



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



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
近衛忠輝

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識し、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な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 駐日事務所の眞壁仁美、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 頸部損傷		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ジメント	361
30.9	喉頭気管損傷の外科的マネジメント	365
30.10	咽頭食道損傷の外科的マネジメント	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 (Volume 1) 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、理学療法テクニックを扱ったICRCのパフレット、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)	Jorma Salmela (Finland)
Mauro Della Torre (Italy)	Valery Sasin (Byelorussia)
Herman Du Plessis (South Africa)	Harald Veen (Netherlands)
Jacques Goosen (South Africa)	Günter Wimhoefer (Germany)
Hans Husum (Norway)	

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 Muhyiddin 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月にジュネーブで開催され、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 Garatti (Italy) representing the non-governmental organization EMERGENCY
Marco Baldan (Italy)	Christos Giannou (Greece-Canada)
Ken Barrand (UK)	Richard Gosselin (Canada)
Massey Beveridge (Canada)	Fabrice Jamet (France)
Daniel Brechbuehler (Switzerland)	Paul MacMaster (UK)
Amilcar Contreras (El Salvador)	MSF (Netherlands)
Mauro Della Torre (Italy)	Enrique Steiger (Switzerland)

Jean-Marc Fiala (Switzerland)

Kazmer Szabo (Hungary)

Tesfaye Makonnen (Ethiopia)

Harald Veen (Netherlands)

Alberto Nardini (Italy)

Julio Guibert Vidal (Peru)

Hassan Nasreddine (Lebanon-Switzerland)

Gunter Wimhoefer (Germany)

Valery Sasin (Byelorussia)

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 Pattani 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、バ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。

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。

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製したものである。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。

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なってきており、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。



写真 A.1 様々な砲弾

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. *An Intimate History of Killing: Face-to-Face Killing in Twentieth-Century Warfare*. London: Granta Books; 1999.

A.2 弾薬の構成



写真 A.2 民間や軍で使用されるプラスチック爆弾



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、碎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、プラスチック爆弾(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、必要な時間に必要の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、薬莖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、銃身を通して弾が発射される(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、閃光や煙を発生する。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。

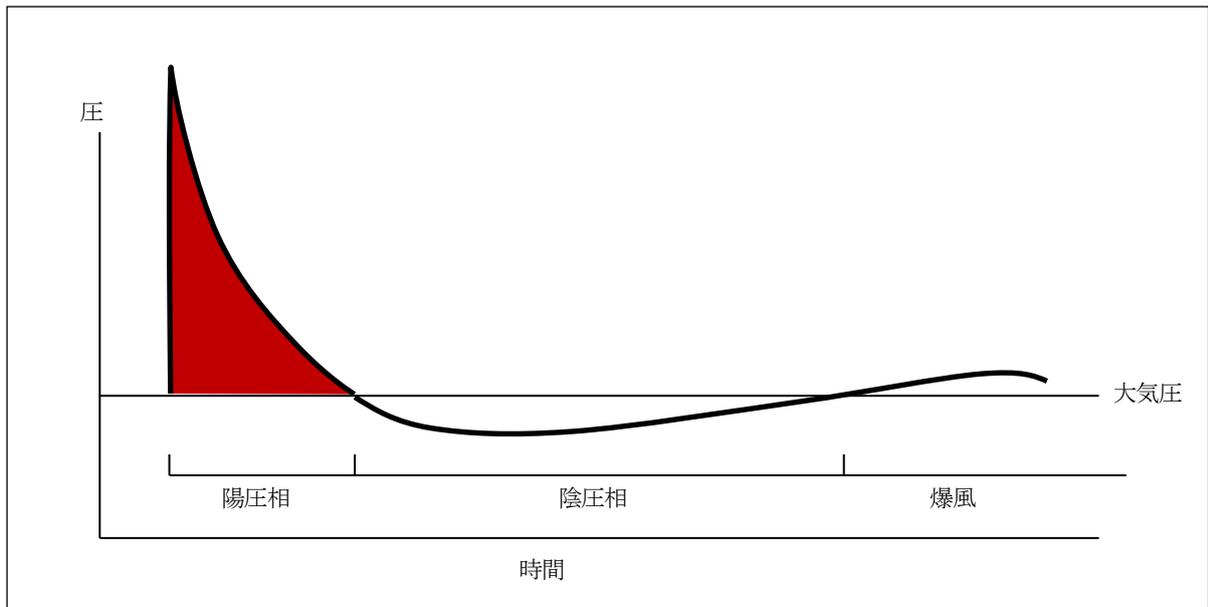


図 A.4 フリードランダー曲線:障害物がない状態での空中での爆発における圧力と時間の関係。この曲線の下方が、単位面積当たりの衝撃の合計となる。
 陽圧衝撃波:周囲の媒体(空気、水、またはグラウンド)を通して伝わる超過気圧の波。高エネルギーのものだけが、衝撃波となる。
 陰圧または希薄相:吸引波で、これも高エネルギーの爆発のみで起こる。
 爆風:大量の燃焼産物と熱風を伴う動的な超過気圧のフェーズ。高エネルギー、低エネルギー両方の爆発で起こる。

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、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)。

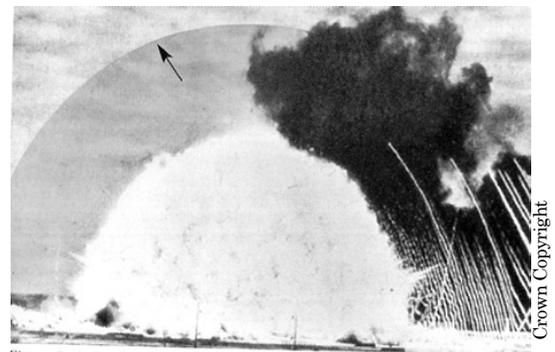


写真 A.5 blast front を矢印で示す。

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

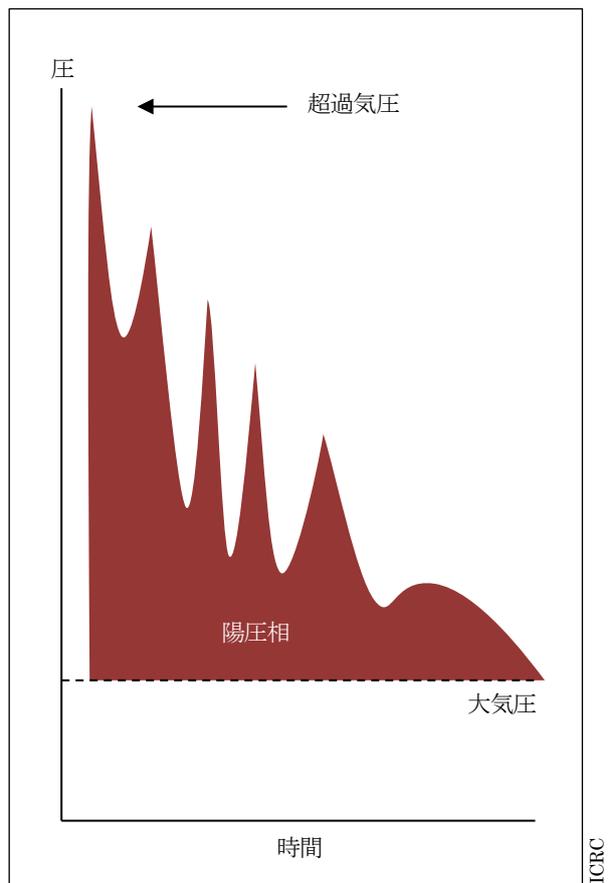
爆弾から発する急激に拡張するガスは、同体積の空気を移動させ、爆風を作り出す。この大量の空気の動きは「動的な超過圧(dynamic overpressure)」を生成する。これは衝撃波のすぐ後ろを動いていくが、その速度ははるかに小さい。とはいえ、その速度は数百 km/時(およそ 100m/秒)に達する。強度は衝撃波よりもはるかに小さいが、持続時間ははるかに長く、到達距離も大きい。衝撃波の破壊力によって、あらゆる物体をなぎ倒して粉々にし、まき散らす。

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 안전한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. 薬莖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/m²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(bar)という用語が使用される。1 バーは、100 キロパスカルに相当し、これは海拔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/cm²と同等である。
7. Harrison 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、近距離では致命的となるが、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。

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



写真 A.8 不発弾

M. Kojic/ICRC

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 月ジュネーブ。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」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



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

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 Jars² 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。



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る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・ボローニャ駅 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.
レバノン・ベイルート 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・パリ地下鉄 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 公営バス 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・オクラホマ連邦ビル 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.
イェメン・アデン 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.
サウジアラビア・コーパータワー 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.
スウェーデン・ヘルシンキ ショッピングセンター 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.
パキスタン・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	
スペイン・マドリッド 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.
ロンドン公共交通機関爆破 地下鉄3か所+バス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)にマドリッ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年にマドリッ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動きに類似している。

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ジ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。

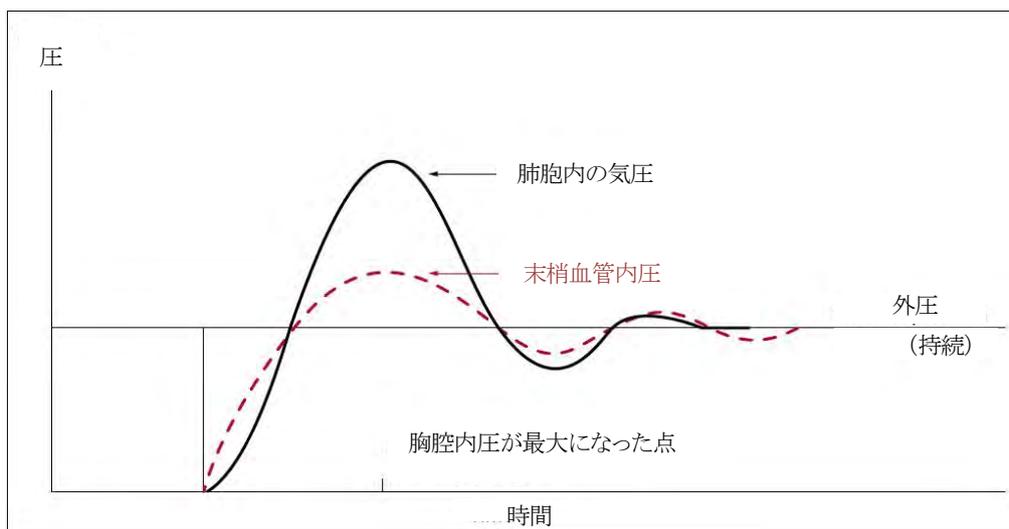


図 19.4

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泡毛細管壁は破裂し、血管内から肺泡へ血液が流れ込む。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、肺泡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時間から始まり、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、爆発による腸管損傷の所見は似て非なるものである。開腹時に一次爆発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。



写真 19.5

脛骨部で外傷性切断された下腿。

M. Della Torre / ICRC

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。こうしたマイクロの変性は、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へるため、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、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のものがある。

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。

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。



写真 19.6
組織内にガラス片を認める。

- Hill JF. 1979.より改変
- 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.
- Cernak I, Savic J, Ignjatovic D, Jevtic M: Blast injury from explosive munitions. *J Trauma* 1999; **47**: 96 – 104.
- 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.
- 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.
- Guy RJ, Kirkman E, Watkins PE, Cooper GJ. Physiologic responses to primary blast. *J Trauma* 1998; **45**: 983 – 987.
- 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人が多い。

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ことよい。

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命的な経過をたどり、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

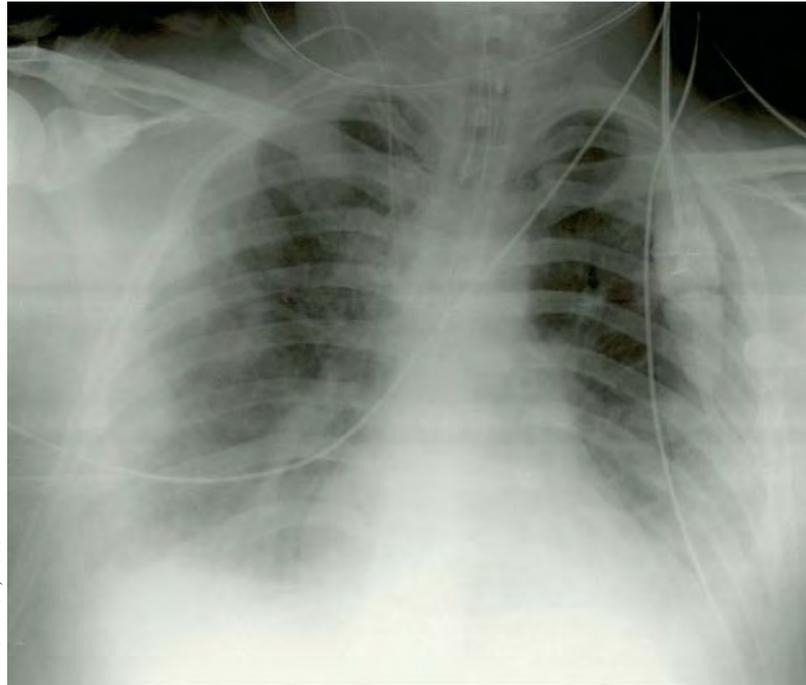
爆傷症例を扱う際には、少しでも呼吸に関する所見を認めた場合は、全例に胸部レントゲン写真を撮影し、パルスオキシメーター装着して4～6時間の経過観察を行う。

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。



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かまとう。

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する。

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。

肺泡破裂や肺動脈-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、医師の注意がそれによっ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ぬ場合もある。
- ・ 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。



C. 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、恐らく論じることに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の大多数にのぼり、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ない対戦車地雷爆発の方が、より致命的なものであった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もある。2つ目は、地面に大きな穴が開くことにより、多量の土砂が非常に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

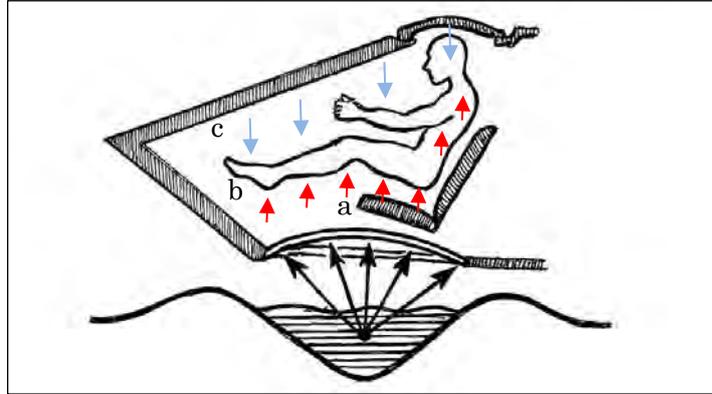
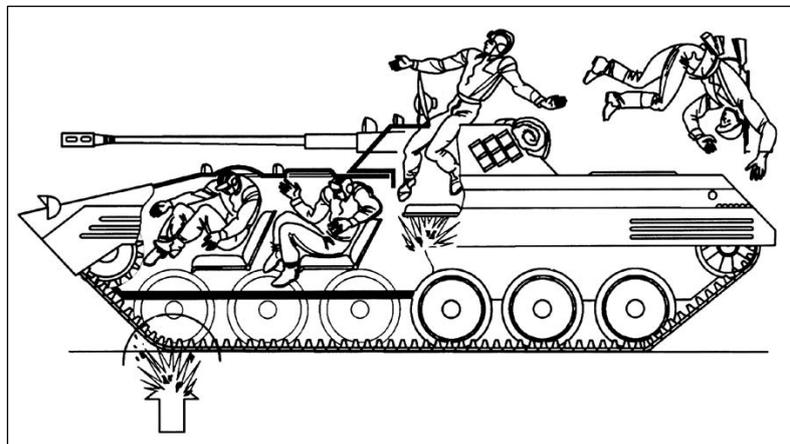


図 20.4

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°Cから1,000°Cにも達することがある。

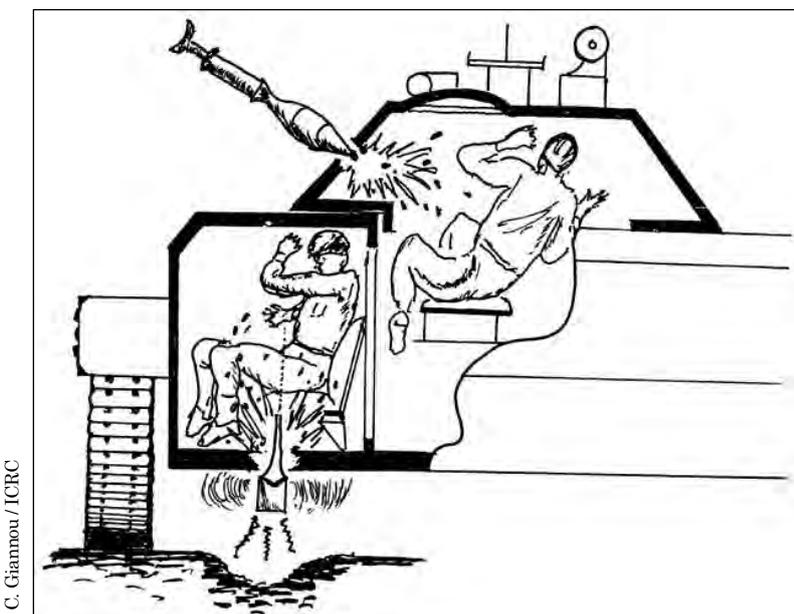


図 20.5

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と同じである。

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、一見健全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。

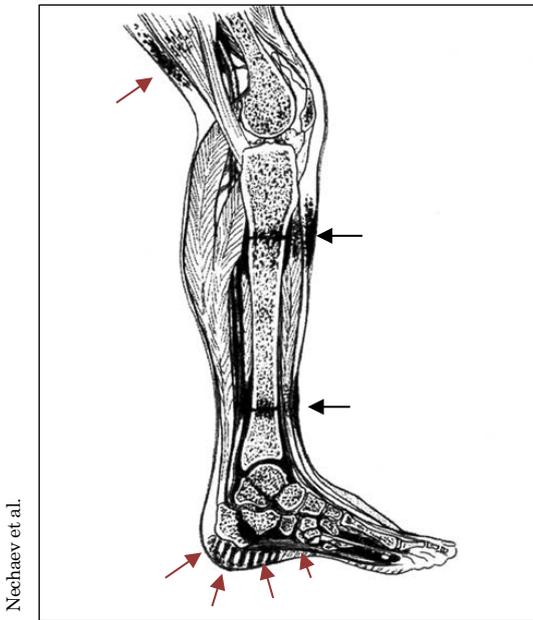


図20.6
 “*pied de mine*” の損傷メカニズム
 → 第一の直接的衝撃が伝わるゾーンと負荷の方向
 → 間接的に骨折を来すゾーン

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、頸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次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



P. Duroit / 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。

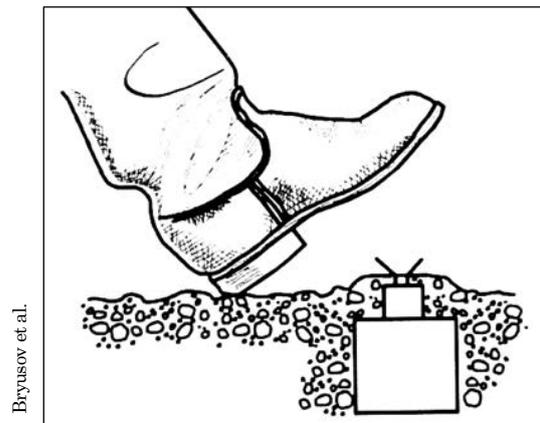
21.2.1 爆風地雷 (Blast mine)

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。



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

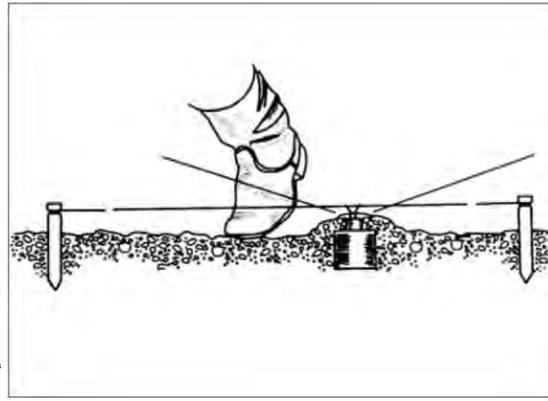


図 21.3.2
トリップワイヤーに引っかかり、地雷が作動する。



写真 21.3.3
指向性破片式地雷

21.3 創傷の臨床病理学的パターン

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)

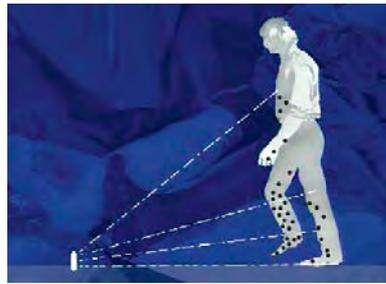
第3章1.3で述べられているように、ICRC 外科医はフィールドでの経験をもとに、爆風損傷に3種類の臨床病理学的パターンがあると定義した²。損傷形態がこの3つのパターンのどれに該当するか見極めることは、病院資源と長期間のリハビリをどの程度必要とするかを決定するために重要である。地雷による外傷性切断を負った者に必要な資源とリハビリの度合いは、切断を免れた者や、もっと一般的に言えば、他の戦傷患者とは比較にならないくらい大きい。

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.



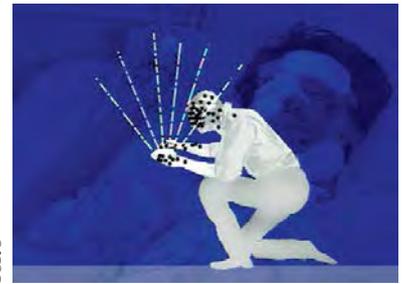
ICRC

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いないため、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 Dayton 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、その後は人々は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。

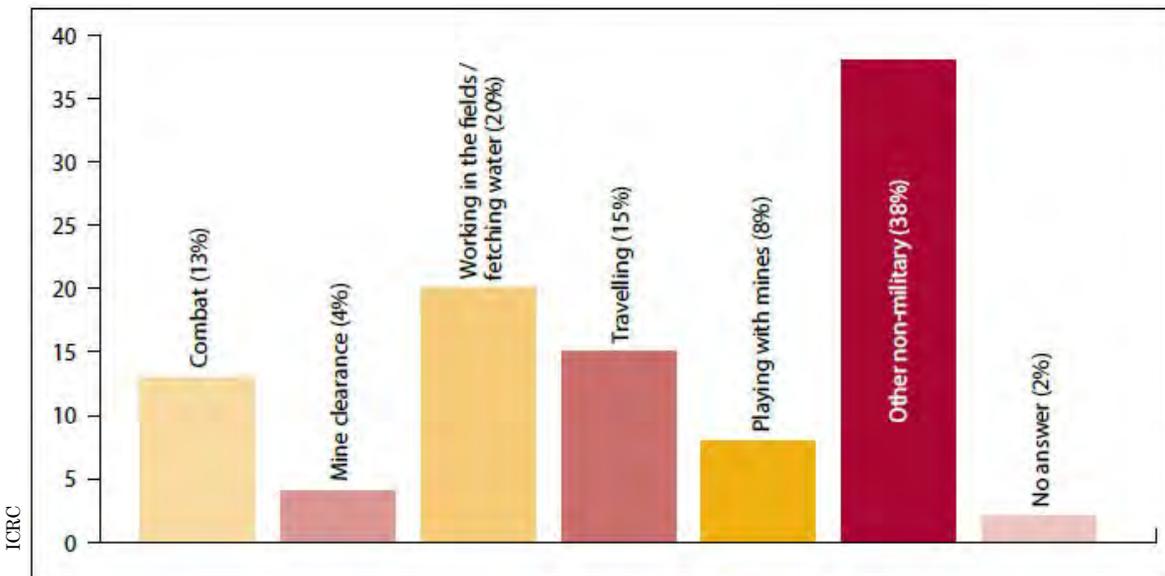


図 21.8 ICRC ペシャワール病院データ 1992 – 93: 地雷負傷者の受傷時の活動内容 (N = 600).⁷

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。

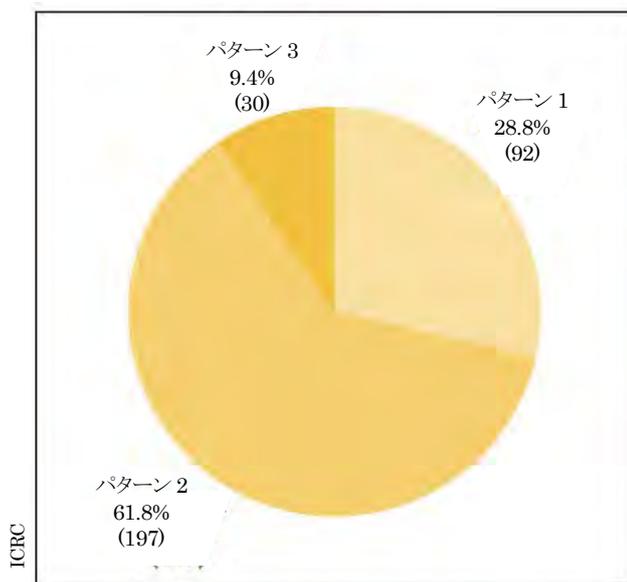


図 21.9
カンボジア、モンゴルボレイ病院における対人地雷の受傷パターン内訳
1991年1月～8月 319例
パターン 1: 外傷性下肢切断
パターン 2: 破片型地雷の破片による受傷
パターン 3: 外傷性手切断

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、粉碎する。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。

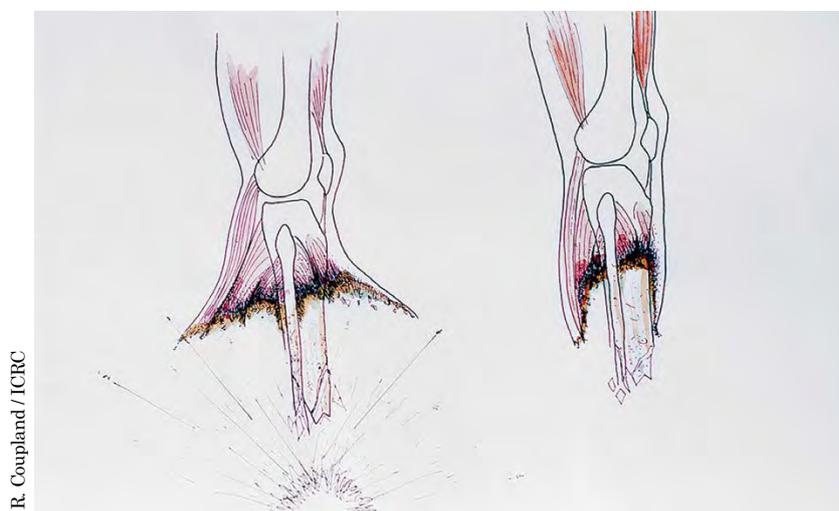


図 21.10.1

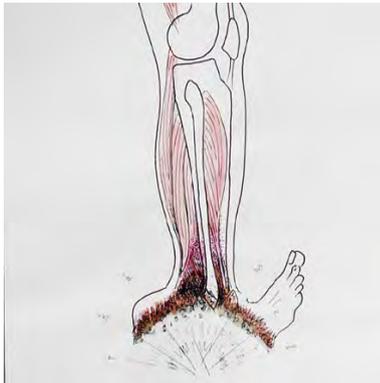
大量の爆薬による典型的なパターン 1 創傷例において、損傷し断裂した皮膚と筋が、押し出され元に戻る「umbrella effect」の様子を図示する。深部組織の方が表層組織よりも損傷が激しい。



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。

ICRC

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し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。

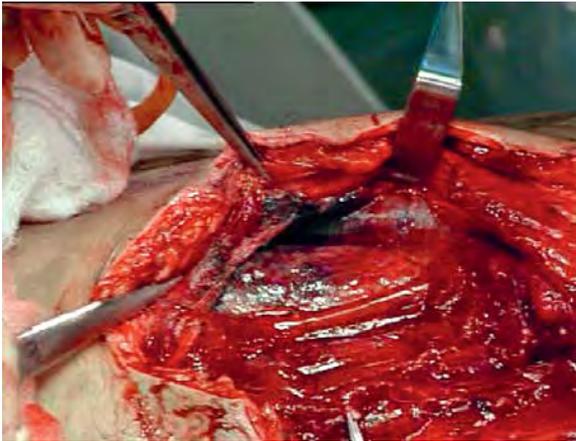


写真 21.12.2
爆風効果により、受傷部位よりかなり離れていても、筋膜に沿った部位での汚染と挫傷を認める。

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部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、爆発による粉碎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は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う。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.

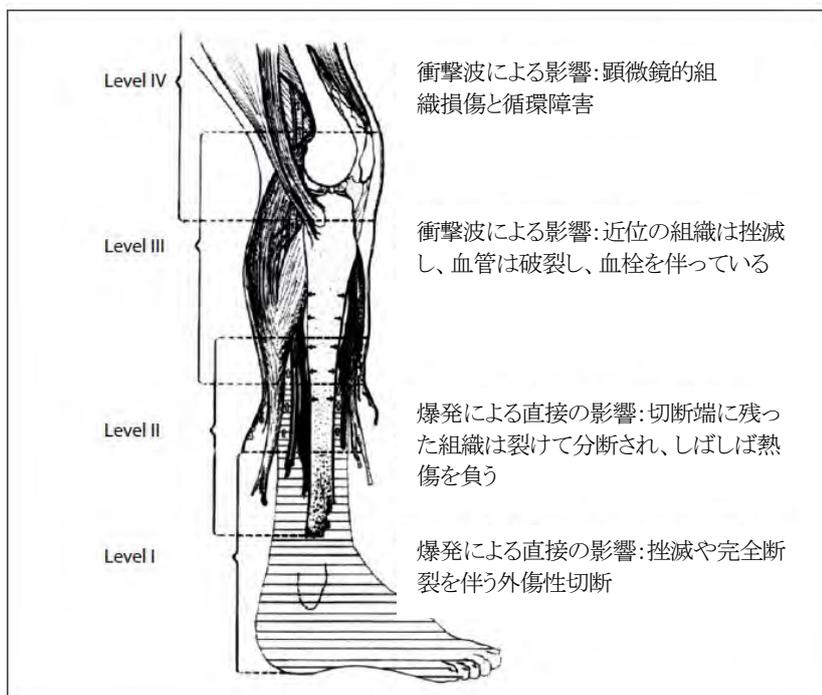


図 21.13.1
外傷性切断の際の損傷レベル



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。

ICRC

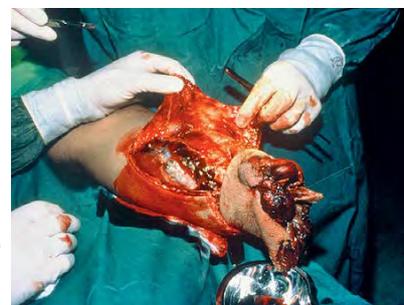
圧力波が四肢の血管内に到達すると、血管内膜や中膜に様々なレベルの亀裂が入るため、二次的に血栓が形成され得る。また、筋挫傷に伴いコンパートメント症候群が生じ得る。



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ネケットを装着してしまいがちである。しかし、通常このターネ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ネ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ネケットの、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 膝の高さでターネケットが 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。

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付きまとう。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。



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

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. Winiwiler / 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、創部を石鹼と水を用いて念入りにブラッシングしないとイケない。

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、浅層組織の健全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、

- ・ 踝までの粉碎損傷であれば、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。

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。

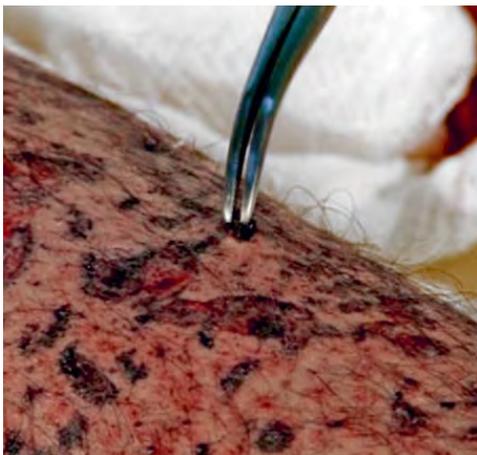


ICRC

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かもしれない。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。その代わりに、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。



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。



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。



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、それは最初の一步にすぎない。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、融合していかなけれ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



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)



写真 21.A.2
ブリレップ近隣の村(コンボ)

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。



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)



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、バットアンバン県)

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
B.9.1	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。

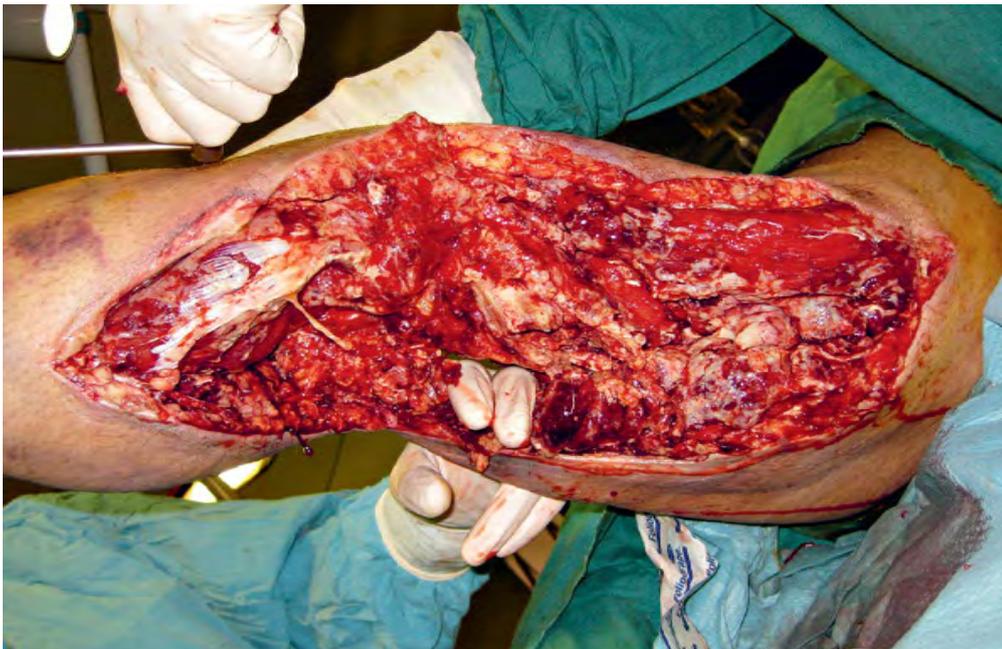


写真 B.1
症例は骨折をしているが、主たる問題点は別にある。

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「おさなりに」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是非常に多く、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序別の発生比率(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、粉碎骨折の程度、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. McNamara 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。

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。



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。



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

K. Barrand / ICRC

T. Gassmann / 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。

D. Cooke / ICRC

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)の可能性はある。
- ・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。何が起きているか、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全組織内に、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碎骨折 (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 cm 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。



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。また重篤な粉碎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。



写真 B.5
右臀部の中等度エネルギー外傷

V. Sasin / ICRC

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、重篤な粉碎骨折を伴い、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ネ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

るかも知れない。文化的背景を考慮するにあたって、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、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。

二期的デブリッドマンや連続デブリッ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ッドマンは、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. Almgoy 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、血管損傷部位の中樞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、組織内圧を下げる事ができる（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

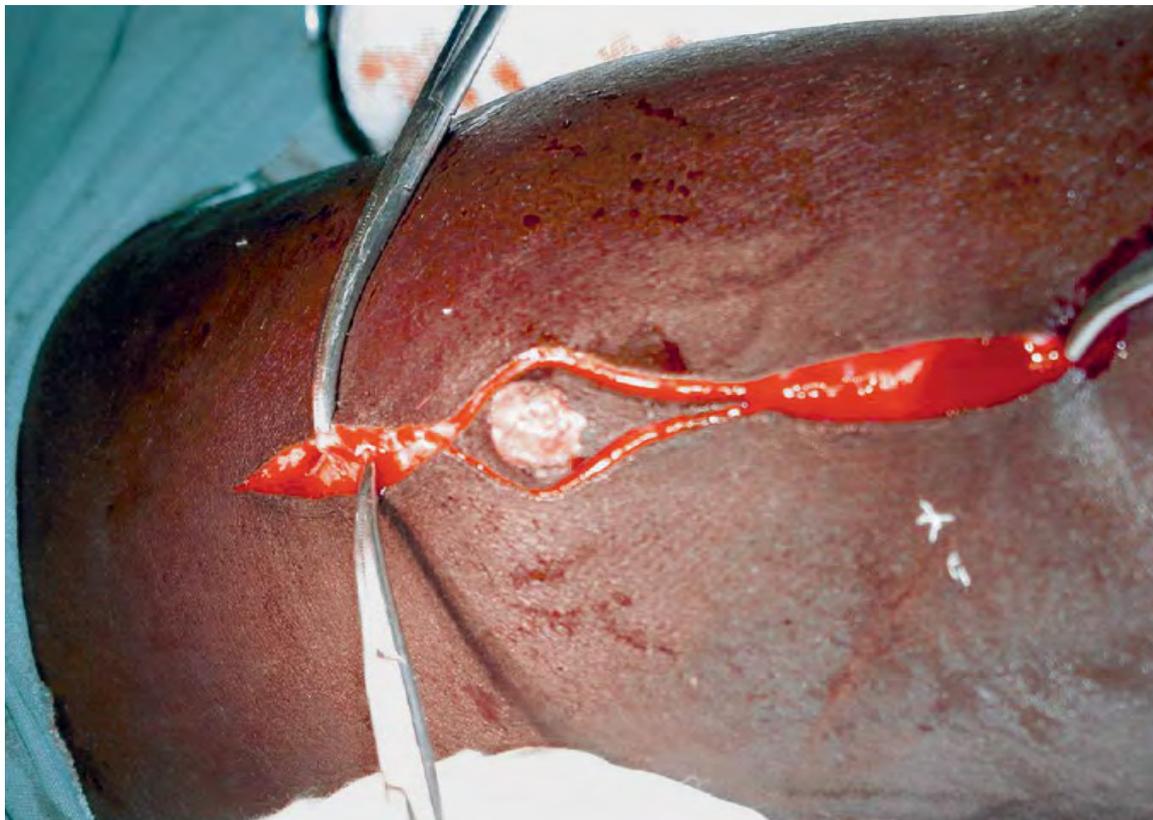
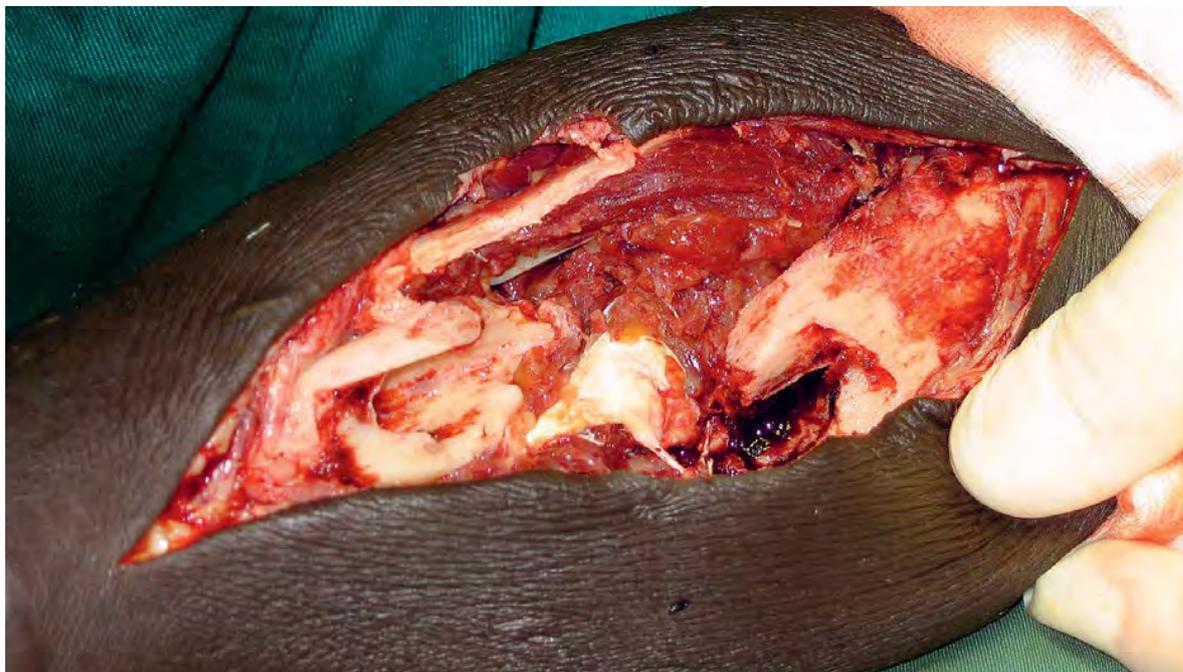


写真 B.7.2
皮膚と筋膜は広く切開され、組織内圧の減圧と創深部への到達が可能となった。

- 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、骨の先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。

- 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。
- 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。
- 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。
- 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。一次的神経縫合は行うべきではない。
- 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。
- 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。
- 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、カスティール石鹼など)。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 1965~66⁸

- ・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



写真 B.7.4
除去された遊離皮質骨片

H. Nasreddine / ICRC

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、一次的縫合や、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
創は一次的に縫合せずに開放創とし、広くドレッシングを行う。

戦傷は決して一次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、急性感染の兆候が見られた場合も、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.



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。



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「悪い嫌な匂い(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。

例外的に待機的な一次閉創(DPC)が行われえない場合がある。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考えられる。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や圧迫の強さ、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様であり、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す、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 Reconstr 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. Berrand / JCR

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。

コンパートメン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。



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。

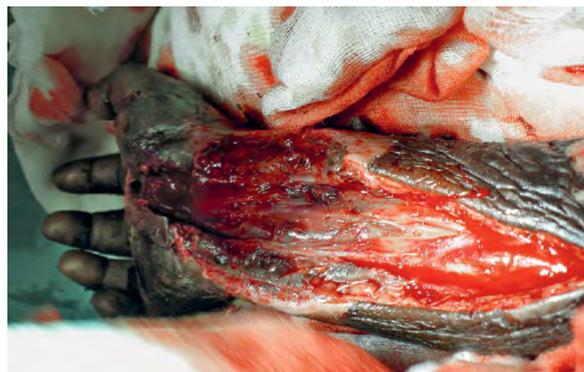


写真 B.10.3
前腕のコンパートメント症候群。筋壊死を伴う。

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。

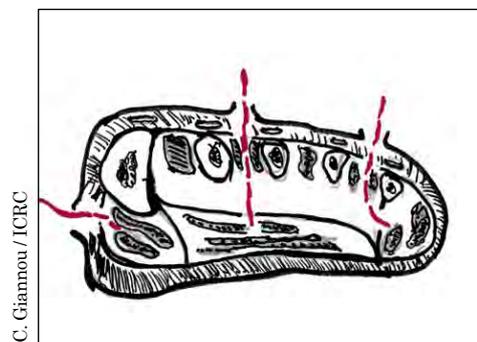


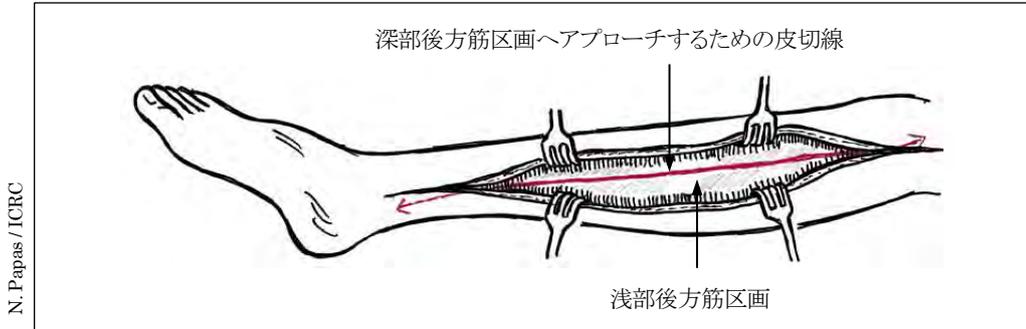
図 B.11.1&2
足部の筋膜切開のための皮切ライン

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。

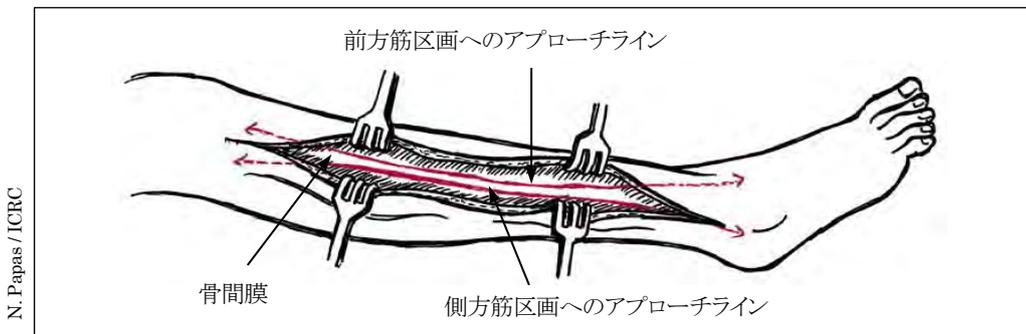
筋膜切開は長軸方向の全長にわたって行う。最も大きな間違いは、筋膜切開が短すぎることである。

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 cm 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。



N. Papas / ICRC

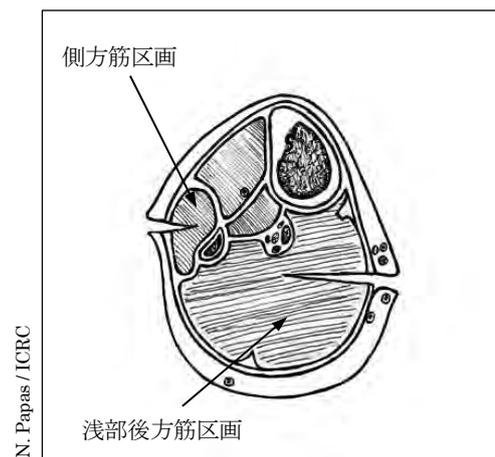
図 B.12.1
下腿内側の筋膜切開のための皮切線



N. Papas / ICRC

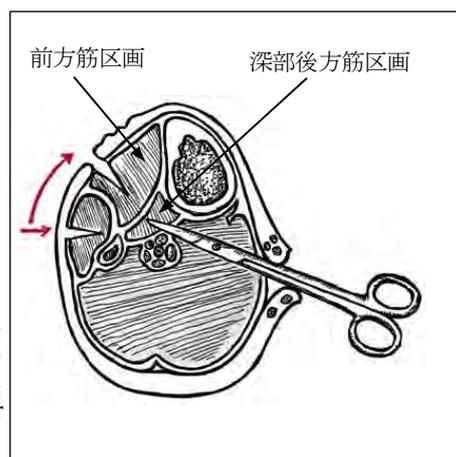
図 B.12.2
下腿前外側の筋膜切開のための皮切線

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。



N. Papas / ICRC

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。



N. Papas / ICRC

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。

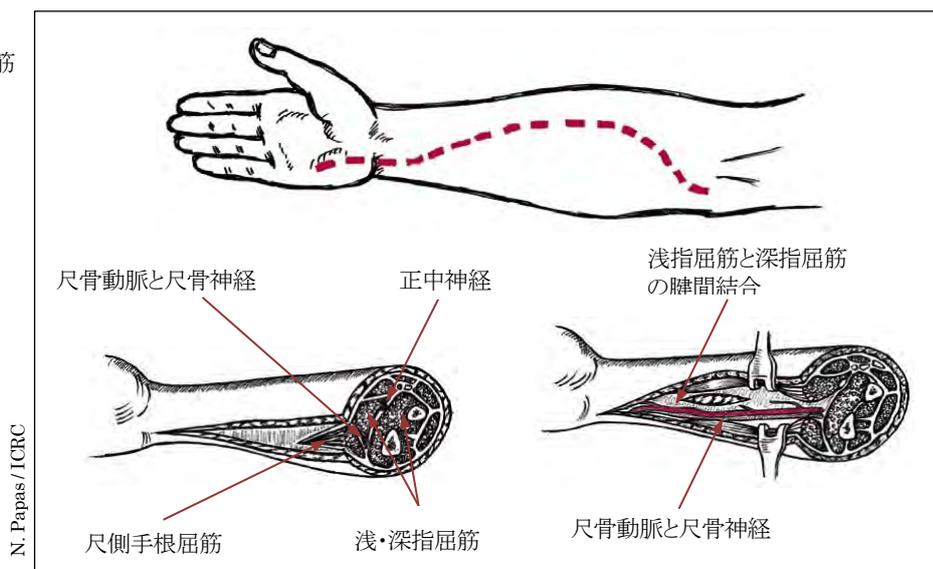
B.10.4 前腕と手の筋膜切開

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ことよい。



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)等がそれに当たる(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。特に高度るい瘦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。
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。



T. Gassmann / ICRC

写真 B.1
成人用のエアターニケット

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、単純骨折や粉碎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いよい。患者はひどい痛みを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
- ・ターネットの装着
- ・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。

受傷現場でターネ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ネ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ネットは必要ない。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ネ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。最良の姿勢は、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, Ereke 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、待機的な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、重篤な粉碎骨折を引き起こす。

「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. Gray²

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。

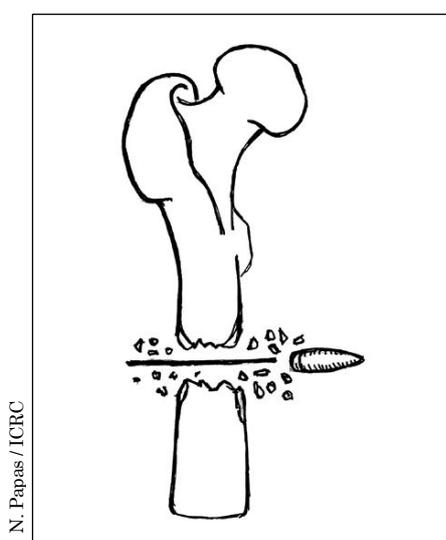
第3章4.5で示しているように、弾丸が射撃溝のどの段階で骨に着弾したかが重要である。このことは、大小の射出創が存在することを説明している。

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に決まる。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康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。

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、密度が高くて厚く、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、射撃溝内を通過して、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碎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



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。

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、または弾薬囊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

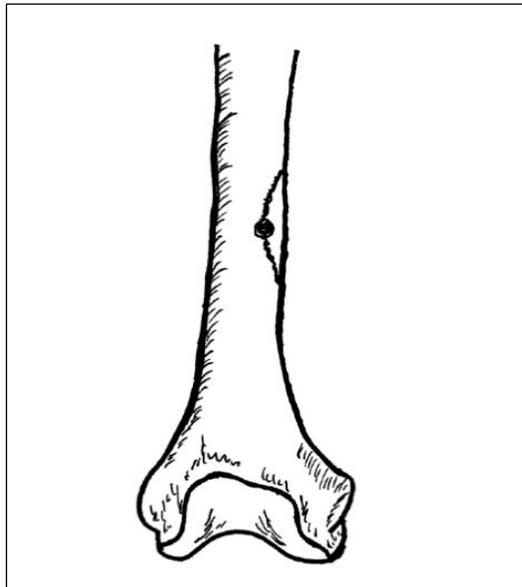


図 22.3.2
一側の皮質骨のみ全層骨折したくぼみ型骨折。小骨片が骨幹部から剥離している。時にはくぼみの部分から周囲に変位を伴わない骨折が広がっていることがある

F. Plani / ICRC



写真 22.4.1
脛骨の蝶形骨折(butterfly fracture)

N. Papas / ICRC

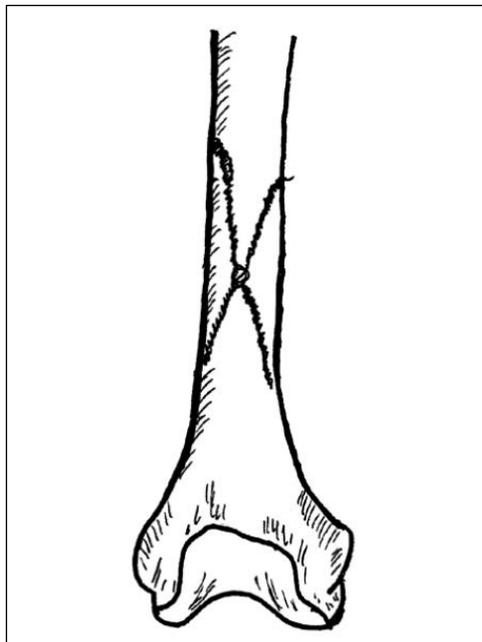


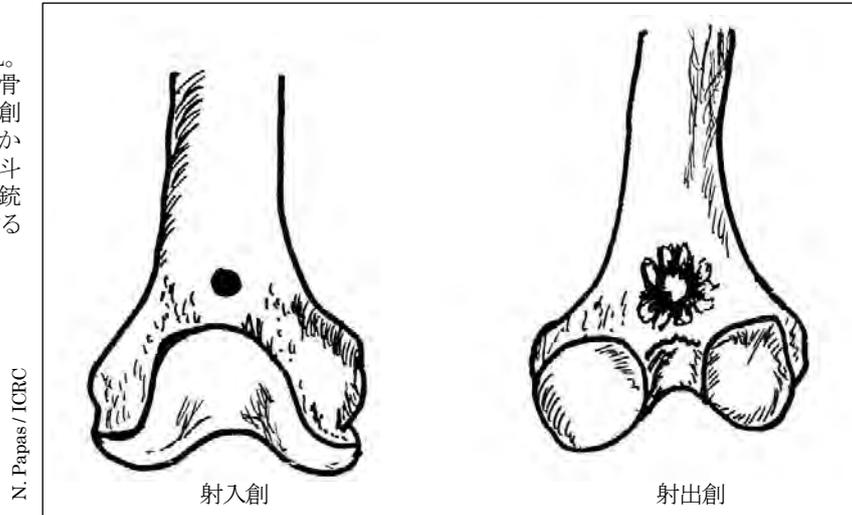
図 22.4.2
二重蝶形骨折(double butterfly fracture)

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、限局性の粉碎骨折で、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、骨幹部を貫通している。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)。



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、骨髓がない。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、直ちに乏血管性の癆痕組織によって覆われ、周囲組織から隔離化される。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



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。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、軽度の粉碎骨折 (F1)、重篤な粉碎骨折 (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。



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。



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。



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。



写真 22.9.1- 2
重篤な粉碎骨折と、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を選択を迫られることになる (B.5.1 参照)。



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はない。「**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搔爬しておく。
- ・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、髄腔内を搔爬する。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. Nikolić 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. Hekest / 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。

H. Nasreddine / ICRC



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骨髄組織を確認できる所まで搔爬する。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の意味する。

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	粉碎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 石膏ギブス(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)

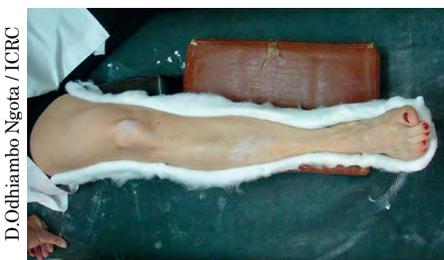


D.Odhiambo Ngota / ICRC

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



D.Odhiambo Ngota / ICRC

多くの骨折症例で、初回デブリッドマン後に 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。



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 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。

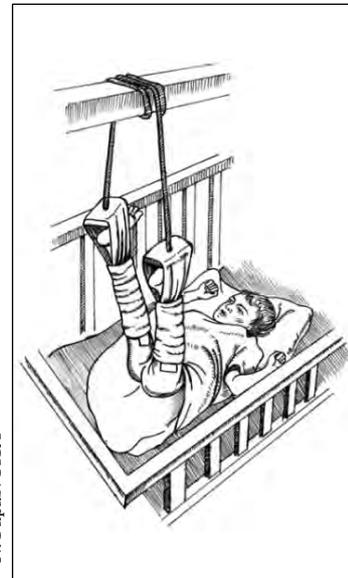
生理学的牽引や機能的牽引も有用である。鎖骨骨折に対しては、三角巾で腕を吊るか、8の字包帯で固定する。上腕骨骨折に対しては、cuff-and-collar slingを用いて患肢の前腕部を首から吊るとよい(Functional brace法)。

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。

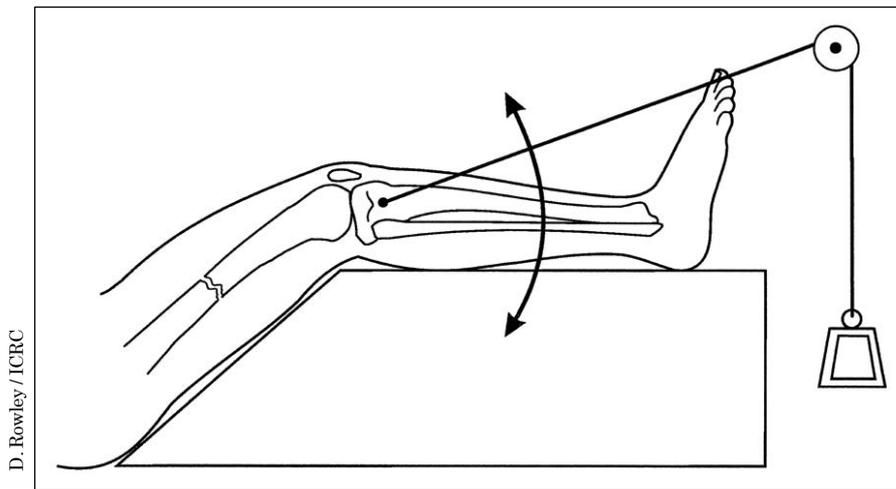
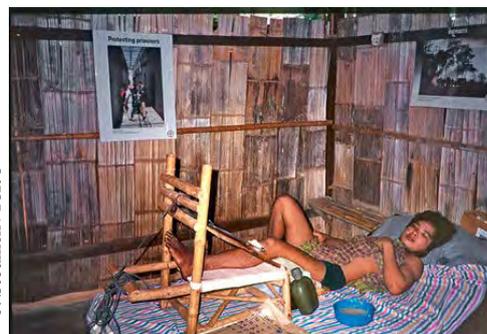


図 22.15
大腿骨骨折症例では脛骨に刺入したピンによって牽引を行う。この際、膝関節がほぼ完全伸展するように重錘を調節する。ピンの位置は、患肢の肢位や膝の動きに関わらず、大腿骨に掛かる力が一定の方向に集約されるように設置される。そのため、下腿部に敷く台の角度によって、膝関節は牽引中も 90°屈曲が可能である(写真 22.B.24 参照)。



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

- 粉碎骨折症例で、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。



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少ない。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、次に待機的な一次閉創を行う。これは、外傷の重症度や、患者の生理的状态にかかわらず、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.

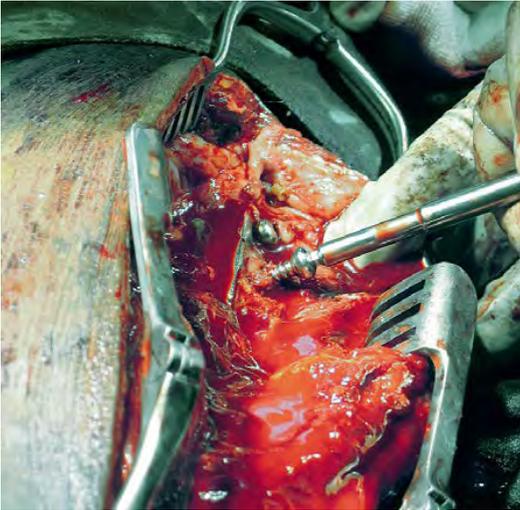


写真 22.18.1
創内から膿の流出を認める。内固定プレートとネジを除去しなければならない。

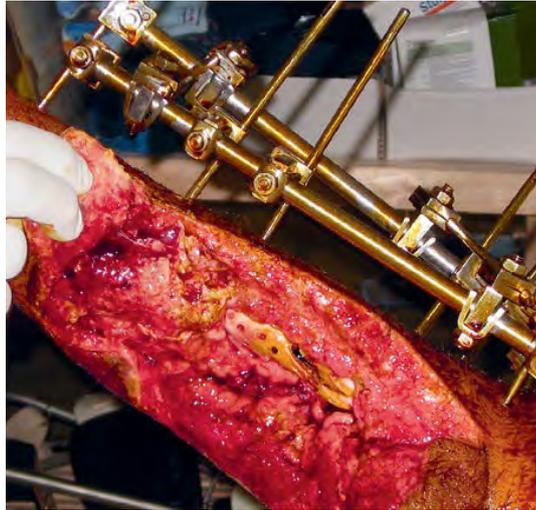


写真 22.18.2
デブリドマンの際に、感染した内固定プレートとネジを除去し、創外固定に変更した。

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、粉碎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

ツグ)」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、待機的な一次閉鎖術(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。

抗生物質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。



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。抗生物質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次的に行う(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。

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。



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。

22.7.2 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



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。

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。

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。

骨折部には洗浄と搔爬を繰り返す行う。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、粉碎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)。健全な指は、患指をバディスプリント(訳注:骨折した患指を、隣の健全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。



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



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見られる。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ことよい。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搔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.Brown⁸

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。これは経験的投与方法であるが、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方法である。

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、慢性骨髓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搔爬が必要である。本項ではこうしたケースを扱う。



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、骨髓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。

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。複雑なものには必要なく、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。



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。

22.9.6 瘻孔の切除

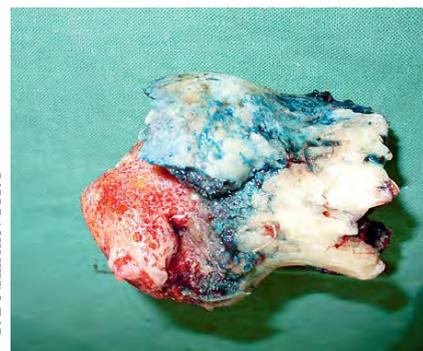
腐骨の除去は単純に鋭匙で瘻孔内を搔爬するだけではなく、深部にある壊死骨を見つけて除去しなければならない。手術は瘻孔造影に基づいて計画する。瘻孔と膿洞はとても小さいことが多い。正確に創を診査するためには、部分治癒している瘻孔に新たな骨切開を加え、再拡大する必要がある。この操作はすべての壊死骨が除去できるまで繰り返し行う。

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、大腿深部の膿洞搔爬については、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。再搔爬術を行わず、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的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髓炎患者の多くが、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のため、軟部組織が治癒したらずぐに骨移植を行う。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。骨折部周囲の癒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癒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搔爬して、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。

感染した骨創の搔爬と、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。



写真 22.A.1 プラスターシェアー



写真 22.A.2 キャストスプレッター

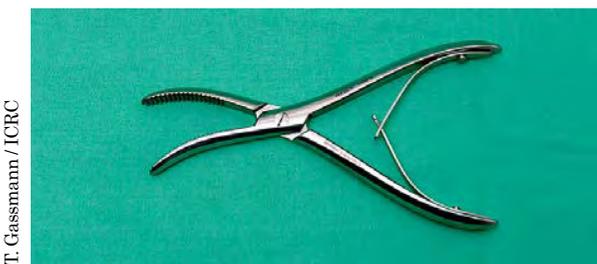


写真 22.A.3 キャストブレイカー



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. セルローズパ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、スプレッター、メス刃、大きなスクレイドライバーなど。
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)



D. Rowley / ICRC



写真 22.A.6
創部のガーゼ保護の上にストッキングをかぶせる。

D. Rowley / ICRC

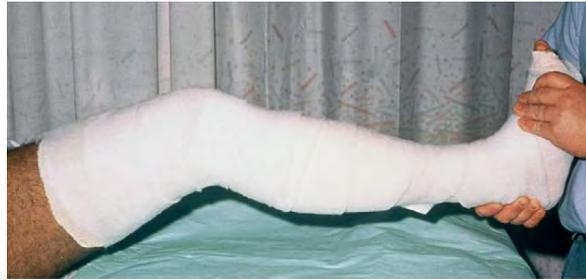


写真 22.A.7
圧迫を受けやすい場所にパッドを巻く：足関節両側果部、踵部、膝蓋骨、腓骨頭など。

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、シリンド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、シリンドーキャスト、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シリンド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ド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ド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

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。



D. Odhjambo Ngota / ICRC

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



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、ストックネット

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。



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。



写真 22.A.23

ストック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。



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。



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。



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。



写真 22.A.27

ギプスがまだ乾かないうちにストック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。



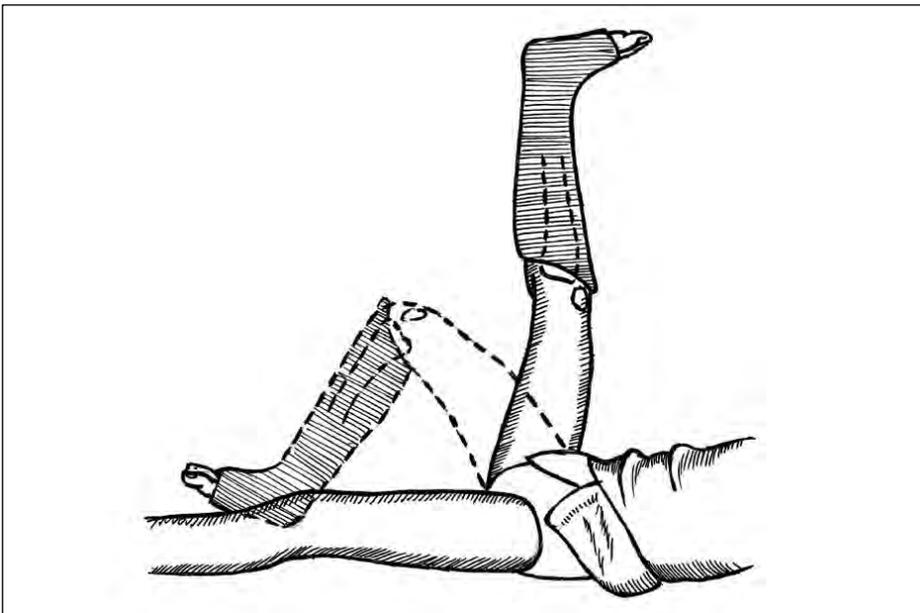
D. Rowley / ICRC

写真 22.A.30
Sarmiento PTB キャスト正面図



D. Rowley / ICRC

写真 22.A.31
Sarmiento PTB キャスト側面図。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. Odhiambo 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ブスを作り、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ブ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。



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。創傷の大きさが开窗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。

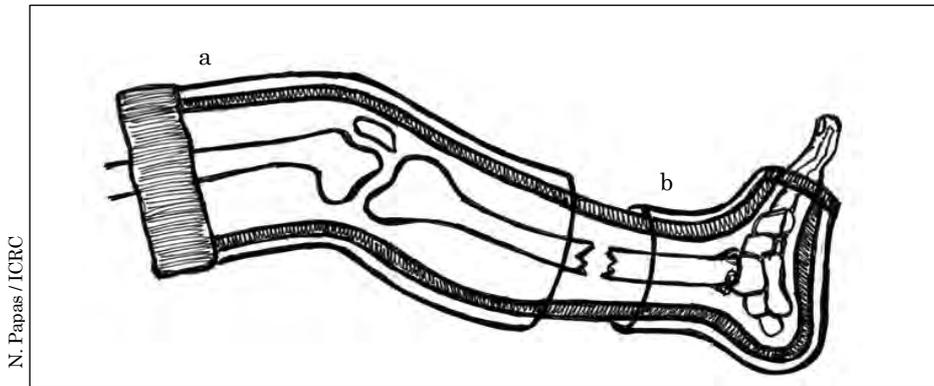


図 22.A.37
ブリッジキャストの構造
a. 上方のキャストを最初に作製する。
b. 次に下方のキャストを作製する。

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。



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。

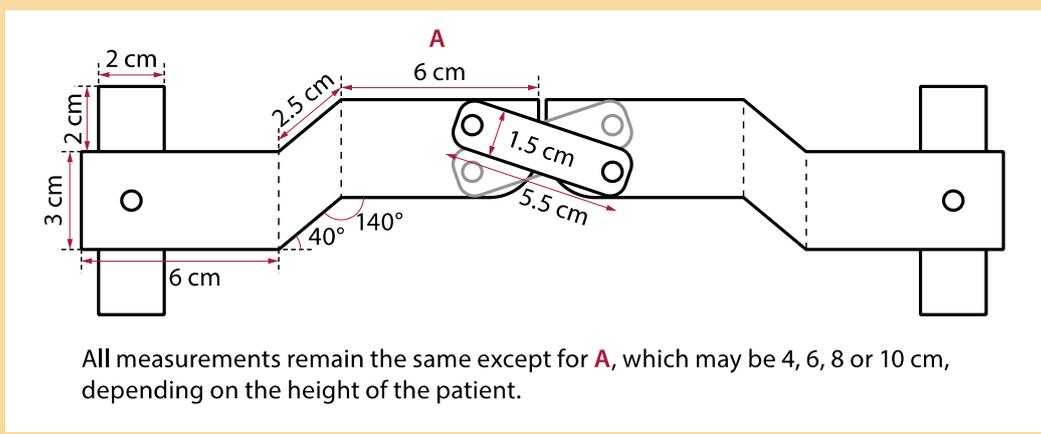


図 22.A.43 多軸式膝継ぎ手

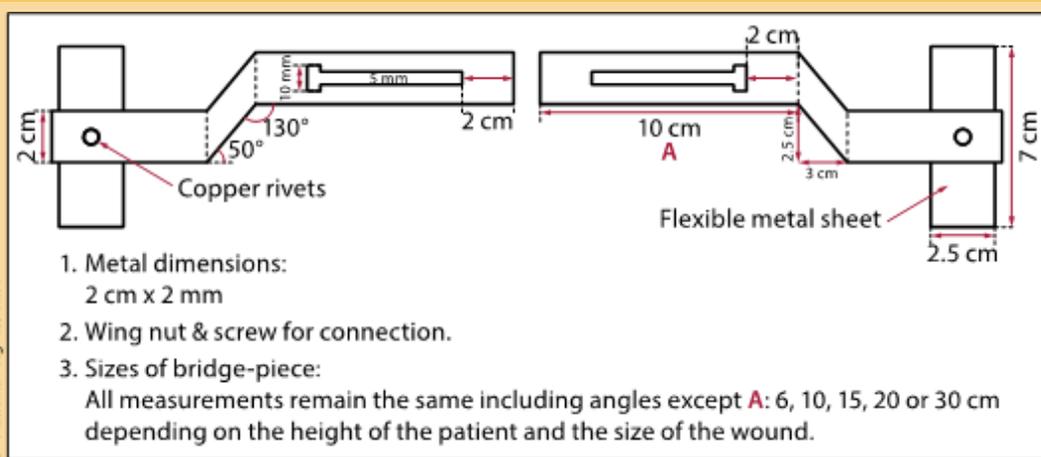


図 22.A.44 Vega bridge-piece

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古くからある。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。

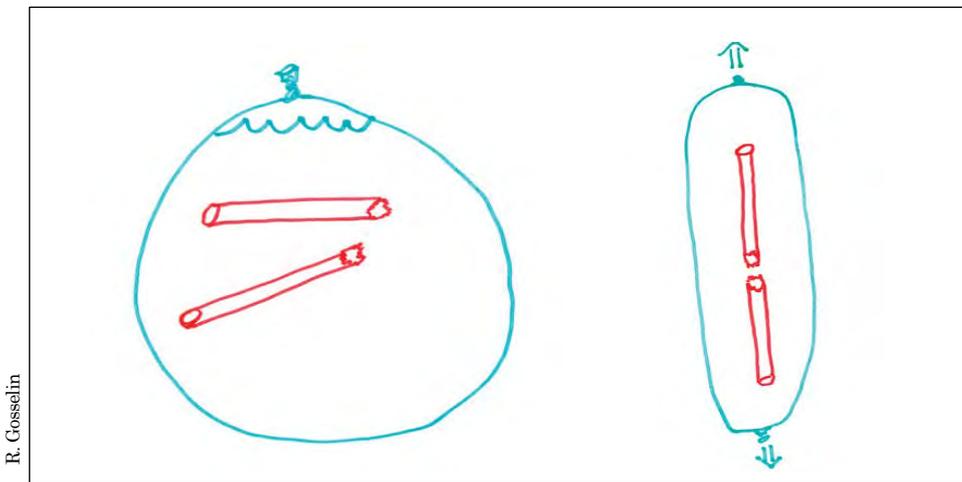


写真 22.B.1
リガメントタキシス (ligamentotaxis) : 下肢を硬い骨片を含んだ風船と考える。風船を引っ張ることで骨片が正しい位置に整復される。

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



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。



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)

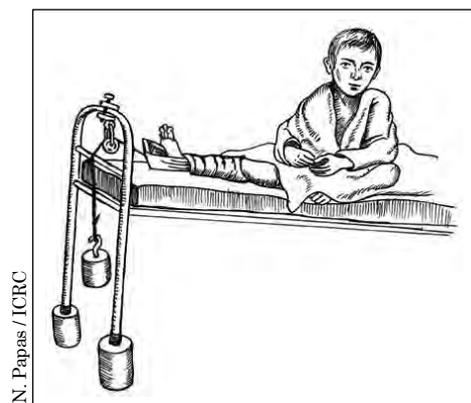
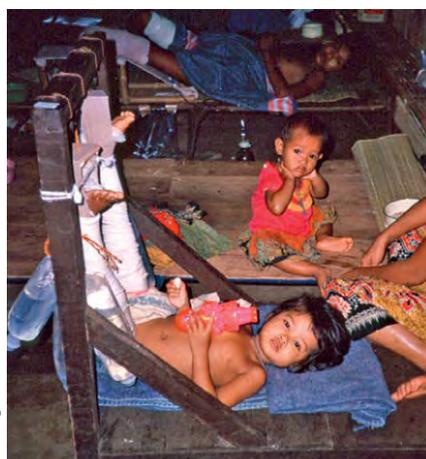
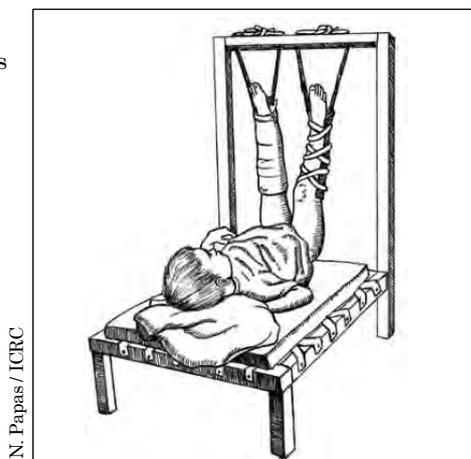


図 22.B.7
介達牽引(in-line 法)

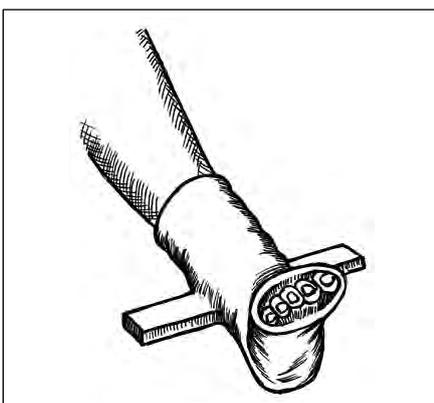
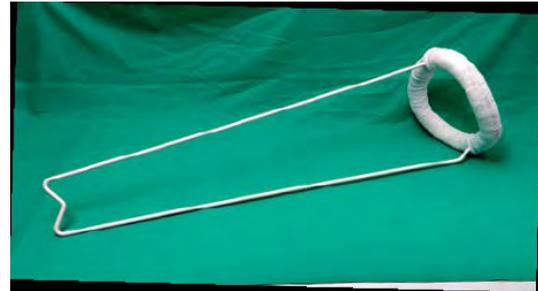


図 22.B.8
介達牽引で、回旋予防のために用いる「airplane-wing」

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。

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



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。



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。

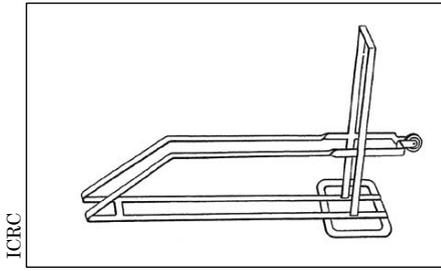
注:

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ことよい。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剥がれることが多いが、銃創では骨膜剥離は局限されており、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。



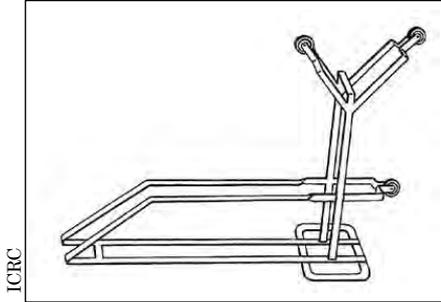
ICRC

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



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



ICRC

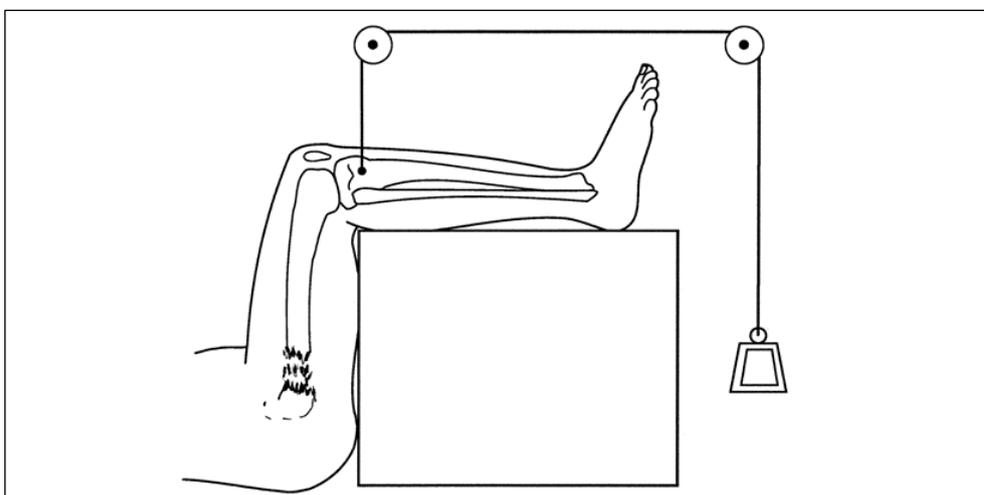
写真 22.B.16
ブラウン・ボーラー架台の作製



写真 22.B.17
直達牽引中の患者

V. Sasin / ICRC

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。



写真 22.B.19
大腿骨近位部骨折の
牽引治療。ブラウン・
ポーラー架台を改良
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。



写真 22.B.20
ICRC の牽引病棟



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払う。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、ベッドシート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。



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。



写真 22.B.26
デブリドマン後のレントゲン。



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。

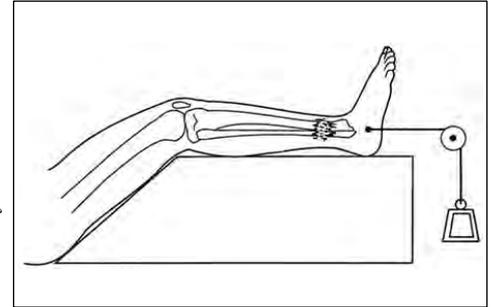
22.B.e 脛骨の直達牽引

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. Winger / ICRC

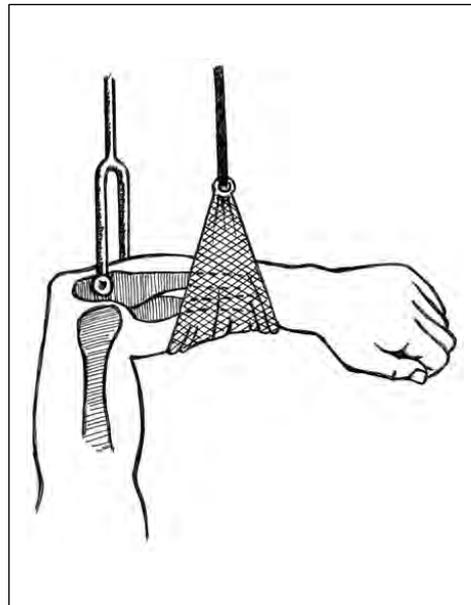


D. Rowley / ICRC

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



A. 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す、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や訴えがある場合は、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、ゆり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で行う。この際に貯まった膿を十分に洗い流し、ピンの刺入路は搔爬しておく。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搔爬する。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

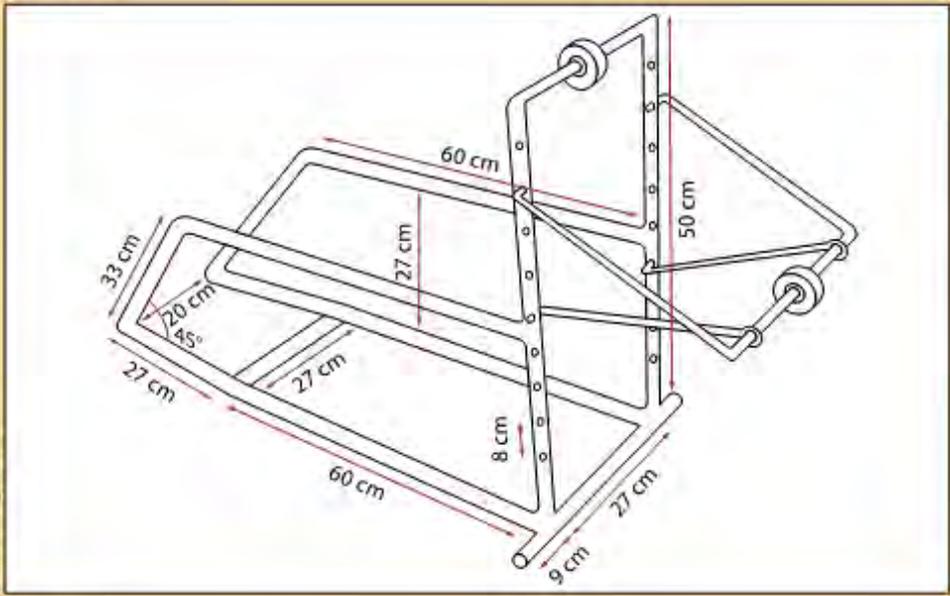
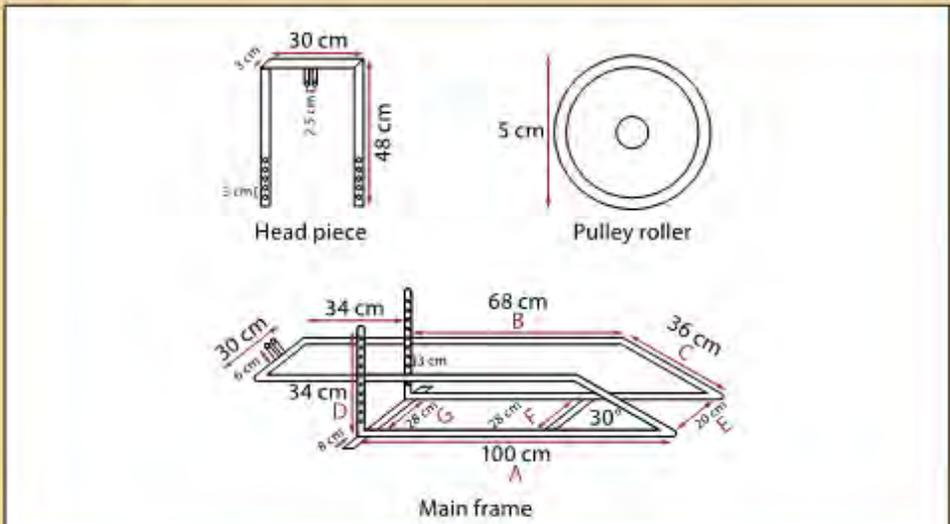


図 22.8.33



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

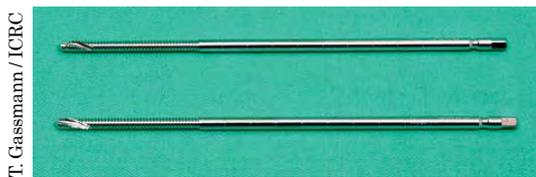


写真 22.C.1
シャンツスクリューまたはステイマンピンがピンとして一般的に用いられる。セルフドリルのものと先にドリリングを要するものがある

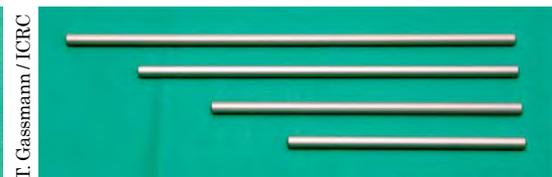


写真 22.C.2
創外固定用のチューブとバー。患肢骨の長さによってサイズを選択する。



写真 22.C.3
ピンとチューブの接続用留具



写真 22.C.4
チューブとチューブの接続用留具



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。



写真 22.C.6
ハンドチャック



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。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。

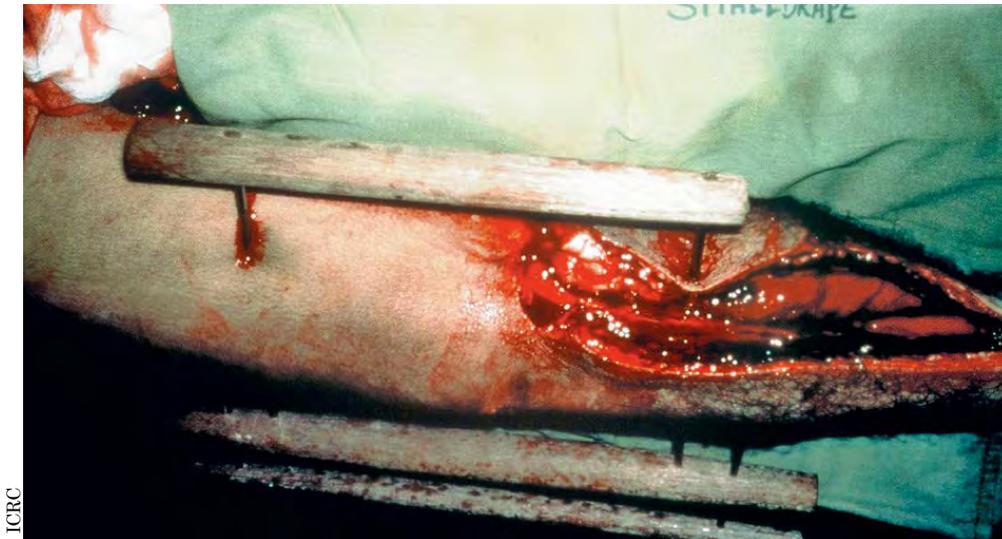


写真 22.C.9
誤ったピンの刺入例。
手製の創外固定器を用いている。固定によって皮膚は緊張している。また創傷部に直接ピンを刺入している。

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。

% 長軸と平行に1.5cmの皮膚切開を加える。

& 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。

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。

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。



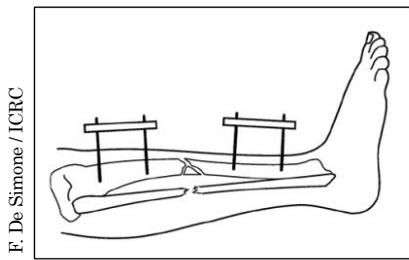
F. De Simone / ICRC

写真 22.C.10
ハンドドリルによるピンの刺入



F. De Simone / ICRC

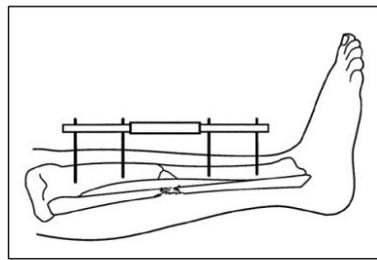
写真 22.C.11
外筒を用いて周囲の軟部組織を保護しながらピンを刺入する。



F. De Simone / ICRC

図 22.C.12

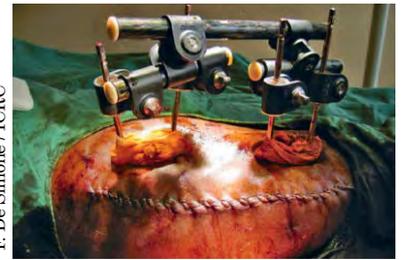
モジュラー手技:まず、固定すべき骨にそれぞれ2本のピンを刺入する。このピンを短いチューブで連結し2つの独立したユニットを作成する。



F. De Simone / ICRC

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。

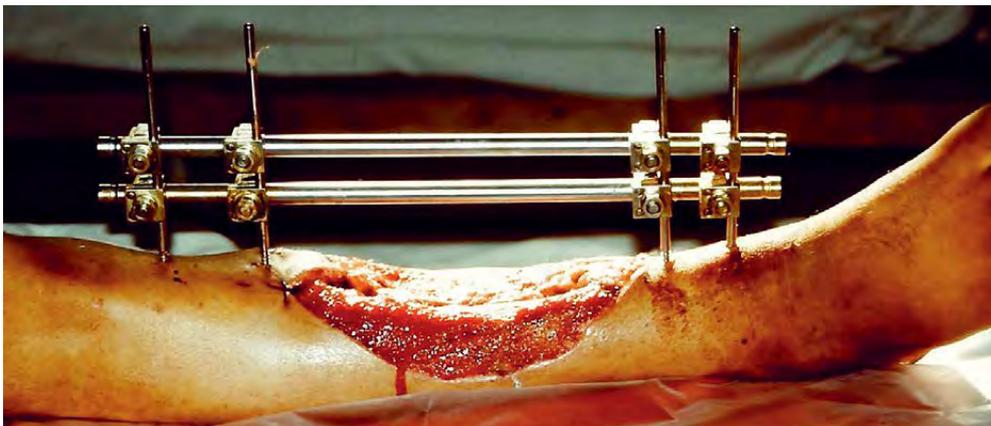


F. De Simone / ICRC

単軸サイドチューブ法 Mono-axial side-tube method

ピンを一行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

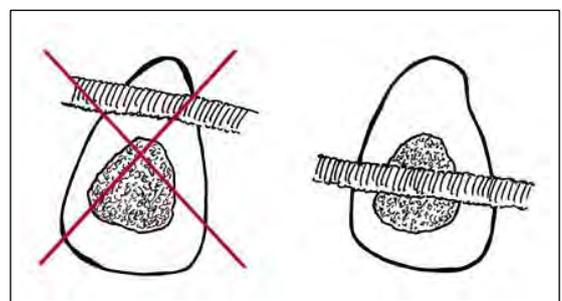
写真 22.C.15

単軸サイドチューブ法:4本のシャンツスクリューが一行に並ぶ

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。