

## 2020 オリンピック・パラリンピックコンソーシアム 整形外科 mass casualty incidents (MCI) 院内対応

重度四肢損傷（銃創・爆傷を含む）への対応とターニケット使用について<sup>1)</sup>

（はじめに）

事故やテロの現場において、生命を脅かす大きな原因の一つは出血であり、局所圧迫にて十分な止血が得られない場合は四肢ターニケットが装着されて搬入される。米国外科学会外傷委員会によるガイドラインに基づき、本邦においても救命救急士が用いる JPTEC ガイドブック<sup>2)</sup>では、「医療機関に到着するまで、ターニケットは緩めない（2時間までは許容される）。ただし、阻血時間を短くするため、早期搬送に努める。」と記載されている。オリンピック・パラリンピックを迎えるにあたり、多数傷病者が発生した場合(MCI)には日頃救急医療に携わらない整形外科医も初期診療に参画する必要が生じる。現場で適切に装着されたターニケットによって生存搬入された患者を、病院での不適切な対応によって失うことは、あってはならない。平時には、自施設で対応困難な症例は転送を考慮するが、MCI の場合には周囲の収容可能施設も同様の症例に対応していることが予想されるため、その受け入れの準備をしておく必要がある。外傷学会から出された指針は既に示されている<sup>3)</sup>が、ここで重度四肢損傷（銃創・爆傷を含む）への対応とターニケット使用について再度解説する。

（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<sup>3,4)</sup>。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搬入された場合には、被災現場で相応の出血があったと考え Hard sign 陽性症例として扱う。

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<sup>5)</sup>。

（血管損傷の画像所見）

血管損傷の画像所見として、以前は定型的血管造影が行われていたが、現在本邦においては侵襲と迅速さの観点から造影 CT を用いた CT 血管造影法 (CT Angiography: CTA) が用いられることが多い。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<sup>3)</sup>。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<sup>6)</sup>。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 Ankle-Brachial index (ABI) を計測する<sup>3,6)</sup>。血管攣縮と判断された場合には血管損傷はなしとする。

#### (ターニケットの使用)

局所圧迫でも活動性出血をコントロール出来ない場合には出血部位の近位にターニケット (エスマルヒ駆血帯もしくは空気止血帯) を使用する<sup>3,5)</sup>。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。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搬入された場合には、搬入時にまずターニケットの装着時間とその時の状況を聴取するとともに、その止血効果を確認する。止血が不十分と判断した場合は、追加のターニケットを装着する。

#### (ターニケットの解除)

ターニケット解除の最初の手順は、圧力調整可能な空気止血帯への交換である。救急外来に空気止血帯が無ければ、迅速に手術室から搬入もしくは手術室に移動する。ターニケット解除を開始するには、末梢静脈路を確保できていること (出来るだけ太く、2 本以上が望ましい)、輸血・輸液の準備が来ているもしくは開始していること、JATEC のアプローチ<sup>7)</sup>に従って primary survey (出来れば損傷部位以外の secondary survey) が終了していること、虚血再灌流による急激な心停止 (高カリウム血症による) への準備 (嚴重な心電図モニター、除細動器および薬剤) ができていること、血管を展開出来る人 (縫合・再建の出来る人が望ましい) および血管確保・止血の出来る物 (血管クランプ等) がそろっている必要がある。上記を鑑みると、手術室、もしくはそれに準ずる環境でターニケットを解除することが望ましい。

#### (血行再建の手術)

末梢の阻血を伴う損傷の場合には即時に血行再建の手術が必要である。銃創・爆傷は汚染創であるため感染率が高い<sup>8)</sup>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。阻血時間短縮のため、血管損傷のある症例には原則全例に temporary vascular shunt tubes (TVSTs) 使用を考慮する<sup>3,4,9)</sup>。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。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<sup>10)</sup>。

末梢の阻血を伴わないと判断する場合には、ターニケットより遠位で損傷部

位より近位に正常部位があればその部位で血管束を同定し、血管クランプをかけられるようにして、損傷部位を展開し損傷血管を同定しクランプする。その後ターニケットを解除し、損傷部位からの動静脈出血を確認する。同時に末梢の血流を確認し、問題ないと判断した後に損傷血管を結紮もしくは再建する。

#### (銃創・爆傷の手術)

銃創・爆傷による損傷の場合には、原則汚染創であると考え<sup>9)</sup>手術室で十分なデブリードマンを行う。弾丸は全てを取り除くことを目指すが、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全て取り除く<sup>9)</sup>。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期的に行ってもよい。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<sup>4)</sup>。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(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。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等の発生等に注意しながら術後 ICU 管理を行うことが望ましい<sup>3,6)</sup>。

#### (まとめ)

以上、血管損傷を伴う重度四肢損傷 (銃創・爆傷を含む) への対応とターニケット使用について解説した。通常自施設で対応困難な症例は転送を考慮できるが、MCI の場合には周囲の収容可能施設も同様の症例に対応していることが予想されるため、知識と設備を整理してオリンピック・パラリンピックに備える必要がある。

- 1) 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：銃創・爆傷患者治療指針. 日本外傷学会雑誌. 2018;32(3):1-63
- 2) 一般社団法人 JPTEC 協議会. JPTEC ガイドブック第 2 版補訂版、東京、へるす出版、2020.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) Mavrogenis AF, et al: Vascular injury in orthopedic trauma. Orthopedics. 2016; 39: 249-259.
- 6) Ivatury RR, et al; Penetrating extremity trauma. World J Surg 39: 1389–1396, 2015.
- 7) 一般社団法人日本外傷学会. 外傷初期診療ガイドライン JATEC 改訂第 5 版、日本外傷学会外傷初期診療ガイドライン改訂第 5 版編集委員会、東京、へるす出版、2016.

- 8) Dougherty PJ, et al: "Gunshot and wartime injuries" Rockwood and Green's Fractures in adults 8th ed. Philadelphia PA: Wolters Kluwer Health, p397-426.
- 9) Halvorson JJ, et al; Vascular injury associated with extremity trauma: Initial diagnosis and management. J Am Acad Orthop Surg. 2011;19: 495-504.
- 10) 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.