

上肢末梢静脈の血管怒張を促進する筋ミルキング原理を応用した駆血法の評価

Tourniquet method based on muscle-milking mechanism to enhance venous dilation
in upper extremity peripheral veins

渡邊 順子¹⁾ 倉本 直樹²⁾ 山下 樹里³⁾ 小関 義彦³⁾ 葎仲 潔⁴⁾ 高野 順⁵⁾

1) 静岡県立大学看護学部

4) 産業技術総合研究所 次世代治療・診断技術研究ラボ

2) 山梨大学大学院総合研究部医学域看護学系看護学講座

5) 元(株)テクノサイエンス

3) 産業技術総合研究所 健康医工学研究部門

抄 録 目的：末梢静脈留置カテーテル挿入（Peripheral intravenous catheterization ; PIVC）の成功率向上のため、駆血する上腕筋のミルキング効果を応用した 2 段階駆血法を提案し、穿刺対象末梢静脈の選定しやすさを評価する。方法：看護師 38 人を対象に、駆血圧 80 mmHg の従来のゴム駆血法と、その上腕中枢側に駆血圧 80 mmHg の血圧計カフを追加した 2 段階駆血法について、穿刺予定静脈血管の超音波画像解析と近赤外線カメラによる動画解析ならびに看護師の触知怒張度を比較評価した。

結果：実験協力者 37 人のデータについて分析した。穿刺対象末梢静脈選定時間は 2 段階駆血法の方が有意に短く、看護師の触知怒張度も有意に高かった。怒張時の表皮から末梢静脈血管上端までの深さと血管断面積は両駆血法に有意差はみられなかった。

結論：2 段階駆血法は看護師の触知怒張度を高め、穿刺対象末梢静脈血管の選定時間も短縮できることから、PIVC 成功率の向上と電子駆血帯等の穿刺支援医療機器の開発に資すると期待される。

キーワード：末梢静脈留置カテーテル、血管怒張、ミルキング、駆血法

Abstract

Objective : This study aimed to evaluate a two-stage tourniquet that applies the muscle-milking mechanism of the upper arm. We hypothesized that the milking effect increases blood flow and makes it easier to dilate the peripheral veins because muscular motion compresses a wide range of veins.

Method : This study included 38 clinical nurses. A two-stage tourniquet, combining an elastic with an 80 mmHg blood pressure cuff, was compared to a conventional elastic tourniquet. The nurses marked as many veins as possible for peripheral intravenous catheterization (PIVC). The marked veins were evaluated using ultrasound image analysis, video analysis with a near-infrared camera, and a subjective palpable scale.

Results : Data analysis was conducted on 37 participants. The time required to determine the puncture site for the PIVC was significantly shorter with the two-stage tourniquet, and the nurse-assessed palpable scale of the vein was significantly higher. No significant differences were observed in the depth from the skin surface to the top or cross-sectional area of the vein.

Conclusion : The two-stage tourniquet enhanced the nurse-assessed palpation scale and reduced the duration required to select the peripheral vein for PIVC. This method is expected to improve the first-time success rate of PIVC and aid the development of medical devices that assist in venipuncture, such as electronic tourniquets.

Key words : Peripheral Intravenous Catheterization, Venous distension, Milking, Tourniquet method

受理日：2024 年 11 月 20 日

採択日：2025 年 1 月 29 日

オンライン公開日：2025 年 3 月 21 日

1. 研究背景

輸液は末梢もしくは中心静脈に薬剤を投与する重要な治療方法であり、看護師は、末梢静脈に末梢静脈留置カテーテル (Peripheral Intravenous Catheterization : 以下、PIVC) を穿刺挿入し、末梢血管を確保し持続的に留置することが多い。しかし、看護師の血管確保の成功率は約 50%~70%^{1,2)}といわれ、看護師の経験年数が短いと、その成功率は低くなる。また、PIVC 留置に伴う静脈炎や血管外漏出、PIVC の閉鎖は約 17.7% 発生しており³⁾、これらの合併症は、疼痛などの苦痛だけでなく、身体への侵襲、薬剤投与の中断・遅延、PIVC の入れ替えに伴う神経損傷のリスクとなる。さらに、PIVC の実施時の穿刺失敗や静脈炎、血管外漏出などは、治療継続のため、再穿刺が必要となり、繰り返される末梢静脈穿刺は穿刺部位を限局し、治療の継続が困難になる⁴⁾。これらの合併症を防止し、末梢静脈穿刺を安全に成功させるためには、末梢静脈血管を適切に怒張させ選定しやすくできることが患者にとって重要といえる。

末梢静脈血管を怒張させる従来のゴム駆血法は、駆血帯を穿刺部位の 7~10cm 程度中枢側に巻きつけ、静脈の血流を遮断し怒張させる、という画一的な手法に限局されており、駆血帯の種類やその適用方法については十分に検討されていない。駆血帯以外の血管怒張に関する既存技術としては、温罨法、タッピング、マッサージ、クレンチング (手指開閉動作) などがある⁵⁾。血管怒張を促すための技術である手指開閉動作は、筋ポンプ作用によって上肢の血管のミルキング (以下、筋ミルキング) を行うことで、静脈を圧迫し、怒張させやすくしている⁶⁾。これは、表在血管だけでなく、深部血管の周囲にある上肢の筋肉が静脈を圧迫し、静脈弁によって血液の逆流が防止されるため、血管怒張を促すと考えられる。マッサージによる圧迫は表在性の静脈に対するものであり静脈血の増加には至らないが、筋ミルキングは広範囲に深部の静脈まで圧迫することができるため、静脈血の増加、すなわち怒張が容易になると推測できる。

本研究の共著者である臨床工学技士の高野は、臨床現場において、ゴム駆血法に加え、中枢側を施術補助者が手動にて駆血することで血管怒張が促進され、静脈穿刺がしやすくなることを考案した。これを、従来の駆

血方法に筋ミルキングの効果を加えた徒手による「2 段階駆血法」と称する。今回、この徒手 2 段階駆血法をより客観的に再現できる方法として、ゴム駆血法に加え、中枢側を血圧計のカフで駆血する 2 段階駆血法を新たに考案し、その効果を実験的に計測した。駆血方法の評価方法としては、駆血圧に関する研究⁷⁾や、効果的に駆血するための目盛付きゴム製駆血帯の開発⁸⁾等にならい、触知・目視の主観的評価、超音波画像診断装置による血管断面積・血管径 (怒張時・緩和時)・表皮から血管までの深さ、および研究参加者が示した血管走行軌跡と近赤外線カメラによる血管走行を比較した。

2. 研究目的

上肢の末梢静脈血管の血管怒張を促進させるために、筋ミルキング原理を応用した駆血法を評価し、電子駆血帯等の新たな穿刺支援医療機器の開発に資することを目的とした。

3. 研究方法

3.1 研究参加者

研究参加者は現職の看護師とした。研究参加者の公募では、関東、中部、東海地方の総合病院に、研究参加者の募集の文書を郵送し、掲示を依頼した。研究参加の意思がある看護師に対し、研究実施者が書面と口頭にて、研究の目的、方法等について説明を行い、書面にて同意を得た。

3.2 調査の手順

研究デザインは比較記述的研究デザインとした。比較対象は、以下の 2 種類の駆血方法である。

- (1) **ゴム駆血法 (従来法)**: 目盛付きゴム製駆血帯 (タイヨウ Ttq-100-1) を用い、患者役の駆血部位の上腕周径に合わせて一定の駆血圧 (80 mmHg) となるよう目盛調整した。
- (2) **2 段階駆血法**: ゴム駆血法を施した上腕の中枢側に、アネロイド式血圧計 (ギヤフリーアネロイド血圧計 GF700) を用いてさらに駆血圧 (80 mmHg) を加えた。ゴム製駆血帯を装着した部位より中枢側に血圧計のカフを巻き付け、加圧し駆血することで、静脈血液量を増加さ

せ、より末梢静脈血管を怒張しやすくする方法である。

研究参加者に対して、まず、年齢、身長、体重、看護師としての経験年数を聴取した。

研究参加者は、二人一組となり (参加者 A、B と称する)、交互に看護師役と患者役を担った。

研究実施者は、参加者 A、B のどちらが先に患者役となるか、また患者役の左右の上腕にどちらの駆血方法を先に実施するかをランダムに割り付けた表をあらかじめ用意した。

一例として、参加者 A が看護師役、参加者 B が患者役となった場合を示す (表 1)。研究実施者は割り付け表に基づいて、患者役 (参加者 B) の**左上腕に 2 段階駆血法**を実施した。駆血開始後 3 分間以内に、看護師役 (参加者 A) は末梢静脈を選定、静脈穿刺予定部位を示し、触知怒張度を 4 段階リッカート尺度 (0: 触知で血管がまったく確認できない、1: 触知で少し血管が確認できる、2: 触知で血管が確認できる、3: 触知で十分血管の怒張が確認できる⁹⁾) により回答した。回答直後に、駆血状態にしたまま研究実施者が

超音波画像装置 (GE 社製 V-Scan Extend R2) のリニアアレイプローブ、B モード高周波 (3 ~ 18MHz) で、看護師役 (参加者 A) が示した静脈穿刺予定部位の静脈短軸画像を撮影した。直後に駆血解除し、5 分間のインターバル後に、研究実施者は看護師役 (参加者 A) が先に示した同じ静脈穿刺予定部位の静脈短軸画像を撮影し 1 回目の測定は終了とした。

次に、研究実施者は患者役 (参加者 B) の**右上腕に ゴム駆血法**を実施した。看護師役 (参加者 A) が 3 分間以内に末梢静脈を選定し、静脈穿刺予定部位を示し、触知怒張度を 4 段階リッカート尺度により回答した。回答直後 (駆血状態) と、駆血解除し 5 分間のインターバルを空け、研究実施者が超音波画像装置で、看護師役 (参加者 A) が示した穿刺予定部位の静脈短軸画像を撮影し 2 回目の測定を終了した。

その後、看護師役と患者役を交代し、患者役 (参加者 A) の割り付け表に基づき、上記と同様に 2 種類の駆血方法について看護師役 (参加者 B) が末梢静脈を選定し、静脈穿刺予定部位を示し、穿刺予定部位の静脈短軸画像を撮影した。

	2段階駆血	駆血解除	ゴム駆血法	駆血解除	
看護師役 (参加者A)	・末梢静脈を選定 ・触知怒張度の回答	休憩	・末梢静脈を選定 ・触知怒張度の回答	休憩	患者役に交代
患者役 (参加者B)	左上腕に実施	休憩	右上腕に実施	休憩	看護師役に交代
	3分間	5分間	3分間	5分間	

表 1. 実験プロトコル (患者役の左右上腕と駆血法の割り当て例)

本研究では末梢静脈留置カテーテルを用いた末梢静脈穿刺は実施せず、先細綿棒 (株式会社山洋、HUBY CA-008SP、軸上に 5 mm 間隔で再帰性反射テープを巻いたもの、図 1) を模擬留置針として使用した。看護師役は自身が示した静脈穿刺予定静脈に模擬留置針にて穿刺動作を行い、その後、末梢静脈の走行を模擬留置針でなぞり示した。穿刺対象静脈の選定から静脈走行なぞり動作までは、近赤外光源 (日進電子工業社製 IRDR-FA110、850 nm) と近赤外線カメラ

(アートレイ社製 ARTCAM-I30XQE-WOM) 2 台を用いて、録画記録した (図 2)。

測定環境を一定に保つために、全ての調査は静岡県立大学の同一の実験室で実施した。温熱刺激は細動脈を拡張し血流を増加させて静脈拡張を起こすと考えられるため、実験室の室温は $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ となるよう設定した。調査期間は、2020 年 11 月から 2022 年 9 月だった。

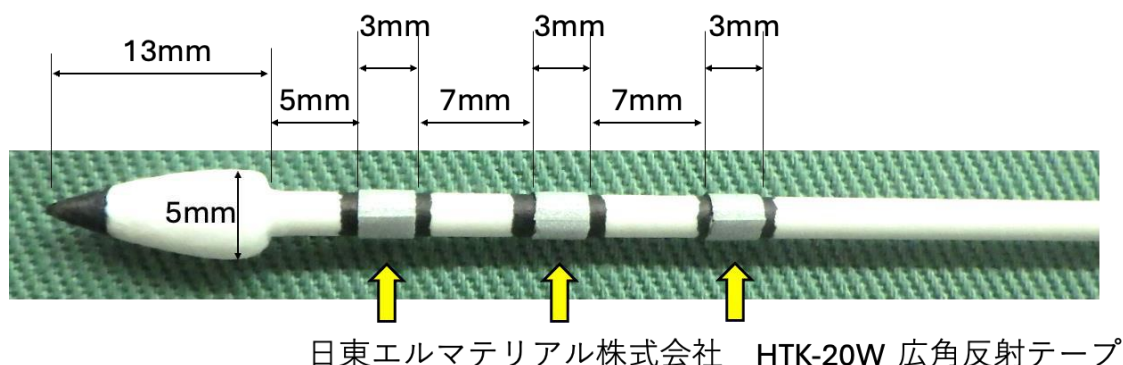


図1. 模擬留置針 (先細綿棒)

株式会社 山洋、HUBY CA-008SP、全長：153.5 (± 1.0) mm、軸直径：2.46 (± 0.08) mm

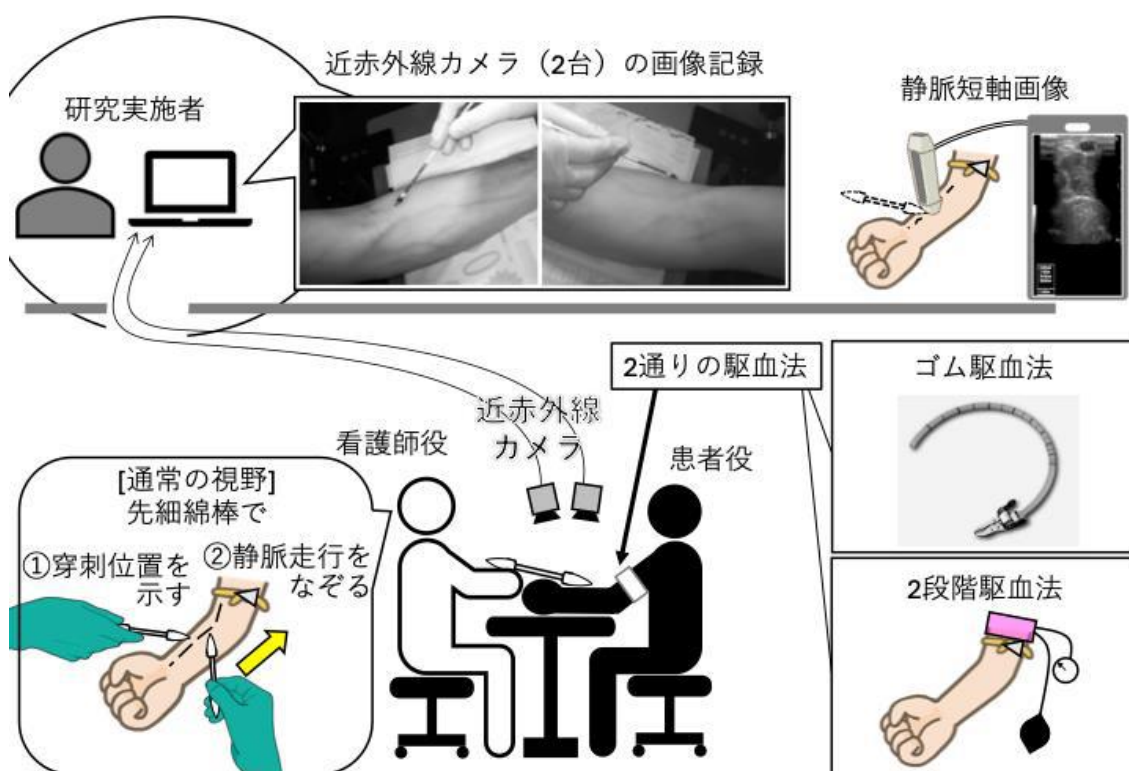


図2. 測定方法の概要図

3.3 測定項目

(1) 血管断面積と表皮から末梢静脈血管上端までの深さ：超音波画像装置で撮影した静脈短軸画像をもとに、血管断面積と表皮から末梢静脈血管上端までの深さを、画像解析ソフトウェア Image-J¹⁰⁾ を用いて計測した (図3)。Image-J によりピクセル数を計測し、超音波画像に表示されているスケールのピクセル数からピクセルを mm に換算した。

(2) 末梢静脈の触知怒張度：4 段階リッカート尺度⁹⁾ (0: 触知で血管がまったく確認できない、1: 触知で少し血管が確認できる、2: 触知で血管が確認できる、3: 触知で十分血管の怒張が確認できる) とし、看護師役から回答を得た。

(3) 穿刺部位の選定時間：駆血開始時、看護師役が患者役の腕に触った時点から看護師役が PIVC の穿刺部位を決定した時点までの時間を、録画データを元に計測した。

(4) 模擬留置針による挿入動作・静脈走行なぞり軌跡 (図 5) : 実際の末梢静脈走行は、近赤外線カメラの記録動画のスナップショットの該当血管を画像編集ソフトウェア GIMP にてトレースした。近赤外線カメラの記録動画上で、模擬留置針である綿棒の先端および軸上の再帰性反射テープの中心 (3 箇所中、カメラで撮影できた 1 箇所ないし 2 箇所) の位置を、画像処理ソフトウェア (株式会社ディテクト、DIPP-Motion V3D) により追跡した。模擬留置針挿入動作での模擬留置針先端軌跡は、画像処理ソフトウェア DIPP-Motion により追跡した軌跡データを SVG 形式にして GIMP にて読み込み、実際の末梢静脈走行に重畳表示した。近赤外線カメラ画像から患者役の末梢静脈の走行をトレースした軌跡と、看護師役が模擬留置針で示した挿入動作記録ビデオから画像処理により抽出した模擬留置針先端の走行軌跡を比較し、両者のズレの最大値を画像解析ソフトウェア Image-J により計測した。最大幅は、Image-J によりピクセル数を計測し、模擬留置針軸に巻かれた再帰性反射テープ間の距離 (図 1 参照) のピクセル数から、ピクセルを mm に換算した。

3.4 分析方法

ゴム駆血法と 2 段階駆血法について、駆血中、駆血帯を解除した後の血管断面積、および表皮から末梢静脈血管上端までの深さを、Wilcoxon の符号付き順位検定で比較した (IBM SPSS Statistics Ver. 29)。また、血管断面積と表皮から末梢静脈血管上端までの深さを Spearman の順位相関係数で比較した。

4. 倫理的配慮

静岡県立大学研究倫理審査委員会 (Approval No. 2-7) および東京大学大学院医学系研究科・医学部倫理委員会 (産業技術総合研究所からの審査委託、Approval No. 2020244NI) を受審し承認を得たのちに実施した。

5. 研究結果

研究に参加した看護師 38 人のうち、欠損値 (患者役 1 人が駆血時に使い捨てカイロを握っていたため除外) を除く 37 人を分析対象とした。ゴム駆血法 37 件と 2 段階駆血法 37 件、合計 74 件のデータが得られた (表 2)。

研究参加者の年齢は平均 33.4 歳 (SD±11.2)、最大 57 歳、最小 23 歳で、BMI は平均 21.5 (SD±3.1)、最大 29.3、最小 16.8 だった。看護師としての経験年数は、平均 10.0 年 (SD±9.3) で、最大 33 年、最小 1 年だった。

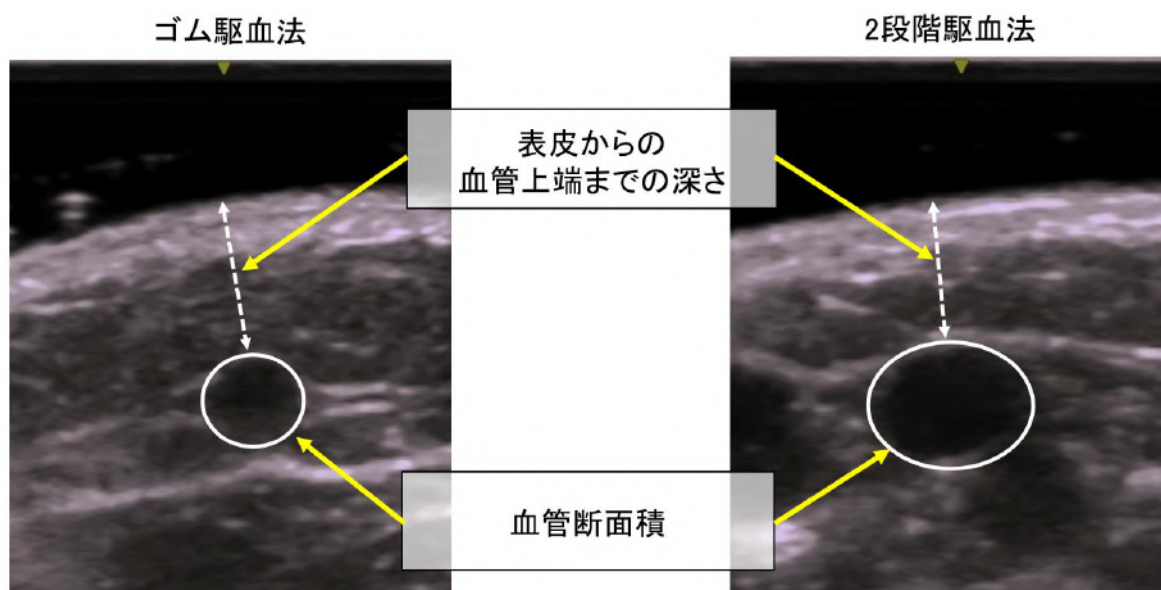


図 3. 穿刺位置として選定された箇所の超音波断層画像による駆血時の軸断面画像
左 : ゴム駆血法 (右前腕)、右 : 2 段階駆血法 (左前腕)

5.1 表皮から末梢静脈血管上端までの深さ

駆血中のゴム駆血法の表皮から末梢静脈上端までの深さ (n=37) は中央値 2.13 mm (IQR: 1.54–3.04)、駆血帯を解除した後は 1.92 mm (IQR: 1.58–2.41) だった。駆血中の2段階駆血法の表皮から末梢静脈上端までの深さ (n=37) は中央値 2.28 mm (IQR: 1.59–3.14)、駆血帯を解除した後は 1.87 mm (IQR: 1.57–2.53) だった。駆血中のゴム駆血法と2段階駆血法の表皮から末梢静脈血管上端までの深さでは、差はみられなかった ($P=0.294$)。

5.2 血管断面積

駆血中のゴム駆血法の血管断面積 (n=37) は中央値 6.90 mm² (IQR 2.23–10.55)、駆血帯を解除した後は 4.34 mm² (IQR: 1.25–8.06) だった。駆血中の2

段階駆血法の血管断面積 (n=37) は中央値 6.85 mm² (IQR: 2.98–11.28)、駆血帯を解除した後は 4.66 mm² (IQR: 1.41–8.15) だった。駆血中のゴム駆血法と2段階駆血法の血管断面積の比較では、有意な差はみられなかった ($P=0.946$)。

5.3 血管断面積と表皮からの血管上端までの深さの相関

ゴム駆血法において、血管断面積と表皮からの血管上端までの深さ (n=37) に正の相関がみられた (相関係数 0.662, $P<0.01$, $y=1.72x+3.25$)。2段階駆血法における血管断面積と表皮からの血管上端までの深さ (n=37) に正の相関がみられた (相関係数 0.677, $P<0.01$, $y=2.16x+3.53$)。 (図4)

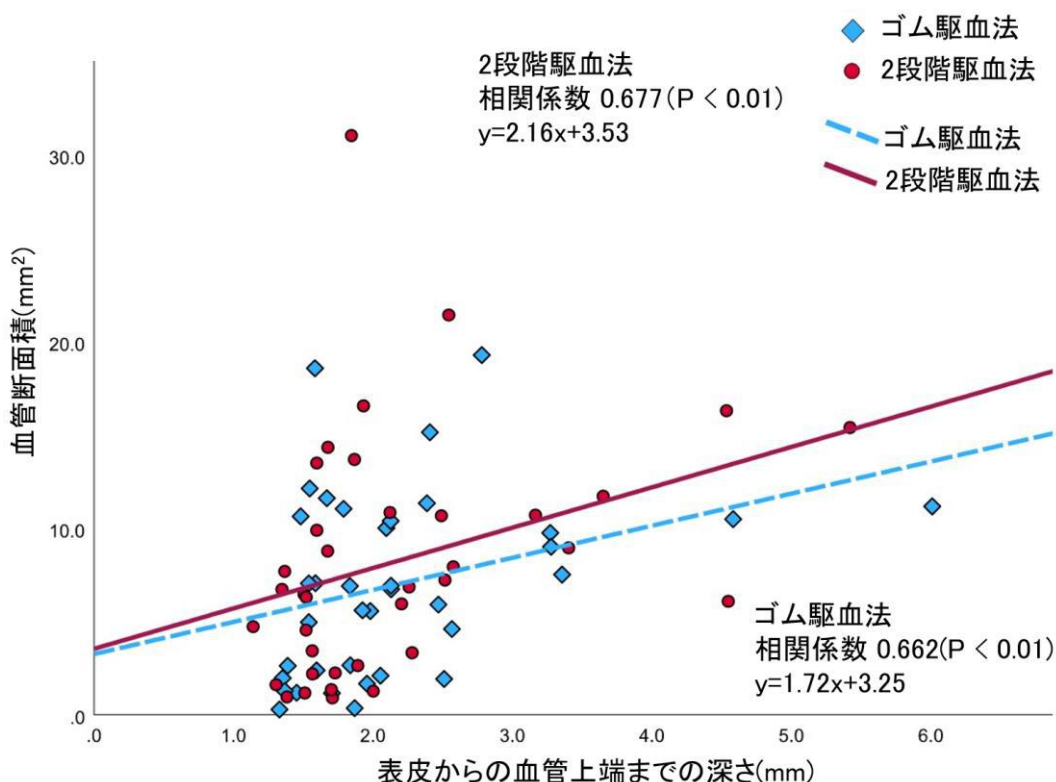


図4. 血管断面積と表皮からの血管上端までの深さの散布図

5.4 末梢静脈の触知怒張度

看護師役による触知怒張度(n=37, 4段階リッカート尺度) は、ゴム駆血法中央値 2.0 (IQR: 1.00–2.00)、2段階駆血法 2.00 (IQR: 1.00–3.00) で、2段階駆血法は有意に触知怒張度が増加していた ($P=0.015$)。

5.5 穿刺部位の選定時間

看護師役が PIVC の穿刺部位を決定するまでの所要時間 (n=37) では、ゴム駆血法 中央値 40.00 秒 (IQR: 20.50–73.50)、2段階駆血法 29.00 秒 (IQR: 16.50–53.50) で、2段階駆血法の方が有意に短時間であった ($P=0.035$)。

5.6 模擬留置針挿入動作軌跡と血管走行の最大ずれ幅

近赤外線カメラの映像から、穿刺対象として選定された皮静脈の走行を画像編集ソフトウェア GIMP にてトレースした。トレースが可能だった 28 件を対象に分析を行った。この血管走行軌跡と、画像処理によって得られた模擬留置針挿入動作における模擬留置

針先端軌跡との画像上の最大ずれ幅 ($n=28$, 図 5) は、ゴム駆血法 中央値 2.07 mm (IQR: 1.40–3.09)、2 段階駆血法 1.65 mm (IQR 1.18–2.59) で、2 段階駆血法の方が少ないものの有意な差はみられなかった ($P=0.118$)。

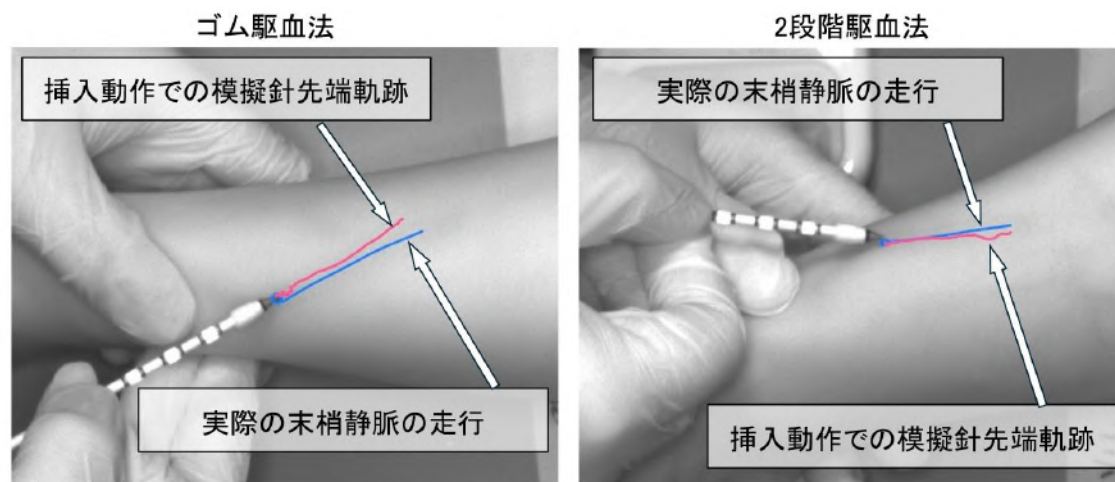


図 5. 擬針挿入動作での模擬留置針先端軌跡 (赤色) と実際の末梢静脈走行 (青色) との乖離の最大幅 (矢印) 左: ゴム駆血法、右: 2 段階駆血法 (同一の患者役)

表 2. ゴム駆血法と 2 段階駆血法における各測定項目の比較

	n	ゴム駆血法			2 段階駆血法			P value	
		mean	SD	Median (IQR)	mean	SD	Median (IQR)		
表皮から末梢静脈血管 上端までの深さ (mm)	37	駆血中	2.37	1.16	2.13 (1.54 - 3.04)	2.44	1.12	2.28 (1.59 - 3.14)	0.294
		駆血解除後	2.13	0.74	1.92 (1.58 - 2.41)	2.15	0.84	1.87 (1.57 - 2.53)	0.780
血管断面積 (mm ²)	37	駆血中	6.99	4.93	6.90 (2.23 - 10.55)	8.25	6.46	6.85 (2.98 - 11.28)	0.946
		駆血解除後	5.14	4.30	4.34 (1.25 - 8.06)	5.48	4.52	4.66 (1.41 - 8.15)	0.656
末梢静脈の触知怒張度 (看護師役)	37	1.68	0.75	2.00 (1.00 - 2.00)	2.05	0.85	2.00 (1.00 - 3.00)	0.015 *	
選定時間(秒)	37	47.00	33.60	40.00 (20.50 - 73.50)	35.38	24.32	29.00 (16.50 - 53.50)	0.035 *	
模擬針挿入動作軌跡と 血管走行の最大ずれ幅(mm)	28	2.61	1.71	2.07 (1.40 - 3.09)	1.96	0.94	1.65 (1.18 - 2.59)	0.118	

Note. Results showed by Wilcoxon Matched Pairs Test. * $P < 0.05$.

6. 考察

本研究では、通常のゴム駆血法と、中枢側を駆血する筋ミルキング効果を加えた「2 段階駆血法」を考案し、その効果を検証する実験を実施した。

2 段階駆血法は触知怒張度が有意に増加し ($P=0.015$)、選定時間が有意に短時間であった ($P=0.035$)。末梢静脈の選定が困難であると選定時間は長くなる傾向があったため⁵⁾、選定時間は末梢静脈の認知性に関連すると考えられる。そのため、2 段階駆血法は、看護師の末梢静脈の認知性を向上させると考える。

2 段階駆血法とゴム駆血法では、血管断面積および表皮から末梢静脈血管上端までの深さに有意な差はみられなかった。一方、看護師役の主観では、2 段階駆血法はゴム駆血法よりも、触知怒張度が有意に増加していた。また、2 段階駆血法とゴム駆血法で穿刺対象として選定された末梢静脈は、表皮からの距離が深いほど血管断面積が大きい傾向があった。有意な差はみられなかったものの、2 段階駆血の方が皮下から浅く血管怒張が大きくなる傾向がみられた。駆血により末梢静脈の触知が容易になることは、静脈内圧の高まりによって、

静脈断面積が大きくなるとともに、静脈が硬くなるためと考えられている¹¹⁾。先行研究は、PIVCの成功と触知可能性の高い末梢静脈との関連を示していた¹²⁾。そのため、2段階駆血法による触知怒張度の増加は、末梢静脈の認知性を向上させ、PIVCの成功につながると考える。

しかし、模擬留置針挿入動作での針先端軌跡と、実際の静脈走行のずれについては、両駆血方法に有意差はみられなかった。これは、血管が触知できることが、即、静脈走行の把握にはつながらないことを示唆すると考えられ、PIVC技能の要素を考える上で新しい視点を提案するものである。

本研究の2段階駆血法は、上肢の静脈血管を一度だけ加圧するものであるが、実際の医療現場では筋ミルキング効果を連続的に利用している。上述の採血時の上腕に対する徒手ミルキング操作では、中枢から末梢へのミルキング操作を複数回実施する。また静脈血栓塞栓症 (venous thromboembolism: VTE) の予防では、下肢に巻いたカフに機器を用いて空気を間欠的に送入して圧迫マッサージし、静脈のうっ滞を減少させる間欠的空気圧迫法が行われる¹⁴⁾。採血やPIVCの穿刺時にも、連続的あるいは波動的搾乳様に加圧を繰り返すことができれば、より静脈還流を促進でき、静脈の怒張が増すと期待できる。さらに、徒手ミルキング操作に比較して人的資源の削減にもつながる。今後は、連続的に筋ミルキング効果を実施できる駆血支援機器の開発が有用と考える。

7. 結論

医療現場で徒手にて実施されている筋ミルキング効果を単純化した、従来のゴム製駆血帯に血圧計カフによる加圧を加えた「2段階駆血法」を提案した。今回、PIVC留置を想定した上腕皮静脈への穿刺動作に対して、新たに提案する2段階駆血法の効果について実験的に評価した。その結果、2段階駆血法は、従来のゴム製駆血法よりも、末梢静脈の触知怒張度が有意に高く、また穿刺部位の選定時間も有意に短かったため、看護師の末梢静脈の認知性を向上させたことが明らかになった。先行研究により血管が触知できることがPIVC初回成功率に寄与することが示されているため、2段階駆血

法はPIVCの成功率向上に資すると期待される。

8. 研究の限界と今後の課題

今回、模擬留置針挿入動作軌跡と血管走行の最大ずれ幅については、両駆血方法に有意差は見られなかった。血管走行を認知できる、すなわち目視することの測定には限界があるため、新たな検証方法を検討する必要がある。

本研究が新たに提案する2段階駆血法は、上肢の静脈血管を一度だけ加圧するものだった。末梢静脈の怒張をさらに増し、医療現場の負担を軽減するには、筋ミルキング効果を連続で実施可能な、波動的搾乳様の駆血法を実現する駆血支援機器の開発が今後の課題である。

9. 利益相反

本研究において申告すべき利益相反はなく、適切にコントロールされ、実施した。本研究は産業技術総合研究所からの受託研究費 (CE21052-10) において、静岡県立大学で実施した。

引用文献

- 1) Jacobson, A. F., & Winslow, E. H. (2005) Variables influencing intravenous catheter insertion difficulty and failure: an analysis of 339 intravenous catheter insertions, *Heart Lung*, 34 (5), 345–359.
- 2) 炭谷 正太郎, 渡邊 順子 (2010) 「点滴静脈内注射における留置針を用いた血管確保技術の実態調査」, *日本看護科学会誌*, 30 (3), 61–69.
- 3) Murayama, R., Uchida, M., Oe, M., Takahashi, T., Oya, M., Komiyama, C., & Sanada, H. (2017), Removal of Peripheral Intravenous Catheters Due to Catheter Failures Among Adult Patients, *Journal of Infusion Nursing*, 40 (4), 224–231.
- 4) Moureau, N. L., Trick, N., Nifong, T., Perry, C., Kelley, C., Carrico, R., Leavitt, M., Gordon, S. M., Wallace, J., Harvill, M., Biggar, C., Doll, M., Papke, L., Benton, L., & Phelan, D. A. (2012), Vessel health and preservation (Part 1): a new evidence-based approach to vascular access selection and management, *Journal of Vascular Access*, 13 (3), 351–356.

- 5) 倉本 直樹, 渡邊 順子, 篠崎 恵美子 (2017) 「臨床看護師が血管確保時に実施している血管怒張を促す技術に関する調査研究」, 日本看護技術学会誌, 16, 28-35.
- 6) Perucca, R. (2009), PHERIPHERAL VENOUS ACCESS DEVICES, Infusion Nurses Society, Alexander, M., Corrigan, A., Gorski, Lisa., Hankins, Judy., Perucca, R., *Infusion Nursing: An Evidence-Based Approach - Third edition*, pp.456-479, Elsevier BV (Amsterdam, Netherlands).
- 7) Sasaki, S., Murakami, N., Matsumura, Y., Ichimura, M., & Mori, M. (2012), Relationship between tourniquet pressure and a cross-section area of superficial vein of forearm, *Acta Medica Okayama*, 66 (1), 67-71.
- 8) 森 将晏, 市村 美香, 松村 裕子, 村上 尚己, 佐々木 新介, 川崎 美奈, 平野 直美 (2011) 「簡単に適切な強さで装着出来る静脈穿刺用駆血帯の開発」, 岡山県立大学保健福祉学部紀要, 18 (1), 29-33.
- 9) 加藤 晶子, 森 将晏 (2009). 「静脈穿刺に用いる駆血帯装着時の駆血帯の張力と静脈怒張度との関係および怒張度に影響する身体的要因についての検討」, 日本看護技術学会誌, 8 (3), 42-47.
- 10) Schindelin, J., Arganda-Carreras, I., Frise, E., Kaynig, V., Longair, M., Pietzsch, T., Preibisch, S., Rueden, C., Saalfeld, S., Schmid, B., Tinevez, J. Y., White, D. J., Hartenstein, V., Eliceiri, K., Tomancak, P., & Cardona, A. (2012), Fiji: an open-source platform for biological-image analysis. *Nature Methods*, 9 (7), 676-682.
- 11) 松村 裕子, 市村 美香, 佐々木 新介, 村上 尚己, 森 将晏, 荻野 哲也 (2012) 「静脈穿刺に有効な静脈怒張を得るための適切な駆血圧と静脈怒張に関与する客観的指標について」, 岡山県立大学保健福祉学部紀要, 19, 31-38.
- 12) Carr, P. J., Rippey, J. C. R., Cooke, M. L., Trevenen, M. L., Higgins, N. S., Foale, A. S., & Rickard, C. M. (2019), Factors associated with peripheral intravenous cannulation first-time insertion success in the emergency department, *BMJ Open*, 9 (4), e022278.
- 13) Kuramoto, N., & Watanabe, Y. (2022), Effectiveness of using near-infrared vein visualizers by nurses in promoting successful peripheral venous catheterization in patients receiving chemotherapy, *Journal of International Nursing Research*, 1 (1), e2021-0014.
- 14) 日本循環器学会, 日本医学放射線学会, 日本胸部外科学会, 日本血管外科学会, 日本血栓止血学会, 日本呼吸器学会, 日本静脈学会, 日本心臓血管外科学会, 日本心臓病学会, 日本肺高血圧・肺循環学会 (2020) 『肺血栓塞栓症および深部静脈血栓症の診断、治療、予防に関するガイドライン(2017年改訂版)』, https://www.j-circ.or.jp/cms/wp-content/uploads/2017/09/JCS2017_ito_h.pdf
(最終アクセス日: 2024年10月31日)