

(1)止血帯関連論文

**Rethinking limb tourniquet conversion in the prehospital environment(2023)**

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10662576/>

病院前環境における四肢止血帯の変換を再考する

(内容抜粋)

TQ は比較的軽度の傷に止血帯が適用されている。軍人の最大 49%、民間人の四肢の止血帯の 53% は、(後から考えると)必要がなかった可能性がある。たとえ適応がないと判断された場合でも、2 時間未満の止血帯の使用は安全であることが証明されている。止血帯を 2 時間以上装着したままにすると、重大な虚血性損傷が発生する危険がある。また止血帯の使用時間が 6 時間未満の場合は、TC または TR を試みる必要がある。一方、止血帯を 6 時間以上使用した場合は、四肢切断の必要性が高まるため、そのままにしておく必要がある。ショック状態が続いている患者には TC を試みるべきではないことに注意する。

TC:できるだけ早く安全に TQ を止血圧迫包帯に変換する

TR:救急治療中に「高くしっかりと」配置された TQ を、生命を脅かす出血部位から 2 ~ 3 インチ上に配置された新しい TQ と交換する

ウクライナでは長期にわたる避難期間に耐えており、戦場での医療従事者の減少と相まって、入院前の時間が長期化した場合に誰が TC/TR の訓練を受けられるか、誰が訓練を受けるべきかという問題に注目が集まっている。

生命を脅かす出血とは

(1) 四肢の傷からの拍動性または定常的な出血。(2) 地面に血が溜まっている。(3) 上に着ていた服が血で染まっている。(4) 傷を覆うために使用される包帯やその場しのぎの包帯は効果がなく、どんどん血液が染み込んでいく。(5) 外傷性四肢切断。(6) 以前に四肢の出血があり、患者は現在ショック状態(意識不明、混乱、青ざめ)といったもの。

出血は戦場で予防可能な死因の第 1 位であり、負傷者の出血による死亡を防ぐことに引き続き重点が置かれるべきである。誰が止血帯を必要とするか、どこで止血帯を交換するか、どのように止血帯を交換するかについての訓練はすべて同様に重要であり、適切な訓練を伴って実施されない場合、死傷者が四肢の虚血/切断という罹患率に苦しむのではなく、失血死する可能性がある。ウクライナでは搬送時間が長い患者に対する TQ ガイダンスを再検討し、民間および軍の病院前の医療概念を知らせる必要がある。止血帯を装着する訓練を受けたすべての人は、TQ を安全に変換または交換できるように訓練されている必要がある。

「Rethinking limb tourniquet conversion in the prehospital environment(2023)」を受け、CAT Resources からの回答は、以下の通り。日本語訳の後、英語原文を表示いたします。

#### ■CAT Resources 回答（日本語訳）

会議からのフィードバックは、IFUに記載されている標準使用ガイドラインを参照してもらい、ということでした。下記をご覧ください：

C-A-T ターニケットの使用目的は、大量出血を伴う外傷の際に四肢の血流を遮断することです。C-A-T ターニケットの臨床上的利点は、生命を脅かす出血を抑制し、出血量を少なくすることです。

C-A-T ターニケットの使用者は、軍務のガイドライン、救急当局の指示、または医師の監督のもとで、この使用説明書を厳守して使用してください。

C-A-T ターニケットの使用対象者は、上肢または下肢に大量出血があり、生命に危険があり、他の方法では止血できない人です。

C-A-T ターニケットの最大使用周長は 35 インチ（88.9 cm）です。

止血帯を 2 時間以上使用すると、神経や筋肉に永久的な損傷を与える可能性があります。

状況により、出血箇所を確認できない場合、または確認に時間がかかる場合は、C-A-T ターニケットを衣服の上から腕または脚のできるだけ高い位置に装着すると効果的です。

C-A-T ターニケットは、衣服内の固形物の上に装着してはいけません。

状況が許し次第、負傷した手足を評価し、C-A-T ターニケットを負傷部位の 2~3 インチ上の皮膚に直接再配置してください。

C-A-T ターニケットは直射日光を避け、涼しく乾燥した場所に保管してください。

この単回使用器具を再使用すると、感染の危険性があります。使用済みの C-A-T ターニケットは、生物医学廃棄物に関する地域の規制に従って廃棄してください。

C-A-T ターニケットに関連するすべての重大な事故は、製造者および適切な規制当局に報告してください。

とはいえ、プレホスピタルで使用される止血帯の数は増えてきており、その多くは最終的には使用する必要はないものです（しかし、すぐに判断できるわけではありません）。

四肢喪失などの合併症が記録されている唯一の地域はウクライナで、必要ない四肢に止血帯が適用され、長時間（6 時間以上）放置された場合に発生します。米国では、このようなことが起こっているのを見たことがありません。

止血帯の交換と交換は、間違いなく、プレホスピタルの有資格者に教えるべき技術です。

基本的に、プレホスピタルでは止血帯を装着し続けるべきですが、できるだけ早く再評価を行い、適切であれば交換または転換すべきです。

■ CAT Resources 回答 (原文)

The feedback from the meeting was to have them refer to our STANDARD USE GUIDELINES located on the IFU; please see below:

Intended Use of the Combat Application Tourniquet® (C-A-T®) is to occlude blood flow of an extremity in the event of a traumatic wound with significant hemorrhage.

Clinical benefit of the C-A-T® is the control of a life-threatening bleed which results in less blood loss. Intended user of the C-A-T®, should only be used as directed by user's military service component guidelines, EMS authority, or under the supervision of a physician, and in strict compliance with these Instructions for Use.

Target population for the C-A-T® is anyone with major bleeding to the upper or lower extremities, which is life threatening and cannot be stopped otherwise.

The C-A-T® has a Maximum Operating Circumference of 35in (88.9cm).

The use of any tourniquet for longer than 2 hours may lead to permanent neurological or muscular damage.

If you cannot be sure or cannot take the additional time to examine where the bleeding is coming from based on the situation, the C-A-T® can be effectively applied over clothing as high on the arm or leg as possible.

The C-A-T® must NOT be applied over solid objects within the clothing. As soon as the situation permits, the injured limb should be evaluated and the C-A-T® re-positioned 2"-3" above the injury directly to the skin.

The C-A-T® should be stored in a cool, dry place away from direct sunlight.

Re-use of this single use device may introduce risk of infection. Dispose of used C-A-T® in accordance with local regulations for biomedical waste.

Please report all serious incidents in relation to the C-A-T® to the manufacturer and appropriate regulatory authority.

That said, there have been more TQs being applied prehospital and many of these do not, ultimately, need to be on (but you can't always tell right away).

The only area with documented complications like limb loss is in Ukraine when they are applied to limbs that don't need them and the left in place for PROLONGED periods of time (>6hours); we have not seen this happening in the US.

Tourniquet replacement and conversion is definitely a skill that should be taught prehospital to QUALIFIED individuals.

Basically, we should continue to place TQs prehospital but reassess as soon as possible and then replace or convert if appropriate.

## (2) 止血帯関連論文

ドクターヘリにおけるターニケットの適応に関する検討(2020)

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/ijast/advpub/0/advpub\\_34.4\\_05/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/ijast/advpub/0/advpub_34.4_05/_pdf)

(内容抜粋)

ターニケットは救命率の向上や輸血量減少に寄与し、かつ合併症も少なく安全であることが報告されており、近年ではテロ対策としてもターニケットに注目が集まり、その使用頻度は増えている。四肢外傷に対する止血帯の適応は、外傷性切断や血管損傷がある場合とされるが、病院前診療で血管損傷の有無を評価することは容易ではない。本研究はドクターヘリ(以下、DH)における止血帯の適応を明らかにすることを目的とした。

方法: DH で止血帯を使用せず病院搬入後に止血帯を使用した症例(2012年4月から2020年2月まで)、病院搬入時の創部出血の有無で搬入時出血群と搬入時止血群の2群にわけ、救急車内でのバイタルサイン等を比較した。体幹部外傷合併症例は除外した。

結果: DH で止血帯を使用せず病院搬入した12例のうち6例で搬入時に創部出血を認めた。搬入時出血群は、搬入時止血群と比較し、救急車内での shock index(ショック指数=出血性ショック)(以下、SI)が有意に高く(1.40 vs.0.76(p=0.03)(カットオフ値 1))、全例に血管損傷を認めた。

結語: 救急車内で  $SI \geq 1$  の四肢外傷症例は血管損傷がある可能性が高く、DH で止血帯使用を考慮する必要がある。ターニケットに伴う有害事象は、先行研究と同様、本研究でも認めなかった。現場滞在時間についても、先行研究と同様にターニケット使用による現場滞在時間の延長は認めず、かつ5分と短い現場滞在時間を維持できていた。またターニケットは2時間以内の使用では合併症は増加しないとの報告があるが、ドクターヘリから継続してターニケットを使用しても使用時間は80分程度であった。ターニケットペインについても必要症例には鎮痛薬が使用出来ており、ドクターヘリでの積極的なターニケット使用を妨げる問題点は認めなかった。

救急車内で shock index が1以上である四肢外傷症例は、血管損傷があり圧迫では止血が不十分になる可能性が高いため、一時止血が得られていても、ドクターヘリ搬送時はターニケット使用を考慮する必要がある。

### (3) 止血帯論文

Tourniquet Pressure: The Effect of Pneumatic Tourniquet Cuff Widths on Tourniquet Pressure Measurement

ボランティア研究における止血帯の痛み: カフの幅と圧力の変化の影響(2000)

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10594429/>

#### (内容抜粋)

止血帯の圧力測定における幅の影響についての研究。異なる幅の止血帯を使用した場合の圧力測定の違いを調査した。

研究は、25 人の被験者を対象にし、それぞれの被験者に異なる幅の止血帯を適用して、止血帯の圧力を測定。被験者は、標準的な 25mm 幅の止血帯と、40mm および 75mm の幅の止血帯を使用。それぞれの幅の止血帯について、同じ圧力が得られるまで調整された。

結果として、止血帯の幅が異なる場合でも、同じ圧力が得られることが示された。具体的には、幅が広い止血帯の方が同じ圧力を得るためには、より低い圧力を設定する必要があった。これは、幅が広い止血帯がより広い範囲の皮膚に圧力を分散するためであり、幅が狭い止血帯よりも圧力が均一になる可能性があることを示唆している。

この研究の結果は、止血帯の幅が圧力測定に与える影響を理解する上で重要であり、止血帯の正確な圧力管理に貢献している。

## 止血帯の圧迫についての調査(2024.4)

オーストリッチインターナショナル 堀田

止血帯が応急処置として使用される場合は、出血を止めるために必要な最小限の圧力を適用することが推奨される。これは、出血および末梢の脈拍が消失するまで緊縛することを意味する。

止血帯の使用は、適切な訓練を受けた専門家によって行われるべきであり、止血時間および適用部位を明確に記載する必要がある。また、長時間の使用は組織への影響やクラッシュ症候群などのリスクがあるため、注意が必要。

### クラッシュ症候群

がれきなど重いものに腰や腕、腿(もも)などが長時間挟まれ、その後圧迫から解放されたときに起こる。筋肉が圧迫されると、筋肉細胞が障害・壊死を起こす。それに伴ってミオグロビン(たん白質)やカリウムといった物質が血中に混じると毒性の高い物質が蓄積されてしまう。その後救助される時に圧迫されていた部分が解放されると、血流を通じて毒素が急激に全身へ広がり、心臓の機能を悪化させて死に至る場合が多い。たとえ一命をとりとめたとしても、その後腎臓にもダメージを受け、腎不全で亡くなってしまう場合もある。

止血帯の適切な圧力に関するエビデンスとしては、以下のようなガイドラインや研究がある。

#### 1. 米国外科学会外傷ガイドライン(2018)

- 動脈を止血するには収縮期血圧の 1.5-2 倍の圧力が推奨されている
- 静脈止血には収縮期血圧+50-80 mmHg が推奨されている

#### 2. 欧州外傷ガイドライン(2018)

- 成人の場合、320-520 mmHg の圧力が推奨されている

#### 3. Kragh et al. の研究(2009 年、軍医学雑誌)

- 最適圧は収縮期血圧の 1.7 倍付近であることが示唆された

#### 4. Kue et al.の研究(2015 年、災害医療雑誌)

- 収縮期血圧の 1.5-2 倍の圧力でほとんどの動脈が閉塞することが報告された

これらのガイドラインや研究から、動脈止血には収縮期血圧の 1.5-2 倍、静脈止血には収縮期血圧+50-80mmHg が一般的な目安と考えられる。ただし、個人差が大きいため、止血効果を確認しながら適切に調節する必要があるとされる。

以上