

銃創、爆傷等における外傷医療体制の構築に関する研究

研究分担者 木村 昭夫 国立国際医療研究センター病院 救命救急センター長

研究要旨：

銃創・爆傷患者診療指針を作成し、日本外傷雑誌（電子ジャーナル）に掲載した（ダウンロード無料）内容については、Ⅰプレホスホスピタルケア、Ⅱ銃創患者の院内診療手順（初期診療、弾道学の基礎、頭部銃創、頸部銃創、胸部銃創、腹部銃創、四肢銃創）、Ⅲ爆傷患者の初期診療について、アルゴリズムや問題点を解説した。

A. 研究目的

世界的にテロの発生件数は急激に増加し、2014年には年間17,000件を越えている。ここ20年間、わが国では大規模なテロは発生していないが、「イスラム国」は、「日本国民、日本権益を発見次第、我々の戦士、仲間による攻撃の対象となった」宣言している。また、北朝鮮も米国と軍事衝突となった場合、日本国内に潜伏しているとされる数千人の工作員が、日本国民をターゲットとしてテロ行為を行う可能性がある。このように、現在の国際情勢や国内での東京オリンピック・パラリンピック2020など重要国際イベントを控え、テロ発生に対する医療者の備えが必要である。しかしわが国に銃創患者・爆傷患者診療の経験がある医師は非常に少ないことから、診療手順を整理した診療指針を策定・普及させ、この弱点を少しでも解消しておく必要がある。本分担研究に付託された目的は、銃創・爆傷患者に対する診療指針の作成とその知識の均霑化である。

B. 研究方法

以下に示す役割分担で診療指針を作成した。

✓ 銃創について

初療：廣江成政 済生会横浜市東部病院 救命救急センター・外傷センター

頭部：五十嵐豊 日本医科大学付属病院 高度救命救急センター

頸部：霧生信明 災害医療センター 救命救急科

胸部：山元良 應義塾大学病院 救急科

腹部：角山泰一朗 帝京大学医学部附属病院 救急科

四肢：黒住健人 帝京大学医学部附属病院外傷センター

✓ 爆傷について

病院前：齋藤大蔵 防衛医科大学校病院
研究センター外傷部門

初療：柳川洋一 順天堂大学医学部附属静岡病院
救急診療科

作成方針

- ✓ わが国の主に鈍的外傷に対する「外傷初期診療ガイドライン」「外傷専門診療ガイドライン」をふまえ、銃創・爆傷に特有の診断・治療に焦点をあてる
- ✓ 米国の診療ガイドラインを参考とするが、わが国の診療事情に適合させた内容とする
- ✓ 各項では、まずアルゴリズム提示し、その解説とそれに引き続いて個々の問題を説明する。

（倫理面への配慮）：2次資料のみを用いた研究であり、倫理面で特記すべきことはない。

C. 研究結果

約7万字に及ぶ包括的な診療指針を作成することができた。（詳細は成果物を参照）

目次：Ⅰ章；プレホスホスピタルケア総論

Ⅱ章；銃創患者に対する院内診療手順

（初期診療、弾道学の基礎、頭部銃創、頸部銃創、胸部銃創、腹部銃創、四肢銃創）

Ⅲ章；爆傷患者に対する初期診療の重要事項

D. 考察

本診療指針を作成するにあたって参考としたのは、現在でも戦争の当事国であり、国内でもテロの脅威にさらされている国々や銃社会で毎日のように銃創患者が救急の現場に運ばれてくる国々の医師が提唱する最新かつ現時点で最善と考えられる文献である。これらには、医療体制の違いからや鈍的外傷を主に扱っている日本の医師にとっては、若干の違和感を覚える内容があるかもしれないが、そういった点については委員間で可能な限り議論を重ね、妥当な記載となるよう尽力した。

E. 結論

銃創・爆傷患者診療指針を作成した。そのPDFは、多くの医療従事者に読まれるよう、ダウンロード無料の電子ジャーナル化されている日本外傷学会誌第32巻3号（7月号）並びに東京オリンピック・パラリンピックに関わる救急・災害医療体制を検討する学術連合体（コンソーシアム）のホームページにアップロードする予定である。

F. 健康危険情報

総括研究報告書に記入してある。

G. 研究発表

1. 論文発表

銃創・爆傷患者診療指針 日本外傷学会雑誌
32巻3号2018に掲載予定。

2. 学会発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

銃創・爆傷患者診療指針

2018年3月

厚生労働科学特別研究事業
2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会に向けての
救急・災害医療体制の構築に関する研究
統括研究者：横田 裕行
分担研究：銃創、爆傷等における外傷医療体制の構築
分担研究者：木村 昭夫

一般社団法人 日本外傷学会
東京オリンピック・パラリンピック特別委員会
委員長：大友 康裕
委員：五十嵐 豊，霧生 信明，黒住 健人，齋藤 大蔵，角山泰一朗，
廣江 成欧，柳川 洋一，山元 良

緒言：当指針作成の経緯

本銃創・爆傷患者診療指針は、日本医科大学横田裕行教授が主任研究者である平成29年度厚生労働合
成推進調査事業（厚生労働科学特別研究事業）の「2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会に
向けての救急・災害医療体制の構築に関する研究（H29－特別－指定－004）の分担研究である「銃創、
爆傷等における外傷医療体制の構築」（分担研究者：木村昭夫）をもとに、一般社団法人日本外傷学会の「東
京オリンピック・パラリンピック特別委員会」（委員長：大友康裕）の活動を通じてまとめ上げたもので
あります。上記特別委員会委員各位のご努力の結果、上記分担研究の報告書であることに留まらず、外傷
診療にかかわる医師であれば、一読しておくべき診療指針としてまとめました。

現在の日本においては、銃創や爆傷は珍しいものであり、多くの外傷にかかわる医師にとってなじみの
薄いものであります。実際、東京オリンピック・パラリンピックの時にも起こる可能性は高いとはいえな
いでしょう。しかしながら70数年以前には、数百万の日本国民が、銃や爆弾により死亡もしくは負傷し
たという動かざる事実があります。当時は外傷診療について現在ほど進歩していなかったでしょうが、そ
の現場にいた医師はできる限りの知識や技術を絞り出して、全力で診療にあたっていたことでしょう。そ
ういったことに思いを馳せてみると、現代のわれわれにとっても他人事ではないという思いが強く生じて
きます。ただ残念ながらその当時の知恵は、現在の日本の医師には伝わってはおられません。本診療指針を
作成するにあたって参考としたのは、現在でも戦争の当事国であり、国内でもテロの脅威にさらされてい
る国々や銃社会で毎日のように銃創患者が救急の現場に運ばれてくる国々の医師が提唱する最新かつ現時
点で最善と考えられる見識です。これらには、医療体制の違いからや鈍的外傷を主に扱っている日本の医
師にとっては、若干の違和感を覚える内容があるかもしれませんが、そういった点についても委員間で可
能な限り議論を重ね、妥当な記載となるよう尽力しました。

本診療指針のPDFは、多くの方々に読んで頂けるよう、2020年東京オリンピック・パラリンピックに
係る救急・災害医療体制を検討する学術連合体（コンソーシアム）のホームページならびに電子ジャーナ
ル化されている日本外傷学会雑誌第32巻3号(7月号)にアップロードする予定であります。東京オリンピッ
ク・パラリンピックに限らず有事の際に、1人でも多くの医師に活用していただけるよう、心から願ってお
ります。

2018年1月元旦

一般社団法人 日本外傷学会 代表理事
2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会に向けての
救急・災害医療体制の構築に関する研究 分担研究者

木村 昭夫

はじめに

世界的にテロの発生件数は急激に増加し、2014年には年間17,000件をこえています。ここ20年間、わが国では大規模なテロは発生していませんが、「イスラム国」および北朝鮮からのテロ攻撃のリスクは決して低くありません。「イスラム国」は、「日本国民、日本権益を発見次第、我々の戦士、仲間による攻撃の対象となった」と宣言しています。北朝鮮も米国と軍事衝突となった場合、日本国内に潜伏しているとされる数千人の工作員が、日本国民をターゲットとしてテロ行為を行う可能性があります。

このように、現在の国際情勢や国内での東京オリンピック・パラリンピック2020など重要国際イベントを控え、テロ発生に対する医療者の備えが必要と考えます。しかし、わが国に銃創患者・爆傷患者診療の経験がある医師はほとんどいないことから、診療手順を整理した診療指針を策定・普及させ、この弱点を少しでも解消しておく必要があります。

2020年東京オリンピック・パラリンピックに係る救急・災害医療体制を検討する学術連合体（コンソーシアム）から、本学会に付託された役割は、「銃創・爆傷患者に対する診療ガイドラインの作成と医療従事者への普及」であります。これを受け、本学会では、銃創・爆傷の診療に精通した医師で構成される特別委員会を立ち上げ、銃創・爆傷患者に対する診療指針（2017年度暫定版）を、以下に示す役割分担で作成しました。

【銃創】

初 療：廣江 成欧	済生会横浜市東部病院	救命救急センター・外傷センター
頭 部：五十嵐 豊	日本医科大学付属病院	高度救命救急センター
頸 部：霧生 信明	国立病院機構災害医療センター	救命救急センター
胸 部：山元 良	慶應義塾大学病院	救急科
腹 部：角山泰一朗	帝京大学ちば総合医療センター	救命救急センター
四 肢：黒住 健人	帝京大学医学部附属病院	外傷センター

【爆傷】

病院前：齋藤 大蔵	防衛医科大学校	防衛医学研究センター外傷研究部門
病院内：柳川 洋一	順天堂大学医学部附属静岡病院	救急診療科

本診療指針の編集方針は、以下のとおりであります。

- ・わが国の主に鈍的外傷に対する「外傷初期診療ガイドライン」「外傷専門診療ガイドライン」をふまえ、銃創・爆傷に特有の診断・治療に焦点をあてる。
- ・米国の診療ガイドラインを参考とするが、わが国の診療事情に適合させた内容とする。
- ・各項では、まずアルゴリズムとその解説を提示し、それに引き続いて Clinical Question とその回答という形式に統一する。

本診療指針を、テロ被害者を診療する可能性のあるすべての医療従事者に精読頂いて、自施設の診療体制の見直しをお願いするとともに、不幸にしてテロが発生した際には、適切な診療の提供によって、多くの命を救って頂けることを期待しております。

一般社団法人 日本外傷学会

東京オリンピック・パラリンピック特別委員会

委員長 大友 康裕

第 I 章 銃創・爆傷のプレホスピタルケア総論



図 I-1

【アルゴリズムの要点】

銃創・爆傷のプレホスピタルにおける救命処置の優先順位は、米国の Tactical Combat Casualty Care (TCCC)¹⁾⁻³⁾ および Tactical Emergency Medical Services (TEMS)⁴⁾ に基づいた“MARCH”が望ましい(図 I-1)。このアルゴリズムは、M:Massive hemorrhage (大量出血の制御)、A:Airway (気道確保)、R:Respiration (緊張性気胸の解除と呼吸管理)、C:Circulation (静脈路確保とショックの治療)、H:Head injury (低酸素や低血圧などによる頭部外傷の悪化を回避)/Hypothermia (低体温の治療と回避)で構成される。通常の救急医療の外傷救護においては、ABCDEの順番で救護・処置がなされるが、銃撃・爆弾テロに対する救護においては、気道確保・呼吸・循環の前に、四肢からの大量出血を制御する必要があるというアルゴリズムである。すなわち、銃創や爆傷では短時間で致命的になり得る四肢の大量出血がしばしば問題となり、まず目に見える大量出血の制御を優先させることが救命処置として最重要という概念に基づく。最初の評価・処置は、危険が伴う現場で行わなければならない場合があり、可能な限り脅威を排除して、すみやかな退避・脱出に努めるとともに、四肢からの大量出血に対しては、軍用止血帯などによる出血制御を早期に実施することが推奨される。そして、そののち呼吸管理、循環管理、意識・体温管理へと通常の順番に外傷救護を行うのがよいが、可能な限り迅速に後送する必要がある。

- 1) Montgomery HR, et al : TCCC guidelines comprehensive review and update : TCCC guidelines change 16-03. J Spec Oper Med 2017 ; 17 : 21-38.
- 2) Naemt (Corporate Author) : Prehospital Trauma life Support : Military edition. Burlington : Jones & Bartlett Learning, 2014.
- 3) Butler FK, et al : Tactical combat casualty care in special operations. Mil Med 1996 ; 161 (Suppl) : 3-16.
- 4) Campbell JE : Tactical Medicine Essentials. Burlington : Jones & Bartlett Learning, 2010.

【銃創・爆傷に関する医学的エビデンスの基盤となる戦術的戦傷救護 TCCC の紹介】

TCCC は米軍特殊作戦群と米国保健医科大学が作成したガイドラインであり、1997 年から特殊部隊に、2010 年からは米軍全軍に導入された戦傷救護のことである。米国国防総省内の戦場負傷者管理分野における負傷者救護・救命処置の標準と位置づけられており、現在では米国外科学会や米国救護員協会からも推

奨られている。TCCCの理念(TEMSの理念も同様)は1.負傷者の救護, 2.さらなる負傷者の発生防止, 3.任務の完遂, に集約される¹⁾⁻⁴⁾。

TCCCは実証的分析により発展してきた。ベトナム戦争の米軍兵士の死因分析を行った結果, 防ぎ得る外傷死の原因は四肢外傷からの出血, 気道閉塞, 緊張性気胸であった。特に, 四肢外傷からの出血は全体の死因の9%に達し, 無視できない病態であることがわかった⁵⁾。このことより, 米軍は2001年から2010年のイラク・アフガニスタン戦争において, 四肢からの出血に対してCATという軍用止血帯による止血を全軍に指示した結果, 四肢からの出血で死亡した症例が全体の3%まで減少した⁶⁾。さらに, 2001年から2010年の間に特殊部隊である第75レンジャー連隊に対しては, CATによる四肢の止血だけでなく, 骨髄輸液, 胸腔穿刺, 外科的気道確保などのTCCCに基づくすべての救命処置を指示し, 全軍にはCATによる四肢外傷からの止血のみを指示して比較検討したところ, 全軍では戦傷者18,681人のうち3,064人が死亡して16.4%の死亡率であったのに対し, 第75レンジャー連隊では戦傷者262人に対して死者28人で, 死亡率は10.7%と低率であった⁷⁾。この結果から, 米軍は2010年以降, 全軍にTCCCを導入することを決めた。

TCCCの特徴は, 通常の外傷救護と異なり, 前述したMARCH(Massive hemorrhage, Airway, Respiration, Circulation, Head injury/Hypothermia)の順番に処置することにある。すなわち, まず四肢の損傷の大出血による出血死を防ぐことから開始する。救急救護のフェーズとして砲火下の救護(Care under fire), 戦術的野外救護(Tactical field care), 戦術的後送救護(Tactical evacuation care)の3つに分けられる⁸⁾⁹⁾。

ホットゾーンでの“砲火下の救護”では, 脅威の排除が最も重要で, 救護のためにさらなる負傷者を発生させてはならない。負傷者を現場から脱出させるのが目標であり, 負傷者自身もしくは救護者が応急処置を行うのが原則である。そして, 脅威の排除の大原則のもとに, 四肢などの外出血を軍用止血帯で止血する。気道確保としての気管挿管は, 喉頭鏡使用で光を標的に銃撃されるかもしれないので, 戦術的野外救護の段階まで待つのが原則である。砲火下の救護では, 敵からのさらなる銃撃や次なる爆発の危険がある最も危険な地域での救護であり, 負傷者本人または仲間による処置が基本で, 軍用止血帯を用いて緊縛止血のみ行う。また, 頸椎保護は頸椎損傷を強く疑わせる症例を除いて実施しない。

ウォームゾーンでの戦術的野外救護では, 最も危険な地域からは脱出したものの, 依然として危険な領域における救命処置であり, 米軍では衛生兵による応急処置が救命率を上げている。前述したとおり, 米軍では四肢損傷による大出血, 気道閉塞, 緊張性気胸に対する迅速な救命処置が受傷者を救っている。そこには, 有益な救命処置のみを実施し, 迅速に戦術的後送救護へと繋ぐ“buy time”の概念が根底にある。すなわち, 現場でタイムリーな救命処置のみを行い, 少しでも早く後方の安全な地域へ負傷者を送るのが原則である。TCCCでは医師資格をもたない戦闘員あるいは衛生兵であっても救命処置を行う。また, 毛布などで保温し, 低体温を防止する。資機材は限定され, 医療用酸素は準備できないことも多い。

コールドゾーンへの搬送フェーズとなる戦術的後送救護では, 基本的には戦術的野外救護の救命処置を継続して, 戦傷者を搬送する。後送中に経鼻エアウェイによる気道確保では不安がある場合には, きちんと気管挿管を施行して気道確保した方がよい。緊張性気胸に対しては胸腔穿刺を行って症状の改善がみられても, 長時間の搬送が予測される場合にはあらかじめ胸腔ドレナージを行って搬送する。

以上のように, TCCCは有事において銃撃や爆発によって負傷した兵士を救うための戦傷救護であり, 脅威の排除を行って収容所や野戦病院に後送するまでにタイムリーな救命処置を行うことで, 生存率向上を図るものといえる²⁾³⁾⁸⁾⁹⁾。

1) Montgomery HR, et al : TCCC guidelines comprehensive review and update : TCCC guidelines change 16-03. J Spec Oper Med 2017 ; 17 : 21-38.

2) Naemt (Corporate Author) : Prehospital Trauma life Support : Military edition. Jones & Bartlett Pub, 2014.

- 3) Butler FK, et al : Tactical combat casualty care in special operations. Mil Med 1996 ; 161 (Suppl) : 3-16.
- 4) Campbell JE : Tactical Medicine Essentials. Jones & Bartlett Pub, 2010.
- 5) Champion HR, et al : A profile of combat injury. J Trauma 2003 ; 54 : S13-19.
- 6) Eastridge BJ, et al : Death on the battlefield (2001 - 2011) : implications for the future of combat casualty care. J Trauma Acute Care Surg 2012 ; 73 : S431-437.
- 7) Kotwal RS, et al : Eliminating preventable death on the battlefield. Arch Surg 2011 ; 146 : 1350-1358.
- 8) Butler FK : Tactical medicine training for SEAL mission commanders. Mil Med 2001 ; 166 : 625-631.
- 9) Butler FK, et al : Implementing and preserving the advances in combat casualty care from Iraq and Afghanistan throughout the US Military. J Trauma Acute Care Surg 2015 ; 79 : 321-326.

【ハートフォードコンセンサス】

米国においても米軍の TCCC を通常の救急医療に導入することは、現場において当初は遅れていた。四肢出血の早期止血のためのターニケットの使用は民間においても必要なことであったが、2013年4月15日に発生したボストンマラソン爆破事件において、多数殺傷事件に対するターニケットの準備と使用が十分ではなかったと指摘された。米国では多数負傷者の出血死を防いで生存性を高めるために、国家としての政策作成のための合同委員会が開催され、「ハートフォードコンセンサス」¹⁾が発表された。第1回のハートフォードコンセンサスは米国のコネチカット州にあるハートフォード病院で2013年4月2日に実施されており、ボストンマラソン爆破事件を予見するかのように開催されたが、第2回、第3回と回を重ねることで、その目標は早期の出血制御をファーストレスポンスに義務づける方向で、普及活動が進んでいる。すなわち、米国では社会として、ターニケットや止血資材の使用に関する教育を救急隊員だけでなく、一般人にも行うことで反テロへの姿勢を示している。また、米軍の13年間で6,800人の犠牲者から得られた教訓、知恵、技能が、民間の救急医療に生かされることが米国社会では求められているともいえる。さらに、米国では2015年5月から軍と民間の外傷救護に関するさらなる相互協力のプロジェクトとして、National trauma care systemの構築が、目的、情報、訓練、人的交流などにおいて進行していることを申し添える²⁾。

- 1) Jacobs LM, et al : Hartford consensus. Bulletin 100 (1S), American College of Surgeons, Sept 2015.
- 2) A National Trauma Care System : Integrating Military and Civilian Trauma Systems to Achieve Zero Preventable Deaths After Injury. 2016. DOI : <https://doi.org/10.17226/23511>

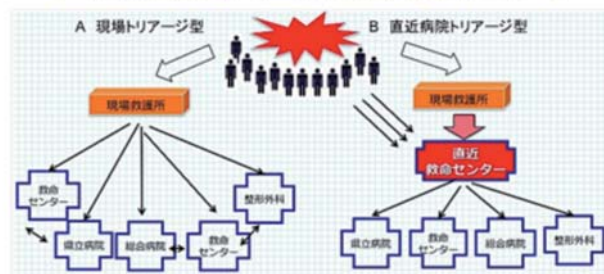
【本邦における銃創・爆傷に対する救急救護の実際】

米国では銃創・爆傷に対する救急救護のガイドラインともいべき TEMS があり¹⁾、テロリズムなどの不測の事態が発生した際の救急救護・医療システムが確立しつつある。一方、日本国内では銃撃や爆弾によるテロリズムの発生が外国と比較して幸運にも少なかったため、外国のテロ事案のほとんどを占める爆傷や銃創に対して本邦の救急救護・医療関係者にはほとんど経験がない。また、米国と日本では法律も違えば、文化・環境も異なる。米国の TEMS をそのまま本邦に導入することは、現実的に難しい部分がある。例えば、銃撃や爆発が発生した場所に日本の消防・救急隊が危険度に関する情報が無い状況で救急救護に向かうことは厳しい。そして、救急救命士は本邦の救急救命士法に基づいた救命治療しかできないことはいうまでもない。銃創・爆傷に対して、どのような救急救護体制を国内で創っていくのか、2020年のオリンピック・パラリンピックの開催を控える本邦において、万が一のテロリズム発生に備えて銃創・爆傷に対する救急救護体制を確立することは喫緊の課題と思料する。

本邦における銃創・爆傷の外傷救護案は下記のとおりである。危険を伴うホットゾーンでは、脅威の排除が最重要で、救護のためにさらなる負傷者を発生させないようにする。負傷者を現場から脱出させるの

が目標であり、脅威の排除のもとに四肢などの外出血をCATなどで止血する。負傷者本人またはファーストレスポンドーによる処置が基本で、四肢からの大量出血制御のみを行うべきである。脱出してきた救護所では、いまだ危険が残存する地域における処置になるので、迅速に後送救護へと繋ぐ“buy time”の概念に基づき、タイムリーな応急処置のみを行って少しでも早く後方の安全な地域へ負傷者を送るべきである²⁾。本邦においてはJPTECに基づく処置が標準となるが、より迅速に後送するのが望ましい。したがって、大量傷者が発生した場合には時間をかけたトリアージの実施よりも、迅速に後送することを優先すべきである。一カ所の病院に後送するか分散搬送するかは、発生場所にもよるので、論議のあるところであるが、TCCCの概念からは一カ所にすみやかに送る方が“buy time”の概念に一致する。ボストンマラソン爆弾テロではあらかじめ準備した大きな救護所が危険過ぎて使えなかった。また、秋葉原通り魔事件においては被害者が現場に滞在する時間が長かったという。これらの事例では、より安全な地域への迅速な後送が望まれる。したがって、多数傷者の発生した爆弾テロや銃撃テロの現場では被災者を次々と救急車で迅速に後送し、直近の大きな病院を大量傷者救護所として用いることで、必要な救命処置と初期トリアージを行うとともに搬送の拠点として分散搬送するのがよいと本委員会では提案する（図I-2）³⁾。

直近病院を大量傷者救護所とする



“The closest hospital should be used as a casualty collection point, and initial triage station for distribution to the other available hospitals, rather than as just another treatment facility,”

「直近病院は大量傷者救護所とし、初期トリアージと搬送拠点にすべし」

図I-2

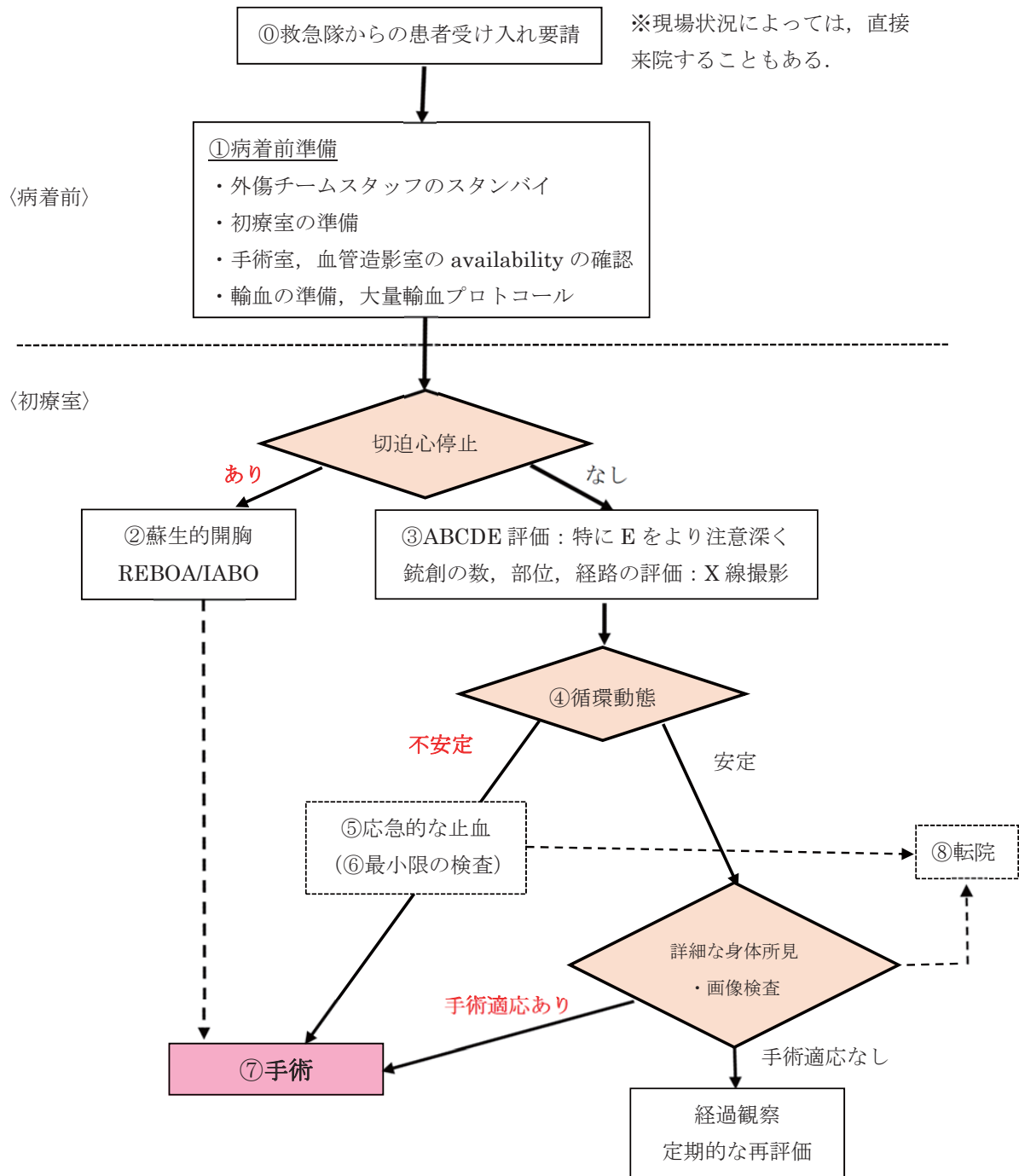
TEMSにおいて負傷者の現場救護所はウォームゾーンに設置されるが、本邦においては救急車などの参集する現場救護所は限りなくコールドゾーンに近いウォームゾーンに設定するしかないものと思料する。しかしながら、国内の爆傷・テロ対応に対して、事件現場であるホットゾーンから救急車が参集する場所（通常は現場救護所）までを担当する救護組織が、警察の特殊部隊のほかにもどの組織が担うのが本邦では決まっていない。このことこそ、本邦における銃創や爆傷に対する事態対処外傷救護の現時点における最大の問題点といえる。2020年の本邦における東京オリンピック・パラリンピック開催に向けて、今こそ本邦においても銃撃・爆弾テロに対する救急救護体制の構築がオールジャパンで必要ではないだろうか。本邦においても銃創・爆傷に対する多職種連携による切れ目のない救急救護のオールジャパン体制構築が望まれる。

- 1) Campbell JE : Tactical Medicine Essentials. Jones & Bartlett Pub, 2010.
- 2) 日本外傷学会外傷専門診療ガイドライン編集委員会:外傷専門診療ガイドライン. 第2版. 日本外傷学会監修. 東京:へるす出版, 2018. in press.
- 3) Frvckberg ER : Terrorist bombings in Madrid. Crit Care 2005 ; 9 : 20-22.

五十嵐 豊, 齋藤 大蔵

第Ⅱ章 銃創患者に対する院内診療手順

1. 銃創の初期診療



図Ⅱ-1-1 診療手順アルゴリズム

【アルゴリズム要点】

救急隊からの患者受け入れ要請（アルゴリズム①）

○救急隊あるいは現場，消防機関からの銃創患者受け入れ要請連絡を受けた場合，すみやかに関係スタッフ，システムのスイッチを入れ，病着前準備を開始する．多数傷病者で現場が混乱していたり，現場から病院までの距離が近い場合は，救急車搬送より先に直接来院する患者がいることもある．

病着前準備（アルゴリズム①）

○銃創・爆傷患者の搬送前準備は，鈍的外傷と同様である．

○ただし，鈍的外傷と異なり，銃創患者は緊急手術が必要になる可能性が高く，手術加療が予後に直結するため，常時麻酔科を含め迅速に緊急手術が施行可能な体制を整えておくべきである．明確な基準はないが，ショックを伴う銃創症例に対して手術室入室へ10分以上かかると死亡率が高くなるという報告もある¹⁾．

○自施設でどの段階まで診療が可能なのか想定し，追加処置が可能な専門施設をあらかじめ把握しておく．

○活動性出血に対して，救急隊がターニケットを装着もしくは手動的圧迫をしてくる可能性がある．

1) Meizoso JP, et al : Effect of time to operation on mortality for hypotensive patients with gunshot wounds to the torso : The golden 10 minutes. J Trauma Acute Care Surg 2016 ; 81 : 685-691.

初療室

○原則は JATEC に則った診療を行う．

○切迫心停止症例では，蘇生的開胸を行う．施行した症例では鈍的外傷よりも鋭的外傷の生存率が高く，必須の手技である（アルゴリズム②，詳細は後述）．

○初期評価では E の評価，特に単純 X 線撮影での評価が重要である．全身観察をより注意深く行い，銃創の数，部位，活動性出血の有無などを確認する．創が奇数の場合，体内に弾丸が残存している可能性を考える．銃創が複数ある場合，どこが射入口・射出口かは言及せず，銃弾の貫通経路はあらゆるパターンを考える．X 線撮影時には，創のマーカースとしてクリップなどを置く（アルゴリズム③）．

○循環動態不安定な症例は，原則手術であり，必要最低限の処置および検査を行っている間に手術の準備を整え，すみやかに手術の可能な部屋へ搬入する（アルゴリズム④）．

○応急的な処置（アルゴリズム⑤）：創部局所止血±中枢側血流遮断

創部局所止血：ガーゼ圧迫，Foley カテーテル挿入による止血，止血剤

出血部の中枢側血流遮断：ターニケット，外科的血管確保，血管内バルーンカテーテル挿入

※ターニケット装着不可能な部位の出血に対しては，創部局所止血のみ施行し，すみやかに手術室へ移動する．

○最小限の検査（アルゴリズム⑥）：頭部⇒CT

体幹部⇒FAST（詳細は後述），単純 X 線撮影

（四肢⇒単純 X 線撮影）

○ターニケットは途中で緩めてはならない．原則は，手術室など適切に対応できる環境下で外す．

○循環動態の安定している症例も多くある．ただし，常に急変のリスクおよび緊急手術になるであろうことを念頭に，迅速に診療にあたる．

○外出血なく，バイタルが安定している場合でも，むやみに初療室で創の検索は行わない．血栓や周りの組織による圧迫で一時的に止血されているようにみえるものの，実際には動脈の断裂があり，創の開放とともに急激に出血することがある．

○具体的な手術術式や手術適応については，部位別の項目を参照（アルゴリズム⑦）．

○専門施設への搬送（アルゴリズム⑧）：自施設では不可能な検査，治療が必要な場合は，循環動態の安定化を図ったうえで，すみやかに専門施設へ転送とする．

【銃創症例全体の死亡率】

- NTDB の 1996 ～ 2016 年の銃創 11,294 症例を分析，死亡率 14.6% ¹⁾。
- New Jersey Trauma Center の 12 年間の銃創 6,322 例の分析，死亡率 11% ²⁾。
- JTDB に登録された 2004 ～ 2015 年の銃創症例は 80 件，手術は 46 件 (51%)，死亡率 50% ³⁾。

- 1) Manley NR, et al : Good news, bad news : An analysis of 11,294 gunshot wounds (GSWs) over two decades in a single center. J Trauma Acute Care Surg 2018 ; 84 : 58-65.
- 2) Livingston DH, et al : Unrelenting violence : An analysis of 6,322 gunshot wound patients at a Level 1 trauma center. J Trauma Acute Care Surg 2014 ; 76 : 2-11.
- 3) 日本外傷データベースより抜粋 (日本外傷診療研究機構)

【初療室ですべき診察，処置，検査】

○鋭的外傷に対する CT の有用性に関して

⇒有用である可能性がある。

特に循環動態の安定している体幹部鋭的外傷 (あるいは銃創のみ) を対象として，手術を行う必要があるかないかの decision making の一助となったり，損傷の有無・程度が明確になる可能性が示唆された報告が散見される ¹⁾⁻⁴⁾。CT による開腹手術の必要性の予測に関して，感度 94.9%，特異度 95.38%，正診率 94.7% との報告もある ⁵⁾。ただし腸管損傷に対しては診断が困難であることが多い ⁶⁾。

- 1) Grossman MD, et al : Determining anatomic injury with computed tomography in selected torso gunshot wounds. J Trauma 1998 ; 45 : 446-456.
- 2) Munera F, et al : Gunshot wounds of abdomen : evaluation of stable patients with triple-contrast helical CT. Radiology 2004 ; 231 : 399-405.
- 3) Shanmuganathan K, et al : Penetrating torso trauma : triple-contrast helical CT in peritoneal violation and organ injury- a prospective study in 200 patients. Radiology 2004 ; 231 : 775-784.
- 4) Velmahos GC, et al : Abdominal computed tomographic scan for patients with gunshot wounds to the abdomen selected for nonoperative management. J Trauma 2005 ; 59 : 1155-1160.
- 5) Goodman CS, et al : How well does CT predict the need for laparotomy in hemodynamically stable patients with penetrating abdominal injury? A review and meta-analysis. Am J Roentgenol 2009 ; 193 : 432-437.
- 6) Butela ST, et al : Performance of CT in detection of bowel injury. Am J Roentgenol 2001 ; 176 : 129-135.

○鋭的外傷に対する蘇生的開胸術の妥当性に関して

⇒鈍的外傷に対してよりも重要度が高く，必須の手技である。

ACSCOT のデータでは，Resuscitative thoracotomy (RT) を施行した症例の生存率は鋭的外傷で 11.2%，鈍的外傷で 1.6% であった ¹⁾。鋭的外傷のなかでも胸部の刺創に対して有効で，銃創，腹部，多数の刺創では有効度が下がる ²⁾。RT を施行した鋭的外傷で，生存率は刺創 vs 銃創で，14% vs 4% ²⁾，鋭的の心損傷に対する RT でも生存率は刺創 33% vs 銃創 5% ³⁾，刺創の方が銃創より 11 倍生存しやすいという報告もある ⁴⁾。

WTA は 2012 年に RT に関する，注釈付きの包括的アルゴリズムを作成し (図 II-1-2)，鋭的外傷では，CPR を開始して 15 分に満たない症例にのみ RT 施行を考慮し，RT 施行したもののタンポナーデがないのに肉眼的に心臓の活動がない場合は蘇生処置を終了とし，肉眼的に心臓活動があるまたは解除すべきタンポナーデがある場合は出血コントロールを行うべきとしている ⁵⁾。バイタルサイン消失からの時間が，米軍ガイドラインでは 10 分以内，英国ガイドラインでは 5 分以内に施行可能な場合のみ，RT が推奨され

ている⁶⁾。現場での心肺停止症例には推奨されない。

2015年のEASTからのガイドラインでは、迅速な判断が求められるより臨床に即した状況として、初療室で脈拍触知不可となった場合に焦点を当てて検討している。72の論文の計10,238症例を集積し、結論として、生命兆候を認める胸部の鋭的外傷に対して初療室開胸を行うことを強く推奨し、生命兆候を認めない胸部の鋭的外傷や、生命兆候のあるなしに関わらず胸部以外の鋭的外傷に対して初療室開胸を行うことを条件付きで推奨する、としている⁷⁾。

誰が施行するかに関しては、外傷外科医が行うべきだが、体制上困難な場合もあり、救急医が行うことも可能で、そのためには訓練をすべきである⁸⁾。タンポナーデ解除や大動脈遮断を行ったら、すみやかに手術室に移動したり、専門外科医による追加処置に移行する。

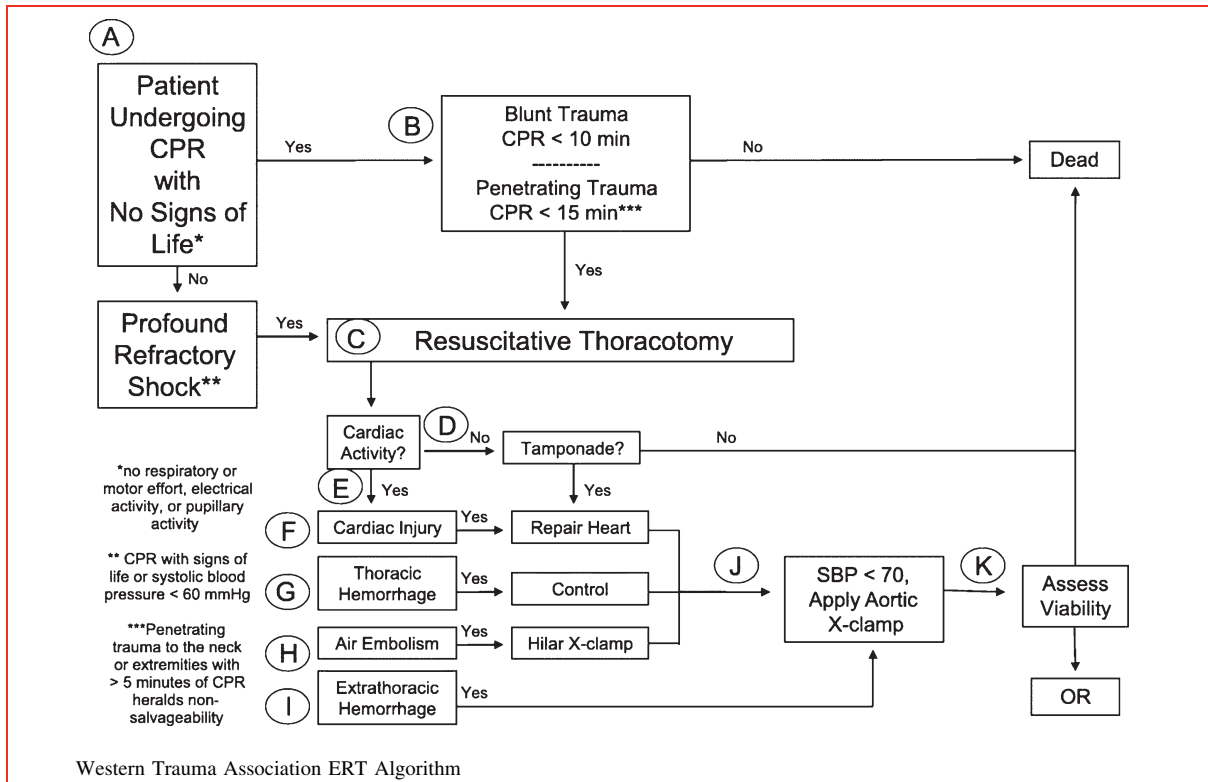


図 II - 1 - 2

(Fairfax LM, et al : World J Surg 2015 ; 39 : 1343 - 1351. より引用)

- 1) Asensio JA, et al : Working Group, Ad Hoc Subcommittee on Outcomes, American College of Surgeons-Committee on Trauma : practice management guidelines for emergency department thoracotomy. J Am Coll Surg 2001 ; 193 : 303-309.
- 2) Hall BL, et al : A visual, timeline-based display of evidence for emergency thoracotomy. J Trauma 2001 ; 59 : 773-777.
- 3) Molina EJ, et al : Outcomes after emergency department thoracotomy for penetrating cardiac injuries : a new perspective. Interact Cardiovasc Thorac Surg 2008 ; 7 : 845-848.
- 4) Seamon MJ, et al : Emergency department thoracotomy for penetrating injuries of the heart and great vessels : an appraisal of 283 consecutive cases from two urban trauma centers. J Trauma 2009 ; 67 : 1250-1257.
- 5) Burlew CC, et al : Western Trauma Association critical decisions in trauma : resuscitative thoracotomy. J Trauma Acute Care Surg 2012 ; 73 : 1359-1363.

- 6) Morrison JJ, et al : Resuscitative thoracotomy following wartime injury. J Trauma Acute Care Surg 2013 ; 74 : 825–829.
- 7) Seamon MJ, et al : An evidence-based approach to patient selection for emergency department thoracotomy : A practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma. J Trauma Acute Care Surg 2015 ; 79 : 159–173.
- 8) Fairfax LM, et al : Resuscitative thoracotomy in penetrating trauma. World J Surg 2015 ; 39 : 1343–1351.

○ FAST は循環動態不安定な鋭的外傷でも有用性に関して

⇒有用である可能性がある。

心嚢と腹腔内の液体貯留を評価し、心嚢 FAST の感度 92.3%、特異度 95.6%、腹部 FAST の感度 68.5%、特異度 93.9%。刺創の群では心嚢 FAST の感度は 100%、特異度は刺創でも銃創でも高い (94.0%、97.5%)。腹部 FAST の感度は、刺創でも銃創でも有意差なく (62.5%、73.3%)、特異度は刺創で 100%、銃創で 80%¹⁾。

FAST は複数の受傷部位の可能性のある症例で、どのタイミングでどの部位から治療を始めるかの決定に有用である。

鋭的外傷では腹部 FAST の感度はやや低く、体表創部から体外へ出血していることもあり、negative でも腹腔内出血は否定できない。

- 1) Matsushima K, et al : Double Jeopardy in penetrating trauma : Get it FAST, get it right. World J Surg 2018 ; 42 : 96–106.

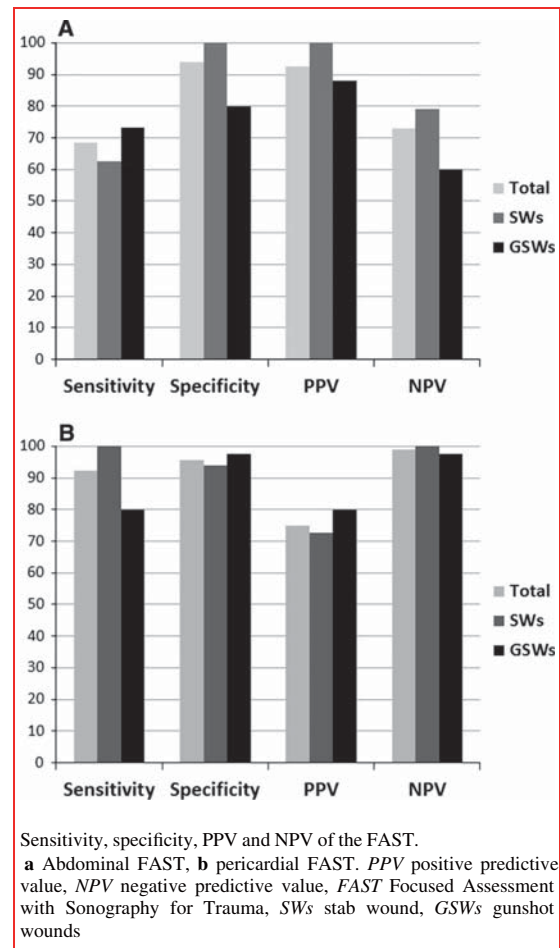
【鋭的外傷の初療での適切な輸液，輸血による蘇生】

鋭的外傷に焦点を当てた初期輸液蘇生に関する Review は限られている。

2013 年の Systematic review では、それぞれ鋭的外傷を 30%～94% 含んだ 20 論文 (計 12,154 症例) を検討している。ATLS や JATEC で述べられている 1～2L の細胞外液による初期輸液急速投与ではなく、ダメージコントロール蘇生の一つとして、高比率 1 : 1 : 1 に近い比率で RBC : FFP : PLT の早期投与を行った方が、死亡率が改善したという報告が多かった (20 論文中 14 論文)¹⁾。

特に鋭的外傷の割合の明記はないが、重症外傷に対するダメージコントロール蘇生について 37 論文をまとめた EAST のガイドラインでは、DCR (ダメージコントロール蘇生) の原則として、①低体温の回避 ②根本的止血までの低血圧の許容 ③ MTP の使用 ④最小限の晶質液の投与、などを挙げるとともに、死亡率減少のために MTP を軸とした DCR を行うことおよび 1 : 1 : 1 に近い比率での RBC : FFP : PLT の輸血を行うことを推奨している²⁾。

- 1) Tapia NM, et al : The initial trauma center fluid management of penetrating injury : A systematic review. Clin Orthop Relat Res 2013 ; 471 : 3961–3973.



図Ⅱ-1-3

(Matsushima K, et al : World J Surg 2018 ; 42 : 96–106. より引用)

- 2) Cannon JW, et al : Damage control resuscitation in patients with severe traumatic hemorrhage : A practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma. J Trauma Acute Care Surg 2017 ; 82 : 605 – 617.

【鋭的外傷に対する REBOA/IABO の有用性, および開胸大動脈遮断術との比較】

現時点で十分な症例集積はされていないが, 限られた数件の Review の報告および本邦での使用経験から, 鋭的外傷に対しての REBOA/IABO は安全で効果的である可能性がある.

JTDB を解析した報告では, REBOA/IABO は初療室で施行することを考慮できるものだが, 留置に成功したとしても, 一刻も早く手術や IVR などの根本的治療を開始するべきであるとしている¹⁾.

対象に鋭的外傷症例を含む 7 件の報告をまとめた Review では, 計 81 人の鋭的外傷症例に対して, 主に心肺停止切迫症例に対する出血コントロールおよび蘇生目的で使用されており, バルーンのインフレーション時間の中央値 63 分 (33 – 88 分), 収縮期血圧上昇の中央値 51mm Hg (44 – 61mm Hg), 全体の死亡率は 35.4%であった²⁾. AORTA study では, 鋭的外傷 43 例を含む 114 例の検討で REBOA/IABO と緊急開胸での比較がされており, 生存率に特に有意差は認めなかった (28.2% vs 16.1%, $p=0.12$). 特に致死合併症は認めず, 安全で効果的と結論付けている³⁾.

- 1) Inoue J, et al : Resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta might be dangerous in patients with severe torso trauma : a propensity score analysis. J Trauma Acute Care Surg 2016 ; 80 : 559 – 566.
- 2) Branco BC, et al : Endovascular solutions for the management of penetrating trauma : an update on REBOA and axillo-subclavian injuries. Eur J Trauma Emerg Surg 2016 ; 42 : 687 – 694.
- 3) Dubose JJ, et al : AAST AORTA Study Group : The AAST prospective Aortic Occlusion for Resuscitation in Trauma and Acute Care Surgery (AORTA) registry : Data on contemporary utilization and outcomes of aortic occlusion and resuscitative balloon occlusion of the aorta (REBOA) . J Trauma Acute Care Surg 2016 ; 81 : 409 – 419.

Key Point

- 鈍的外傷と異なり, 銃創患者は緊急手術が必要になる可能性が高く, 手術加療が予後に直結するため, 常時麻酔科を含め迅速に緊急手術が施行可能な体制を整えておくべきである.
- 初期評価では E の評価, 特に単純 X 線撮影での評価が重要である.
- 鋭的外傷に対する蘇生的開胸術は, 鈍的外傷に対してよりも重要度が高く, 必須の手技である.
- 鋭的外傷では腹部 FAST の感度はやや低く, 体表創部から体外へ出血していることもあり, negative でも腹腔内出血は否定できない.

廣江 成欧

2. 弾道学の基礎, 銃弾の扱い

1) 弾道学の基礎 Ballistics

銃創の症例が搬入されてきた場合, 原則は目の前の受傷者そのものの状態を臨床的に評価することであって, 銃器や銃弾の種類や速度, 撃たれた距離などによって治療方針の大枠が変わることはないため, そういった情報を得るための時間を無理にさく必要はない.

ここでは弾道学の最小限の項目のみ提示し, 銃器による損傷をよりイメージしやすくし, より詳細な評価につながれば幸いである.

原則

- ・銃弾による創がどのようなになるかは以下の3つの大因子によって決まる¹⁾。
 - i) 銃弾：直径，重量，形状，ジャケット（装甲），小粒，火薬の量・種類
 - ii) 銃器：銃身長，連射型・単発型，自動式・半自動式，携帯性
 - iii) 受傷者の因子：体位，銃器からの距離，創の部位，損傷組織

銃弾の威力は何で決まるか？

- ・銃弾の威力は運動エネルギーの法則に則る。発射された銃弾の運動エネルギー量（KE：kinetic energy）は，銃弾の質量（M）と銃口速度（V）により決定し（ $KE=1/2 MV^2$ ），より重い弾丸がより早い速度で撃ち出されるとエネルギー量は大きくなる＝威力は大きくなる。銃口速度は，上述の i) 銃弾および ii) 銃器の性質により決定される²⁾。

$$KE = \frac{1}{2} M V^2$$

銃の口径・弾丸の質量・放出速度による威力の違い³⁾

- ・低速弾：秒速 2,000 フィート（681m/秒）未満
- ・高速弾：秒速 2,000 フィート（681m/秒）以上

口径	M (g)	V (m/秒)	J	cavitation のサイズ(cm)
.22 インチ（拳銃）	36	350	170	5
.38 インチ（拳銃）	120	300	325	10
.223 インチ（ライフル）	50	900	1,550	15
7.62×39mm （カラシニコフ）	165	850	3,500	20

}

}
 低速弾

}
 高速弾

弾丸の動き⁴⁾

- ・体内に入った銃弾は，揺れ(yaw)や回転(tumble)，変形(deformation)や断片化(fragmentation)を伴って複雑な動きで進んでいくため，銃弾そのものによる組織損傷とともに，銃弾の径より何倍も広い範囲の組織を損傷している（空洞形成 = cavitation）。高速弾ほど cavitation は大きく，弾道から離れた組織も損傷を受ける。射入口と射出口を結んだ直線状の損傷のみ想定すればいいわけではない。

- 14 -

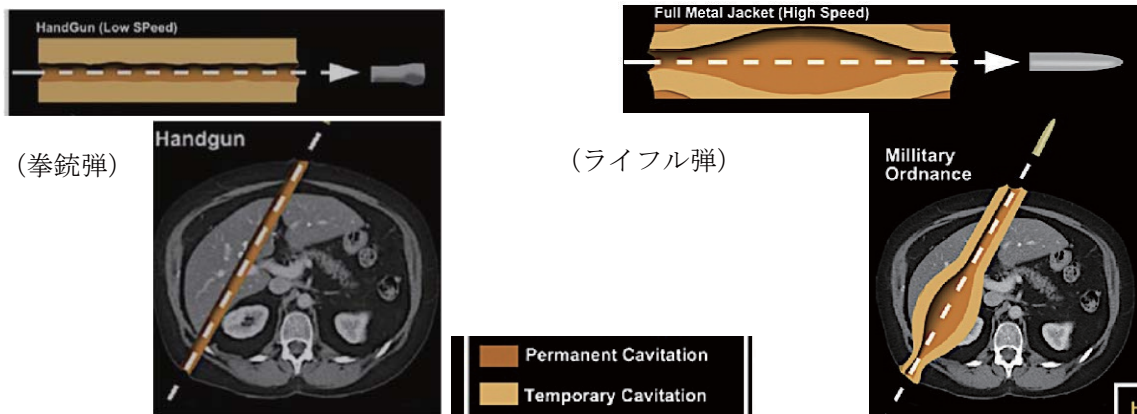
166

損傷の程度は何で決まるか？

- ・ 損傷させる力（WE：wounding energy）は、体内に射入したときの速度（ V_{entry} ）と体内から射出したときの速度（ V_{exit} ）の差が大きくなること、つまり体内で大きく減速すると、大きくなる³⁾。

$$WE = \frac{1}{2} M (V_{\text{entry}} - V_{\text{exit}})^2$$

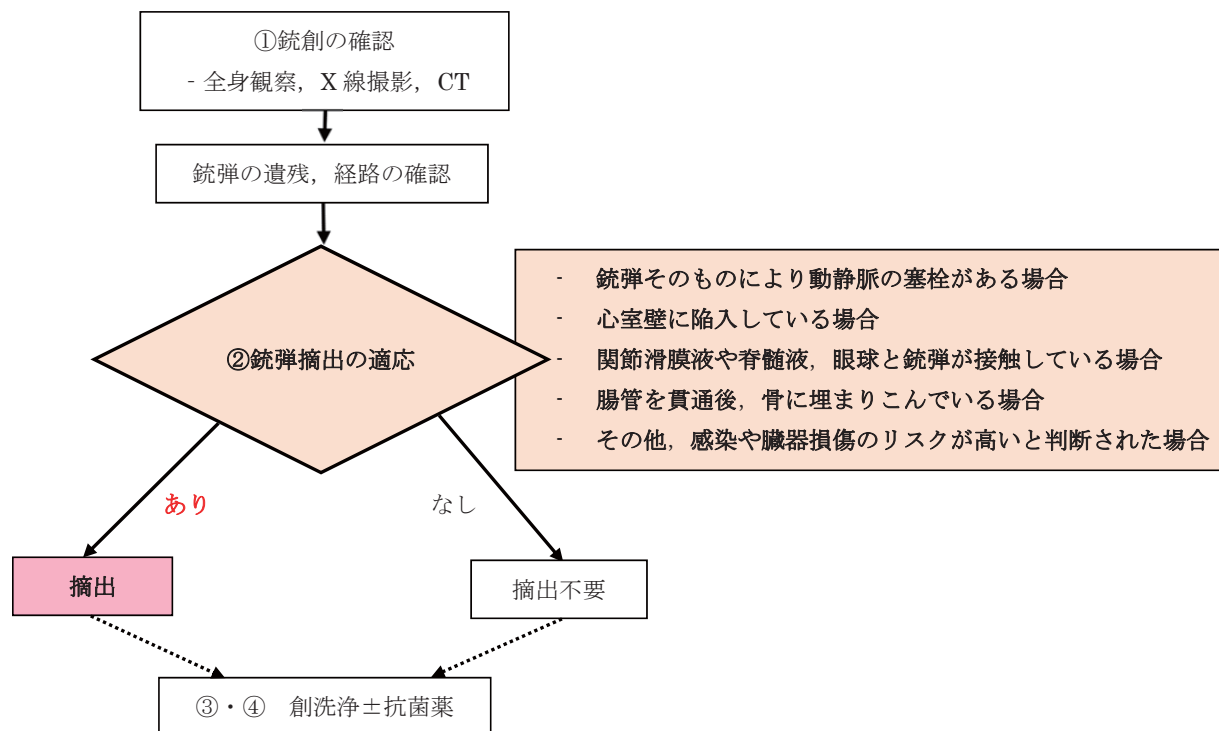
銃器の種類それぞれの特徴^{1) 5) 6)}



- ・ 拳銃：ライフルよりエネルギー量は劣り、命中率も低い。逆に拳銃による創を認める場合は、10m前後の比較的近い距離から受傷した可能性がある。
- ・ 狩猟用ライフル：苦痛を与えず仕留めることを目的としており、狩猟用弾丸は軍用では禁止されている殺傷能力のより高い形態をしているため、偶発的に受傷した場合、遠くから命中した場合でも重篤な組織損傷を伴う。皮膚表面は残存していても、内部組織が破壊されていることもあり、より広範囲のデブリードマンや追加切除が必要になる。
- ・ 軍用ライフル：高速弾であり、拳銃よりもエネルギー量や命中率は高い。Cavitationのサイズは拳銃の数倍になる。防弾チョッキなどで弾丸による直接損傷を受けなくてもそのエネルギーにより鈍的損傷をきたす場合がある（behind armor blunt trauma;BABT）。以前より口径が縮小してきている傾向があり、狩猟用ライフルの創よりも組織破壊は少ない。
- ・ 散弾銃：10-15m距離があれば致命傷にならないが、1-2m以内の距離では85%が致命的となる。低速弾。飛散した小球がそれぞれ組織を損傷する。すべての弾丸片の摘出は困難。

- 1) Asensio JA, et al : Current therapy of trauma and surgical critical care. 2nd ed. Amsterdam : Elsevier, 2016.
- 2) Moore EE, et al : Trauma. 8th edition. Columbus : McGraw-Hill Education, 2017.
- 3) 井上潤一, ほか：「銃創と弾道学」平成 29 年度厚生労働省・日本外科学会 外傷外科医養成研修テキスト
- 4) Giannou C, et al : 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活動 VOLUME 1. ICRC, 2009.
- 5) Hanna TN, et al : Firearms, bullets, wound ballistics : An imaging primer. Injury 2015 ; 46 : 1186- 1196.
- 6) Stefanopoulos PK, et al : Wound ballistics 101 : the mechanisms of soft tissue wounding by bullets. Eur J Trauma Emerg Surg 2017 ; 43 : 579- 586.

2) 弾道の扱い



図Ⅱ-2-1 銃弾扱いアルゴリズム

- ①銃創が1ヵ所でもある場合は、必ず全身を注意深く診察し、X線撮影などの画像検査を行い、銃弾が遺残しているかどうか、銃弾が体内のどこを通過したか評価する。
※1発の銃弾でも体内で複数に分裂することがある。
※射創管は直線とは限らない。
- ②遺残した銃弾は、図の銃弾摘出の適応にあてはまる場合以外摘出する必要はない。ただし、摘出の適応にあてはまる場合であっても、アプローチが困難であったり、より大きな合併症が危惧される場合はこの限りではない¹⁾²⁾。
※状態が安定しており、遺残した銃弾が、皮下、筋肉内、あるいは射入口・射出口の近傍に触知可能な場合は、外来で局所麻酔施行下の摘出を考慮してもよい。
※銃弾を摘出した場合、その処理に関しては警察に確認を行う。
- ③可及的に、受傷から6時間以内には創洗浄を行う。
- ④抗菌薬投与の適応としては、骨折を伴う場合、ショットガンによる銃創、治療開始まで時間の経過している場合、汚染が高度な場合、糖尿病の既往がある場合などで考慮する（後述）。
※射入口、射出口は早期には閉鎖せず、一定期間感染徴候がなければ閉鎖可能である（後述）。
※破傷風ワクチン接種歴を必ず確認する¹⁾。

【体内の遺残した銃弾やその破片を除去する必要性、遺残した場合の鉛中毒のリスクに関して】

すべての銃創を検索またはデブリードマンする必要はない。血管損傷や大きな血腫を伴わない軟部組織や筋肉だけを通過した単純な銃創は経過観察できる。創洗浄の遅延が感染の大きなリスクとなるため、6

時間以内に洗浄する¹⁾。銃弾除去は通常不要で、それだけで手術適応とはならない。違和感を訴えても皮下にあるようにみえても特に必要ない。唯一鉛中毒のリスクとなる可能性があるのは、滑膜液や脊髄液と接触している銃弾による³⁾⁴⁾。銃弾と鉛の血中濃度の量的関係も、鉛の血中濃度と中毒リスクの大きさも、明らかではない⁵⁾。また、腸を貫通してそのまま骨に埋まりこんだ銃弾は骨髓炎のリスクとなるため、アプローチが困難でなければ除去する。軟部組織に遺残した銃弾の破片が原因と思われる鉛中毒の報告はある⁶⁾。

【銃創による外傷に対する抗菌薬投与】

感染のリスクが高いと考えるべきであり、細菌学的な確証が得られずとも広域抗菌薬の静脈内投与はやむを得ないことが多い。

抗菌薬投与の適応としては、骨折を伴う場合、ショットガンによる銃創、治療開始まで時間の経過している場合、腸管を通過しているなど汚染が高度な場合、糖尿病の既往がある場合などである⁷⁾。また、腸を貫通してそのまま骨に埋まりこんだ銃弾は骨髓炎のリスクとなり、銃弾の除去が不可能な場合は、射創管の洗浄に加えて最低10日間の広域スペクトラムを有する抗菌薬の静脈内投与を考慮する。軟部組織や筋肉だけを貫通した単純な銃創の場合、感染のリスクは2%以下であり、経静脈的な抗菌薬投与は必要ない¹⁾。

【銃弾の射入口、射出口は閉鎖すべきか】

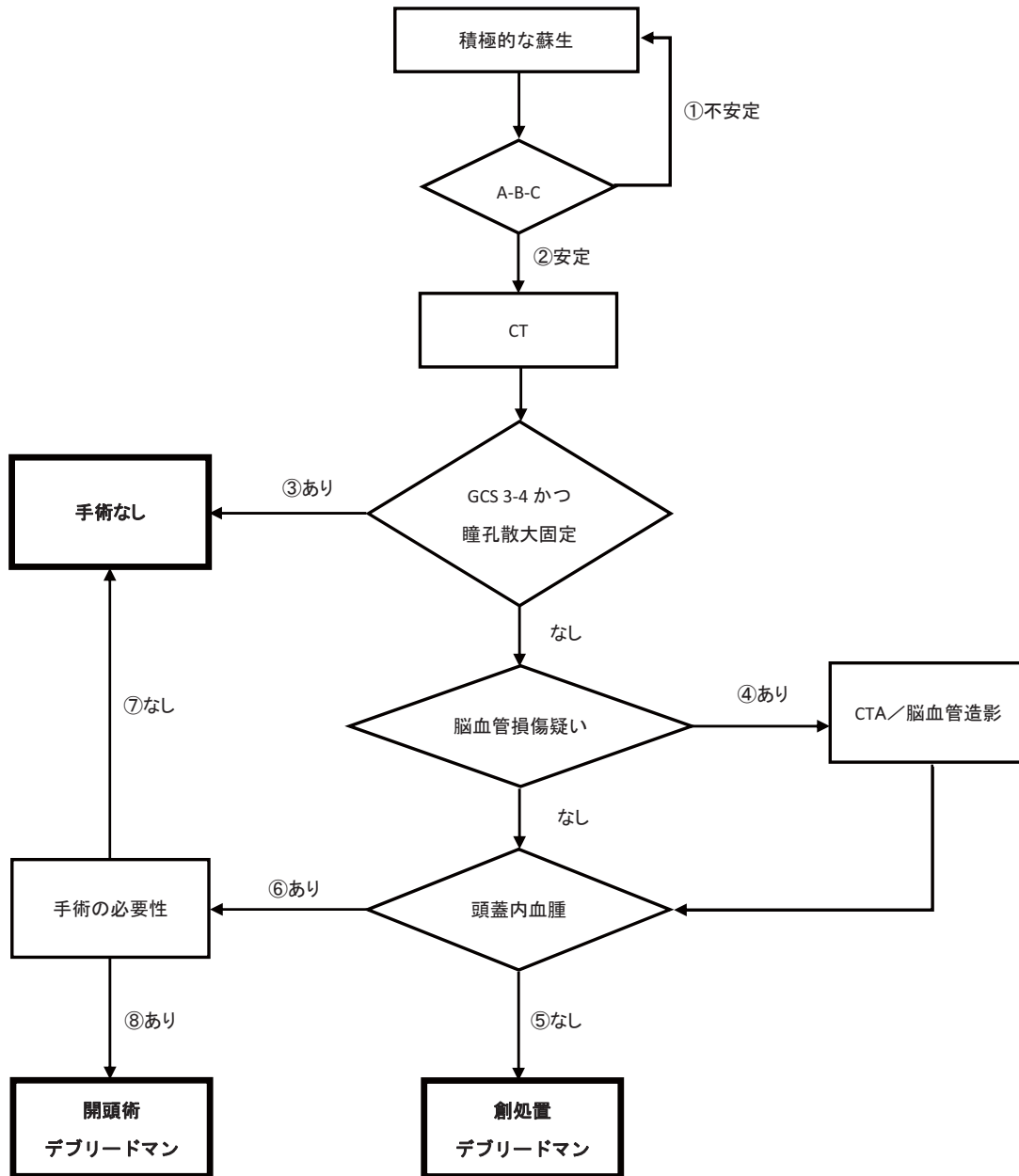
汚染物の付着の可能性あり、射創管の洗浄のため早期には閉鎖する必要はない。一定期間感染徴候がなければ閉鎖可能である (Expert opinion)。

- 1) Asensio JA, et al : Current therapy of trauma and surgical critical care. 2nd ed. Amsterdam : Elsevier 2016.
- 2) Dienstknecht T, et al : Indications for bullet removal : overview of the literature, and clinical practice guidelines for European trauma surgeons. Eur J Trauma Emerg Surg 2012 ; 38 : 89-93.
- 3) Begly JP, et al : Systematic lead toxicity secondary to retained intraosseous bullet. A case report and review of literature. Bull Hosp Jt Dis 2016 ; 74 : 229-233.
- 4) Dillman RO, et al : Lead poisoning from a gunshot wound. Report of a case and review of the literature. Am J Med 1979 ; 66 : 509-514.
- 5) Magos L : Lead poisoning from retained lead projectiles. A critical review of case reports. Hum Exp Toxicol 1994 ; 13 : 735-742.
- 6) Weiss D, et al : Severe lead toxicity attributed to bullet fragments retained in soft tissue. BMJ Case Rep 2017 Mar 8 ; 2017.
- 7) Bruner D, et al : Ballistic injuries in the emergency department. Emerg Med Practice. 2011 ; 13.

廣江 成欧

3. 頭部銃創

1) 頭部




- ① 気道，呼吸，循環（A-B-C）の異常がみられれば，積極的にその安定化を行う。
- ② A-B-Cの問題がクリアされた後に，中枢神経の異常を評価する。
- ③ 蘇生後のGCSスコア3または4かつ瞳孔散大・固定した症例は極めて予後が悪く，積極的な治療は行われなことが多い。
- ④ 血管損傷が疑われた場合は脳血管造影を行う。
- ⑤ 頭蓋内血腫がない場合は，創処置・デブリードマンを行う。
- ⑥⑦⑧ 頭蓋内血腫がある場合には全例が手術の対象となるが，銃創などによる広範な損傷の場合には，手術の適応とならない場合も多い。

図Ⅱ-3-1

(Harrington T, et al : Head injury. New York McGraw-Hill , 2000 : 352. を改変)


【初期評価】


頭部銃創は、約 90% の患者が現場もしくは来院時に死亡するきわめて予後不良な外傷であるが¹⁾⁻³⁾、本邦における外傷初期診療ガイドラインに従った診療を行う⁴⁾⁵⁾。頭部外傷の初期診療は、頭蓋外因子による二次性脳損傷を最小限にとどめることが重要なため、すぐに primary survey を開始し、気道、呼吸、循環 (A-B-C) に異常が認められれば、積極的にその安定化を行う。A-B-C の問題がクリアされた後に、中枢神経の異常を評価する。蘇生後の GCS スコアを評価し、頭蓋内圧亢進症状の有無を確認する。primary survey における中枢神経の異常の発見では、GCS スコア 8 以下、あるいは GCS スコア 2 以上の急速な悪化、瞳孔不同や片麻痺 (脳ヘルニア徴候) を認めた場合 (“切迫する D”) には、ただちに気管挿管などによる確実な気道の確保を行い、脳神経外科医へ連絡し、secondary survey の最初に頭部 CT を行う。

 secondary survey における頭部の評価は、外表の観察のため可能な限り頭髪の剃毛を行う。弾丸による創の位置と数を同定し、発砲された距離を推定するため powder burn があれば記録する。頭蓋骨骨折に伴う眼鏡状出血や Battle's sign、眼損傷および眼窩損傷、外耳道や口鼻腔からの出血、髄液漏の検索を行う。詳細な神経診察が可能であれば、他臓器の評価が終了した後に行う。

- 1) Siccardi D, et al : Penetrating craniocerebral missile injuries in civilians : a retrospective analysis of 314 cases. Surg Neurol 1991 ; 35 : 455-460.
- 2) Marshall LF, et al : A multicenter trial on the efficacy of using tirilazad mesylate in cases of head injury. J Neurosurg 1998 ; 89 : 519-525.
- 3) Part 2 : Prognosis in penetrating brain injury. J Trauma 2001 ; 51 : S44-86.
- 4) 日本外傷学会外傷初期診療ガイドライン改訂第 5 版編集委員会 : 外傷初期診療ガイドライン JATEC. 改訂第 5 版. 日本外傷学会・日本救急医学会監修. 東京 : へるす出版, 2017.
- 5) 重症頭部外傷治療・管理のガイドライン作成委員会 : 重症頭部外傷治療・管理のガイドライン. 第 3 版. 日本脳神経外科学会・日本脳神経外傷学会監修. 東京 : 医学書院, 2013.

【画像診断】

頭部外傷急性期の初期診療における画像診断は、手術適応の有無や術式の決定に必要である。第一選択とする画像診断法は CT である。 注目すべき CT の所見として、弾丸や骨片の正確な位置と数、頭蓋内血腫、脳腫脹、弾道路と血管との位置関係、副鼻腔・乳突蜂巣損傷、気脳症、脳室損傷、脳幹損傷、脳底槽消失、弾道路が正中構造をこえているか、複数の脳葉の損傷があるかなどがあげられる¹⁾²⁾。骨条件に加え、冠状断と矢状断も有用である。

X 線は、頭蓋骨骨折、弾丸や骨片の位置、気脳症などの評価が可能だが、通常は CT が撮影されるため、ルーチンでの検査は推奨されない。 MRI は、検査に時間を要し、また磁場の影響で鉄を含む金属片が移動して新たな脳損傷をきたす可能性があるため原則行わない。脳血管造影は、血管損傷の可能性がある場合に推奨される。弾道路がシルビウス裂近傍 (中大脳動脈)、内頸動脈の床上部、椎骨脳底動脈、主要な静脈洞と近接する場合や、くも膜下出血や遅発性に頭蓋内血腫が出現した場合は血管損傷を疑う³⁾。

- 1) Neuroimaging in the management of penetrating brain injury. J Trauma 2001 ; 51 : S7-11.
- 2) Offiah C, et al : Imaging assessment of penetrating craniocerebral and spinal trauma. Clin Radiol 2009 ; 64 : 1146-1157.
- 3) Levy ML, et al : The significance of subarachnoid hemorrhage after penetrating craniocerebral injury : correlations with angiography and outcome in a civilian population. Neurosurgery 1993 ; 32 : 532-540.

【手術適応】

手術適応は、積極的な蘇生と画像検査を行った後に、神経学的所見および画像所見から判断する。明確なコンセンサスは得られていないため、症例ごとに予後不良因子を評価し、手術適応を決定する¹⁾。

蘇生後のGCSスコア3または4かつ瞳孔散大・固定した症例はきわめて予後が悪く、手術適応がないと考えられ、積極的な治療は行われなことが多い。また予後不良因子として、年齢、自殺、低血圧、凝固異常、GCSスコア低値、瞳孔散大、対光反射消失、頭蓋内圧亢進、CT所見で両側大脳半球・複数の脳葉の損傷、脳室内出血などが報告されている²⁾⁻⁶⁾。


しかし、2011年に米国でガブリエル・ギフォーズ下院議員が銃撃された事件では、頭部銃撃から劇的な回復を遂げた。致死的な症例のなかにも良好な転帰をとる症例が報告され³⁾⁷⁾⁻⁹⁾、手術適応の判断、手術および術後管理の重要性が強調されている⁷⁾。

- 1) Surgical management of penetrating brain injury. J Trauma 2001 ; 51 : S16-25.
- 2) Aarabi B, et al : Predictors of outcome in civilian gunshot wounds to the head. J Neurosurg 2014 ; 120 : 1138-1146.
- 3) Gressot LV, et al : Predictors of outcome in civilians with gunshot wounds to the head upon presentation. J Neurosurg 2014 ; 121 : 645-652.
- 4) Rosenfeld JV, et al : Current concepts in penetrating and blast injury to the central nervous system. World J Surg 2015 ; 39 : 1352-1362.
- 5) Turco L, et al : Penetrating Bihemispheric Traumatic Brain Injury : A Collective Review of Gunshot Wounds to the Head. World Neurosurg 2017 ; 104 : 653-659.
- 6) Muehlschlegel S, et al : Predicting survival after acute civilian penetrating brain injuries : The SPIN score. Neurology 2016 ; 87 : 2244-2253.
- 7) Lin DJ, et al : "Time is brain" the Gifford factor-or : Why do some civilian gunshot wounds to the head do unexpectedly well? A case series with outcomes analysis and a management guide. Surg Neurol Int 2012 ; 3 : 98.
- 8) Joseph B, et al : Improving survival rates after civilian gunshot wounds to the brain. J Am Coll Surg 2014 ; 218 : 58-65.
- 9) Kaufman HH, et al : Patients with Glasgow Coma Scale scores 3, 4, 5 after gunshot wounds to the brain. Neurosurg Clin N Am 1995 ; 6 : 701-714.

【手術治療】

感染のリスクを減少させるため、受傷早期の手術が勧められる¹⁾⁻³⁾。時間に関する明らかなエビデンスはない³⁾。

頭蓋骨に対して接線方向の受傷など、創が小さく頭蓋内損傷がない場合には、局所のデブリードマンと閉創を行う¹⁾。硬膜に損傷が及んでいるが頭蓋内損傷が軽微な場合は、より広範なデブリードマンを行い、硬膜を watertight に閉じる。頭蓋骨の破砕や頭蓋内出血による mass effect、脳腫脹、脳組織の挫滅、脳内に容易に除去できる骨片が存在する場合には開頭術を行う。

開頭を行う際、創周囲の組織に対してデブリードマンを行う。遊離骨片は除去し、銃弾貫通部から離れた位置で開頭を行う。副鼻腔と交通した場合は、膿瘍形成や髄液漏のリスクを減少させるために、硬膜を watertight に閉じる。頭蓋内血腫や挫滅した脳組織を吸引し、骨片や弾丸は容易に除去できるようであれば除去する³⁾。しかし、残存した脳組織（特に eloquent area）から骨片や弾丸を除去すると、外傷性てんかんのリスクを減少させるが⁴⁾、死亡率の上昇や転帰の悪化と相関するため、無理に摘出すべきではない¹⁾⁵⁾⁻⁷⁾。また深部の骨片や弾丸は、感染のリスクを増加させないと報告されている⁸⁾。

減圧開頭をすべきか否かに関して、死亡率に有意な差はない⁹⁾¹⁰⁾。長距離搬送を伴う military の研究では、

早期の減圧開頭の方が転帰はよいとの報告がある¹¹⁾。

- 1) Surgical management of penetrating brain injury. J Trauma 2001 ; 51 : S16-25.
- 2) Helling TS, et al : The role of early surgical intervention in civilian gunshot wounds to the head. J Trauma 1992 ; 32 : 398-400.
- 3) Hubschmann O, et al : Craniocerebral gunshot injuries in civilian practice--prognostic criteria and surgical management : experience with 82 cases. J Trauma 1979 ; 19 : 6-12.
- 4) Salazar AM, et al : Epilepsy after penetrating head injury. I. Clinical correlates : a report of the Vietnam Head Injury Study. Neurology 1985 ; 35 : 1406-1414.
- 5) Esposito DP, et al : Contemporary Management of Penetrating Brain Injury. Neurosurgery Quarterly 2009 ; 19 : 249-254.
- 6) Chaudhri KA, et al : Penetrating craniocerebral shrapnel injuries during "Operation Desert Storm" : early results of a conservative surgical treatment. Acta Neurochir (Wien) 1994 ; 126 : 120-123.
- 7) Hammon WM : Analysis of 2187 consecutive penetrating wounds of the brain from Vietnam. J Neurosurg 1971 ; 34 : 127-131.
- 8) Lillard PL : Five years experience with penetrating craniocerebral gunshot wounds. Surg Neurol 1978 ; 9 : 79-83.
- 9) Gutiérrez-González R, et al : Penetrating brain injury by drill bit. Clin Neurol Neurosurg 2008 ; 110 : 207-210.
- 10) Rish BL, et al : Evolution of craniotomy as a debridement technique for penetrating craniocerebral injuries. J Neurosurg 1980 ; 53 : 772-775.
- 11) Bell RS, et al : Early decompressive craniectomy for severe penetrating and closed head injury during wartime. Neurosurg Focus 2010 ; 28 : E1.

【術後管理】

頭蓋内圧モニタリングに関する研究は、鈍的外傷と比較して少なく、頭蓋内圧管理が予後に影響を与えたというエビデンスはほとんどない¹⁾。しかし、銃創においても頭蓋内圧亢進は死亡率を上昇させるため²⁾⁻⁴⁾、脳腫脹や頭蓋内出血のある症例では頭蓋内圧を測定し、亢進を認めた場合は鈍的外傷と同様に頭蓋内圧管理をするよう推奨されている⁵⁾。

髄液漏は28%と高頻度に生じると報告されている⁶⁾。脳室ドレーンや腰椎ドレーンを挿入しても髄液漏を繰り返す場合は、外科的に硬膜を修復することが推奨される⁷⁾。

- 1) Esposito DP, et al : Contemporary Management of Penetrating Brain Injury. Neurosurgery Quarterly 2009 ; 19 : 249-254.
- 2) Crockard HA : Early intracranial pressure studies in gunshot wounds of the brain. J Trauma 1975 ; 15 : 339-347.
- 3) Lillard PL : Five years experience with penetrating craniocerebral gunshot wounds. Surg Neurol 1978 ; 9 : 79-83.
- 4) Sarnaik AP, et al : Role of aggressive intracranial pressure control in management of pediatric craniocerebral gunshot wounds with unfavorable features. J Trauma 1989 ; 29 : 1434-1437.
- 5) Intracranial pressure monitoring in the management of penetrating brain injury. J Trauma 2001 ; 51 : S12-15.
- 6) Arendall RE, et al : Air sinus wounds : an analysis of 163 consecutive cases incurred in the Korean War, 1950-1952. Neurosurgery 1983 ; 13 : 377-380.

7) Management of cerebrospinal fluid leaks. J Trauma 2001 ; 51 : S29-33.

【血管損傷】

血管損傷の発症率は5-40%といわれている¹⁾⁻³⁾。血管損傷として、外傷性脳動脈瘤、動静脈瘻、外傷性くも膜下出血、脳血管攣縮などをきたす。

血管損傷が疑われた場合は脳血管造影を行うが、4-vessel studyを必ず行う必要はなく、目的とする血管のみ造影を行ってもよい⁴⁾。遅発性または説明不能なくくも膜下出血や頭蓋内血腫が出現した場合、脳血管造影を行うことが強く推奨される。血管損傷は受傷から数ヶ月後に生じることもあり、初回の脳血管造影のみで血管損傷がないと結論付けてはならない。血管損傷が疑われた場合には2-3週後に再検査をすることが勧められる。

外傷性脳動脈瘤、動静脈瘻を認めた場合は、開頭術または血管内手術が勧められる⁴⁾。

- 1) Gutiérrez-González R, et al : Penetrating brain injury by drill bit. Clin Neurol Neurosurg 2008 ; 110 : 207-210.
- 2) Nathoo N, et al : Civilian infratentorial gunshot injuries : outcome analysis of 26 patients. Surg Neurol 2002 ; 58 : 225-232 ; discussion 232-233.
- 3) Levy ML, et al : The significance of subarachnoid hemorrhage after penetrating craniocerebral injury : correlations with angiography and outcome in a civilian population. Neurosurgery 1993 ; 32 : 532-540.
- 4) Vascular complications of penetrating brain injury. J Trauma 2001 ; 51 : S26-28.

【抗菌薬】

感染は1-5%と頻度は高くないが、死亡率が高い合併症である¹⁾²⁾。異物や皮膚、毛髪、骨片が脳内の弾道路に残存すると、創感染、髄膜炎、脳室炎、脳膿瘍が生じる可能性がある。特に、髄液漏、副鼻腔損傷、脳室損傷、正中構造をこえる損傷は感染のリスクが高まる¹⁾。

Staphylococcus aureus は最も頻度の高い病原菌であるが、グラム陰性桿菌も起因菌としての頻度が高い¹⁾。感染予防として、広域スペクトラムの抗菌薬が好まれ、セフェム系抗菌薬が最も用いられている³⁾。British Society for Antimicrobial Chemotherapy は、アモキシシリン・クラブリ酸 1.2g を8時間おきに静注（本邦において静注薬は未承認）、またはセフトキシム初回 1.5g その後8時間おきに750mg 静注し、可能な限り受傷後早期から開始し、手術後5日間継続するよう推奨している⁴⁾。他に、バンコマイシンや嫌気性菌に対してメトロニダゾールの投与や⁵⁾、最低でも7-14日間の投与継続を推奨する報告もある⁶⁾。

- 1) Antibiotic prophylaxis for penetrating brain injury. J Trauma 2001 ; 51 : S34-40.
- 2) Benzel EC, et al : Civilian craniocerebral gunshot wounds. Neurosurgery 1991 ; 29 : 67-71 ; discussion 71-72.
- 3) Kaufman HH : Civilian gunshot wounds to the head. Neurosurgery 1991 ; 29 : 479.
- 4) Bayston R, et al : Use of antibiotics in penetrating craniocerebral injuries. "Infection in Neurosurgery" Working Party of British Society for Antimicrobial Chemotherapy. Lancet 2000 ; 355 : 1813-1817.
- 5) Esposito DP, et al : Contemporary Management of Penetrating Brain Injury. Neurosurgery Quarterly 2009 ; 19 : 249-254.
- 6) Kazim SF, et al : Management of penetrating brain injury. J Emerg Trauma Shock 2011 ; 4 : 395-402.

【抗てんかん薬】


頭部銃創によるてんかんの発症率は、30%～50%と報告されている¹⁾。硬膜損傷および脳損傷があると、てんかんの発症リスクは高まる。受傷後7日以内に発症するのは10%未満であり、80%は受傷後2年以内に発症するが、18%は受傷後5年以降経過してから発症した²⁾³⁾。頭部銃創においても、早期てんかんの予

防に受傷後1週間は抗てんかん薬を使用するように勧められる¹⁾⁴⁾。晩期てんかんを予防できないため1週間以上は投与すべきでない¹⁾⁴⁾。しかし現実には、損傷した脳組織が大きい場合や晩期てんかんの可能性が高い場合は継続していることが多い。頭部銃創を対象にした薬剤の選択に関する研究はなく、本邦のガイドラインではフェニトインの経静脈投与が勧められている⁵⁾。一方、メタ解析ではレベチラセタムとフェニトインは有効率に差がなく⁶⁾⁻⁸⁾、レベチラセタムはフェニトインにくらべて副作用が少ないという結果が得られている⁹⁾⁻¹⁰⁾。

- 1) Antiseizure prophylaxis for penetrating brain injury. J Trauma 2001 ; 51 : S41-43.
- 2) Salazar AM, et al : Epilepsy after penetrating head injury. I. Clinical correlates : a report of the Vietnam Head Injury Study. Neurology 1985 ; 35 : 1406-1414.
- 3) Caveness WF, et al : The nature of posttraumatic epilepsy. J Neurosurg 1979 ; 50 : 545-553.
- 4) Aarabi B, et al : Prognostic factors in the occurrence of posttraumatic epilepsy after penetrating head injury suffered during military service. Neurosurg Focus 2000 ; 8 : e1.
- 5) 重症頭部外傷治療・管理のガイドライン作成委員会：重症頭部外傷治療・管理のガイドライン。第3版。日本脳神経外科学会・日本脳神経外傷学会監修。東京：医学書院，2013。
- 6) Khan NR, et al : Should Levetiracetam or Phenytoin Be Used for Posttraumatic Seizure Prophylaxis? A Systematic Review of the Literature and Meta-analysis. Neurosurgery 2016 ; 79 : 775-782.
- 7) Yang Y, et al : Levetiracetam Versus Phenytoin for Seizure Prophylaxis Following Traumatic Brain Injury : A Systematic Review and Meta-Analysis. CNS Drugs 2016 ; 30 : 677-688.
- 8) Zafar SN, et al : Phenytoin versus Levetiracetam for seizure prophylaxis after brain injury - a meta analysis. BMC Neurol 2012 ; 12 : 30.
- 9) Thompson K, et al : Pharmacological treatments for preventing epilepsy following traumatic head injury. Cochrane Database Syst Rev 2015 : CD009900.
- 10) Xu JC, et al : The safety and efficacy of levetiracetam versus phenytoin for seizure prophylaxis after traumatic brain injury : A systematic review and meta-analysis. Brain Inj 2016 ; 30 : 1054-1061.

2) 脊椎

【画像診断】

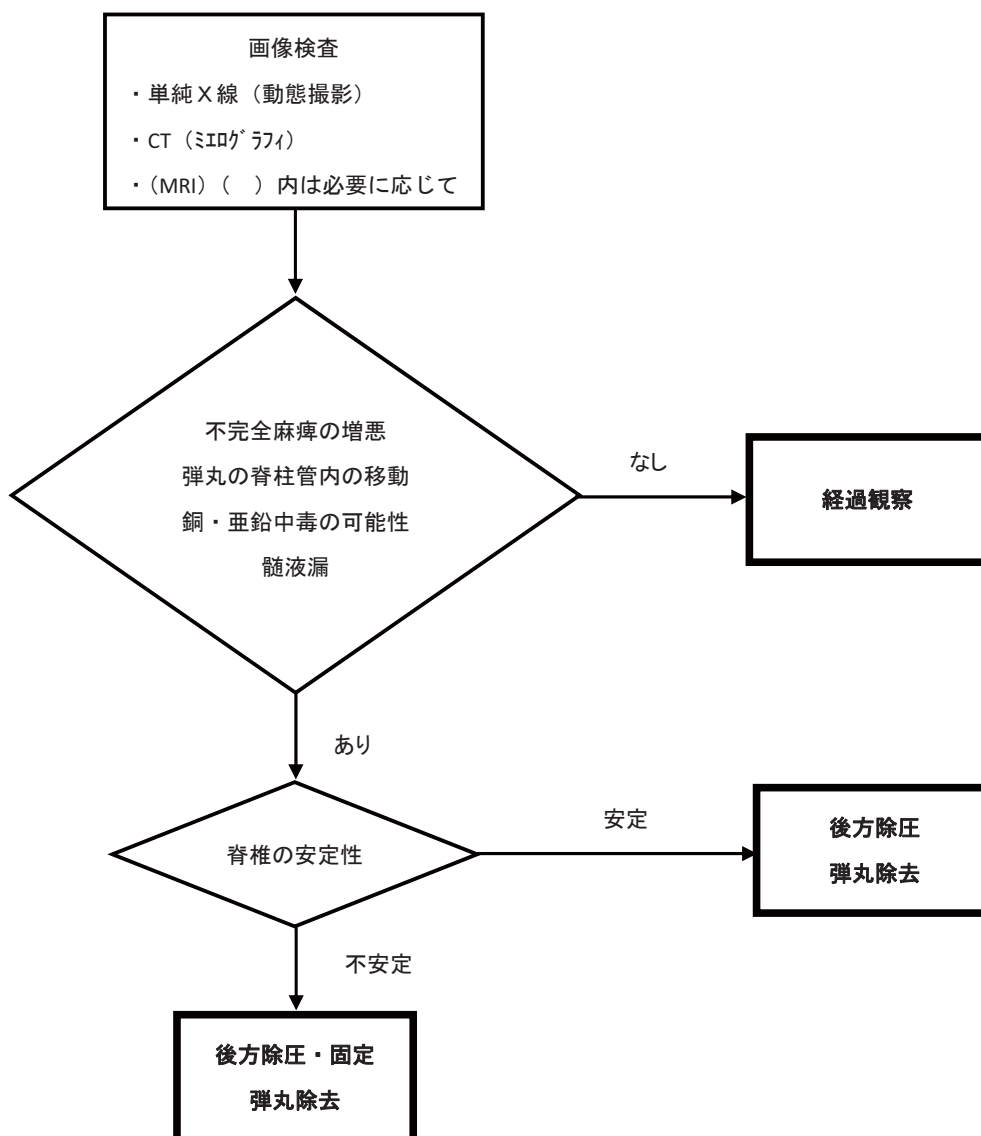
 脊椎銃創に対するMRIの適応についてはまだコンセンサスは得られていない。理論的には一般的な弾薬の素材は銅と鉛であり、鉄は含まれないのでMRIは安全に施行できるはずであるが、鉄製不純物の混入は否定できない。また、弾丸によりアーチファクトが生じる可能性がある。非鉄製弾丸では著明なアーチファクトは認められず、また鉄製成分を含有するものも含めてMRIにより神経症状の増悪をきたしたものはなかったが、鉄を含むものでは移動や回旋がみられたという報告がある。したがってMRIは禁忌ではないが、症例ごとに判断する¹⁾。

- 1) Martinez-del-Campo E, et al : Magnetic resonance imaging in lumbar gunshot wounds : an absolute contraindication?. Neurosurg Focus 2014 ; 37 : E13.

【手術適応】

画像検査で神経圧排所見があり、麻痺が進行する場合は手術適応となる¹⁾。脊髓の除圧に必要な場合は、遺残した金属片を摘出することが望ましいとされる。また、髄液漏がある場合も、髄膜炎などの感染合併症と神経症状増悪の予防のため、早期の手術を必要とする²⁾。また、異物が脊柱管のなかを移動する場合は摘出が有益といわれているが、エビデンスとして確立していない³⁾⁻⁵⁾。

 また、弾丸に用いられている金属には銅や鉛が多く、関節内腔や椎間板に鉛製の弾丸が残存した場



図Ⅱ-3-2

(Kumar A, et al : J Craniovertebr Junction Spine 2011 ; 2 : 57-61. を改変)

合、長期間かけて症候性の中毒となる可能性があるため摘出が考慮される⁶⁾⁻⁸⁾。

脊柱管内に遺残した銃弾は感染リスクと相関がないと報告されている。摘出により合併症が増えたとする報告もあり、感染予防のための摘出は行わない。脊椎不安定性に対する固定術は、神経予後を改善するというエビデンスはないが、リハビリテーションの早期開始に寄与する。手術を行う場合は、感染のリスクなどを考慮に入れてできるだけ早い手術がよいと考えられているが、エビデンスはない。

- 1) Benzel EC, et al : Civilian gunshot wounds to the spinal cord and cauda equina. Neurosurgery 1987 ; 20 : 281-285.
- 2) de Barros Filho TE, et al : Gunshot injuries in the spine. Spinal Cord 2014 ; 52 : 504-510.
- 3) Kafadar AM, et al : Intradural migration of a bullet following spinal gunshot injury. Spinal Cord 2006 ; 44 : 326-329.

- 4) Gupta S, et al : Wandering intraspinal bullet. Br J Neurosurg 1999 ; 13 : 606–607.
- 5) Oktem IS, et al : Migration of bullet in the spinal canal : a case report. Surg Neurol 1995 ; 44 : 548–550.
- 6) Linden MA, et al : Lead poisoning from retained bullets. Pathogenesis, diagnosis, and management. Ann Surg 1982 ; 195 : 305–313.
- 7) Grogan DP, et al : Acute lead intoxication from a bullet in an intervertebral disc space. A case report. J Bone Joint Surg Am 1981 ; 63 : 1180–1182.
- 8) Tindel NL, et al : The effect of surgically implanted bullet fragments on the spinal cord in a rabbit model. J Bone Joint Surg Am 2001 ; 83–A : 884–890.

【抗菌薬】

胸腰椎損傷では、脊椎に銃弾が到達するまでに消化器を貫通している可能性があり、感染のリスクが高くなる¹⁾²⁾。腸内細菌を含むグラム陽性球菌、グラム陰性桿菌の双方をカバーするような広域スペクトラムの抗菌薬が推奨されるが、使用する抗菌薬の種類および使用する期間について統一された見解はない。

- 1) Romanick PC, et al : Infection about the spine associated with low-velocity-missile injury to the abdomen. J Bone Joint Surg Am 1985 ; 67 : 1195–1201.
- 2) Quigley KJ, et al : The role of debridement and antibiotics in gunshot wounds to the spine. J Trauma 2006 ; 60 : 814–819 ; discussion 819–820.

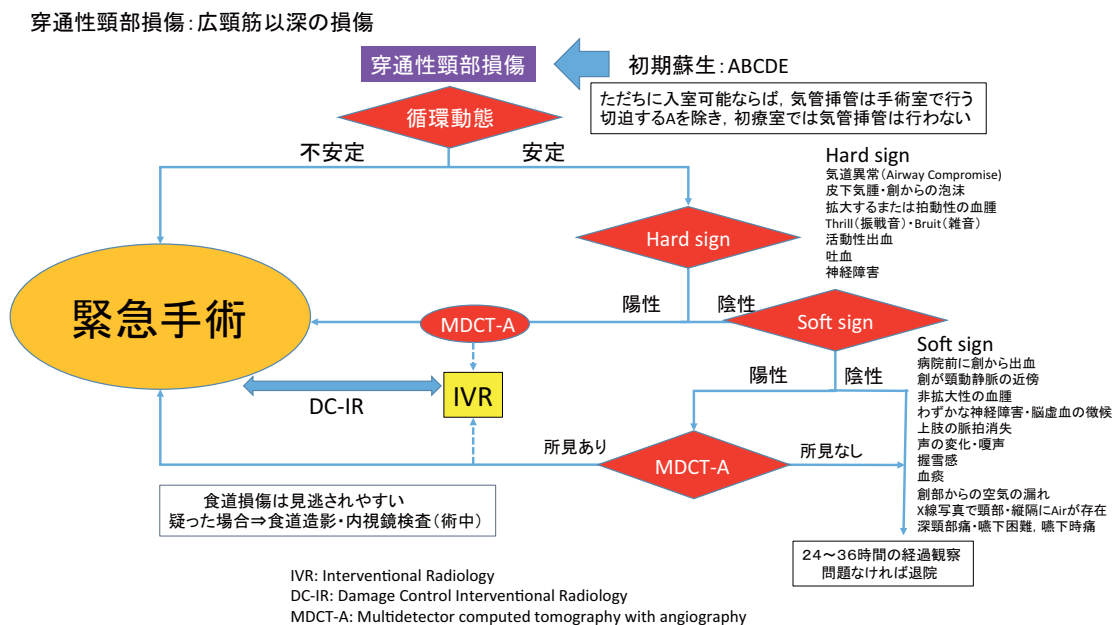
【ステロイド療法】

メチルプレドニゾロンは、銃創による脊髄損傷に対して神経学的予後を改善せず、合併症を増加させるため、使用すべきではない¹⁾。

- 1) Levy ML, et al : Use of methylprednisolone as an adjunct in the management of patients with penetrating spinal cord injury : outcome analysis. Neurosurgery 1996 ; 39 : 1141–1148 ; discussion 1148–1149.

五十嵐 豊

4. 頸部銃創



【アルゴリズムの説明】

- ・ 穿通性頸部損傷は広頸筋以深の損傷と定義される。
- ・ 通常の外傷と同様、JATEC に準じた初期蘇生を行うが、切迫する A を除き、原則的には気管挿管は手術室で行う。
- ・ 循環動態が不安定な場合はただちに緊急手術とする。
- ・ 循環動態が安定していても、Hard sign 陽性ならば、緊急手術とする。循環動態が安定しているので、MDCT-A を撮影し、損傷部位、程度を評価したうえで手術を行う。
- ・ Hard sign 陰性でも、Soft sign 陽性ならば MDCT-A を撮影し、陽性の場合には緊急手術とする。
- ・ 緊急手術となる場合でも、常時緊急 IVR を行うことができる施設では、TAE やステント留置および DC-IR などの可能性を考慮してもよい。ただしいつでも手術に Convert できる体制が確立されていることが重要である。
- ・ 食道損傷を疑った場合は、術中も含めて食道造影・内視鏡検査を行う。
- ・ いずれも陰性の場合には、24～36 時間の経過観察の後、問題なければ退院とする。

＜診断のための Modality は何が最も有効か？＞

穿通性頸部損傷でただちに致命的となり得るのは血管損傷であると考えられる。血管損傷の診断としては、感度・特異度ともにほぼ 100% である血管造影検査が長い間 Gold standard であると考えられてきた¹⁾。しかし近年では画像精度の向上に伴い、MDCT-A にその地位を取って代わられている。臨床的に有意な損傷の発見に関しては感度 100%、特異度 97.5% ときわめて精度が高いという報告もあり、循環動態が安定している場合にはきわめて有効であると考えられる²⁾。しかしながら銃創や爆傷では、銃弾や破片が体内に残存していることも多く、アーチファクトのために MDCT-A を用いての診断は不十分となることもある。さらに Zone I や Zone III の損傷で、外科的アプローチが難しい場合、ステント留置などの血管内治療が有効となる場合がある。このような場合、診断・治療の一貫した流れとして、依然血管造影検査はきわめて重要な選択肢の一つである。デュプレックス超音波検査法は血管損傷の検出のためには非侵襲かつ安価であるが、術者の技量に大きく依存するという欠点がある。MRA も検査に時間を要し、被検者の安静を要するため、第一選択とはなり得ない。

現時点では穿通性頸部損傷診断の Gold standard は MDCT-A と考えられる。WTA の穿通性頸部外傷のアルゴリズムにおいても、Zone にかかわらず、臨床的になんらかの損傷を疑う場合は CTA を撮影することを推奨している³⁾。しかしながら MDCT には咽頭・食道損傷の検出に関しては感度が 53% ときわめて低いという弱点がある⁴⁾⁵⁾。この場合は食道内視鏡または食道造影検査といった直接的な食道検査を行えば、感度はほぼ 100% になると考えられる。EAST の Practice guideline では安定した穿通性頸部損傷では重大な食道損傷を除外するためには食道内視鏡または食道造影検査を推奨している⁶⁾。

- 1) Demetriades D, et al : Carotid artery injuries : experience with 124 cases. J Trauma 1989 ; 29 : 91-94.
- 2) Inaba K, et al : Evaluation of multidetector computed tomography for penetrating neck injury : a prospective multicenter study. J Trauma Acute Care Surg 2012 ; 72 : 576-583.
- 3) Sperry JL, et al : Western Trauma Association critical decisions in trauma : Penetrating neck trauma. J Trauma Acute Care Surg 2013 ; 75 : 936-940.
- 4) Gonzalez RP, et al : Penetrating zone II neck injury : does dynamic computed tomographic scan contribute to the diagnostic sensitivity of physical examination for surgically significant injury? A prospective blinded study. J Trauma 2003 ; 54 : 61-64.
- 5) Kazi M, et al : Utility of clinical examination and CT scan in assessment of penetrating neck trauma. J Coll Physicians Surg Pak 2013 ; 23 : 308-309.
- 6) Tisherman SA, et al : Clinical practice guideline : penetrating zone II neck trauma. J Trauma 2008 ; 64 : 1392-1405.

< Hard sign・Soft sign とは何を指すか? >

Hard sign は主要な血管または気道・消化管損傷を示唆し、原則的にはただちに外科的検索または手術が必要な状態であると考えられる。Hard sign 陽性は穿通性頸部損傷の 10% 以下であるが、すみやかに外科的検索を行ったところ、血管または気道・消化管損傷に対し 89.7% の陽性的中率であった¹⁾。穿通性頸部損傷での Hard sign としては以下のものがあげられる。

穿通性頸部損傷での Hard sign

- ▶ 気道緊急 (airway compromise)
- ▶ 多量の皮下気腫・創からの泡沫
- ▶ 拡大するまたは拍動性の血腫
- ▶ Thrill (振戦) の触知・Bruit (雑音) の聴取 : Soft sign とする主張もある²⁾。
- ▶ 活動性出血
- ▶ 吐血
- ▶ 神経障害

Hard sign はないものの、以下の Soft sign が存在する場合は重大な臓器損傷が潜んでいる可能性があると考え、積極的に精査を進める。

穿通性頸部損傷での Soft sign

血管損傷を示唆するもの

- 病院前に創から出血
- 創が頸動脈・静脈の近傍
- 非拡大性の血腫
- わずかな神経障害・脳虚血の徴候
- 上肢の脈拍消失

気道損傷を示唆するもの

- 声の変化・嘔声
- 触知可能な捻髪音 (palpable crepitus)
- 血痰
- 創部からの空気の漏れ
- X線写真で頸部・縦隔に Air が存在
食道損傷を示唆するもの
- 深頸部痛
- 吐血
- 嚥下痛
- 嚥下困難
- X線写真で頸部・縦隔に Air が存在

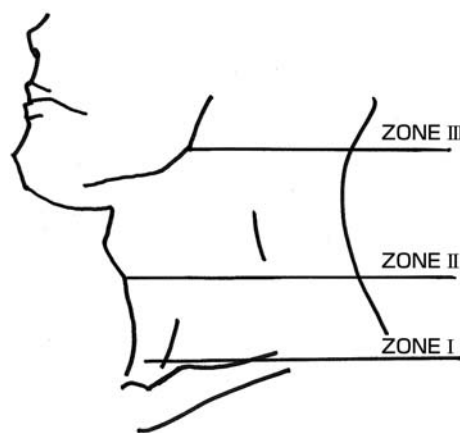
Hard sign, Soft sign ともに陰性の場合には 24 ~ 36 時間の経過観察後に退院可能と考えられるが, Triage 判断の迅速化および医療資源の節約 (経時的に経過観察を行うための人的資源, 経過観察用ベッドなど) のために全例 MDCT-A を行うという考えもある。

- 1) Inaba K, et al : Evaluation of multidetector computed tomography for penetrating neck injury : A prospective multicenter study. J Trauma Acute Care Surg 2012 ; 72 : 576-583.
- 2) Hanlon PD, et al : Penetrating Neck Trauma. AHC Media-Continuing Medical Education Publishing, June 7, 2017. Available at : <https://www.ahcmedia.com/articles/140881-penetrating-neck-trauma>. Accessed October 1 2017.

【Zoning と No zone approach】

伝統的には穿通性頸部損傷は, 損傷部位により Zone I, Zone II, Zone III に分類し, その対応を行っていた. 頸部において, 一般的には Zone I は鎖骨から輪状軟骨まで, Zone II は輪状軟骨から下顎角まで, Zone III は下顎角から頭蓋底にいたるまでの部位を指す.

Zone I, Zone III に関してはアプローチが困難であることもあり, まずは画像診断を行ってから, 外科的処置の必要性を判断するが, 一方 Zone II に関してはアプローチが容易であるということもあり, 重症度にかかわらず, まずは外科的な損傷部位の探索および治療が行われてきた. しかしながら結果的にはなんと重大損傷がない事例が 58 % にも上るというデータもあり, そのアプローチの見直しが検討されてきた¹⁾. また Zone II 損傷の 5 分の 1 が Zone I や Zone III にまで及ぶという報告もあり, 近年では 'No zone' management というアプローチが行われるようになってきた²⁾³⁾. このアプローチでは, Zone にかかわらず, まずは患者の状態が安定しているか, 不安定かのみで判断を行う. 不安定な患者はすみやかに手術を行う. 安定している患者は MDCT-A を行い, 理学所見などと合わせて, 外科的な処置が必要かを判断する.

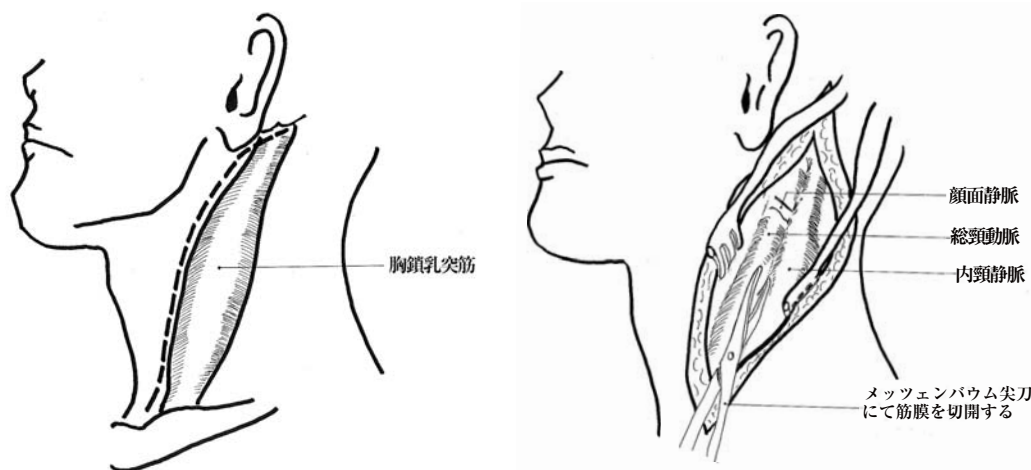


- 1) Apffelstaedt JP, et al : Results of mandatory exploration for penetrating neck trauma. World J Surg 1994 ; 18 : 917-919.
- 2) Low GM, et al : The use of the anatomic 'zones' of the neck in the assessment of penetrating neck injury. Am Surg 2014 ; 80 : 970-974.
- 3) Shiroff AM, et al : Penetrating neck trauma : a review of management strategies and discussion of the

【手術の基本的アプローチ】¹⁾²⁾

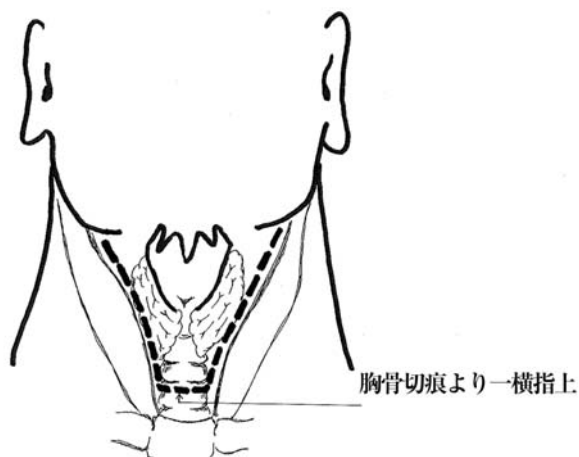
- ▶体位は頸椎損傷がない限りは、肩枕を挿入し、顔が健側に向くようにし、損傷側頸部が充分伸展する形とする。開胸が必要となり得ること、下肢から静脈グラフトを採取することを考慮に入れ、消毒を行い、清潔野を確保する。
- ▶まず胸鎖乳突筋前縁に沿って皮切を加える。下顎角近傍の切開では、顔面神経損傷を避けるために皮切を後方に曲げるようにする。
- ▶胸鎖乳突筋背面の筋膜を切開し、内頸静脈を確認する。
- ▶内頸静脈から枝分かれする顔面静脈を結紮切離する。
- ▶内頸静脈の背面にある総頸動脈を露出する。顔面静脈分岐部が、総頸動脈が内・外頸動脈へと分岐する部分と一致することが多い。
- ▶内頸動脈はその背側に迷走神経が、近位では舌下神経が交差していることを留意する。

一般的なアプローチ



- ▶頸部を一側から反対側に左右に貫通した損傷の場合はU字切開を行う。これは両側の胸鎖乳突筋前縁の切開およびその下端を胸骨切痕の約一横指上で横切開を加えた皮切である。

U字切開によるアプローチ



- 血腫に侵入する前に、近位で血管を確保し、血流の制御を行う。場合によっては胸骨正中切開を行わ

なければならぬこともあり得る。

- 1) Ustin J : Access to the Neck in Penetrating Trauma. In : Velmahos G, et al, eds. Penetrating Trauma. Berlin, Heidelberg : Springer, 2017 : 239-242.
- 2) Hirshberg A, et al : The Neck : Safari in Tiger Country. Top Knife : The Art & Craft in Trauma Surgery. Nr Shrewsbury, UK : tfm Publishing Ltd, 2004 : 199-214.

【血管損傷の Management】

- ・血腫が頭側に進展している場合は、血腫の遠位側で血管を確保することは困難で、血腫のなかで遠位側の血流を制御しなければならないこともあり得る¹⁾。
- ・出血が制御できない場合はダメージコントロールとしてのシャント造設または結紮を考慮する。総頸動脈、外頸動脈は結紮しても構わないが、内頸動脈では75%以上で脳梗塞を合併する²⁾。到達不能な Zone III の内頸動脈損傷では術中の現実的な選択肢としては、結紮以外には方法がない¹⁾(Angio suite に移動可能ならば TAE という選択肢があり得る)。
- ・Expert Opinion として、Backflow が確認できたならば、内頸動脈でも結紮してもよいという考えもある。
- ・頸動脈の血行再建には人工血管置換術またはパッチによる再建を行うことが多い(グラフト採取の時間を節約するため)²⁾。
- ・損傷部が確認できたら、欠損部が健常な動脈壁と内膜だけとなるようにデブリードマンを行う。
- ・フォガティカテーテルを用いて、遠位・近位の血栓除去を行う。
- ・遠位・近位両側をヘパリン生食でフラッシュした後に再建を行う。
- ・椎骨動脈損傷による出血の場合には、出血部に骨蠟を詰め込むことが有効である。IVR が可能ならば、TAE もきわめて有効な止血手段である²⁾³⁾。

- 1) Hirshberg A, et al : The Neck : Safari in Tiger Country. Top Knife : The Art & Craft in Trauma Surgery. Nr Shrewsbury, UK : tfm Publishing Ltd, 2004 : 199-214.
- 2) de Moya M : Operative Strategies in Penetrating Trauma to the Neck. In : Velmahos G, et al, eds. Penetrating Trauma. Berlin, Heidelberg : Springer, 2017 : 233-237.
- 3) Le Roux D, et al : Carotid, Jugular and Vertebral Blood Vessel Injuries. In : Velmahos G, et al, eds. Penetrating Trauma. Berlin, Heidelberg : Springer, 2017 : 257-264.

【食道損傷の Management】

- ・穿通性頸部食道損傷が単独で生じることが比較的まれであるが、診断の遅れなどもあり、その死亡率は約20%にも達する¹⁾。
- ・一般的に食道は正中よりやや左側に位置するので、左頸部からアプローチする方がやや容易である²⁾。
- ・食道損傷を検索する際、事前に胃管が挿入してあると、食道自体を確認するうえで有効となる³⁾。ただし損傷部をさらに増悪させないように慎重に挿入を行う。
- ・損傷部を確認する際は胃管を術野近傍まで引きし、術野を水で満たしたうえで、胃管より空気を注入する。気泡の出現する部位に損傷部が発見される³⁾(色素を注入してもよいが、術野が染色されてしまう可能性がある)²⁾。
- ・損傷が強く疑われるにもかかわらず、損傷部位が認められない場合は、術中内視鏡による確認や、対側から再度アプローチを行う²⁾。
- ・損傷部が確認できたら、まず創全体で、正常粘膜がみられるようにデブリードマンを行う。その後にモノフィラメント吸収糸により縫合閉鎖を行う³⁾。
- ・縫合不全が起りやすいため、縫合閉鎖部は、血行のよい筋肉組織(肩甲舌骨筋や胸鎖乳突筋の一部)

などを用いて間置を行い、必ず他の修復部位と隔絶させる²⁾³⁾。

- ・ 過大侵襲や全身状態が悪く手術を中断せざるを得ない場合は、ダメージコントロールとして、ドレーン留置か食道瘻造設を行う³⁾。

- 1) Asensio JA, et al : Penetrating esophageal injuries : multicenter study of the American Association for the Surgery of Trauma. J Trauma 2001 ; 50 : 289-296.
- 2) Neville AL : Penetrating Injury to the Pharynx and Cervical Esophagus. In :Velmahos G , et al, eds. Penetrating Trauma. Berlin, Heidelberg : Springer, 2017 : 249-255.
- 3) Hirshberg A, et al : The Neck : Safari in Tiger Country. Top Knife : The Art & Craft in Trauma Surgery. Nr Shrewsbury, UK : tfm Publishing Ltd, 2004 : 199-214.

【咽頭・喉頭損傷の Management】

- ・ 咽頭損傷に関しては、造影検査を行って、いわゆる Major leak や縦隔への Leak がないならば、保存的加療が可能と考えられる¹⁾⁻⁴⁾。
- ・ 気管・喉頭損傷に関しては 4-0 または 3-0 のモノフィラメントの吸収糸を用いて結節縫合を行う。組織の欠損が大きい場合や、気管の切除や受動が必要な場合は頭頸部外科の専門家のサポートを得るべきと考えられる⁵⁾⁶⁾。
- ・ 食道損傷と同様、修復部位は必ず血行のよい筋肉組織などで隔絶させる。
- ・ 気管損傷修復直後または早期の抜管が安全であるとの報告があり、予防的気管切開は支持されなくなっている⁷⁾。

- 1) Stanley RB, et al : Management of external penetrating injuries into the hypopharyngeal-cervical esophageal funnel. J Trauma 1997 ; 42 : 675-679.
- 2) Nel L, et al : Imaging the oesophagus after penetrating cervical trauma using water-soluble contrast alone : simple, cost-effective and accurate. Emerg Med J 2009 ; 26 : 106-108.
- 3) Yugueros P, et al : Conservative management of penetrating hypopharyngeal wounds. J Trauma 1996 ; 40 : 267-269.
- 4) Madiba TE, et al : Penetrating injuries to the cervical oesophagus : is routine exploration mandatory?. Ann R Coll Surg Engl 2003 ; 85 : 162-166.
- 5) Kodadek LM, et al : Penetrating Trauma to the Larynx and the Cervical Trachea. In : Velmahos G, et al, eds. Penetrating Trauma. Berlin, Heidelberg : Springer, 2017 : 243-248.
- 6) Hirshberg A, et al : The Neck : Safari in Tiger Country. Top Knife : The Art & Craft in Trauma Surgery. Nr Shrewsbury, UK : tfm Publishing Ltd, 2004 : 199-214.
- 7) Harvin JA, et al : Airway management following repair of cervical tracheal injuries : a retrospective, multicenter study. J Trauma Acute Care Surg 2016 ; 80 : 366-371. Abstract Presented at the American Association for the Surgery of Trauma [AAST]. September 2015

【Angiography・Interventionの有効性】

Zone I や Zone III の損傷に関してはできる限り術前に画像評価が行われている方が好ましいと考えられ、循環動態が安定しているならば、常に血管造影を行うべきであるという意見もある。塞栓やステント留置などの血管内治療を含めた IVR の適応となる場合もあり、特に椎骨動脈損傷では IVR による止血が First choice となり得る。原則的には循環動態が不安定な場合や Hard sign 陽性の場合には外科的な治療が第一選択となるが、常時 Intervention がただちに可能な施設では、たとえ出血や血圧低下をきたしている状態でもまずは IVR を行う場合もある¹⁾。

1) Le Roux D, et al : Carotid, Jugular and Vertebral Blood Vessel Injuries. In : Velmahos G, et al, eds. Penetrating Trauma. Berlin, Heidelberg : Springer, 2017 : 257-264.

霧生 信明

5. 胸部銃創

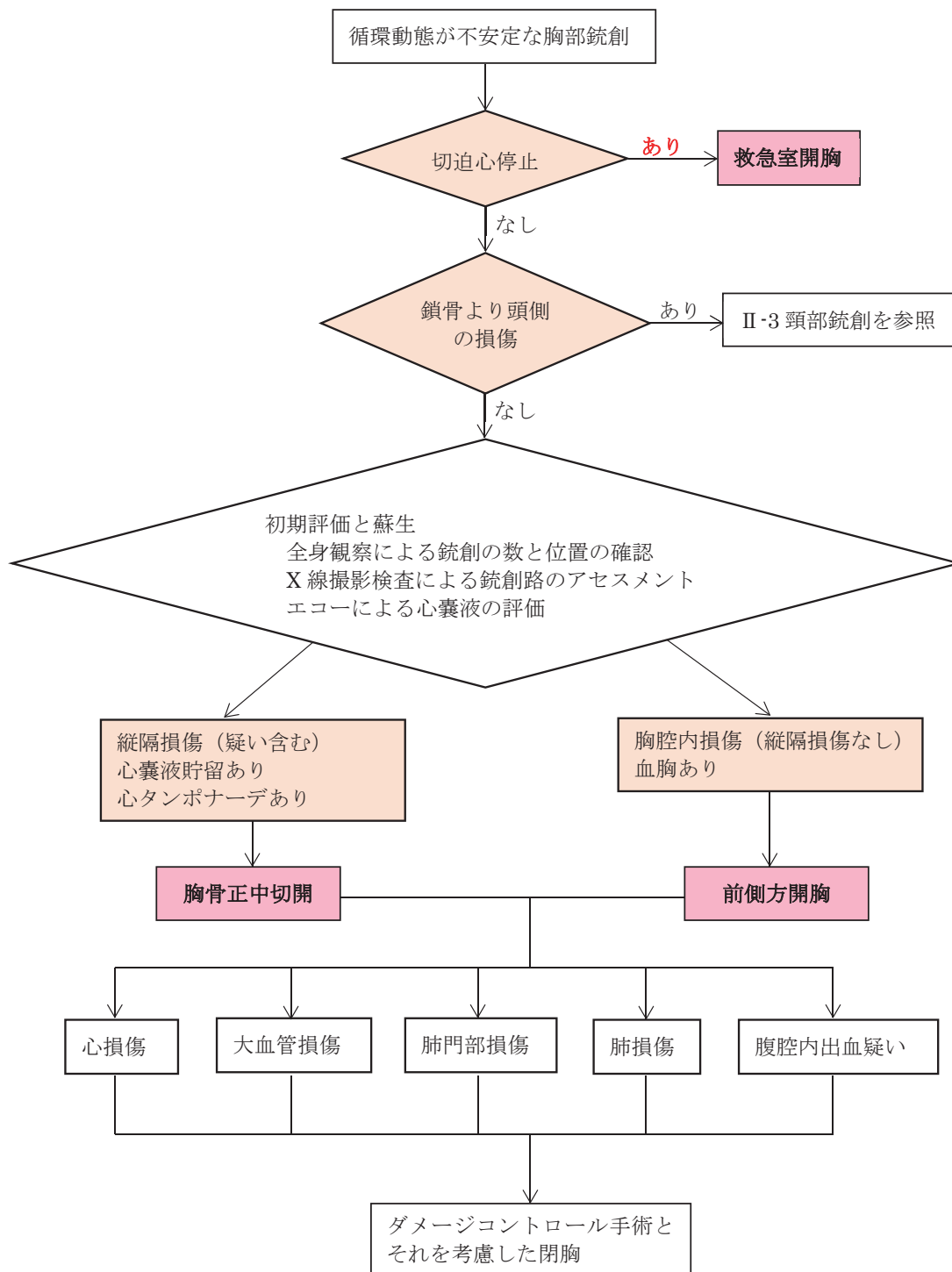


図 II - 5 - 1 診療手順アルゴリズム

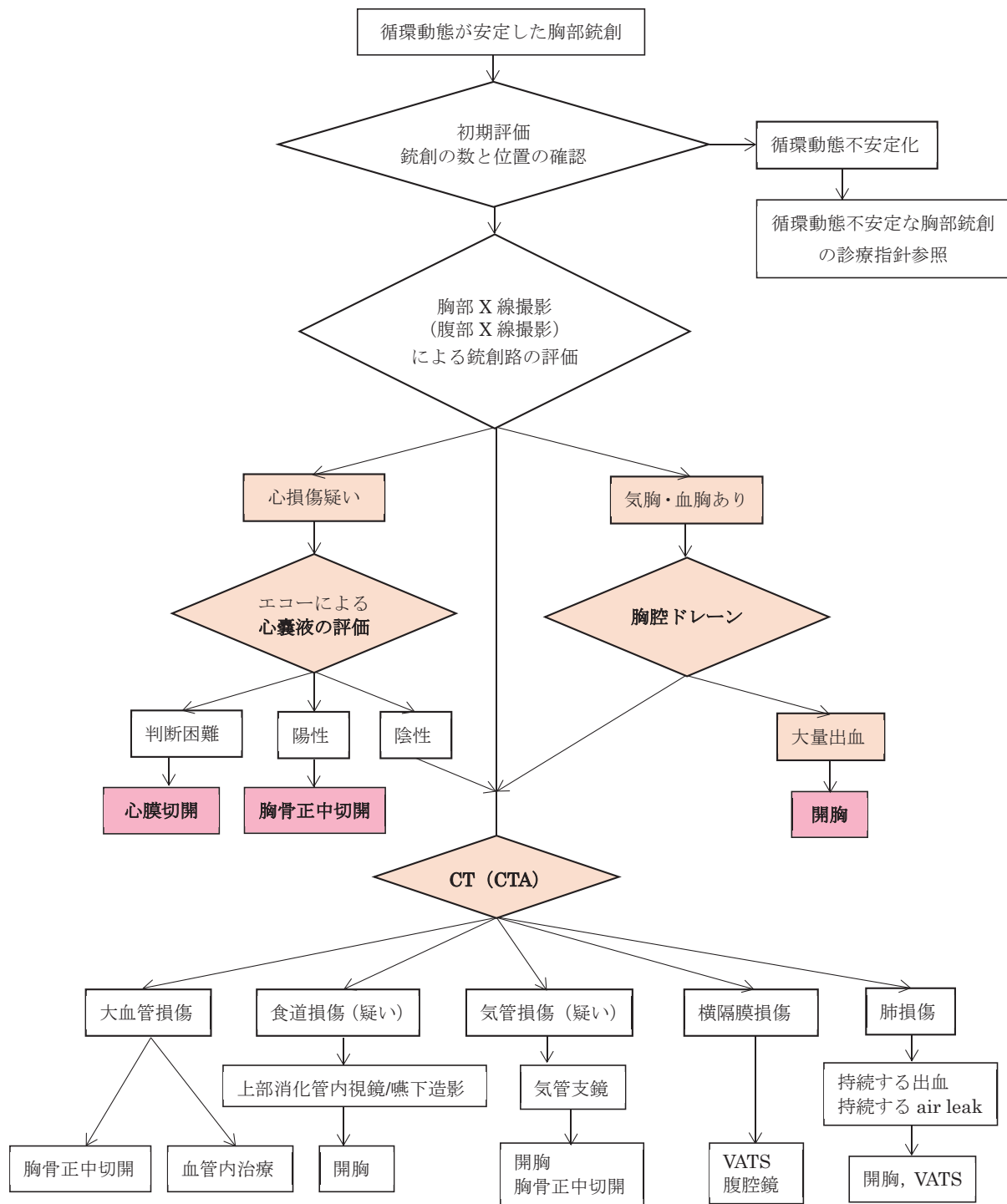


図 II-5-2 診療手順アルゴリズム

【アルゴリズム要点】

○胸部銃創では循環動態が安定か不安定かで診療アルゴリズムを使い分ける。

循環動態が不安定な胸部銃創

- 切迫心停止状態であれば、緊急室開胸を行う。
- 循環動態が不安定な胸部銃創では、基本的に手術が必要となることを理解する。
- 初期評価では、銃創路のアセスメントを行い、心損傷の可能性があれば（縦隔を通る銃創路が考えられた場合は）胸骨正中切開を選択する。クラムシェル開胸を選択することも可能である。
- 手術にて迅速に出血部位、損傷臓器を同定し、ダメージコントロール手術を行う。

循環動態が安定した胸部銃創

- 単純 X 線にて銃創路をアセスメントするとともに、心損傷と血気胸を検索する。
- 心損傷の検索は、エコー検査による心嚢液の検出が基本となるが、判断困難である場合は剣状突起下からの心膜切開を行う。心損傷が診断された場合は、胸骨正中切開にて手術を行う。
- 血気胸の検索は、胸部 X 線によって行い、血気胸を診断した場合は胸腔ドレーンを留置する。1,500cc以上のドレーンからの出血を認めた場合は緊急開胸手術を行う。
- 心損傷と血気胸の検索・初期治療を行った後に、胸部 CT (CTA) 検査を行う。その後、それぞれの臓器損傷に対して、さらなる検査や治療を行う。
- 肺実質損傷に関しては、胸腔ドレーンからの持続する出血や持続する air leak の有無を確認し、必要に応じて追加治療を行う。

【臓器損傷の頻度】

胸部銃創における大血管損傷の頻度は 5.3% であると報告されている¹⁾。手術室での緊急手術が必要となる胸部銃創では、約 10～37% の頻度で心損傷を認め²⁾³⁾、約 65～86% の頻度で肺損傷を認めると報告されている⁴⁾。

- 1) Demetriades D : Penetrating injuries to the thoracic great vessels. J Card Surg 1997 ; 12 : 173-179.
- 2) Karmy-Jones R, et al : Urgent and emergent thoracotomy for penetrating chest trauma. J Trauma 2004 ; 56 : 664-668.
- 3) Karmy-Jones R, et al : Timing of urgent thoracotomy for hemorrhage after trauma : a multicenter study. Arch Surg 2001 ; 136 : 513-518.
- 4) Mansour MA, et al : Exigent postinjury thoracotomy analysis of blunt versus penetrating trauma. Surg Gynecol Obstet 1992 ; 175 : 97-101.

【循環動態が不安定な患者の初期評価】

心肺停止状態あるいは瀕死状態である場合、救急室開胸を施行する¹⁾。また、鎖骨より頭側の銃創の場合は、頸部銃創のアルゴリズムに従って治療する²⁾。

primary survey を行うが、全身観察を必ず行い、銃創の位置と数を記録する。銃創の位置を含めた X 線写真を撮影し、銃創路をアセスメントする。心損傷が疑われる銃創路を認めた場合、エコー検査にて心嚢液の評価を行う。ただし、血胸が認められた場合は、心嚢液を認めない場合でも心損傷は除外できない。胸部の穿通性外傷の約 20% に腹部外傷の合併を認める。銃創路が腹部を含んでいる場合は開腹手術が必要になる³⁾⁴⁾。

- 1) Burlew CC, et al : Western Trauma Association critical decisions in trauma : resuscitative thoracotomy.

J Trauma Acute Care Surg 2012 ; 73 : 1359-1363.

- 2) Sperry JL, et al: Western Trauma Association critical decisions in trauma : penetrating neck trauma. J Trauma Acute Care Surg 2013 ; 75 : 936-940.
- 3) Renz BM, et al: Transmediastinal gunshot wounds : a prospective study. J Trauma 2000 ; 48 : 416-421.
- 4) Ball CG, et al : A caveat to the performance of pericardial ultrasound in patients with penetrating cardiac wounds. J Trauma 2009 ; 67 : 1123-1124.

【循環動態が不安定な患者における開胸方法】

初期評価にて心損傷が診断あるいは疑われた場合、銃創路が縦隔を含んでいる場合、あるいは両側の鎖骨線の内側に位置する銃創の場合は、胸骨正中切開が適している。胸骨正中切開にて心臓と上縦隔の大きな血管にアプローチすることが可能となる。必要に応じて鎖骨上まで切開創を延長することができる。クラムシエル開胸も選択肢の一つであり、特に左右胸腔内にも別の損傷が疑われている場合にはよい適応となる¹⁾。

縦隔損傷が疑われない胸腔内損傷の場合は、前側方開胸を選択する。左右の胸腔内損傷が疑われている場合は、出血量が多い側を先に開胸する²⁾。

- 1) O'Connor JV, et al: Penetrating thoracic great vessel injury : impact of admission hemodynamics and preoperative imaging. J Trauma 2010 ; 68 : 834-837.
- 2) Karmy-Jones R, et al: Urgent and emergent thoracotomy for penetrating chest trauma. J Trauma 2004 ; 56 : 664-668.

【肺損傷に対する創路切開 (Tractotomy)】

肺実質が銃創によって損傷している場合、肺表面の銃創の縫合はすべきではない。銃創路にステイプラーを挿入し、銃創路の表面側の肺実質を縫合切離する方法を Tractotomy と呼ぶが、これにより銃創路が露出し、深部の出血の同定と出血源の縫合止血が可能となる。Tractotomy は、循環動態が不安定な胸部銃創に対して行うダメージコントロール手術の一手技として、非常に重要である¹⁾²⁾。

- 1) Wall MJ Jr, et al: Pulmonary tractotomy as an abbreviated thoracotomy technique. J Trauma 1998 ; 45 : 1015-1023.
- 2) Asensio JA, et al: Stapled pulmonary tractotomy : a rapid way to control hemorrhage in penetrating pulmonary injuries. J Am Coll Surg 1997 ; 185 : 486-487.

【循環動態が安定した患者の初期評価】

primary survey を行いながら、循環動態が安定しているかを常に確認する。全身観察を必ず行い、銃創の位置と数を記録する。銃創の位置を含めた単純 X 線写真を撮影し、銃創路をアセスメントする。血気胸の有無を判断するのに、身体所見は重要であるが、約 3 分の 1 の症例で身体所見は不正確となるため、胸部 X 線写真は必須である¹⁾。

- 1) Chen SC, et al: Hemopneumothorax missed by auscultation in penetrating chest injury. J Trauma 1997 ; 42 : 86-89.

【循環動態が安定した患者における心損傷の検索と対応】

両側の鎖骨中線の内側に銃創を認めた場合や、銃創路から心損傷が疑われた場合は、エコー検査にて心嚢液の評価を行う。ただし、血胸が認められた場合は、心嚢液を認めない場合でも心損傷は除外できない¹⁾。

エコーにて心嚢液の有無の評価が困難であった場合は、剣状突起下から心膜切開 (subxiphoid window/ cardiac window) を行う。この手技は、エコーによって施行頻度が大きく減ったが、より確実に心嚢液の評価を行う目的でしばしば行われる²⁾。

心嚢液が存在した場合は、胸骨正中切開が適切な開胸方法となる。ほとんどの心損傷は単純なマットレス縫合で修復可能であるが、冠動脈付近であれば垂直マットレス縫合によって冠動脈の閉塞を防ぐことができる。冠動脈の損傷を認める場合は、左前下行枝中枢の損傷であれば修復が必要となるが、左前下行枝の末梢や、右回旋枝、右冠動脈であれば、心筋障害の程度が軽度な場合は結紮による止血が可能である³⁾。

- 1) Mattox KL, et al: Newer diagnostic measures and emergency management. Chest Surg Clin N Am 1997; 7: 213-226.
- 2) Thorson CM, et al: Does hemopericardium after chest trauma mandate sternotomy?. J Trauma Acute Care Surg 2012; 72: 1518-1524.
- 3) Wall MJ Jr, et al: Acute management of complex cardiac injuries. J Trauma 1997; 42: 905-912.

【循環動態が安定した血気胸の初期治療】

遺残血胸は膿胸の重大なリスクになることをふまえて、太いドレーンチューブを選択し、留置する。チューブ挿入時に 1,500cc 以上の大量出血を認めた場合や、循環動態の安定性が懸念される場合は緊急開胸手術が適応となる。胸腔ドレーンからの出血量のみを指標にすると、損傷の重症度を過少評価することにつながる¹⁾²⁾。緊急開胸手術が必要となった胸部銃創患者の後ろ向き検討では、胸腔ドレーンからの出血量を理由に開胸にいたった症例は 50% であったとの報告もある³⁾。

- 1) Mowery NT, et al: Practice management guidelines for management of hemothorax and occult pneumothorax. J Trauma 2011; 70: 510-518.
- 2) Hirshberg A, et al: Double jeopardy: thoracoabdominal injuries requiring surgical intervention in both chest and abdomen. J Trauma 1995; 39: 225-229.
- 3) Mansour MA, et al: Exigent postinjury thoracotomy analysis of blunt versus penetrating trauma. Surg Gynecol Obstet 1992; 175: 97-101.

【循環動態が安定した患者に対する CT 検査】

身体所見や単純 X 線写真, エコーによる銃創路のアセスメントによって縦隔損傷が疑われた症例では、胸部 CT 検査によって縦隔損傷の評価を行う。胸部 CT 検査は血気胸の評価と治療、心損傷の評価と治療が行われた後に施行する。

胸部 CT 検査によって大血管損傷が診断可能となるが、時に銃弾によるアーチファクトが血管壁の正確な評価を困難とするため、その場合は血管造影検査を行う。また、食道損傷が疑われた場合は食道造影検査や上部消化管内視鏡検査を行う。気道損傷が疑われた場合は気管支鏡を行う¹⁾。

- 1) Renz BM, et al: Transmediastinal gunshot wounds: a prospective study. J Trauma 2000; 48: 416-421.

【横隔膜損傷の治療】

横隔膜損傷は銃創の位置や銃創路、臨床所見などで疑うが、左胸腹部の穿通性外傷では 17% ほどに横隔膜損傷を認める。開胸や開腹手術の適応がない状況で、横隔膜損傷のみが疑われた場合は、胸腔鏡や腹腔鏡を選択してもよい¹⁾。なお、左側の横隔膜損傷を認めた場合は、開腹手術が必須となる。右側の横隔膜損傷を認めた場合は、修復が必要とならない肝損傷のみであれば、開腹手術の必要はない²⁾。

- 1) Leppäniemi A, et al : Occult diaphragmatic injuries caused by stab wounds. J Trauma 2003 ; 55 : 646-650.
- 2) Renz BM, et al : Gunshot wounds to the right thoracoabdomen : a prospective study of nonoperative management. J Trauma 1994 ; 37 : 737-744.

【大動脈損傷の血管内治療】

血管内治療の発展によって胸部大血管損傷に対する治療オプションが増えたが、大血管損傷に対する血管内ステント留置の報告のほとんどは、鈍的外傷である。ステント留置の際には、重要な大動脈分枝をステントにて閉塞することになるか、適切なサイジングができるか、十分なランディングゾーンが確保できるか、などが検討事項となる。血管内治療の役割は今後も拡大することが予想される¹⁾。

- 1) Karmy-Jones R, et al : Western Trauma Association critical decisions in trauma : penetrating chest trauma. J Trauma Acute Care Surg 2014 ; 77 : 994-1002.

【血気胸（肺実質損傷）の継続対応】

胸腔ドレーンチューブからの150～200cc/hの出血が2～4時間持続する場合は開胸手術の適応であり、状況に応じてVATSも選択肢の一つとなり得る。24時間で1,500cc以上の出血を開胸基準とすると、合併症の減少につながることが示唆されている。また、胸腔ドレーンからの出血量のみを指標にすると、損傷の重症度を過少評価することにつながる¹⁾。

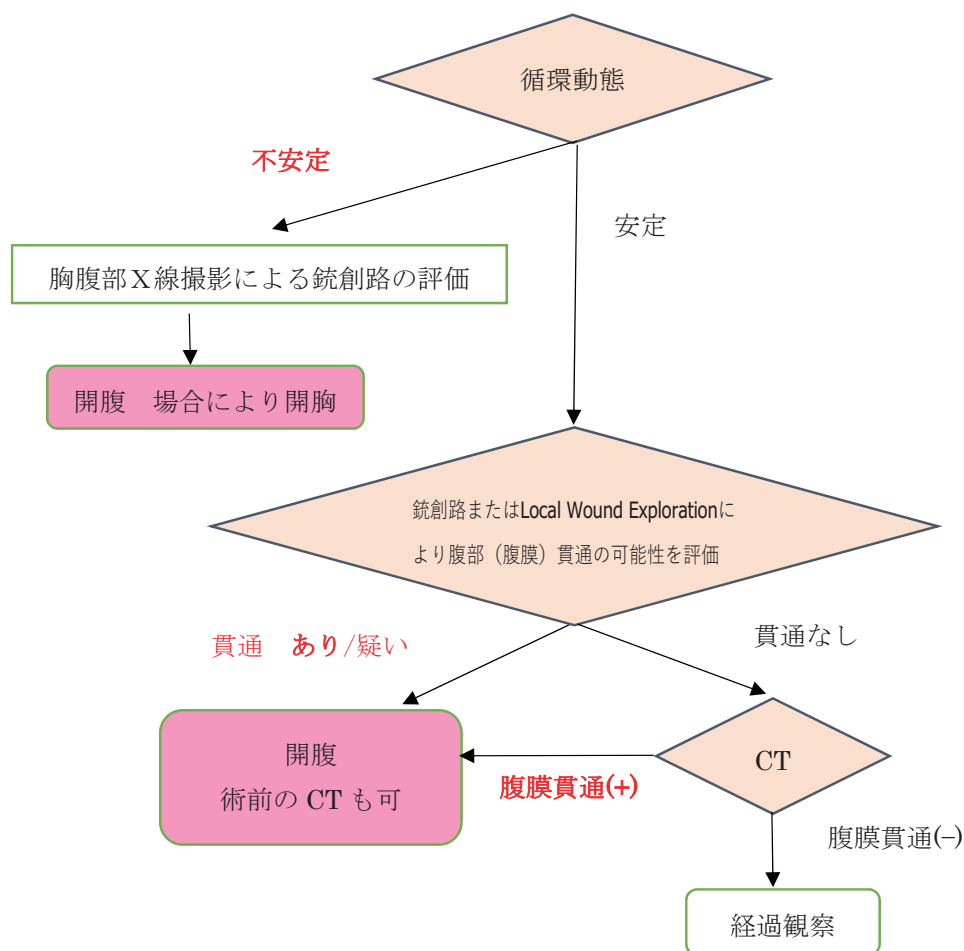
また、遺残血胸は膿胸の重大なリスクになることを知る必要がある。遺残血胸を認めた患者の26.8%で膿胸を発症したとの報告もあり、300ccをこえる遺残血胸を認めた場合は、なにかしらの追加治療が必要となる可能性が高い²⁾。

持続するair leakを認める場合はVATSを検討すべきであり、受傷後三日目まで続くair leakを認めた場合にはVATSを施行することで、入院期間などが短くなることが報告されている³⁾。

- 1) Mowery NT, et al : Practice management guidelines for management of hemothorax and occult pneumothorax. J Trauma 2011 ; 70 : 510-518.
- 2) DuBose J, et al : Management of post-traumatic retained hemothorax : a prospective, observational, multicenter AAST study. J Trauma Acute Care Surg 2012 ; 72 : 11-22.
- 3) Schermer CR, et al : A prospective evaluation of video-assisted thoracic surgery for persistent air leak due to trauma. Am J Surg 1999 ; 177 : 480-484.

山元 良

6. 腹部銃創



図II-6-1 診療手順アルゴリズム

銃創（GSWs）の90%以上は腹膜を貫通し、腹膜貫通がある症例は高率に治療を要する腹部臓器損傷を伴うため、多くは緊急手術が必要である¹⁾。循環動態不安定もしくは腹部全体に及ぶ腹膜刺激症状を伴った症例は緊急開腹が必要である²⁾。消化管出血を認める場合や理学所見が正確に取れない場合も緊急開腹の適応となる。時間的余裕があればクリップなどを用いて銃創のマーキングし胸腹部X線撮影を行えば、弾道を推測することができる。

循環動態が安定し腹膜刺激症状を伴わない刺創（SWs）においては選択的な症例に対して保存的加療（NOM）について異論は少ないが、同様な条件下のGSWsに対するNOMに関しては議論となっている。GSWに対するNOMでデータは、穿通性外傷が豊富な同じ施設の同じ著者からのものが多い²⁾⁻¹²⁾。

北米のNTDBを用いた腹部穿通性外傷に対するNOMの結果に対する研究（GSWs, 12,707例）では、GSWsに対するNOM選択率は22.2%であり、そのうちの20.8%のGSWsでその後手術が必要となり、NOMの失敗による死亡に対するオッズ比は4.48と高く注意が必要であると論じている¹²⁾。以上よりGSWsが非常に少ない日本ではNOMは危険であり推奨できない。

1) Moore EE, et al : Mandatory laparotomy for gunshot wounds penetrating the abdomen. Am J Surg 1980 ; 140 : 847-851.

2) Como JJ, et al : Practice management guidelines for selective nonoperative management of

penetrating abdominal trauma. J Trauma 2010 ; 68 : 721–733.

- 3) Demetriades D, et al : Selective nonoperative management of penetrating abdominal solid organ injuries. Ann Surg 2006 ; 244 : 620–628.
- 4) Renz BM, et al : Gunshot wounds to the right thoracoabdomen : a prospective study of nonoperative management. J Trauma 1994 ; 37 : 737–744.
- 5) Navsaria PH, et al : Selective nonoperative management of liver gunshot injuries. Ann Surg 2009 ; 249 : 653–656.
- 6) Navsaria PH, et al : Selective nonoperative management of kidney gunshot injuries. World J Surg 2009 ; 33 : 553–557.
- 7) Velmahos GC, et al : Selective nonoperative management in 1,856 patients with abdominal gunshot wounds : should routine laparotomy still be the standard of care?. Ann Surg 2001 ; 234 : 395–402 ; discussion 402–403.
- 8) Demetriades D, et al : Gunshot wound of the abdomen : role of selective conservative management. Br J Surg 1991 ; 78 : 220–222.
- 9) Demetriades D, et al : Selective nonoperative management of gunshot wounds of the anterior abdomen. Arch Surg 1997 ; 132 : 178–183.
- 10) DuBose J, et al : Selective non-operative management of solid organ injury following abdominal gunshot wounds. Injury 2007 ; 38 : 1084–1090.
- 11) Fikry K, et al : Successful selective nonoperative management of abdominal gunshot wounds despite low penetrating trauma volumes. Arch Surg 2011 ; 146 : 528–532.
- 12) Zafar SN, et al : Outcome of selective non-operative management of penetrating abdominal injuries from the North American National Trauma Database. Br J Surg 2012 ; 99 Suppl 1 : 155–164.

【前腹部銃創】

Velmahos らの 1,856 例の腹部銃創の報告において、前腹部銃創は背部銃創にくらべ緊急開腹となる可能性が高い (66% vs 32%, $p<0.001$)¹⁾。

循環動態が安定し、腹部所見を認めない症例に関しては銃創部位にかかわらず NOM が可能であるという意見も多いが¹⁾⁻⁶⁾、腹部銃創の NOM に対して右上腹部または右胸腹部銃創においてのみ行うべきあるという意見もある⁷⁾⁻¹⁰⁾。

- 1) Velmahos GC, et al : Selective nonoperative management in 1,856 patients with abdominal gunshot wounds : should routine laparotomy still be the standard of care?. Ann Surg 2001 ; 234 : 395 – 402 ; discussion 402–403.
- 2) Navsaria PH, et al : Selective nonoperative management in 1106 patients with abdominal gunshot wounds : conclusions on safety, efficacy, and the role of selective CT imaging in a prospective single-center study. Ann Surg 2015 ; 261 : 760–764.
- 3) Demetriades D, et al : Gunshot wound of the abdomen : role of selective conservative management. Br J Surg 1991 ; 78 : 220–222.
- 4) Demetriades D, et al : Selective nonoperative management of gunshot wounds of the anterior abdomen. Arch Surg 1997 ; 132 : 178–183.
- 5) DuBose J, et al : Selective non-operative management of solid organ injury following abdominal gunshot wounds. Injury 2007 ; 38 : 1084–1090.
- 6) Fikry K, et al : Successful selective nonoperative management of abdominal gunshot wounds despite low penetrating trauma volumes. Arch Surg 2011 ; 146 : 528–532.

- 7) Como JJ, et al : Practice management guidelines for selective nonoperative management of penetrating abdominal trauma. J Trauma 2010 ; 68 : 721–733.
- 8) Renz BM, et al : Gunshot wounds to the right thoracoabdomen : a prospective study of nonoperative management. J Trauma 1994 ; 37 : 737–744.
- 9) Renz BM, et al : Unnecessary laparotomies for trauma : a prospective study of morbidity. J Trauma 1995 ; 38 : 350–356.
- 10) Chmielewski GW, et al : Nonoperative management of gunshot wounds of the abdomen. Am Surg 1995 ; 61 : 665–668.

【側腹部および背部銃創】¹⁾

側腹部および背部銃創は、厚い筋群および後腹膜組織のため前腹部や胸腹部にくらべて重症な損傷となる可能性が低い。しかし後腹膜臓器損傷を理学所見やFASTで評価することが難しい。バイタルが安定している場合はCTが有用である²⁾³⁾。

- 1) Biffl WL, et al : Management guidelines for penetrating abdominal trauma. World J Surg 2015 ; 39 : 1373–1380.
- 2) Himmelman RG, et al : Triple-contrast CT scans in penetrating back and flank trauma. J Trauma 1991 ; 31 : 852–855.
- 3) Boyle EM Jr, et al : Diagnosis of injuries after stab wounds to the back and flank. J Trauma 1997 ; 42 : 260–265.

【胸腹部銃創】¹⁾

胸腹部領域は乳頭から肋骨下縁までの間の360度全域であり、胸腹部領域の銃創は、横隔膜を含め胸腔、腹腔ともに損傷し得る。循環動態が不安定な場合は胸腔腹腔のどちらから行うかは選択に迷うが²⁾、瀕死状態の時（血圧60以下）は、蘇生的開胸を行う³⁾。

胸腔もしくは腹腔のどちらから手術を行うかの選択に際し、X線撮影、FAST、胸腔ドレーンをもとに判断する。クリップなどを用いて銃創のマーキングし胸腹部X線撮影を行えば、弾道を推測することができる（経縦隔もしくは経横隔膜）。またFASTにより胸腔、心嚢、腹腔の血液貯留の有無を検索できる。胸腔ドレーンは血胸に対する治療になり得るが、挿入後初期の大量出血（>1,500 ml）や持続的な出血（>200ml/hr）は開胸術の適応である。

著明な心嚢液貯留は心損傷を示唆するため、一般的に胸骨正中切開もしくは前側方開胸を行わなければならない。

血胸または気胸を伴うすべての胸腹部銃創は横隔膜損傷を起こすと考えられ、右側は肝臓に保護されている影響のため、左側の方が損傷し得る。鈍的な横隔膜損傷は診断が比較的容易であるが、鋭的外傷はさらに困難である。

正常な胸部X線撮影のみでは横隔膜損傷は除外できず⁴⁾、CTでの検出にも限界を認める⁵⁾。近年は胸腔鏡もしくは腹腔鏡で直視下に横隔膜を観察することが提案されており、いくつもの文献によりその精度が高いことが立証され、鏡視下の修復を報告している⁴⁾⁶⁾⁻¹⁰⁾。胸腔鏡で横隔膜損傷の評価する際には残存する血胸の除去も可能となる。

- 1) Biffl WL, et al : Management guidelines for penetrating abdominal trauma. World J Surg 2015 ; 39 : 1373–1380.
- 2) Berg RJ, et al : The persistent diagnostic challenge of thoracoabdominal stab wounds. J Trauma Acute Care Surg 2014 ; 76 : 418–423.

- 3) Burlew CC, et al : Western Trauma Association critical decisions in trauma : resuscitative thoracotomy. J Trauma Acute Care Surg 2012 ; 73 : 1359–1363.
- 4) Murray JA, et al : Occult injuries to the diaphragm : prospective evaluation of laparoscopy in penetrating injuries to the left lower chest. J Am Coll Surg 1998 ; 187 : 626–630.
- 5) Shanmuganathan K, et al : Penetrating torso trauma : triple-contrast helical CT in peritoneal violation and organ injury--a prospective study in 200 patients. Radiology 2004 ; 231 : 775–784.
- 6) Demetriades D, et al : Selective nonoperative management of penetrating abdominal solid organ injuries. Ann Surg 2006 ; 244 : 620–628.
- 7) Powell BS, et al : Diagnostic laparoscopy for the evaluation of occult diaphragmatic injury following penetrating thoracoabdominal trauma. Injury 2008 ; 39 : 530–534.
- 8) Friese RS, et al : Laparoscopy is sufficient to exclude occult diaphragm injury after penetrating abdominal trauma. J Trauma 2005 ; 58 : 789–792.
- 9) Zantut LF, et al : Diagnostic and therapeutic laparoscopy for penetrating abdominal trauma : a multicenter experience. J Trauma 1997 ; 42 : 825–829 ; discussion 829–831.
- 10) Ertekin C, et al : The use of laparoscopy as a primary diagnostic and therapeutic method in penetrating wounds of lower thoracal region. Surg Laparosc Endosc 1998 ; 8 : 26–29.

【各臓器損傷】

①肝損傷¹⁾

循環動態が不安定であれば perihepatic packing を考慮するが、穿通創内からの圧迫止血法も報告されている。自作バルーンカテーテル留置に始まり²⁾、尿バルーンカテーテル³⁾やS-Bチューブを用いたバルーン圧迫方が代表である⁴⁾⁵⁾。

- 1) 日本外傷学会外傷専門診療ガイドライン編集委員会：腹部外傷治療戦略。外傷専門診療ガイドライン JETEC。第1版。日本外傷学会監修。東京：へるす出版，2014。
- 2) Poggetti RS, et al : Balloon tamponade for bilobar transfixing hepatic gunshot wounds. J Trauma 1992 ; 33 : 694–697.
- 3) Demetriades D : Balloon tamponade for bleeding control in penetrating liver injuries. J Trauma 1998 ; 44 : 538–539.
- 4) Croce MA, et al : Traumatic hepatic artery pseudoaneurysm with hemobilia. Am J Surg 1994 ; 168 : 235–238.
- 5) Ozdogan M, et al : Balloon tamponade with Sengstaken-Blakemore tube for penetrating liver injury : case report. J Trauma 2006 ; 60 : 1122–1123.

② 後腹膜損傷

後腹膜は3つのZoneに分類される（Zone I ; 後腹膜正中，Zone II ; 側面，Zone III ; 骨盤内）。鈍的外傷と異なり銃創の場合，開腹時所見で血腫が存在した場合は，すべてのZoneにおいて開創を行う。

③ 腹腔内大腸損傷¹⁾

腹膜炎を伴わず，虚血を認めない周径50%以下である大腸損傷は，安全に primary repair 可能である²⁾⁻⁷⁾。

周径50%以上または虚血を伴う大腸損傷は4つの条件を満たす場合（循環動態安定，重大な基礎疾患がない，他の損傷が最小限 [ISS<25]，腹膜炎ではない）には，切除ののち primary anastomosis 可能である³⁾⁻⁷⁾。しかし条件を満たさない場合は，切除ののち colostomy とする。

表 II-6-1 後腹膜血腫の対処：鋭的鈍的外傷

	鋭的	鈍的
Zone 1	Explore	Explore
Zone 2	Explore	Explore if expanding
Zone 3	Explore	Not to explore

鋭的、鈍的外傷で腹部後腹膜の検索の適応が異なる。

結腸や直腸外傷に対して増設した colostomy は、肛門側の治癒を注腸造影で確認したうえで2週間以内に閉鎖する⁸⁾。早期閉鎖は技術的に手術を容易にし、手術時間の短縮と術中出血量の減少となる。しかし腸管の治癒がなされていない場合や、創感染継続、循環動態不安定な場合は行うべきではない。

- 1) Cayten CG, et al : PATIENT MANAGEMENT GUIDELINES FOR PENETRATING INTRAPERITONEAL COLON INJURIES : EAST Practice Parameter Workgroup for Penetrating Colon Injury Management. 1998.
- 2) Stone HH, et al : Management of perforating colon trauma : randomization between primary closure and exteriorization. Ann Surg 1979 ; 190 : 430-436.
- 3) Chappuis CW, et al : Management of penetrating colon injuries. A prospective randomized trial. Ann Surg 1991 ; 213 : 492-497 ; discussion 497-498.
- 4) Falcone RE, et al : Colorectal trauma : primary repair or anastomosis with intracolonic bypass vs. ostomy. Dis Colon Rectum 1992 ; 35 : 957-963.
- 5) Sasaki LS, et al : Primary repair of colon injuries : a prospective randomized study. J Trauma 1995 ; 39 : 895-901.
- 6) Gonzalez RP, et al : Holevar, Colostomy in penetrating colon injury : is it necessary?. J Trauma 1996 ; 41 : 271-275.
- 7) George SM Jr, et al : Primary repair of colon wounds. A prospective trial in nonselected patients. Ann Surg 1989 ; 209 : 728-733 ; discussion 733-734.
- 8) Velmahos GC, et al : Early closure of colostomies in trauma patients--a prospective randomized trial. Surgery 1995 ; 118 : 815-820.

④ 腹腔外直腸損傷¹⁾

腹膜外直腸損傷に対して近位部での人工肛門を薦めている。また慣習的な仙骨ドレナージおよび遠位部直腸洗浄は薦めていない。

- 1) Bosarge PL, et al : Management of penetrating extraperitoneal rectal injuries : An Eastern

【予防的抗菌薬投与】¹⁾

すべての腹部穿通性外傷患者に対して、術前に好気および嫌気ともにカバーする広域抗菌薬を単回投与する。腸管損傷を認めた場合は、24時間以内の投与を薦め、認めない場合には追加投与は必要ない。出血性ショックを認める患者に対しては、10単位の輸血ごとに2-3倍量の抗菌剤を必要とするかもしれない。

24時間をこえた投与を支持するデータはなく、open abdomenの際の使用を支持するデータもない。大腸損傷を伴った場合は、抗生剤使用期間にかかわらずSSIは高い¹⁾²⁾。

- 1) Goldberg SR, et al : Prophylactic antibiotic use in penetrating abdominal trauma : an Eastern Association for the Surgery of Trauma practice management guideline. J Trauma Acute Care Surg 2012 ; 73 (5 Suppl 4) : S321-325.
- 2) Cornwell EE 3rd, et al : Duration of antibiotic prophylaxis in high-risk patients with penetrating abdominal trauma : a prospective randomized trial. J Gastrointest Surg 1999 ; 3 : 648-653.

角山泰一朗

7. 四肢銃創

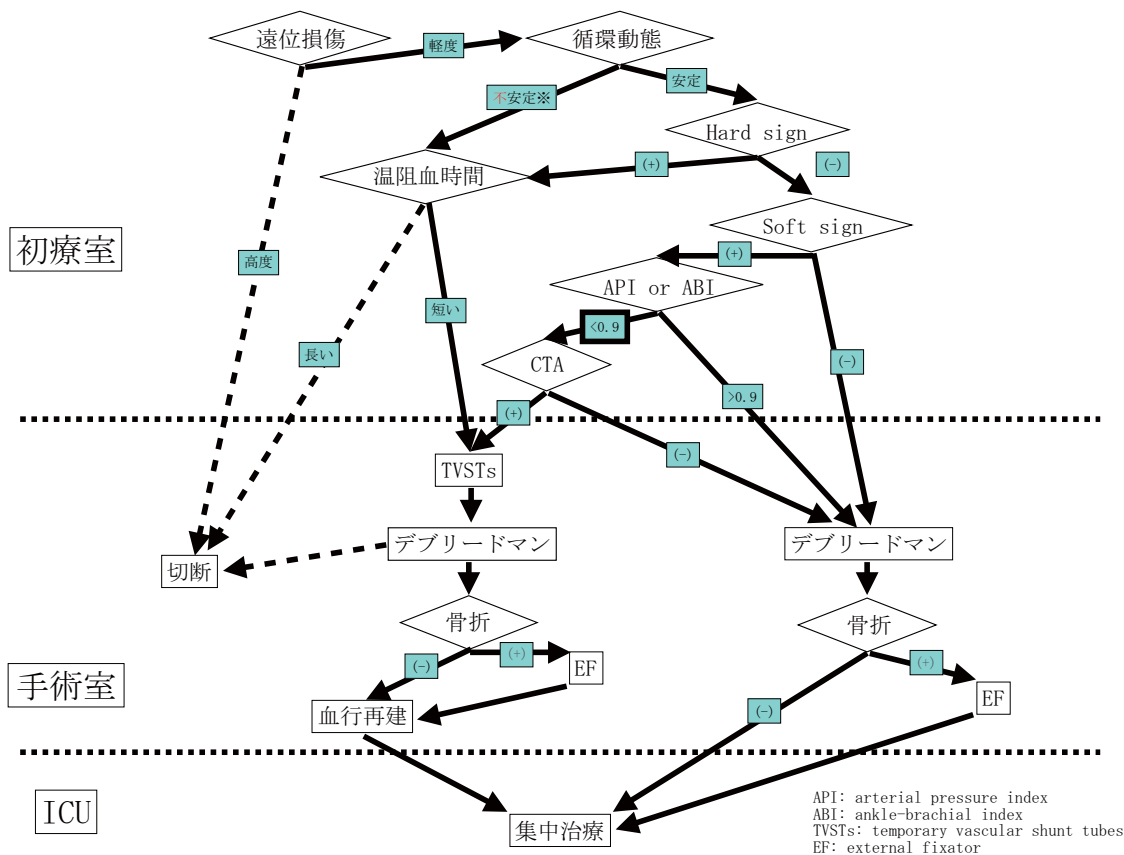


図 II-7-1 診療手順アルゴリズム

ターニケット使用の適応と解除方法

局所圧迫でも活動性出血をコントロールできない場合には出血部位の近位にターニケットを使用する¹⁾²⁾。初療室で循環動態不安定な活動性出血を伴う症例には必ず使用する（図Ⅱ-7-1 ※）。使用した場合には必ず開始時間を記載する。不十分な緊縛は出血を助長するので十分な圧で駆血する。被災現場で医師や救急隊によりターニケットを使用された場合には、相応の出血があったと考え Hard sign 陽性症例として扱う。使用したターニケットは手術室、もしくはそれに準ずる環境で損傷血管をクランプした後に解除する。

- 1) Fox N, et al : Evaluation and management of penetrating lower extremity arterial trauma : An Eastern Association for the Surgery of Trauma practice management guideline. J Trauma Acute Care Surg 2012 ; 73 : S315-S320.
- 2) Mavrogenis AF, et al : Vascular injury in orthopedic trauma. Orthopedics 2016 ; 39 : 249-259.

四肢血管損傷の身体所見

四肢血管損傷を疑う身体所見として Hard sign と Soft sign を参考とする¹⁾²⁾。

Hard sign とは、

- 動脈拍動の消失 or 減弱
- 大量の外出血
- 血腫の増大 or 拍動性の血腫
- thrill or 血管雑音
- 虚血症状の 5P（疼痛，蒼白，冷感，知覚異常，運動麻痺）

Soft sign とは、

- 現場での一時的血腫
- 血管近傍の損傷
- 血管近傍の血腫
- 血管近傍の神経損傷
- 説明のつかない低血圧

である。Hard sign が一つでも陽性であると、90% 以上の確率で血管損傷があるとされる³⁾。

- 1) Practice Management Guidelines for Penetrating Trauma to the Lower Extremity. Practice parameter for evaluation and management of combined arterial and skeletal extremity injury from penetrating trauma. EAST 2002.
- 2) Fox N, et al : Evaluation and management of penetrating lower extremity arterial trauma : An Eastern Association for the Surgery of Trauma practice management guideline. J Trauma Acute Care Surg 2012 ; 73 : S315-S320.
- 3) Mavrogenis AF, et al : Vascular injury in orthopedic trauma. Orthopedics 2016 ; 39 : 249-259.

CTA での血管損傷所見

CTA での血管外漏出像、血栓形成、動脈瘤、動静脈瘻、内膜損傷は血管損傷と判断する¹⁾。ただし、動脈瘤、動静脈瘻、内膜損傷の一部には末梢血流が保たれるものがあり、その場合には慎重な判断を要する²⁾。血行再建を行わないと判断した場合には、経時的に arterial-pressure index (API) もしくは Anckle-Bracial index (ABI) を計測する¹⁾²⁾。血管攣縮と判断された場合には血管損傷はなしとする。

- 1) Fox N, et al : Evaluation and management of penetrating lower extremity arterial trauma : An Eastern Association for the Surgery of Trauma practice management guideline. J Trauma Acute Care Surg 2012 ; 73 : S315-S320.
- 2) Ivatury RR, et al : Penetrating extremity trauma. World J Surg 2015 ; 39 : 1389-1396.

temporary vascular shunt tubes (TVSTs) の使用基準

血管損傷のある症例には原則全例に使用する¹⁾⁻³⁾。動静脈損傷のある症例では動脈に先立ち静脈1-2本にTVSTsを使用する⁴⁾。温阻血時間が短く即座に動脈再建が行える状況であればTVSTsを省略してもよい。

- 1) Practice Management Guidelines for Penetrating Trauma to the Lower Extremity. Practice parameter for evaluation and management of combined arterial and skeletal extremity injury from penetrating trauma. EAST 2002.
- 2) Fox N, et al : Evaluation and management of penetrating lower extremity arterial trauma : An Eastern Association for the Surgery of Trauma practice management guideline. J Trauma Acute Care Surg 2012 ; 73 : S315-S320.
- 3) Halvorson JJ, et al : Vascular injury associated with extremity trauma : Initial diagnosis and management. J Am Acad Orthop Surg 2011 ; 19 : 495-504.
- 4) Practice Management Guidelines for Penetrating Trauma to the Lower Extremity. Practice management guideline for evaluation and management of lower extremity venous injury from penetration trauma. EAST 2002.

血行再建の手術

銃創・爆傷は汚染創であるため感染率が高い¹⁾ことから、血行再建は自家静脈移植を原則とする。手術手技を誰が行うかは、それぞれの病院の実情にそって各病院で事前に決定しておく。アルゴリズムの各手技に「救急医」「整形外科」「血管外科」などと書き込んで（もしくは丸をして選んで）用意しておくといよい。

- 1) Dougherty PJ , et al : Gunshot and wartime injuries. Rockwood and Green's Fractures in adults. 8th ed. Philadelphia PA : Wolters Kluwer Health, 2015 : 397-426.

銃創・爆傷の手術

銃創・爆傷は汚染創であり¹⁾、原則手術室で十分なデブリードマンを行う。弾丸はすべてを取り除くことを原則とするが、手術的に到達が難しい部位にあるものは摘出不能なこともある。関節内の弾丸は鉛中毒や鉛関節症の発生が危惧されるためにすべて取り除く¹⁾。骨・軟部組織のデブリードマンが十分と判断すれば骨折に対する内固定を一次的に行ってもよい。しかし、初期治療ではその判断が難しく創外固定（external fixator : EF）を用いる方が無難である²⁾。十分なデブリードマンが行われた場合には生じた組織欠損に陰圧閉鎖療法（negative pressure wound therapy : NPWT）を考慮してよい。ただし血管の直上ではNPWTを使用しない。

- 1) Dougherty PJ , et al : Gunshot and wartime injuries. Rockwood and Green's Fractures in adults. 8th ed. Philadelphia PA : Wolters Kluwer Health, 2015 : 397-426.
- 2) Practice Management Guidelines for Penetrating Trauma to the Lower Extremity. Practice parameter for evaluation and management of combined arterial and skeletal extremity injury from penetrating trauma. EAST 2002.

術後管理

銃創・爆傷は高エネルギー外傷であり、コンパートメント症候群などの発生などに注意しながら術後ICU管理を行うことが望ましい¹⁾²⁾。

- 1) Practice Management Guidelines for Penetrating Trauma to the Lower Extremity. Practice parameter for evaluation and management of combined arterial and skeletal extremity injury from penetrating trauma. EAST 2002.

- 2) Fox N, et al : Evaluation and management of penetrating lower extremity arterial trauma : An Eastern Association for the Surgery of Trauma practice management guideline. J Trauma Acute Care Surg 2012 ; 73 : S315 – S320.

黒住 健人

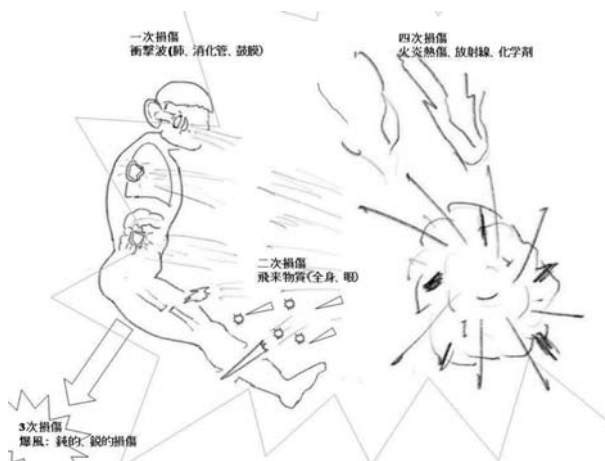
第Ⅲ章 爆傷患者に対する初期診療の重要事項

本章は、CDC が発行している essential fact ならびに fact sheet を主に訳したものとなっている¹⁾²⁾。一部、改編したものも含まれている。また、他章と異なり、爆傷症例のマネージメントに対して開示されたガイドラインがないため、本章では診療手順アルゴリズムを示さない。

- 1) The Centers for Disease Control and Prevention. Blast Injuries : Fact Sheets for Professionals. http://www.calhospitalprepare.org/sites/main/files/file-attachments/blast_fact_sheet_professionals-a.pdf (Accessed April. 5. 2018)
- 2) American College of Emergency Physicians. Bombings : Injury Patterns and Care. Blast Injuries : Fact Sheets for Professionals by Centers for Disease Control & Prevention. <https://www.acep.org/blastinjury/#sm.00001hklgl9nydrytc81v5u8a2qz2> (Accessed April. 5. 2018)

1. 損傷形態

爆傷は1-4次(5次)損傷を伴う可能性のあるユニークな損傷形態である。臓器別損傷は表Ⅲ-1に概説する。また、特殊な損傷の詳細は後述する。



図Ⅲ-1 爆傷のメカニズム

爆傷形態 (図Ⅲ-1)

- 1次 衝撃波による爆傷肺、鼓膜損傷、腸管破裂、腹腔内出血、眼球破裂、脳震盪
- 2次 飛来する異物による穿通性外傷、眼球内異物
- 3次 爆風によって飛ばされて生じる鈍的外傷、その際鋭利な物に刺されれば鋭的外傷
四肢断 (形態によっては1次に分類されることがあり)
建物崩壊の下敷きによる鈍的外傷やクラッシュ症候群 (CDCでは4次)
- 4次 爆風の成分による損傷: 熱傷、中毒、放射線被曝、肺障害
- (5次)基礎疾患の悪化、精神障害

2. 主な疫学

爆傷により生存した症例の大多数の損傷形態は、飛来異物による穿通性外傷と爆風による鈍的外傷であ

る。爆傷により当初生存していた症例の主な死亡原因は爆傷肺、ついで消化器損傷によるものである。閉鎖空間での爆発、高エネルギー、建物崩壊を伴っている場合は重症例が増加する。

生存者の10%程度は眼球異物による損傷の可能性がある、眼科診察を考慮。鼓膜損傷は以前ほど肺損傷が合併しやすいと考えられなくなってきている。

3. 病院受け入れ時

1次損傷は閉鎖空間で生じた爆傷で生じやすいため、爆発の形態のほか、爆発地からの被災した場所までの距離、中毒（化学剤）や放射線の情報、周囲の安全性、爆発場所と警察、消防、行政機関との位置関係、自院の安全性（場合により警護を依頼）などの情報を信頼筋から取得が必要となる。

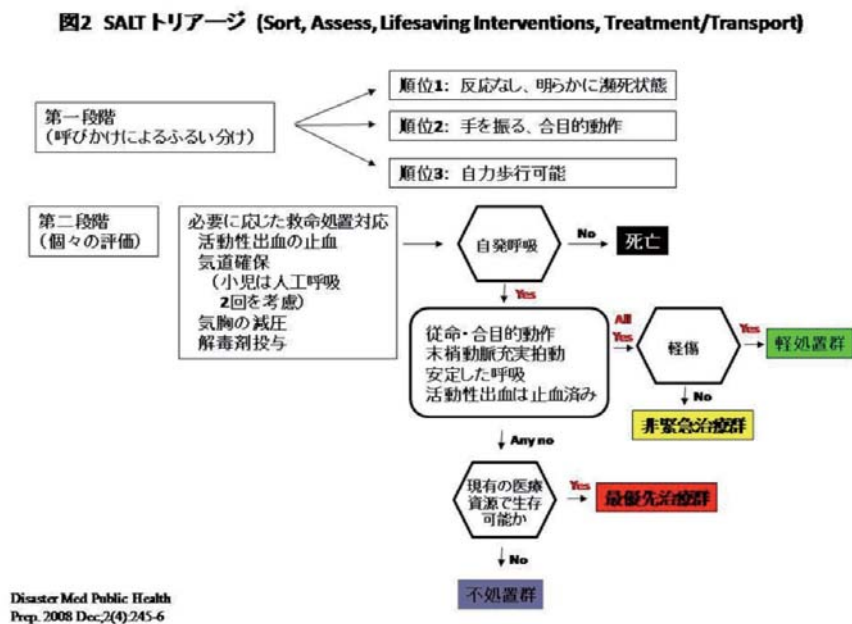
最初の1時間に爆傷により生存した症例中、半数から3/4を占める軽症爆傷被災者が医療機関を自ら訪れ、その後、重症例が搬送されてくる（“upside-down” triage）。したがって、受け入れ医療機関は最初にトリアージに余力を残しておく必要がある。

トリアージの際は、SALT（Sort, Assess, Lifesaving Interventions, Treatment / Transport）トリアージを参照とする（図Ⅲ-2）（エキスパートオピニオン）。

オーバートリアージの容認は死亡率の上昇につながるため注意が必要である。

すべての爆傷は中毒や放射線被爆の可能性がある。

標準的感染予防策は救援者の二次的放射線汚染予防にも有用である。



図Ⅲ-2 SALT トリアージ¹⁾

(Disaster Med Public Health Prep 2008 ; 2 : 245-246. を改変)

1) No authors. SALT mass casualty triage : concept endorsed by the American College of Emergency Physicians, American College of Surgeons Committee on Trauma, American Trauma Society, National Association of EMS Physicians, National Disaster Life Support Education Consortium, and State and Territorial Injury Prevention Directors Association. Disaster Med Public Health Prep 2008 ; 2 : 245-246.

4. 爆傷に特異的な注意点

- 1次-4次の機序を念頭においた患者診療が必要となる。特に、放射線や化学剤による医療従事者の二次汚染に留意する必要がある。初期診療時には内部被爆を防止するため防塵・N95マスク着用による傷病者の放射線スクリーニングを行うことが望ましい（エキスパートオピニオン）。
- 病院前は現場での安全は完全には確保できないため（2次爆発、放射線や化学剤による汚染、建築物崩壊の可能性）、患者の早期の現場離脱が必要である。そのため現場救護所でトリアージするのではなく、直近の病院を救護所代わりに使用する（エキスパートオピニオン）。
- Secondary survey では、眼球損傷（破裂時は眼球内容物流出するため開眼させない）、鼓膜の評価をしっかりと行う。
- 小挫創でも穿通性損傷、異物残存を考慮した評価が必要となる（木材の可能性もあり、CTが推奨されている）。
- 小挫創でも他人の人骨や汚染物質などによる穿通性損傷の可能性があり、破傷風、肝炎、HIV予防の治療を考慮する。
- 衝撃波に伴う遅発性の肺損傷（血気胸、肺水腫、空気塞栓など）、消化管損傷があり、疑わしきは4-6時間の経過観察、48時間は患者・家族に対しての注意喚起が必要となる。また、さらに晩期では精神・神経学的後遺症が注目されている。

表Ⅲ-1 臓器別損傷形態

聴覚器	鼓膜損傷，耳小骨損傷
視覚器	眼球破裂，異物，空気塞栓
呼吸器	爆傷肺，血気胸，肺挫傷，肺動静脈瘻，空気塞栓，誤嚥性肺炎，敗血症， 上下気道粘膜損傷
消化器	消化管破裂，実質臓器損傷，腸間膜虚血（空気塞栓）
循環器	心筋挫傷，心筋梗塞（空気塞栓），迷走神経反射，循環不全 末梢動脈塞栓（空気塞栓）
中枢神経	脳震盪，閉鎖性もしくは開放性脳損傷，脳卒中・脊髄梗塞（空気塞栓）
腎不全	鈍的腎損傷，横紋筋融解症，ショックや脱水に伴う腎不全
四肢	轢断，骨折，クラッシュ症候群，コンパートメント症候群，熱傷， 穿通性損傷，末梢動脈塞栓症（空気塞栓）

柳川 洋一

第IV章 爆傷各論

1. 爆傷肺

【背景】

- 爆傷肺は衝撃波により無呼吸，徐脈，低血圧の3徴をている。
- 爆傷現場および当初生存した症例の第一の死亡原因となる。

【臨床症候】

呼吸困難，咯血，咳，胸痛。臨床症状として，呼吸困難，低酸素血症が胸部打撲を受けなくても生じ得る。

徴候：頻呼吸，低酸素血症，チアノーゼ，無呼吸，喘鳴，呼吸音低下，循環不全，気管支痙，空気塞栓，血気胸を合併し得る。

【診断】

胸部X線撮影：バタフライシャドウ，動脈血液ガス分析，超音波検査，CTにて診断する。

【治療】

- ▶ 上記の検査は，蘇生行為を実施しながらの施行となる。また，閉鎖空間での受傷，火災の曝露，長時間下敷き，化学剤や生物剤への曝露はさらなる検査が必要となる。
- ▶ 多数傷病者が発生した場合，上記の診断手段は用いることができなくなることがある。
- ▶ 肺挫傷の治療と同様，輸液は少なすぎず，多すぎずが望ましい。
- ▶ 高濃度酸素投与，必要に応じてバック換気，気管挿管を行う。
- ▶ 気道閉塞症状，肺水腫，多量の咯血はただちに気管挿管を行う。
- ▶ 多量の咯血患者や胸腔ドレーンからの大量のエアリークは分離肺換気を考慮する。
- ▶ 多量の血気胸はすみやかに胸腔ドレーン留置を行う。
- ▶ 換気不全の症例にはすみやかに気管挿管が必要である。
- ▶ 陽圧換気では緊張性気胸や空気塞栓症状に注意する。
- ▶ 空気塞栓症に対しては高濃度酸素投与，腹臥位，左側臥位などの体位管理とともに高気圧酸素治療を考慮する。

【継続対応】

- 明確な外来フォロー，入退院基準がない。
- 爆傷に暴露された患者は繰り返しの評価が必要。
- 爆傷肺罹患者はICU管理が望ましい。
- いかなる患者の主訴も爆傷肺との関連を考慮して管理する。
- 退院の是非は爆傷肺よりも合併した他の臓器損傷に依存することが多い。
- 胸部X線撮影，動脈血液ガス分析結果が正常で主訴が何もない症例は4-6時間の経過観察の後，外来フォローも考慮する。
- 生存者の1年後は主訴もなく，胸部X線撮影所見，呼吸機能も正常であったとの報告がある。



2. 爆傷による消化器障害

【背景】

- 爆傷から当初生存した症例の死亡原因となる。
- 消化器障害の発生頻度は患者の背景，暴露した爆発の程度によってまったく異なる。
- 閉鎖空間，水中爆発での暴露では消化器合併の頻度が上昇する。
- 小児では消化器合併の頻度が上昇する。

【臨床症候】

- ガスを含む消化管（特に大腸）が障害されやすい。
- 消化管穿孔，粘膜障害，腸間膜損傷，実質臓器損傷，精巣破裂が生じ得る。
- 腹痛，悪心，吐血，下血，陰嚢痛，裏急後重（しぶり腹），原因不明なショックでは爆傷に伴う消化器障害を考慮する。
- 当初は無症状でも後に急性腹症や敗血症の原因となり得る。
- 腹痛，反跳痛，筋性防御，腸雑音消失，悪心，嘔吐，発熱，脱水，貧血，ショック症状を呈し得る。
- 腹部症状を呈する受傷機転では，2次，3次受傷機転による穿通性もしくは鈍的外傷が多いが，1次損傷による障害や空気塞栓による症状も発生し得る。
- 水中爆発は空間よりも3倍程度，消化器が障害されやすい。
- 小児は消化器障害が生じやすい（腹壁が薄い，肝臓，脾臓比率が高い）。
- 消化管のなかで大腸障害が多い（穿孔，出血）。

【診断】

穿通性や鈍的腹部外傷に準ずる。繰り返しの評価が必要。

放射線学的検索の要点：free air，イレウス，腹腔内出血，実質臓器損傷，膿瘍形成の有無

【治療】

- ▶ ABC management
- ▶ 絶飲食にて管理する。
- ▶ 救急外来では異物除去を行わない。
- ▶ 抗菌薬と破傷風トキソイド投与する。
- ▶ 評価の繰り返し（診察と検査）：X線撮影，CT，超音波

【継続対応】

腹部傷害が疑わしい症例では繰り返しの評価が必要である。

3. 爆傷による四肢損傷

【背景】

爆傷で当初生存した症例のなかで筋骨格系の損傷の頻度は最も高い合併損傷である。

このうち，四肢轢断は爆傷被害者の1-3%の比率である。

【臨床症候】

- 四肢轢断は死亡を示唆する臨床マーカーである。
- 轢断は関節部分より骨の骨幹部で生じやすい。
- 轢断は1次の衝撃波と3次の爆風による混成の外力によって生じる。
- また，2次損傷による穿通性外傷（爆発物の破片，爆発物のなかに意図的に混入された釘，ネジ，爆発された構造物に含まれたガラス片）も生じる。
- また創部は人骨などの生物片が迷入していることもある。
- 突起物の存在が四肢損傷の原因となり得る。
- 小さな創でもなんらかの穿通異物，感染源となり得るため，しっかりとしたデブリードマンが必要である。

- 3次, 4次損傷の四肢損傷は通常の外傷に似る.
- 建物崩壊はクラッシュやコンパートメント症候群を合併し得る.

【診断】

- 各四肢に関して筋肉, 骨, 神経, 血管の評価が必要である.
- 身体診察による血管損傷の評価は一般的な外傷に比較し不十分なことが多い.
- どのようなプロトコールによる四肢の血管損傷の評価がよいかはこれからの課題である.
- すべての創部はサイズ, 骨との関係, 汚染の程度を評価し, 写真による記録が望ましい.
- 四肢の創に対して異物の存在と骨折の評価のための放射線学的評価が行われるべきである.
- 下肢損傷における足底部の感覚消失は切断の指標にはならない. 足底部感覚消失の50%は後に感覚が回復している.
- 切断四肢重症度スコアリングのシステム¹⁾は切断の正確な判断には適さない²⁾.

参考表 Mangled extremity severity score¹⁾

	点数
A. 骨・軟部組織損傷	
低エネルギー (刺傷, 単純骨折, 銃創)	1
中等度エネルギー (開放骨折または多発骨折, 脱臼)	2
高エネルギー (近距離からのショットガンまたは軍用銃による銃創, 挫滅創)	3
超高エネルギー (加えて汚染が強軟部組織の引き抜きを伴う)	4
B. 四肢の虚血	
動脈拍動が減弱または消失しているが還流は正常	1
動脈拍動消失; 知覚異常, capillary refill の減弱	2
冷感, 麻痺, 知覚脱失, しびれ (虚血時間が6時間を超える場合には2を乗じた点数)	3
C. ショック	
収縮期血圧が常時>90mmHg	0
一過性の血圧低下	1
持続性の血圧低下	2
D. 年齢	
<30歳	0
30~50歳	1
>50歳	2

- 1) Johansen K, et al : Objective criteria accurately predict amputation following lower extremity trauma. J Trauma 1990 ; 30 : 568-573.
- 2) Johansen K, et al : MESS (Mangled Extremity Severity Score) 25 years on : Time for a reboot? J Trauma Acute Care Surg 2015 ; 79 : 495-496.

【初期対応】

- ▶ 小さな創もしっかりとしたデブリードマンする.
- ▶ すべての開放骨折は汚染されていると考え, 抗菌薬を投与する.
- ▶ 汚染されている創部は, 大量の生理食塩水などを用いて洗浄する.
- ▶ 破傷風トキソイドを投与する.
- ▶ 骨折はなんらかの方法で固定をして, 除痛を図る.

【外科的治療】

- ▶ 初期のデブリードマンや骨折部の固定は手術室で行われるべきである.

- ▶創部は状況において創部を拡大して壊死組織の除去などの十分なデブリードマンを行う。
- ▶デブリードマンの後、水による還流を用いてもよい。
- ▶骨折部の治療はまずは創外固定で対応し、ついで内固定を考慮する。
- ▶血管損傷の治療には人工血管を用いず、静脈の移植で対応する。
- ▶軟部組織の管理は抗菌薬含有ポーチ（セメントビーズ）や持続吸引療法を考慮する。
- ▶急性期の創部の培養は治療指針に役立たないことが多い。
- ▶創部のデブリードマン、洗浄は完全に壊死組織除去の判断ができるまで24-72時間ごとに複数回行う。
- ▶小さい異物に関するマネージメントに関する報告はわずかであり、汚染がはっきりしない場合、そのまま経過をみることもある。
- ▶手術前や術中に四肢の viability や feasibility を考慮して、四肢温存を図るか切断するかを判断する。

4. 爆傷による視覚器損傷

【背景】

- 視覚器損傷は爆傷の最大28%まで合併し得る。
- 眼窩、瞼板、強膜は衝撃波から眼球破裂をきたすことを予防する。
- 一例報告で衝撃波からの眼球破裂をきたした報告がある。
- 眼球破裂にいたらなくても、眼球の構造物の一部破綻が生じることもある。
- 飛来物質による2次損傷が特に保護されていない頭部や眼球にとっての脅威となる。
- この飛来物質により、角膜、強膜の損傷や眼球破裂、眼球異物の原因となる。
- 飛来物質の代表的なものはガラス片、その他、コンクリート、金属、木片など建築物の崩壊が生じると構成成分が飛来物質となり、眼球損傷を生じる。
- 開放空間での爆破では、爆弾の破片や、土壌、植物などの有機物質が飛来物質となり得る。
- 特に殺傷目的で意図的に作られた爆弾の爆発だと眼球損傷が生じやすくなる。
- 角膜びらん、眼球異物、眼球損傷、眼窩骨折などが両側眼球障害として生じ得る。

【臨床症候】

- 目の違和感、異物感、眼球からの出血、腫脹、強い疼痛、失明まで多彩な目の症状が生じ得る。
- 視力障害がなくても重篤な眼球損傷が生じ得るので注意が必要である。
- 軽症だと角膜びらん、結膜炎、眼球表面の異物
- 重症だと角膜、強膜、眼球の穿通や異物、眼球破裂（視覚器損傷の20%-50%を占める）
- 眼瞼損傷は視覚器損傷の20%-60%を占める。
- 重篤な損傷形態としては、前房出血、白内障、硝子体出血、網膜剥離、脈絡膜損傷、視神経損傷が生じ得る。

【診断】

- すべての目の損傷は眼球破裂の可能性を考えて対応する。
- 眼球破裂や異物は症状が当初軽いこともある。
- 眼球破裂の所見として結膜下出血、虹彩変形、眼球表面の色素沈着、ゼリー状物質の漏出、浅前房や深前房がある。
- 眼球異物は小さくて検出するのが困難な場合がある。
- 視力の評価を可能な限り行う。光覚、手動弁、指数弁など。
- CTは眼球異物の評価に有用なことがある。
- 一方、MRIは金属片の可能性がある場合は、禁忌である。
- 木製、プラスチック、有機物であればMRIも有用なことはある。

【初期対応】

- ▶眼球評価のために眼球腫脹がある場合、無理に眼瞼を開けることは決して行ってはならない。無理に行うと眼球破裂がある場合、悪化するからである。

- ▶眼球損傷が疑われる場合、眼球に直接包帯を巻いてはいけない。
- ▶プラスチック、金属や清潔な発砲スチロールコップなどを用いて眼球を保護する。
- ▶穿通異物がみえても簡単に抜いてはならない。かえって眼球損傷を悪化させる可能性があるからである。
- ▶破傷風トキソイドは必要な場合投与する。眼球破裂が疑われたら、抗菌薬の点眼薬を投与する。
- ▶制吐剤を必要な場合投与する。

【継続対応】

- 爆傷損傷の被害者には眼球損傷がないか強く疑って診察すること。
- なるべく眼科医の診察を早期に受けさせること。
- 患者の初期評価と眼球保護が終わればすみやかに眼科医の診察を受けさせるのが最終目的となる。

外傷による出血や外的圧迫から眼窩内圧が急激に上昇し、眼窩内の灌流障害や血行障害をきたし、その結果、急性の球結膜浮腫や結膜充血、疼痛や外眼筋麻痺、網膜中心動脈閉塞、高眼圧などをきたす。この病態を虚血性眼窩コンパートメント症候群 (ischemic orbital compartment syndrome:以下, IOCS) という。眼圧下降治療、ステロイド治療に加えて、緊急に眼窩内圧を下げる外眼角切開や骨切減圧術が推奨されている (エキスパートオピニオン)。

- 1) 神田愛子, ほか: 腹臥位での全身麻酔下脊椎手術後の虚血性眼窩コンパートメント症候群の1例. 臨床眼科 2011; 65: 557-562.
- 2) Cho RI, et al: Concomitant cranial and ocular combat injuries during Operation Iraqi Freedom. J Trauma 2009; 67: 516-520.

5. 爆傷による聴覚器損傷

【背景】

爆発の衝撃波による損傷では鼓膜損傷が典型的である。しかし、以前の報告と異なり、鼓膜損傷の存在は、衝撃波による他の損傷の存在の指標とはなりえないとされている。衝撃波により鼓膜のほか、内耳も障害を受けやすい。症状としては、耳鳴り、耳痛、聴覚障害、眩暈である。まずは生命にかかわる障害の評価が優先されるため、聴覚器損傷は見逃されがちであるが、簡単なスクリーニングにより、後遺症としての聴覚器の問題を減少させることが可能である。

【臨床症候】

- 外耳: 飛来物質による損傷 (2次)、耳軟骨損傷も生じ得る。
- 鼓膜: 衝撃波による損傷を受けやすい。衝撃波により鼓膜は緊張して内側に圧出される。
- 鼓膜出血から破裂までさまざまな形態をていする。一側性、両側性とさまざまである。
- 鼓膜破裂も線状、小孔、複雑型とさまざまである。
- 中耳: 耳小骨骨折や脱臼が生じる。特に衝撃波が強い場合である。
- 真珠腫の発生により中耳や側頭骨の重要構造物が破壊されることもある。
- 聴覚障害としては、鼓膜、耳小骨障害、前庭障害、聴覚神経障害、髄膜炎や脳膿瘍による中枢神経障害により、伝音、感音障害ともに生じ得る。髄膜炎や脳膿瘍は致命的なこともある。
- 内耳: 衝撃波により内耳障害も生じ得る。数日から数週間に及ぶ一過性聴覚障害の症状をていすることもある。

【初期対応】

生命にかかわる損傷の評価と治療を優先する。その後必ず、聴覚と鼓膜の評価を、耳鏡を用いて行う。鼓膜損傷の存在は他の爆傷の衝撃波による臓器障害の存在を示唆する指標にはならない。

【治療】

- ▶外耳道の異物は除去し、清潔に保つ。軟骨が露出している場合は、洗浄後閉鎖する。もし耳介が消失

していたら、耳軟骨は周辺組織に埋め込むこと。鼓膜破裂の治療：保存的に行う。まずは清潔を保ち、凝血塊があれば、丁寧に取り除くことである。また、専門家に紹介する。鼓膜や中耳に損傷があれば、清潔にした後、抗菌薬を点耳する。

- ▶中耳と内耳の治療については、専門家へのコンサルトは、緊急性はないが必須である。
- ▶爆傷被害者は必ず聴覚の評価を行うこと。患者が気づいていないときもあるからである。

【継続対応】

- 単純な鼓膜損傷のたいていは3ヵ月以内に自然治癒するが、複雑な鼓膜破裂は、外科的な治療が必要なことがある。鼓膜形成術は自然治癒しなかった場合に行う。
- 鼓膜破裂は特に損傷が大きく、自然治癒しない場合に、真珠腫の発生率を高める。その場合、最低2年間のフォローが必要である。

6. 爆傷に伴うクラッシュ症候群

【背景】

- 爆発に伴う建築物崩壊により下敷きになることでクラッシュ症候群が発生し得る。
- 原因の箇所の頻度は下肢(74%)、上肢(10%)、体幹(9%)の順となる。クラッシュ症候群は局所症状とともに全身状態の合併症を伴ったものである。横紋筋障害とこれに伴う炎症反応の続発、Kを中心とした電解質異常である。
- クラッシュ症候群は局所の悪化、臓器不全、代謝異常(アシドーシス、高K血症、低Ca血症)を引き起こす。
- 地震被害では2-15%の発生頻度で、そのうちの約50%が急性腎不全を合併し、半数以上が筋膜切開を要する。さらに急性腎不全患者の50%が透析を要する。

【臨床症候】

- 下敷き状態からの解放により、虚血再灌流障害が生じて、循環不全、急性腎不全、代謝障害が生じる。これにより急死することがある。
- 循環不全：大量輸液が必要となる。
- 症例によっては最初の48時間で総輸液量は12Lを超えることがある。
- 3rd spaceに体液がシフトすることにより、組織内圧が上昇して、コンパートメント症候群が発生し得る。
- また、ショック状態が急性腎不全の一因となる。
- 急性腎不全：横紋筋融解により、ミオグロビン、K、リン、クレアチニンが血中に放出される。これらにより腎不全や電解質異常が惹起される。
- 代謝異常：カルシウムは細胞内に取り込まれ、低Ca血症の原因となる。そのほか、高K血症、乳酸上昇による代謝性アシドーシスが生じる。
- 高K血症と低カルシウム血症の併存が致死的な不整脈の誘発にかかわる。さらに代謝性アシドーシスがそれを悪化させる。
- コンパートメント症候群が合併すると、さらに組織の虚血が進行し、病態悪化に関与する。

【治療】

- ▶病院前：4時間以上の下敷きから解放される前に輸液を行う。しかし、1時間の下敷きでもクラッシュ症候群は発生し得る。もし輸液ができない場合、罹患肢のターニケットの着用を考慮する。
- ▶病院内：ショックに対して1.5L/時までの輸液を行う。
- ▶腎不全：輸液を行う。マンニトール投与を考慮する。尿量は300ml/時間を確保するように努める。
- ▶血液浄化法の早期の導入を検討する。
- ▶代謝性アシドーシス：重炭酸を用いて尿のpHが6.5以上になるようにコントロールする。これはミオグロビンと尿酸の腎への沈着を防ぐためでもある。
- ▶高K血症、低Ca血症は、10%グルコン酸Caを10ml ivもしくは10%CaCl₂ 10ml iv、重炭酸 1

meq/kg ゆっくり投与; regular インスリン 5-10 U + 50%ブドウ糖 1-2 アンプル iv, ソルビトールを添加したケイキサレート 25-50g 経口もしくは経腸投与を考慮する. 心室性不整脈は心電図のモニターが必要で, 心停止に適切に対応する.

- ▶コンパートメント症候群: 区画圧の測定を可能であれば行う.
- ▶必要に応じて筋膜切開による減張を考慮. その際は, 創部は解放として, 抗菌薬, 破傷風トキソイドを投与する.
- ▶患肢は冷却し 5 P's: pain, pallor, paresthesia, pain with passive movement, pulselessness を評価する.
- ▶下敷き患者は健康そうにみえてもフォローする.
- ▶初期輸液の開始が 12 時間以上遅れると, 急性腎不全の発生率が増加する.

【継続対応】

- 急性腎不全の腎代替療法は 60 日に及ぶことがある.
- 敗血症を合併しなければ, 腎機能は正常化することが多い.

7. 爆傷に伴う熱傷

【背景】

- 熱傷は 4 次損傷に分類される.
- 爆発に伴う火球が体の露出部分 (顔, 首, 手など) に火炎熱傷を生じ得る.
- 閉鎖空間での爆傷の場合, 気道熱傷の危険性が高まる.
- 爆傷肺と熱傷の合併症例では輸液療法が対立するため, 治療指針がむずかしくなる.

【臨床症候】

- 多くの爆傷患者の熱傷面積は 20% 未満であるが, ほかの爆傷合併症が発生しやすい.
- 気道熱傷の発生率は, 閉鎖空間で発生した爆傷で初期に生存した症例の 18% 程度に生じる.

【病院前救護】

- ▶煙の立ち込める場所から避難させ, 燃えている衣服は除去する.
- ▶熱傷部位はすみやかに洗浄もしくは冷却する.
- ▶しかし, 低体温や凍ったものを当てるのは避ける.
- ▶二次汚染を防ぐために簡単に被覆する.

【初期治療】

- ▶酸素投与, 熱傷部の洗浄
- ▶閉鎖空間での受傷は気道熱傷を疑う. 鼻腔, 口腔内のすす, 痰にすすが混在の場合も気道熱傷を疑う.
- ▶一酸化炭素中毒, シアンレベルに注意する.
- ▶気道の問題がある場合, すみやかに挿管する. 喉頭浮腫に伴う窒息症状は致死的である.
- ▶気道系に関して, 洗浄などの介入が必要な場合は入院させる.
- ▶爆傷肺に罹患している患者への人工呼吸器管理は, 緊張性気胸や空気塞栓の危険性を増加させる.
- ▶気道熱傷の患者は上記の危険性をさらに高める.
- ▶輸液療法は 15% 以上の II 度以上の熱傷に必要となる.
- ▶尿量が確保できるように輸液を行う.
- ▶不十分な輸液量は死亡率を高める.
- ▶重症熱傷に対して受傷後 4 時間以降での輸液療法の開始は, 100% 近い死亡率となる.
- ▶乳酸加リンゲル輸液 $4\text{cc} \times \text{体重}(\text{kg}) \times \% \text{TBSA} / 24 \text{ 時間}$
- ▶8 時間に上記の半分量を輸液する.
- ▶熱傷治療を行っている患者では爆傷肺の合併に留意する.
- ▶疼痛コントロール: 麻薬の投与

- ▶多数傷病者の場合、医療資源を鑑みて治療を行う。
- ▶破傷風トキソイドの投与
- ▶III度熱傷には減張切開や escharotomy が必要となる。

【継続対応】

- 気道熱傷はICU滞在期間と死亡率に関与する。
- 30% < TBSA は死亡率と関連する。
- TBSA 面積、気道熱傷、年齢は死亡率に関係する。
- 熱傷面積にかかわらず、爆傷肺は全例入院加療が必要である。

8. 放射線被害

【背景】

- 放射線拡散装置 (Radiological Dispersal Devices (RDDs)) や dirty bombs は通常の爆弾に放射線物質が混在したものである。
- それらの威力は強力で複数の市をこえた範囲で拡散可能である。
- 爆心地近辺に位置する人々は放射線被害より衝撃波で死亡し得る。
- RDDs は放射線で人を殺傷しようとするよりパニックや脅威などの心理的な影響を与えることに主眼が置かれている。
- RDDs の爆弾は通常の爆弾と特に変わりがないので、まずは爆傷の治療に追われ、放射線被爆に後に気づくことが多い。
- 放射線検知器によるチェックが唯一の RDDs の判断となる。
- もし放射線物質が使用されていた場合、被害は放射線への暴露と汚染状態をチェックする必要がある。
- 放射線量が高い場合、被爆した症例は放射線障害症状をていすることがあるが、被爆者自身が放射線を発するようになることは通常ない。
- 放射線物質による外部汚染は、衣服、皮膚、髪などに付着する。内部汚染は放射線物質の吸入、嚥下、創部への迷入により生じ得る。
- 汚染された患者は可能な限り放射線障害が生じる前に、早く除染を行う。汚染された患者により医療従事者に健康被害が生じないように注意しなければならない。

【トリアージと医療従事者保護】

- 放射線汚染者専用のトリアージエリアを病院の災害プランに盛り込まないといけない。
- 医療従事者用のガウンと汚染された衣服の着替えの用意をしておく必要がある。
- 汚染エリアと非汚染区域の間に緩衝地帯も必要となる。
- 衣服などは全部脱いで汚染エリアに留めておく。
- 脱衣後、被害者をもう一度、汚染エリア出口近辺で放射線量をチェックする。
- 医療従事者は生物汚染と同様なプロテクションを行い、マスクは正確に装着されているか、できれば N95 マスクの装着が望ましい。
- 頻繁に手指や衣類の放射線量を調べる。

【負傷者の汚染除去】

- 患者の放射線チェックは一定の方法で熟練者が行うことが望ましい。
- 大量の放射線物質付着の場合や、体に放射線物質が埋没している場合があり、注意する必要がある。
- 埋没している場合、撮子で除去可能なら除去して、鉛保管箱内で管理する。
- 放射線量の値と場所は記録にとどめる。
- 衣服は必要に応じて切除し、顔から足側に向けて放射線物質を丸め込む。
- 放射線に汚染された衣服などは2重の袋で包み、ラベルでその旨を表示する。
- 患者の放射線量を定期的に測定し、記録する。

- 体表面は水で優しく洗い流す。まずは非汚染場所からついで汚染場所へ。
- 顔が汚染されている場合、眼球、鼻、耳、口腔内も洗浄する。
- 洗浄後再度放射線量を測定する。外界の2倍の程度まで低下するか、洗浄後も変わらなくなるまで洗浄を繰り返す。
- 創部は防水仕立てで被覆する。
- 多数傷病者が汚染されている場合、立位除染と臥位除染の複数を準備する。

【診断と治療】

- ▶ 血算を測定し、リンパ球数をチェックする。
- ▶ 脱水や電解質異常が生じないかチェックする。
- ▶ 感染源対策には必要に応じて抗菌薬を投与する。
- ▶ 白血球減少症の場合、granulocyte colony stimulating factor の使用を考慮する。
- ▶ 早期（48時間以内）に必要な外科的対応ができない場合、骨髄抑制が改善したのち、必要な手術を行う。

【放射線障害】

- 急性放射線症候群（acute radiation syndrome：ARS）は高線量の放射線に暴露した場合に生じる。dirty bomb は一般的には低線量である。急性放射線症候群は放射線量によりすみやかに症状が出現することもあれば、遅発性の場合もある。
- 悪心、嘔吐は典型例であるが、暴露から症状出現までが線量の推測に役立つ。
- 悪心、嘔吐は暴露後数分から数日の経過で起きることがある。早期の症状出現は診断と線量の推測に役立つ。
- 早期の嘔吐はその後、骨髄抑制、消化管粘膜障害、循環不全、意識障害が続発する可能性がある。
- 症例によっては無症状の場合もある。
- 皮膚の放射線障害は、痒み、チクチク感、紅斑、浮腫が数時間、数日、さらに遅れて（数ヵ月後）出現することも多い。
- 遅発性の出現は熱傷と異なる鑑別点である。
- 局所症状に合わせて診療し、感染をコントロールする。
- 除染処置を行っても、高線量が検知される場合、内部汚染を考えないといけない。
- 通常は内部汚染だけで早期に症状は出現しない。顔や口の汚染があった場合、内部汚染の可能性を考慮する。
- 線量評価は尿、血液、便も対象になることがある。
- 内部汚染の場合、体外除去剤としての Prussian Blue, Diethylenetriaminepentaacetic acid (DTPA), Bicarbonate の投与が推奨されている。
- 嚥下による汚染は胃洗浄、下剤、制酸剤が消化管除染に役立つ。

【精神的な問題】

- 都市部では多くの方が精神的サポートを求めて医療機関を訪れる。その目的はスクリーニング、除染、単に安心したいためである。
- 精神的な問題だけで悪心、嘔吐が生じ得る。
- 放射線による嘔吐、嘔気は頻繁で繰り返し生じるが、精神的な問題で生じる場合は、心理的要因がきっかけとなる。
- 現場に赴く医療機関にはメンタル対応のチームも必要である。

9. 爆傷と小児

【背景】

- 多くの医療従事者は爆傷に罹患した小児の治療経験がない。
- 成人と小児の爆傷形態の違いがある。

【臨床症候】

①中枢神経損傷

- ・意識消失がなくても中枢神経障害が生じ得る。
- ・爆傷に曝され、意識障害がなくても、行動異常（嗜眠傾向、イライラしているなど）、繰り返す嘔吐、痙攣、一過性の意識消失、髄液漏を示す小児は病院での診療を受けさせる必要がある。
- ・頭部は身体に比し大きく、頸椎は未熟のため、高位頸髄損傷をきたしやすい。SCIWORAが生じやすい。

②胸部損傷

- ・爆傷肺は死亡原因になり得る。気管の長さが短く、径が小さいため、容易に衝撃波による影響を受け、気管攣縮や窒息を生じやすい。挿管が困難であり、容易に自己抜管されてしまう。胸壁は柔軟性があり、胸壁損傷が生じなくても肺損傷は生じ得る。
- ・縦隔は偏移が容易で、呼吸や循環への影響が出づらく、循環不全や低酸素血症があれば、必ず緊張性気胸を疑う必要がある。
- ・外傷性窒息が生じやすい。喉頭が閉鎖された状態で胸部や腹部圧迫が起こった際に生じる。眼瞼結膜の充血、痙攣、見当識障害、上半身を中心とした点状皮下出血、呼吸不全である。

③腹部損傷

- ・腹部損傷が生じやすい。腹壁が薄く、胸郭に守られている臓器部分が少なく、肝臓や脾臓は相対的に成人よりも大きいからである。

④四肢損傷

- ・骨皮質の損傷なく、骨が曲がる塑性変形 (plastic deformity)
- ・骨皮質の骨折のみ (膨隆 (torus) 骨折や若木 (greenstick) 骨折)
- ・骨端線損傷 (小児骨折の 18% 程度)
- ・前腕骨折は通常落下の際に生じる。

【初期治療】

- ▶頭部外傷では頸髄損傷の合併を疑う。
- ▶繰り返しの身体評価が必要である。小児は最初は協力的でないからである。
- ▶小児は循環系の許容量が大きく、循環血液量の 25% が生じないと血圧低下がみられない。
- ▶輸液が必要な場合、生理食塩水や乳酸加リンゲルで 20-30 ml/kg 投与を最初に行う。
- ▶温度管理は成人以上に気を使う必要がある。放射熱、対流熱、蒸発熱を奪われ、体温が低下しやすいからである。
- ▶小児を除染する場合は、不安を与えないように両親の前でできるだけ行う。
- ▶重症外傷のイベントでは小児のメンタルケアを考慮する。

10. メンタルヘルス

【背景】

- テロの爆傷は国際的にあえて殺傷能力、恐怖、苦悩、混乱を起こそうと意図されている。自然災害と比較し、テロの爆傷は長期間の精神的な異常をきたしやすい事案となる。脅威や精神的異常は、自身が損傷したか、家族や友人が損傷したか死亡したか、愛する人の情報欠如、脅威な現場を目撃したかなどの因子により発生率が異なってくる。
- 救済者も多数の死亡者や惨状の目撃により精神面が障害されることがある。
- たいていの脅威、苦悩反応は正常な反応であり、基本的なメンタルアプローチで対応可能である。臨床医は、生理的、心理的、認知的、行動異常の報告を真摯に受け止める必要がある。

【臨床症候】

- ・身体：疲労、消化器症状、心窩部や喉の違和感、頭痛、慢性疾患悪化、身体的不調の訴え、動悸
- ・精神：抑うつ、悲嘆、イライラ感、怒り、憤り、不安、恐怖、絶望感、疑心感、罪悪感、突発的な気分変動、

感情的麻痺, 不平等感

- 認識：混乱, 見当識障害, 悪夢の繰り返し, 災害への没頭, 集中力欠如, 短期記憶力障害, 判断力低下, 信頼していたものへの懐疑, 優柔不断, 悩み, 集中できる時間の短縮, 記憶喪失, 不要な記憶, 自己非難
- 行動異常：不眠, 簡単に泣く, 日常行動が異常な活発化, 他人との衝突, 異常な警戒感, 驚愕反応, 孤立感, 不信感, イライラ感, 拒絶感, 遠距離感, 断定的, 異様なリーダーシップ. 飲酒量や喫煙などの増加.

【初期対応】

- ▶精神的応急対応を患者, 家族, 救援者に必要に応じて提供する.
- ▶連絡, 手段や語らいの場の確立, 安全な場所を確保, 必要に応じて身体的に安定化を図る.
- ▶最新の必要とする情報を集約して提供する.
- ▶患者に不要に災害状況を語らせない.
- ▶日常生活の補助
- ▶苦悩反応へどのように対応するかの情報や教育を提供する.
- ▶必要に応じて精神的な加療ができるような体制づくり
- ▶患者の置かれている状況は今後のことに関して, 正確で, タイミングよく, 信頼できる情報を提供する.
- ▶患者, 家族には苦悩を生じる現場や騒音環境から静かな場所へ隔離する. 子供と患者の隔離は最小限度に留める.
- ▶病院, 社会のサービス, 宗教の提供などは適切化する.
- ▶下記の症状出現時は精神科へ紹介する.
 - ・見当識障害：日付, 場所, 最近の出来事がわからない.
 - ・高度な不安感や興奮：異常な動揺, 不眠継続, 悪夢の連続, フラッシュバック, 妨害的な思考
 - ・解離感覚：感情解離, 思考流出, 現実感の欠如, 時間歪曲
 - ・過度なうつ反応：絶望感, 役立たずの感覚, 容赦ない罪悪感, 原因なく泣く.
 - ・精神：幻聴, 幻覚, 感覚麻痺, 一つの思考に取りつかれる.
 - ・自立性の欠如：食事, 入浴できない, 他人に依存, 通常のことできない.
 - ・自殺や他害の考えや計画
 - ・酒やドラッグへの過度な依存
 - ・家庭内暴力
- ▶救援者への配慮が必要. 救援者も精神的障害を受ける可能性に留意する.
- ▶自身や協働, 管理側に, 身体, 感情, 認識, 行動の問題が生じているか評価する.
- ▶休憩を強制的にとらせる.
- ▶バディを組ませて判断させる.
- ▶必要に応じて, 精神的応急対応を提供する.
- ▶必要に応じて, 精神科へ紹介する.
- ▶救援者の仕事ぶりが家族への精神的なストレスがかかっている可能性を考慮する.
- ▶多くの心理的反応は正常で, 特に治療介入なく自然緩解する. しかし, すべての患者, 家族, 救援者に精神的応急対応がとれる体制づくりは必要である.
- ▶社会的ネットワーク内で生活している人, 例えば家族, 宗教団体はそうでない人と比較して精神的な問題は生じにくい.
- ▶苦悩やメンタル異常が持続する場合は専門家へ紹介する.

11. 高齢者

【背景】

- 高齢者に関する爆傷のデータはわずかである. しかし, 一般外傷や高齢者への管理で判明している事

柄は、高齢者で罹患した爆傷症例に応用が可能と思われる。

- 骨折部位の増加，慢性疾患の増悪
- 外傷性脳損傷の悪化
- 爆傷後の合併症増加

本来あった身体的問題，精神的問題のうえに，多発外傷が加わると，病院前救護，院内診療，リハビリの内容に大きく影響する。また，陳旧性虚血性疾患，高血圧，慢性呼吸不全，糖尿病，認知症，脳血管障害，慢性腎不全，関節炎，逆流性食道炎，慢性疾患に伴う貧血は潜在的な問題となる。これらのもともとあった治療を爆傷の治療に追加する必要がある。

【臨床症候】

- ・身体的症状の出現はわずかであっても積極的な対応が必要となることがある。
- ・出血性ショックにみられる頻脈，低血圧は高齢者には薬剤や基礎疾患の問題で出現しづらい。早期の侵襲的モニタリングが必要な場合がある。

【診断】

- ・処方内容は把握し，薬の相互作用に留意する。β遮断薬やCa拮抗薬は生理的な反応を低下させることがある。
- ・加齢とともに脳萎縮が生じ，閉鎖性頭部外傷に罹患した高齢者は若年者と比較して血腫量が増加しないと意識障害が出現しづらいため，早期の頭部CTが必要である。
- ・フレイルチェストは高齢者では目立たないことがあるが，これらの損傷に伴った胸部損傷の評価が必要になる。積極的な対応を行わないと疼痛のために致死的な合併症を生じることがある。
- ・せん妄はまれではなく，薬剤，感染症，その他の急性失血，電解質異常，臓器障害，血糖異常，低酸素血症，不整脈，頭蓋内器質疾患，脱水，痛み，体動困難，断眠，便秘，尿閉などが原因で生じる。これらの評価では原因が定かでない限り，可逆的な問題である。
- ・聴覚や視力の障害は高齢者では一般的である。これらの存在が意識や認識の評価の妨げになることがある。

【初期治療】

- ▶一般的な外傷蘇生術は高齢者にも有用ではある。
- ▶疼痛はせん妄として現れることがあり，これらに適切な対応が必要である。
- ▶生理学的な反応を最大限利用するために，非緊急，非致死的な侵襲的処置は短期間は保留する。
- ▶血管，頭部，頸部，胸部，腹部，整形外科的疾患に対する外科的な対応時に周術期にβ遮断薬の使用は禁忌でない限りにおいて，有用である。
- ▶60歳以上の高齢者では術後，深部静脈血栓症に対する管理が必要である。
- ▶術後，社会サービス，リハビリ（PT，OT（occupational therapy））や栄養，薬剤管理を早期に専門家と相談する。家族に事前指示に関する情報を聴取し，これらを管理に組み込む。腎不全レベルをクレアチニンで把握する。薬剤管理に役立てる。
- ▶認識されていない認知症はせん妄発現の要因となる。皮膚バリアの破綻を防ぐ算段を講じる。

12. 放射線診断

【背景】

爆傷は多数傷病者に多発性外傷を生じる可能性のある事案である。医療機関で爆傷になれた医療従事者はほとんど存在せず，医療資源はすぐに枯渇する。他の外傷と異なり，患者数の数ならびに，複数の受傷機転による多発性外傷で，資源の再分配が必要となる。この観点から，放射線診断も院内の患者の評価ならびにトリアージの際の重要な鍵となっている。

【初期評価】

- ① 1次爆傷

この評価は肺ならびに消化管損傷に焦点が絞られる。一次肺損傷は肺胞出血と気胸による肺の透過性の変化で象徴される。そのため、呼吸器症状を呈している爆傷肺が疑われる症例ではまずは胸部 X 線撮影が施行されるべきである。腹膜炎の症状がなくても、消化管損傷に伴う free air の検出は重要で、通常の放射線診断より、CT 画像が検出に優れている。

② 2次爆傷

爆弾破片、爆弾に入れられた殺傷能力を高めた物質（螺子、釘、ナット、ボルト）により、穿通性外傷や鈍的外傷が生じ得る。X 線撮影は、基本的に異物通過路の診断に役立てることがあり、さらに別の診断方法を必要とする症例の選別に用いられる。体幹部 CT は循環動態が安定した症例での評価に有用である。緊急手術が不要な患者では CT は損傷の評価に用いられる。

③ 3次損傷

骨折の評価を主体に行われるが、胸部 X 線撮影では、気胸、血胸、肺挫傷、大動脈損傷の示唆に有用である。骨盤 X 線撮影は不安定骨折の評価に有用である。FAST も用いる。CT は外傷損傷の評価に有用である。

柳川 洋一

略語一覽

AAST	American Association of Surgery for Trauma
ACSCOT	American College of Surgeons Committee on Trauma
ATLS	Advanced Trauma life Support
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
CTA	CT angiography
EAST	The Eastern Association for the Surgery of Trauma
GSW	gunshot wound
ISS	Injury Severity Score
MDCT	Multidetector computed tomography
MDCT-A	Multidetector computed tomography with angiography
NTDB	national trauma data bank
REBOA/IABO	resuscitative endovascular balloon occlusion of the Aorta/intra-aortic balloon occlusion
SCIWORA	spinal cord injury without radiographic abnormality
SSI	Surgical site infections
SW	stab wound
TBSA	Total body surface area
VATS	video-assisted thoracic surgery
WTA	Western Trauma Association