

## ショックの治療 — 出血性ショック対策 —

金子 高太郎\*

### はじめに

重症腹部外傷などの外傷性出血性ショックでは、臓器血流量の維持と止血が救命の鍵となる。特に腹壁緊満を伴うショック患者は開腹と同時に心停止となる可能性があり、またかかる患者は低体温に由来する凝固障害や臓器血流不全のために術中死や不良の転帰を取ることが多い。これらは、外傷を治療するものにとっては基礎的な知識であるが、本邦において一般外科医は外傷外科医の教育を受けていない。すなわち彼らと行動を共にする麻酔科医も外傷学の基礎知識が欠落している。このため多くの避けられる外傷死 preventable trauma deathが生じていると考えられる。本稿では、このような重症外傷における知識を整理し、我々麻酔科医が為すべきことを明らかにしたい。

**Key words** : 外傷, ショック, 大動脈遮断, 低体温

### 胸部大動脈遮断

ショックと腹壁緊満を伴う腹腔内大量出血 (図1) においては緊急開腹止血手術が必要であるが、このような症例で準備無くいきなり開腹すると、腹壁緊満によるタンポナーデ効果が失われ、前負荷、後負荷が急速に低下することから心停止に至る危険がある。このため、開腹に先立って胸部大動脈遮断が推奨されている。遮断の方法には①左開胸下に胸部下行大動脈をクランプする方法<sup>1~3)</sup>、あるいは②大腿動脈からバルーンカテー

テルを挿入し胸部下行大動脈を一時的に遮断する方法<sup>4~7)</sup>などがある。この操作により脳血流、冠血流が確保され、また腹腔内への新たな出血を減少させることが期待される。バルーンカテーテルによる遮断に比べ、左開胸下に下行大動脈を鈍的に剥離しクランプをかける方法にはいくつかの欠点がある。手技的により高度である、侵襲がより大きい、体温低下に拍車をかける、鈍的剥離により前脊髄動脈の重要な枝が犠牲になる恐れがある、損傷されたいくつかの肋間動脈がショック離脱後に頑固な出血源となるなどである。

これらのことから我々はもっぱらバルーンカテーテルによる大動脈遮断を選択してきた。いずれにせよこのような手技の併用を余儀なくされる緊急開腹術の成績は従来不良である。この成績を改善するため我々はこの目的専用の大動脈遮断カテーテル (intra-aortic balloon occluder 以下 IABO : アイシンプロックバルーン™ : アイシシヒューマンシステムズ(株)) を作成した<sup>8,9)</sup> (図2)。この

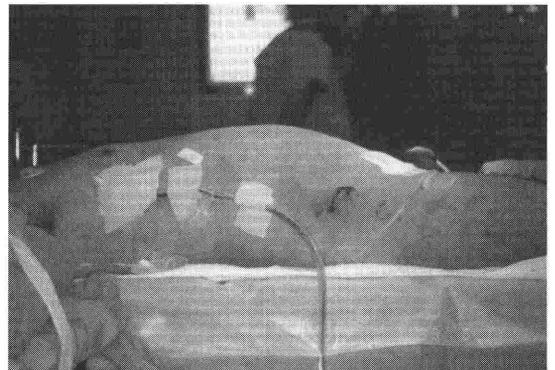


図1 ショックと腹壁緊満を伴う腹腔内大量出血症例

\*県立広島病院救命救急センター

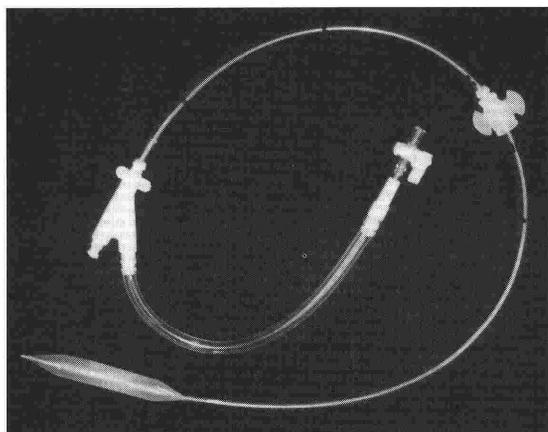


図2 アイシンブロックバルーン™ (アイシンヒューマンシステムズ社)

自作 IABO の最大の特徴は inflate と deflate を繰り返しても、半遮断状態としても押戻されない構造とし、総遮断時間の短縮を図ったことにある。この自作 IABO の治療効果を他者と文献的に比較考察した。

#### 対象および方法

1996年5月から2000年11月の4年6カ月間に県立広島病院救命救急センターに搬入された重症腹部外傷症例のうち、出血性ショックのため自作 IABO 挿入下に緊急開腹手術となった26例を対象とした。男性20例、女性6例。年齢18才～89才。受傷機転は交通事故21例、重量物の下敷4例、高所墜落1例であった。鋭的損傷症例はなかった。IABO の適応は腹部外傷により腹腔内大量出血をきたし、血圧維持のためロータリーポンプや注射器でのポンピングによる輸血、輸液を強いられるときとした。IABO の留置期間をできるだけ短くするため、手術室での挿入を原則としたが、搬入時すでに心停止が逼迫していた2症例では救急外来で挿入した。

IABO 挿入後も執刀までバルーンを inflate しないことを原則としたが、wide QRS や徐脈が出現するなど、心停止の逼迫と考えられたときは上半身の血圧維持のため必要な最小限の容量で inflate した。開腹後はおおまかな止血に成功したならばすみやかに deflate し、その後の術中においては必要な局面においてのみ inflate した。術後はすみやかに抜去した。この間、バルーン容量の管

理に専従する医師をおいた。

これら26例について転帰(救命、死亡)をわけた要因はなにかを Mann-Whitney の U 検定を用いて検討した。

#### 結 果

救命は16例、死亡は10例で救命率は61.5%であった。

年齢は救命群で平均39.4歳、死亡群で平均48.5歳で差はなかった ( $p=0.291$ )。

腹部外傷の開腹所見としては死亡群に下大静脈(IVC) 損傷が3例にみられたが救命群にはみられなかった。外傷重症度指標である injury severity score (ISS) は救命群で平均33.4、死亡群で41.1と差はなかった ( $p=0.216$ )。予測生存可能性 probability of survival (Ps) は救命群で平均0.65、死亡群で平均0.46と差はなかった ( $p=0.216$ )。死亡群中3例に abbreviated injury scale (AIS) 3以上の頭部外傷合併があったが救命群には無かった。

大動脈血流遮断時間が40分をこえた4例は全員救命できなかった。救命群の血流遮断時間は16例中13例が20分以内であり、40分を超えた症例はなかった。遮断解除後、生存群ではすみやかに尿量の増加をみたが術中死亡した10症例中4例では無尿であった。

#### 考 察

従来の報告によれば緊急開腹に先立ち胸部大動脈遮断を必要とする症例の救命率は17.8<sup>(10)</sup> - 56%<sup>(3)</sup>と不良である。これら従来の報告と比べて好成绩が得られた理由は次の2点ではないかと考えている。

##### 1) カテーテルの特性。

自作 IABO は従来の市販品 (Fogarty™, Percluder™, Meditech™) に無い以下の特徴を有する。IABP カテーテル用のイントロデューサーを用いて経皮的に挿入できること。血圧が回復しても、あるいは deflate しても押戻されないよう剛性の高いシャフトを用いたこと。バルーンはハイコンプライアンスとし低圧で完全遮断できるようにしたこと。バルーンを円筒状とし血管壁との接触面積を大きくしたこと。この4点である。

経皮的挿入は迅速かつ低侵襲のために重要な条

件である。重度外傷では救急外来で左大腿動脈を留置針で確保しておけば、いつでも IABO の挿入が直ちに可能である。また救命のためには、大動脈の完全遮断時間をできるだけ短くすることが重要である。そのため inflate, deflate の繰り返しや、半遮断が可能でなければならない。このような操作をおこなってもカテ先の位置が押戻されないよう、シャフトにある程度の腰の強さを持たせることが必須となる。さらに半遮断のためには balloon volume を微調整できるようハイコンプライアンスとする必要がある。ハイコンプライアンスであることはまた、バルーンの形状が円筒状であることと併せ、広い接触面積と低い閉塞圧での遮断を可能にしている。これは下行大動脈のサイズや形状を問わず安全確実に遮断できることを意味している。

著者らはこのカテーテルの特性を最大限に引き出すため IABO 留置中はバルーンの容量を管理する専従医師をおいている。専従医は術野と患者モニターと時計を見ながらバルーン容量を調節し、バルーン容量変更のたびに術者と麻酔医に報告する。専従医師をおくことは本手技を成功させる上で必須のことと考えている。

## 2) 応用基準が妥当

諸家の報告と比べ、我々の IABO 挿入の適応が妥当であったことも挙げられる。経皮的にしかも必要な局面でのみ短時間遮断するわれわれの方法は、開胸法や all or none の遮断しか行えない従来のカテーテル法と比べても低侵襲であることから、IABO を予防的に挿入することにあまり抵抗がない。今回の報告からは除外したが、IABO を挿入しても全く inflate しないことさえあった。我々は、出血性ショックのため緊急開腹手術となるすべての外傷症例に直ちに IABO を適応できる。

搬入時バイタルサイン（意識、呼吸、循環）に異常がある外傷症例は原則として救急外来において 18 G テフロン針にて左大腿動脈を確保する。これは直接動脈圧のモニターを可能とし、また血管造影が必要であれば速やかに施行できる。しかし、大腿動脈確保の最大の利点は、機を逸することなく IABO を実施できることである。IABO の実施を決断する局面においてはしばしば拍動が触知できない。このような状況に立ち至ってはじめて

て胸部大動脈遮断処置に取りかかるのでは手遅れである。従来の報告では大動脈遮断の適応を、脈拍触知不能、収縮期血圧 60 以下などとしているが、次の局面では心停止が逼迫する可能性があることを考慮していない。このことも従来の他家の成績不良の要因と考えられる。

われわれは IABO の挿入は原則として手術室搬入後に行うこととしている。清潔を期すことと、遮断時間を少しでも短くしたいからである。Milikan<sup>10)</sup> からも救急外来で大動脈遮断をおこなった症例の救命率が 28% であったのに対し、手術室搬入後に遮断した症例群では 31% であったことから手術室での遮断を推奨している。我々の 26 症例中脈拍触知不能となったため救急外来で IABO を挿入した 2 例においても遮断時間の累計が 40 分以上となり術中死した。

## 結 語

鈍的腹部外傷の緊急開腹手術 26 例にこのカテーテルを応用し 16 例を救命した。良好な成績が得られた要因は、自作カテーテルの特性とその応用基準が妥当であったものと考えられた。

## 低体温、Deadly triad と damage control 手術

重症肝外傷などの重症腹部外傷では、術前からの出血性ショックや術中の大量出血、低体温により、臓器の代謝不全が生じ、回復不能点を越えて患者は死亡する。この回復不能点の予兆として、Rotondo (1993) ら<sup>11)</sup> は、死の三徴 deadly triad を挙げている。34℃ 以下の低体温、pH 7.2 以下のアシドーシス、血液凝固障害である。救命のためには速やかにダメージコントロール damage control 手術に変更しなければならない<sup>12)</sup> とされる。

諸家の報告によれば、66% の患者が、既に救急外来搬入時に低体温 36℃ 以下であり、23% が 34℃ 以下の重度低体温とされている<sup>13)</sup>。また 57% の外傷患者が受傷から手術室退室までの間に 36℃ 以下の低体温になり<sup>14)</sup>、ISS 25 以上で 32℃ 以下になった患者はすべて死亡する<sup>13)</sup> と言われている。すなわち、すでに低体温で搬入された重症外傷患者は、環境温度下に衣服を裁断され、室温輸液・4℃ 冷蔵保存血の急速投与を受け、開腹開胸操作により一層体温が低下するのである。このためプレホスピタルレベルから体温を意識した管理が必要であ

る。

体温管理のための戦略

県立広島病院救命救急センターでは、低体温の予防のために初療レベルから積極的に体温管理を行っている<sup>15,16</sup>。従来の方法（手術室入室後から温水マット、温風式加温装置・40℃恒温槽で保温した輸液・コイル式輸血輸液加温器）に加えて、初療室天井に設置した遠赤外線ラジアントウオーマー・電子調理器で加温した輸液・37℃輸血が毎分500 mLで可能な高性能輸血加温器（システム1000™，レベル1社）（図3）を用いている。

これらの体温保持戦略の妥当性を検討した。

対象と方法

出血性ショックを理由に緊急開腹手術を行い2000mL以上の輸血が必要であった腹部外傷患者14例を対象として、週及的に積極的な体温管理を導

入する以前の症例を対照（A群）とし導入後の6例（B群）の体温保持効果について統計学的に検討した。有意差5%で検定した。

結果（図4）

交通外傷などの鈍的外傷による重症Ⅲ型肝損傷や腸間膜損傷が多く見られた。年齢や外傷重症度指数のISS，Psでは両群に差はなかった。

搬入時の環境温度を広島地方気象台のデータで検討したが差はなかった（ $p=0.27$ ）。

手術室入室時の体温は、B群で高かった（36.0℃）（ $p=0.064$ ）。単位輸液量あたり（ $p=0.056$ ）や単位輸血量あたりの体温低下（ $p=0.0067$ ）は、B群では見られなかった。さらに輸血開始後の体温変化で見ると、A群では入室時すでに低体温（35.2℃）であるが、時間経過とともにさらに体温が低下するのに対して、B群では体温低下は見られず、むしろ90分以降上昇した。

他の deadly triad の因子としてBE，pHの変化を調べた。B群のほうがBEで示される代謝性アシドーシスが改善する率が高い傾向にあったが、差はなかった。

考察

ヒトを含め恒温動物では、体温低下が起こると筋肉のシバリング（震え）によりエネルギーを産生し体温を保とうとする生理的反射が起きる。こ

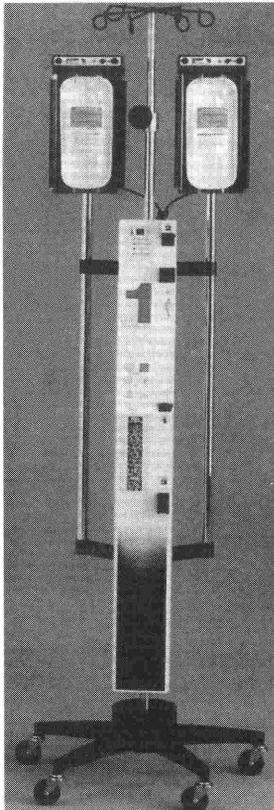


図3 高性能高速輸血加温輸血装置 レベル1000™（レベル1社）

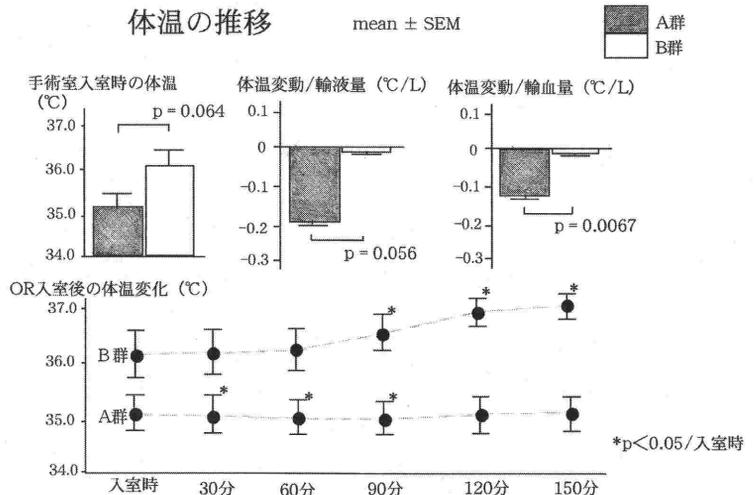


図4 術中体温変動

の時に、消費するエネルギー量は正常代謝の10倍以上にもなるといわれている。更に低体温が進展すると、酸素解離曲線の左方移動（末梢循環でヘモグロビンは酸素を放出しにくくなる）、凝固因子や血小板の機能低下による出血傾向、乳酸やクエン酸代謝の低下によるアシドーシス、電解質異常、不整脈、心収縮力の低下が起これ、末梢での酸素需給バランスは更に悪化する悪循環となる。意識レベルの低下も生じる。外傷患者では循環血液量低下と心機能低下による重大なショックとなり止血機構が破綻し死に至る。

1993年に Rotondo が提唱した deadly triad に対し、呼吸性に影響を受ける pH よりも、ショック患者の cellular perfusion や oxygen debt の状態をより正確に反映する指標として B.E. を用いるほうがよいとする意見や出血傾向のより具体的な指標として PT などを用いることが奨められている。1998年に葛西ら<sup>17)</sup>は重症肝損傷の自験例に基づき、新しい triad として回帰曲線から算出される50%死亡率を用いて、34℃以下の低体温、B.E.-10 mmol/L以下、PT 16秒以上を提唱した。

我々の体温保持戦略を用いれば容易に体温は低下しないことが分かったが、これは単純にショックを回避することや deadly triad への移行を食い止めることと同義ではない。本来の目的は、体温を維持しながら必要な手術操作を行い止血を完了しショックから離脱することである。いたずらに手術時間を遷延させ、凝固因子を枯渇させ、あぐくの果ての出血死を避けることは外傷にかかわる外科医と麻酔科医にとって使命である。彼らはチームとして手術の先を見極め、勇気ある撤退 damage control、更に生還へと患者を導かなければならない。

## 結 語

腹部外傷による出血性ショック患者において、初療室からの積極的体温管理戦略は有用である。

## 文 献

- 1) Sankaran S, Lucas C, Walt A : Thoracic aortic clamping for prophylaxis against sudden cardiac arrest during laparotomy for acute massive hemoperitoneum. *J Trauma* 15 : 290-296, 1975
- 2) Ledgerwood A, Kazmers M, Lucas C : The role of thoracic aortic occlusion for massive hemoperitoneum. *J Trauma* 16 : 610-615, 1976
- 3) 大友康裕, 辺見 弘, 山本保博ら : 超大量腹腔内出血に対する胸部大動脈遮断の有用性. *日外傷研会誌* 3 : 133-138, 1989
- 4) Hyde GL, Sullivan DM : Fogarty catheter tamponade of ruptured abdominal aortic aneurysms. *Surg Gynecol Obstet* 154 : 197-1992, 1982
- 5) Edwards WS, Salter PP, Carnaggio VA : Intra luminal aortic occlusion as a possible mechanism for controlling massive intra-abdominal hemorrhage. *Surg Forum* 4 : 496-499, 1953
- 6) Low RB, Longmore W, Rubinstein R, et al : Preliminary report on the use of the Percluter(TM) occluding aortic balloon in human beings. *Ann Emerg Med* 15 : 1466-1469, 1986
- 7) Mahoney BD, Gerdes D, Roller B, et al : Aortic compressor for aortic occlusion in hemorrhagic shock. *Ann Emerg Med* 13 : 29-34, 1984
- 8) 加藤節司, 石原 晋, 大澤恭浩ら : 下行大動脈遮断カテーテルの試作 ; 鈍的腹部外傷の出血制御. *日外傷研会誌* 8 : 183, 1994
- 9) 石原 晋, 加藤節司 : 動脈遮断バルーンカテーテル. *救急医学* 19 : 1222-1223, 1995
- 10) Millikan JS, Moore EE : Outcome of resuscitative thoracotomy and descending aortic occlusion performed in the operating room. *J Trauma* 24 : 387-392, 1984
- 11) Rotondo MF, Schwab CW, McGonigal MD, et al : "Damage control"; An approach for improved survival in exsanguinating penetrating abdominal injury. *J Trauma* 35 : 375, 1993
- 12) Feliciano DV, Moore EE, Mattox KL : Damage control and alternate wound closures in abdominal trauma. Feliciano DV, Moore EE, Mattox KL, eds, *Trauma*. 3rd ed, Appleton & Lange, Stamford CT, 1995, pp 717-732
- 13) Jurkovich GJ, Greiser WB, Luteran A, et al : Hypothermia in trauma victims: an ominous predictor of survival. *J Trauma* 27 : 1019-1024, 1987
- 14) Gregory JS, Flancbaum L, Townsend MC, et al : Incidence and timing of hypothermia in trauma patients undergoing operations. *J Trauma* 31 : 795-798, 1991
- 15) 金子高太郎, 新井正康, 右田貴子ら : 外傷性出血性ショックにおける体温保持のための戦略. *日外傷会誌* 13 : 131, 1999
- 16) 石原 晋編 : 実践外傷初療学 生死を分ける最初の1時間. 永井書店, 2000
- 17) 葛西 猛, 木庭雄至, 亀井陽一ら : 重症型肝損傷における deadly triad の再検討. *日外傷会誌* 12 : 149S, 1998