直接縫合による修復が可能なケースと、周囲臓器の損傷を伴い不安定な循環動態を呈するケースである。

十二指腸損傷は、管腔周囲 40%以下までの小さいものがほとんどである。これらは、狭窄を予防するために短軸方向に縫合修復すればよい。縫合部は、空腸を用いた漿膜パッチや大網を用いて被覆しておく。



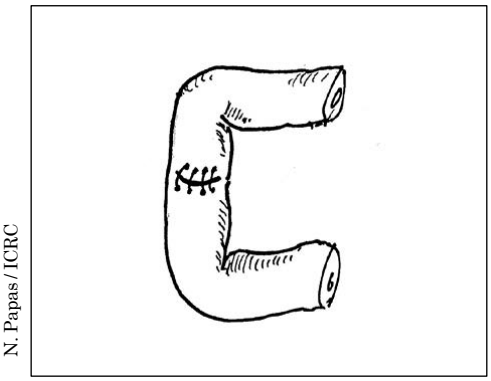
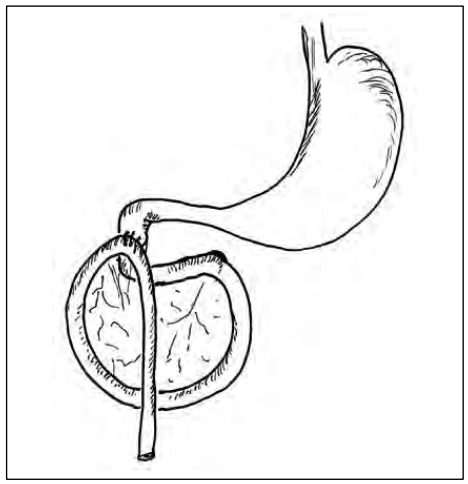


図 32.37.1-2
十二指腸の単純裂傷は、短軸方向に縫合して修復する。



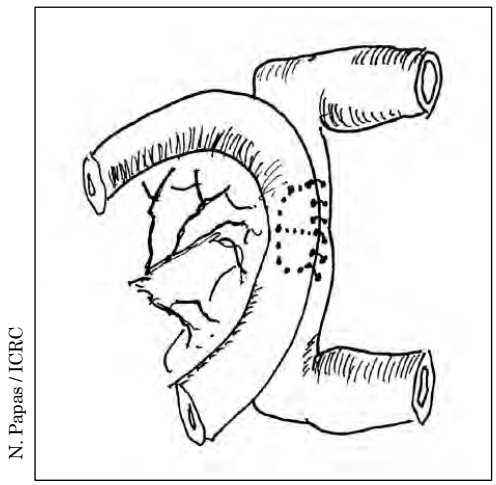
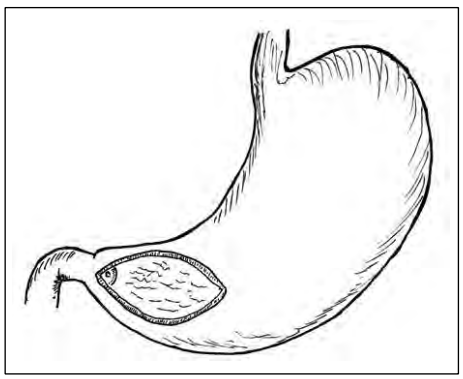


図 32.37.3-4
空腸ループをパッチとして用い、縫合部を覆うように縫合固定する。

損傷が大きい場合には、Kocher 授動術を行い、デブリドマン、局所切除、吻合する。修復の縫合は、膵内側の表面から始める。十二指腸下行脚の後壁に損傷を認める場合には、前壁に小切開を加えて、内腔側から縫合修復を行うとよい。

十二指腸を十分に減圧するため、経鼻胃管を縫合部を越える位置まで挿入しておく。損傷部の縫合閉鎖や吻合術を一期的に行うのが難しい場合には、損傷部を保護することに努める。幽門輪閉鎖術と胃空腸吻合術、迷走神経幹切断術を行う。幽門輪閉鎖術を行う際には、胃前庭部を切開して幽門輪を露出し、0 号吸収糸を用いて巾着縫合すればよい。縫合糸は 3〜4 週間で自然に吸収される。カッターやステープルのついていないステープラーが使用できる場合には、これで幽門輪をはさむように装着してステープラーを走らせる。幽門輪を切断してしまわないように注意する。ステープラーラインは、2〜3 週間ほどで自然に再開通する。

図 32.38.1&2
幽門輪閉鎖術：胃前庭部切開にて幽門輪を露出させ、巾着縫合で閉鎖する。



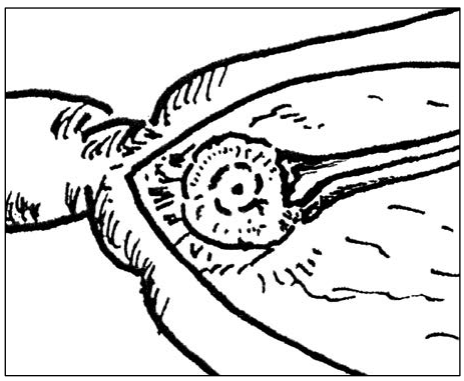
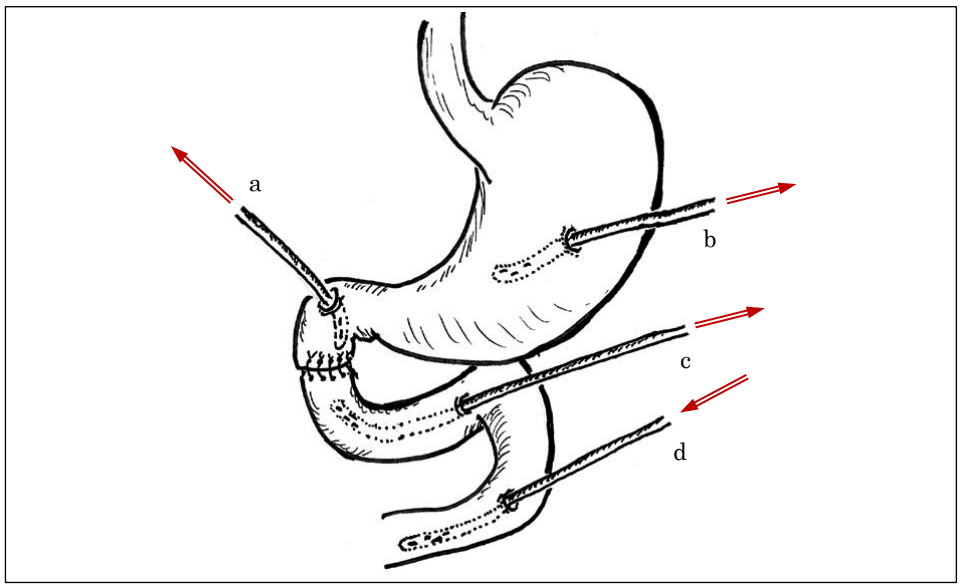


図 32.39
十二指腸の減圧と吻合部の保護を目的とした代替法。
a. 十二指腸のチューブ瘻
b. 胃瘻
c. 減圧目的の十二指腸瘻
d. 栄養投与目的の十二指腸瘻

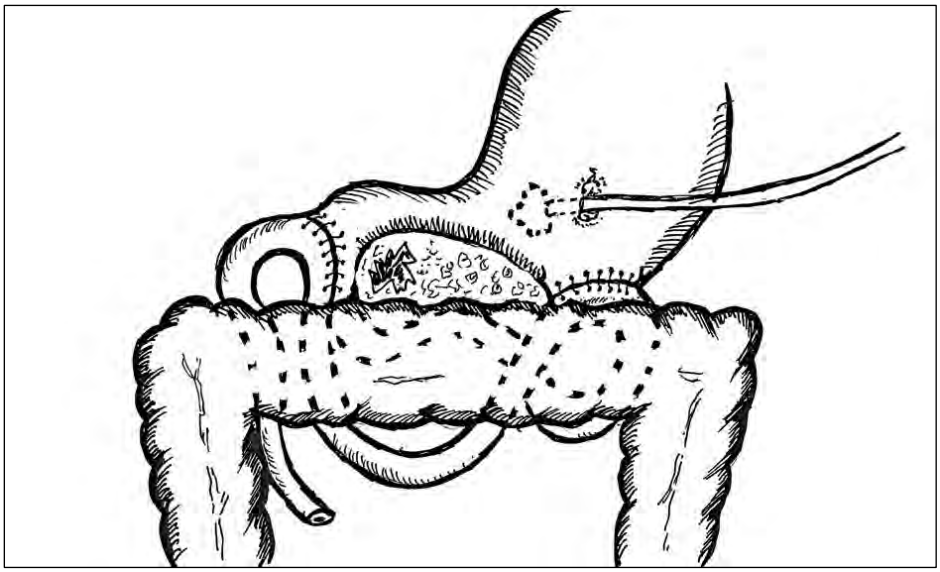


N. Papas / ICRC

複数の臓器損傷を伴い全身状態が不安定なケースでは、ダメージコントロール手術による治療が望ましい。重篤な十二指腸損傷に対して一期的に修復を試みると、高率に縫合不全を引き起こし、後の再建術がより複雑なものになってしまう。まず止血を行い、次に最もシンプルな方法で穿孔部からの汚染コントロールに努める。可能であれば直接縫合にて閉鎖する。2 本のフォーリーカテーテルを、穿孔部からそれぞれ口側と肛側に向けて挿入し、バルーンを膨らませておく方法もある。カテーテルは穿孔部に巾着縫合をかけて固定しておく。また、胃の減圧目的に胃瘻造設術が必要であるが、後に胃空腸吻合術の妨げにならない位置を選ぶように気をつける。また、幽門輪閉鎖術も行う。

根治術を行うにあたっては、受傷部位によって様々な再建術式がある。

図 32.40
直接縫合ができないほど大きな十二指腸欠損を認める場合には、挙上空腸をパッチとして用いる。最初、空腸の漿膜面は十二指腸の内容物に曝されるが、時間が経過すると粘膜が張って被覆される。十二指腸腔内は胃空腸吻合や胃瘻によって減圧しておく。胃及び十二指腸と挙上空腸の吻合は後結腸性に行う。膵頭部外傷を認める場合は、止血とドレナージを主体に治療する。



N. Papas / ICRC

図 32.41
傷が大きい場合には、十二指腸空腸端々吻合術及びRoux-en-Y 再建術にて再建する。吻合部を保護するためには、幽門輪閉鎖術と胃瘻造設術を加えるとよい。経腸栄養に備えて空腸瘻を造設しておくとよい。チューブをY脚の口側と肛側のどちらから挿入するかは、腹腔内所見を見て決めるとよい。

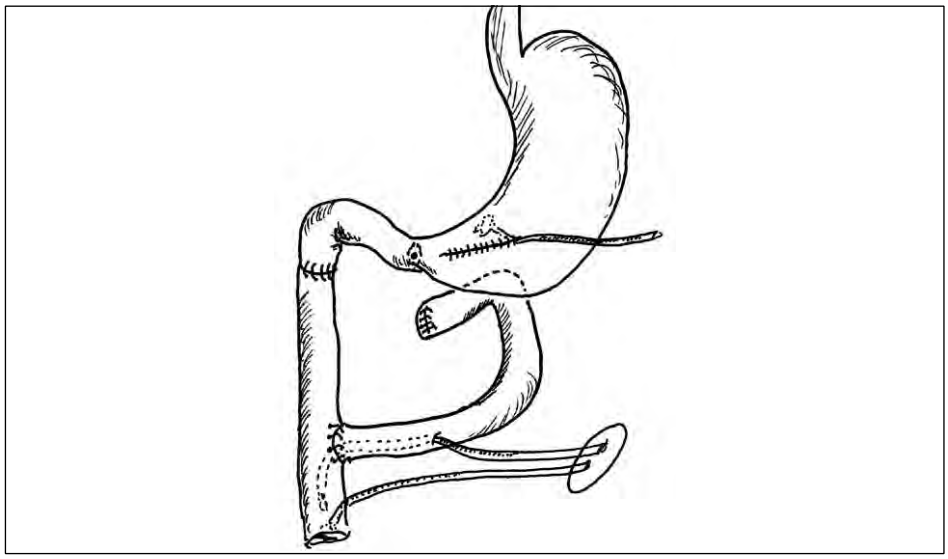
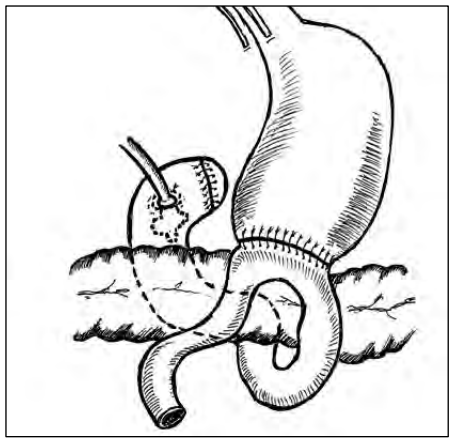
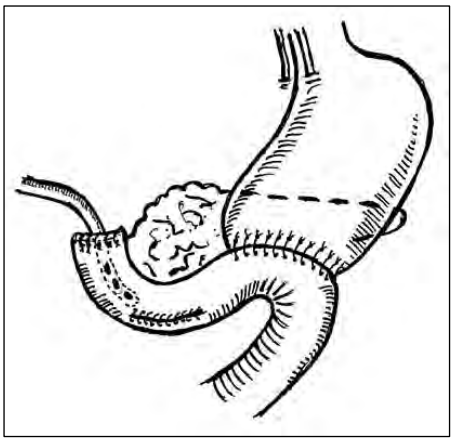


図 32.42.1-2
損傷が十二指腸球部や下行脚、また胃幽門部にまで及ぶケースでは、胃前庭部切除術及びBillroth II 法再建術、迷走神経幹切断術を行い、十二指腸を憩室化してしまう必要がある。十二指腸断端部を減圧する手段としては、断端部もしくは側面にチューブ瘻を造設する方法がある。





再建術に際しては、経腸栄養に備えて腸瘻を造設するとよい。腸瘻は腸管損傷部の肛側に十分な距離をおいて造設する。特に大きい膵外傷を伴うケースではこの点に気をつけなければならない。ドレーンの先端は十二指腸修復部の近傍に置くが、吻合部に直接触れないように注意する。

こうした患者を治療するためには適切な栄養管理を行わなければならない。経腸栄養目的の腸瘻造設は有効な手段である。

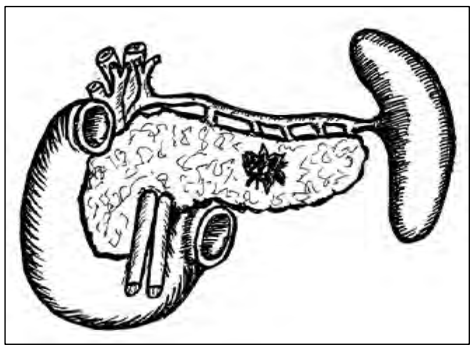
主な合併症は十二指腸瘻と感染である。再建術式が複雑であるほど、こうした合併症が起きやすい。十二指腸に瘻孔を認めた場合は、十二指腸造瘻によるドレナージが必要である。ただし、十二指腸損傷症例における死亡例の大半は膵損傷と出血が原因である。

写真 32.43
十二指腸瘻から胆汁で着色された排液を認める。

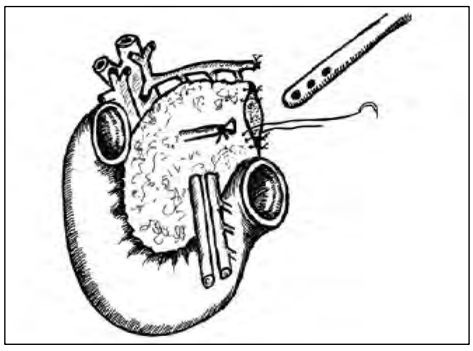
32.13.3 膵尾部外傷の治療

創傷が小さく、膵管損傷を伴わないケースでは、治療は最小限のデブリドマンと止血、そしてドレナージのみでよい。ドレーンは側腹部背側寄りから創部に向けて、口径が大きめのものを 1～2 本挿入しておく。

膵体尾部外傷で膵管損傷を伴う場合は、膵体尾部切除術と脾摘術を行う。脾臓と外傷部までの膵尾部を一塊として後腹壁から授動しておく。脾動静脈は結紮切離する。非圧挫腸鉗子を用いて膵体部をクランプしてからメスで切断し、脾臓と一塊に摘出する。膵切離面を検索して主膵管を同定し、これを結紮する。腸鉗子をゆっくりと外しながら、注意深く止血を行う。膵切離断端は 3-0 非吸収糸を用いてマットレス縫合で縫縮する。術後は十分なドレナージを行うことが不可欠である。



N. Papas / ICRC



N. Papas / ICRC

図 32.44.1-2
膵尾部外傷に対する膵尾部切除術。膵管の結紮と脾摘術を行う。

F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

写真 32.44.3-4
膵尾部損傷と脾損傷に対して、膵尾部切除と脾摘術を施行した。

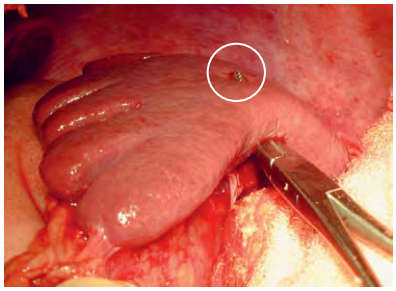
膵体尾部領域の外傷症例で、主膵管損傷を疑う場合には膵体尾部切除術と脾摘術が必要である。

循環動態が不安定な症例にはダメージコントロール手術を行う。すなわち、小網内にパッキングを行ってタンポナーデ効果による止血を行ったり、ドレーンを数本留置して膵液瘻に備えたりする。治療の基本は止血とドレナージである。

32.13.4 脾損傷の治療

戦傷外科において脾損傷を認めた場合には、脾摘術を行う。

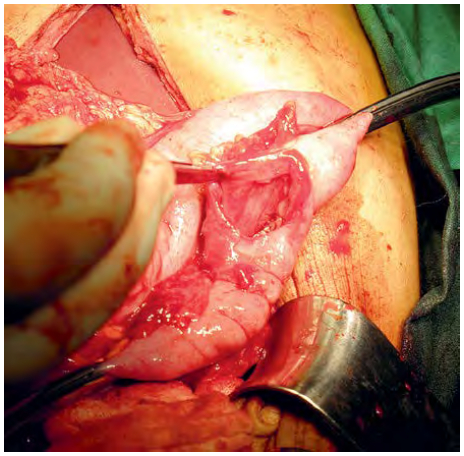
戦傷による脾損傷や脾門部外傷を認めた場合には、脾摘術を行う必要があり、これが唯一安全な手段といえる。脾損傷の修復法はいろいろあるが、腹部外科に精通していない医師や、術後管理が制限された医療施設においては、どれも適切な手段とはいえない。


ICRC

ICRC

J.S.Munch / ICRC

写真 32.45.1－32.45.3
戦傷外科では、脾損傷を認めた場合には傷の大きさによらず脾摘術を行う。


ICRC

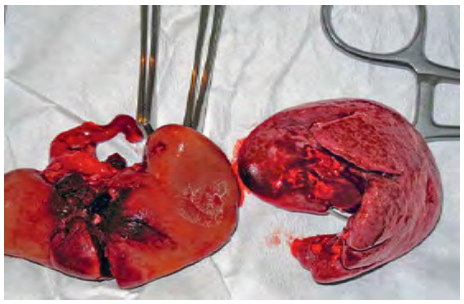

ICRC

写真 32.46.1-2
脾弯曲部結腸、脾、左腎は、関連外傷として同時に損傷を受けることが多い。

脾臓を後腹膜から授動する際には、プリングル法と同じ要領で、用指的に脾門部を圧迫しておくとよい。こうしておけば、脾動静脈を露出するまでの間、たいていの出血がコントロールできる。脾動静脈の結紮は、胃や膵に向かう血管を巻き込まないように、できるだけ脾臓寄りで行う。脾動静脈は、それぞれを個別に二重結紮、または刺入結紮してから切離する。脾摘術のみの場合にはドレーンを留置する必要はない。

マラリア、リーシュマニア症、住血吸虫症など、脾腫を来す疾患が流行している地域では、脾周囲に癒着を認めることが多い。こうした症例では、脾臓を後腹膜から授動する操作に難渋するため、側腹部に向けて皮切を延長しなければならない場合がある。腹部正中切開のみで操作を行う場合には、前方アプローチ、すなわち脾動静脈を先に結紮してから授動する方法もある。

32.13.5 脾摘術後の感染予防

乳児や小児は、HIV/AIDSといった免疫抑制疾患である場合を除き、成人と比べて脾摘後感染症（overwhelming post-splenectomy infection：OPSI）を起こしやすい。OPSI は脾摘直後から術後数十年に至るまで、いつでも起こり得ると報告されているが、まだ結論は出ていない。外傷に伴う脾摘術後に OPSI が発生したケースは知られていない。OPSI は上気道感染症状と発熱から始まり、数時間でショックに至り、播種性血管内凝固症候群（DIC）から多臓器不全を引き起こす。感染は莢膜形成型の細菌に起因し、致死率は 50%以上にも達する。

脾摘後の免疫システムの補完や、血栓症予防のために、脾臓組織の異所性自家移植を勧める意見がある。移植片は脾門部からできるだけ近い場所から採取する。被膜を剥離した脾組織を 50g ほど採取したら、これを大網の膜間部に移植する。移植術にはこの他にもいくつかの方法がある。治療効果についての結論はまだ出ていないが、小児に対する適応が期待されている。

しかし、ある程度の感染予防は必要である。成人から小児までを対象とした標準的な予防治療プロトコルでは、術中及び術後に、ペニシリンまたはアンピシリンを投与することを勧めている。脾摘後のこうした免疫学的アプローチは、乳幼児、免疫不全症例、造血機能障害を伴う症例（鎌状赤血球症による貧血など）に対して推奨される。

最近、南アフリカ共和国のいくつかの医療施設において、限られた医療資源を用いて実用的な治療計画が立てられ、それらが臨床のモデルケースとして導入されている。

- 肺炎球菌ワクチン（Pneumovax-23 vaccine）を、受傷後 14 日目か退院日のいずれか早い方で接種する（七価ワクチンは効果がない）。

- Hib ワクチン（Haemophilusz influenzae B vaccine）は、13 歳以下でワクチン未接種の患者に対して用いる。
- 髄膜炎菌ワクチンは流行地域でのみ接種する。これは、肺炎球菌ワクチンにも Neisseria meningitides に対する予防効果があるためである。

10 歳以下の小児は 5 年後に追加接種を行う。

抗生剤の長期予防投与の効果についてはまだ結論が出ていない。乳幼児に対して、毎月のベンザシンペニシリン筋注投与が行われることがある。これは、リウマチ性心筋症や免疫抑制疾患を有する患者に対する予防投与と同じ根拠に基づくものである。ただし、低所得国ではこうした治療について患者から理解を得るのが難しい。年齢を問わず、歯科治療の前後 1 週間は予防投与を行うべきである。また、呼吸器感染症を起こした場合にも投与を行う。都市部から離れた地域では、「スターターパック」と呼ばれる内服キットが実用的である。これは、アモキシシリン／クラブラン酸（1g を 1 日 3 回、3 日間内服）の内服パッケージである。こうしたパッケージがあれば、患者は急性上気道感染や敗血症の症状を認めた際に、医療機関を受診するまでの間に服用を始めることができる[15]。

最も重要なことは、患者に適切な情報提供と注意喚起を行うことである。たとえ軽度の気道感染であっても、すぐに医療機関を受診するように指導する。マラリアや髄膜炎の流行地域や、動物咬傷やダニ咬傷が日常的に起こる地域では、より注意深い観察と、適切な予防医療を行う必要がある。

マラリアの流行地域では、脾摘術後の患者を注意深く経過観察するべきである。

32.14 胃

胃は表面積が大きいため、損傷を受けやすい。先にも述べたが、胃はその内容物の有無によって、受ける損傷の大きさが全く異なる。例えば、胃に内容物がない場合には銃創を受けても小さな創孔形成だけですむが、充満時には内容物が飛散することによって大きな裂傷を被る。また、胃の内容物による腹腔内汚染も重要である。空腹時の胃液の pH 値は殺菌作用を持つが、消化時には中和されるため菌が繁殖しやすくなる。このため、空腹時の患者はそうでない患者に比べてはるかに経過がよい。

腹部食道や噴門部の外傷は確認するのが難しい。外傷を検索する際には、迷走神経切離術を行う時のように、この領域を授動する必要がある。また、創を閉鎖するためには胃壁の有茎皮弁による被覆が必要なケースがある。腹部食道外傷に対してダメージコントロール手術を行う場合には、損傷部からフォーリーカテーテルを挿入して縫合固定しておく。

胃前壁に損傷を認めた場合には、小網を切開して後壁側も十分に検索しておかなければならない。背部から銃撃を受けた場合には、胃後壁損傷が唯一の腹腔内損傷となる場合もある。

胃は血流が豊富なため、胃壁の裂傷部を修復する際には止血を念頭において 2 層に縫合する。前庭部や幽門輪に損傷が及ぶケースで、修復によって胃内腔の狭小化を来す可能性がある場合には、幽門形成術や胃空腸吻合術を加える。さらに、損傷が十二指腸球部付近にまで及ぶケースでは、胃部分切除術が必要となることもある（写真 32.42.1-2）。ダメージコントロール手術における胃の修復操作では、止血と胃内容物による汚染を防ぐために、ロックをかけながら連続縫合を行う。

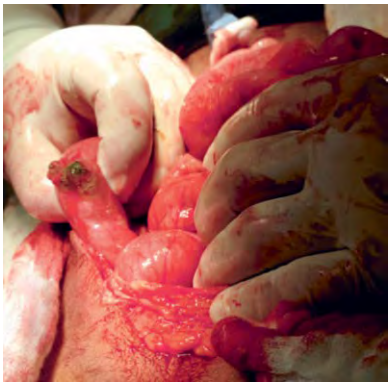
胸腹部外傷症例で、胃の内容物によって胸腔内と腹腔内のどちらかに汚染を認めた場合は、両方の腔内を十分に洗浄しなければならない。胃損傷のみのケースではドレーンを留置する必要はない。

---

15. この南アフリカで行われているアプローチは、長期的な予防投与についての結論が未だに出ていないことから、費用と患者の順守の不確かさ、便益率から開発された。Dr Timothy C. Hardcastle, Head of Trauma Surgery and Deputy Director Trauma Unit and Trauma ICU, Inkosi Albert Luthuli Central Hospital, Durban, South Africa.との個人的な会話から。

32.15 小腸

小腸は腹腔内容積の大半を占めるため、受傷機会が最も多い。創の様相は様々である。穿孔部が小さい場合には、内腔からはみ出してきた粘膜組織によって穿孔部そのものが密封されてしまうことがある。さらに時間が経過したものでは、フィブリン組織や大網によって覆われてしまうこともある。腹腔内に小腸内容物を認めず、少量の出血が唯一の穿孔所見であるケースもある。一方、複数の腸管裂傷を認め、明らかな腹腔内汚染を伴うケースもある。こうした小腸損傷症例の臨床所見や経過は、他の腹腔内臓器損傷の有無にも左右される。

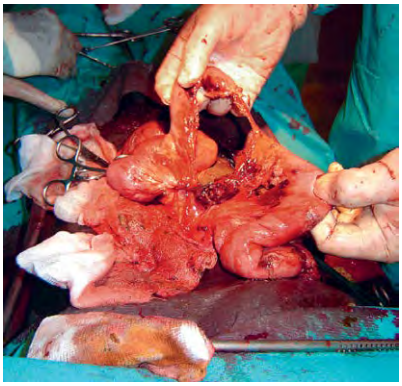


ICRC

写真 32.47.1
漿膜損傷部から粘膜組織がはみ出している。

C. Paciti / ICRC

写真 32.47.2
短軸方向の大きな腸管裂傷を認める。



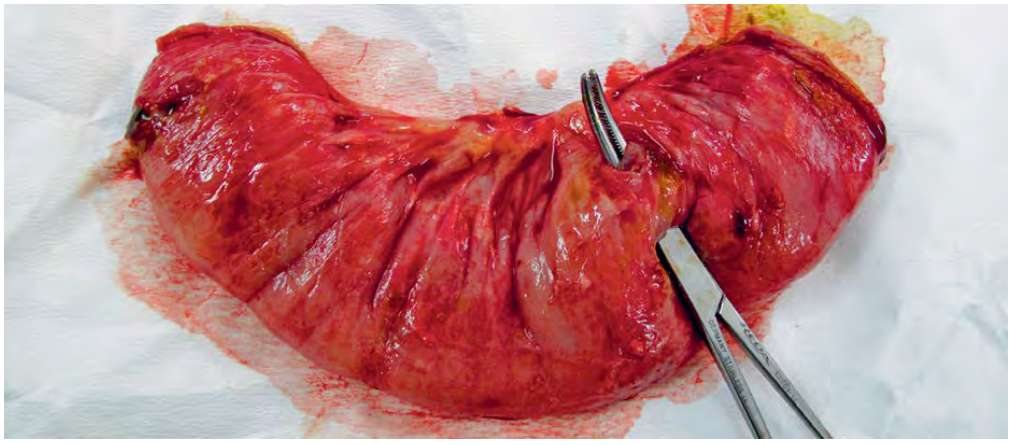
V. Sasin / ICRC

写真 32.47.3
著しい血液灌流障害を来した腸損傷

先にも述べた通り、修復するか切除するかなどの最終決定を下す前に、小腸全長にわたる詳細な検索を2回行う。穿孔部は偶数でなければならず、奇数になるのは弾丸や破片が腸管腔内に残っている場合や、腸管に対して接線方向の外傷であった場合のみである。

先人の教えに学ぶ

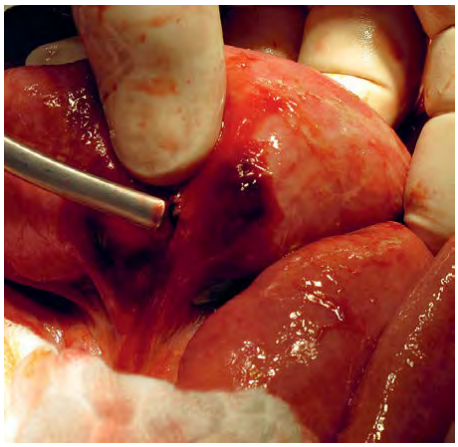
穿孔部の数が奇数である場合は、疑うこと。



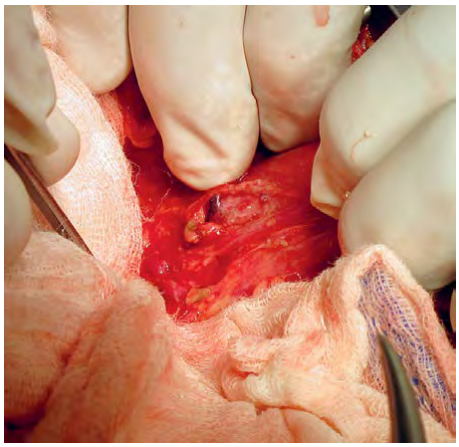
ICRC

写真 32.48
穿孔部が偶数あることを確認する。

小腸間膜の損傷は注意深く検索し、出血点を認めたら間膜を切開して血管を露出し、結紮ではなく縫縮して止血する。特に腸間膜基部に血腫を認めた場合は、用指圧迫によって出血をコントロールしながら間膜を切開して損傷血管を同定する。どんな部位でも、盲目的に組織をクランプすることは避ける。腸管と間膜の境界部では、血腫によって小さな穿孔が隠されてしまうことがあるため、注意する。



ICRC



ICRC

写真 32.49.1－3
腸管との境界部に間膜内血腫を認める。

V. Sasin / ICRC

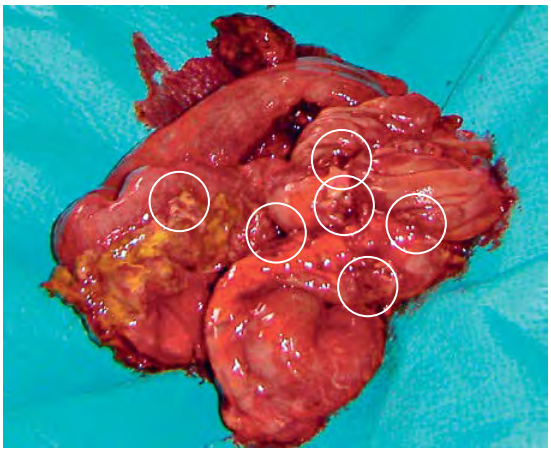
Treitz 靭帯の近傍や、腸間膜との境界部にある小さな腸管穿孔を見落とさないように気をつける。

発射物による漿膜損傷は縫合して修復する。また、漿膜下血腫を認めた場合は間膜を切開して損傷血管を確認する。小さな単独の穿孔部を認めた場合、辺縁をデブリドマンしてから1層または2層に縫合閉鎖する。腸管部分切除術及び吻合の適応となるのは以下の場合である。

- 裂傷が大きい場合
- 短い範囲に複数の穿孔部を認める場合（縫合修復をたくさん行うよりも、部分切除によって 1 か所の吻合で済ませる方がよい）
- 小腸間膜との境界部に沿って腸管裂傷を認める場合
- 腸間膜動静脈の損傷によって、部分的に虚血性変化を認める場合

小腸吻合術を 1 層縫合と 2 層縫合のどちらで行うかは、術者の慣れと経験によって決めるとよい。また、自動吻合器があれば用いるとよい。

先にも述べたが、爆傷症例では、まず粘膜から障害が始まる。したがって、漿膜損傷を認めた場合には、小腸壁の全層が障



V. Sasin / ICRC

写真 32.50
複数の穿孔部を認めたために広範小腸切除術を施行した。

害を受けていることが示唆される。こうしたケースでは、その範囲の小腸を切除する必要がある。

ダメージコントロール手術では、小腸損傷部の口側と肛側の結紮のみを行うか、小腸部分切除術のみを行い、吻合せずに断端を結紮する。

小腸損傷部が 1 か所の場合には、直接縫合によって修復するか、部分切除と吻合を行う。腹腔ドレーンは必ずしも必要ではない。小腸を減圧するために、経鼻胃管を留置してもよい。

32.16 大腸

大腸は大きな臓器であり、小腸と並んで戦傷を受けやすい臓器である。周囲組織に損傷が及ぶケースも多く、それらは治療や予後に大きく影響する。大量出血以外に、敗血症を引き起こす可能性を持つ大腸損傷は、死亡率を左右する主要因子となる。実際に現代の戦傷外科においても、大腸損傷による死亡率が 15%を下回ることはほとんどない。

開腹時に、見える部分の大腸損傷は容易に確認できるが、後腹膜側を損傷しているケースではほとんどわからないことがある。便臭、後腹膜血腫、気腫などを認める場合には、大腸損傷の存在を疑いながら検索を行う。同様に、横行結腸後壁や結腸間膜との境界部の損傷は、大網に覆われて見落とされやすい。また、穿孔部の数は必ず数えておかなければならない。小腸損傷の時と同様に、結腸間膜との境界部や漿膜下に血腫を認める場合には、漿膜を切開して管腔内との交通がないかどうかを確認する。大腸は小腸に比べて血流に乏しいため、結腸間膜を損傷すると容易に虚血に陥る。

繰り返すが、穿孔部が奇数である場合は、もう 1 つ穿孔部がないかを疑うこと。

32.16.1 治療の一般原則

第二次世界大戦時には、大腸損傷の治療において人工肛門を造設することは当然とされていた。限られた抗生剤しか用いることができず、また救命手段の乏しい環境において、大腸損傷が死亡率の高い病態であったことを考えると、当時のこうした治療方針は妥当であった。しかし、その後、都市部で勤務する外科医は拳銃などによる低エネルギー外傷を扱う機会が増えた。また、診療時間にも余裕ができ、外傷の専門施設においては比較的恵まれた環境で救急治療を行うことも可能になってきた。そうした中で、こうした従来の治療方針に対して疑問を投げかける声も出てきた。大腸損傷の初期修復治療に際して、より保存的なアプローチや、結腸切除と吻合を推奨する報告が多く見られるようになった。こうして、人工肛門の造設は必ずしも必要とされなくなってきた。

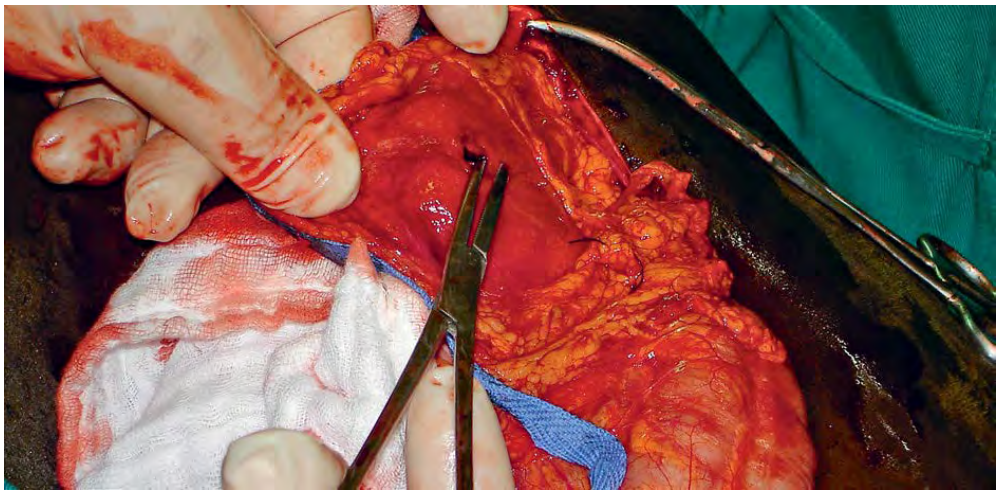
「同じ外傷患者は二人として存在しない。外傷による大腸穿孔の程度は、低エネルギー外傷に伴う小さな穿孔創から、高エネルギー外傷に伴う広範な大腸損傷まで幅広い。戦場に長い間放置されていた場合には、他にも多くの外傷を合併していたり、腹腔内が大量の便で汚染されていたりする。」

C.A.J.P. Royle[16]

16. R oyle CAJP. Colonic trauma: modern civilian management and military surgical doctrine. J R Soc Med 1995; **88**:585 – 590.

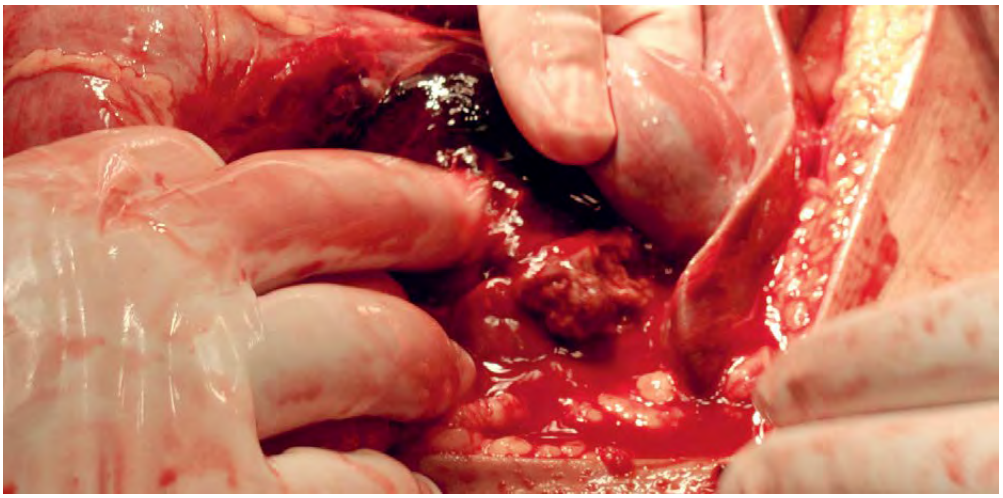
H. Nasreddine / ICRC

写真 32.51.1
脾弯曲部結腸にわずかな便汚染を伴う微小穿孔部を認めた。低エネルギー異物による穿孔創である。こうした小さな穿孔部を見つけるにあたり、開腹時の便臭が唯一の所見となることが多い。



H. Nasreddine / ICRC

写真 32.51.2
脾弯曲部結腸に大きな穿孔部を認める。



F. Plani / ICRC

写真 32.51.3
脾弯曲部結腸に出血を伴う大きな裂傷部を認める。

現在では、病態生理学に対する理解が深まり、大腸損傷に対しても区別化されるようになってきた。すなわち、大腸損傷といってもその全体像は画一的なものではなく、受傷機転や受傷部位など多くの要素を考慮して評価しなければならないと考えられるようになってきた。

資源の限られた環境で戦傷を扱うにあたり、外科医が考慮すべき側面は以下の通り。

- 年齢、全身状態、栄養状態。
- 受傷からの時間、腹膜炎の有無。

- 出血量、来院時のショックの有無。
- 受傷部位が右結腸か左結腸か：右結腸損傷であれば液状便、左結腸損傷であれば細菌量の多い固形便による腹腔内汚染が予想される。
- 便による腹腔内汚染の程度。
- 損傷の大きさと創の状態：小さい穿孔、大きい裂傷、血管損傷を伴う結腸間膜損傷の有無など。
- 受傷機転：小さい破片によるもの、弾丸による空洞効果によるもの、爆風によって引き起こされた大腸周囲組織の血栓形成に起因するものなど。
- 損傷が大腸周囲組織へ及んでいるかどうか。及んでいる場合は、高エネルギー外傷と考える。
- 手術時の出血量と循環動態。
- 輸血用血液の供給があるか。
- ダメージコントロール手術適応の有無。
- 合併する腹腔内臓器損傷の数、範囲、性状。
- 他に腹腔外損傷がないか。
- 多数の死傷者が搬送されている状況か、少数の外傷患者を扱う状況か、患者が 1 人だけの状況か。
- 外科医の経験の多寡。

一期的に修復を行うかどうかを決定するにあたって、外科医は様々な条件を勘案しなければならない。特に重要な因子として、ショックの有無、損傷臓器の数、便汚染の範囲、受傷から経過した時間などがあり、これらを考慮に入れて方針を決定する。

大腸損傷の外科的治療方針を決める上で、上記以外の比較的重要であるとされる要因については、今のところ研究や経験に基づいた報告がない。すなわち、こうした決定を下すにあたっては外科医の経験が重要視される。

最も適切な術式を決める最も重要な因子は、術者の経験である。

臨床において様々な条件を正しく評価するための指標となるもの、そして個々の患者に対して最も適切な治療方針を選択するための拠り所となるもの、それは外科医の経験に尽きる。患者の状態と外科医の経験を踏まえて、単純縫合による一期的修復を行うか、部分切除、吻合を行うか、それとも人工肛門を造設するかを決定する。

患者にとっても術者にとっても最適の術式を選択せよ。

修復を行うに際して、技術面において留意すべき点がいくつかある。

- 漿膜筋層のみが損傷され、粘膜が保たれている場合は、縫合にて修復する。
- 大腸吻合を行う際には腸管を十分に授動して、緊張がかからない状態で行う。
- 受傷部辺縁の血流は吻合の結果を左右する。創縁は見た目よりも挫滅されていたり、血流に乏しいことがある。このため、デブリドマンは血が滲んでくる範囲まで行わなければならない。腸間膜対側は間膜側に比べて多く切除するため、切離線は斜めになることが多い。

同様に、ストマ造設に際しても合併症を引き起こさないために考慮すべき点がいくつかある。

- ストマは腹部正中の開腹創上に造設してはならない。必ず側腹部に新たな創を置いて造設すべきである。

写真 32.52.1- 2
望ましいストマの外観。

C. Pacitti / ICRC

F. Plani / ICRC

- 吻合に用いる結腸は十分に授動しておかなければならない。さもなければ、術後の腹部膨満などでストマに緊張がかかった際に、容易に腹腔内に陥没してしまう。肥満症例では特に気をつける。
- 結腸部分切除を施行後、口側断端をストマとし肛側断端を腸瘻とする場合には、後日のストマ閉鎖に備えて、この 2 つをできるだけ隣接させるようにする。
- ストマはダメージコントロール手術の段階で造設すべきではなく、時間的に余裕を持って行う方がよい。急ごしらえのストマは、術後に浮腫を来したり、腹部膨満などによって容易に腹腔内に陥没したりする。また、初回手術でストマを造設してしまうと、再手術がより難しいものになる。

腹腔内は十分に洗浄し、便汚染が広い範囲に及ぶ場合には、傍結腸溝に口径の大きいドレーンを留置する。ドレーンは縫合線に触れないように注意する。

大腸損傷に対するダメージコントロール手術では、損傷腸管の口側と肛側を結紮し、損傷部の大腸は切除するか、そのまま置いておくか、あるいは連続縫合で創部を閉鎖する。後日根治術をする際には、特に鈍的外傷において、吻合する部分に及ぶ浮腫がないか、腸管を念入りに観察し、このような場合には、人工肛門造設を行った方がよい。

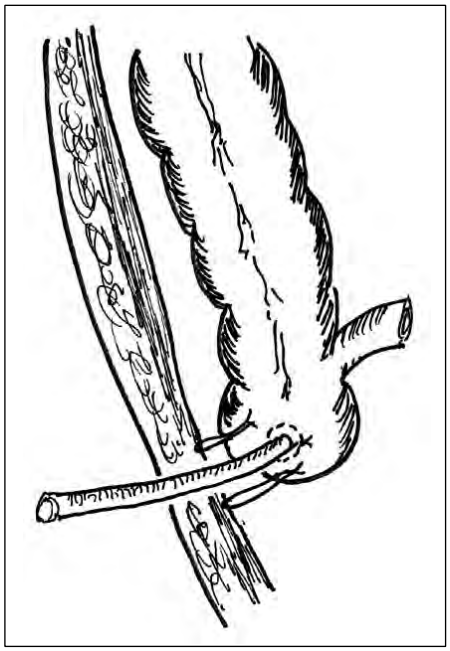
注:

以下、解剖学的領域別に結腸損傷について述べるが、これらは前述した要素をすべて考慮に入れた、一般的なガイドラインである。

32.16.2 右側の結腸

右側の結腸は授動しやすく、多くの点で小腸と似ている。

1. 右側結腸損傷は、創がシンプルで状態がよければ一期的に縫合修復してもよい。
2. よりリスクを伴うケースでは、盲腸瘻を造設して腸管内を減圧し、縫合部や吻合部の保護に努める。口径の大きいペザーカテーテルやフォーリーカテーテルを、虫垂切除部から盲腸内に挿入して、巾着縫合で漿膜壁に固定する。カテーテルは側腹部から体外へ導出し、盲腸は腹壁に縫合糸で固定しておく。カテーテルは 1 週間後に抜去し、瘻孔はその後の 1 週間で自然に閉鎖する。
3. 損傷が大きい場合には、初回手術で右半結腸切除術を行い、回腸断端と横行結腸断端を、それぞれストマ及び腸瘻としておく。



N. Papas / ICRC

図 32.53
盲腸チューブ瘻による減圧

32.16.3 横行結腸

横行結腸は腹腔内で最も視野を得やすい位置にあり、また、後腹膜

にも固定されていないため、可動性がある。ただし、その一部は大網に覆われているため観察がしにくい。

1. 横行結腸外傷では、損傷部が小さい場合、条件がよければ一期的に縫合修復してもよい。場合によっては盲腸瘻を造設する。
2. 肝弯曲部や、口側 1/3 の範囲に大きな裂傷を認める場合には、拡大右半結腸切除術を施行し、回腸断端をストマに、横行結腸断端を腸瘻にしておく。
3. 横行結腸中央部あるいは遠位側 1/3 の大きな損傷の場合には、損傷部を人工肛門として体外へ導出してしまうか、部分切除術と吻合を行い、必要に応じて盲腸瘻を造設する。

32.16.4 左側の結腸と上部直腸(腹腔内 Rs/Ra)

S 状結腸や直腸に損傷を認めた場合、術者は一期的修復術を行うべきか、それともストマ造設とすべきかを判断しなければならない。この選択が最も大きな問題となる。左側結腸は容易に授動することができるが、ストマの脱落を防ぐためには、緊張がかからないように十分に挙上しておかなければならない。

1. 損傷が小さい場合には、縫合や、切除及び吻合による修復が可能である。ただし、繰り返し述べるが、これは条件が整っている場合に限る。心配であれば、横行結腸瘻や盲腸瘻を造設しておくことを勧める。
2. 縫合不全が危惧される場合は、損傷腸管を切除した後、両側の切離断端を挙上して双孔式人工肛門としておく。
3. 損傷が上部直腸に及ぶ場合には、ハルトマン変法術を行う。すなわち、損傷部を切除した後、口側断端はストマとし、肛側断端は縫合閉鎖してしまう。可能であれば、閉鎖した肛側断端は非吸収糸を用いて前腹壁に固定しておく。この時、糸を長めに残しておくと、後にストマ閉鎖術を施行する際の目印になる。肛側の閉鎖断端を後腹膜腔に埋めてしまい、後腹膜を縫合閉鎖する場合もある。直腸腔に残った便塊は、後で自然に排泄されるため、用手的に押し出しておく必要はない。

写真 32.54.1- 2
ハルトマン手術変法。

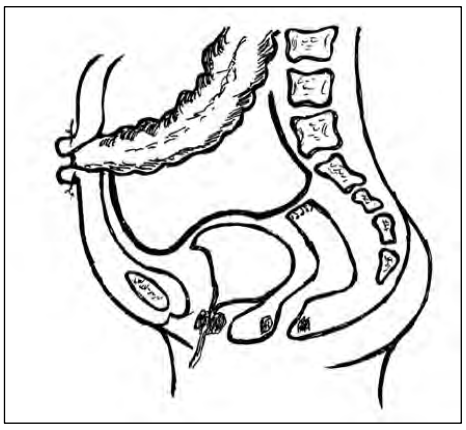


図 32.54.1
上部直腸を腹膜下で閉鎖する方法。

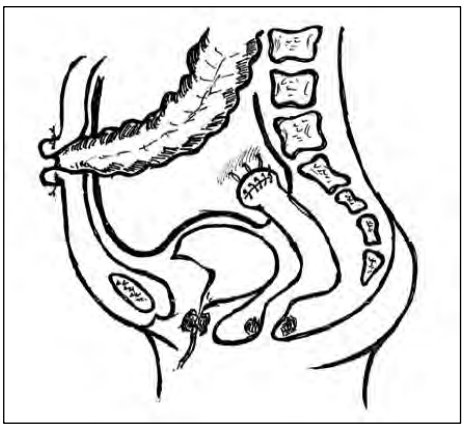


図 32.54.2
上部直腸を腹腔内で閉鎖し、腹壁に固定する方法

ハルトマン手術は、損傷部の肛側を粘膜瘻として挙上することができない場合にのみ行うべきである。ストマ閉鎖術を行う際に、肛門側の切離断端を見つけ出して、剥離することは難しい。癒着が強い場合は、出血量も増える。肛門から切離断端に向けてチューブを挿入しておくと、術中に断端を同定しやすい。

経験に乏しい外科医が、資源の限られた環境で腸管損傷を扱う場合、迷った時には一期的修復は行わず、人工肛門造設術を行うのが鉄則である。

32.16.5 後腹膜貫通創

大腸を貫通した発射物が後腹膜の軟部組織内に迷入した場合は、何らかの汚染を後腹膜に持ち込んでいると考えるべきである。汚染の程度は、原因となる異物が放出するエネルギーの大きさによって決まる。エネルギーの小さい破片外傷では、細菌による汚染は、射撃溝の入孔部から数 cm に留まる。こうした後腹膜外傷では、他の低エネルギー破片外傷と同様に、デブリドマンは必要ない。軽度の汚染は、抗生剤と自然免疫力によってコントロールされる。むしろ、後腹膜の筋組織に不必要なデブリドマンを加えることが感染率を高め、組織の血流を阻害して縫合部離開を引き起こす。

一方、高エネルギー弾などによる広範な後腹膜の軟部組織損傷では、汚染の程度も重篤であり、膿瘍形成や壊死組織への感染を予防するために、十分なデブリドマンと洗浄が必要である。

32.16.6 合併症

戦傷における大腸損傷の死亡率は特に高い。その中でも、感染症の合併は最も頻度が高く、重篤な経過を辿る。その他には、ストマ関連の合併症がある。主なものを挙げる。

- 腸管吻合部の縫合不全と、それに起因する糞瘻、腹腔内膿瘍、汎発性腹膜炎
- 腸管吻合部の出血
- 開腹創の感染、創哆開
- ストマ周囲の出血
- ストマの陥没
- ストマの脱出
- ストマの壊死
- ストマの閉塞
- 傍ストマヘルニア

感染を疑った場合には、再手術を躊躇してはならない。一方、糞瘻を形成した場合は、ほとんどのケースで保存的に経過観察が可能である。ストマ関連の合併症を認めた場合は、できる限り早く対処すべきである。

32.16.7 ストマケア

ストマの造設は、それがたとえ一時的なものであったとしても、患者にとっては精神的に受け入れがたいものである。文化的背景や社会的理由から、こうした傾向がさらに強い地域もある。多くの患者がストマに対して嫌悪感を抱いており、中には食事を摂らなければ便が少なくなると信じている者もいる。しかし、こうした行為によって、術後の異化作用期間が遷延してしまう。このため、医師は患者と家族に対して十分に説明を行い、ストマ造設が一時的なものであるということをはっきりと理解させなければならない。

また、多くの国では経済的理由からストマパウチを入手するのが難しい。入手できたとしても、便汚染を来さないように、ガスが上手に抜けるように、そして皮膚障害を起こさないように、患者にパウチを正しく装着させて管理を続けていくことは難しい。

ストマ周囲のスキンケアを行う際には、石鹸と流水で洗浄してよく乾燥させるとよい。ストマに関連する看護ケアの基本は、衛生管理と栄養管理である。食事はガスや便秘の原因になるようなものを避け、水分が多くなりすぎないように気をつける。

粘着剤やバッグで作られた質のよいパウチの代わりになる、シンプルな方法がある。これは、大腸は便をためておく場所であり、いつも空にしておく必要はないという考え方に基づいた方法である。まず、ワセリンガーゼでストマを覆い、さらに数枚の清潔な布を重ねる。次に、これらを幅の広いベルトか弾性包帯で腰帯のように巻いて固定しておく。この時、きつく巻きすぎないように気をつける。こうしておけば、布とベルトがタンポナーデ作用によって、コルク栓のようにストマを塞いでくれる。腰帯は朝と夕方に取り外して排便させる。そしてスキンケアを行い、また装着しておけばよい。

32.16.8 人工肛門閉鎖術

ストマの閉鎖術を行う時期は、患者の完全回復を確認してから 3 か月後に行うのが主流であったが、近年ではこれが疑問視されている。すなわち、比較的軽症で合併症を伴わないケースでは、開腹後 2〜3 週間でストマ閉鎖術が可能とされている。紛争地域など、患者のフォローアップが難しい環境では、退院前にストマ閉鎖術を行うことが特に重要である。

瘻孔形成や感染症によって術後の経過が良好ではない症例では、患者が完全に回復して体重が元に戻るまでは、ストマ閉鎖術を延期するべきである。場合によっては数か月間待つこともある。

術前のバリウム注腸造影検査は、早期に近位部のストマを閉鎖したいケースで、遠位側の損傷部が治癒しているかどうかを確認する場合にのみ行う。損傷腸管をそのままストマとして挙上している場合には、こうした検査を行う必要はない。

ストマ閉鎖は、再吻合を腹腔外で行う方法と、腹腔内で行う方法があるが、後者が望ましい。腹腔外で吻合した場合、挙上部分の腸管は浮腫を来し、腹壁を貫いている部分が虚血する。腸管は、健常で出血するところまで切除して吻合する。

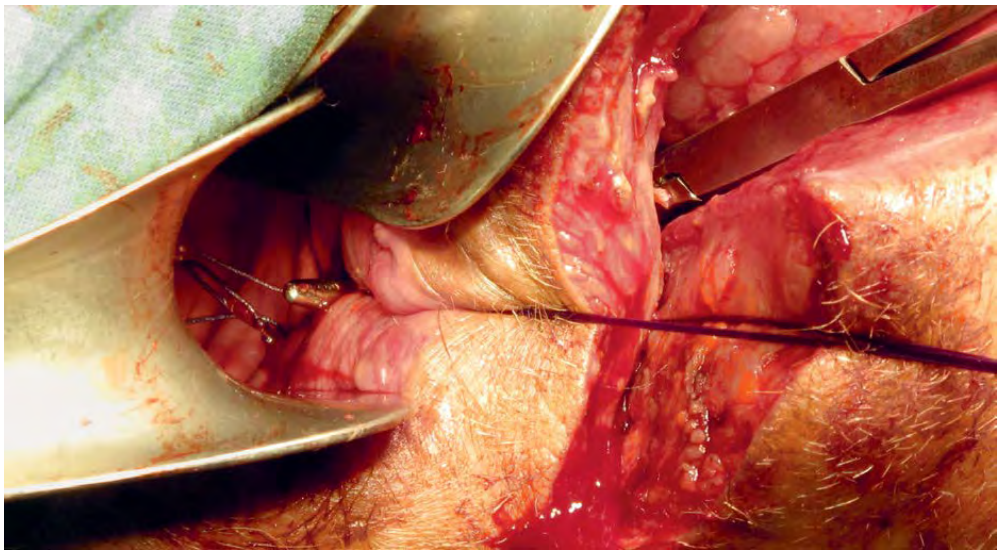
32.17 骨盤

骨盤部外傷は、骨盤骨格と軟部組織を含む。骨盤内出血を認めた場合には、出血源として総腸骨動脈とその分枝、また仙骨前静脈叢を念頭におく。腸管損傷や尿管損傷による汚染を認めた場合には、ストマや回腸導管の造設を検討し、ドレナージを行う必要がある。後腹膜臓器損傷は見落とされやすく、また狭い閉鎖腔内において血管損傷を伴うため、死亡率が高い。さらに、直腸後腔などの狭いスペースでは、好気性菌と嫌気性菌による混合感染が急速に進行する場合がある。

骨盤外傷は、骨盤腔内の外傷だけではなく、大腿上部、臀部、会陰部の外傷も含む。対人地雷による外傷症例を扱う際には、特に入念な観察が必要である。特徴的なパターン 1 損傷では、会陰部の創傷を認めることが多い。

直腸診は大切であり、消化管出血だけではなく、直腸壁の裂傷や欠損、肛門括約筋の収縮低下、骨折端による外傷などを診断することができる。大腿動脈の拍動の確認も必須である。

写真 32.55
肛門に及ぶ会陰部損傷の修復。



H. Nasreddine / ICRC

ICRC

ICRC

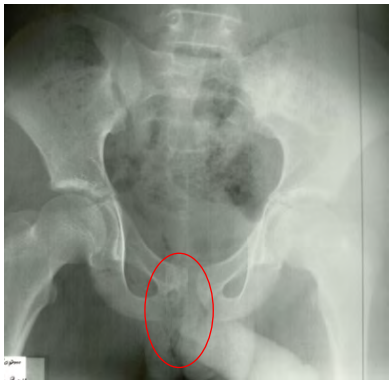

ICRC

写真 32.56.1-32.56.3
重篤な損傷を伴わない骨盤部の銃創症例。弾丸は恥骨上部から入り右臀部中央に抜けた。左臀部は擦過傷を認めるのみであった。坐骨恥骨枝に単純骨折を認めた。

32.17.1 骨盤骨折

発射物による骨盤外傷では、鈍的外傷症例と違って不安定な骨折を伴うケースは稀である。また、整復を要するような骨片の変位を伴うこともほとんどない。骨盤輪に骨折を認めた場合は、8-12 週間の固定が必要である。骨盤固定には、ベッドシーツスリングが有用である。大転子を含めるように骨盤部を巻いて梁から吊るしておくか、ただ単純に骨盤周囲をしっかりと巻いて固定し、前方でクランプする。不安定骨折を認めた場合には創外固定を行う。また、ストマや会陰部外傷を伴う症例では、看護ケア上の利点から創外固定が行われるケースがある。

ICRC

写真 32.57
ベッドシーツスリングによる骨盤固定

骨盤骨折症例では、狭い腔内で骨片による臓器損傷や血管損傷を起こす危険がある。

下部直腸損傷（Rb）や膀胱損傷の場合と違って、骨盤骨折症例では後腹膜血腫を検索するべきではない。しかし、腸骨動静脈損傷は検索を要する。また、結腸後面や尿管近傍の血腫も検索しなければならない。

骨盤骨折症例で大量出血を認めた場合の応急止血処置として、後腹膜パッキング法がある。この方法は鈍的外傷に対する対処法とされており、通常は開腹止血術の前に行うが、穿通性外傷を伴う場合には、開腹手術中に行うことができる。

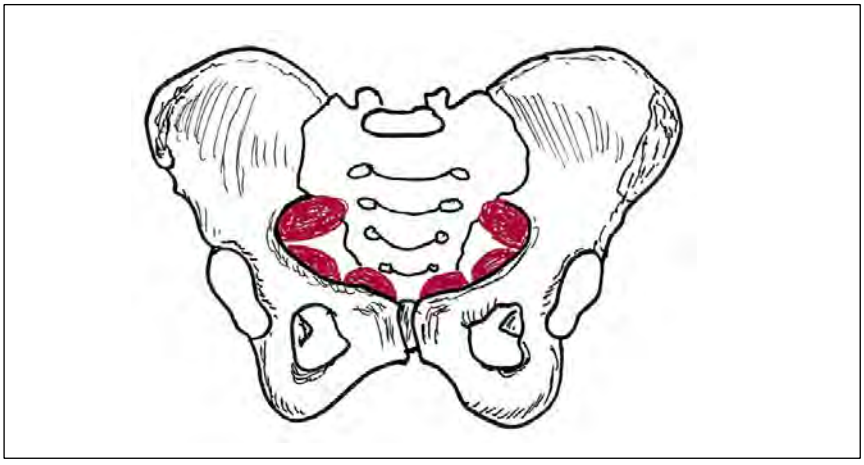

N. Papas / ICRC

写真 32.58
後腹膜パッキング法。まず、仙腸関節の下にパックを置く。続いて骨盤縁正中部に置く。さらに、恥骨後面の傍膀胱腔に置く。パッキングはそれぞれ両側に置く。

腹部臓器損傷を伴う傍股関節損傷には特に注意を要する。股関節腔内は汚染されているとみなし、観血的に検索を行う。敗血症性関節炎を避けるために、こうした創は開放性関節外傷として扱う。

骨折を伴う軟部組織損傷は放置してはならない。こうした創は感染源になることが多く、徹底的なデブリドマンと洗浄、そしてドレナージを行わなければならない。通常は開放創のままとして、待機的一次閉創（DPC）を行う。

32.17.2 腸骨動静脈の損傷

内腸骨動脈は結紮してもよい。さらに遠位の分枝血管からの出血は、側副血行路が豊富なため、両側の内腸骨動脈本幹を結紮してもコントロールが困難である。出血源が骨盤外にある場合は、血液が射撃溝をつたって骨盤内に流入することもある。この場合にはダメージコントロールのアプローチが必要となる。フォーリーカテーテルを用いたタンポナーデはしばしば効果的である。その他の止血手段としては、パッキングが唯一の方法であることが多い。

総腸骨動脈損傷と外腸骨動脈損傷は可能であれば修復を行う。これらの血管損傷は、ダメージコントロール手技として一時的シャント形成術を併用することで、修復することができる。結紮は、生命を脅かすほどの大出血をコントロールするための最後の手段である。ただし、代償として下肢虚血を伴い、高率に切断術を要する結果となる。伴走する総腸骨静脈は可能であれば修復するか、一時的シャントを作成する。これを結紮すると合併症の率や死亡率は極めて高くなる。修復部よりも遠位側における筋膜切開術や、患肢の挙上、術後の弾性ストッキング着用は、どの血管修復術においても必要である。

32.17.3 仙骨静脈叢の損傷

仙骨骨折に伴って起こる静脈出血は、量も多くコントロールが難しい。これは、仙骨の表面に網の目のように走る仙骨静脈叢が、骨折によって引き裂かれるために起こる。また、骨盤腔という狭い閉鎖腔内における処置は、技術的にも高い難度を要する。こうしたことから、仙骨骨折は大量出血につながることがよくある。

開腹時に大きく増大する骨盤内血腫が観察できる。骨盤腔の後腹膜に孔が開いていれば、底から血液が腹腔へ出てくる。腸骨動静脈や直腸、あるいは尿路損傷と診断するか、もしくは、そうした臓器損傷が否定できない場合には、後腹膜を開放して出血源を検索し、損傷部の修復を行う。

仙骨静脈叢からの出血をコントロールする最もシンプルな方法は、できればロール状にした布パッドを、損傷した筋組織や、局所に貼付した止血材（もしあれば）の上に被せるようにして骨盤腔内に詰め込むことである。布パッドは滅菌した点滴バッグの中に詰めて用いると、創面との癒着を防き、後日取り出しやすい。パッキングを有効に行うためには、腸骨動静脈と尿管を同定し、よけておく。パッキングをしたら、骨盤内後腹膜は、タンポナーデ効果が加わるように縫合閉鎖しておく。

他の外傷を除外できる場合には、発射物が開けた後腹膜の穴にフォーリーカテーテルを挿入し、仙骨前腔タンポナーデとする。後腹膜はカテーテル周囲で固く巾着縫合をかけ、カテーテルは、ストマを作成する側と反対側の腹壁から体外へ出す。カテーテルの出口部分は血液が流出してこないように結紮しておく。カテーテルは 48 時間後に開放し、バルーンは 6 時間で萎ませる。再出血を認めた場合には、バルーンを再度膨らませる。再出血がなければカテーテルを抜去し、手術は行わなくてもよい。

パッキングあるいはフォーリーカテーテル止血後の根治手術では様々な方法が試みられている。骨蠟、有茎筋や局所止血材をタッカーの仙骨への打ち込みの際に一緒に詰め込むことや、筋肉を介して電気メスで焼灼するなどである。個々の成功例の報告はあるが、いずれの方法も広く受け入れられるものではなく、これは即ち出血コントロールにおいて完璧な方法が存在しないことの表れかもしれない。局所止血材や潰した筋の上から再度パッキングを行うべきである。パッキングやフォーリーカテーテルを除去した後に再出血を起こした場合の根治的止血術については、様々な手段が試みられている。仙骨静脈叢に画鋲を刺したり、骨蠟を塗布したり、周囲から剥離した筋組織や局所止血材を貼付したり、また、筋組織を介して電気メスで焼灼する方法もある。しかし、こうした方法による成功例はどれも症例報告レベルに留まり、あらゆる出血症例に対応し得る止血手技はない。したがって、こうした再出血症例を扱う際には、局所止血材や周囲から剥離した

筋組織を敷いて、上から再度パッキングする方がよい。

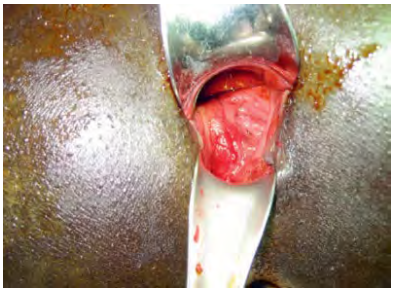
32.17.4　下部直腸(Rb)と肛門

下部直腸(Rb)や肛門の損傷は、周囲組織を巻き込むケースが極めて多い。こうした症例では、骨盤内の疎な結合組織に便汚染を来し、致死的な重症感染症を引き起こす。外科診療では、従来より「4Ds」と呼ばれる方針に沿って一連の治療が行われる。すなわち、「Divert(人工肛門造設などによる排泄路の変更)」、「Drain(ドレーン留置)」、「Direct repair(直接的修復)」、「Distal washout(遠位側腸管の洗浄)」を行う。

ただし、大腸損傷の場合と同様に、下部直腸損傷や肛門損傷に対する治療原則についても最近では疑問の声が上がっている。例えば、直腸損傷が低エネルギー外傷に伴う、外周の 25%未満の小さなものであれば、外傷専門の医療施設なら、ストマやドレナージを行うことなく抗生剤投与下に流動食を開始することで良好な経過を得ている。しかしながら近傍構造物の広範な損傷や戦傷時の感染リスクを考慮すると、古典的な‘侵襲的’治療が、限られた資源の中では最も安全なアプローチとして ICRC 外科医によって推奨されている。

下部直腸や肛門領域の損傷は、直腸診により非観血的に診断されることが多い。一方、開腹手術時によって精査を行う場合、後腹膜の開放には慎重でなければならない。腹腔内からの検索が必要となるような、骨盤内臓器の損傷がない限りは、後腹膜を開放するべきではない。下部直腸や肛門の単独損傷症例では、人工肛門造設術を併用して管理する。

H. Nasreddine / ICRC


H. Nasreddine / ICRC

H. Nasreddine / ICRC

写真 32.59.1- 3
肛門部の単独損傷症例に対して、ストマ造設術を併用しつつ、会陰部からドレナージ治療を行う。

Diversion(ストマ造設、排泄経路の変更)

近位側に、ループあるいは二連銃式 S 状結腸ストマを造設することが、管理に関して最も重要な部分である。

Direct repair(直接修復)

狭い骨盤腔側から下部直腸にアプローチすることは難しく、そのままでは十分な修復処置を行うことができない。こうした症例では、経肛門的アプローチの方が視野を得やすい。また、肛門周囲組織を修復するために視野展開した結果として、肛門部外傷の修復やデブリドマンが行えるようになることもある。小さな損傷であれば、修復をしなくても二次治癒によって自然に傷が閉じる。

Distal washout(遠位側腸管の洗浄)

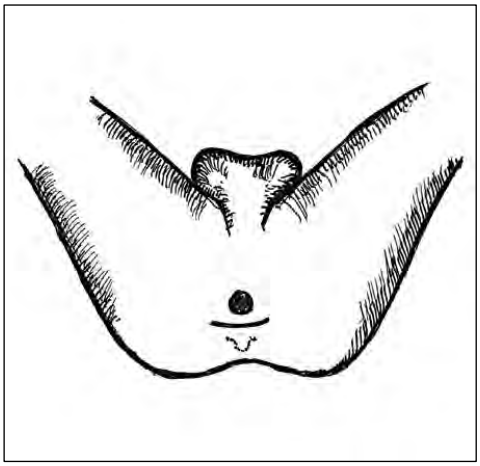
摘便と、ストマよりも肛門側の腸管を洗浄することは、腸管の損傷部を同定して修復を行う上で有用である。下部直腸の洗浄は、直腸内の菌量を減少させるが、同時に損傷部の周囲組織を便汚染に曝す可能性もある。そのため、点滴用チューブを利用して生理食塩水を滴下するなど、低圧での洗浄がよい。また、残便の自然排泄を促すために、肛門を拡張した後に、太めのチューブを経肛門的に留置してもよい。この場合、直腸洗浄はしてもしなくてもよい。

直腸内の糞便の除去が必要なケースは他にもある。戦場に身を置く兵士は、その生活環境から脱水傾向になる場合が多く、便通も滞りがちとなる。そのため、硬便を用手的に除去してやる必要がある。

Drainage(ドレナージ)

穿孔によって直腸周囲組織が便で汚染された場合には、ドレナージを行う必要がある。仙骨前腔のドレナージを行う場

合、肛門尾骨間に切開を加えるとよい。また、会陰部外傷に対するデブリドマンは、処置そのものがドレナージ効果を伴う。仙骨静脈叢からの出血を伴うケースでは、一時的パッキングがドレナージの代わりとなる。



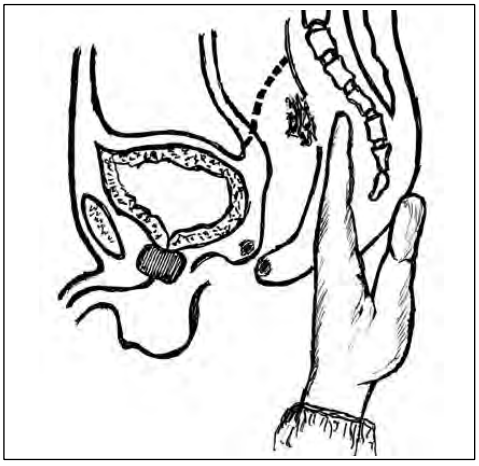


図 32.60.1-2
下部直腸損傷で、仙骨前腔に後腹膜組織の汚染を認める場合、肛門尾骨間に横切開を加えてドレナージを行う。尾骨除去が有用である場合もある。

肛門部及び会陰部に外傷を認めた場合は、繰り返すデブリドマンが必要なケースがある。尿生殖器系に外傷を合併する場合は、特にこうした処置を講じなければならない。膀胱外傷や膣外傷は、個別に修復する必要があり、有茎大網を膀胱と膣のそれぞれの縫合部の間に挿入するとよい。

肛門粘膜が剝がれている場合は、できるだけ元の位置に縫合固定しておく。肛門括約筋に損傷が及んでいないかどうかは、特に注意して評価しなければならない。損傷範囲が小さい場合は、縫合修復する。しかし、損傷や欠損が大きい場合には、段階的に修復する必要がある。それでも修復できないほど損傷が大きい場合は、腹会陰式直腸切断術（マイルス手術）を行い、永久ストマを造設しなければならない。コントロールできないほどの大量出血を認めた場合にも、こうした根治手術が必要となる。

32.18 腹腔ドレーン

写真 32.61
複数のドレーンが必要となるケースもある。

腹腔ドレーンの留置についてはいまだ議論がある。一昔前では、大きな開腹術を行った際には、腹腔内の4か所にそれぞれドレーンを留置していた。すなわち、肝下面、脾下極、右傍結腸溝、ダグラス窩の 4 か所である。これは、腹腔内膿瘍を引き起こす可能性があるすべての液体貯留を防ぐべきである、との考えに基づいた処置である。しかし、病態生理学の解明が進むにつれ、ドレーンそのものが感染を引き起こす原因となっていることがわかってきた。ドレーンは逆行性感染のルートになるだけでなく、それ自体が異物として腹膜に炎症を引き起こす。しかも、大網や小腸の反応を考えると、ドレーンの有効範囲は留置した部分に限られ、生理学的にも腹腔内のすべてをドレナージ範囲に含めることは不可能である。したがって、今日では腹腔内ドレナージについて、より控えめな意見が多い。

しかしながら、以下のようなケースではドレーンの留置が必要である。

- 腹腔外損傷
- 肝、内臓浮腫からの排液
- 滲出液そのものが炎症や感染を引き起こす有害なもので、ドレナージが治療の主体となる場合（膵外傷、十二指腸外

傷、肝外胆管からの胆汁漏など）；

- 局所感染を伴い、ドレナージが治療の主体となる場合（横隔膜下膿瘍など）

ドレーンが腸管吻合部に近すぎると、治癒過程に影響を及ぼし、縫合不全を引き起こすことがある。

ドレーンは口径が大きく、いくつか側孔の開いたものを用いる。ドレーンは尿バッグにつないで閉鎖式ドレーンとする。こうすると、看護ケアもしやすくなる。尿バッグは、それぞれ別の皮切を設けて外へ出す。ドレナージが有効でないケースでは、吸引器を利用できる場合はサンプドレナージを行う（写真 32.35 参照）。直接吸引は、その陰圧によって腸管が侵食されて瘻孔形成を引き起こすため、禁忌である。

ドレーンはできるだけ早期に抜去すべきである。膵、十二指腸、胆管と、後腹膜にある尿路のドレーンを除けば、24 時間後にはほとんどのドレーンは抜去可能である。

ドレーンは重力ドレナージとし、できるだけ早期に抜去する。

32.19 術後管理

抗生物質

腹部外傷症例では高率に感染症を合併する。特に、高齢、大腸損傷、来院時ショック状態、術中大量輸血、多臓器損傷、といった症例ではそのリスクが高まる。

ICRC のプロトコルでは、抗生剤の投与期間を 5 日間と定めているが、長すぎるとの声もあり、24 時間のみの投与でよいとする報告が多い[17]。最も重要なことは、抗生剤投与の早期投与である。来院前に投与されていると最もよいが、術前投与や、可能であれば救急初療時に投与しておくことが望ましい。遅くとも手術室入室時には投与しなければならない。

鎮痛

大手術の後は、十分な疼痛コントロールを行うことが重要である。鎮痛剤を適切に使用することは、患者から肉体的苦痛を取り除くだけでなく、戦闘による精神的なショックを和らげ、理学療法や離床訓練を円滑に行うことにもつながる。資源が限られていることや、戦傷であることを理由に患者の疼痛コントロールを怠ってはならない。

理学療法

理学療法と早期離床は、呼吸器合併症、関節拘縮、筋萎縮、深部静脈血栓症を予防するために不可欠である。患者をベッドから起こし、深呼吸と咳の練習を促すことが重要である。

栄養

経鼻胃管はできるだけ早期に抜去して、経口摂取を開始する。腸管の蠕動は、小腸では術後 12～24 時間以内に始まり、胃では 24～48 時間以内、大腸では 3～5 日後に始まる。よくいわれるように、経口摂取を始めるにあたり、排ガスやすべての腸管蠕動を確認する必要はない。経鼻胃管からの排液が緑色から透明に変われば、それは胆汁の逆流がなくなったことを意味し、経口食事を開始するための目安となる。

他には、腹部膨満や腹痛、嘔吐なく食事ができることが経口食事開始の指標となる。飲水は 24 時間後に、少量の経口摂取は 2 日目から可能である。実際のところ、早期に少量の経口摂取を行うことは、胃腸の蠕動を刺激し、利尿を促進させることがわかっている。

アミノ酸製剤や脂肪製剤を経静脈栄養として用いることは、資源の限られた状況では稀である。普通食をミキサー食として胃瘻や腸瘻から投与することは有用かつ実用的である。

尿道カテーテル

輸液量のバランスをモニタリングするために尿道カテーテルを留置している場合は、尿路感染症を避けるために、24 時間を目安にできるだけ早期に抜去する。重症症例や、著しい脱水を伴うケースでは、カテーテルの留置を継続する。膀胱

外傷を合併する場合は、1 週間留置したままにしておく(第 33 章 7 参照)。

切開創

閉腹創を覆っているガーゼは、抜糸時まで交換しなくてもよい。ガーゼが血液や膿で汚染された場合は、開創して十分に検創する必要がある。腹壁欠損創や軟部組織外傷部を覆っているガーゼは、待機的一次閉創(DPC)を行うまでそのままにしておく。

32.20 術後合併症

外傷の重症度や患者の全身状態にもよるが、腹部外傷症例における合併症の発生率は 20～60%である。生命を脅かす危険性があるものとして、持続性の出血、再出血、腹腔内臓器損傷を見落としたことによる腹膜炎や腸瘻形成、多臓器不全、急性呼吸窮迫症候群(ARDS:acute respiratory distress syndrome)がある。

腹部合併症は数えきれないほどあるが、その多くは腹部外科でよく見られるものである。発射物に特有の合併症も見られる。特に重要なものを以下に挙げる。

・感染
  -異物に起因する腹腔内膿瘍(弾丸などの破片、衣服の一部、石、非吸収糸)
  -骨髄炎(肋骨、骨盤、股関節、脊椎、あるいは遠位部の骨折)
  -脊髄損傷に合併する髄膜炎
・洞形成、瘻孔形成
  -異物によって生じるもの
  -腸管壁に残存する弾丸片によって引き起こされる低排出性の腸瘻
・腸閉塞
  -異物周囲の癒着によるもの
  -横隔膜損傷による腹腔内臓器の脱出(横隔膜ヘルニア)。
・腹壁瘢痕ヘルニア
  -傍ストマヘルニア
  -射入創・射出創に形成されるヘルニア
・重症外傷後の若年男性に見られる無石性胆嚢炎

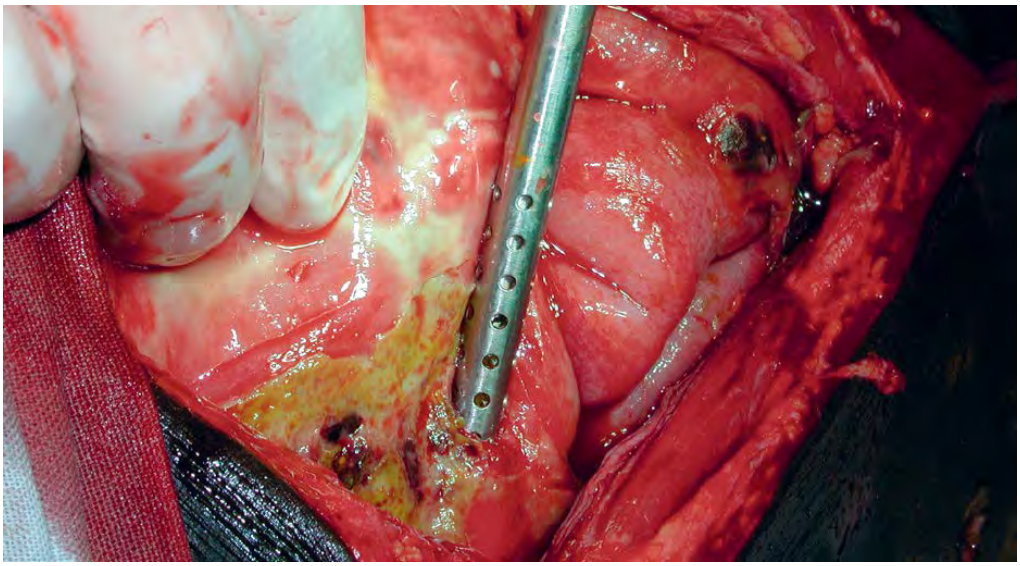


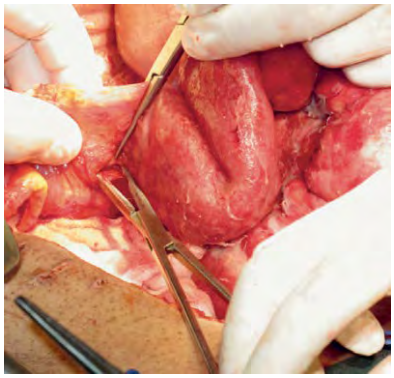
写真 32.62
術後腹膜炎の開腹所見

V. Sasin / ICRC

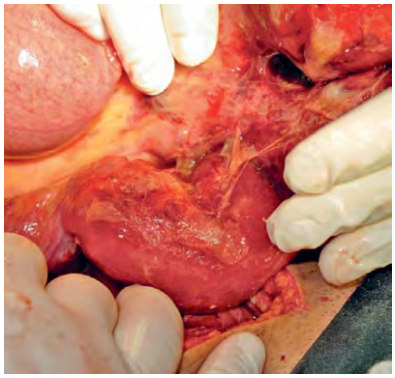
写真 32.63
腹壁創から壊死性筋膜炎に至った症例

H. Nasreddine / ICRC

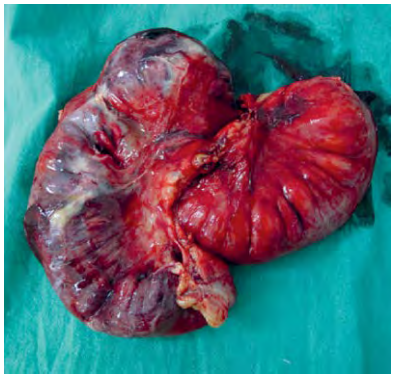
合併症の中には速やかに外科的処置を行う必要があるものもあれば、腸瘻のように保存的治療で対応できるものもある。腹膜炎症例に対して再開腹術を行うケースは、腹腔内損傷の見落としに起因する場合が多い。こうした症例は死亡率が極めて高いため、直ちに開腹手術を行うべきである。



ICRC



ICRC



ICRC

写真 32.64.1-32.64.3
受診の 3 日前に受傷した爆傷症例。正しい治療が行われないまま放置されていた。体表面に多数の裂傷を認めたが、それらは民間病院で縫合されていた。ICRC の病院で大腿動脈修復術が行われ、その後開腹手術となった。汎発性腹膜炎は見られなかったが、空腸穿孔と広範な癒着、局所の膿瘍形成を認め、盲腸は壊死していた。右半結腸切除術と回腸横行結腸吻合術を施行して、救命することができた。

術後発熱

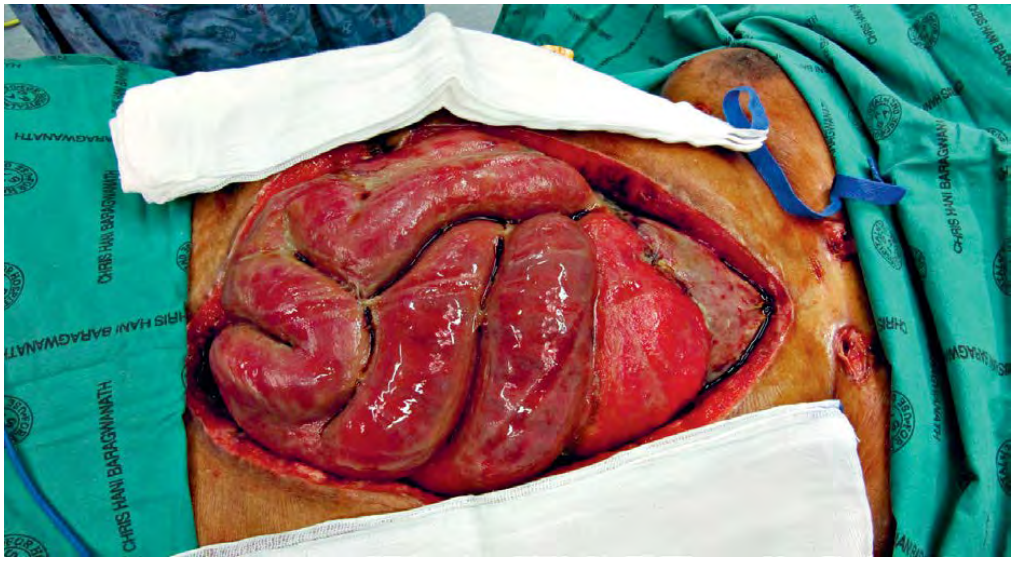
発熱の原因は様々である。尿路感染、無気肺、肺炎、深部静脈血栓症や敗血症など、原因疾患は腹腔内、腹腔外を問わない。マラリアの流行地域では、重症外傷に対する手術後 48 時間以内に発熱することも稀ではない。血液塗抹標本に所見がない場合でも、予防的にマラリア治療を開始する方が賢明である。また、その土地に特有な疾患、例えば腸チフスなども念頭に入れておく。

17. 腹部外傷症例に対する抗生剤治療のプロトコルは、2010 年 12 月にジュネーブで行われた Second ICRC Master Surgeons Workshop で改訂された。新しいプロトコルでは、従来の 5 日間投与から 3〜5 日間投与へと変更され、看護業務の簡略化を図っている（補足 F.3 参照）。

付録 32.A　腹部コンパートメント症候群

コンパートメント症候群は、体のあらゆる閉鎖腔（コンパートメント）において生じる可能性がある。腹部コンパートメント症候群が生じるケースとしては、輸血血液の不足によって大量の晶質輸液の投与を要した蘇生後や、長時間の開腹手術を行った場合などがある。これらはどちらも腸管浮腫を引き起こす原因となる。また、タンポナーデ効果による止血処置として、大量の布パックを充填したことが原因となる場合もある。腹部コンパートメント症候群は、腹膜外傷症例や熱傷症例にも見られる。

写真 32.A.1
腸管の浮腫所見。過剰に晶質輸液投与を行った結果としてしばしば見受けられる。

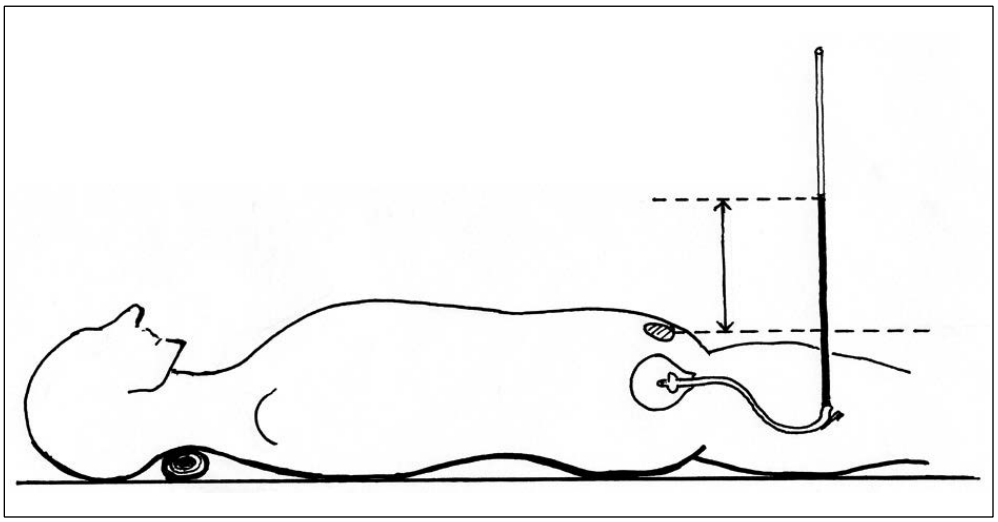


F. Plani / C.H. Baragwanath, S. Africa

臨床的に腹腔内圧は、腹部膨満や腹部硬直、腸管拡張時に上昇する。しかし、こうした臨床所見と実際の腹腔内圧が必ずしも相関するわけではない。臨床的コンパートメント症候群は、腹腔内圧の上昇が、腹腔内臓器の機能不全を引き起こす形で発症する。腹腔内圧の高い状態が続くと、多臓器不全を生じる。まず、乏尿が起こる。さらに、横隔膜が挙上されることで呼吸困難を引き起こす。そして、下大静脈が圧排されることによって心拍出量の低下を来す。

腹腔内圧は、膀胱内圧を測定することで間接的に知ることができる。写真 32.A.2 に簡便な方法を示す。まず、患者を仰臥位にして、腹圧をかけないようにリラックスさせる。次に膀胱内にフォーリーカテーテルを挿入して空にした後、滅菌操作で生理食塩水 50mL を注入して、カテーテルを 50～60cm ほど挙上したまま維持する。この時、生理食塩水の上面が呼吸変動し、かつ恥骨上部の圧迫によって上昇することを確認する。恥骨結合正中線を 0 基準として、生理食塩水を注入してから 1 分後の終末呼気値を膀胱内圧として記録する。

正常な膀胱内圧は 0～5mmHg で、開腹術後は 10～15mmHg（1mmHg＝1.36cmH_2O）である。20mmHg（27cmH_2O）以上になる場合は、直ちに治療が必要である。他の生理学検査と同様に、単一の値だけを論じることにはあまり意味がない。経時的に測定を行うことと、傾向を追うことに臨床的意義がある。



C. Giannou / ICRC

図 32.A.2
膀胱内圧を介した腹腔内圧測定法。(間接法)。恥骨結合の高さを 0 基準として、生食水柱の上面の高さを測定する。これは膀胱内圧(cmH_2O)と等しい。

膀胱損傷時には、経鼻胃管を用いて同様の測定を行う。胃の内容物をすべて吸引した後、生理食塩水を 50cm の高さまで注入し、中腋窩線の高さを 0 基準として生食水柱の高さを測定する。胃内圧の値は、膀胱内圧値と比べて $2.5cmH_2O$ 以内の誤差の範囲にある。

腹腔内圧上昇時の対応としては、まず内科的治療を行う。

- 減圧目的に経鼻胃管と直腸チューブを留置する
- 輸液は控えめにする
- 利尿剤投与
- マンニトール投与
- 鎮静と疼痛コントロール

治療が奏功せず、腹腔内圧のコントロールが得られない場合や、初診時にすでに非常に高い腹腔内圧値を呈する場合には、減圧目的の手術を行う必要がある。こうした手術では、前述のダメージコントロール手術と同様に、閉腹せずに「開創のまま」にしておく。資源の限られた環境では、多臓器不全を認めるようなケースは救命できないことが多い。

第 33 章
尿生殖路損傷

33. 尿生殖路損傷

33.1 はじめに 506

33.2 創傷弾道学 506

33.3 疫学 506

33.4 診察と診断 507

33.5 腎臓 507
- 33.5.1 腎損傷の重症度 507
- 33.5.2 外科的治療方針の決定 509
- 33.5.3 非外科的治療 509
- 33.5.4 患者の術前準備、皮膚切開、到達経路 509
- 33.5.5 外科的治療 510
- 33.5.6 腎瘻造設術 512
- 33.5.7 腎臓摘出術 512
- 33.5.8 腎部分切除術および腎修復術 512
- 33.5.9 両側腎損傷 513

33.6 尿管 514
- 33.6.1 診断 514
- 33.6.2 外科的治療方針の決定 515
- 33.6.3 尿管断裂の外科的治療 515
- 33.6.4 尿管挫傷の外科的治療 519
- 33.6.5 診断の遅れと合併症 519

33.7 膀胱 520
- 33.7.1 診断 520
- 33.7.2 外科的治療 520

33.8 前立腺及び後部尿道 521
- 33.8.1 診断と救急室での処置 521
- 33.8.2 外科的治療 522
- 33.8.3 後遺症と合併症 523

33.9 男性外性器と前部尿道 523
- 33.9.1 診断 523
- 33.9.2 外科的治療 523

33.10 女性外性器と尿道 526

33.10.1 診断 527
33.10.2 外科的治療 527

33.11 術後管理 527

基本原則
尿生殖路損傷の多くは手術台の上で初めて見つかる。
尿管損傷や膀胱損傷の多くは、合併症を呈するまで全く見落とされる。
損傷部に尿が流れないように尿路変更を行うべきであり、ドレナージも考慮すべきである。
腎損傷の治療は、ドレナージによる保存的治療か、腎摘術のどちらかである。

33.1 はじめに

尿生殖路は腹部及び骨盤の一部であり、尿生殖路損傷の診察は腹部診察の一部にあたる。この章を別に設けたのは、そうした事実をより明確にするためである。尿生殖路損傷の診断の大部分は、標準的な開腹術によって行われる。

戦傷による尿生殖路損傷の管理は、戦傷外科及び泌尿器科の基本原則に基づいて行われる。

33.2 創傷弾道学

腎臓は、他のすべての実質臓器と同様に、弾力性に乏しいため、空洞化が起こると粉砕に至る。爆発に曝されると、挫滅や腎実質の裂傷を起こし、鈍的外傷に似た病態を呈する。通常は比較的軽症であり、生存例では他の臓器に損傷の影響が波及していくことはない。

膀胱は、他の空洞を有する臓器と同様に、尿で充満しているか否かによって、発射物から受ける影響が異なる。膀胱が空の場合には、発射物は単に弾力性のある筋層を貫通するだけであるが、膀胱が充満している場合には、境界効果(第3章 4.3 参照)を呈し、液体内部に形成された空洞によって水圧が著しく高まり、膀胱は破裂する。

尿管は比較的可動性があり、弾丸を避ける傾向がある。しかし、尿管の血液供給路は細かい区域に分かれているため、弾丸のもたらす空洞効果によって、塞栓や虚血、尿瘻形成を伴う遅発性壊死などを引き起こして障害される。同様の現象が一次爆傷でも見られる。

外性器や会陰部は、発射物によって直接的に傷害されやすく、挫滅や裂傷を形成する。こうした所見は、特にパターン1の対人地雷による外傷でよくみられる。

33.3 疫学

戦傷における尿生殖路損傷は、全体の2～4%にすぎず、腹腔内臓器損傷のうちの10～15%である(表32.2)。腎損傷は、他の尿生殖路損傷と比べてはるかに頻度が高い。近代的な防弾チョッキを着用していると腎損傷や尿管損傷の頻度は相対的に減少するが、下部尿路損傷は増加する。

発射物が尿路だけを傷害することは稀で、75～90%は合併損傷を伴う。特に、対麻痺を伴う脊髄損傷は高頻度に合併し、発射物による腎損傷症例の約40%にみられる。腎臓の単独損傷は接線方向の外傷や背部の受傷でみられる。

外性器は露出しているため、単独の損傷もあれば、会陰部や、骨盤内の他の臓器損傷を合併していることもある。特に対人地雷によって損傷を受けるケースが多い。

33.4 診察と診断

腹部の診察を行う際には、第32章4.3に記載したように、すべての尿生殖路の異常にも注意を払わなければならない。会陰部の皮膚の皺に隠れた小さな創は、一見しただけではわからないこともある。救急室における十分な診察と治療の中には、直腸や膣の診察や、尿道カテーテル留置も含まれる。生殖器損傷を認めた場合は、適切に尿道カテーテルを挿入して治療を行う必要があるが、裂離傷では禁忌である。

尿生殖路損傷において、血尿はいつも見られるわけではなく、ショックによる乏尿を伴う場合にはその同定が難しい。また、凝血塊を伴う明らかな血尿が膀胱内に見られる場合を除いては、損傷の重症度との関連性は乏しい。一方で、尿生殖路損傷を伴わない重篤な腹部外傷症例では、その多くに顕微鏡的血尿を認める。

発射物による腎損傷で著明な血尿を認めるのは、腎杯が損傷された場合のみで、そうしたケースでは血液の流出を認める。しかし、腎血管茎の損傷を含む重症の腎外傷であっても、その半数以上は肉眼的血尿どころか顕微鏡的血尿すら見られないことがある。尿管損傷では、腎損傷よりさらに血尿が見られないケースが増える。明らかな血尿を認めるのは、膀胱損傷を伴う場合だけである。

一般的に、体幹の外傷が重篤であれば臨床検査は最小限に留められる。尿路損傷が疑われる場合でも、術前に経静脈的腎盂造影が行われることは、それが可能な施設であっても稀である。術前に尿生殖路損傷の局所が確実に同定されているケースはほとんどなく、他の腹部損傷が疑われて開腹手術を行った際に、手術台の上で偶然発見されるケースがほとんどである。尿管損傷や腹膜外膀胱損傷などでは損傷が見落とされ、合併症が起こってから発見されることもある。

術中に高容量の静注用造影剤を用いて腎盂造影を行う手段は有効であり、多くの外科医が行っている。しかし、施設によってはいつでもこうした処置が行えるとは限らない。放射線検査が可能な場合に検索すべき要点を挙げる。

- 造影剤漏出の有無
- 腎損傷の有無、及びそれらが機能しているかどうかの確認
- 先天性あるいは後天性の解剖学的異常（馬蹄腎、水腎症、水尿管症など）の有無

その他の術中診断法として、経静脈的に投与したメチレンブルーやインジゴカルミンなどの色素の漏れを肉眼的に確認する手法がある。尿道カテーテルから逆行性に色素注入する手法は膀胱損傷部の同定に有用である。

33.5 腎臓

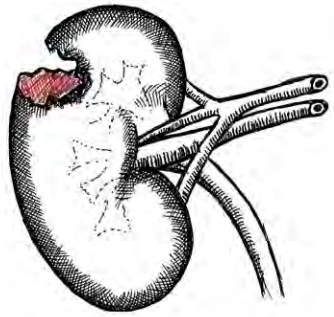
腎損傷治療の主目的は、出血をコントロールして、可能な限り腎組織を温存することである。そして、腎機能を維持することで、できる限り他の致命的な外傷管理を並行して行えるように努めることである。腎透析を回避するためには、少なくとも腎実質の25%以上を温存する必要がある[1]。

33.5.1 腎損傷の重症度

発射物によって重篤な腎臓損傷を被った場合、著しいショック状態を呈する。こうしたケースでは、直ちに試験開腹を行う必要がある。腎損傷症例では、そのほとんどに後腹膜血腫を伴い、これは重症度によって分類される。弾丸による腎外傷の簡単なグレード分類を表33.1に示す。より詳細な分類もあるが、それらはむしろ鈍的外傷に関係する分類である。

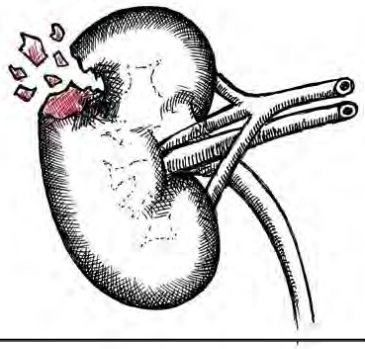
1. Carroll PR, McAninch JW. Operative incdications in penetrating renal trauma. J Trauma 1985; **25**: 587-593.

Grade A
腎実質の挫滅や裂傷のみで
尿の漏出がないもの



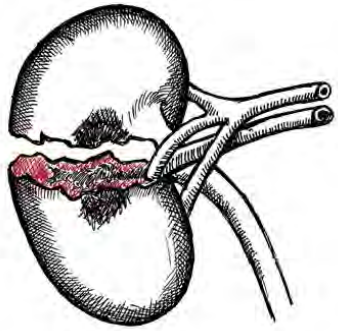
N. Papas / ICRC

Grade B
腎杯系に至る深い裂傷で
尿の漏出があるもの



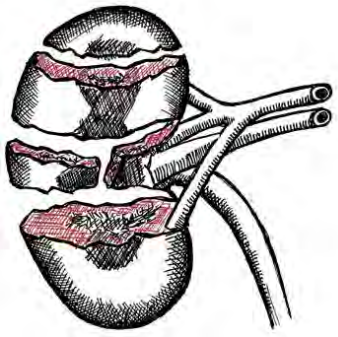
N. Papas / ICRC

Grade C
腎臓の完全な破裂



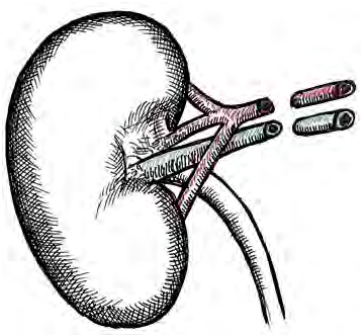
N. Papas / ICRC

Grade D
粉砕腎



N. Papas / ICRC

Grade E
腎血管系の損傷



N. Papas / ICRC

図 33.1.1-33.1.5
腎損傷の重症度による病態の図解

33.5.2 外科的治療方針の決定

発射物による腎損傷症例では、4 つの異なる出血所見を呈する[2]。
- ゲロタ筋膜が破裂して、腹腔内に出血を認める。
- 腎周囲の血腫増大を認める。
- 腎尿路系に大量に出血して、血尿や膀胱内に凝血塊が貯留する。
- 後腹膜血腫として貯留する。

腎に及んだダメージの範囲が明確に診断できるのは、粉砕腎を認める症例に限られる。腎動静脈損傷や大量の血尿を認める症例では、手術による後腹膜の検索を要する。保存的に観察した場合は、腎周囲の血腫の対応に悩まされることになる(第 32 章 11 参照)。

こうしたケースでは、血腫の状態と患者の全身状態によって対応が分かれる。

1. 血腫が小さい場合、患者の全身状態が安定していればそのまま放置してよい(Grade A)。
2. 中程度から高度の血腫を認め、Grade B や Grade C の損傷が疑われる場合は、患者の全身状態が安定していれば、開腹して損傷部を修復し、腎の温存に努める。
3. 他の外傷のために患者の循環動態が不安定な場合は、ダメージコントロール手術が優先される。こうしたケースでは、Grade B や Grade C の損傷があっても、血腫を観察するために手術を行うことは避けるべきである。腎周囲のパッキングのみを行って、後日に患者の状態が安定してから経静脈的腎盂造影を行って、二次的手術を検討すればよい。
4. 粉砕腎(Grade D)や腎動静脈損傷(Grade E)を認める場合は、後腹膜腔への大量出血や急速な血腫の増大を来すが、いずれも開腹して腎摘術を行わなければならない。
5. 経静脈的腎盂造影を施行して尿の漏出が認められるようなケースでは、デブリドマンが必要な実質組織損傷を伴うため、患者の全身状態が安定していれば手術による後腹膜の検索を行わなければならない。

33.5.3 非外科的治療

側腹部や背部に、小さい低エネルギーの破片外傷を認めるようなケースで、血尿や腎臓部の圧痛を伴うものの、他の腹部損傷徴候がなく、全身状態が安定している場合がある。こうした症例に対して経静脈的腎盂造影を行うと、尿漏出を伴わない限局性腎損傷と診断されることが多い。このような損傷は、腎実質の刺傷症例の所見に似ており、治療による良好な予後が期待できる。

爆傷症例では、腎損傷を常に疑わなくてはならない。腎に衝撃が加わると、臨床的には側腹部痛となって現れる。こうした症例に経静脈的腎盂造影を施行しても、正常であることが多いため、ほとんどの場合は行わなくてもよい。

どちらのケースも、ベッド上安静と、十分な尿量確保に努めることで治療することができる。こうした症例に対しては、鈍的外傷を扱う時のように注意深い観察を行い、大量の肉眼的血尿が 48 時間以上続いたり、大量出血によって患者の全身状態が不安定になったりした場合には、手術を検討する。

33.5.4 患者の術前準備、皮膚切開、到達経路

手術は腹部正中切開で行うが、どのような開腹術にでも対応できるように、あらかじめ患者の準備をしておかなければならない。戦傷外科症例の緊急手術では腹腔内損傷を否定できないため、泌尿器科の予定手術で行われる側腹部切開が用いられることはない。

腎臓への到達法は、その後の腎動静脈へのアプローチを念頭において選択しなければならない。患者の状態によって、2 つの到達法がある。1 つは小腸を翻転し、下腸間膜静脈の内側で大動脈に沿って後腹膜を切開し、腎動静脈に前方からアプローチする方法である(図 33.2)。この方法は血管を露出するまでの剥離操作に時間がかかるため、状態が安定している患者に対して腎臓の修復と温存を目的としている場合にのみ用いるとよい。状態の不安定な患者に対しては、内臓

を内側へ翻転させて大血管を露出させる方法を選択するとよい(第 32 章 11.1 及び第 32 章 11.2 参照)。腎臓の露出に際しては、多くの外科医が、この臓器を内側へ翻転させる方法を好む。後腹膜腔は血腫によってすでに剥離されているため、速やかに血管にアプローチすることができる。いずれの到達法でも、腎動静脈を遮断する前に、まず腎茎部を用指的に圧迫して出血のコントロールを試みる(腎プリングル法)。

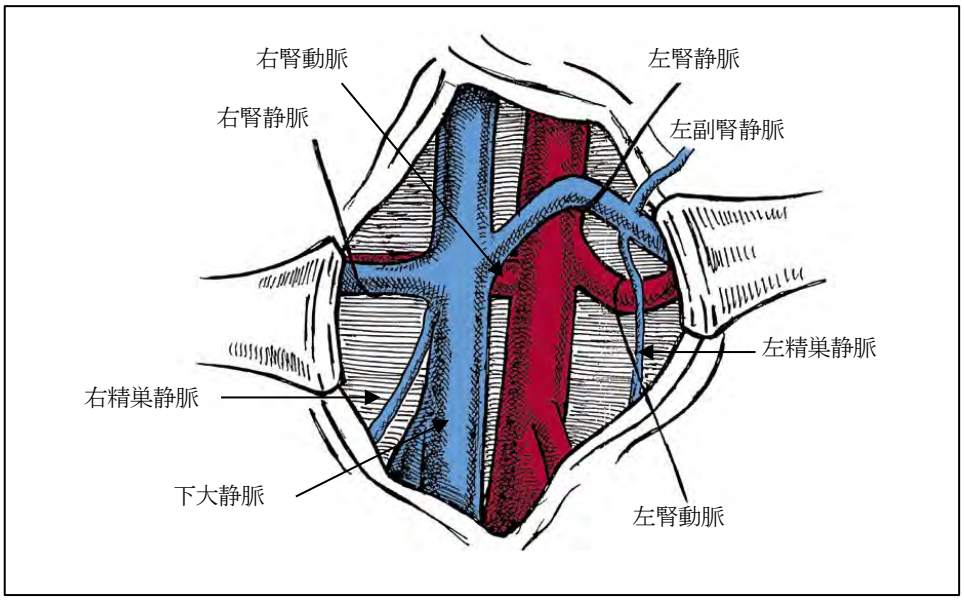


図 33.2
下腸間膜静脈の内側、大動脈の前方で腎動静脈を露出したシェーマ

33.5.5 外科的治療

Grade A:腎実質の被膜裂傷のみで、尿の漏出がないもの

Grade A の腎損傷では、腎周囲に様々な大きさの血腫を来す。血腫が小さく安定していれば、ゲロタ筋膜を切開せずに、そのまま放置してよい。血腫は腎周囲から後腹膜腔へ向けてドレナージされる。後日、術後の回復期に、経静脈的腎盂造影を施行する。

Grade B:腎盂及び腎杯に及ぶ深い裂傷で尿の漏出を伴うもの

Grade B の腎損傷では、軽度から中等度の血腫が見られたり、尿の漏出を伴うケースがある。腎臓を露出させ、傷害された腎実質のデブリドマンを行い、マットレス縫合を用いて止血する。露出面は、腎皮膜や大網、あるいは遊離腹膜を用いて可能な限り被覆する。

腎杯に小さな裂傷を認めた場合には、尿漏れを起こさないように 4-0 吸収糸で連続縫合する。尿管をクランプして、その中枢側からメチレンブルーを逆行性に注入すると、漏れや見落とした損傷部を同定することができる。

腎杯系に至る、より大きな実質損傷を認めることも多い。こうした症例では、デブリドマンと縫合止血を行った後、腎裂傷部の両端をできる限り密着させておく。実質を閉鎖できる場合は、大網や腹膜の皮弁で被い、腎下極に腎瘻を造設する(図 33.7)。損傷が大きすぎて十分に閉鎖できない場合も、腎瘻を造設する。この場合皮膚損傷部から腎盂に向けて適切なカテーテルを挿入して腎瘻を造設しなければならないが、この方法はできるだけ避けるべき

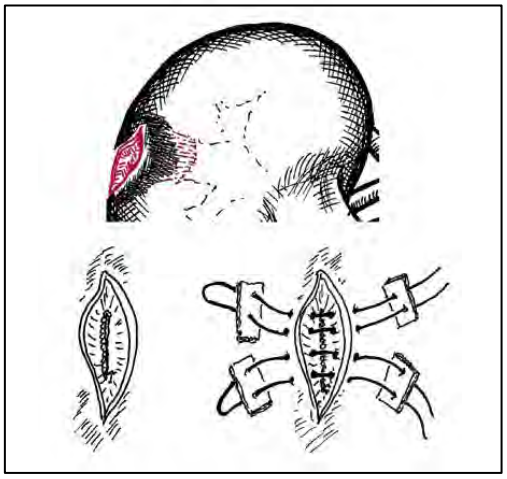
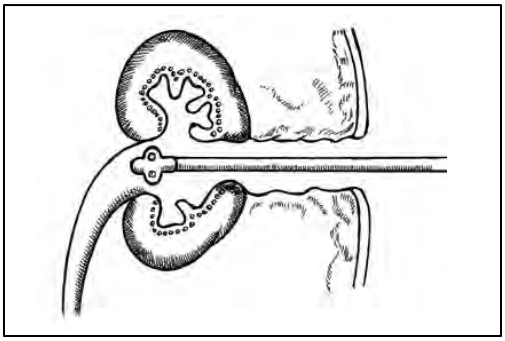


図 33.3 小さな裂傷はデブリドマンをした後、尿漏れがないよう連続縫合を加える。さらに、止血のためにゲロタ筋膜や後腹膜にプレジェットを用いてマットレス縫合を加える。

である(図 33.4)。

すべての症例に対して、体位変換などを利用して、腎周囲から後腹膜腔に向けた自然ドレナージを行う。



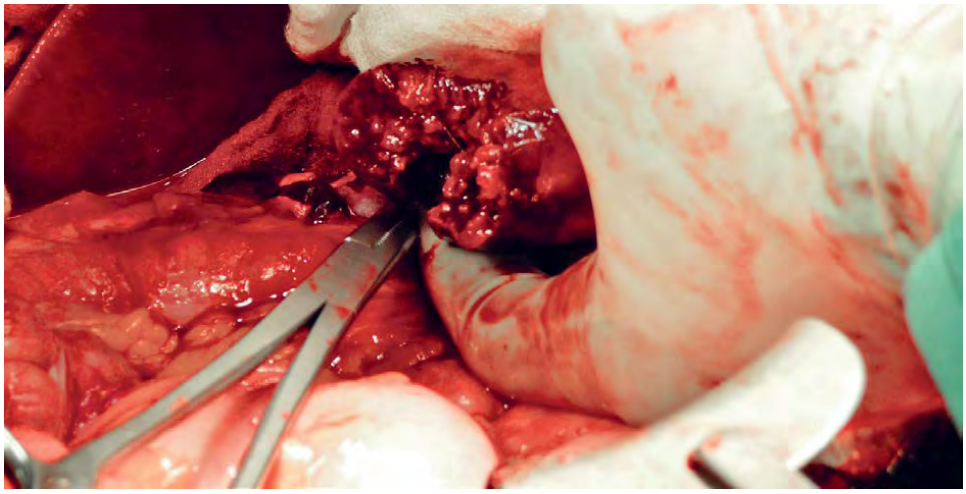
N. Papas / ICRC

図 33.4 皮膚損傷部から腎損傷部に向けた腎瘻造設術が唯一の選択肢となる場合もある。

Grade C:腎臓の完全断裂

Grade C の腎損傷では、大きくかつ増大する血腫を伴うことが多い。このような損傷は、部分的な腎切除で救命できることもあるが、それは裂傷が腎の辺縁部にあった場合に限られる。腎部分切除術や腎修復術は特殊な手技であり、一般外科医にとっては難しい。ほとんどの場合、治療は腎摘術が原則である。ただし、片側腎の症例や、両側腎損傷の症例は例外である(第 33 章 5.9 参照)。

写真 33.5
銃弾損傷によって左腎下極が完全断裂している。

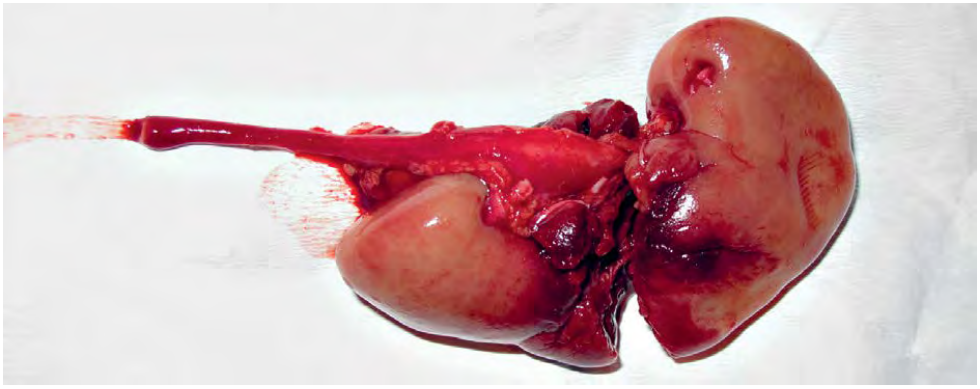


D. Meckelbaum / McGill University

Grade D:粉砕腎

Grade D の腎損傷では、腎摘術が唯一の治療手段である。

写真 33.6
摘出された粉砕腎



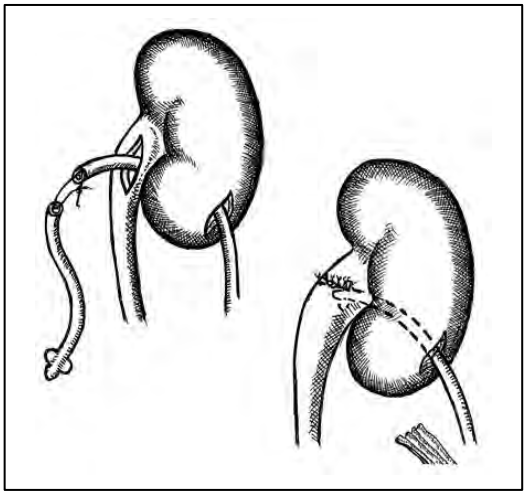
D. Meckelbaum / McGill University

Grade E:腎茎部損傷

拍動性の血腫や増大傾向にある血腫を認めた場合は、血管損傷の存在を疑わなければならない。腎動静脈の修復が試みられることは稀で、患者が失血死していなければ、通常は腎摘術が行われる。左腎は、腎静脈だけでなく精巣静脈と副腎静脈によっても静脈環流が確保されているため、左腎静脈は結紮してもよい。

2. Adapted from Schecter SC, Schecter WP, McAninch JW. Penetrating bilateral renal injuries: principles of management. J Trauma 2009; **67**: E25 – E28.

33.5.6 腎瘻造設術



N. Papas / ICRC

図 33.7
腎瘻造設術：腎盂切開を併用したカボット法（Cabot's method）

資源の限られた環境では、経皮的腎瘻造設術が可能なことは稀であり、外科医は開腹による腎瘻造設術を行わなければならない。

腎瘻造設術は腎皮質の傷害を最小限にするために、腎盂を通して行うのがよい。

腎盂を切開して下腎杯に指を挿入し、腎の最外縁の 5mm 背側に上極から下極に走るブロデルの無血線に沿って腎皮質を指に向けて切開する。適切なカテーテル（マレコー、ドペッツァー、フォーリー）を切開部から腎杯に直接、あるいは鉄道敷設法（chemin-de-fer technique: 訳注：日本の泌尿器科医の間では pull-through 法と呼ばれる）を用いて挿入する。腎盂を縫合閉鎖し、カテーテルを挿入した腎被膜の切開部は吸収糸で深めに結節縫合を加えて閉鎖する。腎周囲にドレナージチューブを留置する。

33.5.7 腎臓摘出術

粉砕腎や修復不可能な腎動静脈損傷を伴うなど、出血のコントロールができない症例に対しては、腎摘術が必要となる。外科医は腹腔内を用手的に検索し、もう片方の腎臓が、「正常に触れる」ことを常に確認しなくてはならない。

患者の全身状態が安定している場合、その施設で検査が可能であれば、静注による術中腎盂造影検査や、メチレンブルーなどの腎排泄性色素の静注を行うとよい。こうした検査は、健常側の腎機能を評価するのに非常に有用である。他に健常腎の機能を評価するための簡便な検査法として、患側腎の茎部をクランプして、尿の流出を確認する方法がある。片腎症例や、もう一方の腎も機能していない場合は、患側の腎実質の少なくとも25%を温存するように部分切除を行わなければならない。

腎摘術は、迅速に行うべき手技である。内臓を内側に翻転し、速やかに腎を露出させる。ゲロタ筋膜を切開して外側から血腫に到達し、腎を用手的に後方からすくい上げて内側に授動する。腎茎部はクランプをかける前に、指ではさむ。この方法は、緊急脾摘術で用いる術式に似た方法である。

腎動静脈はそれぞれ個別に二重結紮する。結紮は必ず動脈から行うように気をつける。続いて尿管を剥離して同定し、結紮する。

33.5.8 腎部分切除術および腎修復術

腎の部分切除や腎修復術は簡単な手技ではない。尿瘻や感染など合併症の発生率が高く、後に腎摘に至るケースも多い。患者の循環動態が不安定であったり、外科医の経験が不十分な場合は、手技的にも容易な腎摘術を選択する方がよい。ただし、片腎症例や、過去の外傷や既往疾患のために健側腎の機能が正常でない場合や、両側に腎損傷を認める場合は例外である。

腎部分切除術は、通常腎の上極か下極のいずれかの極部の部分切除がなされるが、腎中央部の完全裂傷症例（Grade C）に対しても施行される。

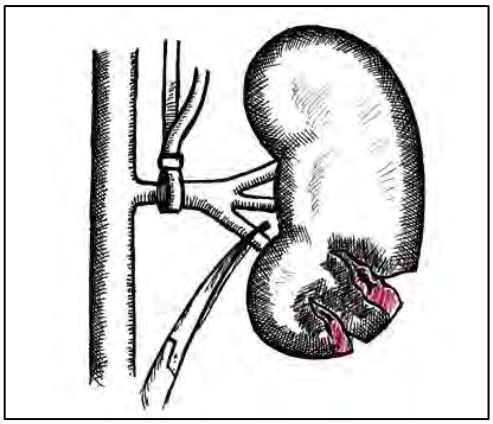


図 33.8.1
腎損傷部の支配動脈を結紮切離する。本幹の血管茎は血管鉗子かランメル・ターニケットでコントロールする。

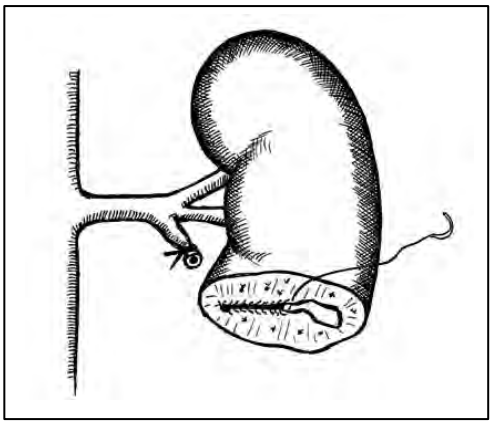


図 33.8.2
フィンガーフラクチャー法を用いながら、デブリドマンを行いつつ切除を進める。4-0 吸収糸による Z 縫合で、注意深く止血を行う。腎盂腎杯は 4-0 吸収糸による連続縫合で尿漏れがないように閉鎖する。

図 33.8.1-3.8.4
腎部分切除術

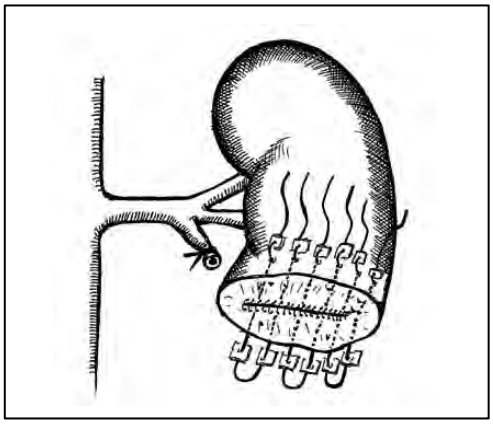


図 33.8.3
切断面は、プレジェットを用いたマットレス縫合で圧迫閉鎖する。

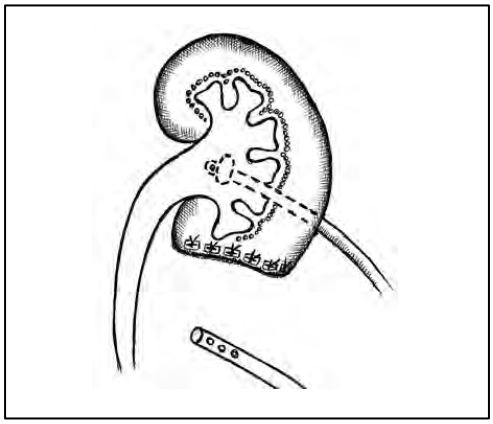


図 33.8.4
露出した断面は腎の残存皮膜か大網皮弁、あるいは遊離腹膜片で被覆する。尿は腎瘻から排出させる。腎床の貯留液をドレナージするためのチューブを後腹膜腔に留置する。チューブは排液が止まるまで抜去しない。

ゲロタ筋膜の切開は、前方アプローチで腎動静脈を露出させ、腎門部をコントロールできる状態にしてから行うべきだと指摘する外科医もいる。なぜなら、筋膜によって維持されていた内腔の圧を解除することで大量の出血を来し、不必要な腎摘を強いられるケースがあるためである。腎の外観は、腸を内側に翻転することによって露出することができる。この内側翻転の手法は、速やかに血管コントロールができるため、多くの外科医に好まれている。

33.5.9 両側腎損傷

理想的な環境で手術が行えるとしても、両側の腎損傷を扱うのは難しい。低所得国では腎透析の導入はほとんど不可能といってよいが、前述のように、透析を回避するためには腎実質の 25%を温存する必要がある。少なくとも、どちらか片方の腎の半分を温存するために、できる限りの努力を払わなくてはならない。患者の全身状態が安定している場合は、可能であれば、静注による術中腎盂造影が有用である。ダメージコントロール手術を行う場合には、両側の腎をパッキングし、蘇生後に腎盂造影を行うとよい。

腎損傷には様々なケースがある。

1. 両側の腎に重篤な損傷を認め、出血によって直ちに致死的な経過を辿るもの。
2. 片方の腎に重篤な損傷を認めるが、もう一方は軽度から中等度の損傷であるもの。
   腎出血を伴う症例では、直ちに腎摘が必要なケースが多い。もう片方の腎に軽度から中等度の損傷を伴う場合は、これをゆるく圧迫し、腎床部に貯留した滲出液を、後腹膜腔に適切にドレナージさせる。蘇生処置が終わってから術後の腎盂造影を行い、そのまま経過観察するか、部分切除術や腎修復のための再手術を行うかを判断する。
3. 両側の腎損傷が軽度から中等度に留まり、腎周囲の血腫も安定しているもの。
   継続治療を行うかどうかは患者の全身状態によって決める。他の外傷のために患者の状態が不安定であれば、腎のパッキングのみを行う。状態が安定している場合は、少なくとも片方の腎が機能していることを確認するために、まだ血腫が小さいうちに治療方針を決めてしまう。いずれにしても、術後の腎盂造影はその後の治療方針を決める上で有用である。

33.6 尿管

33.6.1 診断

尿管損傷は、ほとんどの場合、他の腹腔内臓器損傷に合併しており、こうした腹腔内臓器損傷の方が、併存する尿管損傷と比べて症状がより明確であるため、優先して扱われることが多い。尿管損傷では、断裂や挫傷を伴うケースであっても、血尿はほとんど見られず、観察されるとしても顕微鏡的血尿であることが多い。

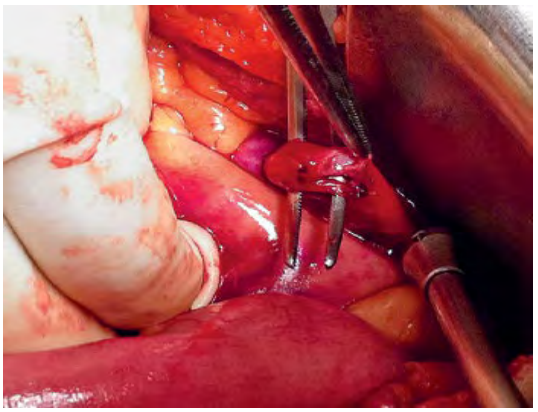
術前の経静脈的腎盂造影で尿管断裂と診断できる稀なケースはあるが、たいていの場合は、術前に尿管損傷の診断は得られない。実際には、術中でも尿管損傷が見落とされることがあり、術後合併症が起こってから初めてそれと診断されるケースもある。

遅れてみられる徴候と症状:

- 持続性の腹痛または側腹部痛
- 側腹部の腫瘤触知
- ドレーンから持続性に大量の排液が出ることによって判明する尿漏出
- 血尿
- 遷延する麻痺性イレウス
- 発熱
- 血清クレアチニンや尿素窒素の上昇

これらは、尿嚢腫、尿瘻や感染といった合併症が進行していることを意味する。経静脈的腎盂造影を行うと、尿の漏出や、尿管の閉塞、偏位、拡張、あるいは尿管が造影されないなどの所見がみられる。

こうした事実は、後腹膜の尿管周囲に血腫を形成した症例や、発射物が尿管の近くを通過したと見られる症例など、そのすべてに対して、試験開腹による徹底的な検索の必要性を示している。尿管断裂は、高エネルギー性の弾丸や爆傷によるキャビテーション効果によって引き起こされる。詳細に観察すれば、断裂した尿管や挫滅した尿管を同定できる。



R. Salaeh / Pattini Provincial Hospital, Thailand

写真 33.9
直視下の観察によって、血腫に囲まれた尿管に小裂創を認めた。

術中に、尿管を直接観察することが最も確実な診断方法である

尿管を観察した際に、尿管壁の変色や、用指圧迫後に毛細血管の再環流が乏しいなど、明らかな損傷所見を認める場合には、尿管断裂の可能性も疑わなければならない。傷害されていない尿管は、軽く触ったりつまんだりすると活発に蠕動する。尿管周囲組織の所見には、特に注意を払う必要がある。周辺の筋組織に重篤な損傷を認める場合は、高い運動エネルギーが局所に放出されたことを示している。こうした所見を認めたら、一見正常に見える尿管でも、肉眼所見よりも大きな傷害が隠れていることを予測しなければならない。尿管挫傷は自然に回復することもあるが、放置しておくと後日壊死に至って尿瘻を形成したり、尿管狭窄を来すこともよくある。

尿管断裂は、血管鉗子による圧挫など、医原性に起こることもあれば、急いで血腫に到達しようと剥離しすぎたために尿管壁の血流を損なったことが原因で起こることもある。

血腫のために尿管が同定できない場合は、メチレンブルーかインジゴカルミンを静注するとよい。また、静注と同時に細い針で直接腎盂に色素を注入する方法も有用である。もちろん、こうした検査を行うには、患者の循環動態が安定していなければならない。

高容量の造影剤を用いた術中経静脈的腎盂造影は、(もし検査が可能であったとしても)信頼できないことがよくある。尿管損傷を正しく診断できるのは、正確な経静脈的腎盂造影だけである。尿管挫傷では、腎盂造影所見は正常に見えても、虚血性変化を起こした部分が剥げ落ちることで、術後 2 日から 2 週間で尿瘻を形成するケースがよくある。

33.6.2 外科的治療方針の決定

尿管修復術や尿路変更術の術式は、患者の循環動態によって異なる。これは、併存する他の臓器損傷の緊急性の方が高いケースが多いためである。尿管断裂や尿管挫傷の修復法は、損傷部位によって異なる。

尿管断裂に対しては、数種類の尿管修復術や尿路変更術が必要となる。適切な尿管修復法は損傷部位によって異なる。

- 近位 3 分の1:尿管尿管吻合術、あるいは腎盂尿管吻合術を用いる。
- 中央 3 分の1:尿管尿管吻合術、あるいは健常側尿管への尿管側端吻合術を用いる。膀胱前壁をフラップとして用いて下部尿管を形成する方法もある。これは膀胱尿管形成術やボアリフラップ(Boari flap)として知られている。
- 遠位 3 分の1:尿管膀胱吻合術を用いる。

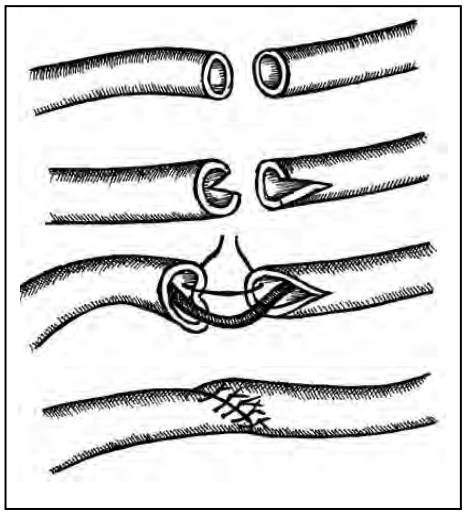
軽度の尿管挫傷であれば尿管ステントを留置しておけば十分に治癒する。重篤な尿管挫傷であれば傷害部位を切除して吻合修復する。

33.6.3 尿管断裂の外科的治療

近位側及び中央 3 分の1領域:腹部尿管

尿管修復の手段として、切除と吻合(尿管尿管吻合術)は、尿管の近位側及び中央 3 分の1領域の尿管損傷症例に好んで用いられる。部分的な裂傷であれば、留置した尿管ステントの上から直接縫合による閉鎖も行われてきたが、高率に狭窄を来すため、裂傷部分を含めて受傷部分を切除し、健常な断端同士を吻合する方がよい。

1. 尿管の外膜を傷つけないように、また血流を損なわないように注意深く剥離を加えつつ、緊張がかからない程度に尿管の可動性を確保しておく。
2. 受傷断端のデブリドマンは、出血がみられる部分まで行う。



N. Papas / ICRC

図 33.10 尿管吻合法

3. 尿管断端が楕円形になるように、断端部に長軸方向の切り込みを入れておく。断端同士の切り込みの位置は、吻合した時に尿管が捻じれないように反対側におく。
4. 留置した尿管ステントの上から吻合を行うことで、ドレナージに十分な内径を確保する(ステントは、ダブルジェイ尿管ステント、尿管カテーテル、Tチューブ、小児用栄養チューブ、点滴ラインなど、利用可能なもので代用する)。
5. 4-0 吸収糸を用いて、粘膜-粘膜縫合による結節縫合で修復を行う。結び目は尿管の外側におく。縫合部から尿漏れがないこと、また緊張がかかっていないことを確認する。
6. 吻合部は大網か腹膜フラップで被覆する。
7. 後腹膜腔の尿管周囲組織内にドレーンを留置する。ドレーンは吻合部近くに、直接触れないように留置する。

尿管ステントを留置することによって、近位側尿管の尿路変更術を施行せずにすむ場合がある。尿管ステントが準備できず、代用できるチューブもない場合は、腎瘻造設術を行う。尿管ステントを回収する方法として、経尿道的膀胱鏡が使用できる場合は膀胱内に残しておき、後日に回収すればよい。そうでなければ、恥骨上アプローチによって膀胱に小切開を置き、そこからステントを回収する。

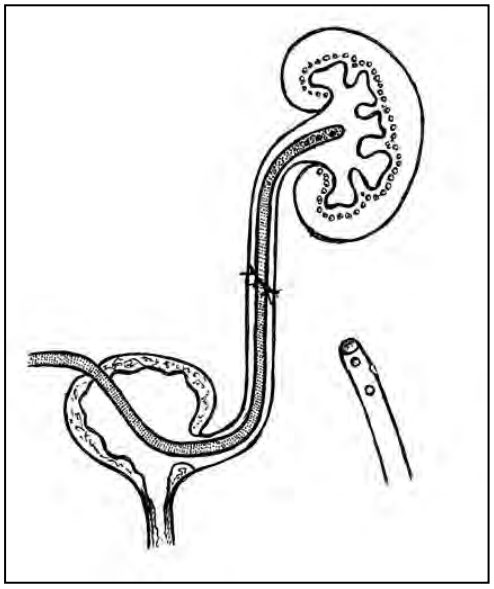


図 33.11
尿管修復部を通してステント用カテーテルを留置する。カテーテルは膀胱切開部から体外へ導出する。尿管近傍に別途ドレナージチューブを留置する。

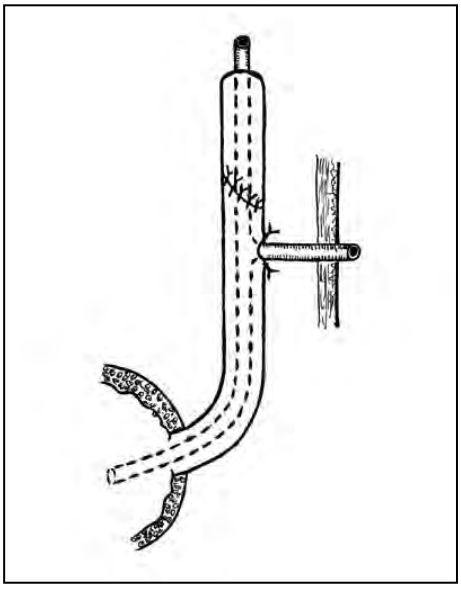


図 33.12
健常な尿管同士を端端吻合した後、Tチューブを留置して尿をドレナージする。

損傷範囲が広く、組織欠損のために直接吻合が不可能な場合は、次のような選択肢がある:

- 尿管吻合に要する数 cm の余裕を得るために、腎臓をジェロータ筋膜から授動して遠位側へ移動させる。腎下垂にならないよう、腎固定を行う。
- 損傷尿管を対側の尿管に吻合する。
- 回腸利用尿管形成を形成。

後者の 2 つの手技は時間を要し、熟練者でも困難を伴う。特に、他に重篤な腹腔内臓器損傷を合併している場合は難しい。さらに、健常側尿管を用いた側端吻合術で合併症を起こしてしまった場合

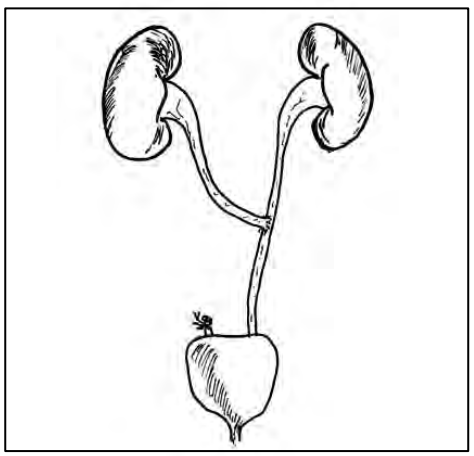


図 33.13
健常側尿管への尿管側端吻合術

は、元々健常であった尿管にも手術既往を残した結果となってしまう。

ダメージコントロール手術を行う際には、色つきの非吸収糸で損傷尿管の両端を結紮し、断端同士の糸を結んだ後に腎瘻造設術を行い、後に患者の状態が改善してから尿管再建術を行う。他の代替法としては、分断した尿管にカテーテルを挿入し、これを体外に導出して経皮的尿管瘻とする方法がある。ただし、この形通りの尿管皮膚瘻はあまり推奨されない。時間を要し、逆行性感染を来しやすく、根治修復術がより困難になるためである。

遠位側 3 分の1領域:骨盤部尿管

狭い骨盤腔内で尿管尿管吻合術を行うことは手技的に困難であるため、遠位側の尿管の損傷に対しては、尿管ステントを留置した上で膀胱内に再吻合(尿管膀胱吻合)する方がよい。

断裂した尿管の遠位端は結紮しておく。近位端は正常組織が確認できる部分で切除し、断端に縦に切れ目を入れて楕円形にしておく。膀胱前壁を切開して内腔に至り、膀胱後壁に形成した粘膜下トンネルを通して近位側尿管を引き出し縫合固定する。粘膜下トンネルは尿に対して逆流防止弁の役割を果たす。膀胱切開部を通して尿管ステントを挿入する。また、膀胱前方に別途ドレーンを留置する。

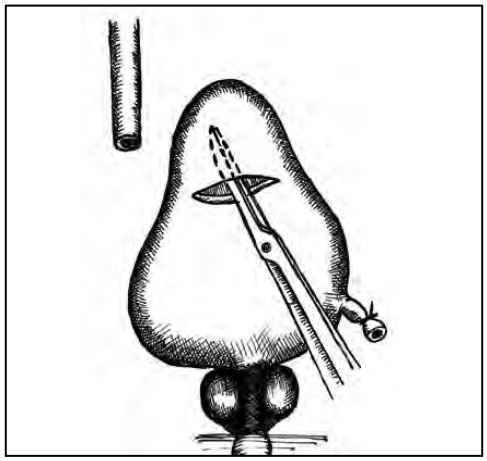


図 33.14.1
膀胱の頂上部から 4cm 下方に横切開を加える。

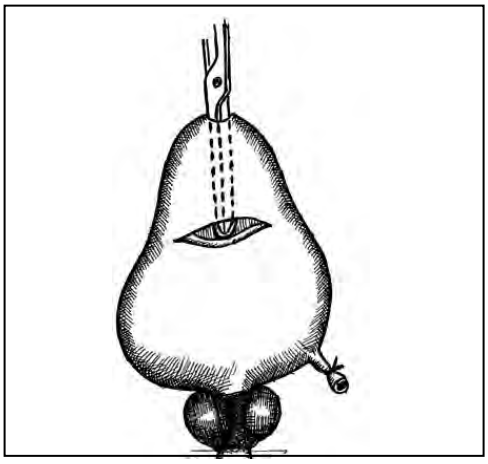


図 33.14.2
後壁の筋層を経て粘膜下にトンネルを形成する。

図 33.14.1-33.14.5
尿管膀胱吻合術:尿管を膀胱に再吻合する。

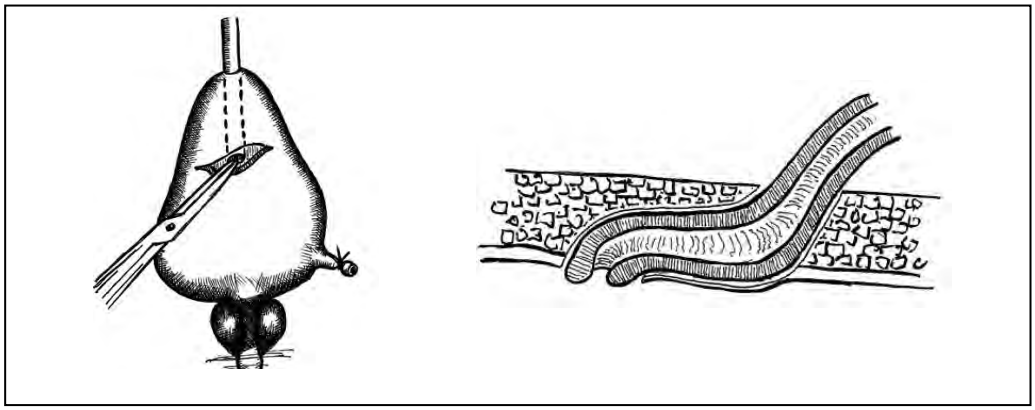


図 33.14.3
粘膜下トンネルを通して、尿管を引き出す。

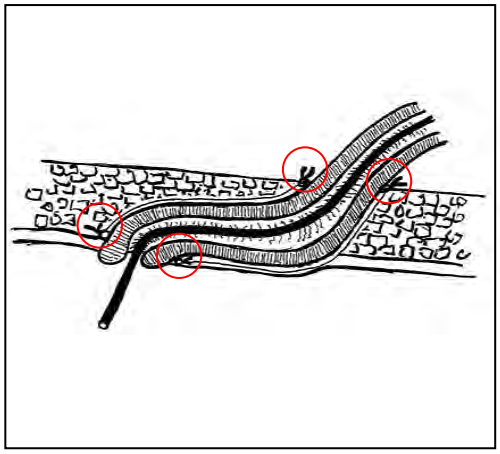


図 33.14.4
膀胱の内腔側から操作し、楕円形にした尿管断端を 4-0 吸収糸を用いた結節縫合で膀胱粘膜に固定する。結び目は粘膜の内側にくるようにする。膀胱壁の外側からも、尿管と膀胱壁を縫合固定する。

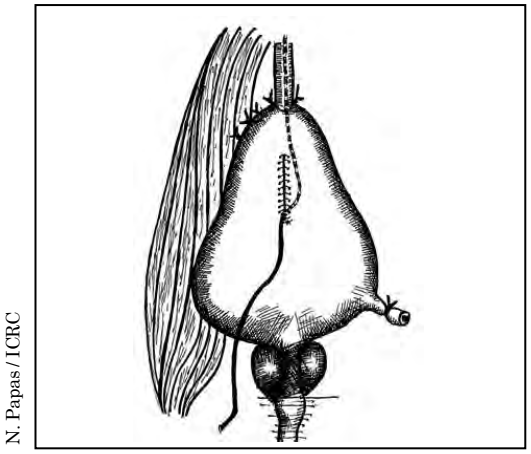


図 33.14.5
膀胱切開部を、縦方向に縫合閉鎖し、尿管ステントを同創、あるいは別に設けた切開創から導出する。膀胱頂部は腸腰筋筋膜に固定する。膀胱の可動性をあげて腸腰筋筋膜との縫合を容易にするために、対側の剥離が必要である（第33章15.4参照）。

2cm 以上の欠損や、膀胱吻合を行うには距離がある場合には、膀胱壁を用いた尿管形成術（ボアリフラップ）を行うことが多い。フラップ状に剥離した膀胱前壁を、留置した尿管ステントの周囲に巻き、円形の管を形成する。尿管をフラップの粘膜下に吻合して、膀胱を閉鎖する。尿管吻合に数 cm 足りない場合は、腎の授動が有効である。吻合の際には、ボアリフラップを腸腰筋に固定しておけば操作が行いやすい（図 33.15.4）。

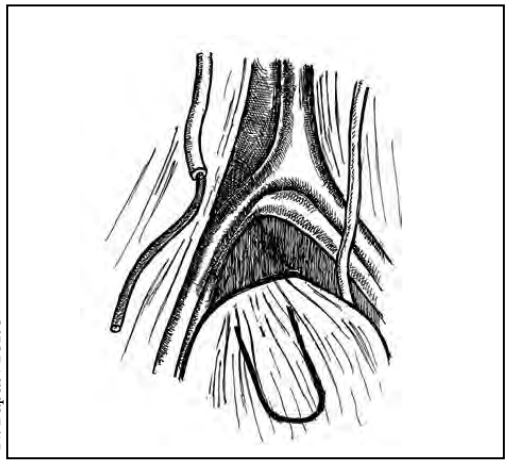


図 33.15.1
尿管断端をデブリドマンして、ステントを挿入する。損傷尿管側の膀胱前壁をフラップ状に剥離する。

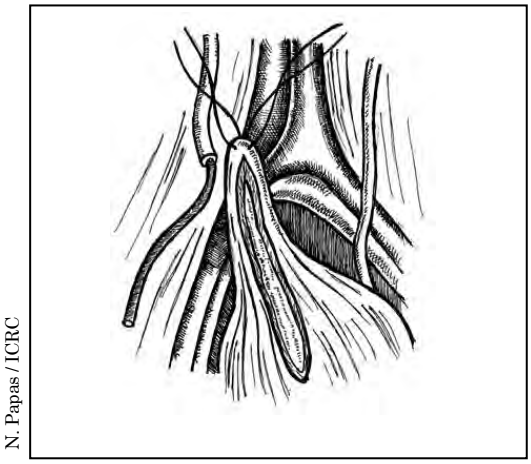


図 33.15.2
剥離したフラップを尿管断端の高さまで引き上げる。

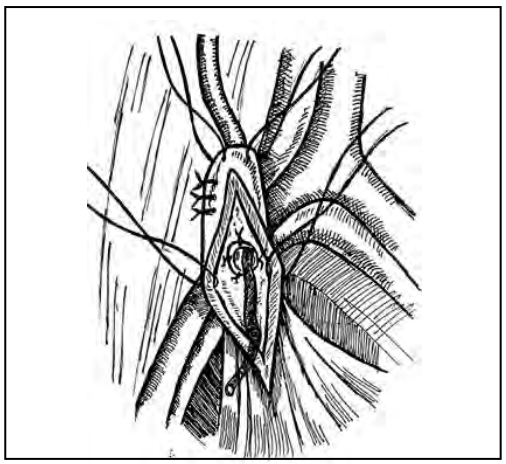


図 33.15.3
尿管断端を粘膜下トンネルから引き出して、ステントの上から膀胱壁に縫合する。

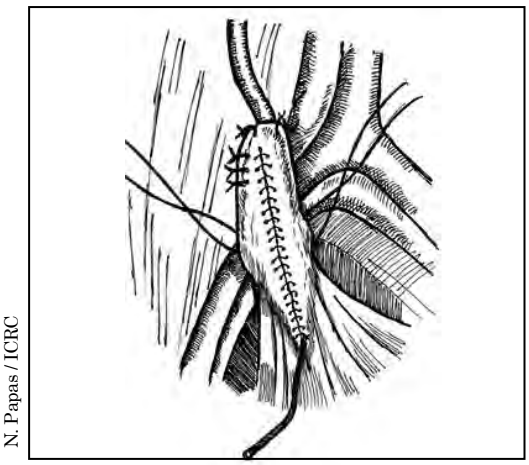


図 33.15.4
切開部を連続縫合で閉鎖する。尿管ステントはそこから導出するか、別に切開部を置いて導出する。ボアリフラップは総腸骨動静脈より頭側まで引き上げて、腸腰筋に固定する。

上記のいずれの方法でも尿管修復が不可能な場合は、健常側の尿管に吻合する。

こうした手技はどれも時間を要する。ダメージコントロール手術を行う際には、腹部尿管損傷の場合と同様に、色つきの非吸収糸で断端を結紮してからそれぞれを結び、腎機能維持のために一時的腎瘻造設術を施行する。そして、患者の状態が改善してから、二期的に尿路再建術を行う。

33.6.4 尿管挫傷の外科的治療

尿管挫傷の治療については、損傷範囲や受傷機転によって様々な方法が提唱されている。治療せずに放置すると、遅発性に尿管壊死や尿瘻形成、あるいは尿管狭窄などの合併症に至ることがある。こうした合併症は、特に高エネルギーの弾丸による損傷で起こりやすい。

1. 挫傷が軽度の場合は、注意深く経過観察を続ける：尿管周囲にドレーンを留置し、損傷部は大網や腹膜で被覆しておく。尿管修復術は、わずかでも尿の漏出を認めた際に検討する。
2. 予防的尿管ステント留置は、有用な方法である。適切なカテーテルを膀胱切開部から尿管に向かって挿入し、挫傷部を経て腎盂に至るまで逆行性に通しておく。カテーテルは恥骨上部から導出しておき、14～21 日後に抜去する。損傷部周囲には別途ドレーンを留置する。
3. 挫傷が重篤な場合は、尿管断裂と同様の治療を行う：健常組織が確認できるまでデブリドマンを行い、縫合修復か膀胱壁への再吻合を行い、別途ドレーンを留置する。

すべての症例において、腸腰筋周囲に対する十分なデブリドマンが必要である。全身状態だけでなく、局所における軟部組織の状態も、治癒評価の因子となる。

切除や吻合、尿管ステント挿入に時間をかけるかどうかは、患者の全身状態や損傷部周囲の軟部組織の傷害範囲によって決定する。

33.6.5 診断の遅れと合併症

尿管損傷の見落としは尿管断裂症例で見られることが多い。こうしたケースは、術後早期に尿の漏出を認めることで発見される。それ以外にも、遅発性に臨床症状が現れる場合は、合併症を伴うケースが多い。吻合部の縫合不全は比較的早期に判明する。一方、外傷や、例えば外科医による過度の剥離や尿管の圧挫といった医原性の理由で尿管断裂が起こった場合は、尿漏れや尿管狭窄は数日後、あるいは数週間後にみられることもある。

漏れた尿が腹腔内に貯留した場合は腹膜炎を引き起こす。その場合は開腹術が必要となる。また、後腹膜腔に貯留した場合は尿瘤を形成する。これは後に感染巣となる。

最も安全で簡単な尿瘻コントロールの手段は、腎瘻造設である。さらに、膀胱切開部に向けて順行性に尿管ステントを留置すると、なお有効である。尿路変更術に尿管ステント留置を併用することで尿漏れが自然治癒するケースが多い。治癒しない場合は、後日に尿路再建術を行うまで腎瘻を維持することになる。

後腹膜腔への尿貯留は、尿管損傷の見落としや腎床のドレナージが不十分であった結果として起こる。尿瘤は、術後に経静脈的腎盂造影を行った際に診断されることもあるが、感染によって見つかることの方が多い。経皮的ドレナージ治療をするために必要なレントゲン機器がない場合は、腰部に皮膚切開創を置いて外科的ドレナージを行う必要がある。

尿管閉塞は、通常は術後の経静脈腎盂造影で診断され、部分切除術と再吻合術による修復を行う。

33.7 膀胱

膀胱損傷は、腹腔内または後腹膜腔内に向けて起こり、他の骨盤内臓器損傷や腹腔内臓器損傷を合併していることが多い。

33.7.1 診断

発射物が骨盤や臀部、会陰部を通過した場合は、膀胱損傷の存在を強く疑う。こうしたケースでは、腹部や骨盤部の創傷を扱う場合と同様に、直腸や膣の診察を行わなくてはならない。男性では特に受傷時の姿勢や前立腺損傷の有無を調べる。

カテーテルを挿入しても尿が出ない場合は膀胱損傷を疑うが、それ自体が膀胱損傷があることの証明にはならない。他の可能性として、乏尿や無尿状態であること、尿道後壁破裂によってカテーテルが膀胱内に入っていないケースなどが考えられる。しかし、小穿孔の場合は、それが腹腔内、後腹膜腔のどちらに向いたものであれ、最大 300mL 程度の尿は回収できる。カテーテルは、血尿がありそうな場合を除いて、細い膀胱カテーテル（14～16Fr）が望ましい。

大量の血尿を認めることもあるが、開腹した際に腹腔内に尿道カテーテルのバルーンが見えて初めて損傷を発見することも稀ではない。試験開腹の際には、膀胱後面や遠位側尿管に後腹膜腔に向いた損傷がないかどうかも十分に注意を払わなくてはならない。後腹膜腔に開いた膀胱損傷は、尿管損傷ほどではないが、初期に見落とされるケースが多く、後日に尿漏れで見つかる。

患者の状態が安定しており、かつ資機材もあるならば、逆行性膀胱造影や色素テストが有用な補助診断手段となる。これらは術中にも施行可能である。

33.7.2 外科的治療

後腹膜腔内に損傷部への到達が困難な小さな外傷を認めた場合は、尿管カテーテルの留置と恥骨後腔臓器周辺のドレナージを 7～10 日間行う。

その他すべての膀胱損傷は、損傷部を丁寧にデブリドマンしてから吸収糸で二層に縫合閉鎖する。縫合修復に際しては、まず粘膜層に対して浅めに、粘膜下層にはある程度深めに針をかけて連続縫合を行う。続いて 2 層目は膀胱排尿筋を結節縫合するが、腹腔側損傷の場合は腹膜も一緒に縫合する。膀胱のかなりの範囲を切除しても、後に尿容量に関する問題は起こらない。

膀胱頸部に近い部分の損傷では、排尿障害を起こす危険性があり、膀胱を含む修復をする際には、十分な注意が必要である。尿管の最も遠位部の観察や、尿管口の同定は、出血や浮腫のために困難なことが多い。このような場合は、膀胱から尿管へ逆行性にカテーテルを挿入するとよい。尿管口や粘膜内尿管あるいは非常に遠位の尿管損傷では、尿管と膀胱の再吻合術が必要となる。

膀胱修復の後、恥骨後腔にドレーンを留置し、尿道カテーテルを 10～14 日間留置する。また、以下に挙げるケースでは、恥骨上に膀胱瘻造設を追加する必要がある

- 膀胱修復部が脆弱な場合
- 尿道損傷を合併している場合
- 特に男性で、他の損傷によって、長期的な尿道カテーテル留置が予想される場合

直腸損傷や膣損傷を合併するケースでは、それぞれの壁を剥離して、個別に修復しなければならない。大網皮弁をそれぞれの縫合線の間に介在させるとよい。

循環動態が不安定な症例では、ダメージコントロールのために膀胱周囲に留置したドレーンから尿を排出させ、膀胱は単に圧迫しておく。有用な補助手段として、尿管カテーテルを挿入し、断端を体外に導出しておいてもよい。根治的修復術は二期的に行う。

33.8 前立腺及び後部尿道

発射物による前立腺の損傷症例では、常に後部尿道損傷を伴う。外科的には、両者を一括して扱う方がよく、前部尿道と亀頭部は別に扱う。膀胱頸部レベルでは尿道前立腺部が、尿生殖隔膜レベルでは尿道膜様部が傷害される。前立腺や尿道の鈍的損傷は、弾丸外傷よりもはるかに多く、特に骨盤骨折後に多い。

33.8.1 診断と救急室での処置

前立腺損傷や尿道損傷は、それ自体は致死的なものではない。しかし、骨盤外傷や腹腔内臓器損傷が合併している場合は致死的となり得る。

前立腺損傷や後部尿道損傷を疑うべき徴候として、排尿困難、外尿道口からの出血がある。また、前立腺付近を弾丸が通過した可能性がある症例でも注意を要する。直腸診では、血腫や浮腫による腫脹以外には所見がないことが多い。時に骨盤の高い位置で浮遊した前立腺を触知することがある。この場合は、早急な外科的処置が必要となる。患者の状態が安定しており、施行可能であれば、逆行性尿道膀胱造影が有用である。

X 線検査の手技

尿道造影検査
- 逆行性造影
- 無希釈造影剤 15～20mL を使用
- 8 号カテーテルを使用
- バルーン内注入量は 1.5～2.0mL

膀胱造影検査
- 逆行性造影
- 希釈造影剤 300mL を使用
- 前方、後方、斜位とドレナージ面を撮影

前立腺や後部尿道に損傷が疑われる場合は、術前に尿道カテーテルの挿入を試みてはならない。挿入によって、部分的な裂傷が完全裂傷になる危険性があるためである。

33.8.2 外科的治療

前立腺と後部尿道への最もよいアプローチ法は、経膀胱的アプローチである。膀胱頸部に弾丸損傷を認めた場合は、前立腺と尿道のデブリドマン及びカテーテル挿入が必要である。

尿生殖隔膜部における尿道隔膜部損傷は、骨盤骨折に伴う鈍的外傷で見られる剪断創に似ている。尿道断裂を認め、膀胱と前立腺が浮遊する。すなわち、尿路の連続性が断たれる。尿道と周囲組織のデブリドマンを施行した後、鈍的外傷と同様の手順で外科的治療、つまり、尿路変更術を行うか、健常側の尿路を用いて尿路再建術を行う。

ダメージコントロール手術では、前立腺床や骨盤内臓器周囲の死腔をパッキングし、単純な恥骨上膀胱瘻を造設する。患者の全身状態が安定している場合には、尿路の連続性を維持するために再建術を試みてもよいが、困難であるケースが多い。最もよく知られている手技は、Chemin-de-fer technique（鉄道敷設法　訳注：日本の泌尿器科医の間では pull-through 法と呼ばれている）である。

図 33.16.1-33.16.4
後部尿道損傷の修復に用いる鉄道敷設法（chemin-de-fer technique）の各段階の図解。

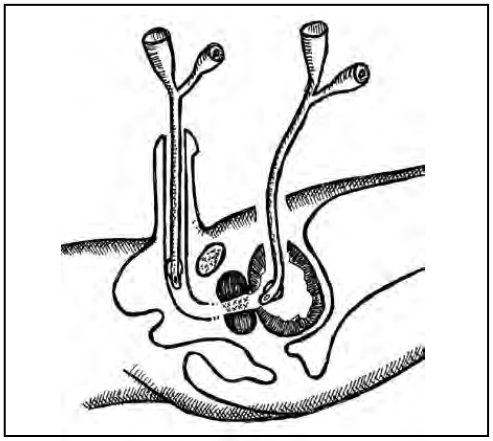


図 33.16.1
尿道カテーテル（16-18Fr）を挿入する。2 本目のカテーテル（20-24Fr）を恥骨上部に造設した膀胱瘻から膀胱内の尿道開口部に挿入する。

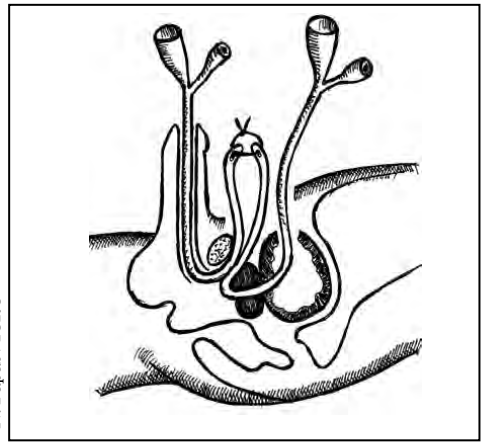


図 33.16.2
両方のカテーテルを膀胱前方の腔に引き出して、それぞれの先端を、開口部に通した糸で結紮して連結する。

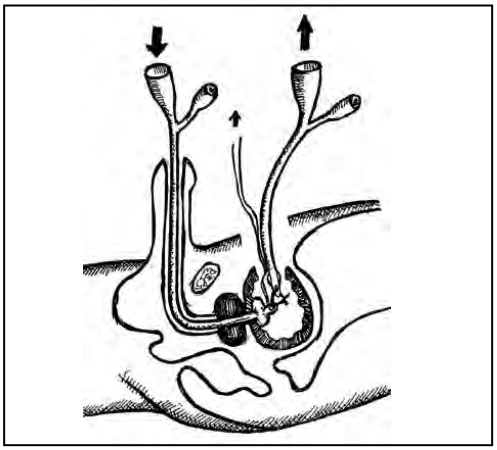


図 33.16.3
膀胱側のカテーテルを牽引し、尿道側から挿入したカテーテルを膀胱内に誘導してバルーンを膨らませる。このカテーテルの先端に丈夫な非吸収糸をしっかり結び、この糸を腹壁を通して外に引き出す。カテーテルが滑り落ちたり、詰まった場合、新たなカテーテルを膀胱内に誘導するためにこの糸を使う。

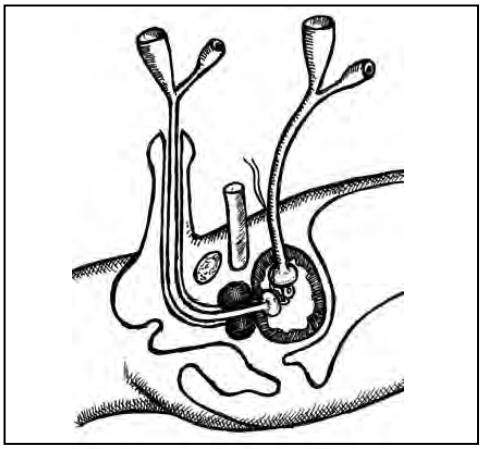


図 33.16.4
膀胱側のカテーテルのバルーンを膨らませ、恥骨上部膀胱瘻とする。別途、膀胱前部にドレーンを留置する。

断裂した尿道の断端同士を縫合することは不可能である;縫合せずに吻合する方法が 2 つある。

1. 強い非吸収糸で前立腺の両側を通して会陰部にマットレス縫合をかけ、前立腺を引き下ろすように緊張をかけて尿道の両端を寄せる。縫合糸は会陰部においたシャツのボタンかプラスチックチューブの上から結び、2-3 週間が経過して治癒した後に抜糸する。
2. 1 号の吸収糸で前立腺被膜を通して両側の尿道周囲の組織に直接外側から縫合糸をかける。

膀胱前方のドレーンは、膀胱瘻から尿が排泄される間は留置しておく。恥骨上カテーテルは、通常 5〜7 日後にクランプし、尿の漏出がなければ翌日に抜去する。尿道カテーテルは 3 週間後に抜去する。

創傷は骨盤神経も損傷している場合があり、患者には、性的機能不全についても説明した上で経過を観察しなければならない。この場合、精神的なサポートも必要である。

33.8.3 後遺症と合併症

最も重要な合併症は感染と吻合部狭窄である。後者は尿道拡張術と、おそらく再建術が必要となる。感染は損傷したどの層においても広範囲に広がり、会陰部や大腿内側、さらに腹腔内や胸部にまで拡大することもある。感染の結果、尿道皮膚瘻や尿道周囲憩室を起こす。非常に稀ではあるが、危険な状態としては壊死性筋膜炎に至るケースもある(フルニエ壊疽;第 13 章 3.5 参照)。

前部及び後部尿道の損傷の修復は、いずれも 6 週間の拡張が必要である。定期的な拡張術を必要とする尿道狭窄を見つけるための、3 か月後の尿道造影による経過観察は必須である。適切な尿道形成が行われなかった場合、患者は 3 か月ごとの拡張術を一生続けなければならない。

33.9 男性外性器と前部尿道

広く知られている通説とは異なり、男性器損傷は致命傷ではない。しかしながら、長期にわたる性的障害、精神的苦痛、自己像の変化を来す。

33.9.1 診断

外性器の外傷は通常は明らかにそれと判断できるが、腫脹や痛みのために正しい理学所見を得ることは難しい。特に陰茎の損傷で、血液や尿が筋膜面に沿って陰嚢、会陰部、恥骨部に垂れ込んでいる場合は評価が難しい。一方、たとえ小さな創であっても重篤な結果を招く例もある。飛来物によって陰嚢に小さな穿通創を形成した場合、睾丸が完全に破壊されていることがある。一次爆傷による睾丸破裂はよく知られている。パターン 1 の地雷爆傷では、会陰部や生殖器の損傷がよく見られる。

後部尿道損傷の場合と同様に、外性器損傷が疑われる場合は、術前に尿道カテーテルの挿入を試みるべきではない。部分断裂が完全断裂になる危険性があるためである。

33.9.2 外科的治療

陰嚢外傷と陰茎外傷の多くは、デブリドマンの後に一次的に閉鎖できる。戦傷外科の一次縫合は禁忌というルールの例外のひとつである。この部位は血腫を形成しやすいため、ドレーンを留置して 24〜48 時間後に抜去する。しかし、対人地雷による負傷者で会陰部に外傷を認めた場合は、創がいくら小さくても待機的一次閉創を行うまでは、必ず開放創のままとし、通常 48 時間は観察を続ける。

前部尿道

前部尿道損傷の治療は、患者の全身状態や組織欠損の範囲によって異なる。循環動態が安定している場合は、すぐに治療を始める。他の臓器損傷を伴うためにダメージコントロール手術を選択する場合は、後日浮腫や感染が十分に改善してから待機的一次閉創を行う。こうしたケースでは、通常は 3 か月後に再建術が行われる。

H. Nasreddine / ICRC

写真 33.17.1
陰嚢と亀頭部の銃創症例。弾丸は跳弾で破片となっているが、着弾時ほとんどの運動エネルギーをすでに失っていた。

H. Nasreddine / ICRC

写真 33.17.2
レントゲンで変形した弾丸を認める。

H. Nasreddine / ICRC

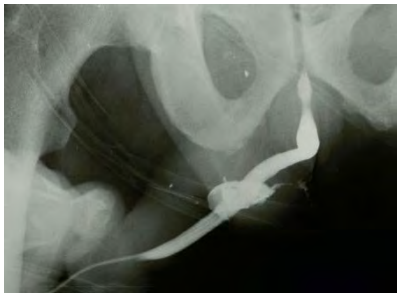


写真 33.17.3
尿道造影で前部陰茎部尿道の部分裂傷を認める。

外科的治療は損傷の範囲によって異なる。シリコン製導尿カテーテルがあれば、あらゆる修復術において、これを用いることが望ましい。

1. 2cm 以下の部分裂傷症例：狭窄を来さないよう、尿道に対して短軸方向に直接縫合を加えて修復する。12-14Fr の尿道カテーテルをステントとして留置し、その上から縫合修復を行う。尿道カテーテルは 3-4 週間留置しておく。膀胱瘻は不必要なことが多い。
2. デブリドマン後に 4cm 以下の離開を伴う完全断裂症例：近位側と遠位側の断端を授動して、端端吻合による再建を行う。

   Chemin-de-fer 法（訳注：pull-through 法）を用いて、尿道及び膀胱からカテーテルを挿入することによって、尿道断端を血腫の中に確認することができる。尿道断端は血流良好な健常組織が確認できるところまで切除する。

それぞれの尿道断端に切れ目を入れて楕円形にし、4-0 吸収糸で尿道カテーテルの上から結節縫合を行う。吻合部の固定と、吻合部狭窄を予防するために、尿道粘膜と尿道壁は、両側で海綿体に縫合する。

吻合部を通して尿道カテーテルを挿入し、14 日間留置しておく。恥骨上部に膀胱瘻を造設すると尿道治癒が促進される。膀胱瘻から留置したカテーテルは 4 週間後にクランプし、正常な排尿が確認できれば抜去する。排泄時膀胱尿道造影が可能であれば、膀胱瘻カテーテルをクランプする時期を判断するのに有用である。

3. 4cm 以上の離開を伴う完全断裂症例：一期的吻合は不可能であり、段階的修復が必要となる。

   まず、損傷部をデブリドマンして海綿体を修復する。次に尿道カテーテルを挿入して、外科的尿道下裂の状態にする。尿道形成術は通常 3 か月後に施行し、それまでは恥骨上膀胱瘻を造設して尿道を保護する。

フォローアップのための尿道造影や尿道拡張術については、後部尿道損傷と同様のプロトコルに沿って行う。

写真 33.18.1-33.18.5
陰茎尿道球部損傷の修復。

C. Pacitti / ICRC

写真 33.18.1
陰茎尿道球部の銃創に対し、会陰部からアプローチ

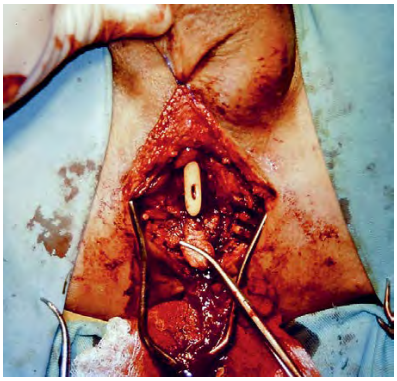

C. Pacitti / ICRC

写真 33.18.2
損傷部の近位側（尿道カテーテルの先端で示される）と遠位側の同定

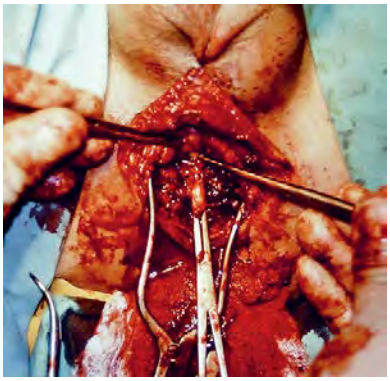

C. Pacitti / ICRC

写真 33.18.3
両断端を緊張がかからないように引き寄せる。

C. Pacitti / ICRC

写真 33.18.4
尿道修復部を球海綿体球筋の断片で被覆する。

C. Pacitti / ICRC

写真 33.18.5
会陰部創の閉鎖

亀頭陰茎部

併存する尿道損傷によって、一般に亀頭陰茎部の創傷は過小評価される。尿道損傷部や陰茎損傷部のデブリドマンを行う際には、陰茎海綿体と尿道海綿体の検索と修復を併せて行う。海綿体は血流が非常に豊富な組織であるため、デブリドマンは最小限でよく、続けて一期的修復術を行うことができる。弛緩時の陰茎海綿体の白膜の厚さは 2mm で簡単に縫合できる（3-0 合成吸収糸による結節縫合）。修復術に際しては可能な限りの解剖学的再建を試みる。患者には、勃起不全が起こることを説明しておかなければならない。重症例、特に尿道損傷を合併する症例では、保存的にデブリドマンを行った後に段階的再建術が必要となる。重篤な損傷を伴う症例では、時に陰茎の切断が必要となるケースもある。

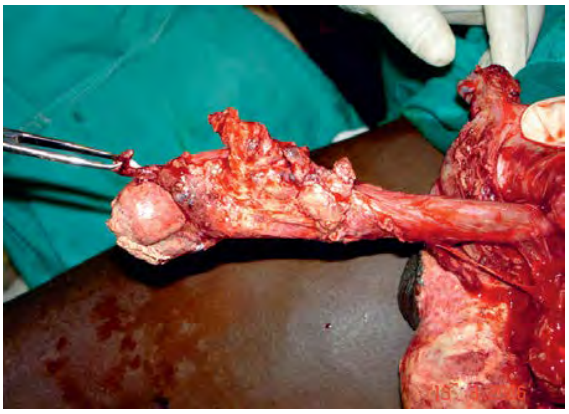
陰嚢と精巣及び精巣上体

陰嚢に外傷を認める場合は、陰嚢を開放して内腔を検索しなければならない。精巣が著しく損傷している場合は、精巣摘出術が必要となる。部分的な損傷であれば保存的にデブリドマンを行う。精巣が陰嚢外に飛び出している場合は十分に洗浄する。また精細管が壊死している場合は、これを切除する。瘻孔形成を防ぐために、白膜は 4-0 吸収糸を用いて注意深く連続縫合で閉鎖する。精巣損傷では両側の損傷も珍しくない。ICRC の外科医の経験では、精巣損傷症例の 33% に両側性の損傷を認めた。ホルモン分泌に伴う生理学的理由から、ある程度血流のある精巣組織を温存することは重要であり、温存できないケースでは補充療法が必要となる。

写真 33.19.1- 4　精巣損傷症例に対する精巣摘出術

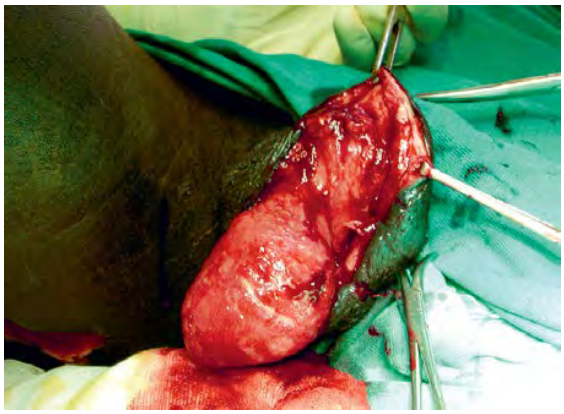
H. Nasreddine / ICRC

写真 33.19.1
陰嚢の銃創症例。受傷の数日後に来院した。



H. Nasreddine / ICRC

写真 33.19.2
片方の精巣は完全に挫滅しており、精巣摘出術が必要であった。後の血腫形成などに備えて、創は開放したまま観察した。



H. Nasreddine / ICRC

写真 33.19.3
待機的一次閉創した創部

H. Nasreddine / ICRC

写真 33.19.4
波型ゴムドレーンを留置して皮膚を閉鎖

精巣上体や輸精管に損傷を認めた場合は、損傷部にデブリドマンを行ってから結紮する。これによって起こる結果は受容しなくてはならない。精索の血管も結紮する。損傷の程度と治療経過を患者に説明し、必要であれば精神的支援を行う。

陰嚢の皮膚創傷はデブリドマンの後に一期的に閉鎖する。陰嚢の皮膚のデグロービング損傷で精巣が飛び出している場合は、後日に根治的再建術を行うまで生理食塩水に浸したガーゼで覆っておくか、一時的保護のために鼠径部か大腿部に皮膚ポケットを形成し、埋め込んでおく。再建術の方法には、陰嚢皮膚を伸展して一期的に閉鎖する方法や、皮膚移植や鼠径大腿回転フラップを用いる方法がある。これらの方法を組み合わせて再建するケースもある。

33.10　女性外性器と尿道

発射物による女性の外性器損傷を認めた場合は、他の骨盤内組織も巻き込んでいる可能性がある。外性器は血流豊富なため外傷後にかなりの出血を伴うが、男性性器損傷の場合と同様に、通常は他の、より深刻な傷害の処置が優先される。

33.10.1 診断

損傷は、外陰部や膣を巻き込んでいる場合がある。膣損傷は単純外傷の場合もあれば、尿道・膀胱・直腸肛門や尿生殖隔膜を巻き込んだ複雑な外傷の場合もある。

膣内に血液や血腫を認めた場合は、膣鏡を用いて詳細な膣の診察を行う。経血を外傷による出血と間違ってはならないが、月経と思って病変を見逃してもいけない。膣の診察は、全身麻酔下でなければできないことがしばしばある。直腸診も必ず行わなければならない。尿道膀胱造影は、施行可能であれば診断における有用な補助手段となる。

F. Irmay / ICRC

写真 33.20
膣と肛門を含んだ会陰部の大きな銃創。

33.10.2 外科的治療

非妊娠子宮はシンプルな臓器であり、非常に分厚い筋組織からなるため縫合に適している。重篤な裂傷を認める場合は子宮摘出術が必要なこともある。子宮頸部に損傷がなければ子宮亜全摘術を行う。卵巣や卵管に軽度の損傷を認める場合は縫合修復するが、修復できない場合は、卵巣摘出術や卵管結紮術を施行する。

外陰部や膣の単純損傷では、ほとんどの場合デブリドマン後に一期的縫合修復が可能である。修復の際には、ワセリンガーゼを塗布したパッキング材を膣内に挿入して、解剖学的に正常な位置に戻すことを試みる。外陰部の浮腫が容易に尿の排泄を阻害するため、尿道カテーテルは、尿道の損傷がない場合にも留置すべきである。

複雑な膣損傷症例では、膣壁と膀胱、直腸壁に対して、それぞれの層を確認しながら個別に縫合しなければならない。尿生殖隔膜、膀胱膣瘻、直腸膣瘻を修復する際も、同様に層々の縫合を行う。膀胱損傷を伴う場合は、恥骨上膀胱瘻の造設と膀胱周囲のドレナージを要する。直腸肛門領域に損傷を認める場合は、人工肛門の造設が望ましい。再度述べるが、こうしたケースでも尿道カテーテル留置と膣内パッキングを行う。

女性の尿道は、男性に比べてかなり短く可動性が少ない。また、膣に近いため、尿道損傷症例では必ず膣壁の傷害を伴っている。フラップ状の膣損傷部は、挙上しておくと尿管を直接吻合しやすい。創部を検索する際には、導尿カテーテルを挿入すると傷害部位の同定に役立つ。最初のカテーテルは、chemin-de-fer 法を用いて膀胱から逆行性に挿入するとよい。尿道の修復が不可能な場合でも、尿道カテーテルをステントとして留置することで、尿道の位置を保持することができる。恥骨上膀胱瘻は必ず造設するべきである。

33.11 術後管理

鎮痛剤や抗生剤は治療プロトコルに沿って用いる。術後管理の方針は、通常合併する腹腔内臓器損傷や骨盤腔内臓器損傷の程度によって決まる。

尿道損傷の修復後に留置した尿道カテーテルや膀胱瘻カテーテルの扱いについては、脊椎損傷症例のそれと同様に行う（第 36 章 9.1 参照）。カテーテルの内腔に組織片が付着しないように、また感染予防のために、24 時間あたり少なくとも 1,000mL の尿量が必要である。尿道口周囲のカテーテルの消毒を 1 日 2 回施行する。

34 章
自己血輸血

34. 自己血輸血

34.1 自己血輸血の論理的根拠 531

34.2 自己血輸血の方法論 532

34.3 病態生理学的変化 533

34.4 自己血輸血の適応 534

34.5 実際の自己血輸血の方法 535

34.5.1 胸部 535

34.5.2 腹部及び四肢 536

34.5.3 腸管内容物による汚染 538

34.5.4 輸血用フィルター 539

34.5.5 抗凝固薬の使用 539

34.6 合併症と危険性 540

基本原則
輸血用血液の供給が限られる状況では、自己血輸血が救命につながる。
血液がすぐに供給できる状況でも、大量出血時の自己血輸血は救命につながる。
特に胸部や腹部から大量出血を認める症例では、早期から自己血輸血を検討すべきである。
手術室看護師は輸血器具の取り扱いに慣れておくべきである。
必要な輸血器具が手術室にあるかどうかを確認しておく。

34.1 自己血輸血の論理的根拠

何世紀もの間、失われた血液を補う方法が考え続けられてきた。近代以前では動物から人への輸血に始まり、そして人から人への輸血が試みられるようになった。しかし、結果は散々たるものであった。自己血輸血の考え方自体は昔からあり、1818 年に James Blundell が考案し、初めて成功させた[1]。

> 「出血によって何パイント(訳注:1 パイント(英)= 0.5683L)もの血液が捨てられて、出血多量で死亡する症例をしばしば経験する。こうした緊急症例において、失った自己血は直ちに回収が可能であり、大量かつ急速、安全に再利用できるものと信じる」
> R.A. Griswold & A.B. Ortner[2]

しかしながら、20 世紀初頭に Landsteiner によって血液型分類が提唱されてからは、血液収集の方法はより洗練され、血液バンクから供給された血液を用いることが一般的となった。結果として血液バンクに供血を依頼する方が、手術室で血液を回収して再利用するよりもはるかに簡単になり、自己血輸血は散発的に行われるのみとなった。

しかし、特に紛争下など、資源の限られた中で手術を行わなければならない状況において、大量出血を伴う症例に対する自己血輸血の有用性は多くの外科医によって再認識されてきた。現在の最新の医療施設では、血液や血液成分が容易に入手できるが、それでも多くの外科医は自己血輸血が有用な手段であると考えている。自己血はすぐに利用可能で、温かく、通常の血液感染症の危険性もなく、献血による血液や血液成分と比べて生理学的に循環血液に近い。

> 輸血用血液で患者の血液に完全に適合するのは患者自身の血液であることは自明である。
> H.T. Langston, G. Miles & Dalessandro[3]

自己血輸血が現在のように広く利用されるようになるまでには、心臓外科手術の発展と、高度な血液回収技術や血液回収機器の登場を待たねばならなかった。近年、血液回収法や血液回収技術(Cell Saver®)に関して多くの報告がされている。こうした報告の中には、待機的手術に用いるためのものもあれば、緊急手術に用いるためのものもある。自己血輸血を可能にするためには、流出した血液の収集、遠心分離、洗浄、濾過を行うための高度な技術と、熟練技師の存在によるところが大きい。こうした過程や条件を経て利用可能な自己血が準備される。

本書でしばしば言及されているように、資源の限られた環境では、輸血用血液の供給も限りがあるか、全くない場合もある。極めて重篤な状態にあるが、輸血さえできれば救命の可能性がある、そのような症例を目の前にした時、誰しも自己血輸血という選択肢にたどり着くはずである。他のすべての医学的治療手段と同様に、自己血輸血にもリスクと利点、そして合併症の可能性がある。それらを考慮した上で、治療法を選択しなければならない。

自己血輸血が「再発見」された背景には、血液不足という絶望的な状況と向き合ってきた医師らの奮闘の歴史がある。

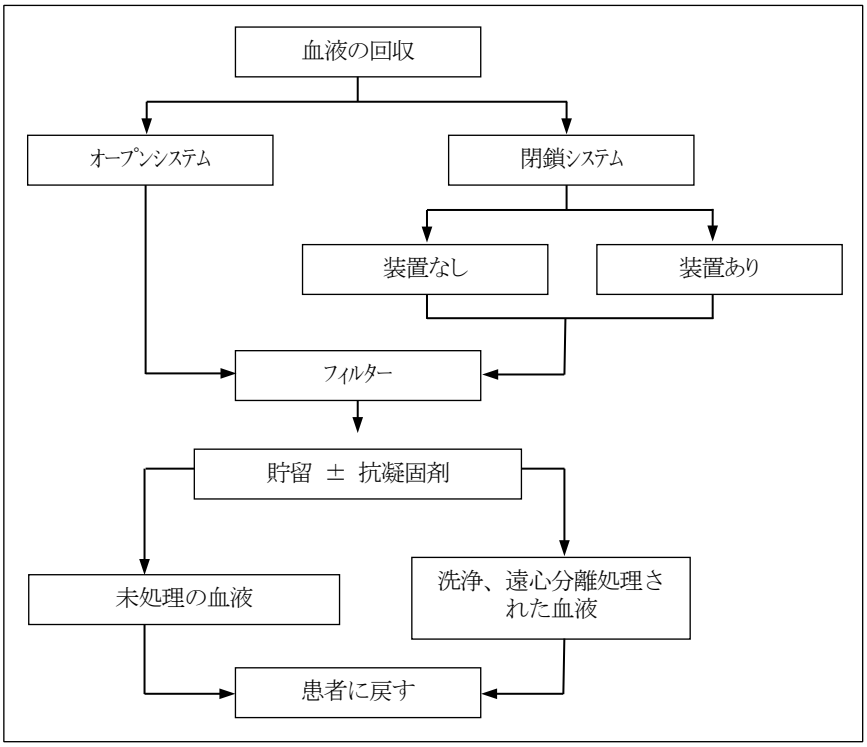
V. Sasin / ICRC

写真 34.1
自己血輸血は資源が乏しい環境下で働く外科医によって「再発見」された：Dr Ahmed Mohamed Ahmed "Tajir", Keysaney 病院主任外科医, ソマリア赤新月社、モガディシュ

34.2 自己血輸血の方法論

自己血輸血を行うためには様々な方法があり、また輸血用の装置が必要である。非常にシンプルな手製の装置から、商品化された高度な機器まで、その種類も様々である。しかし、方法論としてはすべて共通の過程を経て行われ、そのどれもが特別な技術を必要としない。図 34.2 に一般的な方法を記載する。

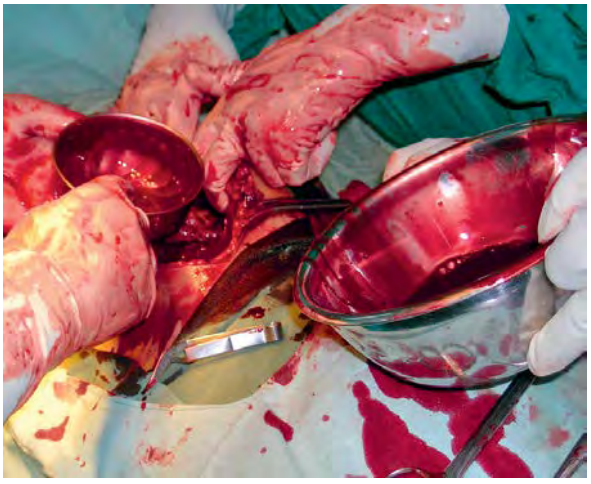
図 34.2
自己血輸血の過程と方法



1. James Blundell (1791 – 1878), イギリスの産科医で、分娩後出血の患者の膣から血液を再回収し、シリンジで注射した。
2. Griswold RA, Ortner AB. The use of autotransfusion in surgery of the serous cavities. Surg Gynecol Obstet 1943; **77**: 167 – 177.
3. Langston HT, Milles G, Dalessandro W. Further experiences with autogenous blood transfusions. Ann Surg 1963; **158**: 333 – 336.

どの装置も、手術中に出血した血液を回収し、何らかのバッグに収集し、最後に患者に返血するという過程を経る。そして、その過程の中で 1 回もしくは複数回の濾過処置を行う。

開放式回収法（open system）では収集された血液が空気に触れる。閉鎖式回収法（closed system）では、吸引管のような特別な収集装置を用いて血液を回収するか、血胸治療のように胸腔ドレーンを挿入して、特別な収集装置を用いずに血液を回収する。どちらのシステムでも、濾過過程の有無にかかわらず何らかの容器に貯血しておく。



K.N Joshi – K.B Shrestha / Lumbini Zonal Hospital, Nepal

写真 34.3.1
膿盆を用いた開放型血液収集システム

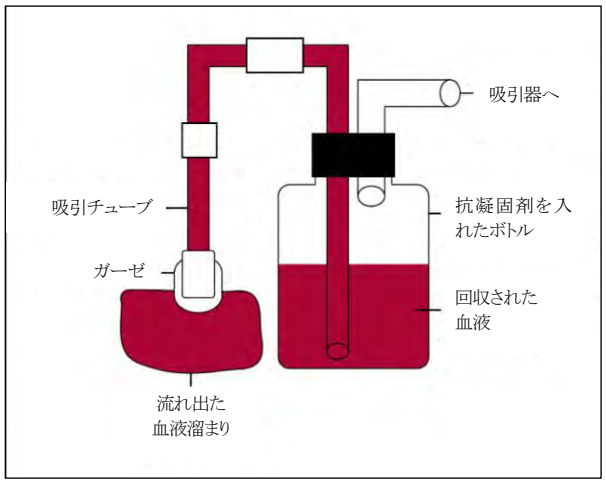


図 34.3.2
閉鎖式吸引法による血液収集システム。圧縮したガーゼを第一濾過装置として吸引管の先に巻き付ける。

未処理血液とは純粋に出血した血液を指す。処理血液とは、出血した血液を吸引器で抗凝固剤を添加した特別な装置に集め、濾過、洗浄後に遠心分離したものを指す。処理血液はヘマトクリットが 50～70%の濃縮赤血球となる。洗浄過程には 10 分間ほどを要し、凝固因子を含むほぼすべての血漿タンパク質と血小板が除去され、遊離ヘモグロビンや抗凝固剤、破壊された細胞も除去される。こうした機械的工程を適切に運用管理するためには、専門の技師が必要である。

貯血容器から患者への返血は、血液処理の有無によらず、いくつかのフィルターを通してから行う。

未処理血液：出血した血液を回収、濾過し、直接患者に返血する。
処理血液：血漿タンパク質や血小板が除去されるような細胞洗浄過程を経て、濃縮された赤血球だけを患者に返血する。

34.3 病態生理学的変化

出血後の血液は、血管内を循環している血液とは組成が異なる。また、回収の過程によってさらに組成が変化する。

自己血の病態生理学的な変化に関する研究の結果は、処理血液に対して懸念を抱かせるものになっている。自己血自体による変化と、洗浄や懸濁の過程による変化とを区別できないこともある。あらゆる自己血輸血の方法に共通して起こる変化もあれば、手技上の問題によって引き起こされる変化もある。

変化の中でも、血液凝固はひとたび生じれば、回収された血液中の赤血球が凝血塊に捕獲されるため、ヘマトクリットが減少して溶血が進行し、結果として遊離ヘモグロビン量が増加する。こうした変化を経た血液は、「貧血」ではあるものの酸素化は十分に保たれており、ほぼ正常の pH 値を維持している。また、第 V 因子や 2, 3-diphosphoglycerate（2, 3-DPG）の値も正常であり、赤血球の寿命も血液バンクから供給されるものとほとんど同じである。

凝固系のカスケードが活性化されると、血小板や、フィブリノーゲンを含めた凝固因子が消費される。出血後の血液は、損傷組織や臓器の漿膜に接触することによって、また胸腔内では肺や心臓の機械的な運動によって攪拌されることで、その組成に変化が生じる。一般的には、自己血中のプロトロンビン時間（PT）や部分トロンボプラスチン時間（PTT）は延長し、フィブリノーゲンは減少し、フィブリン分解産物は増加している。これらの値は 24～72 時間以内に正常に戻る。

胸腔内から回収された血液は、通常はフィブリノーゲンが除去されているため凝固しない。血小板数はほぼ正常である。しかし、大血管からの出血であれば、フィブリノーゲンが除去される時間はない。腹腔内から回収された血液は、血小板凝集による微小凝血塊や赤血球、またその破片などを含んでおり、凝固異常を引き起こすことが知られている。子宮外妊娠の破裂に伴う出血では、血液が絨毛成分を含むため DIC（播種性血管内凝固症候群）を引き起こしやすい。骨折後の四肢から回収された血液では、微小凝血塊中に脂肪滴を含んでいるため、脂肪塞栓を引き起こす可能性がある。

しかしながら、臨床的には自己血輸血は安全で効果的であることが判明している。術中の自己血輸血に伴う一過性の血液学的異常所見は、術後 72 時間以内に消失する。また、自己血輸血によって死亡率が増加することはない。また、通常の重症症例で見られる以上の血液学的な合併症や、心肺及び腎への合併症を引き起こすこともない。

34.4 自己血輸血の適応

自己血輸血は、出血症例に対する正しい外科的アプローチのひとつであり、早期の出血コントロールや注意深い止血操作と同等の位置づけにある。最大の適応は、術前に急性の大量出血が診断されたケースで、かつ自己血が緊急輸血の供給源として機能する場合である。こうした症例では、出血源が胸腔か腹腔か、また血液が身体のどの部分に貯留しているかが問題となる。入院時のヘマトクリット値が 35%未満で、晶質輸液を 2,000mL 以上必要とすることが予測されるような手術は、外科医や麻酔科医に自己血輸血の準備をしておくべきと警告している。最もよく見られる使用例は、子宮外妊娠や大量血胸症例に対するものである。2 番目の適応は、手術中の出血量が多くなった場合であり、開腹術でよく見られる。

出血量が 1,000mL（推定全血液量の 20%）までならば、晶質輸液や身体の恒常性維持機能による代償機能が働く。しかし、出血量がそれ以上になると、代償機能が破綻しはじめる。自己血輸血に伴う合併症のリスクを考えた場合、供血者の血液の供給が得られるかどうかが、特に患者が稀な血液型である場合、自己血輸血に頼るかどうかを決定する重要な因子となる。

全血液量の 20%以上（例えば 1,000mL 以上）の急激な出血は自己血輸血を検討する。

病院への搬送が遅れた患者で、全出血量が 1,000mL あるいはそれ以上だが、比較的落ち着いた状態で到着した患者では状況が異なる。患者の身体は多かれ少なかれ効果的に代償している。しかしながら、こうした症例では、組織外傷による局所的な浮腫や単純な脱水を伴うため、その臨床像は複雑であることが多い。ショック状態にある症例は、どれも循環血液量が減少しているが、これは出血によるものだけではない。初期治療では、手術の前に晶質輸液が必要であるが、この点に関しては第 8 章 5.4 の低血圧蘇生法の項目で述べた。こうした症例に対する自己血輸血の時期や適応ははっきりしていない。

いったん体腔に出血した血液の「安全な」期間がどのくらいかという疑問もある。 戦傷に関連した血胸症例では、数時間から 3 日間までと、報告により異なる [4]。

4. Roostar L. Gunshot Chest Injuries. Tartu, Estonia: Tartu University Press; 1996: p 34.

緊急性の程度や、血液供給源の不足が、他の因子よりもより、自己血の使用期限を決定すると考えられる。他の血液が手に入らず、ただ手術台の上で死を待っている患者においては、たとえ古い創傷からの自己血であろうと益になると考えるのが妥当であろう。

ショック状態ではあるが、死に瀕しているほどではなく、晶質液や血漿や血漿増量剤の点滴によって循環動態をコントロールできる症例を扱う場合、血液供給が極めて乏しい環境においては、外科医や麻酔科医は自己血輸血を行うかどうかを適切に判断しなければならない。自己血輸血では、強い悪臭がする血液や、明らかに溶血している血液は、絶対に用いてはならない。

ICRC では自己血の使用期限を通常 6 時間以内と規定している。しかし、こうした規定には様々な要因が関与し、また症例によって病状も異なるため、明確な答えを出すことは不可能である。したがって、ICRC の外科医が特定の時間を推奨することはできない。しかしながら、6 時間という規定は、何とか生きて病院へたどり着き、自己血輸血による蘇生を必要とする急性出血症例の多くを治療の対象にできる。

自己血輸血の 3 番目の適応は術後の投与である。急性期の出血症例に対して行われるように、胸腔ドレーンや縦郭ドレーンからの持続出血を回収して返血することは可能である。しかし、資源が限られた環境では高度なモニタリングや看護ケアが提供できないため、こうした手技が行われることはほとんどない。

34.5　実際の自己血輸血の方法

資源が限られた環境において、最良の装置は、シンプルで安全で安価で、電源を必要とせず、最小限のスタッフのみで操作できるものである。よって本書では、術中自己血回収法（cell-salvage technology）を必要としない基本的な方法について述べる。効率よく自己血輸血を行うためには、回収した自己血をできるだけ早く使用可能な状態に処理しなければならない。 必要な装置は事前に準備しておき、すぐに使用できる状況にしておかなければならない。

34.5.1　胸部

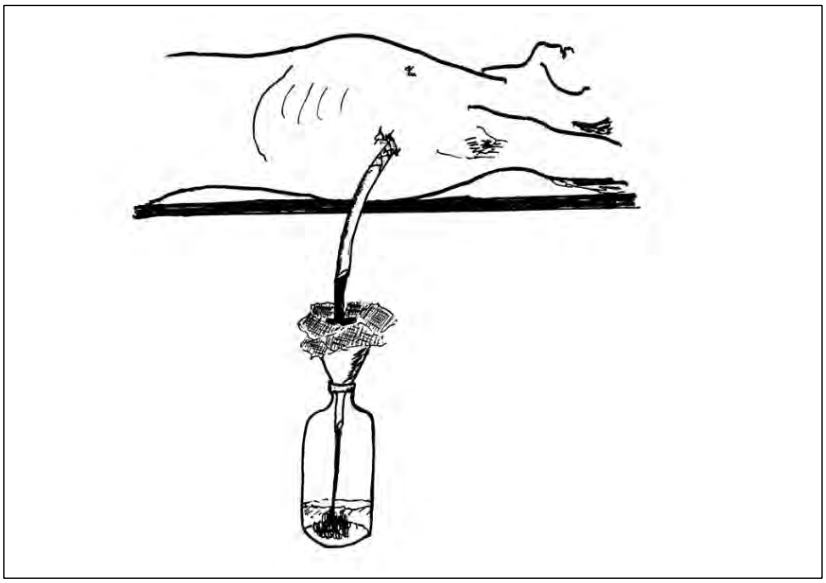
自己血輸血システムの中で最もわかりやすく一般的なものは、胸腔ドレーンに収集装置を接続したものである。

2,000mL を越えるような大量血胸症例では、一刻の猶予も許されない。最も単純な方法は chest-bottle inversion technique である。これは、滅菌した胸腔ドレーン用ボトルに生理食塩水 100mL を加え、これに収集した血液を集めて反転し、輸血セットとして用いる方法である。この方法は、他の胸腔ボトルと交換しながら行うと、より多くの血液を集めることができる。非常時において ICRC の外科チームは、生理食塩水の入っていない導尿バッグを用いて血胸症例から血液を集めた。ただし、バッグに一方向弁がついていないことを確認しておく必要がある。どちらの方法も、血液の濾過は標準的な輸血セットを用いて行う。

E. Erichsen / Aira Hospital, Ethiopia

写真 34.4
注射器で胸腔ドレーンから血液を吸引している。

緊急性が低く準備を行う余裕がある症例では、二重濾過システムを用いるとよい。これは、金属製の漏斗に 6～8 枚の滅菌ガーゼを重ねて、その上から血液を流して濾過する方法である。胸腔ドレーンから排出した血液を、ガーゼで濾過した後、滅菌プラスチック瓶かガラス瓶に直接収集する。瓶が一杯になったらゴム栓をして、すぐに患者に返血する。

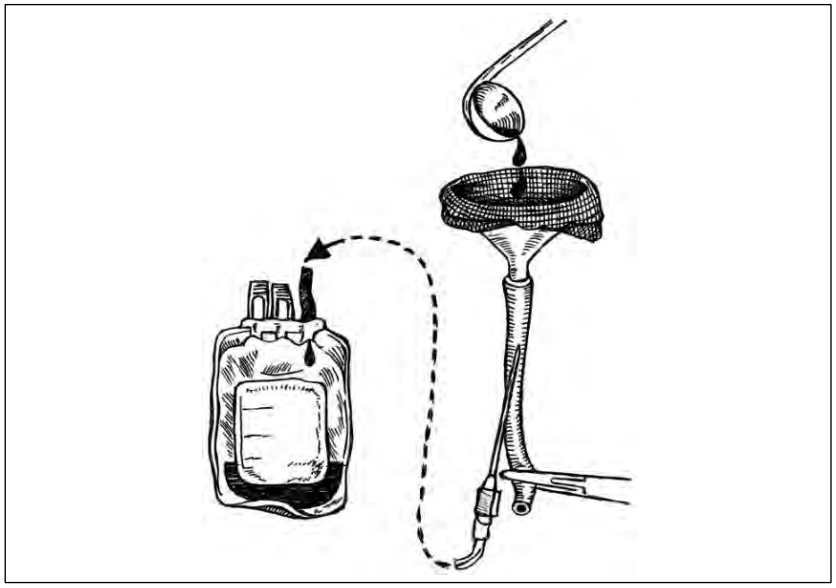


N. Papas / ICRC

図 34.5
緊急自己血輸血用の血液採取法。胸腔内の貯留血液を、濾過しながら滅菌瓶へ収集している。

注:

地方の病院や、ミッション系の病院では、院内で静注用の点滴を作っている。こうした施設では、再オートクレーブが可能な 500mL のガラス瓶が、まだ広く利用されている。これらの瓶は、ゴム栓やゴム製の膜、アルミ製のキャップで蓋をして内容物を保存する。現在では再滅菌可能なプラスチック製ボトルの入手が可能である。滅菌ボトルは個別に包装して、救急室や手術室に保管しておく。



N. Papas / ICRC

図 34.6
適切な輸血用ボトルがない場合の、血液濾過及び輸血用バッグへの収集法[5]。

こうしたすべての装置で、迅速な回収と速やかな返血のために、径の太いチューブが必要である。フィルターが組み込まれた標準輸血セットを用いるのが一般的であり、輸血 1 単位ごとに新しい点滴セットを使うべきである。

34.5.2　腹部及び四肢

胸腔からの血液成分のほとんどは液体であり、微粒子はほとんど含まれていないため、非常時には回収した血液は 1

回濾過するだけでよいが、腹腔内や四肢から回収した出血は、2 回濾過しなければならない。

開放式回収法（open system）は、たらいや膿盆に柄杓で血液を汲み上げるだけの単純な方法であり、すぐに準備ができ、あまり溶血を起こさないが、血液をすくうのは時間と手間がかかり、回収法として効率的ではない。開腹時に腹腔内が血液で充満しているようなケースでは、止血するためにできるだけ速やかに術野をきれいにしなければならない。血液の回収は、出血コントロールにおいては最優先事項ではない。柄杓で血液をすくっては漏斗に入れているようでは、止血術を行う外科医の気がそがれてしまう。こうした方法を行ってもよいのは、子宮外妊娠や脾破裂、肝臓のパッキングを行った症例など、止血が完了したケースに限られる。助手は漏斗を持って、ガーゼのフィルターを通して血液を容器内に回収し、返血する。

止血処置は、自己血輸血のための血液収集よりも優先される。

E. Erichsen / Aira Hospital, Ethiopia

E. Erichsen / Aira Hospital, Ethiopia

写真 34.7.1-34.7.4
血液を滅菌した柄杓で集めてガーゼフィルターで濾過し、ガラス瓶に収集する。

E. Erichsen / Aira Hospital, Ethiopia

E. Erichsen / Aira Hospital, Ethiopia

開腹時には、血液をすくう方法の他に、吸引器が使用される。外科医が止血操作を行っている間は、助手が術野の血液を吸引する。吸引圧の強さに比例して溶血が起こるため、低圧で吸引する。空気を一緒に吸引すると、血液が泡立ち溶血を起こしてしまうため、吸引器の先端は貯留血に浸しておかなければならない。同様に、抗凝固剤を入れた滅菌収集瓶にも、十分な量の生理食塩水を入れ、回収用チューブから排出される空気によって血液が泡立つのを防ぐ。回収した血液は直ちに濾過する。ひとつの変法として、膵損傷時に行うドレナージのように、「サンプ吸引（sump　aspiration）」を用いる方法がある（写真　32.35.1、写真　32.35.2）。サンプドレーンは貯留血液の深く、通常はダグラス窩や脾下極に留置するとよい。外側のサンプチューブを圧迫用ガーゼで覆い、1 回目の濾過を行う。

K.N. Joshi – K.B. Shrestha / Lumbini Zonal Hospital, Nepal

写真 34.8.1
血液濾過及び収集の代替法

K.N. Joshi – K.B. Shrestha / Lumbini Zonal Hospital, Nepal

写真 34.8.2
薬杯を使って血液を回収する。

K.N. Joshi – K.B. Shrestha / Lumbini Zonal Hospital, Nepal

写真 34.8.3
ガーゼを重ねて血液を濾過し、大きな注射器で回収する。

K.N. Joshi – K.B. Shrestha / Lumbini Zonal Hospital, Nepal

写真 34.8.4
濾過した血液を通常の輸血バッグに注入する。

四肢からの出血は、できるだけたくさん回収できるように、たらいや膿盆で受けるとよい。金属製の漏斗に滅菌ガーゼを6～8 枚重ねて敷き、その上から血液を注いで濾過し、ガラス瓶に回収する。

34.5.3　腸管内容物による汚染

実質臓器のみが損傷された場合は、腹腔内の血液は単純な方法で回収できる。出血に混ざった胆汁の量はほとんど問題にはならない。輸血用血液としての適切性が問題になるのは、胃内容や、糞便などの腸内容物が混入した場合である。未消化の食物残渣や糞便などの粗大なものは除去するべきだが、微小粒子も細菌よりも明らかに合併症を引き起こしやすいため、同様に除去する必要がある。細胞回収装置がない場合は、容器に回収する前に 2 回余分に慎重な濾過を行う必要がある。

自己血による感染の可能性については議論の余地がある。経験的には、腸内容物で汚染された血液を自己血輸血することは可能で、広域抗生剤を投与すれば、感染は問題にはならない。参考文献の中にいくつかの報告がある。

しかし、簡潔にいえば、細胞回収装置のない状況で腸内容物に汚染された血液を自己血輸血するということは、非常時における究極の手段と考えるべきである。十分な血液供給が受けられないために、ただベッドに横たわる患者の死を待つ

ような状況においては、自己血輸血による感染症や他の合併症のリスクなどは取るに足りないものである。瀕死の患者に、汚染されてはいるが濾過した血液を輸血することは、全く血液を投与しないでいることよりも有益であるかもしれない。ICRC の外科医は、この領域には経験がないため、使用に対しては十分な注意を促している。

34.5.4 輸血用フィルター

最も簡単な方法は、何層にも重ねた滅菌圧迫ガーゼで濾過した後に、標準輸血セットに組み込まれている輸液チューブ内の 150-200μm フィルターを使用することである。ほとんどの症例において、このフィルターだけで十分対応が可能であることが証明されている。20 または 40 ミクロンの特別なフィルターの必要性は明らかになっておらず、またこれは残った血小板を取り除いてしまう可能性がある。

34.5.5 抗凝固薬の使用

血液処理装置は、製造会社によって異なる抗凝固薬を用いている。こうした薬剤は洗浄の過程で除去される。未処理血液を用いる時の抗凝固薬の使用については賛否両論があるが、これらは主に事例報告を根拠にしたもので、術中自己血回収法の比較対象研究とは対極にある。

臨床的には証明されていないが、一般的に血胸から回収された血液には抗凝固剤を用いる必要はないであろうといわれている。しかし、大血管から出血した血液には理論的には抗凝固薬が必要であるとされる。

ICRC の経験

血胸の場合、ICRC の外科チームらは CPD-A（リン酸クエン酸塩・ブドウ糖・アデニン）を標準量もしくは半量に希釈して用いたり、ヘパリン（1瓶当たり 1,000～5,000 単位）を用いたり、また症例によっては抗凝固薬を用いずに血液を処理しているが、これらに臨床的な差は見られない。資源の限られた環境で自己血輸血を行わなければならない状況では、コントロールされた臨床試験を行うことは難しい。

資源が限られた環境では、自己血に下記の処理を行うのが実用的である。

- 血胸症例から収集した血液に対しては、抗凝固薬を用いる必要はない。自己血 1 単位当たり 500～1,000 単位のヘパリンを投与するか、半量の CPD-A の投与を行ってもよい。
- 腹腔内出血症例から収集した血液に対しては、自己血 1 単位当たり 500～1,000 単位のヘパリンか半量の CPD-A を投与するとよい。

純粋に理論的に考えると、凝固系カスケードが活性化している自己血を用いた場合には、DIC を引き起こす可能性がある。こうしたケースでは、抗凝固薬としてヘパリンを用いるとよい。

5. 提供：S. Whitehead, Maua 病院, ケニア, M. King, Primary surgery より

34.6 合併症と危険性

すべての外科手技と同様に、自己血輸血にも合併症を起こす可能性がある。多くの場合、返血量が多いほど合併症が起こりやすい。また未処理血よりも処理血の方が合併症を起こしやすい。血液バンクからの供給血液を大量に輸血した際にも合併症は起こる。

発熱反応

術中に自己血輸血を行った症例の約半数は、術後 1 日以内に一過性の発熱反応を生じる。外傷症例では創傷部から溶血成分を吸収することで反応熱を起こすが、自己血輸血に伴う発熱反応は、補体系の活性化により炎症反応が惹起されることが原因といわれている。これは自己制御され、臨床的には全く問題にならない。

凝固障害

理論的には、自己血輸血がもたらす最も重大なリスクとは、消費性凝固障害と線維素溶解、および血小板機能異常の複合状態におかれることである。さらに、微小粒子と共に、活性化された凝固系カスケードの副産物が体内に入ることによって、DIC を生じる可能性がある。これは、トロホブラストの副産物が体内に入った時と同様の機序で起こる。

しかしながら、第 18 章で述べたように、重症症例では多くの要因による影響で凝固障害が発生する。例えば、ショック、低体温、アシドーシス、血液バンクから供給された血液の大量輸血、過剰な晶質輸液などである。自己血輸血以外の凝固障害の発症要因がどの程度なのか、それを明らかにすることは、不可能とはいわないまでも困難である。投与される血液が未処理血液で、その投与量が 3L 以下の場合は、凝固障害は大きな問題とならない。

敗血症

周知のように、戦傷は不潔で汚染されているため、抗生剤はルーチンに投与すべきである。創傷部は外科医が滅菌するわけではなく、血液によって滅菌されるわけでもなく、患者の身体が自身の防御機構を持っている。多くの研究が、術中血液回収装置で収集され処理された血液は、たとえ腸内容物による汚染がなかったとしても、滅菌されているわけではないこと、しかし、こうした血液を輸血することが感染症増加につながるわけではないことを示している。臨床的には未処理血液による自己血輸血後の感染症は問題とならない。しかしながら、回収システムの操作に伴う汚染は、感染の原因となる可能性があることを忘れてはならない。

腎不全

溶血が進むと、ヘモグロビンが大量に遊離してヘモグロビン尿となる。特に、6時間以上経過した古い自己血や著しく溶血した血液を投与した場合は、こうした危険がある。しかしながら、臨床的には溶血した血液を輸血することで関連する合併症を生じることは証明されておらず、ヘモグロビン尿は通常数時間で消失する。

腹腔内から回収された血液は、膵臓や小腸、十二指腸が損傷していた場合、活性化された膵酵素を含んでいる可能性がある。もし、こうした血液を返血した場合、溶血やヘモグロビン尿を生じる。しかし、報告例は少ないが、一時的な腎機能障害を引き起こすにかすぎないといわれている。

それでもなお、輸血後は慎重な観察が必要である。特に循環動態が安定しているにもかかわらず尿量減少を認める症例に対しては、アルカリ化とマンニトール投与を行い、晶質輸液で水分補給を行う。

肺高血圧症と呼吸窮迫症候群(ARDS)

理論的には、腹腔内や四肢から回収した血液では、血小板凝集や微粒子による微小血栓を生じる可能性が最も高くなる。四肢外傷部からの血液には、骨折によって遊離された脂肪滴も含まれる。しかし、血液バンクから供給された血液にも微小凝血塊は含まれる(古い血液ほど多い)。自己血輸血の過程で脂肪塞栓症が発生するということを支持する証拠はない。

多臓器不全

炎症カスケードの中間産物や仲介物の理解が深まるつれ、多臓器不全に至る合併症を引き起こす可能性が知られるようになってきた。こうしたことを考慮することは、一部の重症外傷症例で大量輸血及び大量の晶質輸液によって治療される

症例を除けば、極めて論理的である。しかしながら、血液がほとんど供給されないか、全く得られない状況で、大量出血した症例を治療しなければならない場合には、自己血輸血の有益性は、多臓器不全を起こすリスクよりもはるかに大きい。

ICRC の経験

手術用リネンや床が患者自身の血液で溢れる中、輸血血液の不足によって手術台に横たわる患者を失う。資源の限られた環境で働く外科医にとって、これほど心が痛むことはない。輸血血液にわずか程度の在庫があったとしても、緊急を要する大量出血症例に対しては、自己血輸血を行うことが救命につながるかもしれない。これは、レバノン、コンゴ民主共和国、リベリア、ソマリアやなどで勤務したことのある ICRC の外科医の経験である。

35 章
妊婦における戦傷

35. 妊婦における戦傷

35.1 はじめに 545

35.2 創傷弾道学 545

35.3 疫学と国際人道法 545
35.3.1 戦時下の女性と国際人道法 546

35.4 臨床像と救急室における母体のケア 547
35.4.1 妊娠症例と一般症例の違い 547
35.4.2 気道 547
35.4.3 呼吸 548
35.4.4 循環 548
35.4.5 より詳細な診察 548

35.5 胎児の診察 549

35.6 手術時の方針決定 550
35.6.1 腹腔外損傷 550
35.6.2 腹部外傷 550
35.6.3 緊急帝王切開術の適応 550

35.7 腹部の手術 551
35.7.1 子宮外傷 551
35.7.2 その他の臓器損傷 551
35.7.3 閉腹 551
35.7.4 胎児 552

35.8 術後管理 552

基本原則
妊娠検査は、妊娠可能年齢にあるすべての女性患者に対して行われなければならない。
母体の治療を第一に行う：それが母体にとっても、そして胎児にとってもよい結果を生む。
大きくなった子宮は横隔膜を押し上げる：胸腔ドレーンを挿入する時は注意を要する。
母体創傷はたとえ小さいものであっても流産や胎盤早期剥離の発生率を増加させる。
外科医は帝王切開だけではなく、緊急の子宮全摘術も施行できなければならない。

35.1 はじめに

外傷を負った妊婦を診察する時、医師は 2 人の患者を扱うことになる。すなわち母体と胎児である。患者管理の基本原則は同じだが、妊娠による解剖学的変化や生理学的変化を考慮しなければならない。また、胎児のモニタリングは母体管理をより複雑にする。治療に際しては、母体の救命を優先する。これは胎児にとっても最良の選択となる。しかしながら、妊娠は特別な診断的倫理的な問題をはらんでいる。

母体に適切な治療を行うこと。それが胎児への最良の治療となる。

35.2 創傷弾道学

非妊娠時の子宮は、薄い垂直の内腔を持った厚い筋肉の塊であり、発射物外傷においては、他の筋組織と同様の損傷所見を呈する。妊娠子宮は、唯一時間の経過と共に損傷部の弾道学的特徴が変化する臓器である。すなわち、妊娠の経過と共に子宮の筋層は次第に薄くなり、子宮内は羊水と受胎産物（胎児・胎盤・臍帯）で埋まる。妊娠満期になった子宮は腹腔内の大部分を占めるため、弾道における空洞効果を受けることとなる。

液体で満たされた子宮は、充満時の膀胱と同様に、弾道学上でいうところの“境界効果”の影響を受ける（第 3 章 4.3 参照）。大きな空洞を形成する高エネルギー発射物は子宮破裂を引き起こし、母体に致死的な出血を引き起こす。また、直接損傷を受けていなくても、胎児死亡の原因となる胎盤早期剥離を引き起こす可能性がある。帝王切開の既往のある子宮は瘢痕部が脆弱であるため、弾丸外傷時には子宮破裂を引き起こしやすい。

一方、胎児と胎盤はそれぞれ組織が異なるため、低エネルギーの発射物であれば組織内で停止する場合がある。組織損傷の程度にもよるが、胎児は正期産まで無事に生存することもある。

胎盤早期剥離以外には、爆発による妊娠への影響はほとんど知られていない。

35.3 疫学と国際人道法

第二次世界大戦以降から現代の紛争においては、民間人の被害者が増加しているが、武力紛争時の妊婦外傷についての疫学的なデータはほとんどない。

伝統的地域社会においては、女性は分娩の直前まで働き続けている一方、都市化の進んだ地域社会では、妊娠の週数と共に女性の活動は制限され、一般的な社会、特に暴力的なものからは距離がおかれる。地域社会によっては、文化

的制約から女性が医療機関を受診することが制限され、産科的合併症により多くの女性が自宅で命を失っている。しかしながら、市街戦や近隣住宅の爆破などに代表される市街戦であっても、大多数の被害者は男性であり、そうした状況に慣れた外科医でも、妊婦の外傷症例数の少なさに驚かされる。

妊婦外傷の疫学的研究の大半は、平時の先進国を背景にしたものであり、基本的には車両事故や個人的な争いによるものである。このように、母体や胎児の罹患や死亡率に関する知識の多くは鈍的外傷によるものであるが、民間人の銃創症例を相当数にわたって比較検討した研究もいくつかある。最近のある研究では、妊婦の外傷症例 321 例について記載しており、このうち、腹部穿通創が 30 例(9%)、銃創が 22 例、刺創が 7 例、ショットガンによる銃創が 1 例見られた[1]。穿通創症例の母体死亡率は鈍的外傷のそれと比較して高かった(7% 対 2%)。また、胎児死亡率(73% 対 10%)や母体罹患率(66% 対 10%)も有意に高かった。

武力紛争中の妊婦外傷症例を対象とした研究として、よく知られているものは 2 つしかない。1 つはレバノンで行われた研究で、妊娠 20 週以上の妊婦外傷症例 14 例を対象としたものである。いずれも、骨盤部以外の腹部損傷を認め、子宮損傷を伴っている[2]。そのうち 7 例はライフル弾による銃創症例で、残りの 7 例は炸裂弾の破片による外傷症例であった。刺入創が腹側にあっても背側にあっても、子宮底よりも頭側に損傷を認める場合は、常に腹腔内臓器損傷を伴い、刺入創が子宮底よりも尾側にあれば、これを認めなかった。報告では、低運動エネルギー弾による外傷では、妊娠子宮は"盾"のように働き、重要臓器や主要血管を保護していたと結論づけている。

もう 1 つの研究はイスラエルで行われた研究で、妊婦外傷症例 12 例を対象にしたものである。受傷部位は問わず、爆弾の破片による外傷症例が 5 例、銃創症例が 5 例、破片と弾丸の両方による外傷症例が 2 例であった[3]。胎児が生存していたケースが 5 例あり、そのうち 4 例は産科的合併症のために帝王切開術が必要であった。残りの妊婦は、妊娠 6 週に受傷したものも含めて、正期産の週数まで妊娠が継続できた。

一般的に、破片による外傷は銃創よりも予後がよい。腹部に限局した銃創症例では 40～70%の割合で周産期胎児死亡を引き起こし、もし母体が入院時に出血性ショックを呈していた場合、その割合は 80%以上になる。母体死亡は、あらゆる外傷後胎児死亡の主要因である。

35.3.1 戦時下の女性と国際人道法

武力紛争時に女性が直面する危機は、発射物や爆発物による外傷だけではない。歴史的に多くの戦争において、女性はしばしば性的暴力の標的となり被害者となっている。すなわち、こうした環境にあるすべての社会において、女性は兵士への報酬として扱われるのである。兵士の中には、女性に対する性的虐待を戦闘の目的としているものもいる。現代の戦闘においてもこれは蔓延している。

ICRC を含めた様々な団体が、戦時下における女性(妊娠の有無にかかわらず)の社会経済的な状況についての国際人道法への影響を調査している。これらの調査は、女性の健康についての影響も含んでいる[4,5]。言うまでもないが、女性に対する性的暴力は国際人道法と人権法により特に禁止されている。

1. Petrone P, Talving P, Browder T, Teixeira PG, Fisher O, Lozornio A, Chan LS. Abdominal injuries in pregnancy: a 155-month study at two level 1 trauma centers. Injury 2011; **42**: 47 – 49.
2. Awwad JT, Azar GB, Seoud MA, Mroueh AM, Karam KS. High-velocity penetrating wounds of the gravid uterus: review of 16 years of civil war. Obstet Gynecol 1994; **83**: 259 – 264.
3. Sela HY, Shveiky D, Laufer N, Hersch M, Einav S. Pregnant women injured in terror-related multiple casualty incidents: injuries and outcomes. J Trauma 2008; **64**: 727 – 732.
4. Lindsey C. Women Facing War: ICRC Study on the Impact of Armed Conflict on Women. Geneva: ICRC; 2001.
5. Lindsey-Curtet C, Tercier Holst-Roness F, Anderson L. Addressing the Needs of Women Affected by Armed Conflict: An ICRC Guidance Document. Geneva: ICRC; 2004.

35.4 臨床像と救急室における母体のケア

妊娠可能年齢にあるすべての女性患者は、妊娠していないとわかるまでは妊婦として接するべきである。妊娠の有無と、外傷管理における妊娠の意義を認識することは重要である:

- 妊婦の外傷症例も、ABCDE パラダイムに則って、すべての外傷症例と同じように診察する。
- 妊婦の外傷症例は、身体の生理学的な変化のため、他の外傷患者とは異なる。
- 医師は、母体と胎児の双方に対する評価を行わなければならない。

M. Della Torre / EMERGENCY

写真 35.1
妊婦も外傷に苦しむ。他の外傷患者と同様の優先順位で治療に臨む。

35.4.1 妊娠症例と一般症例の違い

妊娠は、身体に著明な解剖学的変化と生理学的変化をもたらし、実際にすべての器官が影響を受ける。読者は成書を参照し、これらの違いを理解しておくべきである。ここでは、臨床的に重要ないくつかのポイントを記載するにとどめる。

腹腔内に横隔膜や小腸を圧迫するような“巨大な腫瘍”がある場合は別として、妊娠に伴う解剖学的な変化によって子宮動静脈は拡張し、子宮への血流は増加する。腹膜炎の際に、腹壁の筋性防御や板状硬は減少もしくは消失していることがある。

妊娠週数は患者の月経歴と子宮の大きさから推測できる。例えば、妊娠 12 週には妊娠子宮は骨盤を超えて大きくなる。

妊娠可能なすべての女性患者に対して、最近の月経歴を聴取し、尿による妊娠検査を行う。そして、わずかでも妊娠が疑われた場合は、産婦人科医か助産師にコンサルトするべきである。

腹部膨満を認めた場合は、妊娠子宮か腹腔内出血、またはその両方の可能性を示唆する。

35.4.2 気道

気道は、妊娠による大きな変化が比較的少ない。ただし、食道括約筋の緊張低下と、腹腔内容積の増加による胃内容物の排泄遅延によって、胃内容物の逆流や誤嚥のリスクが増加することがある。妊娠後期には喉頭浮腫を呈するため、気管内挿管を行う際には、失敗する可能性が高くなる。またそれに伴って、胃内容物の逆流や誤嚥のリスクも有意に増加する。

35.4.3　呼吸

呼吸数は妊娠中に変化しないが、1 回換気量が 40%増加することにより、生理学的な過換気が発生する。このため、わずかに呼吸性アルカローシスとなる。妊娠後期では、腹腔内の容積が増大して横隔膜を押し上げるため、胸郭の容積は減少する。臨床的には、妊婦の外傷症例に胸腔ドレーンを留置する際には最大の注意を払わなければならない。低酸素状態は、特に胎児に悪影響を及ぼすので、これを避けるために、補助的酸素投与を行うことが重要である。

妊婦の外傷症例に胸腔ドレーンを留置する時には最大の注意を払う。

35.4.4　循環

循環動態は、妊娠に伴って生理学的に最も大きな変化を来す。妊娠 34 週までは、赤血球数よりも血漿量が増加することによって血液量が増加し、その結果として生理的な貧血が起こる（ヘマトクリット 31～35%）。また、心拍数が 1 分当たり 10～15 回増えることにより、妊娠第 1 三半期の心拍出量は 30%増加する。これは、妊婦の外傷症例の循環動態を評価する際に重要である。

若くて健康的な妊婦は、出血量が 1,500mL 程度（全血液量の 35%）に達しても血圧を維持することができる。脈拍数も比較的少なく、ショック症状も認めない場合がある。このため、通常のパラメーターでは蘇生の状況を正確にモニターできない。入院時に循環動態が不安定な症例は、重度の外傷の存在を示唆する。妊婦の外傷症例では、同じ体型の症例よりも多くの輸血血液を必要とする。こうした症例では、出血性ショックの症状を認めなくても積極的に輸液を行う必要がある。

妊娠第 3 三半期にある妊婦を、ストレッチャーや背板、手術台の上に仰向けに横たわらせると、妊娠子宮が下大静脈を圧迫して静脈還流が減少し、血圧が低下する場合がある。こうした病態は、患者を左側臥位にしたり、右脇腹の下に枕を挿入して左側に 15 度傾けたり、また子宮を用手的に左側に移動させることによって防ぐことができる。

抗生剤投与や破傷風トキソイドの予防的投与、呼吸抑制を引き起こさない鎮痛薬の投与は妊娠症例にも行ってよい。

35.4.5　より詳細な診察

産科関連の病歴はすべて聴取しなければならない。

外傷症例では子宮の活動性が亢進することが多い。切迫早産や胎盤早期剥離の徴候が見られるケースもある。受傷後数日してから子宮の活動性が亢進する場合は、感染の可能性がある。子宮の収縮や圧痛、腹痛や筋痙攣の有無などを診察しておくべきである。

内診では子宮膣部の状態、性器出血や羊水の有無を評価する。また、腹部の触診と併せて胎児の先進部を確認しておく。性器出血は正常な妊婦では起こらない。性器出血を認めた場合は、外傷以外にも切迫早産や、胎盤早期剥離、前置胎盤、子宮破裂などの可能性を考えなければならない。性器出血や破水が見られた場合は、原因への対処がなされるまで、外陰部に滅菌ガーゼや生理用ナプキンを当てて膣からの排液を吸収させるとよい。

最後に直腸診で直腸裂傷を除外して、局部の診察を終了する。

レントゲン検査は妊娠症例に対する禁忌ではない。

レントゲン検査は必要時には行うべきである。通常のレントゲン検査は被曝線量が非常に少ないため、妊娠症例に対する禁忌にはならない。母体管理を行う上で、レントゲン検査によって得られるメリットは、胎児放射線障害のリスクを上回る。とはいえ、鉛製の防護服は着用させるべきである。第 1 三半期の胎児は放射線に対して最も感受性が高い。

V. Sasin / ICRC

V. Sasin / ICRC

写真 35.2.1- 2
腹腔内で子宮外の弾丸を示したレントゲン写真

経鼻胃管と導尿カテーテルを挿入する。また、通常の採血検査も行う。

もし母体の血液型が Rh 陰性で胎児が Rh 陽性であった場合は、特に注意が必要である。血液型不適合妊娠の問題は外傷患者に限ったことではないが、もし外傷により胎児が損傷を受ければ理論的には血液型不適合妊娠を起こす可能性が高まる。この場合は、可能であれば受傷後 72 時間以内に母体に抗 Rh グロブリンを投与すべきである。

Rh 不適合の有無を確認しておくこと。

35.5 胎児の診察

母体に生命を脅かすような外傷がある場合には、胎児の状態や成熟度を適切に評価しなければならない。これには、胎児の週数や子宮外で生存が可能かといった評価も含む。そして、帝王切開を行う適切な時期を判断する。

胎児の生存が確認されたすべての妊婦に対して、診断のための検査と初期治療を行い、精査後も 6 時間は観察下におく。胎児のモニタリングには高度な機器を要するが、必要な器材が常に用意できるわけではない。産科医に相談することが不可欠である。

胎児は、母体の低酸素状態や血圧低下に非常に敏感に反応する。母体が長時間にわたって低血圧状態や低酸素状態に置かれると、胎児死亡に至る。また、胎盤早期剥離、子宮への直接外傷、母体死亡によっても胎児死亡に至るケースが多い。

胎児仮死では以下の徴候がみられる。

- (胎児心拍)が 110 回/分未満の徐脈
- 170 回/分以上の頻脈(母体の発熱時にもしばしばみられる)
- 心拍間隔の変動性の消失
- 子宮収縮時の遅発性徐脈

発射物は胎児や胎盤や臍帯を直接損傷し、出血や遅発性の感染を引き起こす可能性がある。しかし、胎児死亡を引き起こすような敗血症などは別として、大多数の症例では感染の診断に至ることは、不可能とはいわないまでも困難である。診断が得られた場合、母体には通常 5 日間の抗生剤投与(アンピシリンとメトロニダゾール)を行う。

胎児が生存できるかどうかは、保育器の有無や、未熟児管理に精通したスタッフがいるかどうかにもよる。資源の限られた環境では、出産が可能な時期は妊娠 30～32 週かそれ以降とされている。

注:

新生児集中治療室がない場合は、妊娠 30～32 週以前に胎児仮死治療を目的とした帝王切開術を行うことは適切ではない。これは難しい判断である。資源が限られた環境では、妊娠 30 週未満で出生した新生児の予後は極めて不良であり、生存した場合でも重度の神経学的な後遺症が残ることが多い。最もよいのは、病院が、妊娠週数が十分に満たない状況での“不必要な”帝王切開術(生存できないか、もしくは健康状態があまりよくない児が生まれる帝王切開術)を制限するためのプロトコルを作成しておくことである。資源が限られた環境で帝王切開術を行うと、将来の再妊娠時に子宮破裂の危険性を伴うためである。さらに、もし重度の障害を持った子供が生存した場合、家族にとっても困難な状況を生む結果となる。

35.6 手術時の方針決定

妊婦外傷の治療では、母体の救命が優先される。これは、女性患者に他にも子供がいることや、将来の妊娠の可能性も考慮した上のことである。

母体の救命が胎児の救命よりも優先される。

35.6.1 腹腔外損傷

妊婦の腹腔外損傷を認めた場合、妊娠に伴う生理学的変化やショックの有無、低酸素症による胎児への影響などを適切に考慮した上で、非妊婦と同様の外傷管理を行う。

35.6.2 腹部外傷

その他の穿通性の腹部外傷症例と同様に、妊婦の外傷症例に対しても明確な外科手術の適応基準がある。明らかな腹腔内出血や腹膜炎所見、子宮底より上部の創傷を認める場合は開腹手術が必要である。しかし、もし刺入創や射入創が子宮底よりも尾側にあり、開腹術を行うに足る臨床的所見がない場合や、明らかな骨盤部外傷を認めない場合には、保存的に経過観察を行う。ただし、レントゲン検査で子宮内に弾丸がないかなどを確認しておく必要がある。損傷した子宮であっても分娩することは可能である。胎児骨折や他の軽度の胎児外傷は子宮内で治癒する。

妊娠子宮には、損傷を受けてもまだ胎児を娩出する力が残っている。

腹部外傷後や開腹術後に、帝王切開術の適応がない場合は妊娠を継続することになるが、安静と経過観察が最善かつシンプルな方法である。ただし、長期間ベッド上安静を続けると、血栓塞栓症の危険性が高まることを常に念頭におく。発熱は子宮収縮や早産の原因となるため、パラセタモールで治療する。

35.6.3 緊急帝王切開術の適応

患者が正期産の週数を迎えていれば、外傷の手術後に陣痛が発来することがよくある。妊婦の場合、外傷が軽度であっても流産率や死産率が上がるものの、妊娠初期であれば特に影響を受けない場合が多い。

胎児が死亡したり受傷したりしても帝王切開術の適応にはならない。死亡した胎児は、通常は数日のうちに自然娩出される。もし専門的な産科的ケアが可能ならば、プロスタグランジンの投与や羊膜内への生理食塩水の注入によって娩出を

早めることもできる。

緊急帝王切開術の適応は、母体か胎児の状態によって決める。緊急帝王切開術を必要とする妊婦外傷の１つに、弾丸による子宮破裂を加えておかねばならない。また原因が何であれ、母体が出血性ショックを呈している場合は、胎児を危険に曝すことになるため帝王切開術の適応となる。しかしこれは、母体の出血量を増やすことにもなるため、循環動態を安定させる手段にはならない。こうした母体の救命が難しい状況では、胎児の救命だけを目指す。

真の胎児仮死を認めた場合は、帝王切開術の適応となる。こうしたケースでは、母体と胎児を蘇生するための設備が整っていることが重要である。前述のように、設備が整っていない施設では、30～32 週以前に帝王切開術を行う適応はない。

死戦期における帝王切開術

腹部外傷もしくは腹腔外損傷によって妊婦が死に瀕している場合で、胎児が生存しており正期産の週数に近いのであれば、帝王切開術の準備をすべきである。手術はできれば母体死亡の前か、少なくとも母体死亡後 5 分以内に行うべきである。例外的に児の分娩までは開胸心臓マッサージを行うこともある。

35.7　腹部の手術

妊婦の腹腔内を検索する際は、胎児や胎盤を傷つけないように子宮を牽引し、押し上げ、パッキングなどを行わなければならない。子宮を長軸を中心に回転させてはならない。これは捻じれによって子宮への血流を阻害するためと、妊娠第 3 三半期では子宮下部の損傷につながるためである。

35.7.1　子宮外傷

創が小さく、その後の経膣分娩の阻害因子とならないようなものであれば、基本的にデブリドマンを行って縫合する。低運動エネルギーの発射物であれば子宮内に留まっていることがあるため、他の管腔臓器と同じように射出創の有無を確認するべきである。

創が大きい場合は、デブリドマン後に帝王切開術の時と同様に層を合わせて縫合する。創の大きさ、羊水腔への穿通の有無、妊娠週数によって、後に経膣分娩と帝王切開術のどちらを選択するかが決まる。もし胎児が正期産の週数に近く生存可能であれば、最初の開腹時にすぐに分娩させた方がよいケースもある。

創が非常に大きい場合は、帝王切開術で胎児を腹腔内に娩出したのと同じ状態であり、その場合は胎盤早期剥離のため、通常胎児は数分以内に死亡する。こうしたケースでは、閉塞性分娩による子宮破裂の時と同様に、損傷の程度によって、緊急子宮摘出術か子宮修復術を行う。

妊娠中は、子宮動静脈が拡張している。動静脈は長く太くなりそして屈曲しているため、弾丸によって損傷を受けやすくなっている。子宮動静脈は片側であれば結紮してもよい。胎児へのリスクは出血によるものの方が大きい。

35.7.2　その他の臓器損傷

その他の臓器では、上腹部に押し上げられている小腸が損傷を受けるケースがほとんどである。外科的処置は通常通りに行う。骨盤腔の深部に損傷を認めた場合、受傷部に到達するのが難しい。特に大量出血によって母体の救命が難しいケースでは、適切な術野を得るために先に帝王切開術を行うか、極めて稀なケースとしては緊急子宮全摘術を行わなければならないことがある。

35.7.3　閉腹

閉腹は標準的な方法で行う。一時的な出血コントロールのためのパッキング後や、積極的治療の結果として腸管浮腫

が生じた場合など、ダメージコントロール手術に際しては、正常な妊娠を継続しながら閉腹することは困難である。皮膚縫合による一時的閉腹を行っておけば、後に正常な妊娠経過や経膣分娩を妨げることはないと思われる。ただし、バルサルバ法は行えなくなる。腹壁瘢痕ヘルニアは後日修復すればよい。

35.7.4　胎児

帝王切開術は出血量を増やし、子宮瘢痕を残すため、次回妊娠時の子宮破裂のリスクを高める。このため、帝王切開術は母体にその適応がない限りは行うべきではない。数時間以内に開腹手術を行っている場合であっても経膣分娩が望ましい。また、胎児死亡を起こしている場合も、常に経膣分娩を検討する方よい。

前述の如く、子宮外傷は、胎児の状態が良好であれば経膣分娩を妨げるものではない。胎児死亡を確認した場合でも、分娩は自然に陣痛が発来するまで待つか、分娩誘発を行う方がよい。子宮や胎児の外傷を疑う場合は、感染や播種性血管内凝固症候群（DIC）を避けるために、治療方針の判断が遅れすぎないようにすべきである。

35.8　術後管理

妊娠期間中は、深部静脈血栓症や肺塞栓症のリスクが高くなる。現地の状況にあわせて、受動的かつ能動的な予防手段を講じるべきである。最もリスクが高いのは、分娩直後の時期である。

その他の術後ケア、または産褥期間中のケアと理学療法については、他の腹部外傷手術や帝王切開術の場合と同様に行う。

Part E

脊椎

E. 脊椎

基本原則
戦傷において脊柱外傷を被った場合、脊髄損傷に至るケースが多い。
脊髄損傷の患者が尊厳ある生活を送れるようにするために、できることは多くある。
診療チームは、医療従事者、家族、友人、ソーシャルアシスタント、コミュニティーメンバー、そして患者で構成される。

資源が乏しい環境で働く医療従事者にとって、恐らく脊髄損傷ほど失望感を抱く悲劇はないであろう。困難な環境で尊厳を得られない中、患者は受傷後早期に死亡することが多い。施設や資源が限られている地域では、中長期的に治療を続けることは極めて困難である。リハビリテーションの大切さは知られており、導入することが望ましいが、それも叶わないことが多い。

脊髄損傷(Spinal Cord Injury:以下SCI)患者の管理には、多くの専門職スタッフの協力の下、包括的なアプローチで臨む必要がある。理学療法、看護ケア、そして精神的サポートが治療の90%以上を占める。しかし、残念ながら低所得国では熟練した理学療法士や臨床心理士は極めて少なく、全くいないこともある。さらに、看護師は基本的な理学療法のトレーニングさえも受けたことがない者がほとんどである。このような状況では、医師が中心となって、患者が退院後にも自宅で続けられるような適切な理学療法のプロトコルを作成する必要がある。

脊髄損傷患者の死因として、器質的損傷の次に多いものはうつ病である。脊髄損傷の患者に対して、周囲の人々が何もできない無力感から、しばしば患者に対して「良心的な無視(benign neglect)」の態度を取る。脊髄損傷の患者が入院すると、病院スタッフや患者本人、患者の家族や友人が、すぐにこの態度を取り始めるが、こうした姿勢は改めなければならない。

「良心的な無視」は、小さな試みから改善することができる。「声かけ」である。医師も看護師も、患者に対する挨拶や声かけを決して怠ってはならない。無視されること、「見過ごされる」ことによって、どの患者もこの世界から隔絶された気持ちにさせられるのである。

> 「麻痺患者の前を、何の声かけもせずに通り過ぎてはならない」
> M.King [1]

病院スタッフは、しかしながら家族や友人に代わって患者をサポートすることができない。そのため、現状をふまえた相談や説明を行っておくことが重要である。外科医、看護師長、理学療法士が同席した上で、患者の家族に対して今後の治療計画を説明しなければならない。退院前に患者の自宅を訪問して、生活環境を整えることや、退院後も繰り返し訪問することが重要である。

第26章で述べた一節を再掲しておく。「リハビリテーションとは、ヘルスケアチーム、患者、家族が協力して行う創造的な取り組みであり、患者の精神的、社会的、また職業的な能力を最大限に生かすことを目的としている」[2]。すなわち、脊髄損傷患者のケアとは真のチーム医療であり、病院スタッフ、患者、家族、友人、コミュニティー、そして特にソーシャルワーカーを加えたメンバーによって取り組む必要がある。病院スタッフが、在宅ケアチームや患者、家族、友人に対して適切な指導を行い献身的に援助することができれば、在宅ケアの質はより高いものとなる。患者の尊厳を守るためには、すべての関係者が必要とされる協力を惜しまず、あらゆるサポートを行わなければならない。「悲観的な態度は間違っている」ことを理解しなければならない。

患者と家族は、入院早期から主体的に介護とリハビリテーションに関わっていく責任があることを自覚し、それを長期にわたって続けなければならない。最も大切なことは、患者の衛生を保つことである。身体を洗い、陰部を清潔にしておかなければならない。また、ベッドシーツは乾いた清潔なものを用いるように心がける。栄養状態を保ち、感染症や褥瘡を予防することも重要である。定期的に運動を行うことも忘れてはならない。早期離床を促すことは、患者の気力を維持させるた

めにも役立つ。

D. Constantine / MOTIVATION

写真 E.1
脊髄損傷患者のリハビリテーション

「今までは、戦地だけでなく市民の生活の場においても、脊髄損傷患者がその病状を克服することは非常に難しいと考えられてきた。一般的に脊髄損傷患者は手の施しようがなく、尿路感染を引き起こし、その予後は短いものとされてきた。看護ケアと鎮痛剤の投与以外に治療としてできることはほとんどないと思われてきた。しかし、こうした考え方はこの数年で大きく変わってきている。今では、我々はこうした患者の多くが感染症を克服し、健常者と同じくらいの寿命が得られることを知っている。褥瘡は良好な組織で閉鎖でき、移動も可能である。仕事を得ることもできる。悲観的な姿勢からは何も生まれない。それがわかればたくさんの可能性が見えてくるのである」

R.H. Kennedy [3]

在宅ケアチーム

いくつかの国では、脊髄損傷患者のための特別な訓練施設を有しており、職業トレーニングワークショップや小口融資プログラムを行っている。しかし、低所得国では、リハビリや社会復帰を目指したトレーニングを行える設備や人材はほとんどない。こうした国々では、地域や村の単位で患者を支えていく必要がある。病院スタッフは、その地域では一目置かれていることが多いため、在宅ケアチームの立ち上げを含めて、積極的に地域の支援環境づくりに携わる必要がある。

本書の付属DVDに収録されているガイドラインは、在宅ケアチームのために作成されたものであるが、パンフレットとして患者や家族に配布してもよい。このガイドラインに用いられている言葉はシンプルでわかりやすいため、看護師や理学療法士、ソーシャルワーカーなどの専門職スタッフだけでなく、一般の人々も十分理解することができる。もちろん、配布する際には現地の言語に翻訳して、現地の文化を尊重したものに改編しておかなければならない。

脊髄損傷患者には長期間のフォローアップを要する。その過程で、様々な大きな問題の発生が予想される。しかし、その中でも深刻な合併症は回避するように努めなければならない。うつは患者自身の望む自己像の喪失や、生活が自立できなくなったことへの失望によってのみもたらされるのではなく、性的不能状態となったことにも起因する。これに対しては、できれば十分な精神的サポートと、適切な心理学的介入を行うことが望ましい。こうしたサポートは、場合によっては家族に対しても必要になる。例えば、脊髄損傷を被った女性やその家族に対しては、その状態でも普通に妊娠することができ、通常の経膣分娩が可能であることを伝える必要がある。また、男性に対しても、性交渉をしたり子供を得られる可能性があることを伝える必要がある。

注:

四肢麻痺患者の管理の難しさを考えると、低所得国において適切なケアを続けることはほとんど不可能である。実際には、患者がその人生を受け入れるに足るだけの最低限の尊厳を保ちつつ、できるだけ長生きできるように、最小限のケアを目指すことになる。第36章では主に対麻痺症例について述べる。対麻痺症例に対しても、四肢麻痺症例の時と同様に看護ケアや理学療法が行われる。

1. King M, ed. Primary Surgery, Volume Two: Trauma. Oxford: Oxford University Press; 1987.
2. Erdogan E, Gonul E, Seber N. Craniocerebral gunshot wounds. Neurosurg Quart 2002; **12**: 1 – 18.
3. Kennedy RH. The new viewpoint toward spinal cord injuries. Ann Surg 1946; **124**: 1057 – 1062.

第 36 章
脊柱損傷及び脊髄損傷

36 脊柱損傷及び脊髄損傷

36.1 創傷弾道学 562

36.2 疫学 563

36.3 病態生理学 564
36.3.1 脊髄ショック 565
36.3.2 神経原性ショック：自律神経機能不全 565

36.4 臨床症状と検査 565
36.4.1 診察方法 567
36.4.2 予後と再検査 567
36.4.3 放射線検査 568

36.5 救急室における管理 569
36.5.1 脊柱の安定化 570

36.6 外科的治療方針の決定 571
36.6.1 外科手術の適応 571
36.6.2 内科的治療 572

36.7 よりよい患者管理 572

36.8 スキンケア 573
36.8.1 体位変換 573

36.9 膀胱のケア 574
36.9.1 導尿カテーテル 575
36.9.2 間欠式カテーテル法 575
36.9.3 痙性膀胱か弛緩性膀胱か？ 575
36.9.4 膀胱緊張度の評価試験 575
36.9.5 中長期的な膀胱管理 576
36.9.6 カテーテルの固定位置 577

36.10 栄養管理と腸管ケア 577

36.11 理学療法と関節可動訓練 578

36.12 合併症 579
36.12.1 褥瘡潰瘍の治療 579
36.12.2 尿路感染症 581

36.12.3 自律神経反射異常／過反射 581

付録 36.A 病院看護師によるケア 583

基本原則
発射物による脊髄損傷は、鈍的外傷で見られる減速外傷(deceleration injury 訳注:例えば自動車が何かに衝突した時のような急減速による外傷)とは機序が大きく異なる。
脊髄への穿通創は通常、対麻痺ないしは四肢麻痺が一生持続することを意味する。
単純な創処置を除けば手術適応は稀である。手術により状態が好転することは滅多にない。
良質の看護と理学療法は手術療法に勝る。
患者は褥瘡や肺炎、尿路感染を防ぐために終生ケアを必要とする。

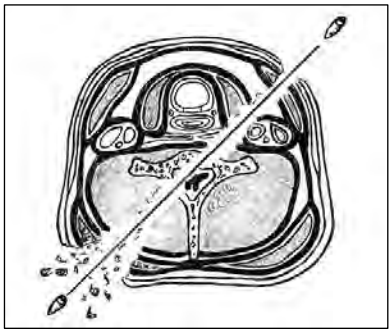
Volume 1と2の両方で何度か述べたが、脊椎及び脊髄への発射物外傷では一般的に、また頸髄においては特にいえることだが、例えば自動車事故や墜落による鈍的外傷時の減速外傷とは機序が全く異なる。本章では、発射物外傷に対する外科的治療についてのみ取り扱う。

36.1 創傷弾道学

頸椎は頸部の中心にある深部組織内に位置しており、径はそれほど大きくない。主たる特徴は可動性があるということであり、それによって、一時空洞効果に対しても緩衝作用が働く。胸椎はより表層に位置しており、肋骨による胸郭の支持があるため安定している。腰椎は可動性に乏しく、深部に位置している。脊髄は成人においてL1-L2の高さで終わっているため、それより下部の損傷では脊髄そのものが損傷を負うわけではなく神経根に傷害が及ぶだけである。したがって、腰椎から仙椎にかけての発射物外傷では、馬尾に弾丸が当たらないことが多く、それほど重篤な損傷にはならない。

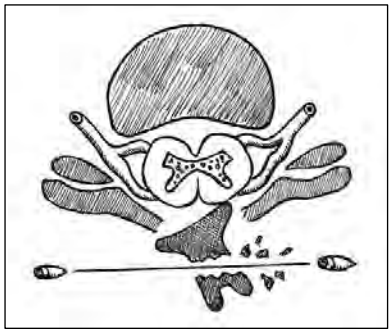
脊髄の血流は基本的に非常に乏しく、特に胸髄において顕著である。このため、弾道が直接、もしくは近傍を通ると影響を受けやすい。

弾丸が脊髄を直撃することや、弾丸により破砕された骨が脊髄を損傷することにより、神経組織が破壊され、決定的かつ永久的なダメージが生じる。四肢麻痺が生じるか対麻痺が生じるかは、脊髄の損傷部位により明確に分かれる。



N. Papas / ICRC

図 36.1
完全被甲弾が頸椎脊柱管を直撃し、脊髄は完全裂傷に至る。

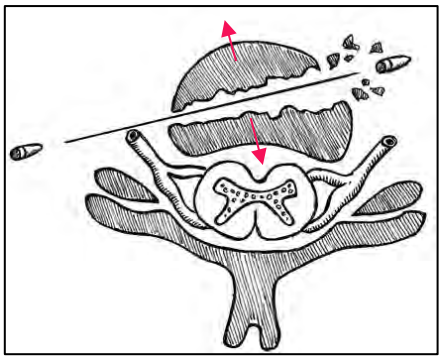


N. Papas / ICRC

図 36.2.1
骨折した棘突起が、脊髄に突き当たっている。

M. Yacoub / Rafidia

写真 36.2.2
骨折した横突起と棘突起が脊髄を破砕している。



N. Papas / ICRC

図 36.3
弾丸が椎体に当たり、強い衝撃が脊髄に伝播する。

さらに、脊髄損傷は 3 つの間接的なメカニズムにより起こり得る。

1. 発射物が棘突起や横突起に当たったり、椎体に接線方向に入ったりした場合には、鈍的な外力がかかることに等しい。この場合、破片が脊髄腔に入ることはないが、発射物が近くを通過したことによって短時間ではあるが非常に強いエネルギーが間接的に脊髄に及ぶために損傷を来し得るが、実際に同じ損傷でも全く神経学的ダメージがない場合もあれば、一時的な麻痺や永久的な麻痺を来す場合もある。この違いは血流量の違いによるものかもしれない。また、狭い脊髄腔であればあるほど、損傷は重篤になりがちである(T4 の周囲など)。

2. 安定飛行してきた高エネルギー弾は、一時空洞を形成し、近接する脊髄に圧波を及ぼす。射撃溝の第 2 相における一時空洞の発生は、体内の弾道距離によって決まる。すなわち、発射物による空洞効果が脊髄に影響を及ぼし得るためには、射入創は腹側または体側に位置し、かつ胸腔内もしくは腹腔内を通過する位置になければならない。さらに、空洞効果は血管内膜にもダメージを与えるため、着弾した位置によっては一部の脊髄動脈に血栓を形成することがある。

これらの 2 つのメカニズムは、「脊髄振盪(commotion médullaire)」という臨床用語を用いて 1914～1918 年の第一次世界大戦時に初めて記載された [1]。今日では「脊髄ショック(spinal shock)」という表現に含まれており、脊髄の神経伝導の傷害が、様々な臨床所見を呈しつつ起こる。しかし、こうした状態のすべてを「脊髄振盪」という言葉で一括して表現することは適切ではない。なぜなら、これまでの研究によって、同じ臨床症状であっても脊髄内に大きな器質的変化がないケースもあれば、挫傷を認めるケースもあることがわかってきたからである。臨床的にはどれも、神経の一過性伝導障害として現れる。麻痺は数時間で回復することもあれば数週間かかることもある。

3. 車両の下で地雷が爆発した場合、爆風は車体を通じて乗車している者の脊髄に垂直方向の力を及ぼす。これにより下下腿骨の骨折が生じるとともに、腰椎の破裂骨折が生じ得る。脊髄損傷は伴うケースと伴わないケースがある(図 20.3 参照)。

36.2 疫学

戦傷による脊柱管及び脊髄損傷に関する報告は比較的少ない。なぜならほとんどのケースは、頭頸部、胸部、腹部外傷に合併しており、それらに含まれてしまうからである。11 篇の軍関連の研究をレビューした報告がある。同報告では、脊髄損傷症例 782 例を対象に検討されており、損傷部位は、23%が頸椎、41%が胸椎、36%が腰椎及び仙椎であった [2]。50%の症例が完全麻痺を呈していた。

いくつかの研究によれば、生存例での脊髄損傷患者は戦傷患者全体の 1%未満であり、通常は 0.5%未満とされる。クロアチアの戦傷センターでは、戦傷症例 3,568 例を対象に 5,345 の受傷部位を分析して統計を報告した [3]。これによると、受傷部位別の統計結果は標準的なものであり、四肢 69%、頭部 15%、胸部 11%、腹部 4%であった。脊椎損傷は、それだけを受傷部位として設けると、割合は 0.6%、32 例にすぎず、その 32 例中、脊髄損傷を合併する症例は 20 例(62.5%)のみであり、いずれも神経学的異常所見を伴っていた。しかし、20 例のうち完全対麻痺を伴うものは 7 例、四肢麻痺を伴うものは 1 例のみであり、全脊椎損傷症例 32 例中 25%に留まる。

こうした発生率の低さは予想されたものである。なぜなら、脊柱はその前面に頸部や胸部や腹部の重要臓器が存在するため、もし脊椎が損傷したとすれば受傷者は現場で死亡した可能性が高いからである。搬送に際しても、脊柱管及び脊髄損傷を負った兵士の優先度は、昏睡状態に陥っている負傷者と同様に低い。なぜなら、こうしたケースでは全身状態が

極めて悪く、予後が絶望的である場合が多く、また適切な手順で避難、搬送させるとなると多くの人手を要するためである。対麻痺の患者が四肢麻痺の患者より多く見られるのは、四肢麻痺の患者は搬送中に死亡するケースが多いためである。

多くの研究が示す通り、銃による脊椎損傷で状態が不安定なケースは稀で、神経学的異常所見がすでに明らかに成立しているケースは少ない。創傷弾道学の研究においても、脊髄損傷を伴わない、状態の不安定な脊椎損傷が鈍的外傷で起こる可能性があり、患者の扱いに特別な注意を要する場合があるが、同様の状態が発射物外傷で起こるケースは極めて稀であると記載されている。

36.3 病態生理学

脊髄への損傷は解剖学的に評価できる。裂傷や圧挫傷により完全麻痺ないしは不全麻痺が生じ、永久的な障害となることもあれば、振盪により神経の一過性伝導障害を生じるが、一時的な症状に留まる場合もある。外傷後の浮腫は、損傷を受けた部位よりも 1 椎体ないし 2 椎体頭側まで及ぶ場合がある。浮腫が改善すれば麻痺のレベルが損傷部位のレベルまで下がる。C5 よりも頭側で頸髄の完全断裂を来すと四肢麻痺を生じ、C3 レベルの損傷では横隔膜及び呼吸筋麻痺を来して死亡する。C5 -T1 間の損傷では、様々な程度の上肢の機能不全となり、T1 以下の損傷では対麻痺を来す。

脊髄が完全に断裂すると、上位及び下位運動ニューロンの双方が障害を受ける。脊髄損傷部位においては自律神経節前線維及び前角細胞の破壊を伴う下位運動ニューロン障害が生じ、弛緩性麻痺が生じる。T12-L1（ほとんどの成人では脊髄円錐）より上位で完全断裂を来した場合、損傷部位より尾側に上位運動ニューロン損傷を来す。初期の「脊髄ショック」の時期には、筋肉は弛緩し、その後、脊髄反射は回復する。上位運動ニューロン損傷により下位運動ニューロンに対する抑制効果がなくなるため、痙性麻痺が生じる。知覚は障害部位以下で脱失する。完全損傷で知覚や運動機能が全く回復しない場合でも、脊髄固有反射（肛門もしくは陰茎反射：球海綿体反射や精巣挙筋反射）が温存されていたり、膀胱や消化管機能が後に回復したりすることがある。

成人においては、L1-2 レベルでの損傷は脊髄円錐を傷害する場合があり、肛門会陰部の知覚脱失及び、膀胱機能及び肛門反射の消失を来す。これより下位の脊髄損傷は馬尾症候群と呼ばれ、神経根レベルでの下位運動機能障害に伴う永久的な弛緩性麻痺や膀胱機能障害、肛門反射消失が起こる。

不全麻痺の場合にはいくつかの特別な症候群が知られている。例えば Brown-Sequard 症候群では、知覚と運動機能の一部が温存されており、時間経過とともに機能の一部回復を認めることがある。

損傷がどのレベルに生じたとしても、明らかに不均衡な異化亢進症状が続発する。たとえ神経支配が温存されていたとしても筋萎縮が速やかに進行することもある。免疫機能や自律神経系の反応性が低下し、褥瘡も発生しやすくなる [4]。骨代謝も影響を受けるため、骨からのカルシウム喪失に伴い、骨粗鬆症や尿路結石症が生じやすくなる。

---

1. Claude H, Lhermitte J. Etude clinique et anatomo-pathologique de la commotion medullaire directe par projectiles de guerre. [Clinical and pathological study of direct spinal concussion by projectiles of war.] Annales de médecine 1915; **2**: 479 – 506.
2. Klimo P Jr, Ragel BT, Rosner M, Gluf W, McCafferty R. Can surgery improve neurological function in penetrating spinal injury? A review of the military and civilian literature and treatment recommendations for military neurosurgeons. Neurosurg Focus 2010 28 (5): E4. Available at: http://thejns.org/doi/pdf/10.3171/ 2010.2.FOCUS1036.
3. Rukovansjki M. Spinal cord injuries caused by missile weapons in the Croatian war. J Trauma 1996; **40 (3 Suppl.)**: S189 – S192.
4. 本書では、pressure ulcer、decubitus ulcer、bed sore は区別されずに使用されている、（訳注：英語版原著での用語説明。日本語版ではいずれも「褥瘡」と訳している。）

36.3.1　脊髄ショック

「脊髄ショック」とは、脊髄損傷部よりも尾側のすべての脊髄機能が完全脱失することを指し、症状は数時間から2週間もしくはそれ以上続くことがある。脊髄がいくらか機能を回復するとショック状態から離脱する。これは神経学的な現象であり、いわゆる循環動態的な「真の」ショックではない。循環動態に影響を与える神経原性ショックとは区別しておくべきである。

> 脊髄ショック：神経症状を指し、損傷部位より尾側の反射消失、筋弛緩、知覚脱失、自律神経失調などの症状が特徴的である。

脊髄に振盪性の衝撃が加わった場合は、ほとんどすべてのケースで神経伝達はその損傷レベルで突然止まる。こうした症状は、神経の一過性伝導障害が回復するまで続く。これが歴史的に「脊髄振盪」といわれてきた症状である。脊髄ショックは脊髄の完全断裂時にも現れ、ショックは神経学的欠損を見えなくしてしまう。このため受傷後早期には、呈している症状が一時的な振盪性の脊髄ショックによるものなのか、脊髄ショックにより隠されてしまった完全断裂なのかを判別することは困難である。感染と低栄養は脊髄ショックの時期には遷延しがちである。

36.3.2　神経原性ショック：自律神経機能不全

頸髄の損傷は交感神経系の脱神経を引き起こす（外傷性交感神経断裂）。つまり交感神経系による心血管系の調節が失われ、副交感神経系のみが作動している状態となる。したがって、末梢血管の収縮不良が生じ、末梢静脈に血液が貯留することにより血管内容積が失われ、循環系の神経原性ショックに陥る。副交感神経優位となるため、循環系ショックにもかかわらず頻脈とならず徐脈となる。体温調節の不調から低体温や高体温を来し、非常に危険である。また他の症状として便秘や膀胱内圧低下、肛門括約筋弛緩、持続勃起等も出現し得る。

> 神経原性ショック：血管系のイベントが患者の循環状態を不安定化させ、徐脈、低血圧、低体温を呈する。

さらに、自律神経系による皮膚の体温調節機能（立毛、発汗、血管収縮）が失われ、褥瘡形成やその増悪が起こりやすくなる。また、眼筋や顔面筋の運動を司る交感神経系の機能不全により、ホルネル症候群を呈することもある。加えて、不快な刺激に対する異常な自律神経系の反応により過興奮の状態となり、自律神経系の反射異常を呈することもある（第36章12.3参照）。

36.4　臨床症状と検査

脊髄レベル	筋の活動
C3～C4	横隔膜
C5	肘の屈曲
C6	手首の伸展
C7	肘の伸展
C8	手指の屈曲（中指）
T1	小指の外転
T6～12	腹筋
L2	股関節屈曲

L3	膝関節伸展
L4	足関節背屈
L5	母趾背屈
S1	足関節底屈
S4～S5	肛門括約筋収縮

表 36.1 脊髄レベル

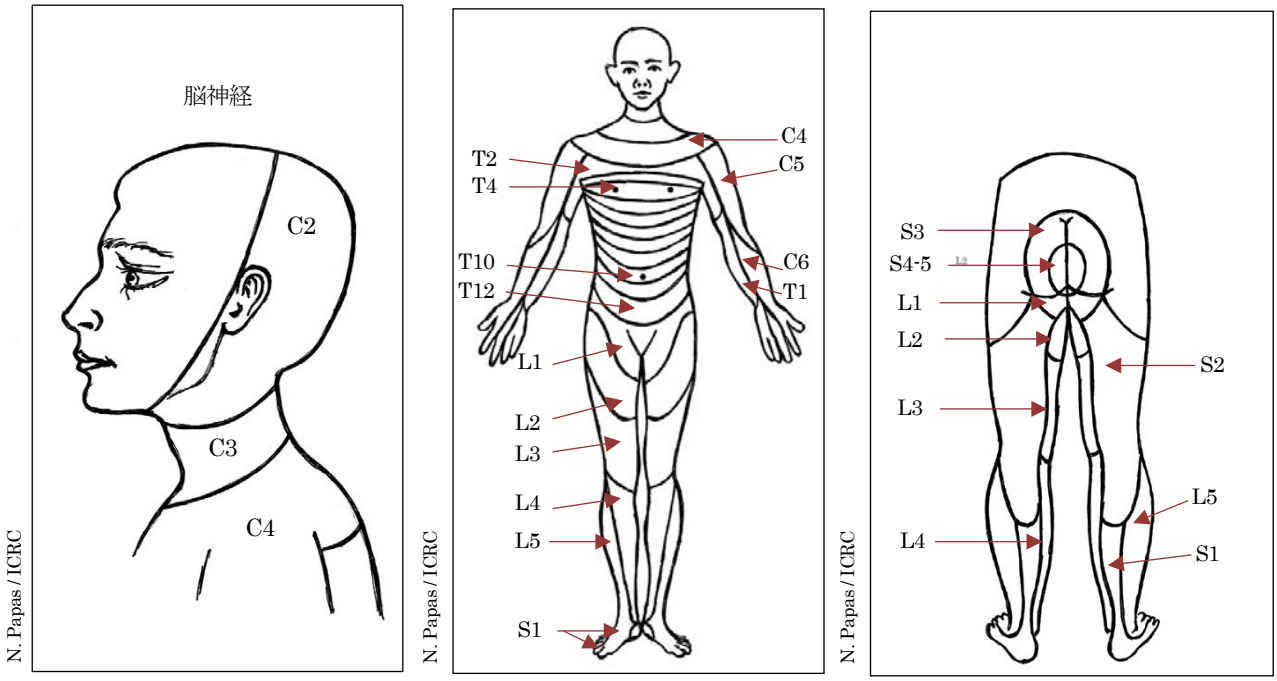


図 36.4
脊髄知覚レベルの皮節

脊髄損傷を負った患者の 50-60%が、頸部、胸部、腹部などの他の臓器にも損傷を負っている。こうした多発外傷症例の臨床像は複雑であり、高度の脊髄損傷症例では出血性ショックに加えて神経原性ショックを合併していることがある。優先順位はむろん、気道、呼吸、循環の順であることに変わりはない。

「頸椎損傷を認める症例において、その患者が治癒するかどうか知りたい場合、まずはその麻痺したように見える手を動かせるか、曲げ伸ばしできるかどうかを調べる。次に針で皮膚をつついて刺激を感じるかどうか調べる。もし患者がそれに気付かず何も痛みを訴えないなら、一般的にはその麻痺が改善することはない。しかし、もし少しでも両手を動かし、痛み刺激を感じることができるなら脊髄はまだ健常であり、治療すれば回復する見込みがあるだろう」

Abu al-Qasim Khalaf ibn al-Abbas Al-Zahrawi (Albucasis) [5]

5. Abu al-Qasim Khalaf ibn al-Abbas Al-Zahrawi (Albucasis) 936 – 1013 C.E. アル・アンダルス生まれのアラビアの医師で、中世で最も偉大な外科医のひとりとされる。彼の論文「Kitab al-Tasrif」は、500 年にわたってイスラム教世界とヨーロッパでの標準参考書であった。Cited in Goodrich JT. Cervical spine surgery in the ancient and medieval worlds. Neurosurg Focus 2007; **23 (1)**: E7.

M. Della Torre / ICRC

写真 36.5
外表所見から損傷が明らかなケースもある。

下肢が動くかどうか、皮膚をつねった時の反応など、簡単な初期評価により外科医は脊髄損傷があるかどうか知ることができるが、胸部や腹部に生命を脅かすほどの重篤な損傷がある場合、脊髄損傷の存在はたやすく見過ごされてしまう。これは意識状態の悪い患者の脊髄損傷についても同様である。

脊髄損傷症例で見られる 4 つの重要な症状を挙げる。

1. 損傷部位から脊髄円錐に至る脊髄機能の突然かつ完全な消失。
2. 不完全ではあるが進行しない神経学的欠損所見。
3. 進行する神経学的欠損所見。
4. 受傷初期の神経学的異常所見は多彩であるが、脊髄円錐症候群もしくは馬尾症候群を呈している場合。なお、馬尾損傷と腰仙骨神経叢損傷を鑑別するのは困難である。

36.4.1 診察方法

漏れのない診察をするためには、射入創と射出創の観察だけにとどめず、棘突起を注意深く触診し、腫脹や硬結がないか確認することが重要である。脊柱の直上に限局した疼痛や圧痛、礫音がないか、紫斑や血腫がないかどうかを確認する。脊髄の変形を触知するよりも硬結を触知する方がたやすい。知覚、運動機能、反射について丁寧に繰り返し所見をとり、カルテに記載する。

> 頸部損傷における神経学的診察には、知覚、運動、反射及び脳神経すべてを含む。四肢は、一肢ずつ診察、評価する。

知覚試験はピンプリック法によって、足側から頭側に向かって順に行い、次いで軽く触れ、強く圧迫する。筋力評価は理学療法士に用いられているオックスフォードスケールにより評価する。これは付録 36.B（DVD 参照）に記してある。これは末梢神経反射（肘部、膝部、足首部）及び中枢神経反射（球海綿体反射、精巣挙筋反射、肛門反射）を評価する。直腸指診では肛門周囲括約筋の緊張、及び肛門周囲の知覚（sacral sparing）が保たれているかどうかを評価することが重要である。

脊髄の不全損傷では、知覚障害や運動障害、病的反射が様々な形で現れる。この機能不全の程度を示す標準的かつ国際的な指標としては、アメリカ脊髄損傷協会の ASIA スケールが知られている（付録 36.B 参照）。

36.4.2 予後と再検査

脊髄損傷の予後は、最初の神経学的欠損と密接な関係がある。脊髄の振盪は一時的なものであるが、完全損傷では回

復はほぼ見込めない。不全損傷であれば、最終的な結果は予測できない。損傷直後には伝導障害と局所の浮腫に付随して、ある程度の脊髄ショックが必ず発生するが、脊髄ショックは時間経過と共に軽快する。したがって、完全損傷であっても一部分に関しては臨床的には改善する場合もある。

重要なことは、受傷後早期に認められる脊髄ショックによる症状は、神経の一過性伝導障害によるものであれ組織的な脊髄損傷によるものであれ、また完全損傷であれ不全損傷であれ、すべて類似しているということである。脊髄ショックの状態が改善してくることによって初めて、損傷の程度が評価でき、最終的な後遺症の程度がより正確に予測できるようになる。

一方、受傷後早期でも恒久的な後遺症が予測できる場合というのは、放射線診断的に脊髄腔内の損傷が証明できた場合か、創洗浄の際に直視下に脊髄損傷の程度を評価できた場合に限られる。その場合の疑問は、損傷の程度はどれぐらいであるかということである。

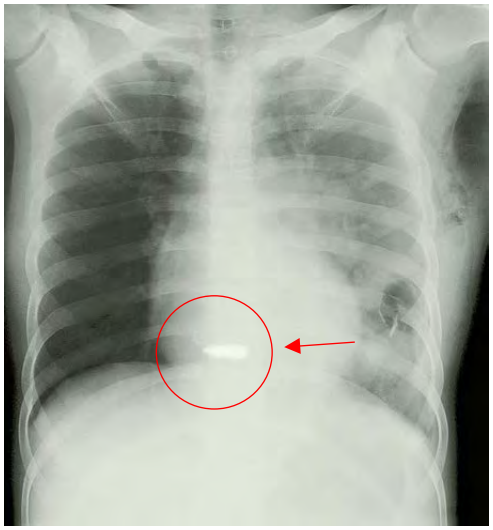
受傷後早期では、脊髄ショックの症状は、脊髄に及んだダメージが一時的な振盪であれ恒久的なものであれ、同じである。

外科医は結論を急いではならない。受傷後 48～72 時間程度の間に幾度もきちんとした神経学的診察を繰り返した上で、本人と家族に予後について説明するべきである。こうした説明は、四肢麻痺のように予後の見通しが悪い症例では特に重要である。資源が限られている状況下では、早期死亡が避けられないこともあるが、そういうケースにおいて最低限の治療のみ行うという決定をする際には、あらかじめ家族と十分に話し合わねばならない。

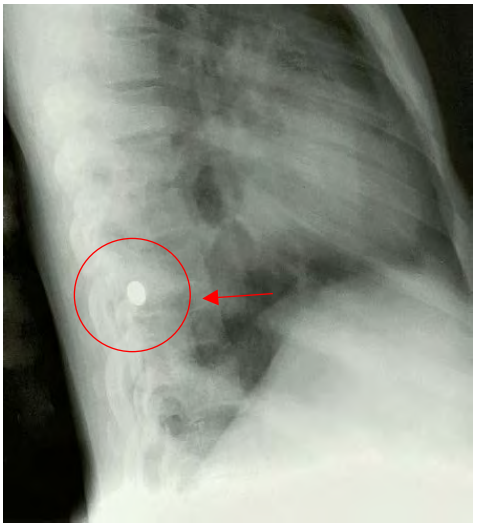
一般的に、発射物による脊髄損傷は、鈍的外傷によるそれと比べて完全損傷を起こしやすい。弾丸や爆発物の破片による脊髄裂傷は修復不能である。また、体軸を横断する形の外傷では完全損傷になりやすいとされている。

36.4.3　放射線検査

レントゲン検査により骨損傷及び体内に遺残した発射物の有無が評価できる。標準的な方法としては、損傷部位を含む脊椎を 2 方向から撮影して評価するとよい。頸椎側面の撮影においては必ず T1 の椎体上縁までを含める。



F. Irmay / ICRC

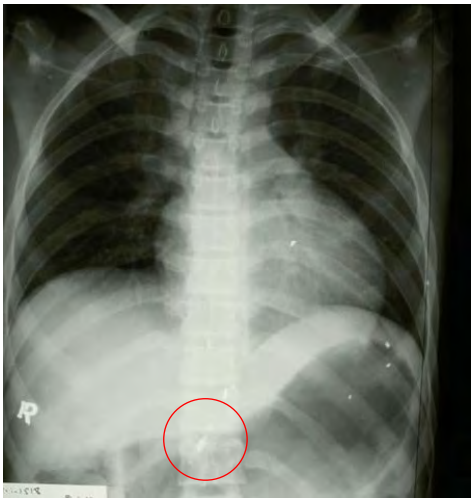


F. Irmay / ICRC

写真 36.6.1- 2
発射物による限局した脊髄損傷を負っている。

このような適切なレントゲン写真を得ることは難しく、またそれを正しく読影することも簡単ではない。したがって、外科医はまず臨床症状を主にして診断を進めるべきであり、レントゲン写真はあくまでも確定診断の補助と病態の説明のために用いるべきである。骨片や弾丸が脊柱管内へ侵入している所見が確認できれば、脊髄損傷を診断する鍵となる。

写真 36.7.1- 2
多数の破片を認め、レントゲン写真による診断は困難であった。患者は対麻痺を呈していた。



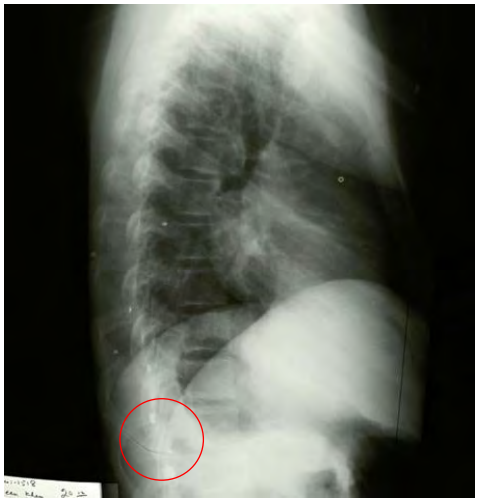


写真 36.8.1- 2
レントゲン写真による診断が困難な症例。同じく対麻痺を呈していた。

36.5　救急室における管理

麻痺を負った患者は、たいてい搬送時の優先順位が低く、他の患者と比べて病院到着が遅れることが多い。また、病院内で多数の負傷者をトリアージしなければならない状況でも、救命の優先順位は概して低い。こうした状況では、気道や呼吸状態や循環動態を脅かすような重篤な損傷がないかを評価することが優先されるため、脊髄損傷の評価はなおざりにされがちである。

「これ以上害になることをするな。(Do no further harm.)」
患者はこれ以上悪くならないよう注意深く扱わねばならない。しかし、発射物による脊髄損傷では、すでにこれ以上悪くなりようのない状態で、治療により改善できることは少ない。受傷時に受けるエネルギーは、常に救急室での扱いの影響よりも大きい。

損傷を受けた脊柱は注意深く扱わねばならないが、発射物による外傷症例に対して体幹固定を行う際には、鈍的損傷の時ほど神経質になる必要はない。頸髄損傷により呼吸筋麻痺を来している場合には、呼吸苦を取り除くために早期に気管切開を行うことが望ましい。特に人工呼吸器がない状況ではなおさらである。しかし、患者がすでに四肢麻痺に陥っている場合には、どこまで治療を行うべきかの判断は難しい。

循環動態は出血性ショックと神経原性ショックが合併し、時として非常に不安定となる。通常は出血による影響が優位と

なり、神経原性ショックによってそれに対する代償能が大きく落ち込む。重度の徐脈と循環虚脱を来すため、アトロピンを投与する。輸液による蘇生は、肺水腫を来さないよう血管内ボリュームを十分に見極めながら行う。そのためには中心静脈カテーテルの留置が最も有用であるが、いつもあるとは限らない。したがって、尿量と患者の循環動態の反応を密にモニタリングし、適切な臨床的判断を行うことが何よりも重要である。

低血圧の遷延を認めた場合には、神経原性ショックの影響などと判断してこれを看過してはならない。出血源検索が完全に終了するまでは、必ず出血性ショックの可能性を念頭において評価を行う。低血圧の原因が神経原性ショックであることが確定し、なお低血圧が遷延している場合には、アトロピンに加えてノルアドレナリン(1%フェニレフリン塩酸塩)やドーパミンの持続静注を行う。患者は軽度のトレンデレンブルグ体位(訳注:仰臥位で、頭部低位、腰部高位)をとらせておく。

低血圧が遷延する場合は、その原因が他にあることが証明されるまで、持続出血の所見と考えなければならない。

麻痺性イレウスを来している場合には、経鼻胃管の留置を考慮する。尿道カテーテルを完全な清潔操作で留置する。褥瘡は非常に速く進行するため、予防対策は救急室にいる間、もしくは緊急手術の後、直ちに導入されるべきである。同様に深部静脈血栓症は脊髄損傷患者において好発し、大きな問題となり得るため、この予防策も早期から積極的に導入する。

受傷後 8 時間以内のステロイド投与については議論が分かれるが、患者の神経学的予後の改善に寄与したというエビデンスはない。さらにステロイド投与により感染や他の合併症のリスクが高まるとの報告もあるため、ICRC 外科チームではステロイドは用いない。

多数の負傷者に対してトリアージを行う状況では、脊髄損傷患者はカテゴリーⅣに入るため、早期の治療は補助的なものにとどめる。内出血や四肢麻痺を合併している場合はなおさらである。

36.5.1　脊柱の安定化

発射物による外傷で脊柱構造が不安定となることは稀である。鈍的外傷による脊髄不全損傷の場合は、状態を悪化させないために最大限の注意を払って厳重な固定がなされるが、発射物外傷の場合には一般的にそこまで厳重な固定を行う必要はない。特に頸椎損傷症例に対して頸椎カラーを頻用することは、時として他の合併損傷を見落とすことにつながるばかりか、呼吸障害を来すため、むしろ有害なものとなりかねない(Volume1、2 の参考文献を参照)。

脊柱損傷症例に対しては適切なケアが求められるが、鈍的外傷症例に対して行うほどの過度の固定は必要としない。

とはいえ、実用的かつ適切で簡潔な方法で固定は必要で、患者を移動する際には、数人で動かすように気をつける。姿勢はニュートラルポジションを保ち、骨折部位に過度の動揺を来さないようにしなければならない。

頸椎は胸腰椎に比べて不安定になりやすい。もしどうしても頸椎固定が必要であるならば、手製のカラーを用いるとよい。これは、頸部にタオルを巻いてその上から石膏を数回巻いて固め、さらにそれを綿布で覆って作製する。既製のカラーは硬いため、鎖骨周囲の皮膚に知覚障害がある場合は、容易に褥瘡をつくってしまう。このため前述の手製のカラーの方がより望ましい。Gardner-Wells tongs(訳注:左右 2 か所のピンを頭蓋にねじ込んで留めて牽引する器具)による直達牽引やハロー牽引による固定は、発射物外傷による四肢麻痺症例の適応ではない。

体幹部の脊柱損傷を認める症例に対して体位変換を行う際には、ログロールテクニックを用いる。損傷部には低反発枕をあてがう。不安定骨折を来すことはまれであるが、6～10 週間のベッド上安静にて骨癒合が得られる。安定型損傷では、鎮痛剤を用い、受傷後 2 週間で離床を始める。6 週間も経過すると体動時痛は鎮痛剤が不要な程度にまで減少する。

36.6 外科的治療方針の決定

まず、生命に危険を及ぼすような気道、呼吸、循環に関連する損傷に対する治療が最優先である。

穿通性脊髄損傷の急性期管理において、減圧目的の椎弓切除術を施行することについては多くの議論がある。たとえよく訓練されたスタッフがいる特別な脊椎センターであって、その対象が不全損傷症例であったとしても、神経学的予後の改善という点では、議論がある。まして、そのような手術の経験が乏しいか全くないような一般外科医が資源の限られた状況に置かれた場合は、保存的治療を行うしかない。すなわち、銃創部と射創管に対して最小限の洗浄を行う。手術を行う労力を、よりよい看護ケアと理学療法にまわすべきである。

手術よりも重要なことは、看護ケアと理学療法の組織化である。

低所得国における四肢麻痺患者の予後は非常に厳しいものとなる。そのため、現実的な治療の選択肢は手術治療ではなく、感染予防目的の創洗浄などの姑息的な手段にとどめるべきであろう。そしてできるだけ長い間、尊厳のある生活が送れるよう配慮するのがよいと思われる。この章では以降、対麻痺症例に関連したことに焦点をあてて記述する。対麻痺症例に対する看護ケアとして求められることは、当然四肢麻痺症例にも適用される。

36.6.1 外科手術の適応

しかしながら、椎弓切除術ほどの必要はないにせよ、症例によっては、一般外科医でも施行することのできる術式の適応がある。以下にその例を挙げる。

1. 脊柱の直上に大きな創を認め、脳脊髄液の漏れ出しを伴う場合は、まずデブリドマンを行い、明らかに異物と判断でき摘出可能な弾丸や骨片を除去する。そして、十分な洗浄の後に、硬膜閉鎖術を施行する。必要であれば筋膜グラフトを用いる。露出した脊髄にはできるだけ触らないように気をつける。軟部組織及び皮膚は開放創のままとし、待機的一次閉創に備える。
2. 経腹的に創が脊髄に達した場合、特に弾丸が大腸を貫通して脊髄に及んだ場合は、脊柱、周囲の筋組織のデブリドマンを行った後、十分に洗浄してから硬膜を縫合閉鎖する。
3. 脳脊髄液瘻は、デブリドマンを加えて縫合閉鎖しなければならない。硬膜開口部を閉鎖し、上行性感染や髄膜炎を予防しなければならない。
4. 異物による感染は通常脳脊髄液瘻を合併しているが、この異物は摘出しなければならない。
5. 馬尾損傷は末梢神経損傷であり解剖も単純である。弾丸や骨片による圧迫を解除することで神経学的予後の改善が見込める。

経験豊富な外科医がいる場合、緊急椎弓切除術の唯一の適応は、神経学的所見の悪化が経時的に進行する場合である。もし不全麻痺症状が急速に増悪している症例で、外科医が手術可能と判断し、レントゲン上も異物や骨片が脊髄を圧迫していることが明らかである場合には、椎弓切除術を施行し創を開放するべきであろう。ただし、こうした手術は危険性を伴う。特に椎弓切除術では脳脊髄液の漏出量が増大することがあり、感染の可能性が高まる。さらに椎骨を部分的に除去することで脊柱がより不安定になる可能性がある。仮に保存的加療を選択した場合にも、十分慎重に治療にあたるべきである。治療成績は外科医の経験と術後の看護ケアの質によるところが大きい。

前述した通り、銃創により脊柱の支持性が不安定となることは稀であるため、固定術の適応となることはほとんどない。特に脊椎固定のための適切な器材がない環境下においては、保存的治療がより適切である。

弾丸などの体内遺残物が脳脊髄液に接触することにより鉛中毒を来すケースがある。しかし、これは緊急的な問題となることはないため、急性期の手術適応となることはない（第 14 章 3 参照）。

36.6.2　内科的治療

保存的治療であれ外科的治療であれ、どのような治療方法を選択したとしても、プロトコルに準じた抗生剤投与を最低10 日間は行うべきである [6]。特に銃創が経腹的に大腸を貫通して脊髄に到達したケースでは、抗生剤投与は極めて重要である。また、脊椎損傷は疼痛が強いため、疼痛コントロールにも十分な配慮がなされるべきである。

36.7　よりよい患者管理

手術の有無にかかわらず、一般的に脊髄損傷患者を管理するにあたってはいくつかの段階がある。

- 脊髄ショックを呈する急性期管理
- 病院における中期的管理
- 在宅における長期的管理

よりよい患者管理のための基本は、質の高い看護、理学療法、そして患者の気力を維持することである。退院後も良質かつ洗練されたケアが在宅で続けられるように、病院スタッフやホームケアチームには利便性や献身性が求められる。また、患者、家族、友人の協力も必要である。

> 対麻痺患者のケアは「非常に求められるものが多い。それ故に、おそらくこれはその病院の本当の質と気力とそれに関わるすべての人々の献身の度合いを問う究極の試験である [7]」

V. Hasselmann / ICRC

写真 36.9
患者の気力を維持することが最も重要であ

基本的なケア（褥瘡予防ケア、膀胱ケアなど）は、入院後、脊髄ショックを呈している急性期のうちから直ちに開始しなければならない。その後、中長期的には施設の状況によって症例ごとに適切なケアがなされる。

長期的な在宅ケアも最初から計画しておかなければならない。たとえ特別なケアセンターがない環境であっても、患者と家族、友人は病院でケアの方法を見学し、最初から患者のケアに関わっていく必要がある。その上で、退院後にはでき得る限り最善の身体的、精神的環境を構築できるように、ホームケアチームの力を借りながら、十分なケアを続けていけるように備えておかなければならない。

家族のうちの一人、もしくは友人は病院で患者に付き添い、基本的な看護と理学療法を学び、退院後のケアに備えておくべきである。多くの地域社会で、ほとんどすべての患者に付き添いがいることは、ごく普通のことで、これは脊髄損傷患者にとっては特に重要となる。

注:

次項と付録 36.A では病院における早期の患者ケアについて述べている。Volume 2 の付属 DVD に収載されている付録 36.B-F では、ICRC の理学療法ホームケアチームがアフガニスタンなどの様々な場所で行ってきた長期在宅ケアについて述べている。これは、資源が限られた地域で医療に従事するスタッフに向けて作成されたガイドラインであるため、現地の言語に翻訳して用いてもよい。付録 36.B は患者評価のチェックリストである。このチェックリストは退院時に記載して、在宅フォローアップの際に使用するとよい。

---

6. ICRC プロトコルでは、中枢神経の外傷にはペニシリンとクロラムフェニコールを使用する。胸腹部の汚染創には、ペニシリンに代えてアンピシリンの投与を行う。腹部外傷には、これにメトロニダゾールを追加する。
7. King M, ed. Primary Surgery, Volume Two: Trauma. Oxford: Oxford University Press; 1987.

36.8　スキンケア

受傷後の患者ケアで、最も早期から注意しておくべきことは、体重により皮膚が圧迫されて虚血に陥らないようにすることである。麻痺した皮膚は苦痛を感じないため、患者は圧がかかっている部分を変えるために体を動かしたりずらしたりしない。虚血はすぐに壊死を形成する。皮膚が破壊され、潰瘍ができ、褥瘡が形成される。

褥瘡予防は入院時より開始する。特別なベッドを準備し、頻繁に患者の体位を変えてやる必要がある。皮膚は健康で清潔で乾燥した状態を保つようにする。麻痺した部位の創は被覆しておく必要があるが、固着テープは皮膚を痛める可能性があるため、包帯固定とする。脊髄損傷患者用の特別なベッドの準備については、Annex 36.A で述べる。

スキンケアは直ちに始めなければならない。受傷後 2 週間が最も重要な時期で、褥瘡の形成が始まるのもほとんどがこの時期からである。

36.8.1　体位変換

患者の体位は 2 時間ごとに変える必要がある。次にどのような体位をとるかをベッドサイドに簡単に掲示しておくとよい。つまり、仰向け、うつ伏せ、左向き、右向きといった具合である。適切に体位変換を行うためには、最低 2 人が必要である。脊柱が不安定な患者に対しては 3 人が必要である。時間が経過すると、患者も体位変換に協力できるようになる。

褥瘡は慎重な看護ケアにより防ぐことができる。体位変換は入院直後から開始し、2 時間ごとに行わなければならない。

看護スタッフは体位ごとに圧がかかりそうなポイントを確認しておくべきある。外科医も病棟回診の際に一緒に確認するとよい。初期の紅斑や水疱形成を認めた場合は、平時の体位変換メニューを変更し、少なくとも数日間は同部位への圧がかからないように留意する。体位変換のたびに褥瘡になりかかっている部位を優しくマッサージし、局所の血行改善を促す。こうしたベッドサイドケアの方法や、さらに単純な看護ケアの方法については、標準プロトコルで体系化した上で、患者と家族が日常的に行えるようにしておかなければならない。

M. Arranz Arranz / ICRC

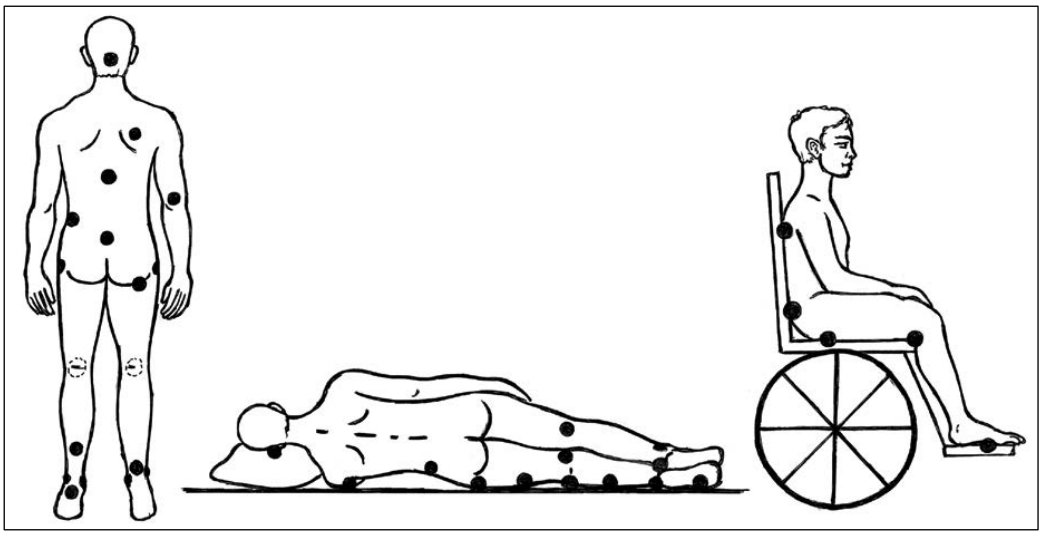
M. Arranz Arranz / ICRC

写真 36.10.1- 2
12 歳の陳旧性対麻痺症例。退院時の褥瘡の状態は左写真の如く改善傾向であったが、家族によるケアが不十分であったため、2 週間後に再診した時には右の写真の如く褥瘡は増悪していた。

褥瘡ができやすい部位は保護しなければならない。褥瘡部にパッドを当てるのは逆効果であり、むしろパッドで褥瘡部をドーナツ状に取り囲むようにするか、様々なサイズのエア入りチューブのようなものをあてがうとよい。

- 柔らかい枕かスポンジ素材を足の間に挟む。特に側臥位の際や、背中の下に敷いて使用する。

・　毎日、体全体を石鹸と水で洗う。大きな筋肉は入浴中にマッサージするとよい。肌は最後によく乾燥させる。



N. Papas / ICRC

図 36.11.1
褥瘡の好発部位

V. Hasselmann / ICRC

M. Arranz Arranz / ICRC

写真 36.11.2- 5
褥瘡の好発部位:仙骨部、背部、大転子部、踝部、踵部、膝蓋骨部

V. Hasselmann / ICRC

V. Hasselmann / ICRC

36.9　膀胱のケア

脊髄損傷患者にとって褥瘡の次に大きな問題は膀胱トレーニングと尿路感染の予防である。こうしたケアを怠ると、腎不全を来し、生命に危険が及ぶことがある。

いくつかの工夫によって感染や腎機能低下のリスクを著明に軽減できることがわかっている。水分を1日に少なくとも3Lは摂取すること、蓄尿バッグは膀胱より低い位置に置くこと、使い捨てバッグを用いて閉鎖式のドレナージシステムを作製してもよいが、単純にバルブをひねってバッグを空にしないように気をつけることなどである。導尿カテーテルを留置している間は、尿を酸性に保つために塩化アンモニウムを内服させるとよい。こうしたケアによって、骨脱灰の初期段階で起こ

りやすい尿路感染症や尿管結石の発生頻度を減少させる。

シリコンカテーテルは、もし利用可能であれば、全症例において使用した方がよい。

36.9.1 導尿カテーテル

脊髄ショックの時期には膀胱の収縮は得られない。この間は導尿カテーテルを用いるのが最も一般的である。カテーテルは刺激の少ないシリコン製のものを用いるのが最もよい。もし手に入らない場合は、ラテックス製のカテーテルを 1 週間ごとに交換しながら使用する。カテーテルは清潔操作で挿入する。尿道口は毎日石鹸と水で優しく洗浄する。カテーテルを持続留置すると、上行性感染を惹起するため、早期に抜去するのが望ましい。

36.9.2 間欠式カテーテル法

導尿カテーテルの継続留置よりも優れた導尿手段として、定期的な間欠式カテーテル法がある。労力はかかるが、蘇生の時期を過ぎたら速やかにこの方法に変える方がよい。その中でも、使い捨てのネラトンカテーテルを用いた無菌間欠式カテーテル法(sterile intermittent catheterization)が最善の方法である。しかし、十分な本数のカテーテルを確保できない場合は、煮沸滅菌して再使用する、清潔間欠式カテーテル法(clean intermittent catheterization)を行う。この方法は、合併症の発生率が滅菌法とほとんど変わらないため、資源が足りない環境ではより望ましい。

間欠式カテーテル法は、膀胱の充満と虚脱の自然なサイクルに類似しているともいえる。この方法は、導尿カテーテルに比べて感染の発生率を抑えることができる。しかし、看護ケアにおいて多大な労力を要し、またカテーテルを大量に支給する必要がある。

カテーテルは十分に清潔な操作で 4～6 時間ごとに交換する。カテーテルを抜去する前に、恥骨上部を圧迫して膀胱を完全に空にしておく。時間が経過すると、挿入の間隔は 6～8 時間ごとですむようになる。尿量と性状(清澄、濁、血性、悪臭など)は記録しておかなければならない。

間欠式カテーテル法は、女性の方が施行しやすい。なぜなら女性の尿道は男性に比べて短いからである。ICRC の外科チームは、この方法を導入する際に当該国のスタッフに、この方法を女性に行うことが文化的に受け入れられるかどうかをあらかじめ相談することにしている。

36.9.3 痙性膀胱か弛緩性膀胱か？

脊髄ショックの時期を過ぎると脊髄損傷部位が明らかになる。それに伴って、神経因性膀胱の原因が痙性か弛緩性であるかも明らかになり、その後の管理方法を決定することができる。こうしたことがはっきりするのは通常は入院治療の中盤頃であり、症例によっては在宅ケアの時期になるまで判別できないこともある。適切な管理方法を選択し、入院中に本人、家族にその方法を指導しておく。

仙骨よりも上位の脊髄損傷では、自発的な膀胱収縮(痙性膀胱)を来し、膀胱排尿筋と膀胱括約筋の協調不全(膀胱筋が収縮する際に括約筋が弛緩しない状態)に陥ることがしばしばある。患者は腰や陰茎を打ったり、恥骨上を軽くたたいたり圧迫したりするだけで、自動的に排尿反射を起こし失禁してしまう。

仙骨神経根レベルの障害の場合は、膀胱は収縮できず弛緩したままとなり、尿は膀胱に充満してあふれ出る。その際、自律神経反射弓は関与しないが、局所反射が亢進することがある。膀胱括約筋は膀胱ほどは障害されないため、通常は排尿筋と括約筋の協調不全は認めない。不全損傷の際は症状が複雑化するため、上記のように単純に分類できない場合も多々ある。

36.9.4 膀胱緊張度の評価試験

膀胱障害が痙性膀胱によるものか弛緩性膀胱によるものかを評価するために、3 種類の簡単な試験がある。これらの中から、膀胱を空にするための刺激方法として最良のものを用いるとよい。いずれも高度な検査機器を用いずに有用な情報を得ることができる。

1. 肛門トーヌス

外肛門括約筋は外膀胱括約筋と同じ神経根（S2-S4）の支配を受ける。したがって、肛門括約筋刺激時の反応をみれば、外膀胱括約筋の反応も予測することができる。弛緩性膀胱では、括約筋機能は廃絶し、肛門反射や球海綿体反射は消失する。

2. 冷水試験

バルーンを膨らませないままの導尿カテーテルを用いて、4℃ の滅菌水 100mL を膀胱に注入する。膀胱排尿筋の収縮によりカテーテルが排出されたら、痙性膀胱であると判断する。膀胱内部に留置されたままなら弛緩性膀胱であると判断する。

3. 膀胱内圧検査

この検査によって膀胱内圧の変化を測定し、例えば恥骨上刺激法（Créde 法）や横隔膜圧迫法（バルサルバ法）など、どのタイプの刺激によって最も効果的に膀胱を空にできるかを判断する。刺膀胱内圧検査の詳細は付録 36.A を参照のこと。

36.9.5 中長期的な膀胱管理

痙性膀胱か弛緩性膀胱かを診断できれば、本人や家族と今後の排尿ケアをどういう形で継続するかを話し合う。こうした長期ケアには万能の方法というものはないため、様々な試行錯誤を繰り返さなければならない。本人と家族が適切な方法を選択できるかどうかは、彼ら自身が、必要なことは何かを理解した上で、どれくらい積極的に関わることができるかにかかっている。患者が入院中に決めた方法を習得し、退院後も患者とすべての関係者が適切なケアを継続できるように訓練しておかなければならない。

弛緩膀胱

いくつかの管理法がある。

1. 清潔間欠式カテーテル法は好ましい方法である。
2. 局所排尿反射法、Créde 法、バルサルバ法は、完全に膀胱を空にするには不十分である。
3. 導尿カテーテルの留置は感染を引き起こしやすい。
4. 恥骨上膀胱瘻からの導尿は、最も合併症を発症しやすい。

痙性膀胱

痙性膀胱の症例では、程度の差はあれ膀胱排尿筋の収縮が起こる。収縮は自発的に起こるか、大腿内側部や生殖器の刺激により誘発される。通常は収縮が不十分であるため、十分に排尿させるためには補助的に Créde 法かバルサルバ法を行う。膀胱排尿筋と膀胱括約筋の協調不全がある場合は、排尿状態を改善するために膀胱括約筋の手術を要するケースがある。

他にも以下のような管理法がある。

1. 刺激を与えて膀胱反射を促す方法
2. 導尿カテーテルの留置
3. 恥骨上膀胱瘻からのカテーテル導尿

F. De Simone / ICRC

写真 36.12
恥骨上カテーテルを留置された男性患者

膀胱トレーニングは、膀胱容量とコンプライアンスを維持するために、なるべく早期に開始するべきである。

付録 36.A で、入院中期の膀胱ケアと、その他の排尿管理法について述べる。

付録 36.C（Volume 2 の付属 DVD に収載）では、本人、家族、在宅ケアチームによる長期的な膀胱ケアのガイドラインについて述べる。

36.9.6　カテーテルの固定位置

男性患者では、尿道瘻を予防するために陰茎にガーゼを巻いて腹壁に固定しておく。こうすることで、陰茎陰嚢角にかかる内圧を軽減することができる。これは長期的な膀胱管理を行う上で、非常に重要なことである。女性患者では、導尿カテーテルを大腿内側部に紐でくくりつけておく。こうしておけば、カテーテルが陰部で屈曲するのを防ぐことができる。

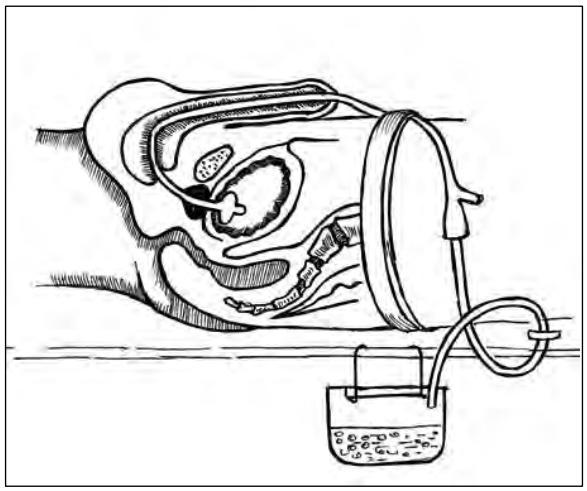


図 36.13.1
男性における導尿カテーテルと採尿バッグの適切な位置、及び陰茎の固定方法。

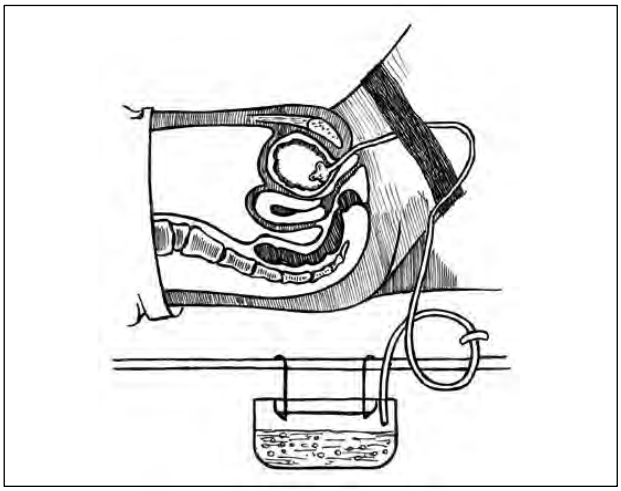


図 36.13.2
女性における導尿カテーテルの適切な位置。

36.10　栄養管理と腸管ケア

先に述べた通り、脊髄損傷患者は過度の異化亢進から重度の体重減少を来す。経口摂取を開始できれば、栄養状態を維持増加させ、患者の体重測定とヘモグロビンを定期的にチェックする。患者がうつ状態に陥ると状況は非常に複雑になり、適正な食生活や良好な栄養状態を維持することが困難になる。

脊髄ショックの時期には、ストレス性潰瘍と出血を防ぐため、H2 ブロッカーと制酸剤を処方する。

腸管機能不全は膀胱機能不全と関連している。腸閉塞の時期が数日間続くため、腸管蠕動が回復するまでは飲水をごく少量にとどめなければならない。経口摂取は、飲水、軟菜食を経て、常食へと徐々に上げていく。水分制限を続けすぎると、便が固くなり腸閉塞を来してしまう。脊髄ショックの時期は、週に数回は浣腸と摘便が必要である。その後、排便反射は徐々に改善に向かう。

長期的には、食事と共に十分な水分摂取を促し、便を軟らかくする薬や膨張性下剤を内服させることで規則正しい便通が得られる。最終的には緩下剤とグリセリン坐薬を週に 2 回程度投与することで、浣腸を行わずにすむようになる。しかし、浣腸や摘便が恒常的に必要となる症例も多いため、本人や家族がそれに習熟する必要がある。

付録 36.D（Volume 2 の付属 DVD に収載）では、栄養状態や健全な腸の状態を維持するための食事療法について述べている。また、大腸マッサージ法などの長期的な腸管ケアの方法についても言及している。

36.11　理学療法と関節可動訓練

理学療法は看護ケアの本質部分を占めており、直ちに開始されるべきである。急性期には、体位変換のたびに、呼吸訓練と関節の受動運動を行う。関節の受動運動に際しては、最大屈曲及び最大伸展運動を含めたリハビリに努める。目的は呼吸器合併症と関節拘縮を予防することにある。こうした基本的な理学療法は、無気肺や沈下性肺炎を予防し、末梢循環を改善させる。股関節は屈曲拘縮をお越しやすいので、枕を患者の下に入れて股関節が屈曲するような肢位をとるようなことはしない方がよい。

ベッド上での座位保持が可能になれば、次は筋力増強目的に平均台を用いたリハビリを行う。障害を受けていない両上肢の筋肉はウエイトトレーニングで受傷前以上に鍛えるべきである。こうしたトレーニングは、関節可動性や呼吸能の改善に役立つばかりか、将来的な職業トレーニングとリハビリテーションの準備にもなる。

V. Hasselmann / ICRC

写真 36.14
トレーニングの重要性:
体幹と上肢を鍛えることが
重要である。

脊椎骨折の癒合が得られ、膀胱コントロールができるようになれば、次は両足を石膏ギプスで固定して立位保持訓練を行う。その後、平行棒、ウオーキングフレーム、松葉杖、装具装着を用いた歩行訓練へと進んでいく。

ICRC

写真 36.15
ポリプロピレン製歩
行用装具の調整

V. Hasselmann / ICRC

V. Hasselmann / ICRC

写真 36.16.1-2
平行棒と歩行器を使用した歩行訓練

中には車椅子の生活を余儀なくされる患者もいる。その場合も褥瘡の予防策を講じなければならない。最初は車椅子の使用時間を 1 日につき 1〜2 時間にとどめ、徐々に時間を増やしていくとよい。15 分ごとに臀部を持ち上げて位置を変えることを教える。クッションやエアチューブを敷いて褥瘡ができないように配慮する。また、排尿に対するケア（導尿カテーテルやコンドーム、使い捨てのおむつや赤ちゃん用パッド）も必要となる。

在宅における理学療法やリハビリテーションに関する詳細は、付録 36.F（Volume 2 の付属 DVD に収載）で述べる。

36.12　合併症

脊髄損傷症例は様々な合併症を引き起こす可能性がある。主なものを挙げる。

- 無気肺と肺炎
- 褥瘡
- 尿路感染症、尿管結石症
- 低栄養と慢性便秘症
- 骨粗鬆症、骨折、異所性骨化症。異所性骨化が関節内に及ぶと関節拘縮や関節強直の原因となる
- 緊急治療の対象となる自律神経系反射の亢進状態
- 疼痛を伴う筋痙攣
- 深部静脈血栓症。こうした症例では好発する

これらの合併症予防のために、在宅ケアチームの訪問診療や両親や家族の協力が望まれる。手厚いケアをしている最中でも不幸にして合併症が生じた場合に備えて、家族とチームはいつ病院に搬送すべきかを確認しておく必要がある。

36.12.1　褥瘡潰瘍の治療

完成した褥瘡潰瘍は、壊死組織の有無にかかわらず、ひどい悪臭を放つ。潰瘍からの分泌物は周囲の健常皮膚にも非常に刺激性があり、悪影響を及ぼす。

褥瘡潰瘍に対する治療法を以下に挙げる。

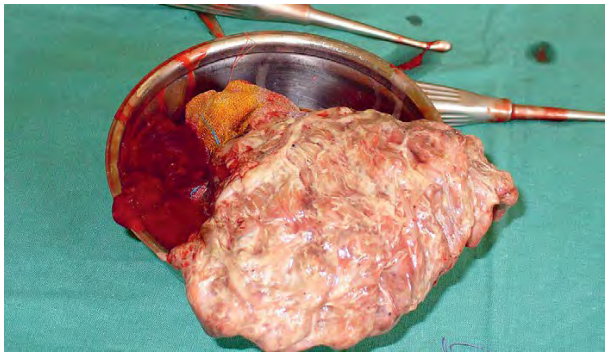
- 創部にかかる圧を軽減させる
- ベッド上における患者の体位を工夫する

- 創部と羊皮との接触は感染を引き起こすため避ける
- 穴の開いたマットレス、ドーナツ型の被覆材、エアチューブを用いて創部の減圧を試みる
- 潰瘍に対する治療

治癒を目指す患者の気力が最も大切であり、悪臭を放つ褥瘡は気力をそぐ。

まず外科医が最初にデブリドマンを行う。皮下の壊死は健常皮膚の下にも拡大していることがあり、広範囲に調べる必要がある。麻酔は不要であり、通常は繰り返しデブリドマンが必要となる。大部分のデブリドマンを終えた後、日々の処置における小範囲のデブリドマンは、訓練された看護師が行うとよい。

F. De Simone / ICRC



F. De Simone / ICRC

写真 36.17.1- 2
褥瘡に対するデブリドマン：壊死組織はすべて切除しなければならない。

創部が感染していなければ 1 日 1 回の創洗浄で十分である。感染した深い創部は、1 日 5 回程度を上限として、体位変換のたびに包交する必要がある。潰瘍はまず大量の生理食塩水か飲用水で徹底的に洗浄する。

潰瘍創の清潔を維持し、治癒を促すために、様々な種類のドレッシング材がある。商品化されているものもあれば、資源が少ない環境下で経験的に用いられてきたものもある。ICRC の外科チームも他の団体も、様々な現場の素材を用いてきた。中でもグラニュー糖は安価で、細菌の増殖や悪臭を抑えるために汎用されている [8]。蜂蜜やパパイアを用いたドレッシングは蛆（ウジ）虫治療（maggot therapy）と同様に効果的である。

他にもスポンジ状のマットレスを潰瘍の形に切り抜き、包装紙に包みオートクレーブにかけ滅菌したものを利用する方法もある。これを潰瘍の上に貼付すると、潰瘍から滲出する刺激性の分泌液を吸収するため、潰瘍底を浸潤環境におかずにすむ。このスポンジは、分泌物の量に応じて1日に数回貼り替える。

抗生剤は、感染範囲が拡大するか全身性のものにならない限り必要ない。栄養状態を維持して、貧血にならないよう適切に治療する。

褥瘡に対する外科治療は、他の創傷と同様である。すなわち、壊死組織の切除が基本である。

その他の外科治療

巨大な褥瘡潰瘍の治癒にはローテーションフラップが必要となるが、腐骨を除去し、創部の感染がコントロールできるまでは決して皮弁形成を行ってはならない。坐骨突起直上の褥瘡は、脊髄損傷患者に見られる典型例である。なぜなら彼らは日常の長時間を座って過ごすからである。こうした褥瘡治療のコツは、骨の突起部分を外科的に削って平らにしてしまうことである。

脊髄損傷患者では臀筋が萎縮するため、臀部に広範囲に皮弁を形成することは比較的容易である。皮下浅層部までの潰瘍ならば皮弁形成術を行い、皮下深層部にまで達している場合は、死腔を埋めるために筋皮弁を用いた形成術を行

う。強調しておきたいことは、広範囲の褥瘡を筋皮弁で閉じる場合、これが失敗すると2度目の手術を行うことが難しいということである。したがって、厳格な清潔手術が必要であり、術後ケアにも細心の注意を払わなければならない。分層植皮（split skin graft）は、軽度の圧がかかっても生着しないため、臀部褥瘡の治療には用いるべきではない。

筋皮弁形成術は非常に有用であるが、成功させるためには豊富な手術経験と適切な看護ケアが必須である。

在宅ケアチームによる初期の褥瘡管理法については、付録36.E（Volume 2の付属DVDに収載）で述べる。褥瘡管理で重要なことは、在宅ケアチームが褥瘡の発生を早期に診断し、適切な時期に、病院に搬送することである。

36.12.2　尿路感染症

先進国社会では、脊髄損傷患者と一般人の死因にはあまり差異がなくなった。これは、看護ケアと理学療法の確実な進歩によるものである。一方、中ないし低所得国では、現在も菌血症と腎不全が脊髄損傷患者の主な死因である。腎不全の成因は通常、尿路感染症と、尿管逆流に伴う腎盂内圧増加が引き起こす腎実質の萎縮にあるといわれている。菌血症は通常、尿路感染の増悪や、褥瘡、沈下性肺炎により引き起こされる。したがって尿路感染を予防し、何らかの適切かつ長期的な膀胱管理を行うことが重要である。脊髄損傷患者の尿路感染対策と、長期在宅ケアにおいて膀胱トレーニングを行った際の尿路感染の発生率については、付録36.Aで述べる。

36.12.3　自律神経反射異常／過反射

自律神経反射異常は、T6よりも上位の脊髄損傷症例に見られ、時にT6からT10の間の損傷でも反射異常を来すことがある。これは一般的に、受傷前の有害刺激によって引き起こされ、異常な自律神経系の反応である。

脊髄損傷症例では、損傷部位より末梢側の神経支配領域にピリピリとした刺激が生じる。損傷部位よりも末梢側の交感神経が刺激されると同時に中枢側からの制御が遮断されるため、結果として血圧がコントロールできなくなる。頸髄もしくは上位胸髄に損傷を来すと、血圧は通常よりも 15～20mmHg 低くなるため、収縮期血圧が 20-30mmHg 以上高くなる場合は自律神経反射異常があると考えられる。自律神経反射異常は無症状のこともあるが、軽度の気分不良や頭痛を伴うこともある。遷延性徐脈や過度の高血圧により網膜出血や痙攣が生じることもある。また、心血管系の症状を引き起こして死亡するケースもある。

他にも、重度の拍動性頭痛や不穏状態、閃輝暗点、発汗、立毛（鳥肌）、損傷部位より中枢側の神経支配領域の皮膚紅潮などを認める。

退院後に自宅でこれが起こると、患者も家族も非常に驚くこととなるため、病院スタッフと患者は、こうした自律神経反射異常によって生命が脅かされる可能性があるということを知っておかなければならない。

自律神経反射異常を起こし得る症状は以下の通りである。

- 膀胱充満：導尿カテーテルの閉塞でも起こり得るが、排尿機能が十分でないために起こることが一般的である
- 重度の便秘症：2番目に多い原因である。摘便でも起こり得る
- 尿路感染症、膀胱結石
- 皮膚過敏症、褥瘡
- 外傷性疼痛、熱傷
- 過度の高温環境及び低温環境
- 衣服による締めつけ
- 妊娠
- 虫垂炎

自律神経反射異常の症状が出現した場合は、患者を座らせ頭部を挙上する。衣服を緩め、原因を検索する。導尿カテーテルが閉塞していないか確認する。カテーテルが留置されていない場合は、カテーテルを挿入して膀胱をゆっくりと虚脱させる。宿便がないかどうかを腹部の触診によって評価し、必要であれば摘便を行う。いずれの処置も愛護的に行わなければならない。なぜならば、過度の刺激は症状を悪化させる可能性があるからである。薬物治療を行い、状況に応じてアトロピン、降圧剤、ニトログリセリンなどを投与する。

退院は、こうした症状がないことを確認した上で決定する。また、症状が出現した際に、家族が原因を見つけて取り除くことができるように指導しておく必要がある。通常の高血圧と自律神経反射異常による高血圧の違いも教えておかなければならない。こうした症状を評価できるように、ガイドラインを印刷して配布するべきである。

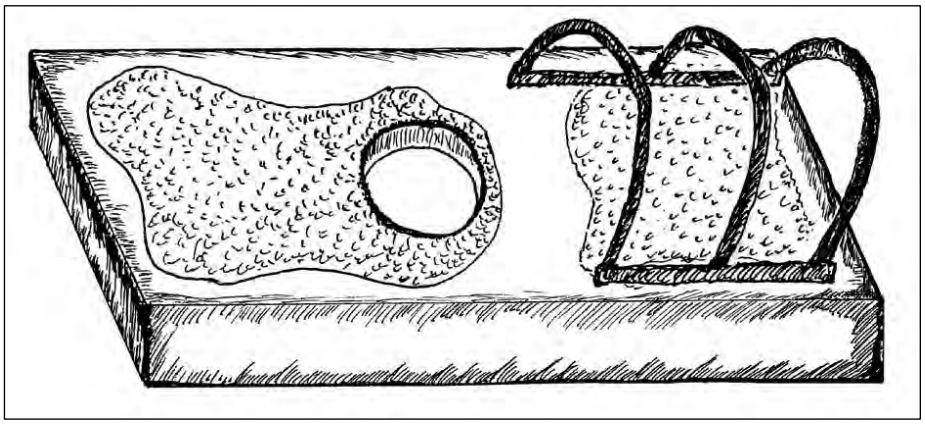
8. Chiwenga S, Dowlen H, Mannion S. Audit of the use of sugar dressings for the control of wound odour at Lilongwe Central Hospital, Malawi. Trop Doctor 2009; **39**: 20 – 22.

付録 36.A　病院看護師によるケア

36.A.a　ベッドの準備

病院でも自宅でも脊髄損傷患者に適したベッドの準備は単純な方法で行う。ビーチで使うようなエアマットレスがあれば一番よいが、ないことが多い。別の方法としては、ベッドの上にドアを置き、その上に厚いスポンジマットレスを敷く。そしてそれを耐水性のカバーで覆うというものである。さらに、臀部や踵が当たるところに羊の皮か綿を敷く。男性の場合、陰部付近のマットレスに直径15～20cmの深い穴を開けておくと、精巣上体炎を予防するために腹臥位にした時に、陰茎や精巣が圧迫されずにすむ。この穴は排便にも利用できる。

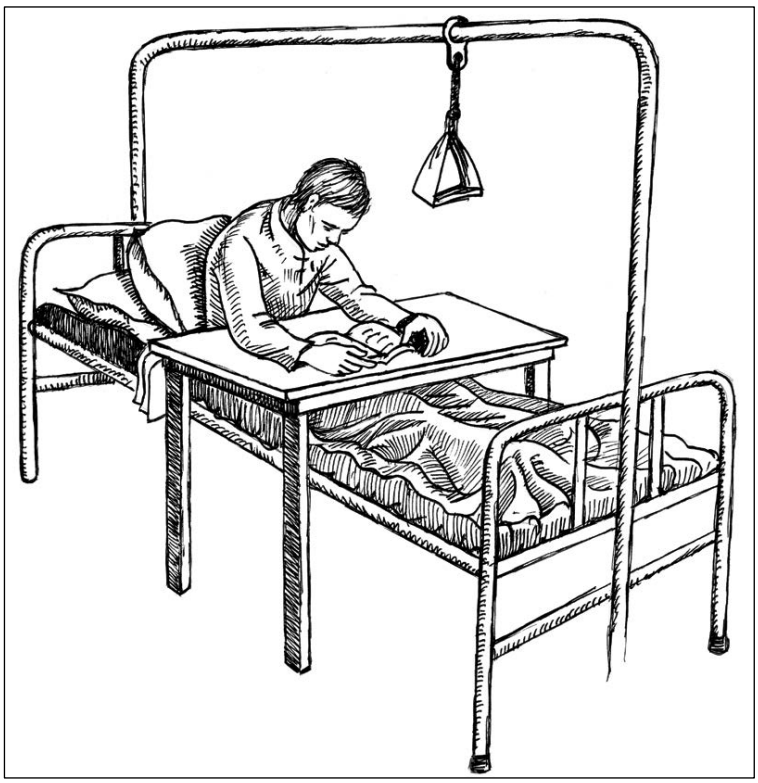
臀部に敷くシートは、折り目を作らないようにピンと張る。シーツや衣服が濡れた場合はすぐに交換する。下肢の上には熱傷患者と同様の鉄製アーチを置き、寝具が皮膚を直接圧迫しないようにする。



N. Papas / ICRC

図 36.A.1
褥瘡予防目的のベッドとフレーム

患者が座れるぐらいまで回復したら、現地で調達できる資材を用いて、ベッドに「バルカンビーム」と呼ばれる金属製の柵と、ハンドルを取り付けてもらう。この柵とハンドルを用いて、患者は好きなように身体の向きを変えることができる。



N. Papas / ICRC

図 36.A.2
脊髄損傷患者の生活をできるだけ快適にするために設えられたベッド

36.A.b　膀胱緊張度の評価

脊髄損傷症例に合併する膀胱障害が、第 36 章 9 で述べた痙性膀胱によるものか弛緩性膀胱によるものかを判別するためには、以下の 3 つの簡単な臨床検査のうち、2 つで結果が確認できればよい。この結果に基づいて、中長期的な膀胱管理法を決める。

1. **肛門トーヌス**

   直腸指診で肛門括約筋の収縮が確認できれば、外膀胱括約筋も同程度に収縮できることがわかる。こうしたケースは痙性膀胱であることが多い。弛緩性膀胱では、膀胱括約筋は弛緩して機能せず、肛門反射や球海綿体反射も消失する。

2. **冷水テスト**

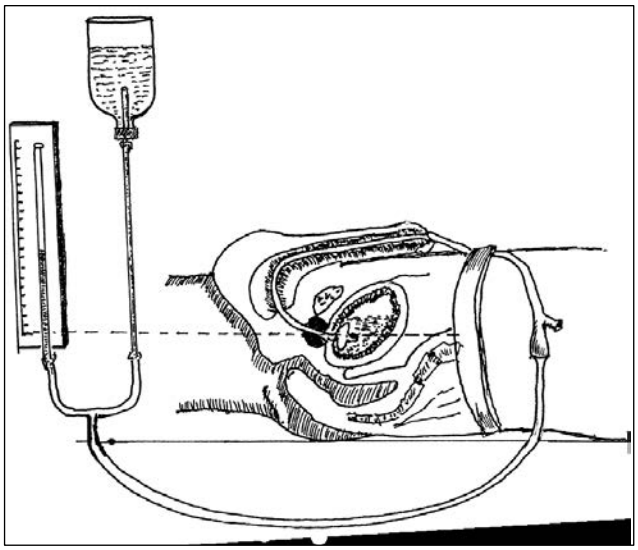
   バルーンを膨らませないままの導尿カテーテルを用いて、4℃の滅菌水を 100mL 膀胱に注入する。膀胱排尿筋の収縮によりカテーテルが排出されたら、痙性膀胱であると判断する。内部に留置されたままなら、弛緩性膀胱であると判断する。

3. **膀胱内圧測定**

   膀胱が充満する際に膀胱内圧がどのように変化するかを測定する。この内圧変化のパターンによって痙性膀胱か弛緩性膀胱かを判別する。そして、膀胱にどういう種類の刺激を加えたら最も効率的に膀胱を空にできるかを評価する。刺激の種類としては例えば、恥骨上刺激（Créde 法）や横隔膜圧迫（バルサルバ法）などがある。

膀胱内圧測定に必要な道具：

- 巻尺
- 静注用ライン（3m）
- 滅菌水
- Y コネクター
- クランプ用鉗子
- 導尿カテーテル



N. Papas / ICRC

図 36.A.3
膀胱内圧の測定手順：

1. 膀胱内へ 37℃の滅菌水 250ml を 5 分以上かけてゆっくりと注入する。膀胱括約筋が弛緩するようにできるだけ時間をかける。
2. 輸液チューブをクランプする。
3. 膀胱内圧、すなわち水柱の高さをテープで測定し、記録する。

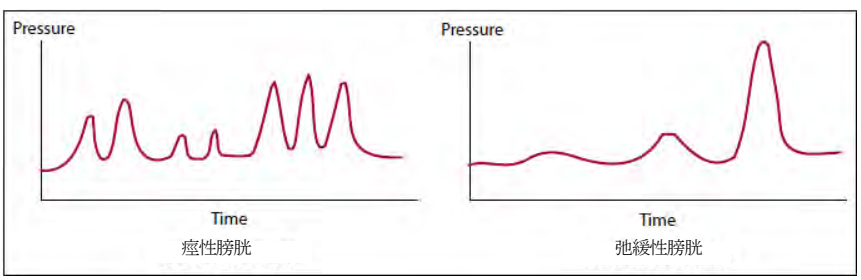


写真 36.A4
痙性膀胱と弛緩性膀胱の
膀胱内圧の記録例。

36.A.c　中長期的な膀胱管理

痙性膀胱と弛緩性膀胱では管理方法が異なるが、どの方法にせよ在宅ケアを長期にわたって継続するためには、本人と家族に事前にその方法の利点と欠点を十分に指導し、理解させておかなければならない。

弛緩性膀胱に対する管理法

1. 清潔間欠式カテーテル法は、6～8 時間ごとにネラトンカテーテルを挿入して、できるだけ膀胱が空になるように恥骨上を圧迫しながら排尿し、終わればカテーテルを抜去する方法である。

   使用後は、カテーテルを石鹸と水で洗い、管の内部もシリンジを使って水圧をかけながら洗浄する。洗浄したカテーテルは乾燥させて紙袋に入れておくか、サブロン液（1.5%クロルヘキシジンと 15%セトリミドの混合液）の 100 倍希釈液に浸漬させておく。液は週に 2 回入れ替える。

   ポリ塩化ビニールもしくはラテックス製のカテーテルは 2 週間ごとに交換する。シリコンカテーテルは数年間耐用できるが、2 週間ごとに煮沸消毒が必要である。シリコンカテーテルは初めは個人の負担する費用が大きくなるが、長期的にみれば断然安価であるため、入手可能であればシリコン製カテーテルの方がよい。
2. 弛緩性膀胱症例の中には、膀胱括約筋機能がほんのわずかしか残っていないか全く機能していないにもかかわらず、排尿に十分な局所反射が残存しているケースがある。こうしたケースでは、排尿時に Créde 法（恥骨上刺激法）やバルサルバ法（喉頭蓋を閉じ、排便の時のように息こらえをする）など、腹圧上昇を促す工夫をするとよい。もしくは恥骨近傍や大腿内側をタッピングして刺激を加える方法もある。コンドーム型収尿器は男性には有用であるが、女性には適さない。その代わり、女性には成人用のおむつや子供用のおむつを使用する。定期的にカテーテルを挿入して残尿量を評価することも重要である。
3. 導尿カテーテルや膀胱瘻カテーテルを継続留置すると、尿路感染症を引き起こす可能性が高くなる。しかしこの方法は、患者と家族の負担が一番少なくてすむ。

   ラテックス製カテーテルは毎週交換する。シリコン製フォーリーカテーテルは 6 週間ごとに交換する。

痙性膀胱に対する管理法

1. 何らかの刺激によって自動的に膀胱反射が起こる。男性にはコンドーム型収尿器を用いる。もしコンドーム型収尿器がない場合は、通常のコンドームでも代用できる。女性には成人用おむつや子供用おむつを用いる。

   患者にはなるべく早期から、座位で恥骨上タッピング刺激を行う方法を教えておく。

   ・尿が排出するまで恥骨上を指先で繰り返しタップする。10 分以上は行わないようにする。

   ・強すぎず弱すぎないタップがよい。およそ 70 回程度で排尿し始めることが多い。

   ・排尿を認めたらタッピングをいったん中止する。

   ・排尿が止まったら、再度タッピングを開始する。

   ・上記の所作を繰り返し、必要であれば Créde 法やバルサルバ法も行いながら、400～500mL 程度の十分な尿量を得て膀胱を空にするよう試みる。

   ・最後に導尿カテーテルを挿入して残尿量を測定する。

   ・上記の排尿ケアを 4 時間ごとに行う。

   膀胱反射による排尿後のカテーテル挿入は、残尿量が 75mL を下回るまで継続すべきである。

   上述した膀胱トレーニング法は、痙性膀胱症例にも導入できるが、抗コリン薬を服用している場合に限られる。もし服用せずに行えば、恒久的な膀胱収縮状態から膀胱内圧が上昇することで膀胱尿管逆流を生じ、上部尿道にダメージをきたす来すためである。
2. 導尿カテーテルや膀胱瘻カテーテルの継続留置。

反射性排尿と残尿

反射性排尿テクニックを用いる場合は、痙性膀胱か弛緩性膀胱かによらず、在宅ケアチームは 2 週ごとに残尿量を測定しなければならない。方法は、まず滅菌カテーテルを挿入し、膀胱を空にした上で、患者にコップ 4 杯の水を摂取させる。その後、患者にどのような方法でも排尿させ、再度カテーテルを挿入して残尿量を測定する。残尿量は 75mL 以下でなけ

ればならない。これを超えているようなら 2 週ごとに評価を繰り返す。もし、残尿量が継続的に 75mL を上回る場合は、膀胱を空にするために別の方法を模索しなければならない。

反射性排尿でケアを行う症例では、男性にはコンドーム型収尿器を、女性には子供用おむつか成人用おむつを用いるべきである。

36.A.d　尿路感染症

神経因性膀胱においては、いくつかの重要な因子により感染や膀胱内圧上昇のリスクが上がることが知られている。

・膀胱を空にできず常に残尿がある場合
・弛緩性膀胱による溢尿から膀胱内圧が上昇し、膀胱尿管逆流が生じている場合
・膀胱排尿筋と膀胱括約筋の協調不全により膀胱内圧上昇を来し、膀胱尿管逆流が生じている場合
・カテーテルを用いて導尿する場合

徴候と症状

脊髄損傷症例では尿路感染症を繰り返すことが多い。しかし、神経因性膀胱症例では古典的な尿路感染症の症状を欠くことがよくある。無症候性細菌尿は抗生剤を必要としない。抗生剤を投与する必要があるのは、明らかな症状を呈する場合のみであるが、感染を予防したいがために安易に抗生剤を使用して、耐性菌を生じさせることがよくある。

典型的な限局性尿路感染症状を以下に挙げる[9]。

・膿尿：ただし尿中白血球を認めない場合は、通常尿路感染は否定的である
・腰背部痛や恥骨上部の不快感（腹満感と表現することもある）
・尿失禁
・痙性の増悪
・自律神経過緊張症状
・無気力で活気がなく落ち着かない状態、嘔気、頭痛

限局性尿路感染では通常発熱を認めない。発熱症状を認める場合は、感染が尿路に沿って上行し、腎盂腎炎を来している可能性がある。

患者は尿の混濁や、悪臭を伴う膿尿によって自分の尿路感染に気付くことが多い。

治療

尿路感染症を外来で治療するか入院させて治療するかは、重症度、本人と家族のコンプライアンスや協力姿勢、社会環境などを考慮して決める。

軽症例では、

・ 導尿カテーテルを交換し、尿培養を行い、可能であれば薬剤感受性検査を行う。
・ 1 日に少なくとも 3～4L は水分を摂取するように指導する。
・ 中間尿による検尿検査にて尿の pH を評価し、必要があれば適正な pH にするべく薬物治療を行う。例えばアルカリ尿ならば塩化アンモニウム製剤を、酸性尿ならば炭酸水素ナトリウム製剤を投与する。

上記の治療でも軽快せず、症状が遷延するような重度の尿路感染症に対しては、抗生剤を追加投与する。抗生剤は地域特異性や感受性検査の結果に基づいて選択する。最初は単純な投薬で開始するのがよい。

・コトリモキサゾール　4 錠分 2 で 10 日間投与。
・もしくはニトロフラントイン　100mg 分 1 夕で 10 日間投与。

上記 2 剤でも全く奏功しない場合は、その地域で一番よい結果を出しているものであればどの薬剤でもよいので試みる。例えばフルオロキノロン（シプロフロキサシン）やアモキシシリンクラブラン酸、クロラムフェニコールなどを試みるとよい。発熱を伴い、上行感染が疑われる症例では、シプロフロキサシン錠（1 日 500mg を 2～3 週間、もしくは解熱後 5 日間まで

投与）やアンピシリン、ゲンタシンの静注を考慮する。長期の合併症としては、尿路結石症、水腎症、腎不全、高尿素血症が挙げられる。また、これらの合併症が長期間続くことで尿管移行上皮の扁平上皮化生や癌化が起こり得る。

36.A.e　精巣上体炎

精巣上体炎は男性患者が長時間腹臥位でいたり、導尿カテーテルの抜去時期が遅れたりしたことが原因で起こる。予防方法は、前述のように穴を開けたマットレスを使用して、腹臥位の際に陰茎や精巣が圧迫されないようにすることである。抗生剤治療は上行感染時と同一の薬剤を用いる。

36.A.f　尿路感染症の発症率

脊髄損傷患者に対してどのような膀胱訓練が行われ、またどのような方法で排尿させているとしても、常に念頭におくべき重大な合併症は尿路感染症と腎内圧上昇に伴う腎萎縮である。患者にとって最も安全な膀胱ケアを行うために多くの努力がなされてきた。排尿方法別の尿路感染症の発症率を算出した研究結果を供覧する（表 36.A.1）。

排尿方法	尿路感染症の発生率
導尿カテーテル留置	10
清潔間欠式カテーテル法	1.5
男性患者のコンドームによる採尿	1.3
女性患者の恥骨上部刺激による排尿	1.25
自然排尿	0.2

表 36.A.1
排尿方法別の尿路感染症の発症率：数字は患者 1 人当たりの年間発症数 [10]。

ICRC の経験

アフガニスタンにおいて ICRC の治療を受けた脊髄損傷患者

ICRC は、アフガニスタンにおいて足掛け 30 年間にわたり活動を続けている。その中で最も重要な活動は、切断肢を持つ患者や対麻痺、四肢麻痺の患者に対するリハビリテーションである。これまでに 5,800 例余りの脊髄損傷患者を登録し、最近でも年間約 550 例が新たに登録されている。そのうち約 1,500 名は定期的に ICRC チームのフォローアップを受けている。その他の約 3,500 名は立入禁止区域にいるため、ICRC の在宅ケアチームのフォローアップ対象とはなっておらず、機会に応じて時々ICRC が支援しているのみである。

臨床的調査によると、上記の患者のうち、約 70%は Créde 法、バルサルバ法、タッピング法、コンドーム式収尿器等を用いて排尿しており、残りの 30%は自宅でカテーテルを用いて排尿していた。ホームケアプログラムを遂行するにあたり、年間約 25,000 本のフォーリーカテーテルが必要とされている。

痙性膀胱の患者に対しては、Créde 法、バルサルバ法、タッピング法、コンドーム式収尿器等が用いられている。弛緩性膀胱の患者は導尿カテーテルを継続留置している。尿路感染予防のために、十分な量の水分摂取、毎週のカテーテル交換、ホームケアシステムによる長期フォローアップが行われている。尿路感染の治療に際しては、ホームケアチームのメンバーの一人であるアフガニスタン人医師に相談することになっている。

導尿カテーテルのコスト

ラテックス製カテーテルが最も広く使用されているが、これは多孔性であるため長期間の留置には適さない。ICRC はシリコンコーティングされたラテックス製カテーテルを支給しており、これは週に 1 回の交換ですむ。

シリコンフォーリーカテーテルは、表面が滑らかであり、尿道粘膜への刺激性がかなり少ない。このため 6 週間もしくはそれ以上交換しなくてよい。欠点としては、バルーンが萎みやすいため、カテーテルの逸脱が起こりやすいことと、

表面にひだをつくりやすいため、抜去困難になることがある。シリコン製はラテックス製の 5 倍の値段がするが、その代わりに 6 週間に 1 度の交換ですむため、年間のコストはむしろラテックス製よりも安くなる。

清潔間欠式カテーテル法のコスト

患者を選別した上で、シリコン製ネラトンカテーテルを用いた清潔間欠式カテーテル法を行うことは、経費を抑えられるため、低所得国においては非常に現実的な方法である。タイの脊髄損傷患者 28 例に対して、上記の方法を試みた研究がある[11]。

同研究によると、ディスポーザブルカテーテルを用いる余裕がない環境では、シリコン製ネラトンカテーテルによる清潔間欠式カテーテル法は十分有望な方法であるとの結果であった。他の選択肢としては尿道留置カテーテルがあるのみだが、これは様々な合併症を引き起こすため推奨できない。これらの患者は、同じシリコン製ネラトンカテーテルを平均 3 年間(1-7 年間)使用した。カテーテルの適切な洗浄と挿入方法を順守することが尿路感染の危険性を減少させるために重要であるという結果であった。

2 年間同じシリコンカテーテルを使い続けた場合とディスポーザブルカテーテルを使用した場合でコストを比較したところ、前者が 18ドルに対して後者は 4,722ドルと、非常に大きな差が見られた。

9. NIDRR Consensus Statement 1992 (National Institute on Disability and Rehabilitation Research, US Department of Education, Office of Special Education and Rehabilitative Services)より改変。
10. Adapted from García Leoni ME, Esclarín De Ruz A. Management of urinary tract infection in patients with spinal cord injuries. Clin Microbiol Infect 2003; **9**: 780 – 785.
11. Kovindha A, Na Chiang Mai W, Madersbacher H. Reused silicone catheter for clean intermittent catheterization (CIC): is it safe for spinal cord-injured (SCI) men? Spinal Cord 2004; **42**: 638 – 642.

Part F

病院のマネージメントと患者ケア

F　病院のマネージメントと患者ケア

F.1　病院のマネージメント　591

F.2　術後管理　592

F.3　低所得国における重症者管理　597

F.4　臨機応変な対応　599

F.5　おわりに　600

付録 F.1　弾道学　602

付録 F.2　赤十字外傷スコアと分類システム　605

付録 F.3　ICRC の抗生物質プロトコル　607

基本原則
病院のマネージメントは常に挑戦である。限られた資源の中にあっては尚更である。
外科医の責任の範囲は手術室の中にとどまらない。
患者の術後管理にはチームワークをもって取り組む。
重傷者管理に高度なテクノロジーは必要としない。
洗練されるべきは臨機応変な対応術である。

このパートでは、病院のマネージメントや術後の患者管理、そうしたケアを提供する外科医の責任などの重要性について説明し、ICRC の医療施設における臨床診療に基づいて考察する。末尾に付録として、本書で繰り返し扱っているテーマでもある外傷弾道学のまとめ、赤十字外傷スコア、ICRC の抗生剤プロトコールについてのまとめを添える。

F.1 病院のマネージメント

資源に乏しい多くの環境において、外科医はしばしば病院管理者の役割も担う。適任ではなくとも、これは避けて通れないことが多い。第 6 章 2.4 で医療施設が機能するための大きな要素について簡単に記載している。また、付録 6.A に戦傷患者を扱う外科施設の初期評価チェックリストを添付している。

> 「おそらく、病院全般にとって最も大切な“支援活動”とは、うまく統制されたシステムを持つ機能的な管理体制の構築、医療の質の向上、財務管理、資源管理、一般的な科学技術やバイオメディカルテクノロジーの維持管理、着実なスタッフの教育、これらを提供することである」
> E.D. Riviello et al.[1]

武力衝突によって荒廃した国々で病院支援を行う際に、ICRC は病院のインフラを維持し、管理体制の機能を改善させることに最も力を注ぐ。実務事項の詳細については ICRC が出している、*Hospitals for War-Wounded: A Practical Guide for Setting Up and Running a Surgical Hospital in an Area of Armed Conflict*[2]を参照するとよい。

現場での経験を重ねながら、ICRC は武力衝突という状況の下、限られた資源の中で病院運営を行うための組織図を築き上げてきた。運営チームは、プロジェクトマネージャー（総責任者）、看護師長（看護責任者）、病院管理者、シニア外科医からなり、彼らが主に外科施設の機能的側面を支える。

プロジェクトマネージャーは病院業務の総務、及び外部施設との連絡に関する責任を持つ。ICRC では、プロジェクトマネージャーは看護師長の経験者であることが多い。看護師長は患者管理と看護全般、また医師と看護師以外の医療従事者に対しても監督責任を持つ。病院管理者は財務や予算編成、人事管理、インフラと医療設備の維持管理、薬剤管理、倉庫と供給物管理、補助サービス（調理、洗濯、調整業務）に携わる。シニア外科医は診療部長である。臨床業務に責任を持ち、チームに所属する外科医に ICRC の治療プロトコールを順守させる。病院運営の優先事項は臨床医の手に委ねられている。

世界中のどの病院も、たとえそこがどれほどうまく運営されていたとしても、患者の循環と物資の分配が障壁になり得る。

清掃スタッフや運搬スタッフ、整備スタッフらは、たいてい病院の「内側」をよく理解している。しかし、彼らの情報はしばしば過小評価されたり、完全に見過ごされたりする。ICRC の現場経験から学ぶべきもうひとつのことは、優れた病院運営チームは、欠点や障壁を克服するために、いかにしてこうした情報を得て活用するかを知っているということである。

F.2 術後管理

手術とは幅広い専門知識を要する作業であるため、術後管理にはチームワークを持って取り組む。栄養管理や衛生管理は言うに及ばず、看護、理学療法、レントゲン室や検査室での作業、こうした取り組みのすべてが患者の治療結果に寄与する。意識がない患者や脊髄損傷の患者、また四肢切断後の患者に対する術後管理は、まさにチームワークが重要となる。

資源が限られた多くの国では、医師は看護師よりもはるかに高いレベルの教育を受ける。それゆえに、医師の社会的地位や名声も高い。実際のところ、国によっては特に女性が携わる看護業務は蔑まれていることすらある。しかしながら、外科医はこうした現地の考え方にとらわれず、優れた術後看護ケアがいかに重要かを正しく理解しなければならない。施行される手術の洗練度は、外科医の能力や知識よりも看護ケアの基準によって左右される。

看護スタッフ不足に悩む医療施設では、外科医が術後ケアに大きな役割を担う。必要であれば外科医は患者を起こし、介助者と共に歩かせなければならない。同時にこうした行動を通して病院スタッフを教育する。言うまでもないが、外科医は、自分の解剖学や生理学や病状に関する知識を看護スタッフと共有し、また新任看護師の実地訓練にも関わらねばならない。

写真 F.1
入院中は家族が付き添って身の回りの世話をすることが、多くの社会で慣例になっている。

ICRC

患者の入院中は家族が付き添い、身の回りの世話をすることが、多くの社会で慣例になっている。家族が行う世話の中には、床上便器の扱いや、患者の衛生管理、調理、精神面の支援なども含まれる。しかし、家族の介護が適切に行われるためには、少なくとも看護師による監督が必要である。

術後回診

外科医は、患者の治療が手術室のドアを出たところで終わるわけではないことを知っておかなければならない。術後回診は、術前検査や手術室での作業と同じくらい重要な外科診療の一端である。回診は、麻酔科医、看護師、理学療法士らと共に行う。ドレッシング、チューブ類やドレーン、それらの接続状態、骨折固定の安定度などの点検は、看護師だけに任せてはならない。

術後回診は患者の容態を系統的にチェックし、再診察を行い、すべての診断的検査を再評価する場である。新たに見つかった問題は再評価し、見過ごされた可能性のある傷病について再検討する。傷の見過ごしはたいていの場合、外傷

の重症化、複数臓器の損傷、過密労働、患者の移動や搬送と関連している。診断の遅れは再手術につながることが多い。

さらなる治療については、看護スタッフと相談するのがよい。抗生物質や他の薬剤の処方はプロトコル従って行う。特定の患者に対してプロトコル治療が変更されることがあるが、その場合は正当な理由を持って説明がなされなければならない。

その他の投薬、包交、栄養管理、理学療法、ドレーン管理についてのカルテ記載はわかりやすく正確に行う。患者の体調や創状態については、各病棟の回診毎に要約し、明瞭にカルテに記載する。

症例検討とスタッフ教育

外科チームが、特定の患者の治療方針について定期的に集まって話し合うことは非常に有益である。こうしたミーティングは教育的にも有益であり、病院の診療プロトコルを作成する上でも意義がある。また、患者管理にも大きな影響を与える。前述のように、外科医は、自身の持つ解剖学や生理学や病状に関する知識をチーム内のスタッフに提供する責務がある。ほとんどの外科医は教育法について学んだことがないが、教育「術」とは、外科「医術」と同様の過程を経て培われるものである。

衛生管理

患者の衛生管理については本書で何度か述べた。ICRC の診療では、入院時に全患者にシャワー浴をさせていることとは別に、受傷部位である四肢や体幹部を、麻酔下にブラシと十分な量の石鹸と水を用いて洗浄してから手術に臨んでいる。ただし、明らかに生命の危険を伴う外傷患者はその限りではない。待機的一次縫合（DPC）の前にも、繰り返し創洗浄を行う。

術後に身体を清潔に保つことも衛生管理に含まれる。家族は入浴の介助も行う。脊椎外傷の患者や昏睡状態の患者にとっては、口腔内ケアや排泄管理は特に重要な問題である。

病院の一般清掃は、患者の衛生管理を維持し、快適な院内環境づくりを支え、院内感染や交差感染を防止する。こうした清掃作業も限られた資源の中では容易な作業ではない。

D. Cooke / ICRC

写真 F.2
戦場での汚れは十分に洗い落す。

栄養管理プロトコル [3]

低所得国では、栄養失調の患者が蔓延しており、武力衝突によって事態がさらに悪化している。栄養失調の患者や、術後に体重減少を来した患者は、創傷や腸管吻合部の治癒が遅く、感染しやすい。ICRC の支援病院では、方針として入院時に全患者に対して鉄剤とビタミン剤の投与、また必要に応じて駆虫剤の投与を行っている。家族もしばしば患者の栄養管理に携わる。食事は家族が準備する習慣になっているため、それを適切に管理する。

しかしながら、多くの外科患者は短期間の飢餓状態に容易に耐えることができ、栄養補給を必要とするものは少ない。患者に必要なタンパク量やエネルギー量は、基本的な体調によって様々である。

十分な栄養管理が必要な病状:

- 重症外傷
- 重症感染症
- 術後 7 日間以上の絶食（特に昏睡状態の患者）
- 15%以上の術後体重減少
- 血漿アルブミン値＜30g/L

特別な栄養コントロールが必要な特定の外傷

・重症熱傷
・上部消化管損傷
・膵損傷
・排出量の多い腸管瘻
・長期にわたり排液する膿瘻や慢性創
・重篤な顎顔面部外傷
・嚥下困難を伴う気管切開創

栄養は経腸的、または非経口的に投与される。大切なことは、それぞれの投与法の適応である。非経口投与か経腸栄養を目的とした瘻孔造設術かについての議論は、各病院の「栄養管理プロトコル」に委ねられる。

消化管が機能している場合は、腸管栄養を用いるのがよい。できるだけ早期に開始するのがよい。

・経口摂取:患者に食事を促すことも含める。
・経鼻胃管:短期間に限った使用がよい。
・細径のダブルルーメン経鼻チューブ〔十二指腸～小腸に達するもの、外径9CH (3mm)、シリコン製が望ましい〕:短期間に限った使用がよい。
・胃瘻形成術:フォーリーカテーテルの使用が望ましい。
・腸瘻形成術:フォーリーカテーテルの使用が望ましい。

非経口的経腸投与は自然滴下もしくは点滴用ポンプを用いて行う。経腸栄養はできるだけ早期に開始する。導入時は25mL/時で投与し、16 時間の投与後に 8 時間休息を置いて周期的に投与する。市販の栄養剤は基本的な栄養素がすべて含まれているため有用である。付録 15.A:重症熱傷に必要な栄養の計算の項で、現地で手に入る栄養剤を用いた、チューブ栄養のための簡易プロトコルを載せている。

これらの方法には合併症もあるが、そのほとんどは簡単に対応できるものである。

・温めた栄養剤の投与。
・メトクロプラミド(訳注:本邦商品名プリンペラン®)の併用によって吐気を抑え、腸蠕動と吸収を高める。
・胃酸の抑制。
・イモジウム(訳注:本邦商品名ロペミン®)の併用と、栄養剤の希釈によって、下痢症状を抑える。
・離床できない患者の場合、便秘症状に注意する。
・栄養チューブから粉砕した錠剤を流す場合、閉塞するおそれがあることに留意する。
・栄養剤を注入している間は、身体を 30 度以上起こしておく。また注入後は 30 分間その姿勢を保つ。

数日間のみの栄養補給が必要な場合は、末梢静脈カテーテルから末梢静脈栄養を行う。市販の 3 バッグ式はロジスティックの問題は少ないが、利便性とコストを考えると使用には適さない。

重症患者に対しては、中心静脈カテーテルを用いての完全静脈栄養を行う選択肢もあるが、厳密なモニタリングが必要であり、合併症率も高い。このため、ICRC や資源に乏しい環境では適した治療ではない。

深部静脈血栓症

深部静脈血栓症と肺塞栓症については、ICRC の戦傷外傷診療で耳にすることはほとんどない。へき地の人々は、自然の線維質を豊富に摂取し、よく身体を動かす生活スタイルであるため、こうした疾患は滅多に起こさない。都会の工業化社会でよく見られるような危険因子を持たない。

深部静脈血栓症と肺梗塞の発症率やリスクに関する研究は、先進国社会を対象にしたものである。しかし、同疾患の特別なリスクでもある脊髄損傷症例との関連を扱った研究はいくつかある。これらは東南アジア諸国で行われたもので、先進欧米諸国との食生活の違いに言及している(参考文献参照)。

ICRC の手順はまず、現地スタッフにこの疾患の発生率と、どんな対策を講じているかについて尋ねることである。
・深部静脈血栓症は、現地政府の運営による主たる医療施設において既知の問題か。
・現地の人々を対象にしたスタディがあるか。
・現地の保健省が作成したガイドラインが存在するか。
・現地スタッフは深部静脈血栓症の予防薬をルーチンに処方しているか。

予防策は講じられるべきであるが、投薬以外の方法で行う方がよい。例えば、疼痛管理をうまく行うことで、早期離床や理学療法や下肢の運動を促すといった方法がある。

理学療法

低所得国や中所得国では、理学療法士は看護師に比べてかなり数が少ない。さらに、医師や看護スタッフは基本的な理学療法の知識に乏しいことが多い。疼痛管理、離床、深呼吸や咳をすることの大切さを理解している、優れたスタッフの存在が不可欠である。理学療法について外科医が担う責任は、看護師や理学療法士のそれと同じくらい大きい。また外科医は、患者管理における理学療法プロトコルの作成にも協力しなければならない。

確かに大きな手術の後は、多くの患者がベッド上でじっとしていることを好む。術後の完全ベッド上安静が、「当然のこと」として誤って理解されている地域さえある。術後ケアにおいて最も重要なことは、できるだけ早期に離床を開始することであり、ICRC の病院では、すべての患者が、最初の創デブリドマンの翌日から理学療法を開始することになっている。

「床上安静は万病のもと」
Dr. John M. Howard[4]

T. Shiroko / Japanese Red Cross Society

写真 F.3
胸部理学療法は簡単で効果が高い。

ICRC 病院では理学療法士も日々の回診に参加して、治療方針の決定に携わっている。以下の病態や治療に関しては、特に理学療法士の参加が必要となる。
・理学療法士の管理する「牽引病棟」における直達牽引のコントロール
・POP 装着
・義肢装着までの四肢切断部の術後ケア
・脊髄損傷患者のケア

理学療法士がいない病院では、外科医が看護スタッフに牽引の方法や POP の巻き方を説明したり指導したりしなければならない。

T. Shiroko / Japanese Red Cross Society

写真 F.4
ICRC の理学療法士による POP の装着。

T. Shiroko / Japanese Red Cross Society

写真 F.5
ケニア北部、ICRC ロキチョキオ病院の牽引病棟。理学療法士によって管理されている。

退院

病院はわかりやすくシンプルな退院カードを用意する。低所得国の中でも地方に住む患者は、医師のいない場所に帰っていくことが多い。退院カードには、その患者にどのような治療が行われ、よく起こる問題に際して何を行えばよいかという情報を、わかりやすくシンプルに記載しておく。また、病院への連絡方法や、困った時に誰に相談すればよいかも記載しておくとよい。

1. Riviello ED, Letchford S, Achieng L, Newton MW. Critical care in resource-poor settings: lessons learned and future directions. Crit Care Med 2011; **39**: 860 – 867.
2. Hayward-Karlsson J, Jeffery S, Kerr A, Schmidt H. Geneva: ICRC; 1998.
3. 本章は、2010 年 12 月にジュネーヴで行われた第 2 回マスター外科医のワークショップの報告を基にしている、
4. ベイルートメディカルセンターのアメリカン大学助教授兼 ICRC のコンサルタントの Dr Assad Taha との個人的なコミュニケーションによる。 Dr. John M. Howard (1919～2011) は、朝鮮戦争での移動式軍外科病院(MASH)に勤務し、また軍の外科調査チームを率いた。このチームは、動脈損傷に対し、結紮の代わりに血管修復を確立した。後に、エモリー医科大学の外科部門と、トレドメディカルセンターの大学の教授となった。

F.3 低所得国における重症者管理

「すべての病院が重症患者を抱えている」
D.A.K. Watters et al.[5]

人工呼吸器や高度なモニター類、蘇生器具を備えた優れた集中治療室がなくとも、院内に特別に場所を用意することで、重症患者の治療体制を組織することは可能である。集中看護による優れた重症者管理により、開放性脳損傷、開腹術、胸腔ドレーンの挿入を要する血胸、破傷風、子癇などの患者に対しても十分に対応することができる。

集中治療病棟の編成

集中治療病棟は利用可能な資機材や看護スタッフを集中させるため、特別なスペースを要する。資源の限られた中では一般病棟での比率は、通常 20～30:1 かそれ以上であるが、患者対看護師の比率はこれよりもはるかに小さい方がよい。ICRC 病院では、4:1 が標準的な比率である。

T. Shiroko / Japanese Red Cross Society

写真 F.6
ロキチョキオ病院の一般男性病棟。

E. Hekert / ICRC

写真 F.7
ロキチョキオ病院の集中看護病棟。

設備、資機材は、普通の聴診器と血圧計の他に、少なくとも、吸引器、パルスオキシメーター、酸素供給装置、加湿器が必要である。物資の乏しい場所では、人工呼吸器、心電図モニター、輸液ポンプ、心肺補助装置、透析機器、中心静脈カテーテルなどはないことが多い。これらの器械類を維持管理、修理、あるいは機器に応じた準備をするため、また看護スタッフの指導のために、訓練された臨床工学技士が必要である。

検査室では、血液生化学検査、血清検査が可能であることが多い。これらに加えて血清電解質検査は確実に必要であるが、血液ガス分析が可能な施設はほとんどない。

「患者が突然悪化するのではない。ただ我々が突然気付くのだ」
J.-L. Vincent[6]

看護スタッフは患者を頻繁に観察し、症状の悪化を認識し、また急変に対しても、初期蘇生を行うことができなければならない。看護スタッフがこうした目標を達成できるように訓練することも、外科医や麻酔科医や麻酔看護師、あるいは院内の他部署の、よく訓練された医師の大切な仕事である。

重傷者管理の要は、訓練され意欲に満ちた看護スタッフにある。

集中治療室入室の基準

集中治療室への入院の適応は、大災害におけるトリアージ理論に準ずるものであり、「生存の可能性のある患者を識別するために、時間と労力の浪費を避ける」という考え方に基づく[7]。特に外傷症例で、急性疾患は認めるものの比較的元気な患者と、複数の慢性疾患が急性増悪した患者とでは、状態が大きく異なる。適応となる病態や治療を示す。

・意識のない患者
・気管切開症例
・胸腔ドレーン留置症例
・開腹症例
・経鼻胃管、胃瘻、腸瘻チューブによる栄養管理を要する患者
・破傷風
・子癇
・毒蛇咬傷
・輸液及び抗生剤治療中で、医師の指導の下に厳重なモニターを要する症例。

人工呼吸

実際に人工呼吸を必要とする患者の絶対数はそう多くない。用手的な「バッグ式呼吸」を行う際には、どれくらいの時間行うかは、病院スタッフの状態による。状況によっては協力者を募り、訓練して治療に参加してもらう。

多くの急性疾患患者にとって、人工呼吸器は絶対に必要なものではないが、もしも使用する場合には適切に用いなければいけない。付録 1.A に新しい技術を導入する際の、ICRC 基準を記載している。資源の乏しい環境で人工呼吸器を使用する場合には、加圧酸素ではなく、酸素濃縮器を用いるが、いずれにせよ電流の持続供給を要する。

しかしながら、重症症例に人工呼吸器を用いることは、病院機能の全体的な変更を意味するということを念頭に置く必要がある。人工呼吸器を導入した患者から 24～48 時間後にそれを外し、より重症な患者に付け替えることは容易なことではないし、家族への説明も必要になる。また、武力衝突の状況の中では、セキュリティ上のリスクを生むことにもなり得る。

---

5. Watters DAK, Wilson IH, Leaver RJ, Bagshawe A. Care of the Critically Ill Patient in the Tropics and Subtropics. 2nd ed. Oxford: Macmillan; 2004.
6. Professor Jean-Louis Vincent, Intensive Care Service, Erasmus University Hospital, Brussels, Belgium.
7. Towey RM, Ojara S. Practice of intensive care in rural Africa: an assessment of data from Northern Uganda. African Health Sciences 2008; **8**: 61 – 64.

F.4 臨機応変な対応

M. Baldan / ICRC

写真 F.8
手術用手袋を乾かしてリサイクルしている。

本書では、資機材や診療手順の一部に対して、臨機応変に対応することの必要性を度々述べているが、世界中の資源に乏しい地域で活動している医師や看護師は、そうした自分たちの試みについて、定期的に論文を発表している。極めて貧しい環境の中で、有用性の高いアイディアのいくつかを以下にまとめた。

・使用済みの手術用手袋のリサイクル：次亜塩素酸塩溶液で洗い、すすぎ、乾かして、パウダーをかけてから、オートクレーブを通す。
・木綿糸や釣具を縫合に用いる。
・無傷針を用いた縫合：皮下注射針を縫合予定部に刺通し、内腔に木綿糸や釣糸を通した後に、針を抜く（写真 32.26）。
・手術用手袋の指部を切ってハイムリッヒ弁として用いる（写真 8.3）。
・滅菌チューブ類を用いた胸腔ドレーン：フォーリーカテーテル、経鼻胃管、点滴チューブ類を利用する（写真 31.13.2）。
・小さい燃料容器（jerry can）やプラスチックボトルを胸腔ドレーン用ボトルとして用いる。生理食塩水を注いで水封し、チューブ先端が水没するようにテープで固定する（写真 31.13）。滅菌した尿バッグでも代用できる。
・曲げたスプーンやフォークを喉頭鏡として用いる。声門上腔はライトで照らして観察する。
・膀胱カテーテル：経鼻胃管や気管吸引カテーテルで代用し、テープ固定する。
・経鼻胃管吸引器。
・ペンローズドレーン：滅菌手術手袋の指部を切って代用する。
・エアターニケットがない施設では、エスマルヒ弾性包帯や自転車用タイヤのインナーチューブで代用できる。このインナーチューブは、理学療法の様々な運動治療でも用いることができる。
・熱傷患者のドレッシング用の滅菌ワセリン付きガーゼは、現地で安価に作ることができる。巻かれた木綿ガーゼを適当な長さに切断し、これにワセリンを塗布した後、オートクレーブにかける。
・水道水を創洗浄に用いる。
・砂糖や蜂蜜を創傷ドレッシングに用いる。
・患者の了承が得られれば、創傷治療に蛆（ウジ）虫療法を取り入れる。
・蚊帳の網部分を滅菌して、ヘルニア修復術に用いる。術後の瘢痕ヘルニアにも利用できる。
・静注用メトロニダゾールがない施設では、経膣剤や非コーティング錠剤を直腸から注入する。
・低体温防止の保温器として、段ボール箱を用いる。

J. Stedmon / ICRC

写真 F.9
段ボール箱を用いて低体温患者の体温を維持する。

・SSG 用の採取皮膚のメッシュ作成に、改良を加えた「ピザカッター」を用いる。
・経直腸輸液法。消化器外科手術後のすべての成人患者に対して、直腸から500mLの水道水を6時間毎に注入し、これを経口食事が開始されるまで続ける方法。水道水 5L に対して塩化ナトリウム 15g と塩化カリウム 5g を加えた溶液を用いる。術後 12 時間は静脈点滴を併用する。
・蒸留装置と空き瓶とオートクレーブを用いて、点滴溶液(生理食塩水、5%デキストロース溶液、乳酸リンゲル液)を作る。多くのミッション系の病院が同様の方法を用いている。

M. Beveridge / ICRC

写真 F.10 周囲が鋸歯状の「ピザカッター」を用いて、SSG 用の採取皮膚にメッシュを入れる。

M. Baldan / ICRC

M. Baldan / ICRC

写真 F.11.1、F.11.2 空き瓶とオートクレーブを用いた蒸留装置を用いて、静脈点滴溶液を作る。

資源の乏しい地域で病院を運営することは困難を伴う。設備は限られているし、薬や消耗品の供給も不足している。訓練を受けたスタッフは足りないし、遠く離れた政府機関からの援助も十分ではない。貧困、役所の煩雑な手続き、暴力の蔓延に伴う無秩序状態、政治の腐敗、そうしたすべてのことがしばしば医療従事者の仕事を困難にしている。たとえ十分な援助が得られたとしても、公的医療施設に課せられる日々の仕事に忙殺されて、戦傷のマネージメントが満足に行えない。こうした環境の中で、外科医が普段携わることのない、また専門外の仕事に責任を課せられることは珍しいことではない。

磨かれるべきは臨機応変な対応術である。

F.5 おわりに

資源の限られた中で働いていると、必要であれば外科医が患者のベッドサイドで寝ることもある。

外科医は入院中の患者のすべてに対して、また多くの場合、退院後の経過にも責任を持たなければならない。優れた外科医は、「認知的不協和(cognitive dissonance)」、つまり患者が死亡してしまった後も、次の手術や回診へと向かうことができる能力を持ち合わせているだけでは十分ではない。解剖や治療の技術を高めるだけでもいけない。医療とは仁術である。満ち足りた環境での外科においてそれが真であるならば、それは資源の乏しい環境においてはさらに本質的なものである。

世界中の多くの国々で、外科医は社会的に高い敬意を払われている。一方、途上国では大いに憂慮すべき問題であるが、患者には相談する権利や話し合う権利はほとんど存在せず、患者管理としてなされていることといえば、先進欧米諸

国で 1 世代も 2 世代も前に行われていた外科診療に準じた治療である。したがって外科医の責任とは、他者への敬意と共感と思いやりをもって、「苦痛を与えず」に治療にあたることである。

「今日、切断術後の患者さんを笑わせたよ。なんて素敵な日だ！」
ICRC 外科医

付録 F.1　弾道学

外傷弾道学の詳細については、Volume 1 の第 3 章で述べた。ここでは、いくつかの重要事項について概要を述べる。

飛来物による外傷の程度を決定するには、多くの要因がある。最終的に最も重要な要素は、組織に向けて放出される運動エネルギーの影響と、受傷組織の示す作用である。飛来物は、圧挫と裂傷によって組織に損傷を及ぼす。また、一時的な空洞形成の作用、つまり剪断力によって伸展損傷を来す。

実質臓器や内容物で満たされた臓器のように、強く空洞形成の影響を受ける組織がある一方で、肺のように影響を受けない臓器もあり、これらは組織の密度や弾力性によって決まる。引き起こされた空洞が臨床的に影響を及ぼすか否かは、飛来物の種類、つまりそれが破片か弾丸かと、体内の弾道の長さによる。弾丸の場合、完全被甲弾か半被甲弾か、また弾丸の飛行が安定していたか、それとも跳弾による不安定なものだったかによっても異なる。射撃溝のどの位置で空洞が生じたかは非常に重要である。

5 つの異なる飛来物による射撃溝の断面図を、弾道学実験施設でグリセリン石鹸塊を用いて示す。

F.1.a ライフル用完全被甲弾（600m/秒以上で安定飛行する高エネルギー弾）

AK-47（カラシニコフ銃）の弾丸の射撃溝は、写真に示すような形状を示す。弾丸は初め直進して第 1 相の狭小部を形成する。続いて回転を始め、第 2 相の一時的な空洞を形成する。空洞の直径は弾丸径の 25 倍にも及ぶ。弾丸はその後も直進を続け、第 3 相の終末部を形成する。

図 F.1.1
石鹸塊を用いて、AK-47 の弾丸（高い運動エネルギーを伴い安定した飛行をする）の動きを示す。

体内でのこれらの 3 段階をはっきり確認するためには、十分な弾道距離が必要である。体内での距離が十分にない場合は、射撃溝のより早い段階で射出創を形成する。射出創の大きさは、射撃溝のどの段階で弾丸が抜けたかによって決まる。弾丸によって射撃溝の形状が異なるが、これは第 2 段階の空洞化が始まるまでに要する弾道距離による。

F.1.b 拳銃用完全被甲弾（安定飛行する低エネルギー弾）

拳銃用の弾丸は体内で回転運動を伴わず、単純に直進する。600m/秒以下で人体に着弾するライフル用完全被甲弾は、拳銃用の弾丸と同様の形状の射撃溝を形成する。

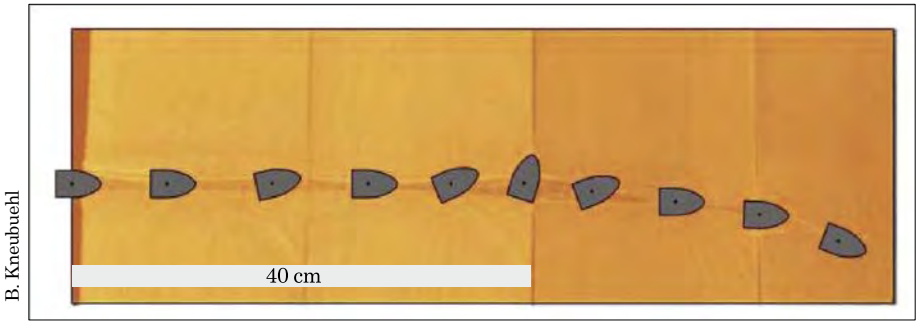
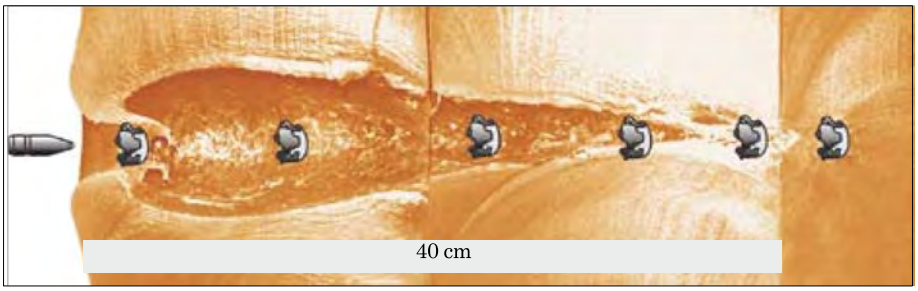


図 F.1.2
石鹸塊を用いて、低い運動エネルギーを伴う完全被甲弾の弾道断面を示す。

F.1.c 狩猟ライフル用半被甲弾(600m/秒以上で飛行する高エネルギー弾)

図 F.1.3
石鹸塊を用いて、ライフル用の変形性半完全被甲弾の弾道断面を示す。

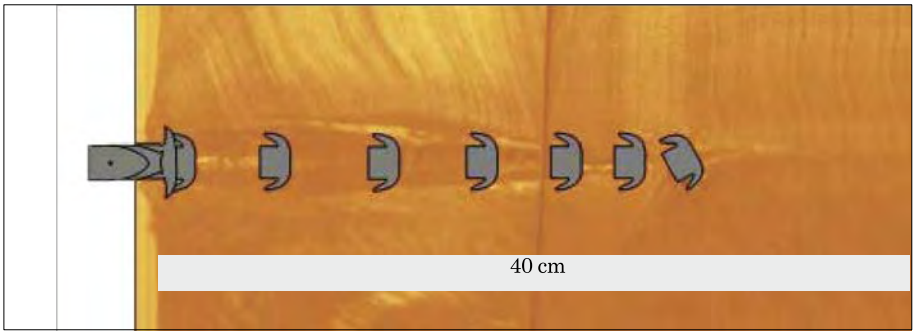


弾丸は人体への着弾直後より、マッシュルーム化と呼ばれる変形を呈する。これにより弾丸は急激に減速し、運動エネルギーの大部分が組織に向けて放出される。その結果、着弾直後より大きな組織損傷を伴う広い一時的空洞を形成する。こうした経過をとる弾丸は「ダムダム」弾と総称され、戦闘で用いることは国際条約で禁じられている。

F.1.d 拳銃用変形性半被甲弾(低エネルギー弾)

狩猟用半被甲弾と同様のマッシュルーム化を呈し、弾丸と組織の接触面が広い。しかし、一時的空洞の直径は距離に比例して狭くなる。

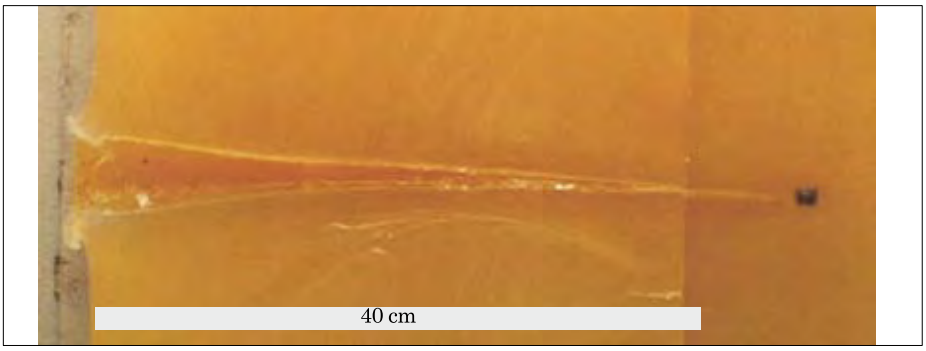
図 F.1.4
石鹸塊を用いて、拳銃用変形弾の弾道断面を示す。

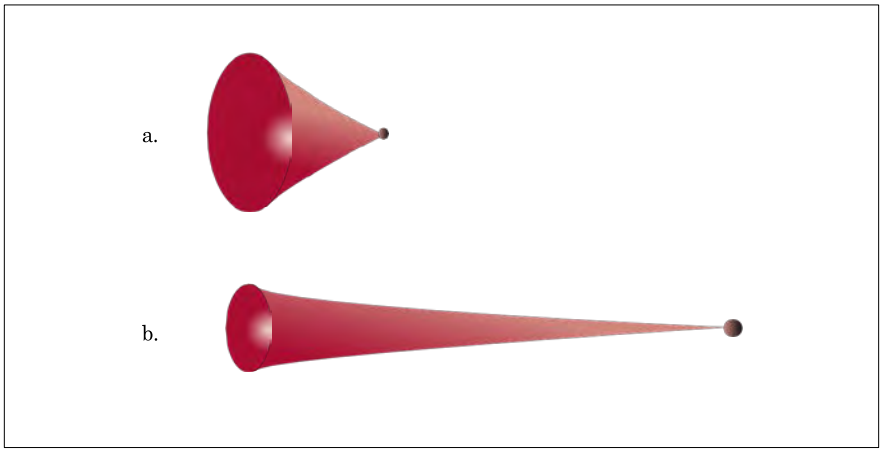


F.1.e 破片

破片は空気力学に沿った運動をしない。その運動エネルギーの大部分は、射入時に放出される。そのため、射撃溝は「円錐形」に似た形状を呈する。射入創は常に破片の直径よりも大きく、また射出創よりも大きい。

写真 F.1.5
石鹸塊を用いて、破片が形成する弾道の断面図を示す。





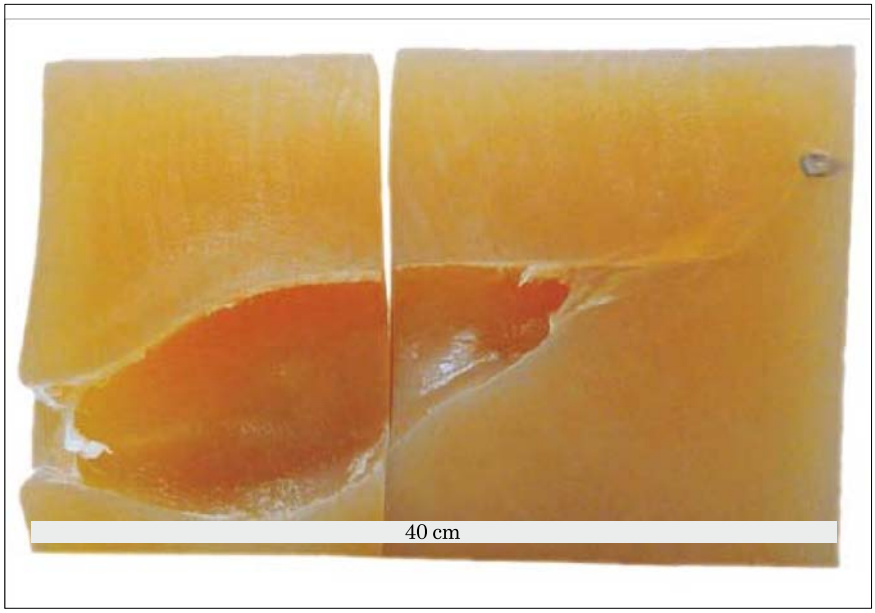
B. Kneubuehl

図 F.1.6
同じ大きさの運動エネルギーを持つ 2 つの破片が形成する射撃溝。弾道内のエネルギー放出量の違いが空洞形の違いとなって表れる。

a. 軽く速い破片の射撃溝
b. 重く遅い破片の射撃溝

F.1.f　跳弾

跳弾は標的に着弾する前に他の障害物に衝突し、安定性を失っている。そのため、着弾直後にその運動エネルギーの大部分を組織に向けて放出し、半被甲弾や破片とよく似た形状の射撃溝を形成する。跳弾による銃創が見つかった場合、負傷した戦闘員が相手を「違法のダムダム弾」を用いたことで糾弾することがよくある。



B. Kneubuehl

写真 F.1.7
石鹸塊を用いて、跳弾効果を伴うライフル用完全被甲弾(FMJ 弾)が与える影響を示す。安定性を失った跳弾は、早期から容易に回転運動を始め、大きな接触面をもって着弾する。SJ 弾と同様に、ほぼ着弾直後から空洞を形成する。

付録 F.2　赤十字外傷スコアと分類システム

赤十字外傷スコア（RCWS）と分類システムの詳細については、Volume 1 の第 4 章で述べた。

RCWS が扱う外傷は、弾丸などの飛来物による穿通創のみである。これは外傷弾道学の法則上、運動エネルギーの放出が組織に及ぼす効果と、実際に外科医が目にする創傷の様子を、簡単に関連づけられるように作られたものである。このスコアとシステムは創傷の外観そのものに基づいて作成されている。兵器の種類や、弾丸やミサイルの速度や運動エネルギー量を推定して作られたものではない。

弾丸や飛来物による創傷の重篤度は、組織損傷の程度や、損傷を受けた構造物によって決まる。つまり、その傷の臨床上の重要性は、大きさと損傷部位によって決まる。創傷の評価には 6 つのパラメーターが用いられ、グレード評価と組織損傷のタイプが決定されている。

E	射入創の大きさ（cm）	
X	射出創の大きさ（cm） （射出創がなければ X=0）	
C	空洞の有無	術前に、指 2 本が入る空洞の有無
		C0 = ない
		C1 = ある
F	骨折	骨折の有無
		F0 = 骨折がない
		F1 = 単純骨折や穴が開いたもの、重篤でない粉砕骨折がある
		F2 = 臨床的に重篤な粉砕骨折がある
V	主要臓器の損傷	脳硬膜、胸膜、腹膜への穿通や、末梢主要血管損傷の有無
		V0 = ない
		VN = 脊髄や脳硬膜の神経組織への穿通がある
		VT = 胸膜や頸部気管の穿通がある
		VA = 腹膜の穿通がある
		VH = 上腕動脈、膝窩動脈、頸動脈に至る末梢主要血管損傷がある
M	金属片	レントゲン上、弾丸や金属片の有無
		M0 = ない
		M1 = 金属片を 1 つ認める
		M2 = 複数の金属片を認める

表 F.2.1 外傷スコアのパラメーター

F.2.a 組織損傷の大きさによる創傷のグレード化

グレード 1

E＋X＜10cm かつ、C0 及び、F0 もしくは F1(エネルギー変換度低値)

グレード 2

E＋X＜10cm かつ、C1 もしくは F2(エネルギー変換度高値)

グレード 3

E＋X≧10cm かつ、C1 もしくは F2(エネルギー変換度超高値)

これらのグレードは、組織に及んだ弾丸や飛来物の運動エネルギーを簡単に臨床的評価した結果である。大きな創傷はより重篤であり、より高度な治療が必要となる。これらは四肢外傷では特に有用である。

F.2.b 受傷組織による創傷のタイプ化

タイプ ST

軟部組織損傷:F0 かつ V0

タイプ F

骨折を伴う創傷:F1 もしくは F2、かつ V0

タイプ V

生命を脅かす危険性のある創傷:F0、かつ VN、VT、VA、VH のいずれか

タイプ VF

骨折を伴い、生命を脅かす危険性のある創傷:F1 もしくは F2、かつ VN、VT、VA、VH のいずれか

F.2.c 創傷分類

創傷のグレードとタイプを組み合わせて、12 のカテゴリーからなる創傷分類システムができる。

	グレード 1	グレード 2	グレード 3
タイプ ST	1 ST 小さく、単純な創	2 ST 中等度の軟部組織損傷	3 ST 広範囲の軟部組織損傷
タイプ F	1 F 単純骨折	2 F 重傷骨折	3 F 重篤な複雑骨折で四肢が危険なもの
タイプ V	1 V 小さいが生命を脅かす創	2 V 中等度の大きさだが生命を脅かす創	3 V 広範囲の創で生命を脅かす創
タイプ VF	1 VF 小さいが四肢や生命を脅かす創	2 VF 中等度の大きさだが四肢や生命を脅かす創	3 VF 広範囲の創で四肢や生命を脅かす創

表 F.2.2
創傷グレードと創傷タイプによるカテゴリー分類

付 F.3　ICRC の抗生物質プロトコル

創傷	抗生物質	備考
軽度の軟部組織損傷 (Grade 1)	ペニシリン V 錠(500mg) 1 日 4 回 5 日間内服	抗破傷風ヒト免疫グロブリンをすべての受傷患者に投与
複雑骨折 外傷性四肢切断 重度の軟部組織損傷 (Grade 2 & 3)	ペニシリン G 500 万単位 1 日 4 回静注を 48 時間 以後、ペニシリン V 錠(500mg) 1 日 4 回内服を退院まで継続	閉創が SSG にて行われた場合、ペニシリン V 錠の投与をさらに 5 日間継続 待機的一次閉創(DPC)の代わりに、再デブリドマンを行った場合、全身性感染兆候や活動性の局所的炎症所見がなければ抗生剤投与を中止 後者ではメトロニダゾール(500mg) 1 日 3 回静注、ゲンタマイシン(80mg) 1 日 3 回静注を追加
72 時間以上が経過した複雑骨折、または重度の軟部組織損傷 対人地雷による四肢外傷 (治療の開始時期によらない)	ペニシリン G 500 万単位 1 日 4 回静注、メトロニダゾール(500mg) 1 日 3 回静注を 48 時間 以後、ペニシリン V 錠(500mg) 1 日 4 回内服、メトロニダゾール錠(500mg) 1 日 3 回内服を待機的一時閉創まで継続	
血胸	アンピシリン(1g) 1 日 4 回静注を 48 時間 以後、アモキシシリン錠(500mg) 1 日 4 回内服	5 日間継続
穿通性頭部外傷	ペニシリン G 500 万単位 1 日 4 回静注、クロラムフェニコール(1g) 1 日 3 回静注を少なくとも 72 時間	患者の状態によって、静注または経口投与を 10 日間継続
脳膿瘍	穿通性頭部外傷時の処方に加え、メトロニダゾール(500mg) 1 日 3 回静注	
穿通性眼損傷	ペニシリン G 500 万単位 1 日 4 回静注、クロラムフェニコール(1g) 1 日 3 回静注を 48 時間	患者の体調によって、静注または経口投与を 10 日間継続 抗菌点眼薬の局所使用
顎顔面外傷	アンピシリン(1g) 1 日 4 回静注、メトロニダゾール(500mg) 1 日 3 回静注を 48 時間	患者の体調によって、静注または経口投与を 5 日間継続
腹部外傷: 1. 実質臓器のみの損傷:肝、脾、腎、膀胱の損傷 2. 胃、小腸の損傷 3. 結腸、直腸、肛門の損傷	ペニシリン G 500 万単位 1 日 4 回静注 アンピシリン(1g) 1 日 4 回静注、メトロニダゾール(500mg) 1 日 3 回静注 アンピシリン(1g) 1 日 4 回静注、メトロニダゾール(500mg) 1 日 3 回静注、ゲンタマイシン(80mg) 1 日 3 回静注	5 日間継続

注:

このプロトコールは、2010 年 12 月にジュネーヴで開催された、Second ICRC Master Surgeons Workshop で改訂されたものである。

略語集

（監訳者注：英語版の略語集であるが、実際に現場で活動する場合に知っておく必要があるため、日本語版にも掲載することとした）

ABI	Ankle-brachial index
AIS	Abbreviated injury scale
APM	Anti-personnel mine
ARDS	Acute respiratory distress syndrome
ASIA	American Spinal Injury Association
ATM	Anti-tank mine
A-V	Arterio-venous
BID	Bis in die; twice a day
BLI	Blast lung injury
CH or F	Charrière or French gauge system used in sizing catheters （1 CH = 0.333 mm）
CIC	Clean intermittent catheterization
CNS	Central nervous system
CPD-A	Citrate phosphate dextrose adenine
CS	Caeserean section
CSF	Cerebrospinal fluid
CT scan	Computed tomography scan
CVP	Central venous pressure
DIC	Disseminated intravascular coagulation
DIME	Dense inert metal explosive
DOA	Dead on arrival
DPC	Delayed primary closure
2, 3-DPG	2, 3-diphosphoglycerate
DPL	Diagnostic peritoneal lavage
DVT	Deep vein thrombosis
eFAST	Extended focused assessment sonography in trauma
EMG	Electromyography
ENT	Ear-nose-throat
ER	Emergency room
ERT	Emergency room thoracotomy
ERW	Explosive remnants of war
F or CH	French or Charrière gauge system used in sizing catheters （1 F = 0.333 mm）
FAST	Focused assessment sonography in trauma
FMJ	Full metal jacket
GCS	Glasgow Coma Scale
GOS	Glasgow Outcome Scale

GSW	Gunshot wound
IC	Intermittent catheterization
ICP	Intracranial pressure
ICU	Intensive care unit
IED	Improvised explosive device
IOFB	Intra-ocular foreign body
ISS	Injury Severity Score
IVC	Inferior vena cava
IVP	Intravenous pyelogram
MESS	Mangled Extremity Severity Score
MMF	Maxillo-mandibular fixation
NPO	Nil per os; nothing by mouth, keep fasting
OPSI	Overwhelming post-splenectomy infection
ORL	Otorhinolaryngology
OT	Operating theatre
PATI	Penetrating Abdominal Trauma Index
PE	Pulmonary embolism
POP	Plaster-of-Paris
PR	Per rectum
PT	Prothrombin time
PTB	Patella-tendon-bearing
PTSD	Post-traumatic stress disorder
PTT	Partial thromboplastin time
QID	Quater in die; four times a day
RBC	Red blood cell
RPG	Rocket-propelled grenade
RTD	Returned to duty
SCI	Spinal cord injury (injured)
SCM	Sternocleidomastoid
SIC	Sterile intermittent catheterization
SJ	Semi-jacketed
SMA	Superior mesenteric artery
SMV	Superior mesenteric vein
TID	Ter in die; three times a day
TUU	Transverse uretero-ureterostomy
UGT	Urogenital tract
UNC	Uretero-neocystostomy
UTI	Urinary tract infection
UU	Uretero-ureterostomy
UXO	Unexploded ordnance
VAC	Vacuum assisted wound closure
Ø	Diameter

参考文献

Volume1 の多くの参考文献は、この巻の執筆においても参照されているが、表にその参照元として示されていない限り、ここでは挙げていない。また、簡素化のため、本文脚注で挙げている参考文献もここでは再掲していない。

一般参考文献 （追加）

Bashir MO, Abu-Zidan FM, Lennquist S. Will the damage-control concept influence the principles for setting priorities for severely traumatized patients in disaster situations? Int J Disaster Med 2003; **1**: 97 – 102.

Hollifield M. Taking measure of war trauma. Lancet 2005; **365 (9467)**: 1283 – 1284.

Ivatury RR, Cayten CG, eds. The Textbook of Penetrating Trauma. Media, PA: Williams & Wilkins; 1996.

Mahoney PF, Ryan JM, Brooks AJ, Schwab CW eds. Ballistic Trauma: A Practical Guide, 2nd ed. London: Springer-Verlag; 2005.

Mattox KL, Moore EE, Feliciano DV eds. Trauma, 7th ed. New York: McGraw Hill; 2012.

Meier D. Opportunities and improvisations: a pediatric surgeon's suggestions for successful short-term surgical volunteer work in resource-poor areas. World J Surg 2010; **34**: 941 – 946.

Mohta M, Sethi AK, Tyagi A, Mohta A. Psychological care in trauma patients. Injury 2003; **34**: 17 – 25.

Parker PJ. Damage control surgery and casualty evacuation: techniques for surgeons, lessons for military medical planners. J R Army Med Corps 2006; **152**: 202 – 211.

Velmahos GC, Degiannis E, Doll D Eds. Penetrating Trauma: A Practical Guide on Operative Technique and Peri-Operative Management. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2012.

Part A

導入

Baskin TW, Holcomb JB. Bombs, mines, blast, fragmentation, and thermobaric mechanisms of injury. In: Mahoney PF, Ryan JM, Brooks AJ, Schwab CW eds. Ballistic Trauma: A Practical Guide, 2nd ed. London: Springer-Verlag; 2005: 45 – 66.

Champion HR, Holcomb JB, Young LA. Injuries from explosions: physics, biophysics, pathology, and required research focus. J Trauma 2009; **66**: 1468 – 1477.

Cullis IG. Blast waves and how they interact with structures. J R Army Med Corps 2001; **147**: 16 – 26.

Morrison JJ, Mahoney PF, Hodgetts T. Shaped charges and explosively formed penetrators: background for clinicians. J R Army Med Corps 2007; **153**: 184 – 187.

Ramasamy A, Harrisson SE, Clasper JC, Stewart MPM. Injuries from roadside improvised explosive devices. J Trauma 2008; **65**: 910 – 914.

第 19 章

一般参考文献

Almogy G, Mintz Y, Zamir G, Bdolah-Abram T, Elazary R, Dotan L, Faruga M, Rivkind AI. Suicide bombing attacks: can external signs predict internal injuries. Ann Surg 2006; **243**: 541 – 546.

Arnold JL, Halperin P, Tsai MC, Smithline H. Mass casualty terrorist bombings: a comparison of outcomes by bombing type. Ann Emerg Med 2004; **43**: 263 – 273.

DePalma RG, Burris DG, Champion HR, Hodgson MJ. Review Article: Blast Injuries. N Engl J Med 2005; **352**: 1335 – 1342.

Horrocks CL. Blast injuries: biophysics, pathophysiology and management principles. J R Army Med Corps 2001; **147**: 28 – 40.

Kosashvili Y, Loebenberg MI, Lin G, Peleg K, Zvi F, Kluger Y, Blumenfeld A. Medical consequences of suicide bombing mass casualty incidents: the impact of explosion setting on injury patterns. Injury 2009; **40**: 698 – 702.

Plurad DS. Blast injury. Mil Med 2011; **176**: 276 – 282.

Propper BW, Rasmussen TE, Davidson SB, VandenBerg SL, Clouse WD, Burkhardt GE, Gifford SM, Johannigman JA. Surgical response to multiple casualty incidents following single explosive events. Ann Surg 2009; **250**: 311 – 315.

Ramasamy A, Hill AM, Clasper JC. Improvised explosive devices: pathophysiology, injury profiles and current medical management. J R Army Med Corps 2009; **155**: 265 – 272.

Ritenour AE, Baskin TW. Primary blast injury: update on diagnosis and treatment. Crit Care Med 2008; **36 (Suppl.)**: S311 – S317.

Ritenour AE, Blackbourne LH, Kelly JF, McLaughlin DF, Pearse LA, Holcomb JB, Wade CE. Incidence of primary blast injury in US military overseas contingency operations: a retrospective study. Ann Surg 2010; **251**: 1140 – 1144.

Wolf SJ, Bebarta VS, Bonnett CJ, Pons PT, Cantrill SV. Seminar: blast injuries. Lancet 2009; **374**: 405 – 415.

疫学

Aylwin C, König TC, Brennan RW, Shirley PJ, Davies G, Walsh MS, Brohi K. Reduction in critical mortality in urban mass casualty incidents: analysis of triage, surge, and resource use after the London bombings on July 7, 2005. Lancet 2006; **368**: 2219 – 2225.

Brismar B, Bergenwald L. The terrorist bomb explosion in Bologna, Italy, 1980: an analysis of the effects and injuries sustained. J Trauma 1982; **22**: 216 – 220.

Frykberg ER, Tepas JJ, Alexander RH. The 1983 Beirut airport terrorist bombing: injury patterns and implications for disaster management. Am Surg 1989; **55**: 134 – 141.

Katz E, Ofek B, Adler J, Abramowitz HB, Krausz MM: Primary blast injury after a bomb explosion in a civilian bus. Ann Surg 1989; **209**: 484 – 488.

Langworthy MJ, Sabra J, Gould M. Terrorism and blast phenomena: lessons learned from the attack on the USS Cole (DDG67). Clin Orthop Rel Res 2004; **422**: 82 – 87.

Mallonee S, Shariat S, Stennies G, et al: Physical injuries and fatalities resulting from the Oklahoma City bombing. JAMA 1996; **276**: 382 – 387.

Rignault DP, Deligny MC. The 1986 terrorist bombing experience in Paris. Ann Surg 1989; **209**: 368 – 373.

Aylwin C, König TC, Brennan RW, Shirley PJ, Davies G, Walsh MS, Brohi K. Reduction in critical mortality in urban mass casualty incidents: analysis of triage, surge, and resource use after the London bombings on July 7, 2005. Lancet 2006; **368**: 2219 – 2225.

Brismar B, Bergenwald L. The terrorist bomb explosion in Bologna, Italy, 1980: an analysis of the effects and injuries sustained. J Trauma 1982; **22**: 216 – 220.

Frykberg ER, Tepas JJ, Alexander RH. The 1983 Beirut airport terrorist bombing: injury patterns and implications for disaster management. Am Surg 1989; **55**: 134 – 141.

Katz E, Ofek B, Adler J, Abramowitz HB, Krausz MM: Primary blast injury after a bomb explosion in a civilian bus. Ann Surg 1989; **209**: 484 – 488.

Langworthy MJ, Sabra J, Gould M. Terrorism and blast phenomena: lessons learned from the attack on the USS Cole (DDG67). Clin Orthop Rel Res 2004; **422**: 82 – 87.

Mallonee S, Shariat S, Stennies G, et al: Physical injuries and fatalities resulting from the Oklahoma City bombing. JAMA 1996; **276**: 382 – 387.

Rignault DP, Deligny MC. The 1986 terrorist bombing experience in Paris. Ann Surg 1989; **209**: 368 – 373.

耳

Cave KM, Cornish EM, Chandler DW. Blast injury of the ear: clinical update from the Global War on Terror. Mil Med 2007; **172**: 726 – 730.

Chandler D. Blast-related ear injury in current U.S. military operations. ASHA Lead 2006; **11**: 8 – 9, 29.

Garth RJN. Blast injury of the ear: an overview and guide to management. Injury 1995; **26**: 363 – 366.

Leibovici D, Gofrit ON, Shapira SC. Eardrum perforation in explosion survivors: is it a marker of pulmonary blast injury? Ann Emerg Med 1999; **34**: 168 – 172.

Peters P. Primary blast injury: an intact tympanic membrane does not indicate the lack of a pulmonary blast injury. Mil Med 2011; **176**: 110 – 114.

心血管と肺の気圧外傷

Abu-Zidan FM, Aman S. Underwater explosion lung injury. J Trauma 2001; **50**: 169.

Avidan V, Hersch M, Armon Y, Spira R, Aharoni D, Reissman P, Schecter WP. Blast lung injury: clinical manifestations, treatment, and outcome. Am J Surg 2005; **190**: 945 – 950.

Bala M, Shussman N, Rivkind AI, Izhar U, Almogy G. The pattern of thoracic trauma after suicide terrorist bombing attacks. J Trauma 2010; **69**: 1022 – 1029.

Chavco M, Prusaczyk WK, McCarron RM. Lung injury and recovery after exposure to blast overpressure. J Trauma 2006; **61**: 933 – 942.

Cohn SM, DuBose JJ. Pulmonary contusion: an update on recent advances in clinical management. World J Surg 2010; **34**: 1959 – 1970.

Mackenzie IMJ, Tunnicliffe B. Blast injuries to the lung: epidemiology and management. Phil Trans R Soc B 2011; **366**: 295 – 299. [doi: 10.1098/rstb.2010.0252]

Smith JE. The epidemiology of blast lung injury during recent military conflicts a retrospective database review of cases presenting to deployed military hospitals, 2003-2009. Phil Trans R Soc B 2011; **366**: 291 – 294. [doi: 10.1098/rstb.2010.0251]

神経外傷

Armonda RA, Bell RS, Vo AH, Ling G, DeGraba TJ, Crandall B, Ecklund J, Cambell WW. Wartime traumatic cerebral vasospasm: recent review of combat casualties. Neurosurg 2006; **59**: 1215 – 1225.

Bhattacharjee Y. Shell shock revisited: solving the puzzle of blast trauma. Science 2008; **319**: 406 – 408.

Desmoulin GT, Dionne J-P. Blast-induced neurotrauma: surrogate use, loading mechanisms, and cellular responses. J Trauma 2009; **67**: 1113 – 1122.

Hicks RR, Fertig SJ, Desrocher RE, Koroshetz WJ, Pancrazio JJ. Neurological effects of blast injury. J Trauma 2010; **68**: 1257 – 1263.

Ling G, Bandak F, Armonda R, Grant G, Ecklund J. Explosive blast neurotrauma. J Neurotrauma 2009; **26**: 815 – 825.

Ling GSF, Ecklund JM. Traumatic brain injury in modern war. Curr Opin Anesthesiol 2011; **24**: 124 – 130.

MacDonal CL, Johnson AM, Cooper D, Nelson EC, Werner NJ, Shimony JS, Snyder AZ, Raichle ME, Witherow JR, Fang R, Flaherty SF, Brody DL. Detection of blast-related traumatic brain injury in U.S. military personnel. N Engl J Med 2011; **364**: 2091 – 2100.

Mora AG, Ritenour AE, Wade CE, Holcomb JB, Blackbourne LH, Gaylord KM. Posttraumatic stress disorder in combat casualties with burns sustaining primary blast and concussive injuries. J Trauma 2009: **66 (Suppl.)**: S178 – S185.

Ropper A. Editorial: Brain injuries from blasts. N Engl J Med 2011; **364**: 2156 – 2157.

Rosenfeld JV, Ford NL. Bomb blast, mild traumatic brain injury and psychiatric morbidity: a review. Injury 2010; **41**: 437 – 443.

Sams R, LaBrie W, Norris J, Schauer J, Frantz E. IED blast postconcussive syncope and autonomic dysregulation. Mil Med 2012; **177**: 48 – 51.

消化管

Cripps NPJ, Cooper GJ. Risk of late perforation in intestinal contusions caused by explosive blast. Br J Surg 1997; **84**: 1298 – 1303.

Huller T, Bazini Y. Blast injuries of the chest and abdomen. Arch Surg 1970; **100**: 24 – 30.

Owers C, Morgan JL, Garner JP. Abdominal trauma in primary blast injury. Br J Surg 2011; **98**: 168 – 179.

Paran H, Neufeld D, Schwartz I, Kidron D, Susmallian S, Mayo A, Dayan K, Vider I, Sivak G, Freund U. Perforation of the terminal ileum induced by blast injury: delayed diagnosis or delayed perforation. J Trauma 1996; **40**: 472 – 475.

Wani I, Parray FQ, Sheikh T, Wani RA, Amin A, Gul I, Nazir M. Spectrum of abdominal organ injury in a primary blast type. World J Emerg Surg 2009; **4**: 46.
Available at: http://www.wjes.org/content/4/1/46. [doi:10.1186/1749-7922-4-46]

四肢

Covey DC, Lurate RB, Hatton CT. Field hospital treatment of blast wounds of the musculoskeletal system during the Yugoslav civil war. J Orthop Trauma 2000; **14**: 278 – 286.

Hull JB, Bowyer GW, Cooper GJ, Crane J. Pattern of injury in those dying from traumatic amputation caused by bomb blast. Br J Surg 1994; **81**: 1132 – 1135.

Ramasamy A, Hill AM, Masouros S, Gibb I, Bull AMJ, Clasper JC. Blast-related fracture patterns: a forensic biomechanical approach. J R Soc Interface 2011; **8**: 689 – 698. [doi: 10.1098/rsif.2010.0476]

生物学的異物

Centers for Disease Control and Prevention. Recommendations for Postexposure Interventions to Prevent Infection with Hepatitis B Virus, Hepatitis C Virus, or Human Immunodeficiency Virus, and Tetanus in Persons Wounded During Bombings and Other Mass-Casualty Events – United States, 2008. MMWR 2008; **57 (No. RR – 6)**: 1 – 19. Available at: http://www.cdc.gov/mmwr/pdf/rr/rr5706.pdf.

Eshkol Z, Katz K. Injuries from biologic material of suicide bombers. Injury 2005; **36**: 271 – 274.

Expert Group Convened by the Health Protection Agency (UK) 8 July 2005. Risk Assessment. Post exposure prophylaxis against hepatitis B for bomb victims and immediate care providers. Consideration of other blood borne viruses (hepatitis C and HIV).
Available at: http://www.hpa.org.uk/Topics/EmergencyResponse/ExplosionsAndFires/HealthEffectsOfExplosions/PostExposureProphylaxisAgainstBloodBorneViruses.

タングステンの毒性

Jonas W, van der Voet GB, Todorov TI, Centeno JA, Ives J, Mullick FG. Metals and health: a clinical toxicological perspective on tungsten and review of the literature. Mil Med 2007; **172**: 1002 – 1005.

Machado BI, Murr LE, Suro RM, Gaytan SM, Ramirez DA, Garza KM, Schuster BE. Characterization and cytotoxic assessment of ballistic aerosol particulates for tungsten alloy penetrators into steel target plates. Int J Environ Res Public Health 2010; **7**: 3313 – 3331.

第 20 章

Jacobs LGH. The landmine foot: its description and management. Injury 1991; **22**: 463 – 466.

Ragel BT, Allred CD, Brevard S, Davis RT, Frank EH. Fractures of the thoracolumbar spine sustained by soldiers in vehicles attacked by improvised explosive devices. Spine 2009; **34**: 2400 – 2405.

Ramasamy A, Hill AM, Hepper AE, Bull AMJ, Clasper JC. Blast mines: physics, injury mechanisms and vehicle protection. J R Army Med Corps 2009; **155**: 258 – 264.

Ramasamy A, Masouros SD, Newell N, Hill AM, Proud WG, Brown KA, Bull AMJ, Clasper JC. In-vehicle extremity injuries from improvised explosive devices: current and future foci. Phil Trans R Soc B 2011; **366**: 160 – 170. [doi: 10.1098/rstb.2010.0219]

第 21 章

一般参考文献

Anderson K, Goose SD, Stover E, Schurtman M, Askin S. Landmines: A Deadly Legacy. New York, NY: Human Rights Watch and Physicians for Human Rights; 1993.

Chaloner EJ, Mannion SJ. Antipersonnel mines: the global epidemic. Ann R Coll Surg Engl 1996; **78**: 1 – 4.

Coupland RM. Assistance for Victims of Anti-personnel Mines: Needs, Constraints and Strategies. Geneva: ICRC; 1997.

Giannou C, Romer C. Victim Assistance: a public health response for landmine victims. Geneva: ICRC / WHO; 2000.

Giannou C. Antipersonnel landmines: facts, fictions, and priorities. BMJ 1997; **315**: 1453 – 1454.

Giannou C, Geiger HJ. The Medical Lessons of Landmine Injuries. In: Cahill KM ed. Clearing the Fields: Solutions to the Global Land Mines Crisis. New York, NY: Basic Books and Council of Foreign Relations; 1994: 138 – 147.

World Health Organization: Guidance for Surveillance of Injuries due to Landmines and Unexploded Ordnance. Geneva: WHO; 2000.

疫学と社会経済的影響

Andersson N, Palha da Sousa C, Paredes S. Social cost of land mines in four countries: Afghanistan, Bosnia, Cambodia, and Mozambique. BMJ 1995; **311**: 718 – 721.

Ascherio A, Biellik R, Epstein A, Snetro G, Gloyd S, Ayotte B, Epstein PR. Deaths and injuries caused by land mines in Mozambique. Lancet 1995; **346**: 721 – 724.

Bilukha OO, Brennan M, Woodruff B. Death and injury from landmines and unexploded ordnance in Afghanistan. JAMA 2003; **290**: 650 – 653.

Bilukha OO, Tsitsaev Z, Ibragimov R, Anderson M, Brennan M, Murtazaeva E. Epidemiology of injuries and deaths from landmines and unexploded ordnance in Chechnya, 1994 through 2005. JAMA 2006; **296**: 516 – 518.

Bilukha OO, Brennan M, Anderson M. The lasting legacy of war: epidemiology of injuries from landmines and unexploded ordnance in Afghanistan, 2002–2006. Prehosp Disast Med 2008; **23**: 493 – 499.

Hanevik K, Kvåle G. Landmine injuries in Eritrea. BMJ 2000: **321**: 1189.

Jahunlu HR, Husum H, Wisborg T. Mortality in land-mine accidents in Iran. Prehosp Disast Med 2002; **17**: 107 – 109.

Kakar F, Bassani F, Romer CJ, Gunn SWA. The consequences of land mines on public health. Prehosp Disast Med 1996; **11**: 13 – 21.

Kinra S, Black ME. Landmine related injuries in children of Bosnia and Herzegovina 1991–2000: comparison with adults. J Epidemiol Community Health 2003; **57**: 264 – 265.

Meade P, Mirocha J. Civilian landmine injuries in Sri Lanka. J Trauma 2000; **48**: 735 – 739.

Papadakis SA, Babourda EC, Mitsitskas TC, Markakidis S, Bachtis C, Koukouvis D, Tentes AA. Anti-personnel landmine injuries during peace: experience in a European country. Prehosp Disast Med 2006; **21**: 237 – 240.

Stover E, Keller AS, Cobey J, Sopheap S. The medical and social consequences of land mines in Cambodia. JAMA 1994; **272**: 331 – 336.

Woodmansey I, Maresca L. The Silent Menace: Landmines in Bosnia and Herzegovina. Geneva: ICRC and UNHCR; 1997.

臨床研究

Adams DB, Schwab CW. Twenty-one-year experience with land mine injuries. J Trauma 1988; **28 (Suppl. 1)**: S159 – S162.

Arnson Y, Bar-Dayan Y. Reducing landmine mortality rates in Iran using public medical education and rural rescue teams. What can be learned from landmine casualties, and how can the situation be improved? Prehosp Disast Med 2009; **24**: 130 – 132.

Coupland RM. Amputation for antipersonnel mine injuries of the leg: preservation of the tibial stump using a medial gastrocnemius myoplasty. Ann R Coll Surg Engl 1989; **71**: 405 – 408.

Coupland RM. Transfusion for war wounded: letter. Br J Anaes 1993; **71**: 172.

De Wind CM. Antipersonnel mine injuries in Somaliland: the pattern of injury. Trop Doct 1995; **25 (Suppl. 1)**: S52 – S53.

Eshaya-Chauvin B, Coupland R.M Transfusion for war wounded patients: the experience of the International Committee of the Red Cross. Br J Anaes 1992; **68**: 221 – 223.

Fasol R, Irvine S, Zilla P. Vascular injuries caused by anti-personnel mines. J Cardiovasc Surg (Torino) 1989; **30**: 467 – 472.

Grau LW, Jorgensen WA, Love RR. Guerrilla warfare and land mine casualties remain inseparable. U.S. Army Medical Dept Journal 1998; **October-December**.
Available at: http://fmso.leavenworth.army.mil/documents/guerwf.htm.

Hayda R, Harris RM, Bass CD. Blast injury research: modelling injury effects of landmines, bullets, and bombs. Clin Orthop Relat Res 2004; **422**: 97 – 108.

Husum H, Gilbert M,Wisborg T, Heng YV, Murad M. Land mine injuries: a study of 708 victims in north Iraq and Cambodia. Mil Med 2003; **168**: 934 – 939.

Khan MT, Husain FN, Ahmed A. Hindfoot injuries due to landmine blast accidents. Injury 2002; **33**: 167 – 171.

Korver AJH. Amputees in a hospital of the International Committee of the Red Cross. Injury 1993; **24**: 607 – 609.

Korver AJH. Injuries of the lower limb caused by antipersonnel mines; experience of the International Committee of the Red Cross. Injury 1996; **27**: 477 – 479.

Morris D, Sugrue W, McKenzie E. At War: on the border of Afghanistan with the International Committee of the Red Cross. N Z Med J 1985; **98**: 750 – 752.

Muller A, Sherman R, Weiss J, Addison R, Carr D, Harden RN. Neurophysiology of pain from landmine injury. Pain Med 2006; **7 (Suppl.)**: S204 – S208.

Strada G: The horror of land mines. Sci Am 1996; **May**: 40 – 46.

Wiffen P, Maynadier J, Dubois M, Thurel C, deSmet J, Harden RN. Diagnostic and treatment issues in postamputation pain after landmine injury. Pain Med 2006; **7 (Suppl. 2)**: S209 – S212.

主なウェブサイト

E-mine: The electronic Mine Information Network (United Nations)

http://www.mineaction.org

Geneva International Center for Humanitarian Demining

http://www.gichd.org

International Campaign to Ban Landmines / Landmine Monitor

http://www.icbl.org / http://www.lm.icbl.org

International Committee of the Red Cross

http://www.icrc.org/eng/mines

Part B

導入

一般参考文献

Brown KV, Murray CK, Clasper JC. Infectious complications of combat-related mangled extremity injuries in the British military. J Trauma 2010; **69 (Suppl.)**: S109 – S115.

Clasper JC, Brown KV, Hill P. Limb complications following pre-hospital tourniquet use. J R Army Med Corps 2009; **155**: 200 – 202.

Coupland RM. Hand grenade injuries among civilians. JAMA 1993; **270**: 624 –626.

Coupland RM. War Wounds of Limbs: Surgical Management. Oxford: Butterworth- Heinemann; 1993.

Covey DC. Blast and fragment injuries of the musculoskeletal system. J Bone Joint Surg Am 2002; **84**: 1221 – 1234.

Dougherty AL, Mohrle CR, Galarneau MR, Woodruff SI, Dye JL, Quinn KH. Battlefield extremity injuries in Operation Iraqi Freedom. Injury 2009; **40**: 772 – 777.

Eardley WGP, Brown KV, Bonner TJ, Green AD, Clasper JC. Infection in conflict wounded. Phil Trans R Soc B 2011; **366**: 204 – 218. [doi: 10.1098/rstb.2010.0225]

Fackler ML. Wound ballistics and soft-tissue wound treatment. Tech Orthop 1995; **10**: 163 – 170.

Guthrie HC, Clasper JC, Kay AR, Parker PJ, on behalf of the Limb Trauma and Wounds Working Groups, ADMST. Initial extremity war wound debridement: a multidisciplinary consensus. J R Army Med Corps 2011; **157**: 170 – 175.

Hill PF, Edwards DP, Bowyer GW. Small fragment wounds: biophysics, pathophysiology and principles of management. J R Army Med Corps 2001; **147**: 41 – 51.

Jackson DS. Soldiers injured during the Falklands campaign 1982: sepsis in soft tissue limb wounds. J R Army Med Corps 2007; **153 (Suppl.)**: S55 – S56.

Klenerman L. The Tourniquet Manual – Principles and Practice. London: Springer-Verlag Ltd; 2003.

Lerner A, Soudry M, eds. Armed Conflict Injuries to the Extremities: A Treatment Manual. Berlin; Springer-Verlag; 2011.

Mabry RL, Holcomb JB, Baker AM, Cloonan CC, Uhorchak JM, Perkins DE, Canfield AJ, Hagmann JH. United States Army Rangers in Somalia: an analysis of combat casualties on an urban battlefield. J Trauma 2000; **49**: 515 – 529.

Madenwald MB, Fisher RC. Experiences with war wounds in Afghanistan and Mozambique. Tech Orthop 1995; **10**: 231 – 237.

Murray CK, Wilkins K, Molter NC, Yun HC, Dubick MA, Spott MA, Jenkins D, Eastridge B, Holcomb JB, Blackbourne LH, Hospenthal DR. Infections in combat casualties during Operations Iraqi and Enduring Freedom. J Trauma 2009; **66 (Suppl.)**: S138 – S144.

Shen-Gunther J, Ellison R, Kuhens C, Roach CJ, Jarrard S. Operation Enduring Freedom: trends in combat casualty care by forward surgical teams deployed to Afghanistan. Mil Med 2011; **176**: 67 – 78.

患肢の救済

Akula M, Gella S, Shaw CJ, McShane P, Mohsen AM. A meta-analysis of amputation versus limb salvage in mangled lower limb injuriess – the patient perspective. Injury 2011; **42**: 1194 – 1197.

Brown KV, Ramasamy A, McLeod J, Stapley S, Clasper JC. Predicting the need for early amputation in ballistic mangled extremity injuries. J Trauma 2009; **66 (Suppl.)**: S93 – S98.

Brown KV, Henman P, Stapley S, Clasper JC. Limb salvage of severely injured extremities after military wounds. J R Army Med Corps 2011; **157 (Suppl. 3)**: S315 – S323.

Doucet JJ, Galarneau MR, Potenza BM, Bansal V, Lee JG, Schwartz AK, Dougherty AL, Dye J, Hollingsworth-Fridlund P, Fortlage D, Coimbra R. Combat versus civilian open tibia fractures: the effect of blast mechanism on limb salvage. J Trauma 2011; **70**: 1241 – 1247.

Langworthy MJ, Smith JM, Gould M. Treatment of the mangled lower extremity after a terrorist blast injury. Clin Orthop 2004; **422**: 88 – 96.

Rajasekaran S. Ganga Hospital open injury severity score: a score to prognosticate limb salvage and outcome measures in type IIIb open tibial fractures. Indian J Orthop 2005; **39**: 4 – 13. Available at: http://www.ijoonline.com/text.asp?2005/39/1/4/36888.

Rush RM Jr, Kjorstad R, Starnes BW, Arrington E, Devine JD, Andersen CA. Application of the Mangled Extremity Score in a combat setting. Mil Med 2007; **172**: 777 – 781.

整形外科のダメージコントロール

Andersen RC, Ursua VA, Valosen JM, Shawen SB, Davila JN, Baechler MF, Keeling JJ. Damage control orthopaedics: an in-theatre perspective. J Surg Orthop Adv 2010; **19**: 13 – 17.

創洗浄とドレッシング

Anglen JO, Gainor BJ, Simpson WA, Christensen G. The use of detergent irrigation for musculoskeletal wounds. Int Orthop 2003; **27**: 40 – 46.

Anglen JO. Comparison of soap and antibiotic solutions for irrigation of lower limb fracture wounds: prospective, randomized study. J Bone Joint Surg Am 2005; **87**: 1415 – 1422.

Brown PW. Simplified wound lavage. Tech Orthop 1995; **10**: 154.

Chirife J, Scarmato G, Herszage L. Scientific basis for the use of granulated sugar in the treatment of infected wounds. Lancet 1982; **319 (8271)**: 560 – 561.

Cooper RA, Molan PC, Harding KG. Antibacterial activity of honey against strains of Staphylococcus aureus from infected wounds. J R Soc Med 1999; **92**: 283 – 285.

Cyr SJ, Hensley D, Benedetti GE. Treatment of field water with sodium hypochlorite for surgical irrigation. J Trauma 2004; **57**: 231 – 235.

FLOW Investigators. Fluid Lavage of Open Wounds (FLOW): a multicenter, blinded, factorial pilot trial comparing alternative irrigating solutions and pressures in patients with open fractures. J Trauma 2011; **71**: 596 – 606.

Lee DS; Sinno S, Khachemoune A. Honey and wound healing: an overview. Am J Clin Dermatol 2011; **12**: 181 – 190.

Mphande ANG, Killowe C, Phalira S, Wynn Jones H, Harrison WJ. Effects of honey and sugar dressings on wound healing. J Wound Care 2007; **16**: 317 – 319.

Nagoba B, Wadher B, Kulkarni P, Kolhe S. Acetic acid treatment of pseudomonal wound infections. Eur J Gen Med 2008; **5**: 104 – 106.

Salati SA, Rather A. Management of pseudomonal wound infection. Internet J Surg 2009; 20(1). Available at: http://www.ispub.com/journal/the_internet_journal_of_surgery/volume_20_number_1_article/management-of-pseudomonal-wound-infection.html.

Seal DV, Middleton K. Healing of cavity wounds with sugar. Lancet 1991; **338 (8766)**: 571 – 572.

Song JJ, Salcido R. Use of honey in wound care: an update. Adv Skin Wound Care 2011; **24**: 40 – 44.

局所陰圧真空ドレッシング

Andreassen GS, Madsen JE. A simple and cheap method for vacuum-assisted wound closure. Acta Orthop 2006; **77**: 820 – 824.

Bui TD, Huerta S, Gordon IL. Negative pressure wound therapy with off-the-shelf components. Am J Surg 2006; **192**: 235 – 237.

Fagerdahl A-M, Boström L, Ulfvarson J, Ottosson C. Risk factors for unsuccessful treatment and complications with negative pressure wound therapy. Wounds 2012; **24**: 168 – 177.

Fries CA, Jeffery SLA, Kay AR. Topical negative pressure and military wounds – a review of the evidence. Injury 2011; **42**: 436 – 440.

Leininger BE, Rasmussen TE, Smith DL, Jenkins DH, Coppola C. Experience with wound VAC and delayed primary closure of contaminated soft tissue injuries in Iraq. J Trauma 2006; **61**: 1207 – 1211.

Rispoli DM, Horne BR, Kryzak TJ, Richardson MW. Description of a technique for vacuum-assisted deep drains in the management of cavitary defects and deep infections in devastating military and civilian trauma. J Trauma 2010; **68**: 1247 – 1252.

Runkel N, Krug E, Berg L, Lee C, Hudson D, Birke-Sorensen H, Depoorter M, Dunn R, Jeffery S, Duteille F, Bruhin A, Caravaggi C, Chariker M, Dowsett C, Ferreira F, Francos Martínez JM, Grudzien G, Ichioka S, Ingemansson R, Malmsjo M, Rome P, Vig S, Martin R, Smith J. (International Expert Panel on Negative Pressure Wound Therapy [NPWT-EP]). Evidence-based recommendations for the use of Negative Pressure Wound Therapy in traumatic wounds and reconstructive surgery: steps towards an international consensus. Injury 2011; **42 (Suppl.)**: S1 – S12

クラッシュ症候群

Bartels SA, VanRooyen MJ. Medical complications associated with earthquakes. Lancet 2012; **379**: 748 – 757.

Bowley DMG, Buchan C, Khulu L; Boffard KD. Acute renal failure after punishment beatings. J R Soc Med 2002; **95**: 300 – 301.

Hiss J, Kahana T, Kugel C. Beaten to death: why do they die? J Trauma 1996; **40**: 27 – 30.

Knottenbelt JD. Traumatic rhabdomyolysis from severe beating – experience of volume diuresis in 200 patients. J Trauma 1994; **37**: 214 – 219.

Malik GH, Reshi AR, Najar MS. Further observations on acute renal failure following physical torture. Nephrol Dial Transplant 1995; **10**: 198 – 202.

Reis ND, Michaelson M. Crush injury to the lower limbs. J Bone Joint Surg Am 1986; **68**: 414 – 418.

Smith WA, Hardcastle TC. A crushing experience: The spectrum and outcome of soft tissue injury and myonephropathic syndrome at an urban South African university hospital. African J Emerg Med 2011; **1**: 17 – 24.

Vanholder R, Sever MS, Erek E, Lameire N. Rhabdomyolysis. J Am Soc Nephrol 2000; **11**: 1553 – 1561.

コンパートメント症候群と筋膜切開

Chiverton N, Redden JF. A new technique for delayed primary closure of fasciotomy wounds. Injury 2000; **31**: 21 – 24.

Clasper JC, Standley D, Heppell S, Jeffrey S, Parker PJ. Limb compartment syndrome and fasciotomy. J R Army Med Corps 2009; **155**: 298 – 301.

Harrah J, Gates R, Carl J, Harrah JD. A simpler, less expensive technique for delayed primary closure of fasciotomies. Am J Surg 2000; **180**: 55 – 57.

Mbubaegbu CE, Stallard MC. A method of fasciotomy wound closure. Injury 1996; **27**: 613 – 615.

Middleton S, Clasper J. Compartment syndrome of the foot – implications for military surgeons. J R Army Med Corps 2010; **156**: 241 – 244.

Ojike NI, Roberts CS, Giannoudis PV. Compartment syndrome of the thigh: a systemic review. Injury 2010; **41**: 133 – 136.

Ritenour AE, Dorlac WC, Fang R, Woods T, Jenkins DH, Flaherty SF, Wade CE, Holcomb JB. Complications after fasciotomy revision and delayed compartment release in combat patients. J Trauma 2008; **64 (Suppl.)**: S153 – S162.

第 22 章

一般参考文献

Brown PW. War wounds and the orthopaedic surgeon. Tech Orthop 1995; **10**: 301 – 305.

Coupland RN, Howell PR. An experience of war surgery and wounds presenting after 3 days on the border of Afghanistan. Injury 1988; **19**: 259 – 262.

Murphy RA, Ronat J-B, Fakhri RM, Herard P, Blackwell N, Abgrall S, Anderson DJ. Multidrug resistant chronic osteomyelitis complicating war injury in Iraqi civilians. J Trauma 2011; **71**: 252 – 254.

Orr HW. The treatment of infected wounds without sutures, drainage tubes or antiseptic dressings. J Bone Joint Surg Am 1928: **10**: 605 – 611.

Richardson J, Hill AM, Johnston CJC, McGregor A, Norrish AR, Eastwood D, Lavy CBD. Fracture healing in HIV-positive populations. J Bone Joint Surg Br 2008; **90**: 988 – 994.

Rosell PAE, Clasper JC. Ballistic fractures – the limited value of existing classifications. Injury 2005; **36**: 369 – 372.

Rotman MB, Hoffer MM. Gunshot wounds: the lessons learned from recent wars / Sri Lanka experience. Tech Orthop 1995; **10**: 238 – 244.

Shanewise RP. Treatment of gunshot wounds in Ethiopia 1986 – 92. Tech Orthop 1995; **10**: 222 – 224.

Sundin JA. War surgery in Kigali, Rwanda: the role of the International Committee of the Red Cross. Tech Orthop 1995; **10**: 250 – 258.

Trueta J. Treatment of War Wounds and Fractures with Special Reference to the Closed Method as Used in the War in Spain. New York: Paul B. Hoeber Inc.; 1940. London: Hamish Hamilton Medical Books; 1942/39.

Uhorchak JM, Arciero RA. Recent wounds of war: lessons learned and relearned. Tech Orthop 1995; **10**: 176 – 188.

弾道学

Clasper JC, Hill PF, Watkins PE. Contamination of ballistic fractures: an in vitro model. Injury 2002; **33**: 157 – 160.

Dougherty PJ, Sherman D, Dau N, Bir C. Ballistic fractures: indirect fracture to bone. J Trauma 2011; **71**: 1381 – 1384.

石膏ギプス(POP)

Anderson LD, Hutchins WC, Wright PE, Disney JM. Fractures of the tibia and fibula treated by casts and transfixing pins. Clin Orthop Relat Res 1974; **105**: 179 – 191.

Brown PW. The early weight-bearing treatment of tibial shaft fractures. Clin Orthop Relat Res 1974; **105**: 167 – 178.

Dehne E; Metz CW; Deffer PA, Hall RM. Nonoperative treatment of the fractured tibia by immediate weight bearing. J Trauma 1961; **1**: 514 – 535.

Dehne E. Ambulatory treatment of the fractured tibia. Clin Orthop Relat Res 1974; **105**: 192 – 201.

Sarmiento A. A functional below-the-knee brace for tibial fractures: a report on its use in one hundred and thirty-five cases. J Bone Joint Surg Am 1970; **52**: 295 – 311.

Reprinted in J Bone Joint Surg Am 2007; **89 (Suppl. 2, Part 2)**: 157 – 169.

Sarmiento A, Kinman PB, Galvin EG, Schmitt RH, Phillips JG. Functional bracing of fractures of the shaft of the humerus. J Bone Joint Surg Am 1977; **59**: 596 – 601.

牽引

Althausen PL, Hak DJ. Lower extremity traction pins: indications, technique, and complications. Am J Orthop 2002; **31**: 43 – 47.

Boyd MC, Mountain AJC, Clasper JC. Improvised skeletal traction in the management of ballistic femoral fractures. J R Army Med Corps 2009; **155**: 194 – 196.

Clasper JC, Rowley DI. Outcome, following significant delays in initial surgery, of ballistic femoral fractures managed without internal or external fixation. J Bone Joint Surg Br 2009; **91**: 97 – 101.

Rungee JL. Skeletal traction in the military field hospital. Tech Orthop 1995; **10**: 189 – 194.

創外固定

Camuso MR. Far-forward fracture stabilization: external fixation versus splinting. J Am Acad Orthop Surg 2006; **14 (Suppl.)**: S118 – S123.

Clasper JC, Phillips SL. Early failure of external fixation in the management of war injuries. J R Army Med Corps 2005; **151**: 81 – 86.

Coupland RM. War wounds of bones and external fixation. Injury 1994; **25**: 211 – 217.

Dubravko H, Žarko R, Tomislav T, Dragutin K, Vjenceslav N. External fixation in war trauma management of the extremities – experience from the war in Croatia. J Trauma 1994; **37**: 831 – 834.

Khan OH, Shaw DL. Over-the-counter pin site care: a novel approach. Injury 2009; **40**: 459 – 460.

Labeeu F, Pasuch M, Toussaint P, Van Erps S. External fixation in war traumatology: report form the Rwandese War (October 1, 1990 to August 1, 1993). J Trauma 1996; **40 (Suppl.)**: S223 – S227.

McHenry T, Simmons S, Alitz C, Holcomb J. Forward surgical stabilization of penetrating lower extremity fractures: circular casting versus external fixation. Mil Med 2001; **166**: 791 – 795.

Possley DR, Burns TC, Stinner DJ, Murray CK, Wenke JC, Hsu JR, the Skeletal Trauma Research Consortium. Temporary external fixation is safe in a combat environment. J Trauma 2010; **69 (Suppl.)**: S135 – S139.

Rautio J, Paavolainen P. Delayed treatment of complicated fractures in war wounded. Injury 1987; **18**: 238 – 240.

Rowley DI. The management of war wounds involving bone. J Bone Joint Surg Br 1996; **78**: 706 – 709.

内固定

Beech Z, Parker P. Internal fixation on deployment: never, ever, clever? J R Army Med Corps 2012. **158**; 4 – 5.

Bušić Ž, Lovrć Z, Amć E, Bušić V, Lovrc L, Markovc I. War injuries of the extremities: twelve-year follow-up data. Mil Med 2006; **171**: 55 – 57.

Clasper JC, Stapley SA, Bowley DMG, Kenward CE, Taylor V, Watkins PE. Spread of infection, in an animal model, after intramedullary nailing of an infected external fixator pin track. J Orthop Res 2001; **19**: 155 – 159.

Dougherty PJ, Silverton C, Yeni Y, Tashman S, Weir R. Conversion from temporary external fixation to definitive fixation: shaft fractures. J Am Acad Orthop Surg 2006; **14 (Suppl.)**: S124 – S127.

Furlong R, Clark MP. Missile wounds involving bone. Br J Surg 1948; **War Supplement No. II**: 291 – 310.

Hill PF, Clasper JC, Parker SJ, Watkins PE. Early intramedullary nailing in an animal model of a heavily contaminated fracture of the tibia. J Orthop Res 2002; **20**: 648 – 653.

Keeney JA, Ingari JV, Mentzer KD, Powell ET IV. Closed intramedullary nailing of femoral shaft fractures in an echelon III facility. Mil Med 2009; **174**: 124 – 128.

Rich NM, Metz CW, Hutton JE, Baugh JH, Hughes CW. Internal versus external fixation of fractures with concomitant vascular injuries in Vietnam. J Trauma 1971; **11**: 463 – 473.

手と足

Bluman EM, Ficke JR, Covey DC. War wounds of the foot and ankle: causes, characteristics, and initial management. Foot Ankle Clin 2010; **15**: 1 – 21.

Brown PW. War wounds of the hand revisited. J Hand Surg Am 1995; **20 (Part 2)**: S61 – S67.

Burkhalter WE. Care of war injuries of the hand and upper extremity. Report of the War Injury Committee. J Hand Surg Am 1983; **8**: 810 – 813.

Nikolić D, Jovanović Z, Vulović R, Mladenović M. Primary surgical treatment of war injuries of the foot. Injury 2000; **31**: 193 – 197.

骨再建

Coupland RM. A management algorithm for chronically exposed war wounds of bone. Injury 1990; **21**: 101 – 103.

Goulet JA, Senunas LE, DeSilva GL, Freenfield M-L VH. Autogenous iliac crest bone graft. complications and functional assessment. Clin Orthop Relat Res 1997; **339**: 76–81.

Panagiotis M. Classification of non-union. Injury 2005; **36 (Suppl. 4)**: S30 – S37.

Sen MK, Miclau T. Autologous iliac crest bone graft: should it still be the gold standard for treating nonunions? Injury 2007; **38 (Suppl. 1)**: S75 – S80.

第 23 章

Amputation Surgery Education Center. General Principles of Amputation Surgery.
Available at http://www.ampsurg.org/html/fundopen.html.

Coupland MR. Amputation for antipersonnel mine injuries of the leg-preservation of the tibial stump using a medial gastrocnemius myoplasty. Ann R Coll Surg Engl 1989; **17**: 405.

Doucet JJ, Galarneau MR, Potenza BM, Bansal V, Lee JG, Schwartz AK, Dougherty AL, Dye J, Hollingsworth-Fridlund P, Fortlage D, Coimbra R. Combat versus civilian open tibia fractures: the effect of blast mechanism on limb salvage. J Trauma 2011; **70**: 1241 – 1247.

Irmay F, Merzouga B, Vettorel D. The Krukenberg procedure: a surgical option for the treatment of double hand amputees in Sierra Leone. Lancet 2000; **356**: 1072 – 1075.

Knowlton LM, Gosney JE Jr, Chackungal S, Altschuler E, Black L, Burkle FM Jr, Casey K, Crandell D, Demey D, Di Giacomo L, Dohlman L, Goldstein J, Gosselin R, Ikeda K, Le Roy A, Linden A, Mullaly CM, Nickerson J, O'Connell C, Redmond AD, Richards A, Rufsvold R, Santos ALR, Skelton T, McQueen K. Consensus statements regarding the multidisciplinary care of limb amputation patients in disasters or humanitarian emergencies: report of the 2011 Humanitarian Action Summit Surgical Working Group on Amputations Following Disasters or Conflict. Prehosp Disast Med 2011; **26**: 438 – 448. [doi:10.1017/S1049023X12000076]

Rush RM Jr, Kjorstad R, Starnes BW, Arrington E, Devine JD, Andersen CA. Application of the Mangled Extremity Severity Score in a combat setting. Mil Med 2007; **172**: 777 – 781.

Simmons JD, Schmieg RE, Porter JM, D'Souza SE, Duchesne JC, Mitchell ME. Brachial artery injuries in a rural catchment trauma center: are the upper and lower extremity the same? J Trauma 2008; **65**: 327 – 330.

Simper LB. Below knee amputation in war surgery: a review of 111 amputations with delayed primary closure. J Trauma 1993; **34**: 96 – 98.

Smith DG, Michael JW, Bowker JH. Atlas of Amputations and Limb Deficiencies. Rosemont, IL: American Academy of Orthopaedic Surgeons; 2004.

Stansbury LG, Lalliss SJ, Branstetter JG, Bagg MR, Holcomb JB. Amputations in U.S. military personnel in the current conflicts in Afghanistan and Iraq. J Orthop Trauma 2008; **22**: 43 – 46.

Stinner DJ, Burns TC, Kirk KL, Scoville CR, Ficke JR, Hsu JR, Late Amputation Study Team (LAST). Prevalence of late amputations during the current conflicts in Afghanistan and Iraq. Mil Med 2010; **175**: 1027 – 1029.

Tintle SM, Keeling JJ, Shawen SB, Forsberg JA, Potter BK. Traumatic and trauma-related amputations. Part I: General principles and lower-extremity amputations. J Bone Joint Surg Am 2010; **92**: 2852 – 2868.

第 24 章

Amato JJ, Rich NM, Billy LJ, Gruber RP, Lawson NS. High-velocity arterial injury: a study of the mechanism of injury. J Trauma 1971; **11**: 412 – 416.

Brown KV, Ramasamy A, Tai N, McLeod J, Midwinter M, Clasper JC. Complications of extremity vascular injuries in conflict. J Trauma 2009; **66 (Suppl.)**: S145 – S149.

Dajani OM, Haddad FF, Hajj HA, Sfeir RE, Khoury GS. Injury to the femoral vessels – the Lebanese War experience. Eur J Vasc Surg 1988; **2**: 293 – 296.

Dar AM, Ahanger AG, Wani RA, Bhat MA, Lone GN, Shah SH. Popliteal artery injuries: the Kashmir experience. J Trauma 2003; **55**: 362 – 365.

de Silva WDD, Ubayasiri RA, Weerasinghe CW, Wijeyaratne SM. Challenges in the management of extremity vascular injuries: a wartime experience from a tertiary centre in Sri Lanka. World J Emerg Surg 2011; **6**: 24. Available at: http://www.wjes.org/content/6/1/24.

Dragas M, Davidovic L, Kostic D, Markovic M, Pejkic S, Ille T, Ilic N, Koncar I. Upper extremity arterial injuries: factors influencing treatment outcome. Injury 2009; **40**: 815 – 819.

Fowler J, MacIntyre N, Rehman S, Gaughan JP, Leslie S. The importance of surgical sequence in the treatment of lower extremity injuries with concomitant vascular injury: a meta-analysis. Injury 2009; **40**: 72 – 76.

Hafez HM, Woolgar J, Robbs JV. Lower extremity arterial injury: results of 550 cases and review of risk factors associated with limb loss. J Vasc Surg 2001; **33**: 1212 – 1219.

Hughes CW. Arterial repair during the Korean War. Ann Surg 1958; **147**: 555 – 561.

Leppäniemi AK, Rich NM. Treatment of vascular injuries in war wounds of the extremities. Tech Orthop 1995; **10**: 265 – 271.

Levin PM, Rich NM, Hutton JE Jr. Collateral circulation in arterial injuries. Arch Surg 1971; **102**: 392 – 399.

Lovrić Z, Wertheimer B, Candrlić K, Kuvezdić H, Lovrić I, Medarić D, Janosi K. War injuries of major extremity vessels. J Trauma 1994; **36**: 248 – 251.

Miller KR, Benns MV, Sciarretta JD, Harbrecht BG, Ross CB, Franklin GA, Smith JW. The evolving management of venous bullet emboli: a case series and literature review. Injury 2011; **42**: 441 – 446.

Nanobashvili J, Kopadze T, Tvaladze M, Buachidze T, Nazvlishvili G. War injuries of major extremity arteries. World J Surg 2003; **27**:134 – 139.

Peck MA, Clouse WD, Cox MW, Bowser AN, Eliason JL, Jenkins DH, Smith DL, Rasmussen TE. The complete management of extremity vascular injury in a local population: a wartime report from the 332nd Expeditionary Medical Group/Air Force Theater Hospital, Balad Air Base, Iraq. J Vasc Surg 2007; **45**: 1197 – 1205.

Quan RW, Gillespie DL, Stuart RP, Chang AS, Whittaker DR, Fox CJ. The effect of vein repair on the risk of venous thromboembolic events : a review of more than 100 traumatic military venous injuries. J Vasc Surg 2008; **47**: 571 – 577.

Rich NM, Baugh JH, Hughes CW. Acute arterial injuries in Vietnam: 1,000 cases. J Trauma 1970; **10**: 359 – 369.

Rich NM, Collins GJ Jr, Andersen CA, McDonald PT, Kozloff L, Ricotta JJ. Missile emboli. J Trauma 1978; **18**: 236 – 239.

Rich NM, Leppäniemi A. Vascular trauma: a 40-year experience with extremity vascular emphasis. Scand J Surg 2002; **91**: 109 – 126.

Roostar L. Treatment plan used for vascular injuries in the Afghanistan war. Cardiovasc Surg 1995; **1**: 42 –45.

Roostar L. Gunshot Vascular Injuries. Tartu, Estonia: OÜ Tartumaa; 1999.

Schramek A, Hashmonai M. Vascular injuries in the extremities in battle casualties. Br J Surg 1977; **64**: 644 – 648.

Shackford SR, Rich NM. Peripheral Vascular Injury. In: Mattox KL, Feliciano DV, Moore EE, eds. Trauma, 4th ed. New York: McGraw Hill; 2000: 1011 – 1044.

Stannard A, Brown K, Benson C, Clasper J, Midwinter M, Tai NR. Outcome after vascular trauma in a deployed military trauma system. Br J Surg 2011; **98**: 228 – 234.

Starnes BW, Beekley AC, Sebesta JA, Andersen CA, Rush RM Jr. Extremity vascular injuries on the battlefield: tips for surgeons deploying to war. J Trauma 2006; **60**: 432 – 442.

Yilmaz AT, Arslan M, Demirkiliç U, Özal E, Kuralay E, Tatar H, Öztürk ÖY. Missed arterial injuries in military patients. Am J Surg 1997; **173**: 110 – 114.

一時的血管シャント

Borut J, Acosta JA, Tadlock M, Dye JL, Galarneau M, Elshire D. The use of temporary vascular shunts in military extremity wounds: a preliminary outcome analysis with 2-year follow-up. J Trauma 2010; **69**: 174 – 178.

Chambers LW, Green DJ, Sample K, Gillingham BL, Rhee P, Brown C, Narine N, Uecker JM, Bohman JR. Tactical surgical intervention with temporary shunting of peripheral vascular trauma sustained during Operation Iraqi Freedom: one unit's experience. J Trauma 2006; **61**: 824 – 830.

Ding W, Wu X, Li J. Temporary intravascular shunts used as a damage control surgery adjunct in complex vascular injury: collective review. Injury 2008; **39**: 970 – 977.

Gifford SM, Aidinian G, Clouse WD, Fox CJ, Porras CA, Jones WT, Zarzabal L-A, Michalek JE, Propper BW, Burkhardt GE, Rasmussen TE. Effect of temporary shunting on extremity vascular injury: an outcome analysis from the Global War on Terror vascular injury initiative. J Vasc Surg 2009; **50**: 549 – 556.

Granchi T, Schmittling Z, Vasquez J Jr, Schreiber M, Wall M. Prolonged use of intraluminal arterial shunts without systemic anticoagulation. Am J Surg 2000; **180**: 493 – 497.

Rasmussen TE, Clouse WD, Jenkins DH, Peck MA, Eliason JL, Smith DL. The use of temporary vascular shunts as a damage control adjunct in the management of wartime vascular injury. J Trauma 2006; **61**: 8 – 15.

Taller J, Kamdar JP, Green JA, Morgan RA, Blankenship CL, Dabrowski P, Sharpe RP. Temporary vascular shunts as initial treatment of proximal extremity vascular injuries during combat operations: the new standard of care at Echelon II facilities? J Trauma 2008; **65**: 595 – 603.

第 25 章

Friedman AH. An eclectic review of the history of peripheral nerve surgery. Neurosurgery 2009; **65 (Suppl. 4)**: A3 – A8.

Gousheh J. The treatment of war injuries of the brachial plexus. J Hand Surg Amer 1995; **20 (Suppl.)**: S68 – S76.

Hamdan TA. Missed injuries in casualties from the Iraqi-Iranian war: a study of 35 cases. Injury 1987; **18**: 15 – 17.

Jebara VA, Sadde B. Causalgia: A war time experience – report of twenty treated cases. J Trauma 1987; **27**: 519 – 524.

Roganovic Z, Mandic-Gajic G. Pain syndromes after missile-caused peripheral nerve lesions: Part 1 – Clinical Characteristics. Neurosurgery 2006; **59**: 1226 – 1237.

Roganovic Z, Mandic-Gajic G. Pain syndromes after missile-caused peripheral nerve lesions: Part 2 – Treatment. Neurosurgery 2006; **59**: 1238 – 1251.

Samardzic MM, Rasulic LG, Grujicic DM. Gunshot injuries to the brachial plexus. J Trauma 1997; **43**: 645 – 649.

Stanec S, Tonković I, Stanec Z, Tonković D, Džepina I. Treatment of upper limb nerve war injuries associated with vascular trauma. Injury 1997; **28**: 463 – 468.

Vrebalov-Cindro V, Reic P, Ognjenovic M, Jankovic S, Andelinovic S, Karelovic D, Kapural L, Rakic M, Primorac D. Peripheral nerve war injuries. Mil Med 1999; **164**: 351 – 352.

Part C

導入

Breeze J, Gibbons AJ, Shieff C, Banfield G, Bryant DG, Midwinter MJ. Combat-related craniofacial and cervical injuries: a 5-year review from the British military. J Trauma 2011; **71**: 108 – 113.

Petersen K, Hayes DK, Blice JP, Hale RG. Prevention and management of infections associated with combat-related head and neck injuries. J Trauma 2008; **64 (Suppl.)**: S265 – S276.

第 26 章

限られた資源での活動

Coupland RM, Pesonen PE. Craniocerebral war wounds: non-specialist management. Injury 1992; **23**: 21 – 24.

Coutts A. Chewing gum for extradural haemorrhage. BMJ 1998; **317**: 1687.

Dumurgier C, Teisserenc J-Y, Jancovici R. Note sur les plaies crânio-cérébrales par projectiles de guerre au cours du conflit tchadien. [Note on cranio-cerebral wounds due to projectiles during the conflict in Chad.] Bordeaux Médical 1983; **16**: 841 – 844.

Newcombe R, Merry G. The management of acute neurotrauma in rural and remote locations: a set of guidelines for the care of head and spinal injuries. J Clin Neurosci 1996; **6**: 85 – 93.

Rosenfeld JV, Watters DAK. Neurosurgery in the Tropics: A Practical Approach to Common Problems. London: MacMillan; 2001.

Schecter WP, Peper E, Tuatoo V. Can general surgery improve the outcome of the headinjury victim in rural America? A review of the experience in American Samoa. Arch Surg. 1985; **120**: 1163 – 1166.

Simpson DA, Heyworth JS, McLean AJ, Gilligan JE, North JB. Extradural haemorrhage: strategies for management in remote places. Injury 1988; **19**: 307 – 312.

Treacy PJ, Reilly P, Brophy B. Emergency neurosurgery by general surgeons at a remote major hospital. ANZ J Surg 2005; **75**: 852 – 857.

一般参考文献

Aarabi B. Surgical outcome in 435 patients who sustained missile head wounds during the Iran-Iraq war. Neurosurgery 1990; **27**: 692 – 695.

Abdul-Wahid T. Analysis of 500 penetrating high velocity missile wounds of the brain. Médicine Militaire 1985; **4**: 85 – 88.

Ameen AA. The management of acute craniocerebral injuries caused by missiles: analysis of 110 consecutive penetrating wounds of the brain from Basrah. Injury 1984; **16**: 88 – 90.

Amirjamshidi A, Abbassioun K, Rahmat H. Minimal debridement or simple wound closure. Surg Neurol 2003; **60**: 105 – 111.

Bell RS, Vo AH, Neal CJ, Tigno J, Roberts R, Mossop C, Dunne JR, Armonda RA. Military traumatic brain and spinal column injury: a 5-year study of the impact blast and other military grade weaponry on the central nervous system. J Trauma 2009; **66 (Suppl.)**: S104 – S111.

Brain Trauma Foundation, American Association of Neurological Surgeons, Congress of Neurological Surgeons, Joint Section on Neurotrauma and Critical Care. Guidelines for the management of severe traumatic brain injury 3rd ed. J Neurotrauma 2007; **24 (Suppl.)**: S1 – S106.

Brandvold B, Levi L, Feinsod M, George ED. Penetrating craniocerebral injuries in the Israeli involvement in the Lebanese conflict, 1982 – 1985: analysis of a less aggressive approach. J Neurosurg 1990; **72**: 15 – 21.

Carey ME, Sarna GS, Farrell JB, Happel LT. Experimental missile wounds to the brain. J Neurosurg 1989; **71**: 754 – 764.

Carey ME. The treatment of wartime brain wounds: traditional versus minimal debridement. Surg Neurol 2003; **60**: 112 – 119.

Chaudhuri K, Malham GM, Rosenfeld JV. Survival of trauma patients with coma and bilateral fixed dilated pupils. Injury 2009; **40**: 28 – 32.

Copley IB. Cranial tangential gunshot wounds. Br J Neurosurg 1991; 5: 43 – 53. Dodge PR, Meirowsky AM. Tangential wounds of the scalp and skull. J Neurosurg 1952; **9**: 472 – 483.

DuBose JJ, Barmparas G, Inaba K, Stein DM, Scalea T, Cancio LC, Cole J, Eastridge B, Blackbourne L. Isolated severe traumatic brain injuries during combat operations: demographics, mortality outcomes, and lessons to be learned from contrasts to civilian counterparts. J Trauma 2011; **70**: 11 – 18.

Galarneau MR, Woodruff SI, Dye JL, Mohrle CR, Wade AL. Traumatic brain injury during Operation Iraqi Freedom: findings from the United States Navy–Marine Corps Combat Trauma Registry. J Neurosurg 2008; **108**: 950 – 957.

Haddad FS. Nature and management of penetrating head injuries during the civil war in Lebanon. Can J Surg 1978; **21**: 233 – 240.

Haddad FS. Penetrating missile head injuries: personal experiences during the Lebanese conflict. Neurosurg Quart 2002; **12**: 299 – 306.

Hanieh A. Brain injury from a spent bullet descending vertically. Report of five cases. J Neurosurg 1971; **34**: 222 – 224.

Knuth T, Letarte PB, Ling G, Moores LE, Rhee P, Tauber D, Trask A. Guidelines for Field Management of Combat-Related Head Trauma. New York, NY: Brain Trauma Foundation; 2005.

Liebenberg WA, Demetriades AK, Hankins M, Hardwidge C, Hartzenberg BH. Penetrating civilian craniocerebral gunshot wounds: a protocol of delayed surgery. Neurosurg 2005; **57**: 293 – 299.

Marcikic M, Melada A, Kovacevic R. Management of war penetrating craniocerebral injuries during the war in Croatia. Injury 1998; **29**: 613 – 618.

Rosenfeld JV. Gunshot injury to the head and spine. J Clin Neurosci 2002; **9**: 9 – 16.

Rosenfeld JV. Damage control neurosurgery. Injury 2004; **35**: 655 – 660.

Taha JM, Saba MI, Brown JA. Missile injuries to the brain treated by simple wound closure: results of a protocol during the Lebanese conflict. Neurosurgery 1991; **29**: 380 – 383.

感染

Aarabi B. Causes of infections in penetrating head wounds in the Iran – Iraq war. Neurosurgery 1989; **25**: 923 – 926.

Aarabi B, Taghipour M, Alibaii E, Kamgarpour A. Central nervous system infections after military missile head wounds. Neurosurgery 1998; **42**: 500 – 509.

Gönül E, Baysefer A, Kahraman S, Çiklatekerlioğlu Ö, Gezen F, Yayla O, Seber N. Causes of infections and management results in penetrating craniocerebral injuries. Neurosurg Rev 1997; **20**: 177 – 181.

Splavski B, Šišljagić V, Perić Lj., Vranković Dj, Ebling Z. Intracranial infection as a common complication following war missile skull base injury. Injury 2000; **31**: 233 – 237.

Taha JM, Haddad FS, Brown JA. Intracranial infection after missile injuries to the brain: report of 30 cases from the Lebanese conflict. Neurosurgery 1991; **29**: 864 – 868.

Wortmann GW, Valadka AB, Moores LE. Prevention and management of infections associated with combat-related central nervous system injuries. J Trauma 2008; **64 (Suppl.)**: S252 – S256.

髄液瘻

Management of cerebrospinal fluid leaks. Guidelines. J Trauma 2001; **51 (Suppl.)**: S29 – S33.

Meirowsky AM, Caveness WF, Dillon JD, Rish BL, Mohr JP, Kistler JP, Weiss GH. Cerebrospinal fluid fistulas complicating missile wounds of the brain. J Neurosurg 1981; **54**: 44 – 48.

癲癇

Aarabi B, Taghipour M, Gahdar AH, Farokhi M, Mobley L. Prognostic factors in the occurrence of posttraumatic epilepsy after penetrating head injury suffered during military service. Neurosurg Focus 2000; **8 (1)**: 1 – 6. Available at: http://thejns.org/doi/ pdf/10.3171/foc.2000.8.1.155.

Eftekhar B, Sahraian MA, Nouralishahi B, Khaji A, Vahabi Z, Ghodsi M, Araghizadeh H, Soroush MR, Karbalaei Esmaeili S, Masoumi M. Prognostic factors in the persistence of posttraumatic epilepsy after penetrating head injuries sustained in war. J Neurosurg 2009; **110**: 319 – 326.

Salazar AM, Jabbari B, Vance SC, Grafman J, Amin D, Dillon JD. Epilepsy after penetrating head injury. I. Clinical correlates: a report of the Vietnam Head Injury Study. Neurology 1985; **35**: 1406 – 1414.

第 27 章

Adeyemo WL, Iwegbu IO, Bello SA, Okoturo E, Olaitan AA, Ladeinde AL, Ogunlewe MO, Adepoju AA, Taiwo OA. Management of mandibular fractures in a developing country: a review of 314 cases from two urban centers in Nigeria. World J Surg 2008; **32**: 2631 – 2635.

Akhlaghi F, Aframian-Farnad F. Management of maxillofacial injuries in the Iran-Iraq war. J Oral Maxillofac Surg 1997; **55**: 927 – 930.

Breeze J, Monaghan AM, Williams MD, Clark RNW, Gibbons AJ. Five months of surgery in the Multinational Field Hospital in Afghanistan with an emphasis on oral and maxillofacial injuries. J R Army Med Corps 2010; **156**: 125 – 128.

Demetriades D, Chahwan S, Gomez H, Falabella A, Velmahos G, Yamashita D. Initial evaluation and management of gunshot wounds to the face. J Trauma 1998; **45**: 39 – 41.

Gibbons AJ, Patton DW. Ballistic injuries of the face and mouth in war and civil conflict. Dent Update 2003; **30**: 272 – 278.

Gibbons AJ, Mackenzie N. Lessons learned in oral and maxillofacial surgery from British military deployments in Afghanistan. J R Army Med Corps 2010; **156**: 110 – 113.

Ivanovic A, Nebosja J, Vukelic-Markovic S. Frontoethmoidal fractures as a result of war injuries. J Trauma 1996; **40 (Suppl.)**: S177 – S179.

Mabry RL, Edens JW, Pearse L, Kelly JF, Harke H. Fatal airway injuries during Operation Enduring Freedom and Operation Iraqi Freedom. Prehosp Emerg Care 2010; **14**: 272 – 277.

Motamedi MH. Primary treatment of penetrating injuries to the face. J Oral Maxillofac Surg 2007; **65**: 1215 – 1218.

Petersen K, Hayes DK, Blice JP, Hale RG. Prevention and management of infections associated with combat-related head and neck injuries. J Trauma 2008; **64 (Suppl.)**: S265 – S276.

Powers DB. Distribution of civilian and military maxillofacial surgical procedures performed in an air force theatre hospital: implications for training and readiness. J R Army Med Corps 2010; **156**: 117 – 121.

Puzović D, Konstantinović VS, Dimitrijević M. Evaluation of maxillofacial weapon injuries: 15-year experience in Belgrade. J Craniofac Surg 2004; **15**: 543 – 546.

Reed BE, Hale RG. Training Australian military health care personnel in the primary care of maxillofacial wounds from improvised explosive devices. J R Army Med Corps 2010; **156**: 117 – 121.

Rezende-Neto J, Marques AC, Guedes LJ, Teixeira LC. Damage control principles applied to penetrating neck and mandibular injury. J Trauma 2008; **64**: 1142 – 1143.

Rustemeyer J, Kranz V, Bremerich A. Injuries in combat from1982-2005 with particular reference to those to the head and neck: a review. Br J Oral Maxillofac Surg 2007; **45**: 556 – 560.

Shelton DW. Management of maxillofacial injuries in the Iran-Iraq war. Discussion. J Oral Maxillofac Surg 1997; **55**: 930 – 931.

Shuker ST, Sadda R. Craniomaxillofacial falling bullet injuries and management. J Oral Maxillofac Surg 2010; **68**: 1593 – 1601.

Shuker ST. Maxillofacial air-containing cavities, blast implosion injuries, and management. J Oral Maxillofac Surg 2010; **68**: 93 – 100.

Sollmannl W-P, Seifert V, Haubitz B, Dietz H. Combined orbito-frontal injuries. Neurosurg Rev 1989; **12**: 115 – 121.

Ueeck BA. Penetrating injuries to the face: delayed versus primary treatment – considerations for delayed treatment. J Oral Maxillofac Surg 2007; **65**: 1209 – 1214.

Zaytoun GM, Shikhani AH, Salman SD. Head and neck war injuries: 10-year experience at the American University of Beirut Medical Center. Laryngoscope 1986; **96**: 899 – 903.

第 28 章

Garth RJN. Blast injury of the ear: an overview and guide to management. Injury 1995; **26**: 363 – 366.

Kluger Y, Peleg K, Daniel-Aharonson L, Mayo A, Israeli Trauma Group. The special injury pattern in terrorist bombings. J Am Coll Surg 2004; **199**: 875 – 879.

Okpala N. Management of blast ear injuries in mass casualty environments. Mil Med 2011; **176**: 1306 – 1310.

Ritenour AE, Wickley A, Ritenour JS, Kriete BR, Blackbourne LH, Holcomb JB, Wade CE. Tympanic membrane perforation and hearing loss from blast overpressure in Operation Enduring Freedom and Operation Iraqi Freedom wounded. J Trauma 2008; **64 (Suppl.)**: S174 – S178.

第 29 章

Albert DM, Diaz-Rohena R. A historical review of sympathetic ophthalmia and its epidemiology. Surv Ophthalmol 1989: **34**: 1 – 14.

Ansell MJ, Breeze J, McAlister VC, Williams MD. Management of devastating ocular trauma – experience of maxillofacial surgeons deployed to a forward field hospital. J R Army Med Corps 2010; **156**: 106 – 109.

Ben Simon GJ, Moisseiev J, Rosen N, Alhalel A. Gunshot wound to the eye and orbit: a descriptive case series and literature review. J Trauma 2011; **71**: 771 – 778.

Biehl J, Biehl JW, Valdez J, et al. Penetrating eye injury in war. Mil Med 1999; **164**: 780 – 784.

Blanch RJ, Scott RAH. Military ocular injury: presentation, assessment and management. J R Army Med Corps 2009; **155**: 279 – 284.

Cho RI, Bakken HE, Reynolds ME, Schlifka BA, Powers DB. Concomitant cranial and ocular combat injuries during Operation Iraqi Freedom. J Trauma 2009; **67**: 516 – 520.

Gönül E, Erdoğan E, Taşar M, Yetişer S, Akay KM, Düz B, Bedük B, Timurkaynak E. Penetrating orbitocranial gunshot injuries. Surg Neurol 2005; **63**: 24 – 31.

Heinemann MH, Coleman DJ. Chapter 38: Eye. In: Ivatury RR, Cayten CG, eds. The Textbook of Penetrating Trauma. Media, PA: Williams & Wilkins; 1996: 471 – 477.

Janković S, Buca A, Busić Z, Zuljan I, Primorac D. Orbitocranial war injuries: report of 14 cases. Mil Med 1998; **163**: 490 – 493.

Mader TH, Carroll RD, Slade CS, George RK, Ritchey JP, Neville SP. Ocular war injuries of the Iraqi insurgency January – September 2004. Ophthalmology 2006; **113**: 97 – 104.

Mines M, Thach A, Mallonee S, Hildebrand L, Shariat S. Ocular injuries sustained by survivors of the Oklahoma City bombing. Ophthalmology 2000; **107**: 837 – 843.

Perry M, Dancey A, Mireskandari K, Oakley P, Davies S, Cameron M. Emergency care in facial trauma – a maxillofacial and ophthalmic perspective. Injury 2005; **36**: 875 – 896.

Scott RAH. Eyes. In: Brooks AJ, Clasper J, Midwinter MJ, Hodgetts TJ, Mahoney PF, eds. Ryan's Ballistic Trauma. London: Springer-Verlag; 2011.

Shuker ST. Management of transcranial orbital penetrating shrapnel/bullet war injuries. J Maxillofac Surg 2008; **66**: 1927 – 1931.

Thach AB, Johnson AJ, Carroll RB, Huchun A, Ainbinder DJ, Stutzman RD, Blaydon SM, DeMartelaere SL, Mader TH, Slade CS, George RK, Ritchey JP, Barnes SD, Fannin LA. Severe eye injuries in the war in Iraq, 2003 – 2005. Ophthalmology 2008: **115**: 377 – 382.

du Toit N, Motala MI, Richards J, Murray ADN, Maitra S. The risk of sympathetic ophthalmia following evisceration for penetrating globe injuries at Groote Schuur Hospital. Br J Ophthalmol 2008: **92**: 61 – 63.

第 30 章

Asensio JA, Chahwan S, Forno W, et al. Penetrating oesophageal injuries: multicenter study of the American Association for the Surgery of Trauma. J Trauma 2001; **50**: 289 – 296.

Breeze J, Gibbons AJ, Shieff C, Banfield G, Bryant DG, Midwinter MJ. Combat-related craniofacial and cervical injuries: a 5-year review from the British military. J Trauma 2011; **71**: 108 – 113.

Breeze J, Allanson-Bailey LS, Hunt NC, Delaney RS, Hepper AE, Clasper J. Mortality and morbidity from combat neck injury. J Trauma 2012; **72**: 969 – 974.

Bonanno FG. Techniques for emergency tracheostomy. Injury 2008; **39**: 375 – 378.

Borgstrom D, Weigelt JA. Chapter 39 Neck: Aerodigestive Tract. In: Ivatury RR, Cayten CG, eds. The Textbook of Penetrating Trauma. Media, PA: Williams & Wilkins; 1996: 479 – 487.

Demetriades D, Velmahos GG, Asensio JA. Cervical pharyngoesophageal and laryngotracheal injuries. World J Surg 2001; **25**: 1044 – 1048.

Gilyoma JM, Balumuka DD, Chalya PL. Ten-year experiences with tracheostomy at a university teaching hospital in northwestern Tanzania: A retrospective review of 214 cases. World J Emerg Surg 2011; **6**: 38. Available at: http://www.wjes.org/content/6/1/38.

Golueke P, Sclafani S, Phillips T, Goldstein A, Scalea T, Duncan A. Vertebral artery injury – diagnosis and management. J Trauma 1987; **27**: 856 – 864.

Hirshberg A, Wall MJ, Johnston RH Jr, Burch JM, Mattox KL. Transcervical gunshot injuries. Am J Surg 1994; **167**: 309 – 312.

Jacobson LE, Gomez GA. Chapter 22 Neck. In: Ivatury RR, Cayten CG, eds. The Textbook of Penetrating Trauma. Media, PA: Williams & Wilkins; 1996: 258 – 271.

Ledgerwood AM, Mullins RJ, Lucas CE. Primary repair vs ligation for carotid artery injuries. Arch Surg 1980; **115**: 488 – 493.

Ledgerwood AM, Lucas CE. Chapter 40 Neck: Vessels. In: Ivatury RR, Cayten CG, eds. The Textbook of Penetrating Trauma. Media, PA: Williams & Wilkins; 1996: 488 – 497.

Moeng S, Boffard K. Penetrating neck injuries. Scand J Surg 2002; **91**: 34 – 40.

Mwipatayi BP, Jeffery P, Beningfield SJ, Motale P, Tunnicliffe J, Navsaria PH. Management of extra-cranial vertebral artery injuries. Eur J Vasc Endovasc Surg 2004; **27**: 157 – 162.

Ordog GJ. Penetrating neck trauma. J Trauma 1987; **27**: 543 – 554.

Richardson R, Obeid FN, Richardson JD, Hoyt DB, Wisner DH, Gomez GA, Johansen K, McSwain NE Jr, Weigelt JA, Blaisdell FW. Neurologic consequences of cerebrovascular injury. J Trauma 1992; **32**: 755 – 758.

Sheely CH II, Mattox KL, Beall AC, DeBakey ME. Penetrating wounds of the cervical oesophagus. Am J Surg 1975; **130**: 707 – 711.

du Toit DF, van Schalkwyk GD, Wadee SA, Warren BL. Neurologic outcome after penetrating extracranial arterial trauma. J Vasc Surg 2003; **38**: 257 – 262.

Walsh MS. The management of penetrating injuries of the anterior triangle of the neck. Injury 1994; **25**: 393 – 395.

Part D

導入

Barker P. Penetrating wounds of the torso. J R Army Med Corps 2001; **147**: 62 – 72.

Conger NG, Landrum ML, Jenkins DH, Martin RR, Dunne JR, Hirsch EF. Prevention and management of infections associated with combat-related thoracic and abdominal cavity injuries. J Trauma 2008; **64 (Suppl.)**: S257 – S264.

Degiannis E, Benn C-A, Leandros E, Goosen J, Boffard K, Saadia R. Transmediastinal gunshot injuries. Surgery 2000; **128**: 54 – 58.

Renz BM, Cava RA, Feliciano DV, Rozycki GS. Transmediastinal gunshot wounds: a prospective study. J Trauma 2000; **48**: 416 – 422.

第 31 章

一般参考文献

Bastos R, Baisden CE, Harker L, Calhoon JH. Penetrating thoracic trauma. Semin Thorac Cardiovasc Surg 2008; **20**: 19 – 25.

Biočina B, Sutlić Ž, Husedžinović I, Rudež I, Ugljen R, Letica D, Slobodnjak Z, Karadža J, Brida V, Vladović-Relja T, Jelić I. Penetrating cardiothoracic war wounds. Eur J Cardiothorac Surg 1997; **11**: 399 – 405.

Demetriades D, Velmahos GC. Penetrating injuries of the chest: indications for operation. Scand J Surg 2002; **91**: 41 – 45.

Duhamel P, Bonnet PM, Pons F, Jourdan P, Jancovici R. Traumatismes balistiques du thorax. Agents vulnérants et balistique lésionnelle. [Thoracic ballistic trauma. Wounding agents and wound ballistics.] Annales de chirurgie plastique esthétique 2003; **48**: 128 – 134.

Ferguson DG, Stevenson HM. A review of 158 gunshot wounds to the chest. Br J Surg 1978; **65**: 845 – 847.

Gibbons JRP. Treatment of missile injuries of the chest: Belfast experience. Eur J Cardiothorac Surg 1989; **3**: 297 – 299.

Grover FL. Editorial: Treatment of thoracic battle injuries versus civilian injuries. Ann Thorac Surg 1985; **40**: 207 – 208.

Kjaergaard J. Les blessés de guerre de l'hôpital de campagne du CICR à Beyrouth en 1976 [War wounded in the ICRC field hospital in Beirut 1976]. Schweiz Z Milit Med 1978; **55**: 1 – 23.

Levinsky L, Vidne B, Nudelman I, Salomon J, Kissin L, Levy MJ. Thoracic injuries in the Yom Kippur War: experience in a base hospital. Isr J Med Sci 1975; **11**: 275 – 280.

Mattox KL, Allen MK. Penetrating wounds of the thorax. Injury 1986; **17**: 313 – 317.

McNamara JJ, Messersmith JK, Dunn RA, Molot MD, Stremple JF. Thoracic injuries in combat casualties in Vietnam. Ann Thorac Surg 1970; **10**: 389 – 399.

Propper BW, Gifford SM, Calhoon JH, McNeil JD. Wartime thoracic injury: perspectives in modern warfare. Ann Thorac Surg 2010; **89**: 1032 – 1036.

Roostar L. Gunshot Chest Injuries. Tartu, Estonia: Tartu University Press; 1996.

Rosenblatt M, Lemer J, Best LA, Peleg H. Thoracic wounds in Israeli battle casualties during the 1982 evacuation of wounded from Lebanon. J Trauma 1985; **25**: 350 – 354.

Zakharia AT. Thoracic battle injuries in the Lebanon War: review of the early operative approach in 1,992 patients. Ann Thorac Surg 1985; **40**: 209 – 213.

Zakharia AT. Cardiovascular and thoracic battle injuries in the Lebanon War. Analysis of 3,000 personal cases. J Thorac Cardiovasc Surg 1985; **89**: 723 – 733.

胸腔ドレナージ

Aylwin CJ, Brohi K, Davies GD, Walsh MS. Pre-hospital and in-hospital thoracostomy: indications and complications. Ann R Coll Surg Engl 2008; **90**: 54 – 57.

Fitzgerald M, Mackenzie CF, Marasco S, Hoyle R, Kossmann T. Pleural decompression and drainage during trauma reception and resuscitation. Injury 2008; **39**: 9 – 20.

Griffiths JR, Roberts N. Do junior doctors know where to insert chest drains safely? Postgrad Med J 2005; **81**: 456 – 458.

Mattox KL, Allen MK. Symposium Paper: Systematic approach to pneumothorax, haemothorax, pneumomediastinum and subcutaneous emphysema. Injury 1986; **17**: 309 – 312.

Mitchell R, Freeman L. Intercostal catheter placement in trauma: a case series and review of common pitfalls. Injury 2010; **41 (Suppl. 1)**: S56 – S57.

開胸術

MacFarlane C. Emergency thoracotomy and the military surgeon. ANZ J Surg 2004; **74**: 280 – 284.

Mattox KL, Pickard LR, Allen MK. Emergency thoracotomy for injury. Injury 1986; **17**: 327 – 331.

Moore EE, Knudson MM, Burlew CC, Inaba K, Dicker RA, Biffl WL, Malhotra AK, Schreiber MA, Browder TD, Coimbra R, Gonzalez EA, Meredith JW, Livingston DH, Kaups KL, and the WTA Study Group. Defining the limits of resuscitative emergency department thoracotomy: a contemporary Western Trauma Association perspective. J Trauma 2011; **70**: 334 – 339.

Phelan HA, Patterson SG, Hassan MO, Gonzalez RP, Rodning CB. Thoracic damagecontrol operation: principles, techniques, and definitive repair. J Am Coll Surg 2006; **203**: 933 – 941.

Rotondo MF, Bard MR. Damage control surgery for thoracic injuries. Injury 2004; **35**: 649 – 654.

緊張性気胸

Britten S, Palmer SH, Snow TM. Needle thoracocentesis in tension pneumothorax: insufficient cannula length and potential failure. Injury 1996; **27**: 321 – 322.

Inaba K, Branco BC, Eckstein M, Shatz DV, Martin MJ, Green DJ, Noguchi TT, Demetriades D. Optimal positioning for emergent needle thoracostomy: a cadaverbased study. J Trauma 2011; **71**: 1099 – 1103.

Leigh-Smith S, Davies G. Indications for thoracic needle decompression. J Trauma 2007; **63**: 1403 – 1404.

Maxwell WB. The hanging drop to locate the pleural space: a safer method for decompression of suspected pneumothorax? J Trauma 2010; **69**: 970 – 971.

McPherson JJ, Feigin DS, Bellamy RF. Prevalence of tension pneumothorax in fatally combat casualties. J Trauma 2006; **60**: 573 – 578.

Zengerink I, Brink PR, Laupland KB, Raber EL, Zygun D, Kortbeek JB. Needle thoracostomy in the treatment of a tension pneumothorax in trauma patients: what size needle? J Trauma 2008; **64**: 111 – 114.

肺

Bastos R, Calhoon JH, Baisden CE. Flail chest and pulmonary contusion. Semin Thorac Cardiovasc Surg 2008; **20**: 39 – 45.

Bongard FS, Lewis FR. Crystalloid resuscitation of patients with pulmonary contusion. Am J Surg 1984; **148**: 145 – 149.

Johnson SB. Tracheobronchial injury. Semin Thorac Cardiovasc Surg 2008; **20**: 52 – 57.

Tang BMP, Craig JC, Eslick GD, Seppelt I, McLean AS. Use of corticosteroids in acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: a systematic review and meta-analysis. Crit Care Med 2009; **37**: 1594 – 1603.

Wall MJ Jr, Hirshberg A, Mattox KL. Pulmonary tractotomy with selective vascular ligation for penetrating injuries to the lung. Am J Surg 1994; **168**: 665 – 669.

食道

Ilic N, Petricevic A, Mimica Z, Tanfara S, Frleta Ilic N. War injuries to the thoracic esophagus. Eur J Cardiothorac Surg 1998; **14**: 572 – 574.

Popovsky J. Perforations of the esophagus from gunshot wounds. J Trauma 1984; **24**: 337 – 339.

膿胸

Carrillo EH, Barkoe DJ, Sanchez R, Lee SK, Rosenthal A, Pepe A, Nardiello D. Open thoracic window: a useful alternative for retained infected pleural collections in critically ill trauma patients. Am Surg 2009; **75**: 152 – 156.

Eren S, Esme H, Sehitogullari A, Durkan A. The risk factors and management of posttraumatic empyema in trauma patients. Injury 2008; **39**: 44 – 49.

第 32 章

一般参考文献

Adesanya AA, da Rocha-Afodu JT, Ekanem EE, Afolabi IR. Factors affecting mortality and morbidity in patients with abdominal gunshot wounds. Injury 2000; **31**: 397 – 404.

Bamberger PK. The adoption of laparotomy for the treatment of penetrating abdominal wounds in war. Mil Med 1996; **161**: 189 – 196.

Becker VV Jr, Brien WW, Patzakis M, Wilkins J. Gunshot injuries to the hip and abdomen: the association of joint and intra-abdominal visceral injuries. J Trauma 1990; **30**: 1324 – 1329.

Borhan MS, Al-Najafi HH. Analysis of Abdominal Missile Injuries: Prospective Study in Mosul. Fellowship thesis; presented at ICRC War Surgery Seminar, Suleymanieh, Iraq, 2008.

Cutting PA, Agha R. Surgery in a Palestinian refugee camp. Injury 1992; **23**: 405 – 409.

Dent RI, Jena GP. Missile injuries of the abdomen in Zimbabwe-Rhodesia. Br J Surg 1980; **67**: 305 – 310.

Dudley HAF, Knight RJ, McNeur JC, Rosengarten DS. Civilian battle casualties in South Vietnam. Br J Surg 1968; **55**: 332 – 340.

Dumurgier C, Weissbrod R, Durette D, Jancovici R, Suc L, Mechineau Y. Plaies de l'abdomen par projectiles de guerre: expérience du détachement médical de Kousseri- Riggil – 15.07.80 au 15.12.80. [Abdominal wounds

by the projectiles of war: experience of the medical detachment in Kousseri-Riggil – 15.07.80 to 15.12.80.] Médecine et Hygiène 1982; **40**: 2984 – 2992.

Fasol R, Zilla P, Irvine S, von Oppell U. Thoraco-abdominal injuries in combat casualties on the Cambodian border. Thorac Cardiovasc Surg 1988; **36**: 33 – 36.

Fekadu T. Abdominal War Wounds: Challenges to Field Surgeons. Inside Eritrea's War for Independence. Asmara, Eritrea: Hdri Publishers; 2006.

Gorgulu S, Gencosmanoglu R, Akaoglu C. Penetrating abdominal gunshot wounds caused by high-velocity missiles: a review of 51 military injuries managed at a level-3 trauma center. Internat Surg 2008; **93**: 331 – 338.

Hardaway RM III. Viet Nam wound analysis. J Trauma 1978; **18**: 635 – 643.

Kandil A. Gunshot wounds of the abdomen. Palestinian Med J 2005. Ministry of Health Information Centre, Department of Electronic Publication.
Available at: http://www.moh.gov.ps/pmj/GUNSHOT.htm.

Kleinman Y, Rosin R. The Yom Kippur war experience: a survey of the management of 151-abdominal combat casualties at the Refidim evacuation hospital. Inter Rev Army Navy Air Force 1979; **52**: 623 – 649.

Leppäniemi AK. Abdominal war wounds—experiences from Red Cross field hospitals. World J Surg 2005; **29 (Suppl.)**: S67 – S71.

Morris DS, Sugrue WJ. Abdominal injuries in the war wounded of Afghanistan: a report from the International Committee of the Red Cross Hospital in Kabul. Br J Surg 1991; **78**: 1301 – 1304.

Nassoura Z, Hajj H, Dajani O, Jabbour N, Ismail M, Tarazi T, Khoury G, Najjar F. Trauma management in a war zone: the Lebanese War experience. J Trauma 1991; **31**: 1596 – 1599.

Peitzman AB, Richardson JD. Surgical treatment of injuries to the solid abdominal organs: a 50-year perspective from the Journal of Trauma. J Trauma 2010; **69**: 1011 – 1021.

Pfeffermann R, Rozin RR, Durst AL, Marin G. Modern war surgery: operations in an evacuation hospital during the October 1973 Arab – Israeli war. J Trauma 1976; **16**: 694 – 703.

Rozin RR, Kleinman Y. Surgical priorities of abdominal wounded in a combat situation. J Trauma 1987; **27**: 656 – 660.

Saghafinia M, Nafissi N, Motamedi MRK, Motamedi MHK, Hashemzade M, Hayati Z, Panahi F. Assessment and outcome of 496 penetrating gastrointestinal warfare injuries. J R Army Med Corps 2010; **156**: 25 – 27.

Šikić N, Korać Ž, Krajačić I, Žunić J. War abdominal trauma: usefulness of penetrating abdominal trauma index, injury severity score, and number of injured abdominal organs as predictive factors. Mil Med 2001; **166**: 226 – 230.

Versier G, Le Marec C, Rouffi J. Quatre ans de chirurgie de guerre au GMC de Sarajevo (juillet 1992 à août 1996). [Four years of war surgery at the French surgical facility in Sarajevo – July 1992 – August 1996.] Médecine et armées 1998; **26**: 213 – 218.

弾道学

Ben-Menachem Y. Intra-abdominal injuries in nonpenetrating gunshot wounds of the abdominal wall: two unusual cases. J Trauma 1979; **19**: 207 – 210.

Edwards J, Gaspard DJ. Visceral injury due to extraperitoneal gunshot wounds. Arch Surg 1974; **108**: 865 – 866.

Georgi BA, Massad M, Obeid M. Ballistic trauma to the abdomen: shell fragments versus bullets. J Trauma 1991; **31**: 711 – 715.

Kennedy FR, Fleming AW, Sterling Scott R. Splenic injury from gunshot wounds to the chest without diaphragmatic or peritoneal violation: case reports. J Trauma 1991; **31**: 1561 – 1562.

Paran H, Neufeld D, Shwartz I, Kidron D, Susmallian S, Mayo A, Dayan K, Vider I, Sivak G, Freund U. Perforation of the terminal ileum induced by blast injury: delayed diagnosis or delayed perforation? J Trauma 1996; **40**: 472 – 475.

Sasaki LS, Mittal UK. Small bowel laceration from a penetrating extraperitoneal gunshot wound: a case report. J Trauma 1995; **39**: 602 – 604.

Sharma OP, Oswanski MF, White PW. Injuries to the colon from blast effect of penetrating extra-peritoneal thoraco-abdominal trauma. Injury 2004; **35**: 320 – 324.

Tien HC, van der Hurk TWG, Dunlop MP, Kropelin B, Nahouraii R, Battad AB, van Egmond T. Small bowel injury from a tangential gunshot wound without peritoneal penetration: a case report. J Trauma 2007; **62**: 762 – 764.

Velitchkov NG, Losanoff JE, Kjossev et al. Delayed small bowel injury as a result of penetrating extreaperitoneal high-velocity ballistic trauma to the abdomen. J Trauma 2000: **48**; 169 – 170.

Wani I, Parray FQ, Sheikh T, Wani RA, Amin A, Gul I, Nazir M. Spectrum of abdominal organ injury in a primary blast type. World J Emerg Surg 2009; **4**: 46. [doi:10.1186/1749-7922-4-46]

診断、手術、待機的非手術管理

Beekley AC, Blackbourne LH, Sebesta JA, McMullin N, Mullenix PS, Holcomb JB, Members of 31st Combat Support Hospital Research Group. Selective nonoperative management of penetrating torso injury from combat fragmentation wounds. J Trauma 2008; **64 (Suppl.)**: S108 – S117.

Como JJ, Bokhari F, Chiu WC, Duane TM, Holevar MR, Tandoh MA, Ivatury RR, Scalea TM. Practice management guidelines for selective nonoperative management of penetrating abdominal trauma. J Trauma 2010; **68**: 721 – 733.

Demetriades D, Rabinowitz B, Sofianos C, Charalambides D, Melissas J, Hatjitheofilou C, Da Silva J. The management of penetrating injuries of the back: a prospective study of 230 patients. Ann Surg 1988; **207**: 72 – 74.

Demetriades D, Velmahos G, Cornwell E III, Berne TV, Cober S, Bhasin PS, Belzberg H, Asensio J. Selective nonoperative management of gunshot wounds of the anterior abdomen. Arch Surg 1997; **132**: 178 – 183.

DiGiacomo JC, Schwab CW, Rotondo MF, Angood PA, McGonigal MD, Kauder DR, Phillips GR III. Gluteal gunshot wounds: who warrants exploration? J Trauma 1994; **37**: 622 – 628.

Duncan AO, Phillips TF, Scalea TM, Maltz SB, Atweh NA, Scalafani SJA. Management of transpelvic gunshot wounds. J Trauma 1989; **29**: 1335 – 1340.

Inaba K, Barmparas G, Foster A, Talving P, David J-S, Green D, Plurad D, Demetriades D. Selective nonoperative management of torso gunshot wounds: when is it safe to discharge? J Trauma 2010; **68**: 1301 – 1304.

Nance ML, Nance FC. It is time we told the emperor about his clothes. J Trauma 1996; **40**: 185 – 186.

Renz BM, Feliciano DV. Unnecessary laparotomies for trauma: a prospective study of morbidity. J Trauma 1995; **38**: 350 – 356.

Ross SE, Dragon GM, O'Malley KF, Rehm CG. Morbidity of negative coeliotomy in trauma. Injury 1995; **26**: 393 – 394.

Rozycki GS, Root HD. The diagnosis of intraabdominal visceral injury. J Trauma 2010; **68**: 1019 – 1023.

Velmahos GC, Demetriades D, Cornwell EE III, Asensio J, Belzberg H, Berne TV. Gunshot wounds to the buttocks: predicting the need for operation. Dis Colon Rectum 1997; **40**: 307 – 311.

Velmahos GC, Demetriades D, Cornwell EE III. Transpelvic gunshot wounds: routine laparotomy or selective management? World J Surg 1998; **22**: 1034 – 1038.

Velmahos GC, Demetriades D, Toutouzas KG, Sarkisyan G, Chan LS, Ishak R, Alo K, Vassiliu P, Murray JA, Salim A, Asensio J, Belzberg H, Katkhouda N, Berne TV. Selective nonoperative management in 1,856 patients with abdominal gunshot wounds: should routine laparotomy still be the standard of care? Ann Surg 2001; **234**: 395 – 403.

Weigelt JA, Kingman RG. Complications of negative laparotomy for trauma. Am J Surg 1988; **156**: 544 – 547.

ダメージコントロール開腹術(追加の参考文献)

Ball CG, Wyrzykowski AD, Nicholas JM, Rozycki GS, Feliciano DV. A decade's experience with balloon catheter tamponade for the emergency control of hemorrhage. J Trauma 2011; **70**: 330 – 333.

Duchesne JC, Kimonis K, Marr AB, Rennie KV, Wahl G, Wells JE, Islam TM, Meade P, Stuke L, Barbeau JM, Hunt JP, Baker CC, McSwain NE Jr. Damage control resuscitation in combination with damage control laparotomy: a survival advantage. J Trauma 2010; **69**: 46 – 52.

Feliciano DV, Mattox KL, Burch JM, Bitondo CG, Jordan GL Jr. Packing for control of hepatic hemorrhage. J Trauma 1986; **26**: 738 – 743.

Parr MJA, Alabdi T. Damage control surgery and intensive care. Injury 2004; **35**: 713 – 722.

Sambasivan CN, Underwood SJ, Cho SD, Kiraly LN, Hamilton GJ, Kofoed JT, Flaherty SF, Dorlac WC, Schreiber MA. Comparison of abdominal damage control surgery in combat versus civilian trauma. J Trauma 2010; **69 (Suppl.)**: S168 – S174.

Sugrue M, D'Amours SK, Joshipura M. Damage control surgery and the abdomen. Injury 2004; **35**: 642 – 648.

腹部コンパートメント症候群と開腹

An G, West MA. Abdominal compartment syndrome: a concise clinical review. Crit Care Med 2008; **36**: 1304 – 1310.

Basu A. A low-cost technique for measuring the intraabdominal pressure in nonindustrialised countries. Ann R Coll Surg Engl 2007; **89**: 434 – 435.

Burlew CC, Moore EE, Cuschieri J, Jurkovich GJ, Codner P, Crowell K, Nirula R, Haan J, Rowell SE, Kato CM, MacNew H, Ochsner MG, Harrison PB, Fusco C, Sauaia A, Kaups KL, and the WTA Study Group. Sew it up! A Western Trauma Association multi-institutional study of enteric injury management in the postinjury open abdomen. J Trauma 2011; **70**: 273 – 277.

Cheatham ML, Malbrain ML, Kirkpatrick A, Sugrue M, Parr M, De Waele J, Balogh Z, Leppäniemi A, Olvera C, Ivatury R, D'Amours S, Wendon J, Hillman K, Wilmer A. Results from the International Conference of Experts on Intra-abdominal Hypertension and Abdominal Compartment Syndrome. II. Recommendations. Intensive Care Med 2007; **33**: 951 – 962.

Collee GG, Lomax DM, Ferguson C, Hanson GC. Bedside measurement of intraabdominal pressure (IAP) via an indwelling naso-gastric tube: clinical validation of the technique. Intensive Care Med 1993; **19**: 478 – 480.

Diaz JJ Jr, Dutton WD, Ott MM, Cullinane DC, Alouidor R, Armen SB, Bilaniuk JW, Collier BR, Gunter OL, Jawa R, Jerome R, Kerwin AJ, Kirby JP, Lambert AL, Riordan WP, Wohltmann CD. Eastern Association for the Surgery of Trauma: a review of the management of the open abdomen: Part 2 "management of the open abdomen". J Trauma 2011; **71**: 502 – 512.

Kopelman T, Harris C, Miller R, Arrillaga A. Abdominal compartment syndrome in patients with isolated extraperitoneal injuries. J Trauma 2000; **49**: 744 – 749.

Malbrain ML. Different techniques to measure intra-abdominal pressure (IAP): time for a critical reappraisal. Intensive Care Med 2004; **30**: 357 – 371.

Malbrain ML, Cheatham ML, Kirkpatrick A, Sugrue M, Parr M, De Waele J, Balogh Z, Leppäniemi A, Olvera C, Ivatury R, D'Amours S, Wendon J, Hillman K, Johansson K, Kolkman K, Wilmer A. Results from the International Conference of Experts on Intraabdominal Hypertension and Abdominal Compartment Syndrome. I. Definitions. Intensive Care Med 2006; **32**: 1722 – 1732.

Vargo D, Richardson JD; Campbell A, Chang M, Fabian T, Franz M, Kaplan M, Moore F, Reed RL, Scott B, Silverman R. (Open Abdomen Advisory Panel) Management of the open abdomen: from initial operation to definitive closure. Am Surg 2009; **75 (Suppl.)**: S1 – S22.

Vertrees A, Greer L, Pickett C, Nelson J, Wakefield M, Stojadinovic A, Shriver C. Modern management of complex open abdominal wounds of war: a 5-year experience. J Am Coll Surg 2008; **207**: 801 – 809.

World Society on the Abdominal Compartment Syndrome. [Dedicated professional web site: http://wsacs.org.]

大血管

Asensio JA, Soto SN, Forno W, Roldán G, Petrone P, Gambaro E, Salim A, Rowe V, Demetriades D. Abdominal vascular injuries: the trauma surgeon challenges. Surg Today 2001; **31**: 949 – 957.

Asensio JA, Petrone P, Garcia-Nuñez L, Healy M, Martin M, Kuncir E. Superior mesenteric venous injuries: to ligate or to repair remains the question. J Trauma 2007; **62**: 668 – 675.

Chapellier X, Sockeel P, Baranger B. Management of penetrating abdominal vessel injuries. J Visc Surg 2010; **147**: e1 – e12. [doi:10.1016/j.jviscsurg.2010.06.003]

Mattox KL, McCollum WB, Beall AC Jr, Jordan GL Jr, DeBakey ME. Management of penetrating injuries of the suprarenal aorta. J Trauma 1975; **15**: 808 – 815.

Reilly PM, Rotondo MF, Carpenter JP, Sherr SA, Schwab CW. Temporary vascular continuity during damage control: intraluminal shunting for proximal superior mesenteric artery injury. J Trauma 1995; **39**: 757 – 760.

Richards AJ Jr, Lamis PA Jr, Rogers JT Jr, Bradham GB. Laceration of abdominal aorta and study of intact abdominal wall as tamponade: report of survival and literature review. Ann Surg 1966; **164**: 321 – 324.

肝臓

Demetriades D. Balloon tamponade for bleeding control in penetrating liver injuries. J Trauma 1998; **44**: 538 – 539.

Feliciano DV, Mattox KL, Burch JM, Bitondo CG, Jordan GL Jr. Packing for control of hepatic hemorrhage. J Trauma 1986; **26**: 738 – 743.

Ivatury RR, Nallathambi M, Gunduz Y, Constable R, Rohman M, Stahl WM. Liver packing for uncontrolled hemorrhage: a reappraisal. J Trauma 1986; **26**: 744 – 751.

Discussion of the previous two papers: J Trauma 1986; **26**: 751 – 753.

Marr JDF, Krige JEJ, Terblanche J. Analysis of 153 gunshot wounds of the liver. Br J Surg 2000; **87**: 1030 – 1034.

Morrison JJ, Bramley KE, Rizzo AG. Liver trauma – operative management. J R Army Med Corps 2011; **157**: 136 – 144.

Ozdogan M, Ozdogan H. Balloon tamponade with Sengstaken-Blakemore tube for penetrating liver injury: case report. J Trauma 2006; **60**: 1122 – 1123.

Stone HH, Lamb JM. Use of pedicled omentum as an autogenous pack for control of hemorrhage in major injuries of the liver. Surg Gynecol Obstet 1975; **141**:92 – 94.

肝外胆管

Bade PG, Thomson SR, Hirshberg A, Robbs JV. Surgical options in traumatic injury to the extrahepatic biliary tract. Br J Surg 1989; **76**: 256 – 258.

Feliciano DV, Bitondo CG, Burch JM, Mattox KL, Beall AC Jr, Jordan GL Jr. Management of traumatic injury to the extrahepatic biliary ducts. Am J Surg 1985; **150**: 705 – 709.

Posner MC, Moore EE. Extrahepatic biliary tract injury: operative management plan. J Trauma 1985; **25**: 833 – 837.

Sheldon GF, Lim RC, Yee ES, Petersen SR. Management of injuries to the porta hepatis. Ann Surg 1985; **202**; 539 – 545.

脾臓

Di Sabatino A, Carsetti R, Corazza GR. Post-splenectomy and hyposplenic states. Lancet 2011; **378**: 86 – 97.

Pisters PWT, Pachter HL. Autologous splenic transplantation for splenic trauma. Ann Surg 1994; **219**: 225 – 235.

膵臓と十二指腸

Boffard KD, Brooks AJ. Pancreatic trauma – injuries to the pancreas and pancreatic duct. Eur J Surg 2000; **166**: 4 –12.

Degiannis E, Levy RD, Potokar T, Lennox H, Rowse A, Saddia R. Distal pancreatectomy for gunshot injuries of the distal pancreas. Br J Surg 1995; **82**: 1240 – 1242.

Degiannis E, Levy RD, Velmahos GC, Potokar T, Florizoone MGC, Saadia R. Gunshot injuries of the head of the pancreas: conservative approach. World J Surg 1996; **20**: 68 – 71.

Degiannis E, Boffard K. Duodenal injuries. Br J Surg 2000; **87**: 1473 – 1479.

Degiannis E, Glapa M, Loukogeorgakis SP, Smith MD. Management of pancreatic trauma. Injury 2008; **39**, 21 – 29.

Feliciano DV, Martin TD, Cruse PA, Graham JM, Burch JM, Mattox KL, Bitondo CG, Jordan GL Jr. Management of combined pancreatoduodenal injuries. Ann Surg 1987; **205**: 673 – 680.

Jansen M, Du Toit DF, Warren BL. Duodenal injuries: surgical management adapted to circumstances. Injury 2002; **33**: 611 – 615.

Khan MA, Cameron I. The management of pancreatic trauma. J R Army Med Corps 2010; **156**: 221 – 227.

Lopez PP, Benjamin R, Cockburn M, Amortegui JD, Schulman CI, Soffer D, Blackbourne LH, Habib F, Jerokhimov I, Trankel S, Cohn SM. Recent trends in the management of combined pancreatoduodenal injuries. Am Surg 2005; **71**: 847 – 852.

Velmahos GC, Constantinou C, Kasotakis G. Safety of repair for severe duodenal injuries. World J Surg 2008; **32**: 7 – 12.

胃と小腸

Guarino J, Hassett JM Jr, Luchette FA. Small bowel injuries: mechanisms, patterns, and outcome. J Trauma 1995; **39**: 1076 – 1080.

Olofsson P, Abu-Zidan FM, Wang J, Nagelkerke N, Lennquist S, Wikstrom T. The effects of early rapid control of multiple bowel perforations after high-energy trauma to the abdomen: implications for damage control surgery. J Trauma 2006; **61**: 185 – 191.

結腸と直腸

Angelici AM, Montesano G, Nasti AG, Palumbo P, Vietri F. Treatment of gunshot wounds to the colon: experience in a rural hospital during the civil war in Somalia. Ann Ital Chir 2004; **75**: 461 – 464.

Armstrong RG, Schmitt HJ Jr, Patterson LT. Combat wounds of the extraperitoneal rectum. Surg 1973; **74**: 570 – 583.

Crass RA, Salbi F, Trunkey DD. Colostomy closure after colon injury: a low-morbidity procedure. J Trauma 1987; **27**: 1237 – 1239.

Demetriades D, Murray JA, Chan L, Ordoñez C, Bowley D, Nagy KK, Cornwell EE III, Velmahos GC, Muñoz N, Hatzitheofilou C, Schwab CW, Rodriguez A, Cornejo C, Davis KA, Namias N, Wisner DH, Ivatury RR, Moore EE, Acosta JA, Maull KI, Thomason MH, Spain DA. Penetrating colon injuries requiring resection: diversion or primary anastomosis? An AAST prospective multicenter study. J Trauma 2001; **50**: 765 – 775.

Dumurgier C. Place de la colectomie avec rétablissement immédiat de la continuité, en chirurgie de guerre: à propos de 66 plaies coliques. [The place of colectomy with immediate establishment of continuity during war surgery: concerning 66 wounds of the colon.] Lyon Chirurgical 1982; **78**: 348 – 352.

Dykes SL. Ostomies & Stomal Therapy. American Society of Colon and Rectal Surgeons. Available at: www.fascrs.org/physicians/education/core_subjects/2010.

Edwards DP, Brown D, Watkins PE. Should colon-penetrating small missiles be removed? An experimental study of retrocolic wound tracks. J Investig Surg 1999; **12**: 25 – 29.

Govender M, Madiba TE. Current management of large bowel injuries and factors influencing outcome. Injury 2010; **41**: 58 – 63.

Hudolin T, Hudolin I. The role of primary repair for colonic injuries in wartime. Br J Surg 2005; **92**: 643 – 647.

Moreels R, Pont M, Ean S, Vitharit M, Vuthy C, Roy S, Boelaert M. Wartime colon injuries: primary repair or colostomy? J R Soc Med 1994; **87**: 265 – 267.

Nelson R, Singer M. Primary repair for penetrating colon injuries (Cochrane Database of Systematic Reviews 2009). Available at: http://www.cochrane.org.

Nwafo DC. Selective primary suture of the battle-injured colon: an experience of the Nigerian civil war. Br J Surg 1980; **67**: 195 – 197.

Poret HA III, Fabian TC, Croce MA, Bynoe RP, Kudsk KA. Analysis of septic morbidity following gunshot wounds to the colon: the missile is an adjuvant for abscess. J Trauma 1991; **31**: 1088 – 1091.

Schnüriger B, Inaba K, Wu T, Eberle BM, Belzberg H, Demetriades D. Crystalloids after primary colon resection and anastomosis at initial trauma laparotomy: excessive volumes are associated with anastomotic leakage. J Trauma 2011; **70**: 603 – 610.

Stankovic N, Petrovic, M, Drinkovic N, Bjelovic M, Jevtic M, Mirkovic D. Colon and rectal war injuries. J Trauma 1996; **40 (Suppl.)**: S183 – S188.

Steele SR. Colon & Rectal Trauma. American Society of Colon and Rectal Surgeons.
Available at: www.fascrs.org/physicians/education/core_subjects/2008.

Steele SR, Maykel JA, Johnson EK. Traumatic injury of the colon and rectum: the evidence versus dogma. Dis Colon Rectum 2011; **54**: 1184 – 1201.

Strada G, Raad L, Belloni G, Setti Carraro P. Large bowel perforations in war surgery: one-stage treatment in a field hospital. Int J Colorect Dis 1993; **8**: 213 – 216.

Uravic M. Colorectal war injuries. Mil Med 2000; **165**: 186 – 188.

Vertrees A, Wakefield M, Pickett C, Greer L, Wilson A, Gillern S, Nelson J, Aydelotte J, Stojadinovic A, Shriver C. Outcomes of primary repair and primary anastomosis in warrelated colon injuries. J Trauma 2009; **66**: 1286 – 1293.

Webster C, Mercer S, Schrager J, Carrell TWG, Bowley D. Indirect colonic injury after military wounding: a case series. J Trauma 2011; **71**: 1475 – 1477.

Welling DR, Hutton JE, Minken SL, Place RJ, Burris DG. Diversion defended – military colon trauma. J Trauma 2008; **64**: 1119 – 1122.

骨盤

Adams SA. Pelvic ring injuries in the military environment. J R Army Med Corps 2009; **155**: 293 – 296.

Arthurs Z, Kjorstad R, Mullenix P, Rush RM Jr, Sebesta J, Beekley A. The use of damagecontrol principles for penetrating pelvic battlefield trauma. Am J Surg 2006; **191**: 604 – 609.

Ball CG, Hameed M, Navsaria P, Edu S, Kirkpatrick AW, Nicol AJ. Successful damage control of complex vascular and urological gunshot injuries. Can J Surg 2006; **49**; 437 – 438.

Ball CG, Feliciano DV. Damage control techniques for common and external iliac artery injuries: have temporary intravascular shunts replaced the need for ligation? J Trauma 2010; **68**: 1117 – 1120.

Cothren CC, Osborn PM, Moore EE, Morgan SJ, Johnson JL, Smith WR. Preperitoneal pelvic packing for hemodynamically unstable pelvic fractures: a paradigm shift. J Trauma 2007; **62**: 834 – 842.

Gonzalez RP, Holevar MR, Falimirski ME, Merlotti GJ. A method for management of extraperitoneal pelvic bleeding secondary to penetrating trauma. J Trauma 1997; **43**: 338 – 341.

Haan J, Rodriguez A, Chiu W, Boswell S, Scott J, Scalea T. Operative management and outcome of iliac vessel injury: a ten-year experience. Am Surg 2003; **69**: 581 – 586.

Lesperance K, Martin MJ, Beekley AC, Steele SR. The significance of penetrating gluteal injuries: an analysis of the Operation Iraqi Freedom experience. J Surg Educ 2008; **65**: 61 – 66. [doi:10.1016/j.jsurg.2007.08.004]

Losanoff JE, Richman BW, Jones JW. Letter to the Editor and authors' reply: Remzi et al. Muscle tamponade to control presacral venous bleeding. Dis Colon Rectum 2003; **46**: 688 – 689.

Lunevicius R, Schulte K-M. Analytical review of 664 cases of penetrating buttock trauma. World J Emerg Surg 2011; **6**: 33. Available at: http://www.wjes.org/content/6/1/33.

McCourtney JS, Hussain N, Mackenzie I. Balloon tamponade for control of massive presacral haemorrhage. Br J Surg 1996; **83**: 222.

Morrison JJ, Mountain AJC, Galbraith KA, Clasper JC. Penetrating pelvic battlefield trauma: internal use of chitosan-based haemostatic dressings. Injury 2010; **41**: 239 – 241.

Nunn T, Cosker TDA, Bose D, Pallister I. Immediate application of improvised pelvic binder as first step in extended resuscitation from life-threatening hypovolaemic shock in conscious patients with unstable pelvic injuries. Injury 2007: **38**: 125 – 128.

Pohlemann T, Gänsslen A, Bosch U, Tscherne H. The technique of packing for control of hemorrhage in complex pelvic fractures. Tech Orthop. 1995; **9**: 267 – 270.

Remzi FH, Oncel M, Fazio VW. Muscle tamponade to control presacral venous bleeding: report of two cases. Dis Colon Rectum 2002; **45**: 1109 – 1111.

Simpson T, Krieg JC, Heuer F, Bottlang M. Stabilization of pelvic ring disruptions with a circumferential sheet. J Trauma 2002; **52**: 158 – 161.

Tötterman A, Madsen JE, Skaga NO, Røise O. Extraperitoneal pelvic packing: a salvage procedure to control massive traumatic pelvic hemorrhage. J Trauma 2007; **62**: 843 – 852.

Xu J, Lin J, Hangzhou C. Control of presacral hemorrhage with electrocautery through a muscle fragment pressed on the bleeding vein. J Am Coll Surg 1994; **179**: 351 – 352.

術後管理と合併症

Hamp T, Fridrich P, Mauritz W, Hamid L, Pelinka LE. Cholecystitis after trauma. J Trauma 2009; **66**: 400 – 406.

Lindberg EF, Grinnan GLB, Smith L. Acalculous cholecystitis in Viet Nam casualties. Ann Surg 1970; **171**: 152 – 157.

Nastro P, Knowles CH, McGrath A, Heyman B, Porrett TRC, Lunniss PJ. Complications of intestinal stomas. Br J Surg 2010; **97**: 1885 – 1889.

Schein M. To drain or not to drain? The role of drainage in the contaminated and infected abdomen: an international and personal perspective. World J Surg 2008; **32**: 312 – 321.

Schmitt HJ Jr, Patterson LT, Armstrong RJ. Reoperative surgery of abdominal war wounds: Ann Surg 1967; **165**: 173 – 185.

一般参考文献

Abu-Zidan FM, Al-Tawheed A, Ali YM. Urologic injuries in the Gulf War. Int Urol Nephrol 1999; **31**: 577 – 583.

Archbold JAA, Barros D'Sa AAB, Morrison E. Genito-urinary tract injuries of civil hostilities. Br J Surg 1981; **68**: 625 – 631.

Busch FM, Chenault OW Jr, Zinner NR, Clarke BG. Urological aspects of Vietnam war injuries. J Urol 1967; **97**: 763 – 765.

Hudak SJ, Morey AF, Rozanski TA, Fox CW Jr. Battlefield urogenital injuries: changing patterns during the past century. Urol 2005; **65**: 1041 – 1046.

Hudak SJ, Hakim S. Operative management of wartime genitourinary injuries at Balad Air Force Theater Hospital, 2005 to 2008. J Urol 2009; **182**: 180 – 183.

Hudolin T, Hudolin I. Surgical management of urogenital injuries at a war hospital in Bosnia-Herzegovina, 1992 to 1995. J Urol 2003; **169**, 1357 – 1359.

Mareković Z, Derezić D, Krhen I, Kastelan Z. Urogenital war injuries. Mil Med 1997; **162**: 346 – 348.

Ochsner TJ, Busch FM, Clarke BG. Urogenital wounds in Vietnam. J Urol 1969; **101**: 224 – 225.

Salvatierra O Jr, Rigdon WO, Norris DM, Brady TW. Vietnam experience with 252 urological war injuries. J Urol 1969; **101**: 615 – 620.

Thompson IM, Flaherty SF, Morey AF. Battlefield urologic injuries: the Gulf War experience. J Am Coll Surg 1998; **187**: 139 – 141.

Tucak A, Lukačević T, Kuveždić H, Petek Ž, Novak R. Urogenital wounds during the war in Croatia in 1991/1992. J Urol 1995; **153**: 121 – 122.

Velmahos GC, Degiannis E. The management of urinary tract injuries after gunshot wounds of the anterior and posterior abdomen. Injury 1997; **28**: 535 – 538.

Vuckovic I, Tucak A, Gotovac J, Karlovic B, Matos I. Grdovic K, Zelic M. Croatian experience in the treatment of 629 urogenital war injuries. J Trauma 1995; **39**: 733 – 736.

腎臓

Karademir K, Gunhan M, Can C. Effects of blast injury on kidneys in abdominal gunshot wounds. Urology 2006; **68**: 1160 – 1163.

Kuveždić H, Tucak A, Grahovac B. War injuries of the kidney. Injury 1996; **27**: 557 – 559.

Master VA, McAninch JW. Operative management of renal injuries: parenchymal and vascular. Urol Clin North Am 2006; **33**: 21 – 31, v – vi.

Santucci RA, Wessells H, Bartsch G, Descotes J, Heyns CF, McAninch JW, Nash P, Schmidlin F. Consensus on genitourinary trauma. Evaluation and management of renal injuries: consensus statement of the renal trauma subcommittee. BJU Int 2004; **93**: 937 – 954. [doi:10.1111/j.1464-410X.2004.04820.x]

Selikowitz SM. Penetrating high-velocity genitourinary injuries. Part I. Statistics, mechanisms, and renal wounds. Urology 1977; **9**: 371 – 376.

Serkin FB, Soderdahl DW, Hernandez J, Patterson M, Blackbourne L, Wade CE. Combat urologic trauma in US military overseas contingency operations. J Trauma 2010; **69 (Suppl.)**: S175 – S178.

Voelzke BB, McAninch JW. The current management of renal injuries. Am Surg 2008; **74**: 667 – 678.

Voelzke BB, McAninch JW. Renal gunshot wounds: clinical management and outcome. J Trauma 2009; **66**: 593 – 601.

尿管

Abid AF, Hashem HL. Ureteral injuries from gunshots and shells of explosive devices. Urol Ann 2010; **2**: 17 – 20. [doi: 10.4103/0974-7796.62920]

Al-Ali M, Haddad LF. The late treatment of 63 overlooked or complicated ureteral missile injuries: the promise of nephrostomy and role of autotransplantation. J Urol 1996; **156**: 1918 – 1921.

Azimuddin K, Milanesa D, Ivatury R, Porter J, Ehrenpreis M, Allman DB. Penetrating ureteric injuries. Injury 1998; **29**: 363 – 367.

Brandes S, Coburn M, Armenaksa N, McAninch J. Consensus on genitourinary trauma. Diagnosis and management of ureteric injury: an evidence-based analysis. BJU Int 2004; **94**: 277 – 289. [doi:10.1111/j.1464-410X.2004.04978.x]

Cass AS. Ureteral contusion with gunshot wounds. J Trauma 1984; **24**: 59 – 60.

Cetti NE. Delayed urinary fistula from high velocity missile injury to the ureter. Ann R Coll Surg Engl 1983; **65**: 286 – 288.

Fievet JP, Dumurgier C, Jaud V, Courbon X, Cazenave JC, Barnaud P. Les plaies urétérales de guerre: à propos de trois observations africaines. [Ureteric war wounds: concerning three cases in Africa.] Médecine tropicale 1987; **47**: 375 – 379.

Rohner TJ Jr. Delayed ureteral fistula from high velocity missiles: report of 3 cases. J Urol 1971; **105**: 63 – 64.

Selikowitz SM. Penetrating high-velocity genitourinary injuries. Part II. Ureteral, lower tract, and genital wounds. Urology 1977; **9**: 493 – 499.

Stutzman R E. Ballistics and management of ureteral injuries from high velocity missiles. J Urol 1977; **118**: 947 – 949.

膀胱

Gomez RG, Ceballos L, Coburn M, Corriere JN Jr, Dixon CM, Lobels B, McAninch J. Consensus on genitourinary trauma. Consensus statement on bladder injuries. BJU Int 2004; **94**: 27 – 32. [doi:10.1111/j.1464-410X.2004.04896.x]

Petros FG, Santucci RA, Al-Saigh NK. The incidence, management, and outcome of penetrating bladder injuries in civilians resultant from armed conflict in Baghdad 2005 – 2006. Adv Urol 2009. [doi: 10.1155/2009/275634]

Brandes SB, Buckman RF, Chelsky MJ, Hanno PM. External genitalia gunshot wounds: a ten-year experience with fifty-six cases. J Trauma 1995; **39**: 266 – 272.

Chapple C, Barbagli G, Jordan G, Mundy AR, Rodrigues-Netto N, Pansadoros V, McAninch JW. Consensus on genitourinary trauma. Consensus statement on urethral trauma. BJU Int 2004; **93**: 1195 – 1202. [doi:10.1111/j.1464-410X.2004.04805.x]

Cline KJ, Mata JA, Venable DD, Eastham JA. Penetrating trauma to the male external genitalia. J Trauma 1998; **44**: 492 – 494.

Goldman HB, Idom CB Jr, Dmochowski RR. Traumatic injuries of the female external genitalia and their association with urological injuries. J Urol 1998; **159**: 956 – 959.

Kunkle DA, Lebed BD, Mydlo JH, Pontari MA. Evaluation and management of gunshot wounds of the penis: 20-year experience at an urban trauma center. J Trauma 2008; **64**: 1038 – 1042.

Lukačević T, Tucak A, Kuveždić H. Les blessures de guerre des organes génitaux externes. [War injuries of the external genital organs.] Progrès en Urologie 1997; **7**: 259 – 261.

Phonsombat S, Master VA, McAninch JW. Penetrating external genital trauma: a 30-year single institution experience. J Urol 2008; **180**:192 – 196.

第 34 章

Ahmed AM, Sabrye MH, Baldan M. Autotransfusion in penetrating chest war trauma with haemothorax: the Keysaney Hospital experience. East Cent Afr J Surg 2003; **8**: 51 – 54.

Baldan M, Giannou C, Rizzardi G, Irmay F, Sasin V. Autotransfusion from haemothorax after penetrating chest trauma: a simple life-saving procedure. Trop Doct 2006; **36**: 21 – 22.

Barriot P, Riou B, Viars P. Prehospital autotransfusion in life-threatening hemothorax. Chest 1998; **93**: 522 – 526.

Brown CVR, Foulkrod KH, Sadler HT, Richards EK, Biggan DP, Czysz C, Manuel T. Autologous blood transfusion during emergency trauma operations. Arch Surg 2010; **145**: 690 – 694.

Buffat JJ, Bonsignour JP, Brinquin L, Diraison Y, Huard F, Pavie G. Autotransfusion après récupération de sang dans les situations d'exception. [Autotransfusion after blood recuperation in exceptional situations.] Ann Fr Anesth Réanim 1989; **8**: 234 – 240.

Bulger EM, Maier RV. Autologous blood transfusion in trauma. Trauma 2001; **3**: 1 – 7. [doi:10.1177/146040860100300101]

Glover JL, Broadie TA. Intraoperative autotransfusion. World J Surg 1987; **11**: 60 – 64.

Jevtic M, Petrovic M, Igniatovic D, Ilijevski N, Misovic S, Kronja G, Stankovic N. Treatment of wounded in the combat zone. J Trauma 1996; **40 (Suppl.)**: S173 – S176.

Koopman-van Gemert AWMM. Autotransfusion: therapeutic principles, efficacy and risks. In: Kochhar PK ed. Blood Transfusion in Clinical Practice. Rijeka, Croatia: InTech Open Publishing; 2012: 205 – 222. Available at: http://www.intechopen.com/books/blood-transfusion-in-clinical-practice/autotransfusion-therapeutic-principlesefficacy-and-risks. [doi: 10.5772/35754]

Lenz G, Stehle R. Anaesthesia under field conditions. A review of 945 cases. Acta Anaesthesiol Scand 1984; **28**: 351 – 356.

Marquis M-C, Gyger D. Autotransfusions peropératoires en zone rurales africaines: une solution d'urgence. [Intra-operative autotransfusion in rural Africa: an emergency solution.] Labor und Medizin / Laboratoire et Médecine 1998; **25**: 284 – 285.

Mattox KL, Walker LE, Beall AC, Jordan GL Jr. Blood availability for the trauma patient – autotransfusion. J Trauma 1975; **15**: 663 – 668.

Parker-Williams EJ. Autologous blood transfusion. Postgrad Doct Afr 1989; **11**: 52 – 55.

Rubens FD, Mujoomdar A, Tien HC. Cell salvage in trauma. International Trauma Care ITACCS 2008; **18**: 35 – 41.

Rumisek JD. Autotransfusion of shed blood: an untapped battlefield resource. Mil Med 1982; **147**: 193 – 196.

Symbas PN. Extraoperative autotransfusion from haemothorax. Surgery 1978; **84**: 722 – 727.

Vélez-Rojas H. La autotransfusión en Medellín: diez años de experiencia. [Autotranfusion in Medellín: ten years' experience.] Revista Colombiana de Cirugía 2000; **15**: 22 – 27.

腸内細菌汚染

Bowley DM, Barker P, Boffard KD. Intraoperative blood salvage in penetrating abdominal trauma: a randomised, controlled trial. World J Surg 2006; **30**: 1074 – 1080.

Due TL, Johnson JM, Wood M, Hale HW Jr. Intraoperative autotransfusion in the management of massive hemorrhage. Am J Surg 1975; **130**: 652 – 658.

GIover JL, Smith R, Yaw PB, Radigan LR, Bendick P, Plawecki R. Autotransfusion of blood contaminated by intestinal contents. J Am Coll Emerg Phys (Ann Emerg Med) 1978; **7**: 142 – 144.

Gurin NN, Vovk VI, Novitskiĭ LV. Blood reinfusion in penetrating gunshot wounds of the abdomen. Voenno-Meditsinskii Zhurnal 1992; **6**: 10 – 12. [In Russian; English abstract.]

Ozmen V, McSwain NR Jr, Nichols RL, Smith J, Flint LM. Autotransfusion of potentially culture-positive blood (CPB) in abdominal trauma: preliminary data from a prospective study. J Trauma 1992; **32**: 36 – 39.

Smith RN, Yaw PB, Glover JL. Autotransfusion of contaminated intraperitoneal blood: an experimental study. J Trauma 1978; **18**: 341 – 344.

Thomas MJG. Infected and malignant fields are an absolute contraindication to intraoperative cell salvage: fact or fiction? Transfus Med 1999; **9**: 269 – 278.

Timberlake GA, McSwain NE. Autotransfusion of blood contaminated by enteric contents: a potentially life-saving measure in the massively hemorrhaging patient? J Trauma 1988; **28**: 855 – 857.

第 35 章

Aboutanos SZ, Aboutanos MB, Malhotra AK, Duane TM, Ivatury RR. Management of a pregnant patient with an open abdomen. J Trauma 2005; **59**: 1052 – 1056.

Barraco RD, Chiu WC, Clancy TV, Como JJ, Ebert JB, Hess LW, Hoff WS, Holevar MR, Quirk JG, Simon BJ, Weiss PM. Practice management guidelines for the diagnosis and management of injury in the pregnant patient: the EAST Practice Management Guidelines Work Group. J Trauma 2010; **69**: 211 – 214.

Buchsbaum HJ. Diagnosis and management of abdominal gunshot wounds during pregnancy. J Trauma 1975; **15**: 425 – 430.

Grabo DJ, Schwab CW. Trauma in Pregnant Women. In: Peitzman AB, Schwab CW, Yealy DM, Rhodes M, Fabian TC, eds. The Trauma Manual: Trauma and Acute Care Surgery 4th ed. Philadelphia PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2012: 228 – 233.

Iliya FA, Hajj SN, Buchsbaum HJ. Gunshot wounds of the pregnant uterus: report of two cases. J Trauma 1980; **20**: 90 – 92.

Mattox KL, Goetzl L. Trauma in pregnancy. Crit Care Med 2005; **33 (Suppl. 10)**: S385 – S389.

McNabney WK, Smith EI: Penetrating wounds of the gravid uterus. J Trauma 1972; **12**: 1024 – 1028.

Petrone P, Asensio JA. Trauma in pregnancy: assessment and treatment. Scand J Surg 2006; **95**: 4 – 10.

Pierson R, Mihalovits H, Thomas L, Beatty Rl. Penetrating abdominal wounds in pregnancy. Ann Emerg Med 1986; **15**: 1232–1234.

Wilson F, Swartz DP. Gunshot and war projectile wounds of the gravid uterus: case report and review of the literature. J Natl Med Assoc 1972; **64**: 8 – 13.

国際人道法

Customary International Humanitarian Law. Chapter 39, Rule 134. Women: The specific protection, health and assistance needs of women affected by armed conflict must be respected.
Available at: http://www.icrc.org/customary-ihl/eng/docs/v1.

Durham H. Women, armed conflict and international law. International Review of the Red Cross; 2002: **84 (847)**: 655 – 660. [doi: S1560775500090416]

Gardam JG. Femmes, droits de l'homme et droit international humanitaire. [Women, human rights and international humanitarian law.] International Review of the Red Cross 1998; **80 (831)**: 449 – 462.
[doi: S0035336100056008]

Gender Perspectives on International Humanitarian Law: Report on the International expert meeting. Stockholm, 4 – 5 October 2007. Co-hosted by the Swedish Ministry for Foreign Affairs, the Swedish Defence College, the Folke Bernadotte Academy and the Asia Pacific Centre for Military Law. Stockholm: Sweden Ministry for Foreign Affairs; 2008.

Krill F. La protection de la femme en droit international humanitraire. [The protection of women in International Humanitarian Law] International Review of the Red Cross 1985; **67 (756)**: 343 – 370.
[doi: S0035336100086123]

Lindsey C. Women Facing War: ICRC Study on the Impact of Armed Conflict on Women. Geneva: ICRC; 2001.

Lindsey-Curtet C. Afghanistan: An ICRC perspective on bringing assistance and protection to women during the Taliban regime. International Review of the Red Cross 2002; **87 (847)**: 643 – 654.
[doi: S1560775500090404]

Lindsey-Curtet C, Tercier Holst-Roness F, Anderson L. Addressing the Needs of Women Affected by Armed Conflict: An ICRC Guidance Document. Geneva: ICRC; 2004.

Mazurana D. Women in Armed Opposition Groups in Africa and the Promotion of International Humanitarian Law and Human Rights: Report of a Workshop, Addis Ababa, 23 – 26 November, 2005. Geneva: Geneva Call and Program for the Study of International Organizations; 2006.

de Preux J. Texte de Synthèse III: Protection spéciale des femmes et des enfants. [Special protection of women and children.] International Review of the Red Cross 1985; **67 (755)**: 297 – 307. [doi: S0035336100171424]

Rahim T. An identity of strength: personal thoughts on women in Afghanistan. International Review of the Red Cross 2002; **84** (847): 627 – 641. [doi: S1560775500090398]

Part E

第 36 章

Aarabi B, Alibaii E, Taghipur M, Kamgarpur A. Comparative study of functional recovery for surgically explored and conservatively managed spinal cord missile injuries. Neurosurgery 1996; **39**: 1133 – 1140.

Alaca R, Yilmaz B, Goktepe AS, Yazicioglu K, Gunduz S. Military gunshot wound-induced spinal cord injuries. Mil Med 2002; **167**: 926 – 928.

Buxton N. The military medical management of missile injury to the spine: a review of the literature and proposal of guidelines. J R Army Med Corps 2001; **147**: 168 – 172.

Comstock S, Pannell D, Talbot M, Compton L, Withers N, Tien HC. Spinal injuries after improvised explosive device incidents: implications for Tactical Combat Casualty Care. J Trauma 2011; **71 (Suppl.)**: S413 – S417.

Covey DC, Lurate RB, Hatton CT. Field hospital treatment of blast wounds of the musculoskeletal system during the Yugoslav civil war. J Orthop Trauma 2000; **14**: 278 – 286.

Duz B, Cansever T, Secer HI, Kahraman S, Daneyemez MK, Gonul E: Evaluation of spinal missile injuries with respect to bullet trajectory, surgical indications and timing of surgical intervention: a new guideline. Spine 2008; **33**: E746 – E753.

Goonewardene SS, Mangati KS, Sargeant ID, Porter K, Greaves I. Tetraplegia following spinal cord contusion from indirect gunshot injury effects. J R Army Med Corps 2007; **153**: 52 – 53.

Hammoud MA, Haddad FS, Moufarrij NA. Spinal cord missile injuries during the Lebanese civil war. Surg Neurol 1995: **43**: 432 – 442.

Harbrecht BG, Djurasovic M. Thoracolumbar spine trauma: diagnostic and therapeutic considerations for the general surgeon. Am Surg 2009; **75**: 191 – 196.

Jourdan P, Breteau JP, Volff P. Lésions de la moelle par projectile a trajet extra-rachidien. Approche historique, expérimentale et thérapeutique. [Spinal cord injuries caused by extraspinal gunshot. A historical, experimental and therapeutic approach]. Neuro- Chirurgie 1994; **40**: 183 – 195.

Kihtir T, Ivatury RR, Simon R, Stahl WM. Management of transperitoneal gunshot wounds of the spine. J Trauma 1991; **31**:1579 – 1583.

Klimo P Jr, Ragel BT, Rosner M, Gluf W, McCafferty R. Can surgery improve neurological function in penetrating spinal injury? A review of the military and civilian literature and treatment recommendations for military neurosurgeons. Neurosurg Focus 2010 **28** (5): E4.
Available at: http://thejns.org/doi/pdf/10.3171/2010.2.FOCUS1036.

Kossmann T, Trease L, Freedman I, Malham G. Damage control surgery for spine trauma. Injury 2004; **35**: 661 – 670.

Mirovsky Y, Shalmon E, Blankstein A, Halperin N. Complete paraplegia following gunshot injury without direct trauma to the cord. Spine 2005; **30**: 2436 – 2438.

Newcombe R, Merry G. The management of acute neurotrauma in rural and remote locations: a set of guidelines for the care of head and spinal injuries. J Clin Neurosci 1996; **6**: 85 – 93.

Ohry A, Rozin R. Acute spinal cord injuries in the Lebanon war, 1982. Isr J Med Sci 1984; **20**: 345 – 349.

Splavski B, Vranković D, Šarić G, Blagus G, Muršić B, Rukovanjski M. Early management of war missile spine and spinal cord injuries: experience with 21 cases. Injury 1996; **27**: 699 – 702.

Waters RL, Adkins RH. The effects of removal of bullet fragments retained in the spinal canal. A collaborative study by the National Spinal Cord Injury Model Systems. Spine 1991; **16**: 934 – 939.

頸椎固定(追加文献)

Cornwell EE, Chang DC, Bonar JP, Campbell KA, Phillips J, Lipsett P, Scalea T, Bass R. Thoracolumbar immobilization for trauma patients with torso gunshot wounds: Is it necessary? Arch Surg 2001; **136**: 324 – 327.

Haut ER, Kalish BT, Efron DT, Haider AH, Stevens KA, Kieninger AN, Cornwell EE, Chang DC. Spine immobilization in penetrating trauma: more harm than good? J Trauma 2010; **68**: 115 – 121.

Inaba K, Barmparas G, Ibrahim D, Branco BC, Gruen P, Reddy S, Talving P, Demetriades D. Clinical examination is highly sensitive for detecting clinically significant spinal injuries after gunshot wounds. J Trauma 2011; **71**: 523 – 527.

Kupcha PC, An HS, Cotler JM. Gunshot wounds to the cervical spine. Spine 1990; **15**: 1058 – 1063.

Lanoix R, Gupta R, Leak L, Pierre J. C-spine injury associated with gunshot wounds to the head: retrospective study and literature review. J Trauma 2000; **49**: 860 – 863.

Lustenberger T, Talving P, Lam L, Kobayashi L, Inaba K, Plurad D, Branco BC, Demetriades D. Unstable cervical spine fracture after penetrating neck injury: a rare entity in an analysis of 1,069 patients. J Trauma 2011; **70**: 870 – 872.

Splavski B, Vranković D, Blagus G, Muršić B, Iveković V. Spinal stability after war missile injuries of the spine. J Trauma 1996; **41**: 850 – 853.

Stuke LE, Pons PT, Guy JS, Chapleau WP, Butler FK, McSwain NE. Prehospital spine immobilization for penetrating trauma – review and recommendations from the Prehospital Trauma Life Support Executive Committee. J Trauma 2011; **71**: 763 – 770.

Vanderlan WB, Tew BE, McSwain NE Jr. Increased risk of death with cervical spine immobilization in penetrating cervical trauma. Injury 2009; **40**: 880 – 883.

脊髄損傷患者の管理

American Spinal Injury Association. Dedicated website; for learning materials see: http://www.asia-spinalinjury.org/elearning/elearning.php.

Burgdörfer H, Heidler H, Madersbacher H, Kutzenberger J, Palmtag H, Pannek J, Sauerwein D, Stöhrer M. Manual Neuro-Urology and Spinal Cord Lesion. Guidelines for Urological Care of Spinal Cord Injury Patients

4th edition. Cologne: German Working Party on Urological Rehabilitation of Spinal Cord Injury Patients; 2007.

Consortium for Spinal Cord Medicine. Bladder Management for Adults with Spinal Cord Injury: A Clinical Practical Guideline for Health-Care Providers. Washington, DC: Paralyzed Veterans of America; 2006. Available at: http://www.pva.org.

icord International Collaboration On Repair Discoveries. University of British Columbia and Vancouver Coastal Health Research Institute.
Available at: http://icord.org. [A general web site on the care of patients with spinal cord injuries.]

Kirshblum SC, Burns SP, Biering-Sorensen F, Donovan W, Graves DE, Jha A, Johansen M, Jones L, Krassioukov A, Mulcahey MJ, Schmidt-Read M, Waring W. International Standards Committee of ASIA. International Standards for Neurological Classifications of Spinal Cord Injury. Revised 2011. J Spinal Cord Med 2011; **34**: 535 – 546. [doi 10.117 9/204577211X13207446293695]

NIDRR National Institute on Disability and Rehabilitation Research Consensus Statement. The prevention and management of urinary tract infections among people with spinal cord injuries. J Amer Parapleg Soc 1992; **15**: 194 – 204.

Parikh RP, Franzen M, Pope C, Gould L. Autonomic dysreflexia: be aware and be prepared. Wounds 2012; **24**: 160 – 167.

Vaidyanathan S, Soni B, Oo T, Hughes P, Singh G, Pulya K. Autonomic dysreflexia in a tetraplegic patient due to blocked urethral catheter: Spinal cord injury patients with lesions above T-6 require prompt treatment of obstructed urinary catheter to prevent life-threatening complications of autonomic dysreflexia. Internat J Emerg Med 2012; **5**: 6. Available at: http://www.intjem.com/content/5/1/6.

Part F

Adler D, Mgalula K, Price D, Taylor O. Introduction of a portable ultrasound unit into the health services of the Lugufu refugee camp, Kigoma District, Tanzania. Int J Emerg Med 2008; **1**: 261 – 266. [doi 10.1007/s12245-008-0074-7]

American Thoracic Society. Fair allocation of intensive care unit resources. Am J Respir Crit Care Med 1997; **156**: 1282 – 1301.

Dünser MW, Baelani I, Ganbold L. A review and analysis of intensive care medicine in the least developed countries. Crit Care Med 2006; **34**: 1234 – 1242.

Eyssallenne AP. How far do you go? Intensive care in a resource-poor setting. N Engl J Med 2012; **367**: 8 – 9.

Gatrad AR, Gatrad S, Gatrad A. Equipment donation to developing countries. Anaesthesia 2007; **62 (Suppl. 1)**: 90 – 95.

Jarvis DA, Brock-Utne JG. Use of an oxygen concentrator linked to a draw-over vaporizer (anesthesia delivery system for underdeveloped nations). Anesth Analg 1991; **72**: 805 – 810.

McCormick BA, Eltringham RJ. Anaesthesia equipment for resource-poor environments. Anaesthesia 2007; **62 (Suppl.)**: 54 – 60.

Okafor UV. Challenges in critical care services in Sub-Saharan Africa: perspectives from Nigeria. Indian J Crit Care Med 2009; **13**: 25 – 27. [doi: 10.4103/0972-5229.53112]

Rathore MFA, Hanif S, New PW, Butt AW, Aasi MH, Khan SU. The prevalence of deep vein thrombosis in a cohort of patients with spinal cord injury following the Pakistan earthquake of October 2005. Spinal Cord 2008; **46**: 523 – 526.

Saraf SK, Rana RJ, Sharma OP. Venous thromboembolism in acute spinal cord injury patients. Indian J Orthop 2007; **41**: 194 – 197.

Sippel S, Muruganandan K, Levine A, Shah S. Review article: Use of ultrasound in the developing world. Int J Emerg Med 2011; **4**: 72.
sAvailable at: http://www.intjem.com/content/4/1/72.

Towey RM, Ojara S. Intensive care in the developing world. Anaesthesia 2007; **62 (Suppl.)**: 32 – 37.

Wilson RM, Michel P, Olsen S, Gibberd RW, Vincent C, El-Assady R, Rasslan O, Qsous S, Macharia WM, Sahel A, Whittaker S, Abdo-Ali M, Letaief M, Ahmed NA, Abdellatif A, Larizgoitia I, for the WHO Patient Safety EMRO/AFRO Working group. Patient safety in developing countries: retrospective estimation of scale and nature of harm to patients in hospital. BMJ 2012; **344**: e832. [doi: 10.1136/bmj.e832]

World Health Organization. Guidelines for Health Care Equipment Donations. Geneva: WHO; 2000. Available at: http://www.who.int/hac/techguidance/pht/1_equipment%20donationbuletin82WHO.pdf.

我々の使命

赤十字国際委員会（ICRC）は、公平、中立で独立した機関で、その真に人道的な使命は、紛争や他の暴力による犠牲者の生命と尊厳を守り、支援を提供することである。

ICRC はまた、人道法と普遍の人道の原則を奨励し、強化することで苦痛を防ぐ努力をしている。

1863 年に設立された ICRC は、ジュネーヴ条約と赤十字赤新月運動の原点である。ICRC は、紛争や他の暴力的状況における運動を通じた国際的な活動を指揮し、調整する。

WAR SURGERY Volume 2

2016 年 4 月 1 日　初版

著者　C. Giannou/ M.Baldan/ Å. Molde

監訳　中出雅治

発行所　日本赤十字社

〒105-8521 東京都港区芝大門1-1-3

電話 03-3438-1311

印刷・製本　サン美術印刷株式会社

©2016 日本赤十字社 Printed in Japan

ISBN 978-4-908818-02-8

禁無断転載

ICRC

4105/209 03.2016 200