令和６年度一般財団法人 救急振興財団 調査研究事業助成

活動性出血に対する効果的な止血手技修得のための出血モデルとVRを組み合わせた止血シミュレーションプログラムの開発研究

令和 7 年 10 月 20 日

代表研究者
日本医科大学武蔵小杉病院　救命救急科
井上　潤一

共同研究者
日本医科大学武蔵小杉病院　救命救急科
萩原　鈴香、大嶽　康介

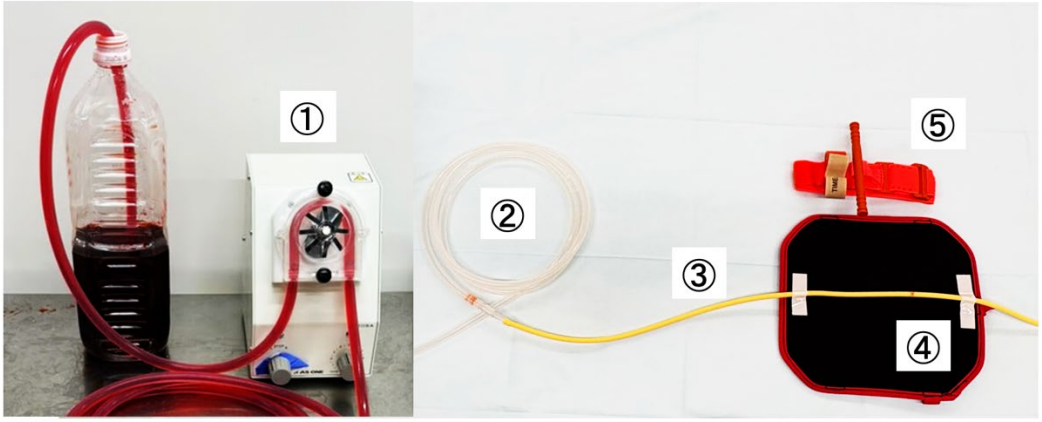
東京慈恵会医科大学　救急災害医学講座
渡邉　顕弘、田上　隆

日本体育大学大学院保健医療学研究科
鈴木　健介、小川　理郎

株式会社　減災ソリューションズ
加古　嘉信

【目次】

1.　背景　2
2.　目的　3
3.　結果　4
A. 作成、測定　4
1) 半自動活動性出血回路の作成　4
2) 訓練モデルの作成　5
3) 活動性出血モデルを用いた止血訓練とVRシミュレーションプログラム　8
4) 圧測定　11
B.作成物の評価 -　11
1) 半自動活動性出血回路と訓練モデル　11
2) VRシミュレーションシナリオ　13
4.　考察　14
5.　結語　16
6.　謝辞
付. 参考文献　17
講義資料　18



活動性出血回路　全容

①ローラーポンプ　②チューブ　③小児用駆血帯　④プロテクター　⑤ターニケット

z

訓練モデル（回路装着後）　　活動性出血

【1．背景】

ターニケット（止血帯）は、外傷における四肢大量出血の救命手技として国際的に標準化された止血法であり、わが国の救急現場にも導入されてからすでに7年が経過している。しかしながら、適切に使用することは意外と難しく、直接圧迫のみで止血可能な創に使用され疼痛や組織侵襲を与えている例、また逆に締め付けが不十分で静脈うっ滞のみを生じ止血効果を得られない例も少なくない。

この背景には、わが国ではターニケットの適応となる穿通性血管外傷そのものの頻度が欧米に比して極めて少なく、活動性出血を経験する機会が限られていることが挙げられる。加えて教育を担う指導者側にも同様の経験不足が存在し、理論的知識と実技教育の間に乖離が生じている可能性がある。さらに止血手技を実践的に修得するための適切な訓練機器がないことも影響している。市販トレーニング機器は輸入品で一台50万円以上と高額であり、なおかつ拍動性出血を再現できる機構を備えた製品はほとんど存在しない。このようなコスト面と再現性の制約が、救急現場での止血教育の普及を阻害している。

これらの課題を解決するために我々は既存のマネキンや身近にある物品を組み合わせた活動性出血コントロールモデルを試作してきた。このモデルでは活動性出血を手動で模したため、出血量が一定化しない点や作動時間が短いなどの課題があった。

本研究ではこれをさらに改良し半自動的に活動性出血を再現する訓練モデルを作成することと、さらに仮想現実（Virtual Reality；VR）と組み合わせることでその効果を高めるシミュレーションプログラムを開発することとした（図1）。

図1．先行研究に基づく本研究の概要

【２．目的】

1)　実際の活動性出血に近似した「半自動活動性出血回路」の作成

拍動性に出血し、これを止血するまでの一連の処置を実施可能な形にする。

消防本部、消防学校、医療機関等で利用できるよう、コストを抑え反復再現可能なものとする。

2)　上記回路を用いた活動性出血訓練モデルの作成

3)　VR を用いた止血シミュレーションプログラムの作成

活動性出血訓練モデルを用いた止血手技を 360 度カメラで撮影・編集し、VR を用いてシナリオベースで修得するシュミレーションプログラムを作成する。

4)　ターニケットの“締め圧（遮断圧）”の数値化

締め圧を測定し数値として示すことで、適切な遮断圧を客観的に把握できるようにする。

【３．結果】

A.　作成、測定

1）　半自動活動性出血回路の作成

モデルの核となる半自動活動性出血はローラーポンプで再現することとした。ポンプ性能として大腿動脈損傷における出血量の目安 700mL/分を駆出できるものを選択した（アズワン TP-20SA)。

模擬血管は伸縮性と駆出容量からゴム製小児用駆血帯が適していた（外径 4~6mm ×長さ 1000mm)。これは静脈穿刺訓練用のゴム管でも代用可能である。

ポンプ用チューブはチューブ径が太くなると駆出量が多くなり、ターニケットで遮断した際に模擬血管とチューブに液体が過剰に貯留しその接続部で弾けることが判明し、細径チューブ(内径 6mm×外形 9mm)を選択した（図 2，表 1)。

図2. 使用物品

表1. 機器・物品　仕様一覧

	品名	型番・仕様	URL （2025/10/20現在）
①	ローラーポンプ	アズワン TP-20SA	https://axel-search.as-1.co.jp/asone/description/d/2-7870-02/?_fsi=xbAtEHei
②	シリコンチューブ	（内径×外径） φ6mm×φ9mm	https://axel.as-1.co.jp/asone/d/6-586-21/#review
③	小児用駆血帯	（外径×長さ） φ4mm×1000mm	https://axel.as-1.co.jp/asone/d/8-821-16/
④	太もも プロテクター	MANO規格 LPG-28	https://item.rakuten.co.jp/manokikaku/lpg-28/
⑤	パイプ用保護クッション		
⑥	消しゴム		
⑦	凝縮模擬血液	3Bサイエンティフィック	https://www.3bs.jp/simulator/injection/xp110.htm?srsltid=AfmBOoo9S3Y8swNvMfJvIeQV9C2McJWzeaY7_1oP5uLfzmT4k-Yqg4h1
⑧	ターニケット	・C-A-Tターニケット Gen7 ・SWAT-Tターニケット WHH-SWTB-10	https://www.ostrich.co.jp/products/3234/ https://wako-shoji.com/archives/21857
⑨	レインパンツ	100円ショップ	

2） 訓練モデルの作成

訓練モデルの模擬肢としては当初発泡スチロール円柱や EVA（エチレンビニルアセテート）フロート、塩ビパイプ、木材等を想定していたが、固定性が得られないこと、ターニケットの装着手技だけの訓練にしかならないこと、なにより今回のモデルで最も重要なリアリティに欠けることからこれを変更、生体模擬傷病者に回路を装着する方針とした。その際最も問題になるのはターニケット遮断時の圧による模擬傷病者の疼痛、皮膚障害、神経・血管損傷である。これらを予防するためバスタオル、サポーター、スポンジ等をあてることを試みたが、柔らかいと圧を逃がせず血流遮断もできないことが判明。模擬血管の下はある程度の硬さが必要でかつ肢の保護ができるものを検討した。その結果、下肢に大腿保護用のブリキ製プロテクターを巻き、その上に模擬血管を這わせることで両方の要件を満たすことができた。回路全景（図３）、セッティングの詳細（図４）、模擬傷病者に装着した状態（図５， ６）、活動性出血の状態（図７）を示す。

＊動画 URL ： https://youtu.be/Xcwfwg7FUZw?si=eZh4Bgw1s25GdLqT）

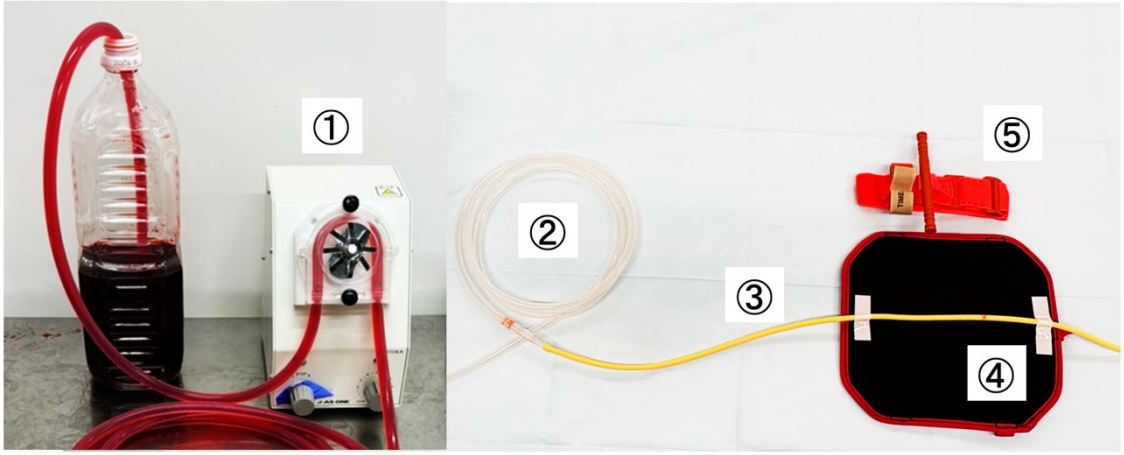


図3. 回路全景

①ローラーポンプ　②チューブ　③小児用駆血帯　④プロテクター　⑤ターニケット
小児用駆血帯の末端は結んで閉塞させる。
血管損傷部に約5mmの小孔を開ける。辺縁をなるべくシャープに切ることが出血を垂直方向に飛ばすコツである。

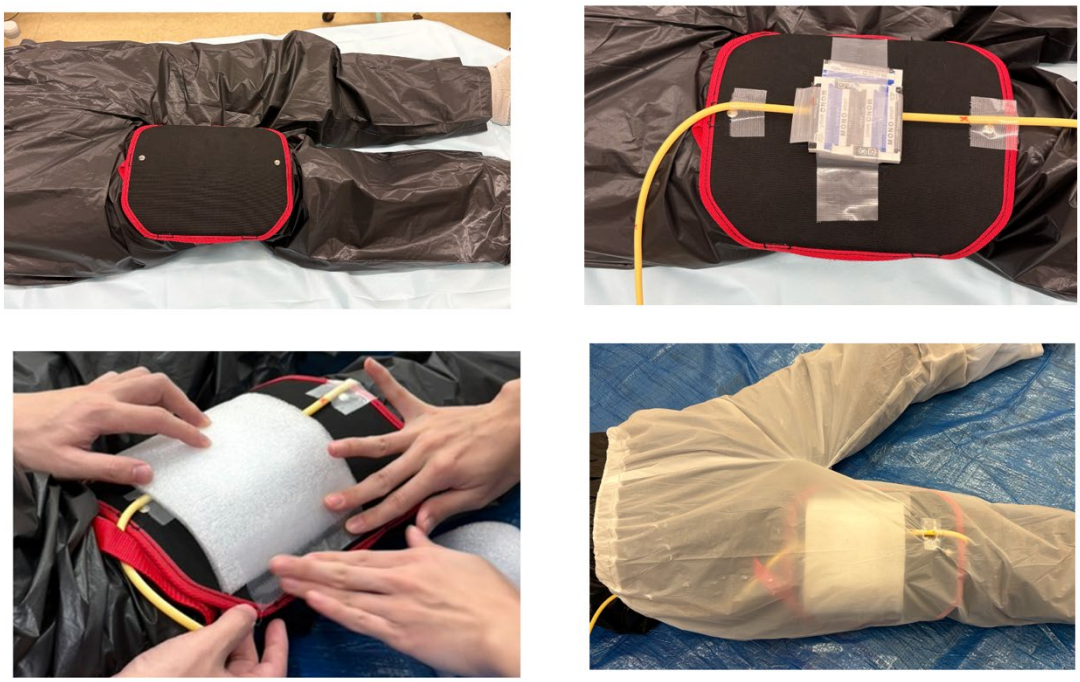
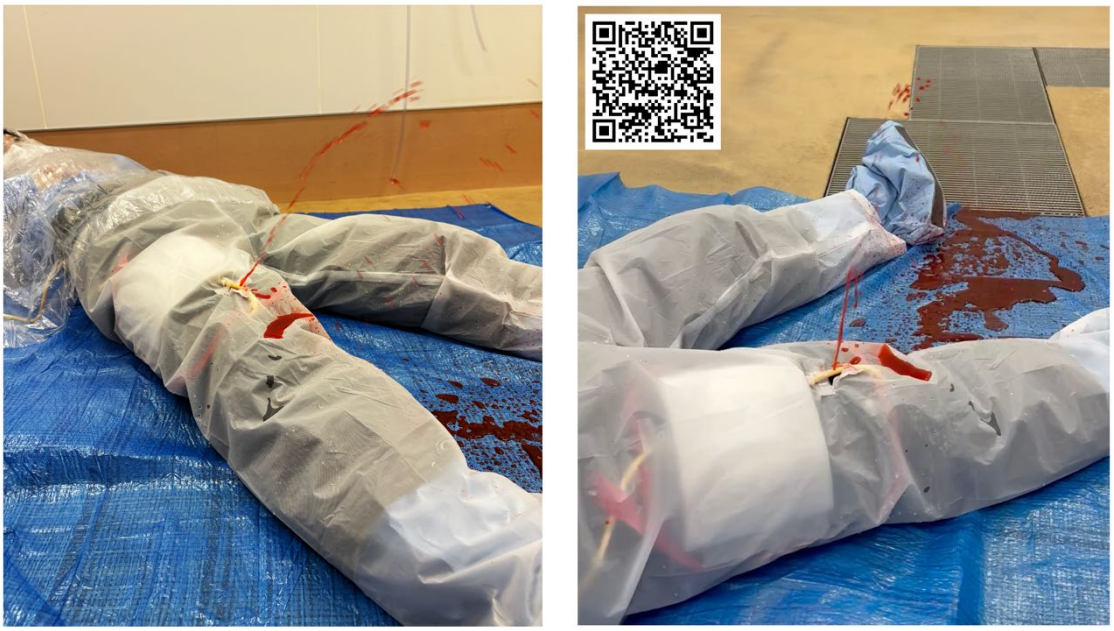


図4. セッティング

① 模擬傷病者役は濡れないように雨具のズボンを履き、その上からプロテクターを付ける。
② 小児用駆血帯の模擬血管をプロテクターの上にテープで固定する。
模擬血管の上にターニケット受け止め用の消しゴムを固定する。
③ パイプ保護クッションを当てる。
④ 濡れ防止用に雨具のズボンを履き、体表の創の部分を切り取る。

図5. 模擬傷病者への回路装着

図6. 訓練モデル全景



https://www.youtube.com/watch?v=Xcwfwg7FUZw

図7. 活動性出血
大腿動脈損傷からの出血に相当する700mL/分が設定可能（最大900mL/分）

3） 活動性出血モデルを用いた止血訓練と VR シミュレーションプログラム
大腿部刺創による出血想定のシナリオ（兼チェックリスト）でシミュレーションを行い 360 度カメラで撮影し VR 化した。

VR カメラ：insta360 X3
編集ソフト：insta360 Studio2024、Adobe Premiere_Pro2025、CapCut
ゴーグル　：PICO 4 Enterprise

＜シナリオ＞（表２、図 8、9、10）。

1. 状況評価と安全確認
   ・特に傷病者人数、受傷機転、成傷器、加害者の有無を確認し、安全の確保と二次災害の防止を最優先に活動。
2. 止血
   ① 創の確認：出血部位、創の数、活動性出血の有無を確認。
   ② 圧迫止血：用手圧迫、荷重圧迫
   ③ ターニケット判断→準備
   ④ 圧迫止血の交代
   ⑤ ターニケット装着：圧迫止血に近接する位置、最初の「締め」を強固に。
   ⑥ 止血確認：目視、足背動脈確認
   ⑦ 病院に収容要請：ターニケット装着の報告

３．車内収容・継続観察

・ズレ、緩み、再出血の有無確認、５分毎、移動ごとに確認。

４．病院到着

・創の状態、装着理由、装着時間を医師に報告。

表２．止血活動シナリオ（兼チェツクリスト）

<table>
<tr><th></th><th>隊長</th><th>隊員1</th><th>隊員2</th></tr>
<tr><td rowspan="2">1．現着</td><td>状況評価</td><td rowspan="5"></td><td rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>安全確認</td></tr>
<tr><td rowspan="9">2．止血</td><td>活動性出血確認</td></tr>
<tr><td>圧迫止血指示</td><td>用手圧迫止血</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td>膝荷重圧迫止血</td></tr>
<tr><td>止血困難</td></tr>
<tr><td>ターニケット指示</td><td></td><td>ターニケット準備</td></tr>
<tr><td rowspan="5"></td><td>圧迫止血交代</td><td>圧迫止血</td></tr>
<tr><td>TQ装着</td><td rowspan="6">搬送準備</td></tr>
<tr><td>止血確認</td></tr>
<tr><td>圧迫解除</td></tr>
<tr><td>再出血あれば追加締め
ダブルターニケット</td></tr>
<tr><td colspan="2">止血確認</td></tr>
<tr><td colspan="2">足背触知有無確認</td></tr>
<tr><td>病院連絡</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>3．車内収容
継続観察</td><td>ズレ、緩み、再出血
5分毎/移動ごとの確認</td><td></td></tr>
<tr><td>4．病着</td><td>申し送り
・創の状態
・装着時間</td></tr>
</table>

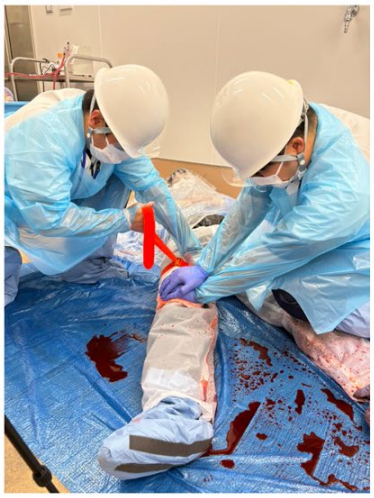
①用手圧迫止血

②体重をかけて圧迫止血

③膝を当て体重をかけての圧迫止血

図８．止血シミュレーション（1）

④2番員との圧迫止血交代



⑤ターニケット装着

⑥最初のひと巻き目を
体重かけてしっかり
締めつける。
（皮膚が凹む強さ）

図9．止血シミュレーション（2）

⑦止血の確認

⑧足背動脈の触知ないこと確認

図 10．止血シミュレーション（3）

指令～止血

ターニケット

シミュレーション動画サイト QR コード

4）　圧測定

計画していた遮断圧測定は以下の理由により実施できなかった。

・圧測定の委託受け入れが中止された。

・機器レンタルでの測定を検討したが、測定可能な機器がレンタル対応になかった。

・海外の研究でも使用されている測定機器について国内輸入企業と代理店に問い合わせるも販売のみでレンタルや測定検査は行っていないとの回答であった。

＊ニッタ株式会社　FlexiForce フレキシフォース　価格約 40 万円

https://www.nitta.co.jp/resources/catalog/sensor/flexiforce/flexiforce20250131.pdf

B.　作成物の評価

1）　半自動活動性出血回路と訓練モデル

a.　活動性出血の再現性

既製の止血訓練製品で用いられている自然滴下型や加圧バッグ型はいずれも出血相当の流量が少なく、用手圧迫で容易に止血できてしまい実際の出血とは異なるものであった。今回ローラーポンプを用いることで拍動性と最大 900mL/分の駆出量により実際の出血に近い形で再現することができた。出血量の操作もポンプの回転方向と回転数の２つのダイヤルを操作するだけで調整できる点も大きなメリットであった。

b.　作成の手間

回路本体は構成する機器・物品はいずれもホームセンターやインターネットから購入できる既製品で、これらを組み見合わせることで容易に作成可能であった。

訓練モデルは生体患者を使うため模擬血液での汚染を防ぐよう防水パンツを２枚重ねにしその間にプロテクターと模擬血管を配置する形になったことからやや煩雑であったが、一旦作成すれば訓練中は繰り返し使用可能であった。

c.　準備・終了後メンテナンス、耐久性、可搬性

本体回路の作成は 20 分、模擬傷病者への装着 20 分、動作確認等 20 分、並行して汚染防止の養生（壁にビニールシート張り等）を行い、あわせて 1 時間程度の準備時間を要した。

終了後メンテナンスについて、ポンプは清拭、チューブ、駆血帯、プロテクター、ターニケットは水洗乾燥、付着した模擬血液は流水と塩素系漂白剤（ハイター）で洗浄、30 分程度で撤収完了した。

機器の耐久性はポンプのスイッチ部分が脱落するトラブルがあったが（メーカーに初期不良含め原因照会中）、チューブ、駆血帯、プロテクターとも 30

回以上の使用後も問題なく使用できており、消防本部や学校等での複数回の訓練でも十分使用に耐えうるものと思われた。
可搬性は、セット一式が 30L サイズのキャリーケースに入れて運ぶことが可能であり、本部に所有し署所の訓練に貸し出す形も可能である。
唯一の制限事項は屋外で使用する場合のポンプ電源である。AC 電源から延長コードを利用するか、ポータブル電源、発電機で対応する必要がある。

d. 安全性

プロテクター装着下でのターニケットによる緊縛遮断を代表研究者自らが装着し確認した。その結果、緊縛遮断により圧迫感はあるものの疼痛は全くなく、10 想定連続で実施しても下肢に異常は生じず、安全に行えることを確認した。
模擬血液が飛散して目に入ることを防ぐため、アイシールドやゴーグルの装着は必須である。

e. 訓練効果

病院実習の救急救命士 10 名、救急救命士課程の学生 6 名、医師 4 名に対して本モデルによる 60 分の止血訓練を行った。

1．ターニケット装着に関する講義	20 分
2．訓練モデルの説明	10 分
3．シナリオの説明 （後半からはビデオ、VR 供覧）	10 分
4．実習（2 人 1 組、実施者・介助者）	20 分

・活動性出血に対する評価
「出血の勢いが激しく一瞬怯んだ」
「圧迫だけでは止められず焦った」
「出血が続き頭が真っ白になった」
「模擬血液とわかっていても赤い液体が出続けるのでリアルさが格段に増した」などの感想が得られた。

・ターニケットの遮断操作
しっかり締めることができた」
「生体でも痛がることがないので“遠慮なく”しっかり締めることができた」とプロテクターを挟むことで安全かつ実際に近い形での操作が可能となった。

・生体模擬傷病者の使用

下肢部分モデルやマネキンでは得られない実際の現場に近い状況が再現できシナリオベースの訓練にすることが可能となり、被験者からも好評であった。

f. 費用対効果

回路一式が約 11 万円、消耗品が約 5,000 円、合計で約 12 万円。これまで 50 回（1 想定 1 回換算）以上使用しているが、今のところ問題なく使用できている。

ポンプの保証期間は 1 年、週 1 回 10 想定、月 40 想定、年間 500 想定とした場合、1 想定 220 円、消耗品込みで 1 想定 300 円程度の費用となる。ポンプがより長く使用できればさらに費用は抑えられる可能性がある。

2） VR シミュレーションシナリオ

本研究で導入した VR シミュレーションは、360 度映像を用いて受講者が事前に活動内容を具体的にイメージでき、限られた実地経験を補完する点で有用であった。特に、状況評価から圧迫止血、ターニケット装着、再評価までの一連の流れを仮想的に体験でき、訓練効果が向上した。実技訓練と併用することで、心理的ハードルを下げ、救急現場での迅速かつ確実な止血手技の習得を促進する効果が示唆された実習前にビデオ/VR を供覧することで、行うべき活動のイメージを共有でき訓練効果を高めることが可能となった。

【4．考察】

ターニケット（止血帯）は四肢大量出血に対する救命手技として国際的に標準化された止血手段である。近年は「Stop the Bleed」キャンペーンに代表される市民教育の普及により、一般市民や救急隊員の間でもターニケットの名称・概念は急速に浸透しつつある[1)]。しかし一方で、穿通性血管外傷の発生頻度が低いわが国においては、実際に活動性出血を目の当たりにし、適応判断から遮断操作まで一連の処置を経験する機会は極めて限られる。その結果、「名称を知る」ことと「現場で確実に止血できる」ことの間に大きな隔たりが生じている。米国ボストンマラソン爆弾テロでは、多数の市民がターニケットを使用したものの、締め付け不足や適応外装着など不適切例が多く報告されており、知識のみでは確実な止血には至らないという課題を浮き彫りにした[2)]。海外の多くの論文やテキスト、ビデオ等においても適切に使用されていない（十分な遮断圧が得られていない）ことが報告されている[3)]。わが国でも消防庁発行の教育テキストにおいて最初のひと巻きで「バンドと肌の間に指先が３本差し込めないようにしっかりと締める」とあり、締めるのがよいのか緩いのがよいのか判然としない記述がされている[4)]。さらに病院前でターニケットが装着された患者の中に、実際には血管損傷を伴わない症例が相当数存在することも報告されており、活動性出血の評価の難しさが指摘されている[5)]。

これらの課題に対し、従来から市販・自作を問わず多様なトレーニング手段が導入されてきた（図 11）。商業製品の中には構造的に優れたものもあるが、多くは滴下式または加圧バッグによる低流量出血の再現にとどまり、短時間で容易に用手圧迫が可能であるため「止血できなければ失血死に至る」という切迫状況を十分に呈しない[6) 7) 8) 9)]。自作モデルは安価で入手しやすい反面、流量・拍動性の再現性に乏しく、遮断手技の学習はできても実臨床の緊張感を伴うシミュレーションには至らない[10)]。また、献体を用いた教育は高い実践性を有するものの、コスト・倫理・施設要件などの制約が大きく、訓練機会を恒常的に確保することは現実的ではない[11)]。

図 11. 各種ターニケット訓練装置

これらの現状を踏まえ、本研究ではローラーポンプによる拍動性高流量出血回路を作成し、生体模擬傷病者に装着することで、視覚情報や接触感を含めた「より現場に近い状況」を再現した点に特色がある。本モデルでは最大 900mL/分の流量で、出血の勢いに対する驚き、躊躇、怯み、不安、焦りなどのリアルな感覚や、その状況下でもターニケットを迅速・的確に装着すべき必要性を確実に理解することができる。さらに模擬血管の直下にブリキ製プロテクターを配置することで、模擬傷病者に対する遮断時の疼痛・神経血管障害リスクを回避しつつ、実臨床と同程度の強固な締め付けを安全に実施することが可能となった。この工夫により、従来のマネキンや下肢単独モデルでは得られなかった「ためらわずに強く締める」動作の習得が可能となり、適切な遮断圧を体感的に理解することができた点は重要である。さらに個人の手技のみなず、隊として連携した活動を修得する訓練も可能となる。

さらに、360 度カメラによる撮影と VR 化を組み合わせることで、受講者は事前のイメージトレーニングを行うことができ、限られた現場経験を多面的に補完できる。VR は繰り返し複数名に対して実施可能である。また VR は通信を併用すれば離れた場所、例えば消防本部と分署等への展開できる可能性もあり、地域・施設間の教育格差を最小化する利点を有すると考えられる。

一方で本モデルの限界として実臨床の多様性すべてを再現できるわけではなく、とくに傷病者の疼痛反応を伴わないことが却って傷病者への配慮を疎かにした操作を招く点があり別途配慮が必要である。また実際には原則として衣服を除去し皮膚に直接巻いて用いるが、モデルでは反復利用と模擬傷病者保護のために衣服は装着した形で行っており、この点についても説明が必要である。また当初計画していた「締め圧（遮断圧)」を計測できなかったのは非常に残念であったが、適切な遮断圧は海外でも課題となっており様々なデバイスが開発されようとしている[12]。

以上の限界はあるものの適応判断から実施までの心理的障壁を低減し、止血とターニケットによる遮断操作の基本を反復修得可能なことから教育目標には十分に適合している。

これまではターニケット全肯定の風潮であったが、近年少なくない合併症の発生から慎重な適用と遮断後の適切な管理、可及的速やかな位置変更や圧迫止血など他の止血法への切り替えが推奨されつつある[13][14]。

またターニケットの種類に関しても、幅の狭い CAT は合併症をきたしやすい可能性が指摘されており、幅広ゴム製の SWAT-T や空気圧式のものが示されている[15]。今回実際に SWAT-T を使用した訓練を行い、確かに CAT ほどの高い圧を要さず止血できた印象であったが、患肢を 2 重 3 重に巻く操作（CAT はバンドひと巻きで可）とテンションをかけるための引っ張りで患肢が動いてしまうなどの課題もあり適切に使用するにはより入念な訓練が必要と思われた。

以上より、本モデルは実出血を模した活動性出血のもと、ターニケットの適応判断・手技・確認を個人として、また隊としても統合的に学習できる点で、穿通性外傷が少ないわが国においてきわめて有用である。とくに、消防本部・消防学校・医療機関等で容易に運用できる低コスト性と、VR 併用による拡張性を併せ持つ点は、地域全体の止血能力向上（キャパシティビルディング）と標準化にも資すると考えられる。
今後は本モデルを利用して積極的に訓練機会を提供するとともに、より機能的な回路の作成や企業と協力しての製品化も考えていきたい。

【５．結語】

1) ローラーポンプと市販機器を用い、実際の出血に極めて近似した活動性出血モデルの作成に成功した。
2) 本モデルは視覚的にも体感的にもリアルな出血状態に対する止血操作を繰り返し訓練できることで、穿通性外傷が少ないわが国において現場止血活動の標準化と質的向上に大きく資するものである。
3) VR を併用することで複数名の同時教育や遠隔教育への応用も可能となり、地域格差の少ない救命教育体制の確立に寄与する可能性を有する。

【6. 謝辞】

本研究にご協力いただいた川崎市消防局様、日本体育大学救急蘇生・災害医療学研究室様、模擬傷病者役として長時間にわたり活躍してくれた当科遠藤信太郎救急救命士ほか関係の皆様に厚く御礼申し上げます。

本研究は一般財団法人救急振興財団の「救急に関する調査研究事業助成」を受けて行ったものである。

＊本モデルによる訓練・研修等を希望される場合は代表研究者までご連絡ください。

日本医科大学武蔵小杉病院　救命救急科
井上　潤一　junichi-inoue@nms.ac.jp

参考文献

1. Martinson J, Park H, Butler FK, Hammesfahr R, DuBose JJ, Scalea TM. Tourniquets USA: A Review of the Current Literature for Commercially Available Alternative Tourniquets for Use in the Prehospital Civilian Environment.J Spec Oper Med. 2020 Summer;20(2):116-122.
2. .King DR, Larentzakis A, Ramly EP, Boston Trauma C. Tourniquet use at the Boston Marathon bombing: Lost in translation. J Trauma Acute Care Surg. 2015;78(3):594-9.
3. Wall PL, Buising CM, Sahr SM. Getting Tourniquets Right = Getting Tourniquets Tight. J Spec Oper Med. 2019 Fall;19(3):52-63.
4. 消防庁.テロ災害等の対応力向上としての止血に関する教育テキスト（指導者用）平成 30 年 3 月. https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/kento215_24_betten1.pdf
5. Legare T, Schroll R, Hunt JP, Duchesne J, Marr A, Schoen J, et al. Prehospital Tourniquets Placed on Limbs Without Major Vascular Injuries, Has the Pendulum Swung Too Far? Am Surg. 2022;88(9):2103-7.
6. 下肢止血トレーナー https://www.3bs.jp/manual-download/P103_jp.pdf（独）
7. MedEduQuest.Wound Packing Trainers. https://mededuquest.com/products/gsw-through-leg-trainer（英国）
8. TraumaSim Emergency Tourniquet Trainer. https://traumasim.com.au/product/emergency-tourniquet-trainer-single/（豪州）
9. HAPMED TOURNIQUET TRAINER. https://specialmedics.com/en/products/hapmed-tourniquet-trainer/（米国）
10. Bleeding Control Prop for Tourniquet Practice Advanced Bleeding Control. https://goto.hsi.com/hubfs/PDFs/ASHIMEDIC_ABC_DIY.pdf
11. Leszczynski P, Charuta A, Zacharuk T. Cadaver as an educational tool increasing the effectiveness of Combat Application Tourniquet use in extremity injuries. Turkish Journal of Trauma & Emergency Surgery/Ulusal Travma ve Acil Cerrahi Dergisi. 2021;27(2).
12. Nguyen JQ, Goss A, Keshishian H, Berchard F, Parks J, Evans C. TiMON: a real-time integrated monitor for improving the placement and wear of emergency tourniquets. BMC Emerg Med. 2025;25(1):4.
13. Holcomb JB, Dorlac WC, Drew BG, Butler FK, Gurney JM, Montgomery HR, et al. Rethinking limb tourniquet conversion in the prehospital environment. J Trauma Acute Care Surg. 2023;95(6):e54-e60
14. Taghavi S, Simpson JT, Ali A, Nordham KD, et al. Time To Tighten Up on Prehospital Tourniquets: An EAST Multicenter Trial of Prehospital Procedures in Penetrating Trauma Shows No Benefit With Current Tourniquet Practices for Extremity Trauma in Urban Settings. Am Surg. 2025:31348251388954.
15. 金子直之，柚木良介，瀧りえ他.ターニケット再考：歴史に是非を問う.日外傷会誌 37.46-59.2023

＜事前講義＞

ターニケット　あるある

まず圧迫されるのは
「静脈！」

シメが甘いと動脈から
血液が入ってくる
↓
多くの例でうっ血

止血のポイント

- ✓「出かた」の判断
- ✓「ビュウビュウ」「ドクドク」 なら迷わずターニケット
  - ⇨締めるときは「容赦なく」締める
- ✓ そうでなければ 「ガッチリ」 押さえる
- ✓「ボロボロ」でショックならばターニケット
- ✓ ショックでなくても血圧上がると出てくるので
  予めターニケット巻いておき、出たら締める

Getting Tourniquets Right = Getting Tourniquets Tight

“正しく巻け、キツく巻け”

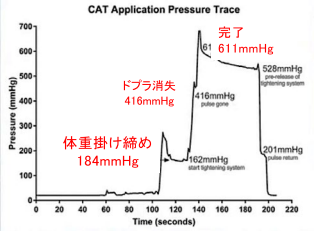
Piper Wall, DVM, PhD[1]; Charisse Buising, PhD[2]; Sheryl Sahr, MD[3]*

J Spec Oper Med. 2019;19(3):52-63.

- 2007-2018　TQに関する論文、写真、訓練ビデオ　計31件
- 使用方法を検証
- ドップラーを用いて血流遮断を確認、併せて圧を測定

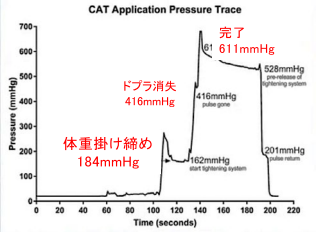
結果：<u>すべて適切に使用されていなかった</u>
圧は250mmHgを超えること。大腿部は300～400mmHg。

最初のひと巻きが密着していれば、半回転で閉塞



Wall P. CAT application with pressures [video]. https://vimeo.com/312196432.

最初のひと巻きが密着していれば、半回転で閉塞



Wall P. CAT application with pressures [video]. https://vimeo.com/312196432.

ターニケット　これまでは

四肢からの止血の切り札

『四肢で圧迫止血困難な出血→迷わずターニケット』

『病院到着までは、はずさない』

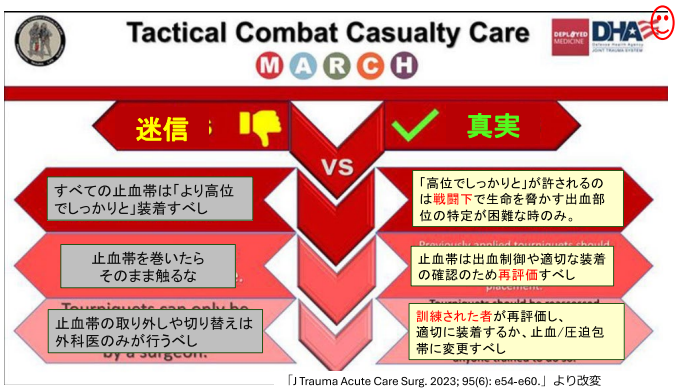
近年ターニケットの弊害が指摘

✓ 適応がない症例に装着
✓ 長時間（2時間以上）で肢切断や透析症例の報告

PTAS（prolonged tourniquet application syndrome ターニケット遷延装着症候群）

"Rethinking limb tourniquet conversion in the prehospital environment"
Journal of Trauma and Acute Care Surgery 95(6):p e54-e60, December 2023. |
（ターニケット再考：他の止血法への切り替え）

"Who needs a tourniquet? And who does not? Lessons learned from a review of tourniquet use in the Russo-Ukrainian war"
Journal of Trauma and Acute Care Surgery 97(2S):p S45-S54, August 2024.
（誰にターニケットが必要で、誰に必要でないか、ロシアーウクライナ戦争からの教訓）



「J Trauma Acute Care Surg. 2023; 95(6): e54-e60.」より改変

24

TQの位置変更または圧迫止血包帯への切替え

PTASの回避

- 四肢の温存
- コンパートメント症候群の回避
- 再灌流障害の予防
- 長期にわたる痛みや不快感の回避

位置変更	切替え	そのまま装着
• 「高くきつく」から より出血部位に近い位置に装着し直す。	• 直接圧迫、止血剤、創傷閉鎖などの他の方法が可能で、すぐに実施できる場合。	• 明らかな切断。 • 切断後の転換の試みが失敗。
• 止血できなかった場合は止血帯の位置や締め具合を調整。 • 止血帯を位置変更することで、より安全かつ適切な止血が可能。	• 負傷者はショック状態ではない • 再出血に対応できる。 • 切断肢の止血ではない。	• すでに6時間以上装着。
• 2時間以内により遠位に変更するためにあらゆる努力を払う。	• 他の手段で制御できる場合は、2 時間以内に切り替える。	

「J Trauma Acute Care Surg. 2023; 95(6): e54-e60.」より改変