HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	高齢患者の末梢静脈留置針挿入部位における温罨法の安全性と静脈拡張効果
Author(s)	安田, 佳永
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(看護学)
Dissertation Number	甲第15830号
Issue Date	2024-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k15830
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/97093
Type	doctoral thesis
File Information	Kae_Yasuda.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文

高齢患者の末梢静脈留置針挿入部位における温罨法の安全性と静脈拡張効果

安田　佳永

北海道大学大学院保健科学院
保健科学専攻看護学コース

２０２３年度

目次

要旨

序章 …… 1
Ⅰ．背景と目的 …… 1
Ⅱ．本論文の構成 …… 3

第 1 章　末梢静脈留置針挿入の現状と穿刺成功に関する課題…… 4
Ⅰ．血管アクセス法における末梢静脈留置針挿入の位置づけと概要…… 4
Ⅱ．末梢静脈留置針の初回穿刺の重要性と穿刺成功に関連する要因…… 6
Ⅲ．末梢静脈留置針の初回穿刺を成功させるための方策と課題…… 8

第 2 章　末梢静脈留置針挿入時の安全で短時間に静脈拡張を促す温罨法に関する文献検討
…… 12
Ⅰ．目的 …… 12
Ⅱ．方法 …… 12
Ⅲ．結果 …… 13
Ⅳ．考察 …… 17

第 3 章　携帯型超音波装置の皮静脈測定における信頼性・妥当性の予備的検討…… 30
Ⅰ．背景と目的 …… 30
Ⅱ．方法 …… 30
Ⅲ．結果 …… 35
Ⅳ．考察 …… 37

第 4 章　研究Ⅰ．末梢静脈留置針挿入部位におけるホットタオル（湿熱・乾熱）とホット
パックの静脈拡張効果の比較：準実験研究デザイン…… 38
Ⅰ．背景 …… 38
Ⅱ．方法 …… 39
Ⅲ．結果 …… 44
Ⅳ．考察 …… 55
Ⅴ．結論 …… 56
Ⅵ．倫理的配慮 …… 56

第 5 章　研究Ⅱ．高齢患者の末梢静脈留置針挿入部位における温罨法の安全性と静脈拡張効果の検証 …… 60
Ⅰ．背景 …… 60
Ⅱ．方法 …… 61
Ⅲ．結果 …… 65
Ⅳ．考察 …… 75
Ⅴ．結論 …… 76

終章 …… 77

文献リスト
研究業績一覧

要旨

Ⅰ．背景

持続的な輸液や輸血，薬剤投与を目的に実施される血管アクセス法の 1 つに，末梢静脈留置針（peripheral intravenous catheter: PIVC）が使用されている．PIVC は世界中で毎年 10 億人以上, 入院患者の約 80%が挿入を経験している. このように基本的な医療処置である PIVC 挿入を, 安全かつ苦痛少なく実施するためには, 1 回で穿刺を成功させることが重要である. しかし，近年も PIVC 挿入の初回失敗率は，成人患者において 30%と横ばいで経過し，高齢患者においては 39%と高い傾向にある.

PIVC 挿入を 1 回で成功させるためには，静脈を十分に拡張させ，針の挿入に適した静脈の選択肢を増やし，最適な穿刺部位選択のアセスメントへとつなげることが重要である．挿入部位に加温物品を貼用する温罨法は，医療従事者が経験的に効果を認識する静脈拡張手技の 1 つである．臨床では，ホットパックやホットタオル（湿熱法・乾熱法）が使用されているが，最も静脈拡張効果の高い方法は明らかにされていない．また，高齢患者における温罨法の静脈拡張効果も明らかにされていない．血管は加齢に伴い内壁が肥厚し弾力性が低下するだけでなく，内皮機能も低下する．そのため，PIVC 挿入の初回失敗率が高い高齢患者において，温罨法が駆血のみよりも静脈拡張を促すのか，どの程度の割合で効果的か，また安全に実施できるかを慎重に検討する必要がある．そこで，本研究は，高齢患者の PIVC 挿入部位における温罨法の安全性と静脈拡張効果を明らかにすることを目的とした.

Ⅱ．末梢静脈留置針挿入部位におけるホットタオル（湿熱・乾熱）とホットパックの静脈拡張効果の比較：準実験研究デザイン

【目的】PIVC 挿入部位における駆血帯装着前のホットタオル（湿熱法・乾熱法）とホットパックの使用による静脈拡張効果を比較すること.

【方法】18–29 歳の健康な女性 88 名を対象とした準実験研究を行った．対象者に，対照条件（駆血），タオル湿熱法（ホットタオルを直接貼用），タオル乾熱法（ホットタオルをビニール袋に包んで貼用），ホットパック法を全て実施した．対照条件は，測定部位より 10 cm 中枢を，メモリ付き駆血帯を用いて 75 mmHg で 30 秒間駆血した．各温罨法条件は，物品表面温度を 40±2 ℃に加温して前腕に 7 分間貼用し，除去 4 分 30 秒後から対照条件と同様の方法で駆血を行った．静脈径を主要評価指標とし，副次評価指標として静脈深，静脈評価スコア（触知可視性），皮膚表面温度，角質水分量，あたたかさの主観的評価を測定した．対照条件と各温罨法条件の比較，温罨法条件間の比較により静脈拡張効果を検討した.

【結果・考察】介入前後の静脈径の変化量は，ホットパック法とタオル乾熱法は対照条件より有意に大きかったが（P<.001，P=.016），タオル湿熱法は有意に小さかった（P<.001）．温罨法条件間の比較では，介入後の静脈径と静脈評価スコアは，ホットパック法とタオル乾熱法との間に有意差は認められず，効果量は非常に小さかった（d<0.20）．しかし，介入後のタオル湿熱法は，ホットパック法とタオル乾熱法よりも有意に小さかった（P<.001）．皮膚表面温度や主観的評価もホットパック法とタオル乾熱法の間に有意差は認められなかった

が，タオル湿熱法は他の 2 条件より有意に低かった（P<.001）．角質水分量の変化量も，ホットパック法とタオル乾熱法の間に有意差は認められなかったが，タオル湿熱法は他の 2 条件より有意に大きかった（P<.001）．これらの結果より，ホットパック法とタオル乾熱法は，温罨法後の気化熱をタオル湿熱法より防ぐため，有効な静脈拡張効果を得られることが明らかになった．また，資源の限られる在宅医療や災害時においてタオル乾熱法がホットパック法の代用として活用できる可能性が示唆された．

Ⅲ．高齢患者の末梢静脈留置針挿入部位における温罨法の安全性と静脈拡張効果の検証

【目的】高齢患者の駆血帯装着前の温罨法の安全性を確認し，静脈拡張効果を駆血帯装着のみと比較すること．

【方法】準実験研究デザイン．一般総合病院に入院する 65 歳以上の患者 88 名（79.3±8.1 歳，女性: 49 名，BMI: 22.0±3.8 kg/m^2）を対象とした．対象者は，1）対照条件（75 mmHg で 30 秒間の駆血），2）温罨法条件（40±2 ℃のホットパックを 7 分間前腕に貼用後，駆血）の順で同日に介入を受けた．各介入前後に静脈径，静脈深，静脈評価スコア（触知可視性），皮膚表面温度を測定し，介入部位の皮膚状態を観察した．

【結果・考察】対象者は，高血圧症を含む循環器疾患を有した患者が最も多く（79.5%），整形外科疾患患者（39.8%）や糖尿病患者（31.8%）などが含まれた．全ての患者において有害事象に関連する皮膚トラブルは認められず，安全に実施できることを確認できた．静脈拡張効果について，温罨法条件は対照条件と比較して，介入後の静脈径は大きく（平均差 [95% 信頼区間] = 0.40 [0.34–0.46] mm），静脈深は浅かった（0.13 [0.03–0.24] mm）．介入後の静脈評価スコアより，温罨法条件は対照条件より触知性が改善した割合が高かった．また，駆血のみで静脈が触知できない患者（29 名，32.9%）においても，温罨法条件の介入後の静脈径は対照条件より有意に大きく（P<.001），約半数（14 名）の触知性が改善した．一方，静脈の触知性は改善しない患者も半数（全体の 17%）存在した．これらの結果より，駆血のみで静脈が触知できない高齢患者においても，まず温罨法で静脈の拡張を促し，触知性を評価することが必要と示唆された．また，温罨法が有効に作用する割合が明らかになった本研究結果は，PIVC 挿入の成功率を高める戦略を検討する上で新たな知見である．

Ⅳ．結論・臨床実践への示唆

高齢患者の PIVC 挿入部位においても，温罨法は安全に静脈拡張を促し，駆血のみで静脈が触知できない患者の半数の触知性を改善した．したがって，PIVC 挿入の成功率が低い高齢患者においても，駆血のみで静脈が触知できない場合の最初の手段として，温罨法の実施が必要と考える．なぜなら，温罨法は低コストの物品を 7 分間という短い時間貼用するだけで，静脈拡張効果を期待できるからである．また，ホットパックだけでなく，ホットタオルも同様の静脈拡張効果を得られることが明らかになったため，災害時や在宅医療など資源が限られた環境においても実施可能な温罨法の汎用性は高いと考える．温罨法後は静脈の触知性をアセスメントし，他の静脈拡張手技の追加や，静脈の走行を可視化できるデバイスなど別の手段を組み合わせることで，PIVC 挿入の更なる成功率向上を期待できる．

序章

Ⅰ．背景と目的

持続的な輸液や輸血，薬剤投与を目的に実施される血管アクセス法には，末梢静脈留置針（peripheral intravenous catheter: PIVC）や末梢挿入型中心静脈カテーテル（peripherally inserted central venous catheter: PICC），中心静脈カテーテル（central venous catheter: CVC）などが使用されている．PICC や CVC は，末梢静脈より太く中枢の中心静脈に挿入するため，刺激性・高浸透圧性の薬剤投与や，長期的な治療が可能である反面，静脈血栓症のリスク，肺や心臓への誤穿刺など侵襲リスクが高いデメリットがある．一方，PIVC は短期間（7 日未満）の投与や，低刺激性・非発泡性・低浸透圧性の薬剤投与時に使用が推奨されている（日本 VAD コンソーシアム，2016）．緊急時には投与物質に関わらず一時的な使用も認められており（Pittiruti et al., 2021），世界中で毎年 10 億人以上，入院患者の約 80%が PIVC 挿入を経験している（Berlanga-Macías et al., 2022; Webster et al., 2019）．

このように基本的な医療処置である PIVC 挿入を，安全に苦痛少なく実施するためには，1 回の挿入で成功させることが重要である．しかし，Sabri ら（2013）のレビューによると，成人患者への初回 PIVC 挿入は 12–26%が失敗し，近年においても初回失敗率は約 30%と横ばいで経過している（Carr et al., 2019; Keogh et al., 2020）．さらに，高齢患者への初回失敗率は 39%（Yalçınlı et al., 2019）と成人患者より高い傾向にある．PIVC 挿入の失敗は，複数回の針の穿刺による疼痛，神経損傷や動脈穿刺などの合併症，治療開始遅延を生じるリスクを伴うことから，患者と医療コストの両方の側面において無視できない問題である．

近年，PIVC 挿入が困難な場合に実施されている超音波ガイド下穿刺（Berlanga-Macías et al., 2022）においても，成功率に静脈のサイズが影響することが報告されている（Panebianco et al. 2009）．そのため，どのような場合においても，PIVC 挿入を 1 回で成功させるためには，静脈を十分に拡張させ，針の穿刺に適した静脈の選択肢を増やすことが重要である．

穿刺部位に加温した物品を貼用する温罨法は，技術書でも実施が推奨されている静脈拡張手技である（Gorski et al., 2021）．40±2 ℃の温熱刺激が皮膚に加わることで温熱受容器から血管内皮に作用し，血管拡張物質である一酸化窒素（nitric oxide: NO）などが放出され静脈が拡張する（Liu et al., 2021; Roberge et al., 2004）．実際に，米国の医療従事者の約 73%が温罨法実施を経験し（Kiger et al., 2014），国内では医療従事者の約 60%が末梢静脈穿刺困難時の効果的な援助方法に温罨法を挙げた（佐々木, 2016）．その他にも静脈拡張手技として，静脈のタッピング（軽く叩く）や前腕のマッサージが実施されているが，PIVC の挿入部位である前腕皮静脈において十分な静脈拡張効果を認めず，温罨法との併用が有効であると示唆された（Yasuda et al., 2023A）．

PIVC 挿入時の温罨法は，主にホットパック（乾熱，65%）やホットタオル（26%）が使用されている．一般的に，湿熱刺激は乾熱刺激より熱伝導率が高いため，皮膚血流量の増加も

高いことが報告されている（Igaki et al., 2014）．乾熱法であるホットパックの使用については，健常成人を対象に駆血帯装着前に実施することで，駆血のみよりも静脈径と静脈断面積を有意に増大させ（Yamagami et al., 2017），PIVC の初回挿入成功率も有意に高かったことが報告されている（Simón-López et al., 2020）．一方、ホットタオルについては，タオルを直接貼用する湿熱法（9%）と乾燥物品で包んで貼用する乾熱法（17%）が実施されている（Kiger et al., 2014）．しかし，成人血液腫瘍内科患者を対象とした PIVC 挿入時のホットタオル温罨法について，乾熱法は湿熱法よりも初回成功率が有意に高かったが，静脈の触知性と可視性に有意差は認められなかったと報告された（Fink et al., 2009）．そのため，両者の静脈拡張効果にどの程度差異が生じていたか，乾熱法において静脈の拡張が PIVC 挿入の成功率を高めたかどうかは不明であった．

このように，PIVC 挿入時の温罨法は，熱伝導に影響する物品素材や湿熱・乾熱刺激の観点において，実施方法が混在している．しかし，これらの方法のうち確実な PIVC 挿入に繋がる最も静脈拡張効果の高い方法は明らかにされていない．また，高齢患者における温罨法の静脈拡張効果も不明である．血管は加齢に伴い内壁が肥厚し弾力性が低下するだけでなく，NO の放出に関連する内皮機能も低下する（Molnár et al., 2021）．実際に，高齢者への前腕加温による皮膚血流の増加率は，若年成人より有意に低かったことが報告されている（Petrofsky et al., 2011）．そのため，温罨法の静脈拡張効果について，成人のエビデンスを高齢患者にも転用できるとは言い切れない．成人患者より PIVC の挿入成功率が低い高齢患者において，温罨法が駆血のみよりも静脈拡張を促すのか，効果があるのはどの程度の割合かなどを慎重に検討する必要がある．同時に，加齢に伴い皮膚組織の脆弱性が増す高齢患者に対し，温罨法が安全に実施できるか確認することも必要である．

そこで，本論文では，高齢患者の PIVC 挿入部位における温罨法の安全性と静脈拡張効果を明らかにすることを目的とした．人口の急激な高齢化に伴い，PIVC の挿入は成功率の低い高齢者への需要が高まることが容易に予測できる．高齢患者において温罨法の安全性と静脈拡張効果を明らかにすることは，PIVC 挿入時の最適な血管選択に寄与し，穿刺に失敗による患者の苦痛や医療コストの増大を防ぐことができる可能性があるため意義のあることと考える．

本論文の目的，高齢患者の PIVC 挿入部位における温罨法の安全性と静脈拡張効果を明らかにするために，以下の 2 段階の研究を行う．

1. 健常成人において最も静脈拡張効果の高い温罨法を明らかにするために，駆血帯装着前のホットタオル（湿熱法・乾熱法）とホットパックの使用による静脈拡張効果を比較する．
2. 高齢患者における温罨法の安全性と静脈拡張効果を明らかにするために，高齢入院患者への駆血帯装着前の温罨法の安全性を確認し，静脈拡張効果を駆血帯装着のみと比較する．

Ⅱ．本論文の構成

本論文は第 1 章から第 5 章までで構成される．

第 1 章：末梢静脈留置針挿入の現状と穿刺成功に関する課題

現在の文献や技術書をもとに，PIVC 挿入の位置づけや概要，初回成功に関連する要因と PIVC の初回挿入を成功させるための方策をまとめ，課題を検討した．

第 2 章：末梢静脈留置針挿入時の安全で短時間に静脈拡張を促す温罨法に関する文献検討

PIVC 挿入時の温罨法に関する国内外の実態調査と介入研究において，実践される温罨法の方法や対象者にもたらされる影響，得られる静脈拡張効果の特徴を明らかにし，安全で短時間に静脈拡張効果が得られる方法と今後の課題を検討した．

第 3 章：携帯型超音波装置の皮静脈測定における信頼性・妥当性の予備的検討

静脈拡張効果検証に向けて，表在性の前腕皮静脈においても携帯型超音波装置を用いることが可能かを確認する必要があると考えた．そこで，前腕皮静脈の静脈径と静脈深の測定において，携帯型超音波装置の評価者内信頼性，評価者間信頼性，据え置き型超音波装置との併存的妥当性と駆血帯装着による反応性を検討した．

第 4 章：研究Ⅰ．末梢静脈留置針挿入部位におけるホットタオル（湿熱・乾熱）とホットパックを用いた温罨法の静脈拡張効果の比較: 準実験研究デザイン

文献検討より，PIVC 挿入時の温罨法は物品素材や湿熱・乾熱刺激の観点から，温罨法の実施方法は混在しており，より高い静脈拡張効果を得られる方法は不明である課題が明らかになった．そこで，PIVC 挿入部位への駆血帯装着前のホットタオル（湿熱法・乾熱法）とホットパックの静脈拡張効果を駆血のみと比較した．

第 5 章：研究Ⅱ．高齢患者の末梢静脈留置針挿入部位における温罨法の安全性と静脈拡張効果の検証

温罨法の静脈拡張効果は，健常成人や成人患者，小児患者に対して報告されているが，血管内皮機能の低下した高齢患者への静脈拡張効果や安全性は明らかにされていない．第 4 章では，ホットパックやタオル乾熱法は駆血のみよりも有意な静脈拡張効果を示したことが報告された．そこで，第 5 章では高齢入院患者の末梢静脈留置針挿入部位における温罨法の安全性を確認し，静脈拡張効果を駆血のみと比較して検討した．

終章

本論文における結論を記述し，臨床実践への示唆と今後の課題について検討した．

第 1 章

末梢静脈留置針挿入の現状と穿刺成功に関する課題

Ⅰ．血管アクセス法における末梢静脈留置針挿入の位置づけと概要

静脈内への輸液や輸血，薬剤などの投与は，基本的な処置として広く実施される医療行為であり，投与経路を確保するデバイスは血管アクセス装置（vascular / venous access device: VAD）と称される（Gorski et al., 2021; Matey & Camp-Sorrell, 2016）．VAD のうち，持続的な投与を目的に静脈内に留置するものは，末梢静脈留置針（peripheral intravenous catheter: PIVC），末梢挿入型中心静脈カテーテル（peripherally inserted central venous catheter: PICC），非トンネル型中心静脈カテーテル（central venous catheter: CVC），埋め込み型中心静脈カテーテル（CV ポート），トンネル型中心静脈カテーテル（トンネル型 CVC）に分類される（日本 VAD コンソーシアム, 2016）．投与物質の侵襲性や治療期間により推奨される VAD は異なる（図 1）．

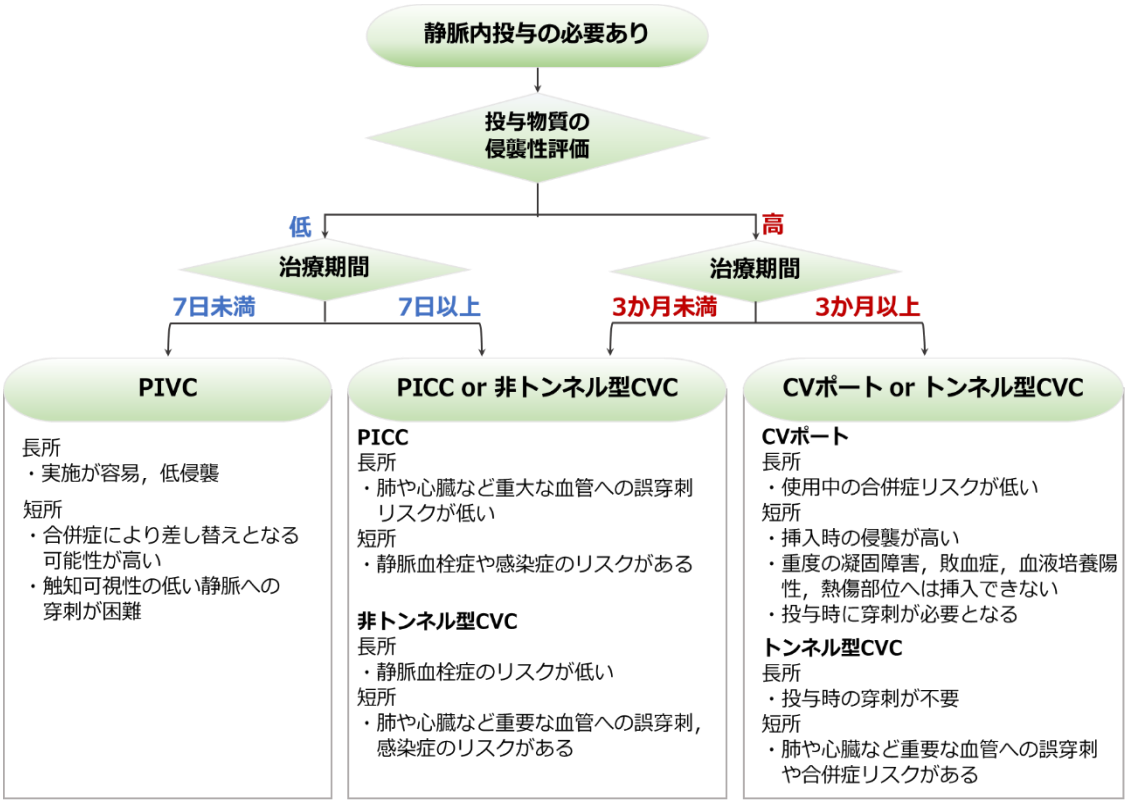


図 1．血管アクセス装置の選択アルゴリズム
（日本 VAD コンソーシアム, 2016; Gorski et al., 2021 を参考に作成）

PIVC は，金属製の内針とテフロンやポリウレタンのような柔らかいプラスチック製の外筒で構成され（図 2），静脈内への挿入後，内針が抜去され外筒のみ留置される．推奨される使用状況は，7 日未満と短期間の使用や，低刺激性・非発泡性・低浸透圧性の薬剤や輸血投与時であるが，緊急時においては投与物質に関わらず一時的な使用が認められている（Pittiruti et al., 2021）．世界中で毎年 10 億人以上の患者に使用され，入院患者の最大 80%が穿刺を経験するように（Berlanga-Macías et al., 2022; Webster et al., 2019），血管アクセスにおける PIVC の需要は非常に高い．PIVC にはショートタイプ（short peripheral intravenous catheter: SPC）とロングタイプ（long peripheral intravenous catheter: LPC），ミッドラインカテーテル（midline catheter: MC）の 3 種類が存在する．SPC は，長さ 3–6 cm，外径 1 mm 程度（0.46–2.00mm）を有し，LPC は深い位置に存在する静脈への挿入を目的に開発されたカテーテルで長さ 6 cm 以上を有する．MC も，SPC より長く腋窩の高さに位置するような上腕の末梢静脈に挿入するカテーテルである（Gorski et al., 2021）．本邦において医療機器承認を得ているのは SPC のみである（日本看護理工学会，2022）ため，以降，本論文における PIVC は SPC として論述する．

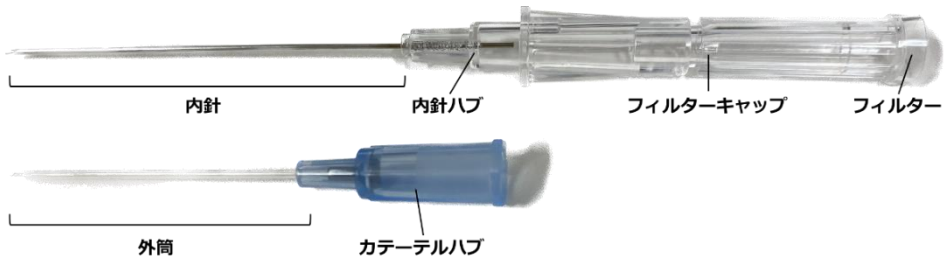


図 2．末梢静脈留置針の構造

PIVC 以外の VAD は，いずれも末梢静脈より太く中枢に位置する中心静脈へのアプローチとなる．これらは，刺激性・高浸透圧性の薬剤投与や，長期的な治療において使用が推奨されている．末梢静脈への PIVC 挿入が困難な場合においても中心静脈へのアプローチが実施されるが，各デバイスにはそれぞれ長所と短所が存在する（図 1）．PICC は主に上腕の末梢静脈から穿刺し，中心静脈にカテーテルを挿入するため，肺や心臓など重大な血管を傷つけるリスクは低い．しかし，末梢静脈から挿入することや上肢の運動に伴い，カテーテルが血管内膜を傷つけ静脈血栓症を生じるリスクがある（Chopra et al., 2013）．非トンネル型 CVC, CV ポート，トンネル型 CVC は，中心静脈から穿刺を行うため静脈血栓症のリスクは少ないが，肺や心臓に近い静脈に穿刺するため，誤穿刺などの侵襲リスクは高く，重度の凝固障害や敗血症等を有する患者においては実施が困難な場合がある（Gorski et al., 2021）．このように各デバイスの特徴を踏まえ，使用時にメリットがデメリットを上回る方法を選択することが重要であると言える．

Ⅱ．末梢静脈留置針の初回穿刺の重要性と穿刺成功に関連する要因

PIVC は，手技の簡便性や低侵襲性，患者への高い実施割合から，最も一般的な医療処置の一つとされている（Bahl et al., 2021）. PIVC の挿入を安全に苦痛少なく実施するためには，1 回で挿入を成功させることが重要である．しかし，Sabri ら（2013）のレビューによると，成人患者への初回 PIVC 挿入は 12–26%が失敗し，近年においても初回失敗率は約 30%と横ばいで経過している（Carr et al., 2019; Keogh et al., 2020）．さらに，高齢患者への初回失敗率は 39%（Yalçınlı et al., 2019）と成人患者より高い傾向にある．PIVC の初回穿刺の失敗は，患者に対し複数回の穿刺を強いることになり，穿刺時に痛みや不安を伴うだけでなく，神経損傷や動脈穿刺などの合併症リスクが高まる（Bahl et al., 2021）．また，PIVC の留置までに時間を要するため，治療や検査の開始も遅れることとなる．PIVC の穿刺部位は視診や触診により太く弾力性を有するまっすぐな走行の静脈が選択される（Infusion Nurses Society, 2009; Masamoto & Yano, 2021）ことから，2 回目以降の穿刺では初回よりも穿刺に適した静脈の選択肢が少なくなり，肘窩や手首，足背など留置に最適とは言えない位置へ PIVC が留置される可能性もある（Armenteros-Yeguas et al., 2017）．関節付近に位置するこれらの部位への穿刺は，患者の日常生活動作により留置された PIVC が血管を逸脱し，薬剤の血管外漏出などの合併症リスクを高める（Liu et al., 2022; Marsh et al., 2021）．複数回の針の穿刺や合併症による治療の追加は，患者に伴う苦痛と医療コストを増大させることから，無視できない問題と言える．

PIVC の穿刺が困難な状態は一般的に，DIVA（difficult intravenous access）と称される．成人入院患者における DIVA の関連要因を検討したシステマティックレビューとメタアナリシスでは, 研究間の方法論的不均一性により肥満（高 BMI, OR: 1.48, 95%CI: 1.03–1.93, p = .016）のみが統計的に有意な因子として報告された（Rodríguez-Calero et al., 2020）．その他，システマティックレビューの対象となった研究において挙げられた統計的に有意な患者要因は主に，高齢，女性，糖尿病，腎不全，非経口薬物の乱用，がん化学療法，触知・可視性の低い静脈，直径が小さい静脈，PIVC の穿刺が困難な経歴であった（Armenterous-Yeguas et al., 2017; Carr et al., 2016;Fields et al., 2014; Loon FHJV et al., 2016; Piredda et al., 2017; Sebbane et al., 2013; Witting et al., 2017）．別のシステマティックレビューにおいても，DIVA は「医療従事者が従来の方法により PIVC の穿刺に 2 回以上失敗した場合，DIVA を示唆させる身体所見（例：目に見える静脈や触知できる静脈がない），または患者には DIVA の記載または文書化された病歴がある」と定義づけられた（Bahl et al., 2021）．これらのシステマティックレビューにおいて挙げられた DIVA の患者要因はいずれも，細く，触知・可視性の低い静脈に帰結すると考えられる（表 1）．PIVC は一般的に，医療従事者が患者の静脈を視診や触診を用いて観察し，穿刺に適した静脈を選択する（Gorski et al., 2021）．よって，PIVC の穿刺を成功させるためには，穿刺に適した静脈を選択できるよう，静脈の触知性や可視性を高めることが重要と言える．

表 1．DIVA の主な患者要因とその根拠

患者要因	根拠
高齢	加齢により静脈壁は肥厚し，弾力・柔軟性が低下することで静脈の拡張が促進されにくくなり（Molnár et al., 2021），静脈の触知可視性が高まりにくくなる．また，静脈壁の細胞変性により蛇行しやすくなる（Yang et al., 2009）.
女性	男性と比較しての血管径が小さく（Kropman et al., 2014），弾性も低い（Mansur et al., 2018）ため拡張が促されにくく，静脈の触知可視性も高まりにくい．また，男性と比較して皮下脂肪が厚い（Ludescher et al., 2011）傾向性から，静脈が深い位置に存在し，触知可視性が低い可能性が考えられる.
高 BMI（肥満）	高 BMI（肥満）は一般的に皮下脂肪が多く，皮膚表面から静脈までの距離が増すことから静脈の触知可視性が低い（Brandt et al., 2016）．また，肥満は糖尿病や心血管疾患，腎疾患などとも関連する（World Health Organization, 2022）ため，それらの病態や治療による血管変性が影響している可能性がある.
糖尿病	高血糖状態が続くことで血液中に増加したブドウ糖により内皮細胞が傷つけられ，静脈壁が肥厚，弾力・柔軟性が低下し拡張が促進されにくくなる（Paneni et al. 2013）ため，触知可視性が高まりにくい.
腎不全	遺伝，高血糖，高コレステロール，高血圧，肥満，喫煙など複数の要因と関連し，血管内皮細胞の機能不全が生じることにより静脈壁の弾力・柔軟性が低下し拡張が促進されにくくなる（Siddiqui et al., 2017）ため，触知可視性が高まりにくい.
非経口薬物投与 がん化学療法	針の穿刺による血管壁の物理的損傷と，薬剤の pH や浸透圧による血管内皮および平滑筋の科学的損傷（Cameron et al., 2016; Frazier et al., 2015）により静脈壁に炎症が生じて肥厚，弾力・柔軟性が低下するため，触知可視性が高まりにくい.
直径が小さい静脈	静脈自体が細いため，当然触知可視性も低く，針の挿入が困難なことが予測される.

Ⅲ．末梢静脈留置針の初回穿刺を成功させるための方策と課題

Ⅲ－1．静脈可視化装置と超音波装置によるガイド下穿刺

PIVC の穿刺を援助する方策として，技術書では「静脈可視化装置（hand held vein finder, near infrared device）」や「超音波装置」の使用が紹介されている（Gorski et al. 2021; Infusion Nurses Society, 2009）．これらは，静脈の走行や位置関係を可視化する機械である．

静脈可視化装置は，近赤外線光により静脈周囲の組織は反射され，脱酸素化された静脈血は周辺組織よりも暗くなることで皮膚上において静脈の走行を映し出す（Robert, 2023）．主に新生児・小児患者を対象とした研究において有効性が検証されてきたが，23 件の研究を対象としたスコーピングレビューでは，急性期医療，集中医療，手術室環境での使用が推奨された一方，一般的な小児患者への有効性は結論付けられなかった（Vayas et al., 2021）．成人・高齢患者においては，静脈の視覚化を改善する報告がいくつか認められる一方，PIVC の挿入を容易にするエビデンスは限られ，トレーニングの適切なモデルは未だ開発されていないことが指摘されている（Pittiruti et al., 2021）．また，化学療法患者に対する実態調査では，従来の視診や触診による穿刺と比較し有意に触知可視性が低い静脈に対して装置が使用されたが，穿刺が成功した事例は失敗した事例と比較して有意に触知性の高い静脈であったことが報告された（Kuramoto & Watanabe, 2021）．これらより，静脈の可視化は走行や位置関係を把握することに有用である一方, PIVC の穿刺成功には不十分な可能性があり，静脈を拡張させ触知性を高めることが必要であると示唆された．

超音波装置は，プローブから放たれる超音波により静脈や周辺組織を画面上に映し出す．超音波ガイド下穿刺に関するアンブレラレビューでは，従来の PIVC 挿入と比較し，成人と小児の両方で成功率が向上し，穿刺回数が減少したことが報告された（Berlanga-Macías et al., 2022）．実践に際しては，世界的に教育プログラムが開発されている．医療従事者への教育指導方法に関する 35 論文を対象としたシステマティックレビューでは，教育に必要な時間の中央値は 2.5 時間だが，最短 1.5 時間から最長 91.5 時間と幅広く，学習曲線による予測においては穿刺を 40 回重ねることで初回成功率を 98%まで高める可能性が報告された（Hoskins et al., 2023; van Loon et al., 2022）．本邦においても，2019 年以降に次世代看護教育研究所より「失敗しない！末梢静脈カテーテル留置コース」が開設され，初級コースは E ラーニング 1 日と技術講習会 1 日，中級コースは E ラーニング 1–2 か月程度と客観的臨床能力試験により修了が認められている（費用 : 約 4 万円）．そして，日本看護理工学会から「エコーを用いる点滴トラブル予防を目指した末梢静脈カテーテル留置技術」が 2022 年に出版された．しかし，実態調査が存在しないものの，超音波装置の購入は携帯型で 40 万円程度からと決して安価ではなく，手技の取得に時間や費用を要することから，全国的に広く普及するには時間を要することが懸念される．また，超音波ガイド下穿刺時も，静脈の直径が 1mm 大きくなる毎に成功率は 1.79 倍増加することが報告されている（Panebianco et al. 2009）．そのため，いずれの装置を使用する場合においても，前提条件として静脈を十分に拡張させることが重要と考えられる．

Ⅲ－2．静脈拡張手技

静脈の拡張を促し，触知・可視性を高め PIVC の穿刺に適した静脈を選択することは，PIVC の初回穿刺を成功させるための標準的な方法として手順の初めに記載されている（Gorski et al., 2021; Infusion Nurses Society, 2009）．特に駆血帯の装着は，ほとんどの場合に実施される静脈拡張手技である．一般的には，穿刺部位より 7–10cm 中枢を，静脈の血流を遮断し動脈の血流を保持する程度に 30 秒から 1 分間装着することで，駆血部位より末梢の静脈がうっ血し静脈の拡張が促される（Ortega et al., 2008; World Health Organization, 2010）．ゴム駆血帯の使用においては，約 60–80mmHg で 30 秒間の駆血が静脈拡張効果を高め，駆血による対象者の苦痛が最小限であった点から推奨されている（Sasaki et al., 2012）．その他，駆血方法としてベルト駆血帯やマンシェットによる加圧などが使用されている．

上肢下垂やクレンチング（手指開閉），静脈のタッピング，前腕のマッサージは，駆血帯装着後も静脈の拡張が不十分であった場合に物品を必要としない方法である（Infusion Nurses Society, 2009）．マッサージは，PIVC の穿刺成功率が高い熟練看護師の半数以上が目視困難な静脈を有する高齢者に対する穿刺部位選定において実施していたことが報告されている（柾本・矢野，2018）．各手技の静脈拡張メカニズムは以下のとおりである．上肢下垂は，PIVC の穿刺推奨部位である前腕を心臓より低い位置に下げることで，重力により血液を末梢に充満させ，末梢の皮静脈を拡張させる（Sabri et al., 2013）．クレンチングは，手指の開閉により前腕の筋組織が可動し深部静脈や動脈が収縮することで，表在静脈へ血液が流入して拡張が促される（Stanley & Malamed, 2010）．タッピングは，穿刺部位を軽く叩くことにより静脈内皮にせん断応力などの機械的ストレスが加わり生じる NO や，軸索反射により生じるカルシトニン遺伝子関連ペプチド（CGRP）により静脈の拡張が促される（Hendry & Hsiao, 2013; Lu & Kassab, 2011）．マッサージは，駆血帯の装着と併用し末梢から中枢にかけ実施することで，穿刺部位をうっ血させ拡張を促すとされている（Roberge, 2004; Sabri et al., 2013）．

これらの手技のうち，外来における 143 の血管確保場面を観察した研究では，マッサージ（39.2%）やタッピング（32.9%）の実施割合が高かった（倉本ら，2017）．Yasuda et al. (2023A) は，PIVC の穿刺推奨部位である前腕皮静脈に対する駆血帯装着後のタッピングやマッサージの追加による静脈拡張効果を検証した．しかし，各手技の追加は駆血帯の装着のみと比較して静脈径や静脈の触知性に有意な変化を認めなかったことが報告された．さらに，PIVC の挿入が困難とされる駆血帯装着後の静脈径が 3mm 未満と細い対象者においても同様の結果であり，15 分間の前腕温罨法を実施した先行研究（Yamagami et al., 2017）よりも静脈径の変化率が小さかった．これらの結果より，前腕皮静脈に対しては，駆血帯の装着のみで十分に拡張が促されなかった場合は，その他の方法による拡張効果の検証や温罨法の実施を検討する必要があることが示唆された（Yasuda et al., 2023A）．

温罨法は，加温した物品を PIVC の穿刺部位に貼用し，静脈の拡張を促す方法として技術書でも推奨されている（Gorski et al., 2021）．皮膚熱傷などの安全性を考慮すると，40±2 ℃に加温した物品を貼用することで血管拡張物質が放出され皮静脈が拡張し，拡張部位の血流が増加するされている（Roberge. 2004; Sabri et al., 2013）．具体的には，表皮細胞や血管内皮細胞に存在する transient receptor potential vanilloid 4 (TRPV 4) チャネルの活性化により，血管拡張物質である NO が放出されるためである（図 3，Baylie & Brayden, 2011; Liu et al., 2021）．これらは，膜貫通非選択的カルシウム透過性イオンチャネルに分類され，無害な範囲の温かさ（約 27 ℃ 以上）を感知することで反応し（Kashio & Tominaga, 2022），血管内皮にカルシウムイオンが流入し，NO が産生される（Moore, 2022）．また，TRPV3 チャネルは感覚神経にも存在するため，温熱刺激が加わることで生じる軸索反射により血管拡張物質である CGRP も放出されることが示唆されている（Fromy et al., 2018）．

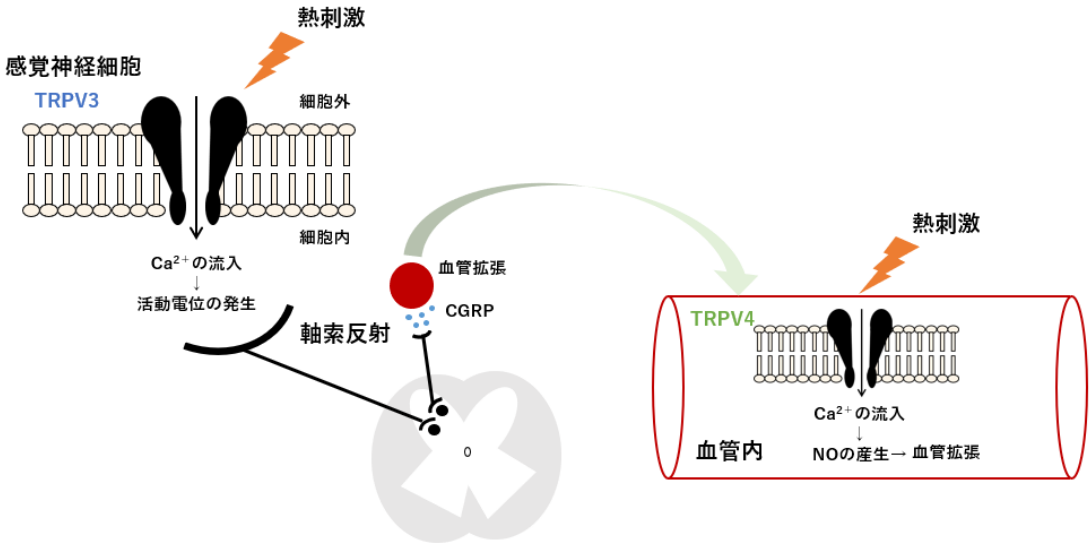


図 3．前腕温罨法による血管拡張のメカニズム

温罨法は，米国の 970 人の医療従事者を対象とした実態調査で，77%の医療従事者が PIVC 挿入時に実施を経験していたことが報告された（Kiger et al., 2014）．また，本邦の 1093 人の医療従事者を対象とした実態調査では，PIVC 挿入困難時に最も効果を感じた援助術として，59.7%が温罨法を挙げ，熱傷なく安全かつ短時間に効果を得られる温罨法の方法が求められていることが報告された（佐々木，2016）．このように，温罨法は医療従事者が経験的にも効果を感じ実践されている方法であるが，使用する物品（タオル，ホットパック，電気加温物品等）や湿熱・乾熱刺激，温度，貼用部位，貼用時間等の視点から多岐に渡り，実態すらも国内外において知見は整理されていない．さらに，介入研究により静脈拡張効果を報告している研究においての方法も様々であり，対象者や研究デザイン，測定指標，測定結果などから，安全で短時間に静脈拡張効果が得られる有効な方法は何か，統合した知見は現時点で

存在していない課題がある．そこで，次章では PIVC 挿入時の温罨法に関する国内外の実態調査と介入研究において，実践される温罨法の方法や対象者にもたらされる影響，得られる静脈拡張効果の特徴を明らかにし，安全で効率的な方法を検討する事を目的に文献検討を行った．

第 2 章

末梢静脈留置針挿入時の安全で短時間に静脈拡張を促す温罨法に関する文献検討

Ⅰ．目的

PIVC 挿入時の温罨法に関する国内外の実態調査と介入研究において，実践される温罨法の方法や対象者にもたらされる影響，得られる静脈拡張効果の特徴を明らかにし，安全で短時間に静脈拡張効果が得られる方法を検討すること．

Ⅱ．方法

Ⅱ－1．文献選択プロセス

文献選択のプロセスを表 1 および図 1 に示す．国内文献については，医学中央雑誌 Web 版（以下，医中誌）を用いて，国外文献については，PUBMED，CINHAL web 版（以下，CINHAL），MEDLINE を用いて検索した．検索は，2022 年 1 月までに公開された実態調査研究または介入研究とした．医中誌では，末梢静脈留置針に関連する「静脈穿刺」「静脈注射」「末梢静脈留置針」「末梢静脈カテーテル」と，温罨法に関連する「温罨法」「温熱療法」を組み合わせて検索した．検索は，「原著論文」かつ「人間」を対象とした研究に限定した．PUBMED，CINHAL，MEDLINE では，末梢静脈留置針に関連する「catheter」「cannulation」「peripheral」「venipuncture」と，温罨法に関連する「heat」「warm」を組み合わせて検索した．検索は，「humans」を対象とした研究で，「English」で記載されているものに限定し，481 件の文献が抽出された（表 1）．また，引用から関連した 3 文献を対象文献に含めた．2 件はタオルを用いた温罨法の静脈拡張効果を検証した研究（Moondeep et al., 2020; Simpareet et al., 2018）で，1 件は温罨法を含んだ血管怒張手技に関する調査研究（倉本ら, 2017）であった．

国内外の文献ともに，表題（Title）および抄録（Abstract）において，重複した文献 188 件を除外し，温罨法をメインテーマとしていない文献および論文の形式をとっていない 270 件を除外した．さらに論文を精読し，PIVC の挿入を目的としていない 8 件を除外した計 18 件が対象となった．

Ⅱ－2．分析方法

Cooper（1998）の統合的文献レビューの方法を参考に文献レビューを行った．手順にしたがい，リサーチクエスチョンを「臨床で実践されている温罨法はどのような方法か」「研究されている温罨法は，どのような実験設計がされており，どのような結果が得られているか」「安全で短時間に静脈拡張効果が得られる方法は何か」とした．さらに，目的に沿って「対象者」「研究デザイン」「方法（物品の種類，物品温度，湿熱・乾熱刺激，貼用部位，貼用時

間)」「測定指標」「測定結果」について該当する内容を各文献から抽出し，コーディングシートを作成した．さらに，測定指標のうち熱傷の有無と物品温度，貼用部の皮膚表面温度から安全性を評価し，各研究における主要評価指標の効果量と貼用時間から，短時間に静脈拡張効果を得られる方法を検討した．効果量は，群間または時点間比較として連続変数をアウトカムにしたものは Cohen d を計算した．Cohen d は以下のように解釈される: 無視できる程度 (<0.2), 小 (0.2–0.4), 中 (0.5–0.7), 大 (≥0.8) (Cohen, 1988)．また，カテゴリカル変数をアウトカムにしたものは, φ を計算した. φ は以下のように解釈される: 小(<0.1), 中(0.3), 大(>0.5) (水本 & 竹内, 2008)．研究デザインは看護研究入門（Burns & Grove 2005/2008）を参考にして分類した．倫理的配慮として，著者の意図を損なわないよう記述内容に注意し結果を抽出した．

Ⅲ．結果

18 文献のうち，1 文献に 2 つの実験が含まれているものが 1 件（Lenhardt et al., 2002）存在したため，本研究では調査または実験毎に分析を行うこととし，19 件を対象とした分析結果を報告する．対象研究の概要を表 2 に示す．研究の内訳は，4 件が実態調査（国内 3 件，海外 1 件），15 件が介入研究（国内 0，海外 15 件）であった．研究の動向について，2010 年以前および 2011 年以降各年の発表件数を図 2 にまとめた．実態調査研究は 2011 年，2016 年，2017 年に国内文献計 3 件，2014 年に海外文献 1 件が報告された．介入研究は 2002 年に初めて発表され（Lenhardt et al. 2002），2016 年以降は毎年 1 件以上計 12 件（80%）の研究が報告された．

Ⅲ－1．国内外における温罨法の実態に関する特徴（表 3）

1）実態調査に関する概要

国内における温罨法の実態を調査した研究は 3 件存在し，2 件は看護師または看護師を含む PIVC の挿入を実践する医療職種（医師，保健師，助産師，准看護師，臨床検査技師等）を対象とした自記式質問紙調査であった（市村ら，2011; 佐々木，2016）．1 件（n＝143）は外来看護師の PIVC 挿入場面を対象とした観察研究であった（倉本ら，2017）．国外の実態調査は 1 件（n = 907）のみ存在し，米国の病院に所属し PIVC の挿入を実践する医療職種（医師，看護師，准看護師，技師，採血専門職等）を対象とした自記式質問紙調査であった（Kiger et al., 2014）．

2）医療従事者の温罨法の実践経験

PIVC の挿入時に温罨法を実践したことがあると回答したものは，国内の質問紙調査で約 63%（市村ら，2011; 佐々木，2016），国外の質問紙調査では約 78%であった（Kiger et al., 2014）．また，国外の質問紙調査では約 6%の医療従事者が「常に実施する」と回答した．国内の観察研究において実践が確認できた割合は約 27%であった（倉本ら，2017）．

3）温罨法実践の対象となる患者や場面

国内の観察研究で抗がん剤使用（約 82%），同一患者への血管確保経験（約 59%）が挙げられた（倉本ら，2017）．また，国外の質問紙調査では回答の多い順に，静脈の触知可視性が低い（約 85%），初回 PIVC の挿入が失敗した後（約 38%），自身の PIVC の挿入が困難と訴える患者（約 21%），患者が温熱使用を要求した場合（約 20%），高齢者（約 15%）などが抽出された（Kiger et al., 2014）．なお，国内の質問紙調査 2 件においては調査されていなかった．

4）温罨法の実践方法

実践タイミングは，国外の質問紙調査より穿刺部位選択前（約 56%）と回答した割合が最も高く，穿刺部位選択後（約 24%），穿刺部位選択前後（約 19%）と続いた（Kiger et al. 2014）．

温罨法物品は，国内では加温したタオル（約 57–78%）の使用が最も多く，次いで湯枕や湯たんぽ，温罨法物品などが使用されていた（市村ら，2011; 佐々木，2016）．一方，国外では市販のホットパック（約 65%）が最も多く，次いでタオル（約 26%）が使用されていた（Kiger et al, 2014）．タオルは，直接貼用する（約 9%）場合と，乾燥物品で包んで貼用する（約 17%）場合に分けられた．物品の温度は，不明であるが人肌程度（約 41%）と回答したものが最も多く，次いで 40–45°C（約 25%），45°C 以上と回答したものも約 13%存在した（市村ら，2011）．また，穿刺部位を含む前腕への貼用が最も多く（約 45–47%），穿刺部位（約 32–45%），手背（約 12%）の順で回答割合が高かった（市村ら，2011; 佐々木，2016）．貼用時間は，国内では 5 分程度（約 41%）と回答したものが最も多く（佐々木，2016），国外においても 2-5 分（約 70%）と回答したものが最も多かった（Kiger et al, 2014）．また，医療従事者は，温罨法物品の開発に求めることとして，短時間（約 79%），簡便性（約 79%），安全性（約 66%）などを選択していた（佐々木，2016）．

Ⅲ－2．PIVC 挿入時の温罨法の介入研究に関する特徴

1）対象者および研究デザインの特徴（表 4）

患者を対象とした研究は 9 件で，そのうち成人患者を対象とした研究が 7 件（脳神経外科患者：1 件，化学療法患者：4 件，血液内科外来患者：1 件，循環器疾患患者：1 件，内科患者 1 件，整形外科患者：1 件，重複有），小児患者を対象とした研究が 2 件であった．研究デザインは，ランダム化比較試験（Randomized Controlled Trial: RCT）が 6 件，クロスオーバーデザインが 1 件，比較群を伴う事前事後テストデザインが 2 件であった．健常成人を対象とした研究は 6 件で，RCT が 2 件，RCT とクロスオーバーデザインの併用が 1 件，事前事後テストデザインが 2 件，前向き観察研究が 1 件であった．

2）静脈拡張効果が検証された PIVC 挿入時の温罨法の特徴（表 4）

温罨法物品については，患者を対象とした研究では，電源に接続し加温状態が続く物品

（電気加温物品）の使用が 4 件（湿熱：1 件，乾熱：3 件），湯で加温したタオルの使用が 3 件，ホットパックの使用が 2 件，専用装置で乾熱に加温したタオルと加温パッドの併用が 1 件であった．健常成人を対象とした研究では，ホットパックの使用が 5 件（湿熱：1 件，乾熱 4 件），電気加温物品（乾熱）の使用が 1 件であった．貼用物品の温度設定は 34–52 ℃ の範囲であり，40±2 ℃ とした研究が 8 件（57.1%）と最多であった．しかし，表面温度の記述がない研究も 1 件存在した．貼用時間は，1 分間が 1 件，5 分間が 2 件，7 分間が 2 件，10 分間が 7 件，15 分間が 3 件であった．貼用範囲は，主にホットパックやタオルは前腕片面，電気加温物品は前腕から手掌を覆う形であった．

3）PIVC 挿入時の温罨法が対象者にもたらす影響や効果

（1）静脈拡張効果

患者を対象とした研究で測定された静脈拡張効果の指標は，静脈評価スケール（vein assessment scale）が 7 件，PIVC の穿刺時間が 7 件，初回穿刺成功率が 6 件，Visual analogue scale (VAS)を用いた穿刺困難感が 2 件，4 件法で聴取した穿刺困難感が 1 件，穿刺回数が 1 件，静脈断面積が 1 件であった（表 5, 6）．健常成人を対象とした研究では，静脈径が 4 件，静脈断面積が 2 件，静脈深が 1 件，静脈評価スケール（Venous International Assessment: VIA scale）が 1 件，初回穿刺成功率が 1 件で測定されていた．これらのうち，主要評価指標は初回穿刺成功率が 6 件，静脈径が 3 件，静脈断面積が 3 件，vein assessment scale が 2 件であった（表 5, 6）．なお，1 件は静脈拡張効果ではなく穿刺時の疼痛が主要評価指標として測定された（Korkut et al., 2020）．

静脈断面積と静脈径，静脈深は超音波装置を用いて測定された．小児患者を対象にホットパックを 5 分間前腕に貼用した研究では，撓側および尺側皮静脈の断面積が対照群と比較して有意に増加したことが報告された（Chen et al., 2021）．健常成人を対象とした研究では，主にホットパックを用いた温罨法において測定され，15 分間の貼用後の駆血帯装着は対照群と比較して有意に断面積が増加した（Yamagami et al., 2017）．また，15 分間の貼用により拡張した静脈径は少なくとも 5 分間拡張した状態が維持されること（Tokizawa et al., 2017), 15 分間の貼用と 5 分間の貼用による断面積の拡張に差異は認められなかった（Yamagami et al., 2018）ことが報告された．一方，静脈深はホットパック温罨法の実施後も有意な変化は認められなかった（Sharp et al., 2020）．

静脈評価スケールは，研究者が静脈の触診と視診により観察することにより評価された．Vein assessment scale は，Lenhardt ら（2002）により作成された指標である．これは，静脈の触知可視性を 5 段階（1–5 点）で評価する指標で，得点が上がるごとに触知可視性が高まる（1．静脈は見えず触知できない－5．静脈ははっきりと見えて触知できる）．化学療法患者に対して湯で加温したタオルを前腕に 10 分間貼用した 2 件の研究，電気加温物品を化学療法患者や脳神経外科患者に 10–15 分間貼用した 3 件の研究，循環器疾患患者に対しホットパックを前腕に 1 分間貼用した研究において，介入前後または対照群と比較してスコアが

有意に向上したことが報告された（Bayram & Kariscan, 2016; Korkut et al., 2020; Lenhardt et al., 2002; Moondeep et al., 2020; Simarpreet et al., 2018）．VIA scale は，Torre-Montero ら（2014）により作成された PIVC の穿刺可能性および合併症のリスクを視診と触診により評価する指標である．グレード 1（視認可能かつ最適な静脈が 6 か所以上あり，20 ゲージ以上の挿入の難易度が低く，血管外漏出のリスクが低い）からグレード 5（最適な穿刺部位がなく，24 ゲージ以下の挿入が不可能で，血管外漏出や静脈炎のリスクが高い）で評価された．健常成人に対しホットパックを使用した研究においては，温罨法後に高圧駆血（100 mmHg）を併用した介入において，通常の駆血帯装着よりも有意にグレードが改善したことが報告された（Simón-López et al., 2021）．

PIVC の初回穿刺成功率は，健常成人に対してホットパックを 7 分間貼用した研究や，脳神経外科患者，化学療法患者，小児入院患者に電気加温物品を 10–15 分間貼用した研究で，対照群と比較して有意に成功率が高まったことが報告された（Bayram & Cariskan, 2016; Lenhardt et al., 2002; Simón-López et al., 2021）．また，穿刺時間を測定した 7 件すべてにおいて，対照群と比較し有意に穿刺時間が短縮したことが報告された（Bayram & Cariskan, 2016; Fink et al., 2009; Korkut et al., 2020; Lenhardt et al., 2002; Suchitra & Srinvasan, 2020）．血液内科外来患者を対象とした研究では，乾熱に加温したタオルと加温パッドを併用した 7 分間の乾熱温罨法が，湿熱に加温したタオルの 7 分間の貼用と比較して有意に成功率が高かったことが報告された（Fink et al., 2014）．しかし，Fink ら（2009）の研究では，貼用後の vein assessment scale は両介入で同程度であったことが報告された．また，湿熱に加温したタオルを 10 分間貼用した研究では，駆血のみと比較して穿刺試行回数や穿刺時間は有意に低下したものの，穿刺成功率に有意差は認められなかった（Suchitra & Srinvasan, 2020）．なお，循環器疾患患者に対しコールドパックを 1 分間貼用する方法は，ホットパックを 1 分間貼用する方法と比較して，vein assessment scale を低下させ，穿刺時間を延長させたことが報告された（Korkut et al., 2020）

算出した各研究の主要評価指標の効果量は表 7 に記載した．健常成人を対象とした研究では，静脈断面積または静脈径の測定により 40±2 ℃ に加温したジェルタイプのホットパックを前腕に貼用する方法において，5 分間貼用した研究（Yamagami et al., 2018）と 15 分間貼用した研究（Tokizawa et al., 2017）の効果量が最も高かった（d＝0.563）．一方，患者を対象とした研究では，対象集団や主要評価指標が異なっていたことから研究間の効果量を単純に比較できなかった．

（2）主観的評価（表 8）

主観的評価では，疼痛が 4 件，不安感が 3 件，快適感が 3 件，満足感が 2 件で評価された．多くは Visual Analogue Scale (VAS)や Numeric Rating Scale (NRS)を用いて測定されたが，小児患者を対象とした疼痛については Oucher’s number scale も使用されていた．小児患者や化学療法患者に対する電気加温物品の使用や，循環器疾患患者に対するホットパックの貼

用では，対照群との比較で疼痛や不安感のスコアが軽減した（Bayram & Cariskan, 2016; Korkut et al., 2020; Suchitra & Srinvasan, 2020）．また，化学療法患者に対する乾熱のタオルと加温パッドの併用は，湿熱のタオルより有意に不安感が増強したことが報告されたが，これは先行研究において患者自身が湿熱の方が効果を得られると先入観を有していた可能性が示唆された（Fink et al., 2009）．快適感については，乾熱刺激の電気加温物品やホットタオルと加温パッドの併用において対照群と比較して高いスコアが報告された（Fink et al., 2009; Lenhardt et al., 2002）．満足感については，ホットパック貼用において対照群と比較して有意な向上が認められた（Korkut et al., 2020）．湿熱の電気加温物品の使用では，対照群と比較して満足感の有意な向上は認められなかったが，先行研究では対象集団の国民性として考察された（Bayram & Cariskan, 2016）．

（3）皮膚トラブルの有無

全ての研究において，疼痛や皮膚熱傷などの皮膚トラブル発生に関する報告は認められなかった．健常成人に 34–35°C 程度に加温したホットパック 7 分間貼用した研究では，対象者の 23.7%が介入後に局所的な皮膚紅斑を認めたが一時的であり，重度の皮膚トラブルは発生しなかったことが報告された（Simón-López et al., 2021）．化学療法患者を対象にホットタオルと加熱パッドを併用した研究においても，介入後に一時的な紅斑が認められたがプロトコル完了後には消失していた（Fink et a. 2009）．また，貼用前後の皮膚表面温度を測定した研究は 5 件存在し，貼用後の皮膚表面温度の平均は 35.0–38.0 °C であった（Lenhardt et al., 2002; Tokizawa et al., 2017; Yamagami et al., 2017; Yamagami et al., 2018）．

Ⅳ．考察

Ⅳ－1．温罨法に関する実態と研究動向

実態調査より，温罨法は PIVC の挿入が困難な触知可視性の低い静脈や，血管壁の変性により拡張が促進されにくい抗がん剤使用において実施率が高いことが確認できた．実施方法は国内外問わず，身近なホットパックやタオルが多く用いられ，熱傷が生じにくい温度で 5 分程度と短時間の貼用が多く実践されていた．そして，温罨法に関する介入研究は 2016 年以降の発表件数が多く，現在に至っても静脈拡張手技として温罨法の実施が必要とされていることが明らかになった．近年は PIVC の挿入を容易にする方策として，静脈拡張手技の他に，近赤外線の静脈可視化装置や，超音波装置を用いたガイド下穿刺が実施されることもある（Gorski et al., 2021）．これらの装置は，静脈の走行や位置関係を視覚的に把握することを助ける．超音波ガイド下穿刺に関するアンブレラレビューでは，従来の PIVC 挿入と比較し，成人と小児の両方で成功率が向上し，穿刺回数が減少することが報告された（Berlanga-Macías et al., 2022）．超音波ガイド下穿刺においても，静脈の直径が 1mm 大きくなる毎に成功率は 1.79 倍増加することが報告されている（Panebianco et al., 2009）．また，静脈可視化装置の使用下においても成功事例は失敗事例と比較して有意に静脈の触知性が高かったこと

が報告された（Kuramoto & Watanabe, 2021）．つまり，いずれの使用においても，まずは静脈を十分に拡張させ触知性を高めることが重要であると言える．以上より，今後も安全で短時間に静脈拡張を促す温罨法の検討が必要であると考える．

Ⅳ－2．温罨法によりもたらされる静脈拡張効果やその他の影響

温罨法の静脈拡張効果について，患者を対象とした研究では静脈の触知可視性は改善し，それに伴い PIVC の初回穿刺成功率の向上や穿刺時間の短縮が認められた．また，健常成人では非侵襲的な方法として超音波装置を用いた静脈の測定が行われ，静脈断面積や静脈径の増大が報告された．これらの静脈拡張効果は，安田&矢野（2019）の静脈穿刺時の血管怒張手技の効果に関する文献レビューと同様の傾向であった．しかし，ホットパックの 10 分間貼用においては，静脈径が増大した一方で静脈深に変化は認められなかった（Sharp et al., 2020）．先行研究において詳細な考察は検討されていなかったが，温罨法は他の静脈拡張手技と異なり，皮膚に加温した物品を貼用するため，静脈は拡張するが物品の重さにより静脈深は改善されなかった可能性が考えられる．

静脈拡張効果のほかに温罨法が対象者にもたらす影響として，疼痛，不安感の軽減や満足感の向上が認められた．また，乾熱刺激の使用は湿熱刺激より快適であった．初回穿刺の失敗と複数回の穿刺は，疼痛および不安感を増強する（Lenhardt et al., 2002）ため，まずは静脈の拡張を促し，PIVC の穿刺成功につながる温罨法の方法を検討する必要がある．快適感については，乾熱刺激は湿熱刺激より気化熱による皮膚表面温度の低下が生じにかった可能性が考えられる．そのため，温罨法実施時には，安全性や静脈拡張効果に加え患者にとって快適な方法となるよう工夫が必要である．

Ⅳ－3．介入研究における安全で短時間に静脈拡張を促す温罨法の検討

健常成人においては，40±2 ℃に加温したジェルタイプのホットパックを 5 分間前腕に貼用する方法が，安全で短時間に静脈拡張を促す方法と考えられた．一方，患者を対象とした研究では，短時間に最も静脈拡張を促す方法を明らかにすることは困難であった．

このように 15 件の温罨法に関する介入研究が実施されているにもかかわらず，現状としてベストプラクティスを検討することが困難であった主な理由として，静脈拡張効果を評価するアウトカムが統一されていない点，血管の反応性に影響すると考えられる対象集団が研究間で異なっていた点が考えられる．温罨法の有効性を総合的に評価するため，今後は客観的評価である超音波装置を用いた静脈のサイズ測定と，実際の静脈の触知可視性，PIVC 挿入成功率を総合的に評価することが必要と考える．また，患者集団における対象者は小児・成人であり，静脈拡張効果への交絡となり得る疾患も絞っていた．今後は，より対象集団を拡大した温罨法の効果検証が必要である．特に，高齢患者を対象とした介入研究は存在しなかった．75 歳以上の後期高齢者の約 65%が 3 つ以上の慢性疾患を併発していた報告（Mitsutake et al., 2019）から，高齢者は血管を含めた組織や臓器の変性や生活習慣の蓄積等

により，多疾患を併存している可能性がある．そのため，小児・成人患者より疾患や治療などの静脈拡張効果への交絡因子となり得る要素が多く，介入効果の検証が困難であったと考えられる．しかし，高齢者は加齢による静脈壁の変性や，血管拡張物質を放出させる血管内皮拡張機能の低下により，細く拡張しにくい静脈を有している（Greaney & Farquhar, 2011）．さらに，高齢者は成人と比較して温熱刺激により皮膚血流量の増加が認められにくいこととが報告されている（Petrofsky et al., 2011）．また，年齢だけでなく性別の違いや糖尿病も温熱刺激による皮膚血流量に影響することも報告されている（Jonasson et al., 2017; Stanhewicz et al., 2014）．そのため，小児や成人を対象とした研究結果が高齢患者に対しても適応できるとは限らず，今後は高齢患者を対象とした温罨法の静脈拡張効果や，効果に関連する要因を検討する必要がある．

静脈拡張効果が検証された温罨法の方法も，熱伝導に影響すると考えられる湿熱・乾熱刺激や使用物品が混在していた．多くの研究が対照群と 1 つの介入の比較にとどまっており，複数の温罨法を比較した研究は 1 件のみであった（Fink et al. 2009）．Fink ら（2009）の湿熱刺激と乾熱刺激の比較では，乾熱刺激は湿熱刺激より有意に PIVC の初回穿刺成功率が高かった一方，両刺激後の静脈の触知性や可視性に有意差は認められなかった．一般的には，湿熱刺激は乾熱刺激と比較して熱伝導率が高く，皮膚血流量は有意に上昇する（Igaki et al., 2014）．これらの先行研究における物品の水分含有量は不明だが，PIVC の穿刺においては温罨法実施後から穿刺にかけて 1.5 分から 5 分程度時間を要する（Biyik Bayram & Caliskan, 2016; Jones et al., 1989; Minville et al., 2006）ため，気化熱により静脈拡張効果が減退した可能性もある．しかし，実際の静脈のサイズが測定されておらず，乾熱刺激が湿熱刺激よりも静脈拡張を促すとは先行研究だけでは言い切れないと考えられた．使用物品については，健常成人ではホットパックを用いた方法が抽出されたが，患者への使用は電気加温物品が半数を占めていた．電気加温物品は独自に開発したものや，製品化されても国により承認が得られないものも存在し（Lenhardt et al. 2002），汎用性は未だに低いと考えられる．実態調査においても，ホットパックやタオルを用いた温罨法の実践率が高かった（市村ら, 2011; Kiger et al., 2014; 佐々木，2016）．しかし，成人患者に対しホットパックを使用した研究は 1 件（Korkut et al., 2020）のみで，使用物品の詳細や温度設定が不明であり再現が困難な方法と考えられた．今後は，健常成人で安全で短時間に静脈拡張を促す方法を基準とし，湿熱・乾熱刺激や使用物品の観点から，最も拡張効果の高い温罨法を明らかにする必要があると考える．

安全性については，対象集団を問わず全ての研究において有害事象の報告はなく，物品温度や皮膚表面温度の変化からも，いずれも安全な方法であったと考えられる．結果より，貼用物品の表面温度は 34 ℃ から 52 ℃，貼用時間 15 分以内であれば，少なくとも成人患者と小児患者に対しては安全であると言える．しかし，基礎研究において 44 ℃ 以上の温熱刺激を皮膚へ 15 分以上加えることは熱傷のリスクを高める（Martin & Falder, 2017）ことも報告されているため，伝熱量に関連する物品素材や湿熱乾熱刺激等を考慮した方法選択が必要

である．また，一時的な紅斑が生じた報告はあるため，実施中は皮膚状態の観察を十分に行い有害事象に注意しなければならない．そして，皮膚状態が脆弱な高齢患者に対する介入研究は未実施であり，今後安全性を検証することが必要と考える．

表 1. 文献検索式

Search terms			医中誌	PubMed	CINHAL	MEDLINE
#1	静脈穿刺	"catheter*"	7380	329491	81818	328366
#2	静脈注射	"cannulation*"	6522	15059	6649	42187
#3	末梢静脈留置針	"venipuncture*"	25	2710	2090	3731
#4	末梢静脈カテーテル	#1 OR #2 OR #3	3311	34009	85517	341942
#5	#1 OR #2 OR #3 OR #4	"peripheral*"	17021	1844085	85739	652844
#6	–	#4 AND #5	–	3856	8503	23149
#7	温罨法	"heat*"	761	36885	55653	388889
#8	温熱療法	"warm*"	26191	8908	15202	88215
#9	#7 OR #8	#7 OR #8	26462	44742	68763	465776
#10	#5 AND #9	#4 AND #9	61	464	145	293
#11	–	Limited #10 to English	–	429	142	272
#12	#10 AND (CK = ヒト)	Limited #10 to human	50	225	76	160
#13	#10 AND (PT = 原著論文)	Limited #10 to research	20	–	76	160
#14	**合計**	**Total**	**20**	**225**	**76**	**160**

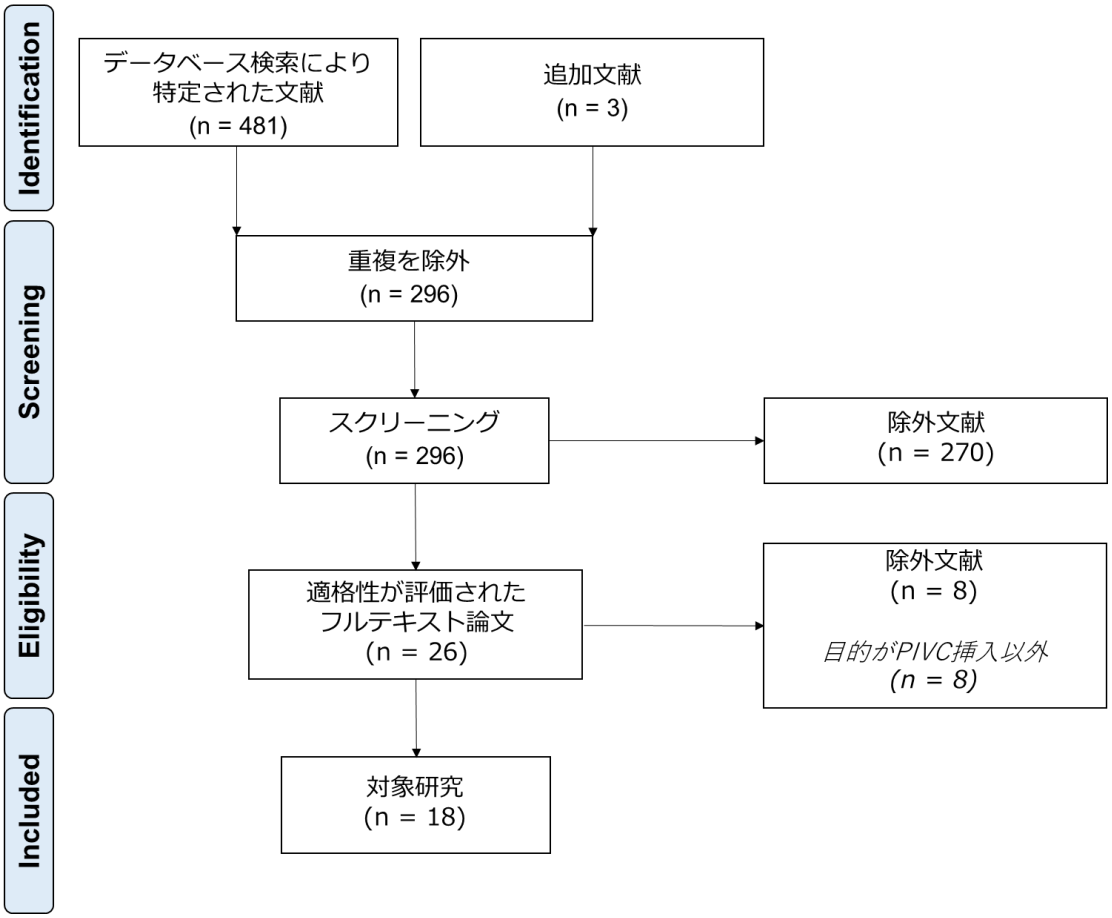


図 1. 文献選択プロセス

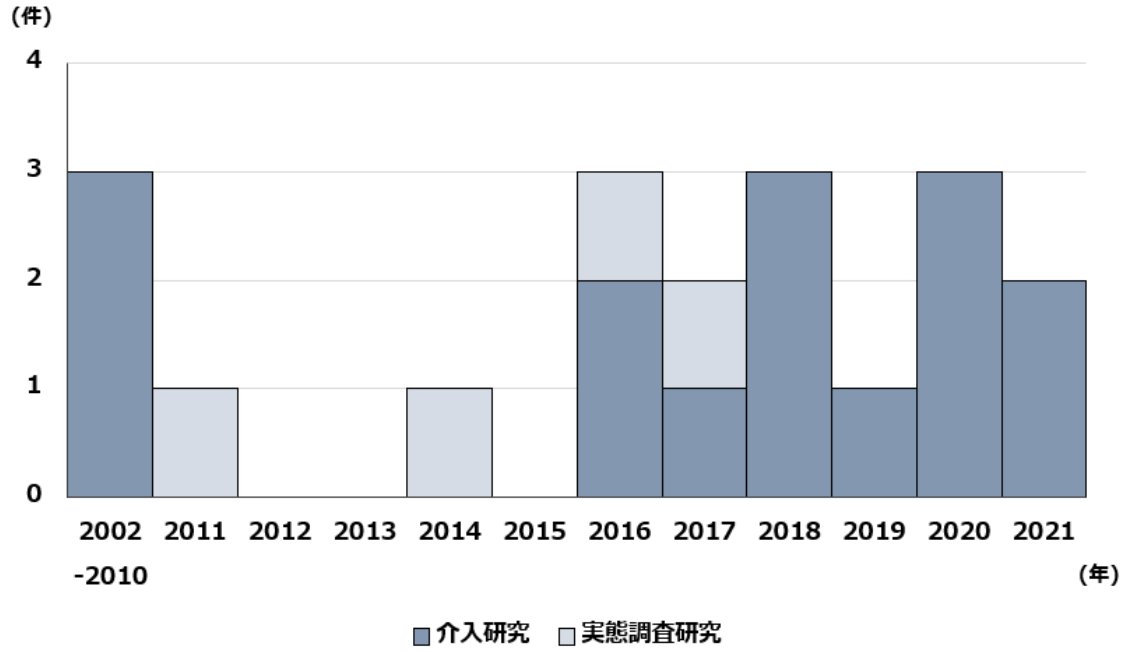


図 2. 温罨法に関する研究の発表件数

表 2. 対象文献の概要

研究種類	国内外	タイトル	著者(年)	No.
実態調査研究	国内	末梢静脈穿刺における静脈怒張を得るための方法に関する調査報告	市村ら (2011)	1
		末梢静脈穿刺時の援助に関する全国実態調査 ー 静脈穿刺時の温署法用具の開発を目指してー	佐々木 (2016)	2
		臨床看護師が血管確保時に実践している血管怒張を促す技術に関する調査研究	倉本ら (2017)	3
	国外	Survey of Heat Use During Peripheral IV Insertion by Health Care Workers	Kiger et al., (2014)	4
介入研究	国外	Duration of Venodilation for Peripheral Intravenous Cannulation, as Induced by a Thermal Stimulus on the Forearm	Tokizawa et al. (2017)	5
		Tourniquet application after local forearm warming to improve venodilation for peripheral intravenous cannulation in young and middle-aged adults: A single-blind prospective randomized controlled trial	Yamagami et al. (2017)	6
		How long should local warming for venodilation be used for peripheral intravenous cannulation?: A prospective observational study	Yamagami et al. (2018)	7
		The effect of oral hydration and localised heat on peripheral vein diameter and depth: A randomised controlled trial	Sharp et al. (2018)	8
		Investigating the effect of local warming on vein diameter In the antecubital area in adults aged 20-40 years	Homayouni et al. (2019)	9
		Benefits of the application of heat and pressure on peripheral venous cannulation in adults: A randomized controlled trial	Simón-López et al. (2021)	10
		Local warming and insertion of peripheral venous cannulas: single blinded prospective randomised controlled trial and single blinded randomised crossover trial	Lenhardt et al. (2002)	11 12
		The Impact of Dry Versus Moist Heat on Peripheral IV Catheter Insertion in a Hematology-Oncology Outpatient Population	Fink et al. (2009)	13
		Effects of local heat application before intravenous catheter insertion in chemotherapy patients	Bayram & Caliskan (2016)	14
		Effect of moist heat therapy on the visibility and palpability of veins before peripheral intravenous cannulation of patients undergoing chemotherapy	Simarpreet et al. (2018)	15
		Effect of moist heat therapy on the visibility and palpability of peripheral veins before peripheral venous cannulation of patients undergoing chemotherapy	Moondeep et al. (2020)	16
		The Effectiveness of Local Hot and Cold Applications on Peripheral Intravenous Catheterization: A Randomized Controlled Trial	Korkut et al. (2020)	17
		Effectiveness of dry heat application on ease of venepuncture in children with difficult intravenous access: A randomized controlled trial.	Suchitra & Srinvasan (2020)	18
		Effect of Local Warming on the Peripheral Vein Cross-Sectional Area in Children Under Sedation.	Chen et al. (2021)	19

表 3. 国内外における温罨法実践に関する実態調査研究

n	実践割合			実践方法										物品開発期待事項	(%)	温罨法実践の対象となる患者や場面				No.
	人数/場面		(%)	物品	(%)	温度(℃)	(%)	部位	(%)	時間(分)	(%)	タイミング	(%)			患者要因	(%)	実施者要因	(%)	
309	272		88	ホットタオル 温枕 湯 不明 無回答	57 38.2 2.9 1.1 0.7	35-40 40-45 ≥45 不明(人肌) 無回答	8.8 25.4 13.2 40.8 11.8	前腕 穿刺部 その他 無回答	44.9 44.5 9.6 1.1	<0.5 1-5 5-10 10-15 ≥15 不明 無回答	0.7 18.4 34.2 23.5 9.2 7.4 6.6									1
1093	613		56	ホットタオル 温罨法用具 湯 湯たんぽ カイロ等使い捨て物品 独自考案用具 その他	77.5 14.3 7.9 7 3.2 2 1.8			穿刺部 手背 前腕 上肢 その他	32.3 11.7 46.6 8.3 1	≦1 2-3 5 10 ≥15 その他	5.5 38.9 41.2 12.5 1.5 0.3			短時間 簡便性 安全性 衛生面 経済性 携帯性 その他	79 79 66 48 45 43 0.7						2
143	39		27													抗がん剤	82	同一患者への血管確保経験	59	3
907	計	666	73	ホットパック	65					<2	8	穿刺部位選択前	56			静脈触知可視性	85	初回PIVC失敗	38	4
	常に	42	6	ホットタオルを乾燥物品で包む	17					2-5	70					PIVCの困難歴	21	PIVC頻度多い	–	
	非常によく	155	23							≥5	20					温熱使用の要求	20	看護師	76	
	時々	330	50	ホットタオルを直接貼用	9					その他	2	穿刺部位選択後	24			高齢者	15	成人患者の看護師	–	
	ほとんど使用しない	132	20	温かい乾燥毛布	6							穿刺部位選択前後	19			小児	10	PIVC技術の認知度が高い	–	
				その他	3											太い針の挿入	10			
												その他	1			複数の合併症	10			

Notes: PIVC, peripheral intravenous catheter

表 4. 介入研究に関する特徴

国内外	対象者		n	デザイン	介入	温罨法方法			No.
						表面温度 (℃)	時間 (分)	貼用範囲	
国外	健常成人		40	事前事後	HP温罨法	40±2	15	前腕片面	5
			72	RCT	①HP温罨法＋駆血 ②非加温物品＋駆血	40±2 室温	15		6
			40	前向き観察	HP温罨法	40±2	15		7
			39	RCT	①HP温罨法 ②飲水 ③非介入	1100W90秒 – –	10 – –		8
			55	事前事後	電気加温物品	42	10		9
			59	RCT ＋ クロス オーバー	①HP温罨法＋高圧駆血 ②HP温罨法＋駆血 ③高圧駆血 ④駆血	34-35 – –	7 – –		10
	成人患者	脳神経外科患者	100	RCT	①電気加温物品＋駆血 ②非加温貼用＋駆血	52 室温	15	前腕から手掌	11
		化学療法患者	40	クロス オーバー	①電気加温物品＋駆血 ②非加温物品＋駆血	52 室温	10		12
		血液疾患患者	136	RCT	①タオル温罨法＋駆血 ②タオル・パッド温罨法＋駆血	77℃装置 71℃装置	7		13
		化学療法患者	80	比較群を伴う事前事後	①電気加温物品＋駆血 ②駆血のみ	52 –	10 –		14
		化学療法患者	100	RCT	①タオル温罨法+駆血 ②駆血	39.5-40 –	10 –	前腕片面	15
		化学療法，内科，整形外科患者 vein assessment scale: 1-2	60	比較群を伴う事前事後	①タオル温罨法+駆血 ②駆血	39.5-40 –	10 –		16
		循環器疾患患者	90	RCT	①HP温罨法＋駆血 ②コールドパック貼用＋駆血 ③駆血	不明 –	1 –		17
	小児患者	DIVAスコア4以上	84	RCT	①電気加温物品＋駆血 ②駆血	40 –	10 –	前腕から手掌	18
		術前鎮静下	35	RCT	①HP温罨法 ②非介入	40 –	5 –	前腕片面	19

Notes: DIVAスコア, difficult intravenous access score; HP, ホットパック; RCT, randomized controlled trial
青字：乾熱刺激，赤字：湿熱刺激，緑字：不明

表 5. 温罨法による得られる静脈拡張効果－1

対象	測定指標	研究デザイン	介入 名称	温罨法方法 表面温度(℃)	温罨法方法 時間(分)	測定結果 前	測定結果 後	n	No.
小児患者	静脈断面積(mm^2)	RCT	HP温罨法	40	5	4.0	5.0	35	19
			非介入	–	–	4.0	4.0		
			HP温罨法＋駆血	40±2	15	6.1	10.1	72	6
			非加温貼用＋駆血	室温		6.9	7.9		
		前向き観察	HP温罨法	40±2	15	6.1	8.4[a]	40	7
健常成人	静脈径(mm)	RCT	HP温罨法＋駆血	40±2	15	2.9	3.9	72	6
			非加温貼用＋駆血	室温		3.4	3.4		
			HP温罨法＋駆血	40±2	15	2.4	3.4		
			非加温貼用＋駆血	室温		2.5	2.9		
			HP温罨法＋駆血	1100W90秒	10	2.9	3.3		
			飲水1L	–	–	1.8	1.6	39	8
			非介入	–	–	3	3.1		
		事前事後	HP温罨法	40±2	15	2.8	3.3[b]	40	5
			電気加温物品	42	10	3.8	4.2	55	9
	静脈深(mm)	RCT	HP温罨法	1100W90秒	10	5.1	5.1		
			飲水1L	–	–	3.5	3.6	39	8
			非介入	–	–	4.3	4.3		
	静脈評価スケール VIA scale	RCT＋クロスオーバー	HP温罨法＋高圧駆血	34-35	7	○	↑	59	10
			HP温罨法＋駆血			○	↑		
			高圧駆血			○	↑		
			駆血			○	↑		
成人患者	静脈評価スケール vein assessment scale (1-5点)	RCT	電気加温物品＋駆血	52	15	○	↑	100	11
			非加温物品＋駆血	室温		○	↑		
			タオル温罨法＋駆血	77℃装置	7	○	↑	136	13
			タオル・パッド温罨法＋駆血	71℃装置		○	↑		
			タオル温罨法＋駆血	39.5-40	10		3.9	100	15
			駆血				2.3		
			HP温罨法＋駆血	不明	1	3.3	4.3	90	17
			コールドパック貼用＋駆血			3.3	2.3		
			駆血	–		3.2	–		
		クロスオーバー	電気加温物品＋駆血	52	10	○	↑	40	12
			非加温物品＋駆血	室温		○	↑		
		比較群を伴う事前事後	タオル温罨法＋駆血	39.5-40	10	1.3	3.9	60	16
			駆血			1.2	2.8		
			電気加温物品＋駆血	52	10	2.8	3.9	80	14
			非加温物品＋駆血			–	3.1		

Notes: HP, ホットパック; RCT, randomized controlled trial; VIA scale: veins international assessment scale
青字：乾熱刺激，赤字：湿熱刺激，緑字：不明　結果下線部は対照群または直前と比較して有意差が認められた項目
a:介入中5分時点と10分時点の測定値は介入後の測定値と有意差なし，b：介入後5分間（1－5分）の測定値に有意差なし

表 6. 温罨法により得られる静脈拡張効果－2

対象	測定指標	研究デザイン	介入 名称	温罨法方法 表面温度(℃)	温罨法方法 時間(分)	結果	n	No
健常成人	初回穿刺成功率(%)	RCT＋クロスオーバー	HP温罨法＋高圧駆血 HP温罨法＋駆血 高圧駆血 駆血	34-35	7	95 100 100 52.4	59	10
小児患者	初回穿刺成功率(%)	RCT	電気加温物品＋駆血 駆血	40	10	100 29.0	84	18
成人患者	初回穿刺成功率(%)	RCT	電気加温物品＋駆血 駆血	52	15	94.0 72.0	100	11
成人患者	初回穿刺成功率(%)	RCT	タオル温罨法＋駆血 タオル・パッド温罨法＋駆血	77℃装置 71℃装置	7	74.0 88.0	136	13
成人患者	初回穿刺成功率(%)	RCT	タオル温罨法＋駆血 駆血	39.5-40	10	96.0 86.0	100	15
成人患者	初回穿刺成功率(%)	クロスオーバー	電気加温物品＋駆血 非加温物品＋駆血	52	10	95.0 73.0	40	12
成人患者	初回穿刺成功率(%)	比較群を伴う事前事後	電気加温物品＋駆血 非加温物品＋駆血	52	10	90.0 62.5	80	14
小児患者	穿刺時間(秒)	RCT	電気加温物品＋駆血 駆血	40	10	62.6 110.8	84	18
成人患者	穿刺時間(秒)	RCT	電気加温物品＋駆血 駆血	52	10	36.0 62.0	100	11
成人患者	穿刺時間(秒)	RCT	タオル温罨法＋駆血 タオル・パッド温罨法＋駆血	77℃装置 71℃装置	7	127.5 98.5	136	13
成人患者	穿刺時間(秒)	RCT	タオル温罨法＋駆血 駆血	39.5-40	10	78.0 124.0	100	15
成人患者	穿刺時間(秒)	RCT	HP温罨法＋駆血 コールドパック貼用＋駆血 駆血	不明 －	1	55.9 127.5 87.3	90	17
成人患者	穿刺時間(秒)	クロスオーバー	電気加温物品＋駆血 非加温物品＋駆血	52	10	介入 <対象	40	12
成人患者	穿刺時間(秒)	比較群を伴う事前事後	電気加温物品＋駆血 非加温物品＋駆血	52 室温	10	90 147	80	14
成人患者	穿刺困難感(なし%)	RCT	HP温罨法＋駆血 コールドパック貼用＋駆血 駆血	不明 －	1	73.3 13.3 30.0	90	17
成人患者	穿刺困難感(VAS)	RCT	タオル温罨法＋駆血 タオル・パッド温罨法＋駆血	77℃装置 71℃装置	7	4.0 3.1	136	13
成人患者	穿刺困難感(VAS)	比較群を伴う事前事後	電気加温物品＋駆血 非加温物品＋駆血	52 室温	10	2.5 4.5	80	14
成人患者	穿刺回数	RCT	タオル温罨法＋駆血 駆血	39.5-40	10	1.1 1.9	100	15

Notes: HP, ホットパック; RCT, randomized controlled trial; VAS, visual analog scale
青字：乾熱刺激，赤字：湿熱刺激，緑字：不明
結果下線部は対照群または直前と比較して有意差が認められた項目

表 7. 介入研究における主要評価指標の結果と効果量の算出

対象者		主要評価指標	デザイン	介入方法				他介入	測定結果 Mean(SD) or Median(IQR)				n	No.
				貼用物品		範囲	表面温度 (℃)	時間 (分)	前	後	対照後	効果量		
健常成人		初回穿刺 成功率(%)	RCT＋クロスオーバー	HP	シード	前腕片面	34-35	7	駆血	NA	100	52.4	φ = 0.708	59	10
		断面積 (mm^2)	RCT	HP	ジェル		40±2	15	駆血＋掌握	6.1	10.1	7.9	d = 0.530	72	6
			前向き観察	HP	ジェル		40±2	15	無	6.1	8.9		d = 0.563	40	7
		静脈径 (mm)	RCT	HP	小麦		1100W90秒	10		2.9	3.3	3.1	算出不可	39	8
			事前事後	HP	ジェル		40±2	15		2.8	3.3[a]		中 d = 0.563	40	5
			事前事後	電気加温物品			42	10		3.8	4.2		d = 0.270	55	9
成人患者	化学療法	vein assessment scale (1-5点)	RCT	タオル		前腕片面	39.5-40	5×2	駆血	ー	3.9	2.3	d = 2.475	100	15
	循環器疾患			HP	ー		不明	1		3.3	4.3	2.3[b]	d = 2.285	90	17
	化学療法，内科，整形外科		比較群を伴う事前事後	タオル			39.5-40	5×2		1.3	3.9	2.8	φ = 0.578	60	16
	血液疾患	初回穿刺 成功率 (%)	RCT	タオル+パッド		前腕から手掌	71℃装置	7		NA	88.0	74.0[c]	φ = 0.177	136	13
	脳神経外科		RCT	電気加温物品			52	15		NA	94.0	72.0	φ = 0.293	100	11
	化学療法		クロスオーバー	電気加温物品			52	10		NA	95.0	73.0	算出不可	40	12
	化学療法		比較群を伴う事前事後	電気加温物品			52	10		NA	90.0	62.5	φ = 0.323	80	14
小児患者	DIVAスコア4以上		RCT	電気加温物品			40	10		NA	100	29.0	φ = 0.721	84	18
	術前鎮静下	断面積 (mm^2)	RCT	HP	ー	前腕片面	40±2	5	無	撓側：4.0 尺側：4.0	5.0 6.0	4.0 5.0	d = 0.514	35	19

Notes: DIVA, difficult intravenous access; HP, ホットパック; RCT, randomized controlled trial; VIA scale: veins international assessment scale

結果下線部は対照群または直前と比較して有意差が認められた項目, a: 温罨法後5分後，対照群：セルに印のない場合は駆血のみの実施，b：コールドパック＋駆血，c：タオル温罨法＋駆血

青字：乾熱刺激，赤字：湿熱刺激，緑字：不明, 効果量：パラメトリック検定として効果量を算出，d：0.2-0.5(小)，0.5-0.8(中)，0.8以上(大)，φ：0.1未満(小)，0.3程度(中)，0.5以上(大)

表 8. 温罨法により対象者にもたらされるその他の影響

対象者	測定指標		デザイン	介入	温罨法方法		測定結果		n	No.
				名称	表面温度(℃)	時間(分)	前後比較	対照群比較		
健常成人	疼痛	VAS	RCT	HP温罨法＋駆血	34-35	7	—	n.s.	59	10
小児患者		Oucher's number scale		電気加温物品＋駆血	40	10	—	↓	84	18
		NRS		HP温罨法＋駆血	不明	1	–	↓[a]	90	17
			比較群を伴う事前事後	電気加温物品＋駆血	52	10	n.s.	↓	80	14
	不安感	VAS	RCT	タオル・パッド温罨法＋駆血	71℃装置	7	—	↑[b]	136	13
		NRS		HP温罨法＋駆血	不明	1	–	↓[a]	90	17
			比較群を伴う事前事後	電気加温物品＋駆血	52	10	↓	↓	80	14
成人患者	快適感	VAS	RCT	電気加温物品＋駆血	52	15	↑	↑	100	11
			クロスオーバー	電気加温物品＋駆血	52	10	—	↑	40	12
			RCT	タオル・パッド温罨法＋駆血	71℃装置	7	—	↑	136	13
	満足感	NRS	比較群を伴う事前事後	電気加温物品＋駆血	52	10	n.s.	n.s.	80	14
		不明	RCT	HP温罨法＋駆血	不明	1	–	↑[a]	90	17

Notes: HP, ホットパック; NRS, numeric rating scale; n.s., not siginificant; RCT, Randomized Controlled Trial; VAS, visual

青字：乾熱刺激，赤字：湿熱刺激，緑字：不明，結果下線部は対照群または直前と比較して有意差が認められた項目

対照群：セルに印のない場合は駆血のみの実施，a：コールドパック＋駆血，b：タオル温罨法＋駆血

第 3 章

携帯型超音波装置の皮静脈測定における信頼性・妥当性の予備的検討

Ⅰ．背景と目的

静脈拡張手技の効果は主に，静脈穿刺成功率，評価者の視診触診による静脈アセスメントスコア（触知可視性）を用いた評価，静脈のサイズ（静脈断面積や静脈径，静脈深など）により評価される（安田&矢野，2019）．特に超音波装置を用いた静脈のサイズ測定は，非侵襲的かつ評価者の主観による影響が少ないため客観的な評価が可能である．超音波装置は，プローブから発せられる超音波が臓器や組織にあたると反射または散乱されて生じるエコーを受信する仕組みを利用して，断層画像を映し出す（電子情報通信学会，2014）．重量やサイズの大きい据え置き型超音波装置は，多くの機能を搭載できるためハイエンド超音波装置と呼ばれ，映し出される画質も高い．実際に，細い表在静脈でも描出が可能であった．しかし，自身のこれまでの研究において，据え置き型超音波装置の使用は，機器の大きさから発せられる熱により実験室内の温度が変動しやすく，静脈拡張効果に影響を及ぼす可能性が課題として挙げられていた．一方，携帯型（ハンドヘルド）超音波装置は小型なため，室温が変動するまでの熱を発することは考えにくく，静脈拡張手技の効果検証における交絡を抑えることが可能と考えられる．加えて，持ち運びが可能なため，入院病棟のベッドサイドなど限られたスペースでも測定が可能であり，今後の臨床研究に応用しやすい．しかし，携帯型超音波装置は，据え置き型超音波装置と比較して映し出される画質が粗い可能性が懸念されるため，臓器や動脈，中心静脈よりも細い末梢の表在静脈を描出し，静脈拡張手技の効果を評価することに耐えうるかは明らかにされていない．

そこで，本章では表在静脈である前腕皮静脈の静脈径と静脈深の測定において，携帯型超音波装置の評価者内信頼性，評価者間信頼性，据え置き型超音波装置との併存的妥当性，駆血帯装着による反応性を予備的に検討することを目的とした．

Ⅱ．方法

Ⅱ－1．研究デザイン：準実験研究デザイン

Ⅱ－2．対象

20–30 代の健常成人 10 名（男女各 5 名）の左右の前腕皮静脈 2 本ずつを独立したサンプルとみなし，計 40 本を対象とした．今回は予備的検討であるため，サンプルサイズは携帯型超音波装置や携帯型角質水分量計の併存的妥当性を評価した先行研究を参考に設定した（飯坂ら, 2015; Takehara et al., 2017; Zardi et al., 2019）．心血管疾患の既往がある者，

前腕の皮膚トラブルがある者は除外した．対象の前腕皮静脈は，橈側，正中または尺側皮静脈とし，PIVC の挿入部位として推奨されている肘窩より 3cm 末梢側から手首より 12cm 中枢側の間の範囲で，可能な限り 2.5 cm 以上まっすぐ走行し，深さ 1cm 以内の静脈径が最も大きいものと 2 番目に大きいものを選択した．また，測定期間を通して統一した部位で測定を行うため，対象静脈はサージカルテープでマーキングした．

Ⅱ－3．測定環境

測定は 2022 年 7 月に大学内の演習室で実施した．室温は 22–24 ℃，湿度は 45–60%に統一した（Japanese Industrial Standards Committee, 2010; Yamagami et al., 2017）．

Ⅱ－4．測定者

据え置き型超音波装置を用いた静脈拡張手技の効果検証を 4 年間実施してきた研究者 1 名（看護師）であった．研究者は携帯型超音波装置の使用を開始して数か月の時点であった．また，評価者間信頼性を検証するため，8 年以上の臨床経験を有する超音波検査士（循環器，消化器）1 名に携帯型超音波装置を用いた測定を依頼した．

Ⅱ－5．超音波装置を用いた測定（図 1）

携帯型超音波装置は，Vscan Air, 11–3 L probe（GE Healthcare, Little Chalfont, UK）を用いた．据え置き型超音波装置は，2018 年度の研究で使用した機器よりハイエンドの Aplio XG, 12 L probe（Canon medical systems, Otawara, Japan）を用いた．前腕皮静脈の断面が B モード画像として撮影された．静脈径（mm）は，皮膚表面に最も近い静脈の上端と最も遠い下端を結ぶ縦径と，垂直に交わる横径から算出した平均値を用いた．静脈深（mm）は，皮膚表面からそこに最も近い静脈の上端までの距離として測定した．

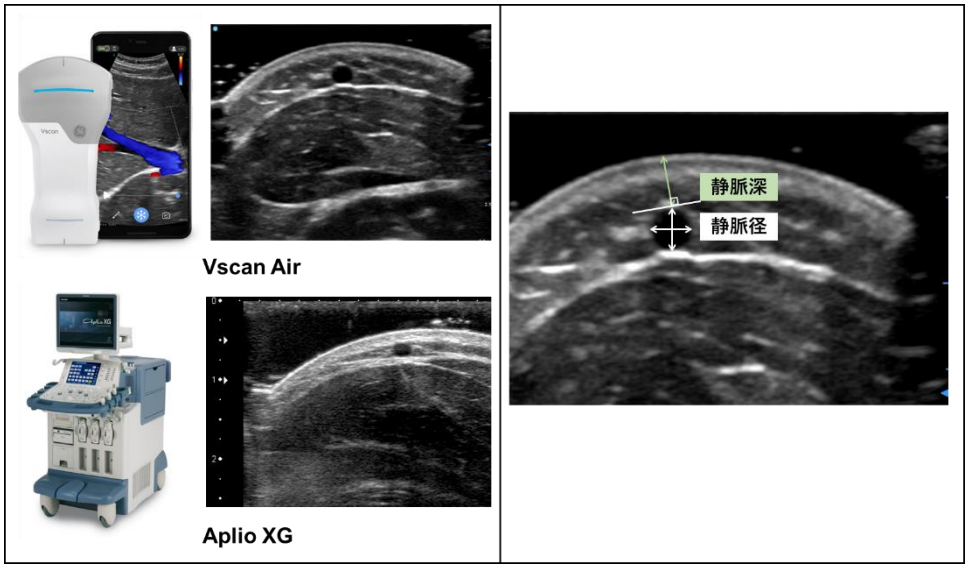


図 1．各超音波装置の概要と測定方法

Ⅱ－6．信頼性・妥当性・反応性の評価

Ⅱ－6－1．評価者内信頼性

同一測定者が同一被験者に対し複数回測定したときの一致度を表す（飯坂ら, 2015）．今回は, 研究者 1 名が携帯型超音波装置を用いて同一の前腕皮静脈を 2 回ずつ測定した値から評価した．

Ⅱ－6－2．評価者間信頼性

異なる測定者が同一被験者に対し測定を行ったときの一致度を表す（飯坂ら, 2015）．研究者 1 名と超音波検査士 1 名が携帯型超音波装置を用いて同一の前腕皮静脈を 1 回ずつ測定した値から評価した．

Ⅱ－6－3．併存的妥当性

すでに妥当性が担保されてる測定値と十分に関連する特性である（飯坂ら，2015）．今回は, 研究者 1 名が同一の前腕皮静脈において携帯型超音波装置と据え置き型超音波装置を用いた測定を 1 回ずつ行った値から，相対的な関連性を評価した．

Ⅱ－6－4．反応性

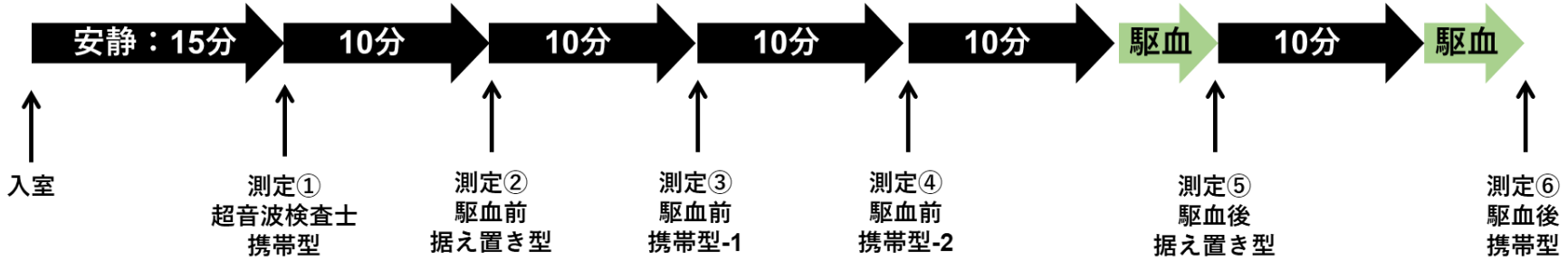
介入後の想定される変化に応じて測定値が反応する程度である（飯坂ら，2015）．本研究では, 駆血帯装着前後の変化を携帯型超音波装置と据え置き型超音波装置で 1 回ずつ測定して検証した．駆血は，メモリ付き駆血帯を用いて駆血圧を 75 mmHg に統一し，測定部位より 10cm 中枢を 30 秒間駆血した．

なお，携帯型超音波装置の駆血前測定は 2 回実施しているが，評価者間信頼性，併存的妥当性，反応性の評価においては 1 回目の測定値を使用した．これは，静脈拡張効果の検証における静脈径や静脈深の測定は，測定時間の延長による効果への影響を排除する目的で基本的に 1 回の測定に限られるためである．

Ⅱ－7．測定手順（図 2）

対象者は演習室入室後に座位になり, 左右の前腕をテーブル上に置いた状態で 15 分間安静に過ごして貰った．その後，以下の順で測定を行った．1）超音波検査士による携帯型超音波装置を用いた測定, 2) 研究者による据え置き型超音波装置を用いた駆血前測定, 3）研究者による携帯型超音波装置を用いた駆血前測定 1 回目，4）研究者による携帯型超音波装置を用いた駆血前測定 2 回目，5）研究者による据え置き型超音波装置を用いた駆血後測定，6）研究者による携帯型超音波装置を用いた駆血後測定．本研究は予備的検討であり，対象者数が限られていたため測定順序のランダム化は実施しなかった．

なお，測定の間には 10 分間の安静時間を設けた．対象者には測定期間を通して，可能な限り前腕を動かさないように依頼した．



評価者内信頼性：測定③，④
評価者間信頼性：測定①，③
併存的妥当性　：測定②，③
反応性　　：測定②，③，⑤，⑥

図 2．測定手順

Ⅱ－8．分析方法

連続変数は平均値（標準偏差または 95%信頼区間），カテゴリカルデータは N（%）で記述した．評価者内信頼性は，研究者による携帯型超音波装置を用いた 2 回の駆血前測定値をもとに級内相関係数 [ICC (1, 2)] を算出した．また，測定標準誤差（standard error of measurement: SEM＝差の標準偏差 ×√1-ICC）も算出した（Portney and Watkins, 2009）．評価者間信頼性は，超音波検査士と研究者による携帯型超音波装置を用いた 1 回ずつの駆血前測定値をもとに，級内相関係数 [ICC (2, 1)] を算出した．ICC 値は以下のように解釈される（0.00–0.20: slight, 0.21–0.40: fair, 0.41–0.60: moderate, 0.61–0.80: substantial, 0.81–1.00: almost perfect, Landis & Koch, 1977）．

併存的妥当性は，据え置き型超音波装置と携帯型超音波装置の 1 回ずつの駆血前測定値を用いて，スピアマンの順位相関係数 (r) を算出した．次に，Bland–Altman plot を作成した．その際，誤差の許容範囲（the 95% / limit of agreement: the 95% LOA＝ 差の平均値±1.96×差の標準偏差）を算出した（Bland & Altman, 1986）．測定値のバイアスとして，固定誤差と比例誤差を検討した．固定誤差は，いずれかの測定方法で値が大小に偏りやすくなっていることを表す（Bland & Altman, 1986）．1 サンプルの t 検定により 2 つの測定方法の差の平均値が 0 であるという帰無仮説を立てて検証した．比例誤差は，測定値が大きいまたは小さい程，2 つの測定方法による値のばらつきに差が生じやすくなることを表す（Bland & Altman, 1986）．従属変数は 2 つの測定方法の差，独立変数は 2 つの測定方法の平均値とした回帰係数の有意差検定を実施した．回帰式に含まれる回帰係数が 0 である帰無仮説を立てた．

反応性については，まず各測定方法において駆血帯装着前後の測定値の比較を対応のある t 検定で行った．次に，2 つの測定方法における駆血帯装着前後の差の平均値をもとにスピアマンの順位相関係数を算出した．相関係数が 0.5 以上の場合，2 つの測定方法における反応性は許容範囲であると考えられた（Mokkink et al., 2021）．なお，分析には SPSS ver. 29.0.1 statistical software（IBM, Armonk, New York, NY, USA）を使用し，有意水準は P＝.05 とした．

Ⅲ．結果

対象者の年齢は 28.8 (4.3) 歳で，駆血前の静脈サイズは，以下の通りであった．

据え置き型：静脈径 2.42 (2.10–2.73) mm，静脈深 2.67 (2.27–3.07) mm

携帯型　　：静脈径 2.39 (2.11–2.68) mm，静脈深 2.62 (2.22–2.68) mm

Ⅲ－1．信頼性および測定誤差

携帯型超音波装置の 2 回の測定について，評価者内信頼性である級内相関係数 [ICC (1, 2)] は静脈径，静脈深ともに 0.9 以上であった．また，SEM は静脈径 0.084 mm，静脈深 0.195 mm であった．研究者と超音波検査士の評価者間信頼性の級内相関係数 [ICC (2, 1)] も，静脈径，静脈深ともに 0.9 以上を示した（表 1）．

表 1．携帯型超音波装置の測定誤差と信頼性 (n = 40)

変数	ICC (1,2)	(95% CI)	ICC (2,1)	(95% CI)	SEM
静脈径	0.992	(0.984－0.996)	0.975	(0.952－0.986)	0.084
静脈深	0.972	(0.948－0.985)	0.929	(0.870－0.962)	0.195

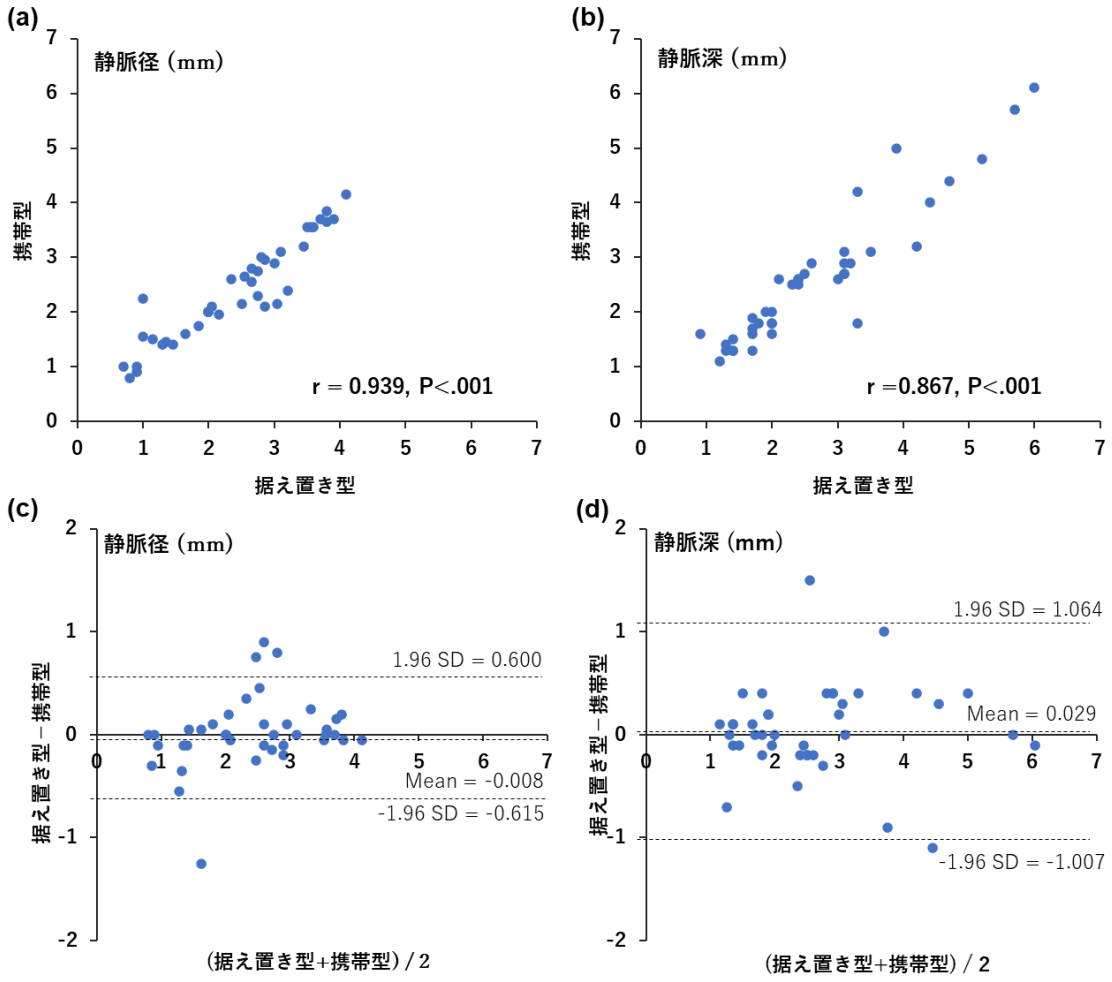
Notes. CI: confidence interval, ICC: intraclass correlation coefficients
SEM: standard error of measurement

Ⅲ－2．併存的妥当性

2 つの測定方法における相関係数は静脈径 0.939（P< .001），静脈深 0.867（P< .001）と有意な正の相関を示した（図 3）．固定誤差と比例誤差のいずれも統計的有意差は認められなかった（固定誤差　静脈径 : P=.829，静脈深 : P=.628 ; 比例誤差　静脈径 : P=.904，静脈深 : P=.114）．また，95%LOA は静脈径= －0.615–0.600 mm，静脈深= －1.007–1.064 mm であり，Bland–Altman plot は静脈径で 90%，静脈深で 95%のデータが 95%LOA の範囲内に存在した（図 3）．

Ⅲ－3．反応性

いずれの測定方法においても，駆血後の静脈径は駆血前より有意に増加した（据え置き型超音波装置 : P=.001，携帯型超音波装置 : P<.001）．据え置き型超音波装置を用いた静脈深の測定においては，駆血後の静脈深は駆血前より有意に浅くなった（P=.002）が，携帯型超音波装置を用いた測定においては，駆血前後の静脈深に有意差は認められなかった（P=.188）．しかし，方法間の反応性比較において，駆血前後の差は静脈径，静脈深はともに有意に高い正の相関を示した（静脈径：r=0.897，P<.001，静脈深：r=0.612，P<.001，表 2）．



Notes. a: 静脈径の散布図，b: 静脈深の散布図，c: 静脈径の Bland-Altman plot，d: 静脈深の Bland-Altman plot, SD: standard deviation

図 3．携帯型超音波装置と据え置き型超音波装置の併存的妥当性（n = 40)

表 2．携帯型超音波装置と据え置き型超音波装置の反応性の相関 (n = 40)

		駆血前 Mean (SD)	駆血後 Mean (SD)	差 (95%CI)	*P*	差の相関係数 (r)	*P*
静脈径 (mm)	据え置き型	2.42 (1.00)	2.81 (0.97)	0.39 (0.11－0.62)	.001	0.897	<.001
	携帯型	2.40 (0.90)	2.84 (0.98)	0.44 (0.26－0.62)	<.001		
静脈深 (mm)	据え置き型	2.67 (1.25)	2.34 (1.04)	-0.33 (-0.53－-0.12)	.002	0.612	<.001
	携帯型	2.60 (1.19)	2.48 (1.12)	-0.12 (-0.30－0.06)	.188		

Notes. CI: confidence interval, SD: standard deviation

Ⅳ．考察

本章では，前腕皮静脈の測定において，携帯型超音波装置の評価者内信頼性，評価者間信頼性，据え置き型超音波装置との併存的妥当性，駆血帯装着による反応性を予備的に検討した．その結果，前腕皮静脈を対象とした静脈拡張手技の効果検証においても，据え置き型超音波装置の代わりに携帯型超音波装置を使用した評価が可能であると考えられた．

評価者内信頼性について，測定を行った研究者は携帯型超音波装置の使用を開始して数か月の時点であったが，2 回の測定における ICC は静脈径，静脈深ともに 0.9 以上と「almost perfect」の基準に当てはまった（Landis & Koch, 1977）．さらに，経験豊富な専門職との評価者間信頼性も同じく高い基準値を示した．よって，前腕皮静脈測定における携帯型超音波装置の使用は，一般的な使用に慣れることで十分に安定した測定が可能であると考えられる．しかし，本章での研究者は超音波装置を用いた測定の未経験者ではないため，未経験者における携帯型超音波装置を用いた測定の信頼性や，信頼性が高く安定した測定を実施するために必要な練習期間については，今後検討が必要である．

次に，携帯型超音波装置による測定は据え置き型超音波装置による測定と強い正の相関を示し，相対的な併存的妥当性が確認できた．それだけでなく，静脈径の 95%LOA は，上腕動脈径において良好な一致を示したオシロメトリック法と超音波装置を用いた測定における 95%LOA 値（-1.03–0.69 mm，Maruhashi et al., 2021）より小さい範囲であったことから，携帯型超音波装置と据え置き型超音波装置の測定の一致性も高いと考えられる．加えて，両装置の測定には有意な系統誤差がなく，Bland–Altman plot において 95%LOA の範囲内に 90%以上のデータがプロットされた結果からも，前腕皮静脈測定における携帯型超音波装置と据え置き型超音波装置の互換性は高いことが示唆された．

静脈拡張効果の評価に関連する反応性においても，駆血前後の差の相関係数は 0.5 以上と高い相関を示しており，携帯型超音波装置による静脈拡張効果の評価は据え置き型超音波装置と比較しても許容される範囲にあることが確認できた（Mokkink et al., 2021）．なお，駆血前の静脈径の平均値は，第 2 章文献検討において対象となった研究の介入前測定値（研究毎の平均値または中央値の最小－最大値：1.8–3.8 mm）と同程度である点からも，静脈拡張効果の検証における携帯型超音波装置を使用することは可能と言えるだろう．

本章は予備的検討であり，以下の限界が挙げられる．まず，サンプルサイズや対象集団が限られた．また，評価における盲検化や測定のランダム化も未実施であった．今後はより幅広いサンプリングと厳密な研究デザインの設計により前腕皮静脈測定における携帯型超音波装置の信頼性・妥当性を検証する必要がある．また，静脈拡張効果の検討資料となる最小可検変化量の算出を行うことが課題である．

第 4 章　研究 I

Venous dilation effect of hot towel (moist and dry heat) versus hot pack for peripheral intravenous catheterization: a quasi-experimental study

末梢静脈留置針挿入部位におけるホットタオル（湿熱・乾熱）とホットパックの静脈拡張効果の比較: 準実験研究デザイン

Ⅰ．背景

National Home Infusion Association（2023）によると，近年，輸液療法の実践は費用対効果や個人のライフスタイルを考慮し，在宅療養の場へと移行している．在宅輸液療法市場は，2021 年に 310 億米ドル，2030 年には 617 億ドルに拡大すると予想されている（Grand View Research. Inc., 2022）．末梢静脈留置針（peripheral intravenous catheter: PIVC）の挿入は，中心静脈アクセスより侵襲性の低い基本的な医療処置である．しかし，PIVC 挿入を受ける在宅療養患者の 75%に血管外漏出や閉塞などの合併症が発生し，その半数は最初の挿入に失敗して複数回の穿刺を経験している（Nakayama et al., 2018）．ほとんどの医療従事者は，静脈の視診と触診により PIVC の挿入部位を選択する．駆血帯を装着しても細く，触知性・可視性の低い静脈は PIVC の挿入が困難である（van Loon et al., 2019）．したがって，PIVC を安全に挿入するためには静脈を十分に拡張させることが重要である（Sabri et al., 2013）．

PIVC 挿入においては，駆血帯装着前の穿刺部位の加温（温罨法）が静脈拡張手技として推奨されている（Gorski et al., 2021）．熱エネルギーが皮膚に伝わると，NO などの静脈拡張物質が放出され，皮膚静脈の血流量が増加する（Roberge, 2004）．安全性と静脈拡張効果の観点から，皮膚に適用する温罨法物品の表面温度は 40±2 ℃であることが推奨されている（Sabri et al., 2013）．病院での温罨法ではホットパックの利用率が最も高い（65%）が，米国だけでなく日本においてもホットタオルがよく使われている（Kiger et al., 2014）．ホットタオルの使用法には，湯で湿らせたタオルを直接貼用する方法（湿熱）と，乾燥した物品で包んで当てる方法（乾熱）がある（Kiger et al., 2014）．

健常成人の前腕皮静脈にホットパック（乾燥したビニールに密封されたジェル）を使用した静脈拡張効果に関する先行研究では，以下のことが明らかにされている: 1）ランダム化比較試験において，15 分間の温罨法後に駆血帯を装着すると，駆血のみを実施した場合よりも静脈断面積が有意に増大した（Yamagami et al., 2017），2）5 分間と 15 分間の温罨法による静脈拡張効果に有意差はみられなかった（Yamagami et al., 2018），3）15 分間の温罨法において，温罨法除去後少なくとも 5 分間は静脈拡張効果が持続した（Tokizawa et al., 2017）．ホットタオルを用いた温罨法については，136 人の血液内科外来患者を対象としたランダム化比較試験では，湿熱法と乾熱法の有効性が比較された（Fink et al., 2009）．その結果，PIVC の初回穿刺成功率は，湿熱法よりも乾熱法の方が有意に高かった．しかし，温罨法後の静脈の触知性と可視性に有意差は認められなかった. PIVC 挿入の成功は, 静脈の拡張が促され,

静脈の触知性と可視性が改善することに関連する（Bahl et al., 2021; van Loon et al., 2019）．そのため，乾熱法において静脈の拡張が PIVC 挿入の成功率を高めたかどうかは不明である．また，標準的な処置（駆血帯の装着）を受けた対照群が設定されていないため，ホットタオルを使用した場合にどれだけの静脈拡張が促されたかも不明である．

皮膚への熱伝導は，温度だけでなく物品の素材や湿熱・乾熱刺激にも影響すると考えられる．しかし，ホットタオルを使用した場合に静脈がどの程度拡張するのか，ホットパックとホットタオルのどちらが静脈拡張に効果的な熱適用法なのかは不明である．医療現場ではこれらの方法が混在しているため，確実な PIVC 挿入につながるより効果的な方法のエビデンスを示す必要がある．

本研究では，PIVC 挿入部位における駆血帯装着前のホットタオル（湿熱法・乾熱法）とホットパックの使用による静脈拡張効果を比較した．本研究結果は，PIVC 挿入時に，より大きな静脈拡張を促すための温罨法選択の基礎資料となる．さらに，ホットタオルがホットパックと同等の静脈拡張効果を得られるのであれば，在宅看護や災害時など資源が限られている状況においては，ホットパックの代わりにホットタオルを使用することが推奨できるかもしれない．

Ⅱ．方法

Ⅱ－１．研究デザイン

本研究は，the Transparent Reporting of Evaluations with Nonrandomized Designs guidelines に準拠した準実験研究デザインである（補足 Table S1）．各対象者の前腕に対し，3 種類の温罨法（ホットパック法: ホットパックを貼用，タオル湿熱法: 湯で絞ったタオルを貼用，タオル乾熱法: 湯で絞ったタオルをビニール袋に包んで貼用）を実施し，その後駆血帯を装着した．温罨法の実施順序は，独立した研究協力者がコンピューターで発生させた乱数を用いて割り当てた．また，介入は自律神経系への影響を最小化するため，午前 10 時から午後 4 時までの同じ時間に実施した（Shishido et al., 2020）．介入は温熱刺激を伴うため，参加者の盲検化は不可能であった．評価者は介入者と同一人物であったため盲検化されなかった．

Ⅱ－2．対象者

対象者は，2022 年 7 月から 10 月の間に，日本の国立大学に通う 18–29 歳の健康な女性学生 90 名であった．本研究では，加齢やホルモンバランスによる静脈の変性や反応性の性差をコントロールした（Boese et al., 2017; Molnár et al., 2021）．女性は男性よりも血管径が小さく（Lockhart et al., 2006; Kropman et al., 2014），女性の PIVC 挿入はより困難なためである（Jacobson & Winslow, 2005）．除外基準は以下の通りである: 1）心血管系疾患の既往歴，2）重度の皮膚疾患，外傷，湿疹のため前腕の皮膚に何らかの治療を受けていること．対象者には，8 時間以内の飲酒，実験開始前 1 時間以内の食事，カフェインや刺激物の摂取，激しい運動やシャワー浴を控えるよう依頼した．

Ⅱ－3．サンプルサイズ

G Power software version 3.1.9（G*Power, Heinrich Heine University, Düsseldorf, Germany）を使用してサンプルサイズを計算した．2 種類のプレテスト結果（未発表データ）における介入間の静脈径の差より 88 名のサンプルサイズが必要と計算された（タオル乾熱法対ホットパック法: 対応のない t 検定 88 名，$p<0.05$，効果量 0.50，検出力 0.80）．ゆえに，今回は脱落を考慮し 90 名を対象とすることとした．

Ⅱ－4．対象静脈

対象者の非利き腕の橈側，正中または尺側皮静脈とした．そのうち，PIVC 用の 22 ゲージ，長さ 25 mm のカテーテル（BD Insyte™ Autoguard™ BC Shielded IV Catheter with Blood Control Technology，日本 BD 株式会社，東京）を想定して，PIVC の挿入部位として推奨されている肘窩より 3 cm 末梢側から手首より 12 cm 中枢側の間の範囲で，可能な限り 2.5 cm 以上まっすぐ走行し，深さ 1 cm 以内の最も静脈径が大きい静脈を対象として決定した（Hadaway & Millam, 2005; Ingram & Lavery, 2007; Kimori et al., 2011; Scales, 2005; Yasuda et al., 2023A）．介入は 3 日間に分けて実施するため，測定部位をサージカルテープでマーキングし，前腕の写真を撮影し，できるだけ同じ位置で測定できるよう工夫した．

Ⅱ－5．測定環境

測定は大学内の一測定室で実施された．病院における室内標準環境に合わせ，室温 22–24 ℃，湿度 45–60%，照度は日本産業規格を参照し 185–215 ルクスとなるよう設定した（Japanese Industrial Standards Committee, 2010）．各指標は，無線温湿度照度計（HLT-100BT, CUSTOM，Tokyo, Japan）を使用してデータ収集毎に確認した．

Ⅱ－6．介入方法

PIVC 挿入時の温罨法に関する先行研究の方法を参考に設定した（Fink et al,. 2009; Yamagami et al., 2017）．介入は 1 人の研究者が統一して実施した．

Ⅱ－6－1．ホットパック法

1）ホットパック（3MTM, Cold/Hot Pack, 10 cm × 25 cm, 290 g, 3M Health Care, Tokyo, Japan）を恒温槽で 46℃に温めた湯で 40±2 ℃となるよう温め，乾燥したタオルで水気を拭き取った．2）それを対象者の前腕に 7 分間貼用した．3）温罨法物品除去後，対象者には 4 分 30 秒間安静にすることを依頼した．4）駆血帯（TTQ-100-1, TAIYO Instruments INC, Osaka, Japan）を用いて測定部位より 10 cm 中枢を 75 mmHg で 30 秒間駆血した（Ortega et al., 2008; Sasaki et al., 2012）．

Ⅱ－6－2．タオル湿熱法

1）乾燥したフェイスタオル（48 × 66 cm, 81 g）を 11×24 cm に折りたたみ，恒温槽で 46 ℃に温めた湯に浸し，290±5 g（タオル表面温度: 40±2 ℃）となるよう絞った．2）それを対象者の前腕に 7 分間貼用した．その後の介入はホットパック法の 3）と 4）と同様であった．

Ⅱ－6－3．タオル乾熱法

1）タオル湿熱法と同様に作成したものを乾燥したビニール袋に包んだ（大きさ: 25 × 35 cm，厚さ: 0.02mm）．タオルの表面温度は同様に 40±2℃の範囲であった．2）それを対象者の前腕に 7 分間貼用した．その後の介入はホットパック法の 3）と 4）と同様であった．

本研究の温罨法物品の加温方法は，サーモグラフィー（R300, Nippon Avionics Co., Ltd., Yokohama, Japan）を用いて，表面温度が 40±2℃の範囲で作成できることを事前に確認した．各温罨法物品について，20 回ずつ物品を作成して表面温度を観察し，3 種類の温罨法物品の表面温度が同程度であることを確認した．（平均[SD]，ホットパック法: 41.4 [0.4] ℃，タオル乾熱法: 41.1 [0.6] ℃，タオル湿熱法: 41.0 [0.6] ℃）．表面温度の安定性を確保するため，介入の際は物品温度の測定は実施しなかった．また，皮膚に 40±2 ℃の熱を加えると，皮膚静脈の血流が増加する（Roberge, 2004）．熱を加えてから駆血帯を装着するまでの安静時間は，先行研究から実際の PIVC の挿入に必要な時間と考えられた時間を設定した（Bayram & Caliskan, 2016; Jones et al., 1989; Minville et al., 2006）．対象者には，静脈拡張に影響する掌握など前腕の動きを控えるよう指示した．

Ⅱ－7．データ収集方法（図 1）

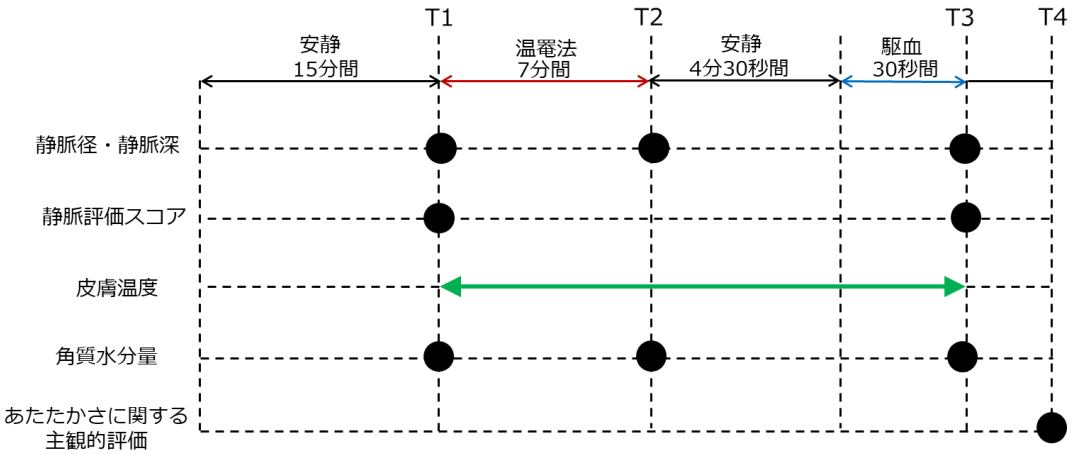


図 1．データ収集のプロトコル

Notes. 各時点での測定値を「●」で示す．対象者の基本属性は初日の温罨法前に測定した．T1: ベースライン, T2: 温罨法直後, T3: 駆血後, T4: 各測定終了時.

Ⅱ－7－1．静脈径・静脈深

主要評価指標は PIVC 挿入の成功要因の 1 つである静脈径を用いた（van Loon et al., 2019）．また，静脈深は副次評価指標として測定された．これらは，携帯型超音波装置（Vscan Air, 11-3 L probe, GE Healthcare, Little Chalfont, UK）を用いて介入前（ベースライン: T1），温罨法除去後（T2）および，駆血後（T3）に測定した．静脈径は皮膚表面に最も近い静脈の上端と，最も遠い下端を結ぶ縦径と，垂直に交わる横径から算出した平均値を用いた．静脈深は，皮膚表面からそこに最も近い静脈の上端までの距離として測定した．本研究では，以前の研究（Yasuda et al., 2019; Yasuda et al., 2023A）で皮静脈のサイズを測定した経験のある研究者 1 名が，臨床経験 8 年以上の循環器および消化器の登録超音波検査士である研究協力者の指導のもとで測定を行った．測定を実施した研究者と，超音波検査士の研究協力者による測定は高い信頼性があることを事前に確認した（ICC [2.1]，静脈径: 0.975，静脈深: 0.929）．測定に使用した携帯型超音波装置は，従来使用されてきた据え置き型超音波装置（Aplio XG, 12L probe，Toshiba, Japan）と測定の信頼性・妥当性を事前に確認したうえで採用した．なお，測定の際は事前にジェルウォーマーを用いて対象者の皮膚表面温度程度に温めたジェルを用いた．

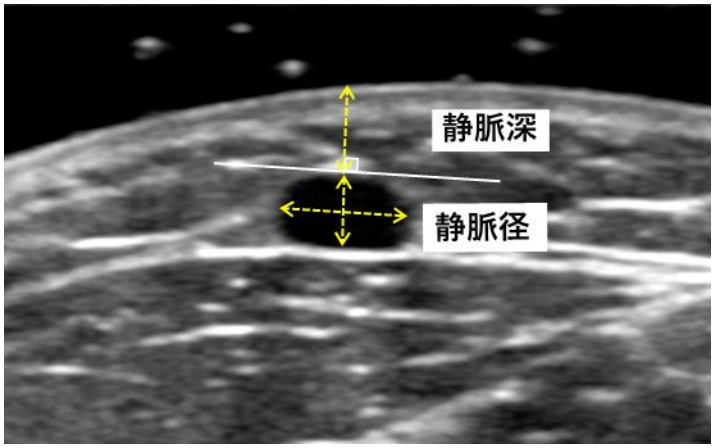


図 2．静脈径と静脈深の測定方法

Notes. 静脈径（mm）は最短径（静脈の上端から下端まで）と最長径（最短径に垂直方向）の平均値（= [最短径+最長径] / 2）として算出した．静脈深（mm）は，皮膚表面から静脈上端までの垂直距離として測定した．

Ⅱ－7－2．静脈評価スコア

静脈の触知可能性と可視性を 5 段階で評価する静脈評価スコア（Lenhardt et al., 2002）を，ベースライン時（T1）と駆血帯装着後（T3）に使用した．このスコアは，タオル湿熱法とタオル乾熱法を比較した以前の研究で評価されたものである（Fink et al., 2009）評価スコアは以下の通りである: 1）veins are neither visible nor palpable，2）veins are visible but not palpable，3）veins are barely visible and palpable，4）veins are visible and palpable，5）veins are clearly visible

and easily palpable．評価は，臨床経験 3 年以上の看護師免許を持つ研究者 1 名が統一して行った．研究者は，少なくとも 5 年の臨床経験を持つ熟練した看護師と助産師から事前に指導を受け，数日間評価の練習を行った（Benner, 1984）．26 データについて，研究者と研究者協力者（臨床経験 10 年の熟練看護師）による評価の一致率が 0.998（重み付けカッパ係数）と非常に高かったことから，研究者の評価に問題はないと判断した．

Ⅱ－7－3．温罨法部位の皮膚温度

皮膚表面温度計（Hardware N543, NIKKISO-THERM CO. LTD., Tokyo, Japan）を介入部位に使用し，温熱適用部位の皮膚温度の経時的変化を測定した（T1–T3）．測定プローブは温罨法の貼用範囲内で静脈測定部位と重ならない位置に設置した．

Ⅱ－7－4．角質水分量（Stratum corneum hydration: SCH）

Corneometer® CM825（Courage + Khazaka, Cologne, Germany）を用いて，ベースライン時（T1），温罨法直後（T2），駆血帯装着後（T3）に SCH を測定し，前腕の SCH の変化を明らかにした．測定は 5 回繰り返し，最大値と最小値を除いた 3 つの測定値の平均を算出した．

Ⅱ－7－5．あたたかさに関する主観的評価

各温罨法中に経験した前腕のあたたかさの程度（温罨法開始時，温罨法除去直前，および駆血後）を，対象者に思い出して評価するよう依頼した．これらの評価は，各測定日の終了時（T4）に実施した．あたたかさの評価度は以下の通りである: 0＝寒さを感じる，1＝少し寒さを感じる，2＝何も感じない，3＝少し暖かさを感じる，4＝暖かさを感じる．

Ⅱ－7－6．基本属性

対象者の基本属性は初日に測定した．対象者には，年齢，身長，末梢静脈穿刺（採血または PIVC 挿入）の失敗経験について「まったくない」，「ほとんどない」，「時々」，「頻繁に」の 4 段階評価で情報を提供してもらった（Ichimura et al., 2020）. 体重, body mass index（BMI），体脂肪率，筋肉量は体組成計（RD-917, TANITA, Tokyo, Japan）を用いて測定した．血圧と脈拍は電子血圧計（ES–H56, TERUMO, Tokyo, Japan）を用いて測定し，体温は電子体温計（MC-681, OMRON, Kyoto, Japan）を用いて測定した．駆血前後の静脈径の変化（対照群）は，温罨法介入前に測定した．対照群の実施と温罨法群の間のウォッシュアウトは 15 分とした（Yasuda et al., 2023A）.

Ⅱ－8．分析方法

記述統計には，連続変数は平均値（標準偏差 [standard deviation: SD]，95%信頼区間 [95% confidence intervals: CI]），カテゴリカル変数は N（%）を用いた．最小二乗平均（least square

mean: LSM）は混合モデルを用いて計算した．SCH に関しては，温罨法中の変化（＝T2－T1）および温罨法除去後の変化（＝T3－T2）を算出した．皮膚温は T1 から T3 まで 30 秒ごとに計算した．すべてのデータは，JMP® Pro ソフトウェア ver.16.1（SAS Institute Inc.）を使用し，有意水準は P＜.05 とした．温罨法間の比較については，ボンフェローニ補正を行い，P 値は $\alpha = 0.05 / 3 = 0.0167$ で有意とみなした．

まず，混合モデルを用いた一要因の反復測定分散分析とダネット検定（対照群＝control，ベースライン値で調整）を用いて，静脈径と静脈深の変化（＝駆血後－ベースライン）に対する駆血のみと比較した各温罨法の拡張効果を確認した．

静脈径，静脈深，皮膚温，あたたかさに関する主観的評価を，混合モデルを用いた二要因の反復測定分散分析を用いて分析した．このモデルでは，従属変数は静脈径，静脈深，皮膚温，あたたかさに関する主観的評価であった．固定効果には条件と時間，交互作用を設定した．個人は変量効果に割り当てた．各時点での介入を比較するために，一要因の反復測定分散分析とボンフェローニ補正を行った．群内の時点間の比較は，一要因の反復測定分散分析とダネット検定（ベースライン＝control）を用いて行った．SCH の変化量は，一要因の反復測定分散分析とボンフェローニ補正を用いた．このモデルでは，SCH の変化量が従属変数である．静脈径と静脈深の群間比較の効果量（Cohen’s d）を算出した．Cohen’s d は，非常に小さい（0.2 未満），小さい（0.2–0.4），中程度（0.5–0.7），大きい（0.8 以上）と解釈された（Cohen. 1988）．静脈評価スコアは，Freeman–Halton 拡張によるフィッシャーの正確確率検定とボンフェローニ補正を用いて，時点内の群間および群内の時点間（T1 対 T3）で比較した．

Ⅲ．結果

Ⅲ－1．対象者の基本属性

90 人の対象者のうち 89 人の測定を完了することができた．また，1 名は静脈が測定基準を満たさなかったため除外され，88 名の参加者が解析に含まれた（図 3）．対象者の平均 BMI は 20.2（2.4）kg/m^2，体脂肪率は 25.3（4.9）%であり，これは 20 歳代の日本人女性の標準サイズであった（表 1）．駆血前後の静脈径と静脈深は表 1 に示す．なお，これらの温熱使用による熱傷などの有害事象は発生しなかった．

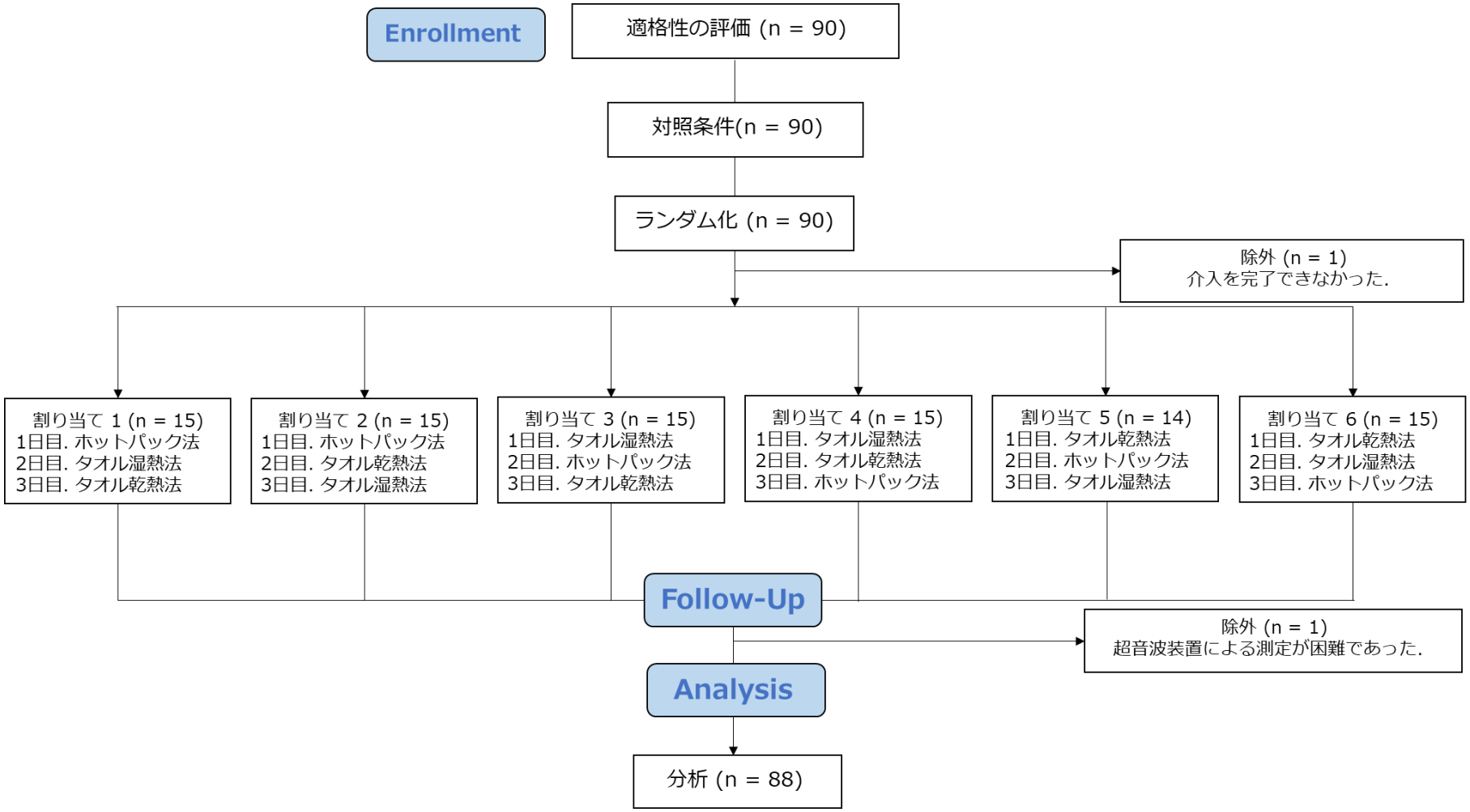

Enrollment
適格性の評価 (n = 90)
対照条件(n = 90)
ランダム化 (n = 90)
除外 (n = 1)
介入を完了できなかった.
割り当て 1 (n = 15)
1日目. ホットパック法
2日目. タオル湿熱法
3日目. タオル乾熱法
割り当て 2 (n = 15)
1日目. ホットパック法
2日目. タオル乾熱法
3日目. タオル湿熱法
割り当て 3 (n = 15)
1日目. タオル湿熱法
2日目. ホットパック法
3日目. タオル乾熱法
割り当て 4 (n = 15)
1日目. タオル湿熱法
2日目. タオル乾熱法
3日目. ホットパック法
割り当て 5 (n = 14)
1日目. タオル乾熱法
2日目. ホットパック法
3日目. タオル湿熱法
割り当て 6 (n = 15)
1日目. タオル乾熱法
2日目. タオル湿熱法
3日目. ホットパック法
Follow-Up
除外 (n = 1)
超音波装置による測定が困難であった.
Analysis
分析 (n = 88)

図 3. 本研究のフロー図

表 1. 対象者の基本属性（n=88）

	n (%)	Mean (SD)
利き腕		
右	81 (92.0)	
左	7 (8.0)	
年齢（歳）		21.7 (2.3)
BMI（kg/m^2）		20.2 (2.4)
体脂肪率（%）		25.3 (4.9)
筋肉量（%）		35.7 (4.0)
前腕面積（cm^2）		170.5 (18.3)
体温（℃）		36.6 (0.2)
脈拍（回/分）		67.4 (11.5)
収縮期血圧（mmHg）		100.4 (7.5)
拡張期血圧（mmHg）		75.7 (18.5)
静脈径（mm）		
駆血前		3.16 (0.77)
駆血後		3.51 (0.84)
静脈深（mm）		
駆血前		4.12 (1.55)
駆血後		3.82 (1.45)
静脈穿刺の失敗頻度		
まったくない	60 (68.2)	
まれに	7 (8.0)	
時々	7 (8.0)	
頻繁に	14 (15.9)	

Notes. BMI, body mass index; SD, standard deviation

Ⅲ－2．静脈拡張効果の比較

静脈径のベースライン（T1）と駆血後（T3）の変化量は，ホットパック法（LSM [95%CI]: 0.59 [0.50–0.68] mm）およびタオル乾熱法（0.50 [0.42–0.59] mm）のいずれも，対照条件で観察された変化量（0.35 [0.26–0.43] mm）よりも有意に大きかった（P<.001，P=.016）．一方，タオル湿熱は，対照条件の変化量と比較して，有意に小さい変化（P<.001, 0.09 [0.00–0.18] mm）を示した．温罨法条件間の比較では，条件（F [2, 694.0] = 25.11, P<.001），時間（F [2, 694.0] = 78.97, P<.001）の有意な主効果と交互作用が認められた（F [4, 694.0] = 12.50, P<.001，表 2）．ホットパック法とタオル乾熱法との間に有意差は認められず，効果は非常に小さかった（T2: mean difference: MD [95%CI]: 0.06 [-0.19–0.07] mm，d＝0.12，P＝.448，T3: 0.12 [-0.25–0.02]，d＝0.17，P＝.120）．しかし，T2 および T3 のタオル湿熱法は，ホットパック法よりも有意に小さかった（T2: P=.006，T3: P<.001）．T3 では，タオル湿熱法の方がタオル乾熱法よりも有意に小さかった（P<.001）．

静脈深については，T3 では対照条件と各温罨法条件との間に有意差はなかった（LSM [95%CI]; 対照条件: -0.30 [-0.19－-0.40] mm, ホットパック法: -0.35 [-0.19－-0.40] mm, P＝.955, タオル乾熱法: -0.27 [-0.16－-0.37] mm, P=.828; タオル湿熱法: -0.26 [-0.16－-0.37] mm，P =.934）．温罨法条件間の比較を行ったところ，時間についてのみ有意な主効果が認められた（F [2,693.0] = 35.50，P <.001，表 3）．全温罨法条件において，T1 から T3 にかけて静脈深は有意に浅くなった（P <.01，表 3）．

ホットパック法とタオル乾熱法の実施による静脈評価スコアの人数割合に有意差はなく，T3 時点では対象者の約 90%がスコア 3 以上であった（ホットパック法: 95.5%，タオル乾熱法: 89.7%）．しかし，これらのスコアの人数割合は，T3 においてタオル湿熱法と他の 2 条件との間で有意に異なった（P <.001，表 4）．

表 2. 静脈径におけるホットタオル（湿熱法・乾熱法）とホットパック法の比較（n=88）

静脈径 (mm)		時間			主効果				交互作用	
		T1[b]	T2	T3	条件		時間		条件×時間	
		ベースライン	温罨法直後	駆血後	*F(df)*	*P*[a]	*F(df)*	*P*[a]	*F(df)*	*P*[a]
ホットパック法		3.15 (0.76)	3.39 (0.77) *	3.75 (0.85) *	25.11	**<.001**	78.97	**<.001**	12.5	**<.001**
タオル乾熱法	**Mean (SD)**	3.13 (0.81)	3.34 (0.84) *	3.63 (0.84) *	-2,694.00		-2,694.00		-4,694.00	
タオル湿熱法		3.17 (0.76)	3.23 (0.74)	3.26 (0.86)						
ホットパック法 vs. タオル乾熱法	**MD [95%CI]**	-0.02 [-0.09–0.05]	-0.06 [-0.19–0.07]	-0.12 [-0.25–0.02]						
	***t*, d**	-0.77 ,0.08	-1.09 ,0.12	-1.84 ,0.17						
	P [c]	.658	.448	.120						
ホットパック法 vs. タオル湿熱法	**MD [95%CI]**	0.02 [-0.05–0.09]	-0.17 [-0.30–0.05]	-0.49 [-0.63–0.35]						
	***t*, d**	0.53 ,0.06	-3.01 ,0.32	-7.89 ,0.84						
	P [c]	.816	**.006**	**<.001**						
タオル乾熱法 vs. タオル湿熱法	**MD [95%CI]**	-0.04 [-0.10–0.02]	0.11 [-0.00–0.23]	0.38 [0.25–0.51]						
	***t*, d**	-1.32 ,0.04	1.93 ,0.14	5.9 ,0.46						
	P [c]	.188	.056	**<.001**						

Notes. a, 混合モデルの二要因反復測定分散分析: b, 一要因反復測定分散分析とDunnett検定 (T1 = control; *P<.01); c, 一要因反復測定分散分析とボンフェロー二補正 (P<.0167)
CI, conference interval; df, degree of freedom; MD, mean difference; SD, standard deviation

表 3. 静脈深におけるホットタオル（湿熱法・乾熱法）とホットパック法の比較（n=88）

静脈径 (mm)		時間			主効果				交互作用	
		T1[b]	T2	T3	条件		時間		条件×時間	
		ベースライン	温罨法直後	駆血後	*F(df)*	*P*[a]	*F(df)*	*P*[a]	*F(df)*	*P*[a]
ホットパック法		4.19 (1.58)	4.04 (1.51)	3.84 (1.48) *	1.08	.340	35.5	**<.001**	0.49	.741
タオル乾熱法	**Mean (SD)**	4.19 (1.55)	4.15 (1.64)	3.92 (1.52) *	-2,693.00		-2,693.00		-4,693.00	
タオル湿熱法		4.18 (1.47)	4.04 (1.52)	3.91 (1.44) *						
ホットパック法 vs. タオル乾熱法	**MD [95%CI]**	0 [-0.14–0.14]	0.08 [-0.06–0.21]	0.08 [-0.07–0.23]						
	***t*, d**	0.02 ,0.00	1.26 ,0.13	1.19 ,0.13						
	P [c]	.999	.989	.389						
ホットパック法 vs. タオル湿熱法	**MD [95%CI]**	-0.01 [-0.14–0.13]	0.01 [-0.13–0.15]	0.08 [-0.08–0.23]						
	***t*, d**	0.02 ,0.01	0.12 ,0.01	1.14 ,0.12						
	P [c]	.989	.345	.418						
タオル乾熱法 vs. タオル湿熱法	**MD [95%CI]**	-0.01 [-0.11–0.13]	0.07 [-0.07–0.22]	0.07 [-0.04–0.19]						
	***t*, d**	0.15 ,0.01	1.19 ,0.12	1.19 ,0.05						
	P [c]	.188	.463	.882						

Notes. a, 混合モデルの二要因反復測定分散分析: b, 一要因反復測定分散分析とDunnett検定 (T1 = control; *P<.01); c, 一要因反復測定分散分析とボンフェローニ補正 (P<.0167)

CI, conference interval; df, degree of freedom; MD, mean difference; SD, standard deviation

表 4. 静脈評価スコアの変化の比較（n=88）

静脈評価スコア		HP法	タオル乾熱法	タオル湿熱法	HP法 vs. タオル乾熱法	HP法 vs. タオル湿熱法	タオル乾熱 vs.湿熱法
		N (%)			P[a]		
T1	1: neither visible nor palpable	31 (35.2)	35 (39.8)	36 (40.9)			
ベースライン	2: visible but not palpable	9 (10.2)	10 (11.4)	13 (14.8)			
	3: barely visible and palpable	38 (43.2)	31 (35.2)	28 (31.8)	.761	.669	.945
	4: visible and palpable	10 (11.4)	12 (13.6)	11 (12.5)			
	5: clearly visible and easily palpable	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)			
T3	1: neither visible nor palpable	3 (3.4)	6 (6.8)	24 (27.3)			
駆血後	2: visible but not palpable	1 (1.1)	3 (3.4)	8 (9.1)			
	3: barely visible and palpable	54 (61.4)	53 (60.2)	39 (44.3)	.714	**<.001**	**<.001**
	4: visible and palpable	19 (21.6)	17 (19.3)	15 (17.1)			
	5: clearly visible and easily palpable	11 (12.5)	9 (10.2)	2 (2.3)			
***P*[b]**		**<.001**	**<.001**	.194			

Notes. HP, ホットパック; a, Freeman–Halton拡張によるFisherの正確確率検定およびボンフェローニ補正 (P<.0167); b, Freeman–Halton拡張によるFisherの正確確率検定

Ⅲ－3．皮膚温とあたたかさに関する主観的評価の比較

介入部位の皮膚温は，条件（F [2, 6959.0] = 746.88，P<.001），時間（F [26, 6959.0] = 3838.08，P <.001）の有意な主効果と交互作用が認められた（F [52, 6959.0] = 87.97，P<.001）．貼用開始 120 秒時点から T2 までのタオル乾熱法は，ホットパック法よりも有意に低い温度で経過した（P <. 01，図 4）．一方，T2 におけるホットパック法と他の 2 条件の温度差は約 0.4 ℃であった（MD [95%CI] ℃，vs. タオル乾熱法: 0.45 [0.21–0.69]，vs. タオル湿熱法: 0.43 [0.19－0.67]，各 P<.001）．450 秒時点から T3 までのホットパック法とタオル乾熱法の間に有意差はなく，T3 ではどちらも T1 より有意に高い温度を維持した（MD [95%CI] ℃，ホットパック法: 1.70 [1.50–1.89]，タオル乾熱法: 1.47 [1.34–1.59]，各 P<.001）．一方，タオル湿熱法は，30－150 秒時点では他の 2 条件よりも有意に高い温度を示したが（各 P<.001），210 秒以降の皮膚温は徐々に低下した．

あたたかさに関する主観的評価も，条件間（F [2, 657.7] = 76.04, P<.001）および時間（F [2, 271.5] = 353.42, P<.001）の有意な主効果と交互作用（F [4, 603.9] = 46.28, P<.001）が認められた．乾熱タオルの使用は，他の 2 条件よりも開始時のスコアが有意に低かった（各 P<.001，図 5）．しかし，その後はタオル湿熱法が他の 2 条件よりも有意に低いスコアを示した（除去直前: 各 P<.001，駆血後: 各 P<.001）．

Ⅲ－4．温罨法前後および除去後の SCH の変化

ホットパック法とタオル乾熱法による SCH の変化量に有意差はなかった．対照的に，タオル湿熱法はホットパック法と比較して，温罨法前後の SCH を有意に増加させ（＝T2－T1，P<.001），除去後の SCH を有意に減少させた（＝T3－T2，P<.001，表 5）．

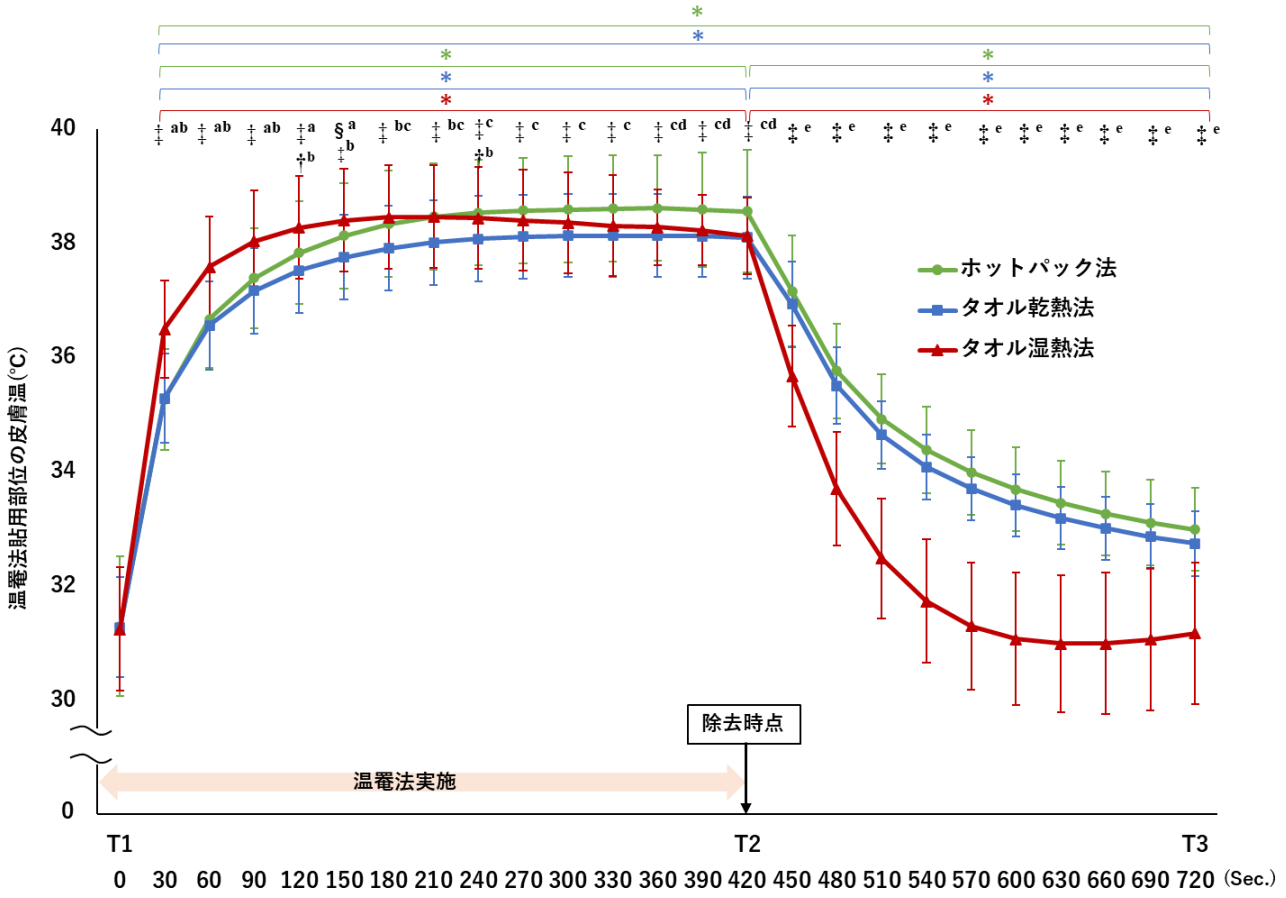


図 4. 温罨法貼用部位の皮膚表面温度の変化（n=88）

Notes. 混合モデルの二要因反復測定分散分析，一要因反復測定分散分析と Dunnett 検定（T1 =control, *P<.001），一要因反復測定分散分析とボンフェローニ補正（†P<. 0125, ‡ P<.001, a: タオル湿熱法 ＞ ホットパック法，b: タオル湿熱法 ＞ タオル乾熱法, c: ホットパック法 ＞ タオル乾熱法, d: ホットパック法 ＞ タオル湿熱法, e: ホットパック法およびタオル乾熱法 ＞ タオル湿熱法). T1: ベースライン，T2: 除去時点，T3: 駆血帯後

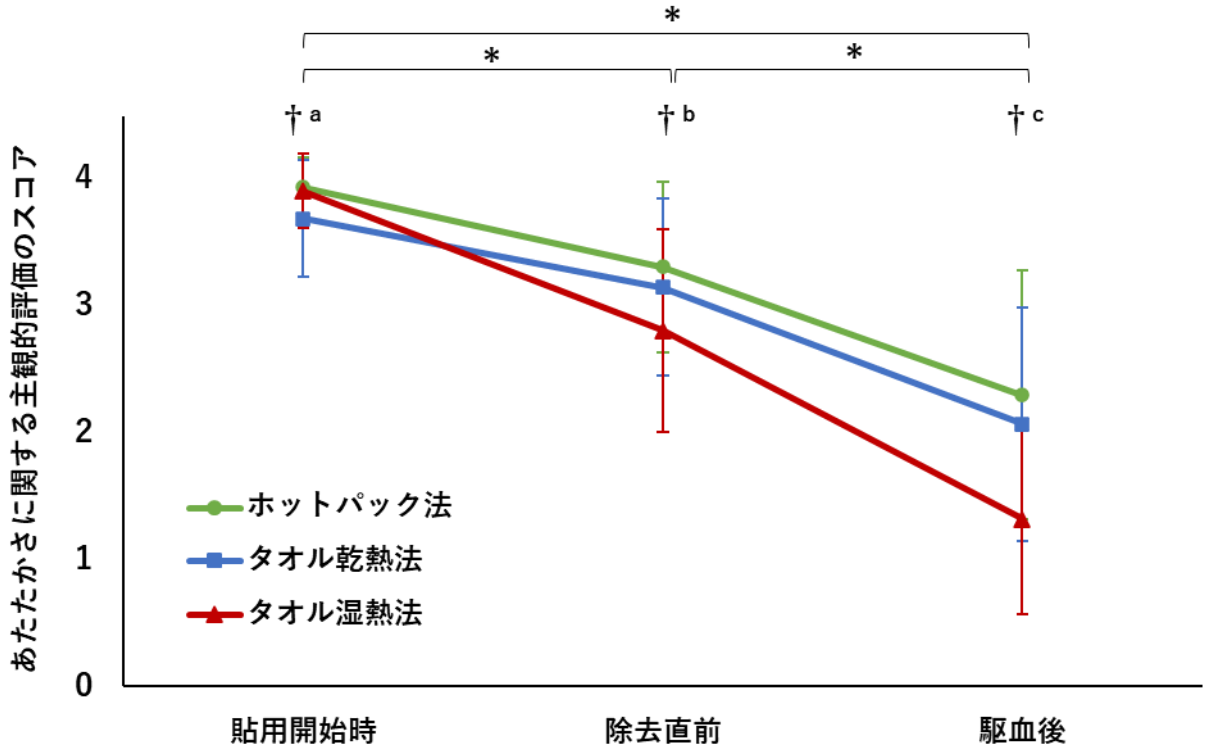


図 5．あたたかさに関する主観的評価の変化（n=88）

Notes. あたたかさに関する主観的評価のスコア：0＝寒く感じる，1＝少し寒く感じる，2＝何も感じない，3＝少し暖かく感じる，4＝暖かく感じる．混合モデルの二要因反復測定分散分析，一要因反復測定分散分析および Dunnett 検定（開始時＝control，全介入において*P<.001）．一要因反復測定分散分析およびボンフェローニ補正（†P<.001，a: ホットパック法とタオル湿熱法＞タオル乾熱法，b と c: ホットパック法とタオル乾熱法＞タオル湿熱法）

表 5. 角質水分量の変化量の比較（n=88）

SCH (A.U.)		**温罨法による変化 = T2 – T1** **(温罨法直後－ベースライン)**	**除去後の変化 = T3 – T2** **(駆血後－温罨法直後)**
ホットパック法		12.2 (8.4)	-5.3 (6.4)
タオル乾熱法	**Mean (SD)**	10.2 (8.3)	-5.1 (6.0)
タオル湿熱法		35.1 (18.8)	-28.4 (14.8)
ホットパック法 vs. タオル乾熱法	**MD [95%CI]**	2.00 [-2.48–6.59]	0.19 [-3.45–3.83]
	t, d	1.00, 0.24	0.12, 0.05
	***P*[a]**	.319	.907
ホットパック法 vs. タオル湿熱法	**MD [95%CI]**	22.87 [18.91–26.84]	23.30 [19.69–26.92]
	t, d	11.39, 1.42	14.24, 1.81
	***P*[a]**	<.001	<.001
タオル乾熱法 vs. タオル湿熱法	**MD [95%CI]**	24.88 [20.43–29.33]	23.30 [20.11–26.50]
	t, d	12.48, 1.56	14.41, 1.83
	***P*[a]**	<.001	<.001

Notes. 混合モデル一要因反復測定分散分析とボンフェローニ補正 (P<.0167); A.U., arbitrary units; CI, conference interval; MD, mean difference; SCH, stratum corneum hydration; SD, standard deviation

Ⅳ．考察

本研究は，PIVC 挿入部位における駆血帯装着前のホットタオル（湿熱および乾熱）を使用した場合の静脈拡張効果をホットパックと比較した．その結果，同一条件下において，タオル湿熱法の静脈拡張効果はホットパック法およびタオル乾熱法より有意に劣った．しかし，タオル乾熱法とホットパック法の間には有意差はなかった．したがって，タオル乾熱法とホットパック法は PIVC 挿入前の温罨法として有効な静脈拡張手技と示唆された．

タオル乾熱法（綿素材と湯）とホットパック法（乾燥したプラスチックに密封されたジェル）は材質が異なるが, 2 つの方法間の静脈径の差の効果量は非常に小さく, 対象者の約 90%が駆血後に触知可能な拡張状態まで改善した．駆血後（すなわち温罨法物品除去後から 5 分後）の皮膚温は，これらの条件間に有意差はなく，開始時よりも有意に高い状態を維持した（MD [95%CI]，ホットパック法: 1.70 [1.50–1.89] ℃，タオル乾熱法: 1.47 [1.34–1.59] ℃). したがって，いずれの方法でも 7 分間持続的に静脈拡張を促進できる温度まで熱を加えることができたと言える．ホットパックを使用した先行研究（Tokizawa et al., 2017; Yamagami et al., 2017）と一致して，本研究では，駆血のみの使用と比較して，ホットパック法とタオル乾熱法は介入前後で静脈径を有意に増大させた．つまり，タオル乾熱法も効果的に静脈拡張を促すことができたと推察される．

一方，PIVC 挿入部位におけるタオル湿熱法の静脈拡張効果が他の 2 条件よりも劣っていた理由は 2 点考えられた．1 点目は，タオル湿熱法の熱は短時間で皮膚や外気に放散するため，温罨法除去時の皮膚への熱刺激がホットパック法よりも少なかったことである．このことは，温罨法中の皮膚温のピークアウトはタオル湿熱法が最も早く，除去直前のあたたかさに関する主観的評価もホットパック法より有意に低い結果から裏付けられる．2 点目は，タオル湿熱法によりで発生する気化熱（Havenith et al., 1985）が，ホットパックを使用する場合よりも，除去後から駆血後までの間に大きかったためと考えられる．タオル湿熱法は，他の 2 条件よりも温罨法中の SCH を増加させ，除去後に著しく蒸散した．このことは，除去後のタオル湿熱法の皮膚温が他の 2 条件よりも有意に低かったことから裏付けられた．静脈径および静脈評価スコアに関する本研究結果は，湿熱刺激に対する PIVC 挿入の成功率が乾熱刺激よりも劣っていたという Fink ら（2009）の結果と一致している．さらに，タオル湿熱法による静脈拡張効果は，駆血のみよりも劣っていた．この結果は，タオル湿熱法において除去後に発生する気化熱により，駆血帯を巻く前に静脈が収縮したためと考えられる．したがって，タオル湿熱法の使用は推奨されない．

ホットパック法と同様にタオル乾熱法でも静脈拡張が促進されることを明らかにした本研究結果は，温罨法の方法が多様化する医療現場において新たな知見である．将来的には，PIVC 挿入前の静脈拡張を促進するためにホットパックやビニール袋などの乾燥した物品に包んだタオルを使用することが推奨されるかもしれない．本研究で使用したタオル乾熱法は，一般家庭で入手可能な綿のフェイスタオルである．これをお湯で温めて絞り，ビニール袋に包むだけで簡単に準備することができる．したがって，ホットパックが準備できない在

宅医療や災害時には，タオル乾熱法がホットパックの代替となりうる．逆に，タオル湿熱法による静脈拡張効果は，気化熱の影響によりタオル乾熱法に劣るだけでなく，駆血帯単独での効果にも及ばない．したがって，ホットタオルを使用する際には，ビニール袋に入れるという重要な手順が不可欠である．今後，タオル乾熱法とホットパック法の患者に対するPIVC挿入成功率の違いを検討する必要がある．

本研究にはいくつかの限界があった．第一に，研究対象者が18–29歳の女子学生に限定されていたことである．次に，研究者と専門看護師の間で静脈評価スコアの一致度が顕著であったが，本研究の評価者は研究者1人に限られていた．

Ⅴ．結論

本研究では，PIVC挿入部位においてタオル乾熱法を実施することで，ホットパックを使用するのと同様に静脈拡張が促されることが明らかになった．病院や家庭環境での実施状況を考慮すると，お湯で温めて絞ったタオルを乾燥物品で包んで貼用する方法は，ホットパックの代替となりうる．

Ⅵ．倫理的配慮

本研究は北海道大学大学院保健科学研究院の倫理審査委員会の承認を得た（承認番号：22–22）．研究に参加する前に，すべての対象者からインフォームドコンセントを得た．すべての方法は，関連するガイドラインおよび規制 (ヘルシンキ宣言) に従って実行された．また，本研究は事前に大学病院医療情報ネットワークに登録された（登録番号：UMIN000048308，登録日：2022年7月7日）．

なお，本章は Journal of Physiological Anthropology に掲載された論文の内容である: Yasuda K, Shishido I, Murayama M, Kaga S & Yano R. (2023). Venous dilation effect of hot towel (moist and dry heat) versus hot pack for peripheral intravenous catheterization: a quasi-experimental study. Journal of Physiological Anthropology. 42(1):23. doi: 10.1186/s40101-023-00340-5. Licensed by Creative Commons (CC-BY 4.0: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

TREND Statement Checklist

補足資料 S1

Paper Section/Topic	Item No.	Descriptor	Reported? ✓	Reported? Pg #
TITLE and ABSTRACT				
Title and Abstract	1	• Information on how units were allocated to interventions	✓	2
		• Structured abstract recommended	✓	2–3
		• Information on target population or study sample	✓	2
INTRODUCTION				
Background	2	• Scientific background and explanation of rationale	✓	4–6
		• Theories used in designing behavioural interventions		N/A
METHODS				
Participants	3	• Eligibility criteria for participants, including criteria at different levels in recruitment/sampling plan (e.g., cities, clinics, subjects)	✓	7–8
		• Method of recruitment (e.g., referral, self-selection), including the sampling method if a systematic sampling plan was implemented	✓	7–8
		• Recruitment setting	✓	7–8
		• Settings and locations where the data were collected	✓	9
Interventions	4	• Details of the interventions intended for each study condition and how and when they were actually administered, specifically including:	✓	9–11
		○ Content: what was given?	✓	9–11
		○ Delivery method: how was the content given?	✓	9–11
		○ Unit of delivery: how were subjects grouped during delivery?	✓	6–7
		○ Deliverer: who delivered the intervention?	✓	9
		○ Setting: where was the intervention delivered?	✓	9
		○ Exposure quantity and duration: how many sessions or episodes or events were intended to be delivered? How long were they intended to last?	✓	6–7
		○ Time span: how long was it intended to take to deliver the intervention to each unit?	✓	9–11
		○ Activities to increase compliance or adherence (e.g., incentives)		N/A
Objectives	5	• Specific objectives and hypotheses	✓	6
Outcomes	6	• Clearly defined primary and secondary outcome measures	✓	11–15
		• Methods used to collect data and any methods used to enhance the quality of measurements	✓	11–15
		• Information on validated instruments such as psychometric and biometric properties	✓	11–15
Sample size	7	• How sample size was determined and, when applicable, explanation of any interim analyses and stopping rules	✓	8

TREND Statement Checklist

Assignment method	8	• Unit of assignment (the unit being assigned to study condition, e.g., individual, group, community)	✓	6–7
		• Method used to assign units to study conditions, including details of any restriction (e.g., blocking, stratification, minimization)	✓	N/A
		• Inclusion of aspects employed to help minimize potential bias induced due to non-randomization (e.g., matching)	✓	N/A
Blinding (masking)	9	• Whether or not participants, those administering the interventions, and those assessing the outcomes were blinded to study condition assignment; if so, statement regarding how the blinding was accomplished and how it was assessed	✓	6-7
Unit of Analysis	10	• Description of the smallest unit that is being analysed to assess intervention effects (e.g., individual, group, or community)	✓	15–17
		• If the unit of analysis differs from the unit of assignment, the analytical method used to account for this (e.g., adjusting the standard error estimates by the design effect or using multilevel analysis)		N/A
Statistical methods	11	• Statistical methods used to compare study groups for primary methods outcome(s), including complex methods for correlated data	✓	15–17
		• Statistical methods used for additional analyses, such as subgroup analyses and adjusted analysis		N/A
		• Methods for imputing missing data, if used		N/A
		• Statistical software or programs used	✓	16
RESULTS				
Participant flow	12	• Flow of participants through each stage of the study: enrollment, assignment, allocation and intervention exposure, follow-up, analysis (a diagram is strongly recommended)	✓	17 (Fig. 3)
		○ Enrollment: the numbers of participants screened for eligibility, found to be eligible or not eligible, declined to be enrolled, and enrolled in the study	✓	17 (Fig. 3)
		○ Assignment: the numbers of participants assigned to a study condition	✓	17 (Fig. 3)
		○ Allocation and intervention exposure: the number of participants assigned to each study condition and the number of participants who received each intervention	✓	17 (Fig. 3)
		○ Follow-up: the number of participants who completed the follow-up or did not complete the follow-up (i.e., lost to follow-up), by study condition	✓	17 (Fig. 3)
		○ Analysis: the number of participants included in or excluded from the main analysis, by study condition	✓	17 (Fig. 3)
		• Description of protocol deviations from study as planned, along with reasons	✓	17 (Fig. 3)
Recruitment	13	• Dates defining the periods of recruitment and follow-up	✓	7
Baseline data	14	• Baseline demographic and clinical characteristics of participants in each study condition	✓	17 (Table 1)

TREND Statement Checklist

		• Baseline characteristics for each study condition relevant to specific disease prevention research		N/A
		• Baseline comparisons of those lost to follow-up and those retained, overall and by study condition		N/A
		• Comparison between study population at baseline and target population of interest		N/A
Baseline equivalence	15	• Data on study group equivalence at baseline and statistical methods used to control for baseline differences		N/A
Numbers analysed	16	• Number of participants (denominator) included in each analysis for each study condition, particularly when the denominators change for different outcomes; statement of the results in absolute numbers when feasible	✓	17-21 (Table 1-5, Fig. 4-5)
		• Indication of whether the analysis strategy was "intention to treat" or, if not, description of how non-compliers were treated in the analyses		N/A
Outcomes and estimation	17	• For each primary and secondary outcome, a summary of results for each estimation study condition, and the estimated effect size and a confidence interval to indicate the precision	✓	17-21 (Table 2-5)
		• Inclusion of null and negative findings		N/A
		• Inclusion of results from testing pre-specified causal pathways through which the intervention was intended to operate, if any		N/A
Ancillary analyses	18	• Summary of other analyses performed, including subgroup or restricted analyses, indicating which are pre-specified or exploratory		N/A
Adverse events	19	• Summary of all important adverse events or unintended effects in each study condition (including summary measures, effect size estimates, and confidence intervals)	✓	17
DISCUSSION				
Interpretation	20	• Interpretation of the results, taking into account study hypotheses, sources of potential bias, imprecision of measures, multiplicative analyses, and other limitations or weaknesses of the study	✓	21-24
		• Discussion of results taking into account the mechanism by which the intervention was intended to work (causal pathways) or alternative mechanisms or explanations	✓	21-24
		• Discussion of the success of and barriers to implementing the intervention, fidelity of implementation	✓	21-24
		• Discussion of research, programmatic, or policy implications		N/A
Generalizability	21	• Generalizability (external validity) of the trial findings, taking into account the study population, the characteristics of the intervention, length of follow-up, incentives, compliance rates, specific sites/settings involved in the study, and other contextual issues	✓	24
Overall evidence	22	• General interpretation of the results in the context of current evidence and current theory	✓	21-24

From: Des Jarlais, D. C., Lyles, C., Crepaz, N., & the Trend Group (2004). Improving the reporting quality of nonrandomized evaluations of behavioral and public health interventions: The TREND statement. *American Journal of Public Health*, 94, 361-366. For more information, visit: http://www.cdc.gov/trendstatement/

第 5 章　研究Ⅱ

高齢患者の末梢静脈留置針挿入部位における温罨法の安全性と静脈拡張効果の検証

Ⅰ．背景

末梢静脈留置針（PIVC）の挿入は，短期間（7 日未満）の輸液や薬剤（低刺激性・非発泡性・低浸透圧性）投与時に使用が推奨されている血管アクセス法の 1 つである（Gorski et al., 2021）．また，PIVC 挿入は緊急時には投与物質に関わらず一時的な使用も認められており（Pittiruti et al., 2021），世界中で毎年 10 億人以上，入院患者の約 80%が経験している（Berlanga-Macías et al., 2022; Webster et al., 2019）．今後，人口の急激な高齢化に伴い，高齢患者への PIVC 需要はさらに増加することが予測される．

複数の研究報告によると, PIVC 挿入の初回失敗率は高齢患者（約 39%, Yalçınlı et al., 2019）が成人患者（約 12–30%，Carr et al., 2019; Keogh et al., 2020; Sabri et al., 2013）より高い傾向にある．PIVC の失敗による不利益（合併症リスクや治療開始遅延，Infusion Nurses Society, 2009）は，患者と医療コストの双方に影響を及ぼすため，無視できない問題である．近年，PIVC 挿入が困難な場合に実施されている超音波ガイド下穿刺（Berlanga-Macías et al., 2022）においても, 成功率に静脈のサイズが影響することが報告されている（Panebianco et al. 2009）．そのため，どのような場合においても，安全に PIVC を挿入するためには，まず静脈を十分に拡張させることが必要である．

穿刺部位に加温した物品を貼用する温罨法は，駆血のみで静脈の拡張が不十分である場合に実施される静脈拡張手技の 1 つである（Gorski et al., 2021）．温罨法は，主にホットパックやホットタオルを用いたコストの低い方法で，医療従事者の 7 割以上が実施を経験している（Kiger et al., 2014）．温罨法による静脈拡張のメカニズムは，温熱刺激が皮膚温熱受容器から血管内皮に作用し, 血管拡張物質である NO を放出させることで静脈拡張を促す（Liu et al., 2021; Roberge et al., 2004）．いくつかの健常成人を対象とした先行研究で，温罨法の静脈拡張効果が報告されている．ホットパックを用いた駆血帯装着前の温罨法は，駆血のみと比較して有意に静脈径や断面積を増大させ（Yamagami et al., 2017），PIVC の穿刺成功率も向上させた（Simón-López et al., 2020）．ホットタオルをビニール袋で包んで貼用する方法も気化熱の影響を防ぐため，駆血のみより静脈拡張を促し，拡張効果はホットパックと同程度であった（Yasuda et al., 2023B）．以上より，成人においては，温罨法は PIVC 挿入時の静脈拡張手技として有効と考えられる．

しかし，高齢者の血管は加齢に伴い内壁が肥厚し弾力性が低下するだけでなく，NO の放出に関連する内皮機能も低下する（Molnár et al., 2021）．さらに，高齢者への前腕加温による皮膚血流の増加率は，若年成人より有意に低かったことが報告されている（Petrofsky et al.,

2011）．そのため，医療従事者は経験的に温罨法の効果を認識していると予測するが，健常成人のエビデンスを高齢患者にも転用できるとは言い切れない．高齢患者に対し，静脈拡張手技としての温罨法実施を裏付けるエビデンスは現在限られている．そこで，成人患者よりPIVC の挿入成功率が低い高齢患者において，温罨法は駆血のみよりも静脈拡張を促すのか，どの程度の割合で効果的かを慎重に検討する必要があると考えた．

本研究の目的は，高齢患者における駆血帯装着前の温罨法の静脈拡張効果を，駆血帯装着のみと比較して明らかにすることとした．本研究の仮説は以下のとおりである；1）駆血帯装着前の温罨法は，駆血のみよりも静脈拡張を促す（静脈径が拡大し，静脈深が浅くなり，静脈の触知・可視性が高まる），2）駆血のみで静脈が触知できない患者においても，温罨法により静脈の触知性が改善する．高齢患者における温罨法の静脈拡張効果を明らかにすることは，PIVC 挿入時の静脈拡張手技の選択を助け，より効率的な穿刺部位選択につながるだろう．

Ⅱ．方法

Ⅱ－1．研究デザイン

本研究は，the Transparent Reporting of Evaluations with Nonrandomized Designs guidelines に従った準実験研究であった．介入順序はランダム化されず，全ての対象患者に 1）対照条件（駆血のみ），2）温罨法条件（温罨法と駆血）の順で介入を実施した．高齢患者は複数の疾患を併発しており（Mitsutake et al., 2019），治療内容も多岐に渡る．同一対象者が全ての介入を受けるデザインを採用することで，可能な限り少ないサンプルサイズで介入による交絡を制御した比較ができると考えた．また，対象施設は急性期病院であり，患者の血管反応性にダイナミックな影響を及ぼす治療やリハビリが連日施行されている．以前のプレテストにおいて温罨法後の介入部位の皮膚温度は 2 時間以上経過してもベースラインに戻らなかったことも確認していた（Yasuda et al., 2023B）．そのため，結果への影響と対象者の負担を考慮すると，非ランダム化による 1 日の介入実施が最良と判断された．なお，介入は温熱刺激を伴うため盲検化もできなかった．本研究は，大学病院医療情報ネットワークに事前登録された（登録番号：UMIN000051043，登録日：2023 年 6 月 1 日）．

Ⅱ－2．対象者

本研究は，2023 年 6 月から 9 月にかけて北日本にある 2 次医療機構 A で実施された．対象者は 65 歳以上の入院患者 90 名であった．除外基準を以下の通りに設定した．1）認知機能の低下やせん妄等があり，研究主旨の理解が十分でない者，2）知覚障害等により温罨法の温度感覚を訴えることができない者，3）全身状態が悪化している患者，4）症状や治療により前腕への介入が困難な者（重度の皮膚トラブル，温熱アレルギー，両腕への PIVC 挿入，シャントや乳がんリンパ節切除・麻痺を有し反対側に PIVC 挿入されている状況），5）末梢動脈疾患を有している者．これらの除外基準のいずれにも合致しない対象者を看護管理者

が選定し，研究者に紹介した．その後，研究者が研究参加に関心を示した患者に対し，書面と口頭により研究目的，方法，匿名性について説明を行った．参加した全ての患者はその場でインフォームドコンセントを受けた．本研究は所属大学（登録番号：23–1）および対象病院の倫理審査委員会によって承認され，ヘルシンキ宣言に従って実施された．データは自律神経への影響を最小限にするため 10 時から 16 時の間に患者のベッドサイドで収集された（Shishido et al., 2020）．また，データ収集日は，手術や飲水制限をともなう検査，輸血や抗がん剤投与が予定されていない日を選択した．データ収集当日は，食事やリハビリ，入浴・シャワー浴・清拭などの保清実施から 1 時間以上空けて実施した．

サンプルサイズは G Power software version 3.1.9.7 (G*Power, Heinrich Heine University, Düsseldorf, Germany) を用いて計算された．以前の研究結果（Yasuda et al., 2023B）における介入間の静脈径の差異をもとに，最小 83 名の対象者が必要と算出された（対照条件対温罨法条件: two-sided significance of 0.05, power of 90%, and effect size of 0.06, two-way analysis of covariance）．最終的に脱落を考慮して 90 名の患者が登録された．

Ⅱ－3．対象静脈

22 ゲージの PIVC（BD Insyte Autoguard™ BC Shielded IV Catheter with Blood Control Technology, Nippon BD Co., Tokyo, Japan）の挿入を想定した．対象者の非利き腕の橈側，正中または尺側皮静脈とし，PIVC の挿入部位として推奨されている肘窩より 3 cm 末梢側から手首より 12 cm 中枢側の間の範囲で，可能な限り 2.5 cm 以上まっすぐ走行し，深さ 1 cm 以内の最も静脈径が大きいものを対象とした（Hadaway & Millam, 2005; Ingram & Lavery, 2007; Yamagami et al., 2017; Yasuda et al., 2023B）．非利き腕への介入が困難な場合は，利き腕を対象とした．測定部位をサージカルテープでマーキングし，同じ位置で測定できるよう工夫した．

Ⅱ－4．介入

本研究における温罨法は，臨床において最も利用率の高いホットパックを用いた（Kiger et al., 2014）．データ収集中，対象者はベッド上に仰臥位または座位で統一して過ごした．研究開始前に，対象者はベッド上で 10 分間安静に過ごすことを依頼された．対照条件では対象静脈より 10 cm 中枢を 75 mmHg で 30 秒間駆血した．駆血帯はゴム管のメモリ駆血帯を使用した（TTQ-100-1, TAIYO Instruments INC, Osaka, Japan）．次にウォッシュアウト期間として少なくとも 10 分以上の安静時間を確保した．その後，温罨法条件では，46 ℃に設定した恒温槽の湯で加温したホットパック（gel sealed in plastic: 3MTM, Cold/Hot Pack, 10 cm × 25 cm, 290 g, 3M Health Care, Tokyo, Japan, 表面温度: 40±2 ℃）を前腕に 7 分間貼用し，除去直後より 30 秒間駆血を行った．駆血方法は対照条件と同様の方法であった．これらは以前の研究を参考に介入方法を決定した（Yasuda et al., 2023B）．

Ⅱ－5．データ収集方法

Ⅱ－5－1．対象者の基本属性

以下の内容について，診療記録の最新の情報を収集した．年齢，性別，身長，体重，BMI，在院日数，バイタルサインズ（体温，血圧，脈拍，経表皮動脈血酸素飽和度），治療中の疾患，内服薬の有無と種類，非経口薬物投与の有無と種類，放射線治療の有無，人工透析治療の有無．

Ⅱ－5－2．静脈拡張効果

主要評価指標は静脈径であった．副次評価指標として静脈深と静脈評価スコアが測定された．これらはいずれも各介入前後に測定された．

・静脈径，静脈深

静脈径と静脈深の測定には，携帯型超音波装置（Vscan Air, 11–3 L probe, GE Healthcare, Little Chalfont, UK）が用いられた．静脈径は最長径と最短径の平均値として算出された．静脈深は，静脈の上端から皮膚表面の最短距離として測定された（図 1）．測定者は研究者 1 名であったが，臨床経験 8 年以上の熟練した超音波検査士との測定の信頼性が非常に高いことを以前の研究で確認していた（Yasuda et al., 2023B）．

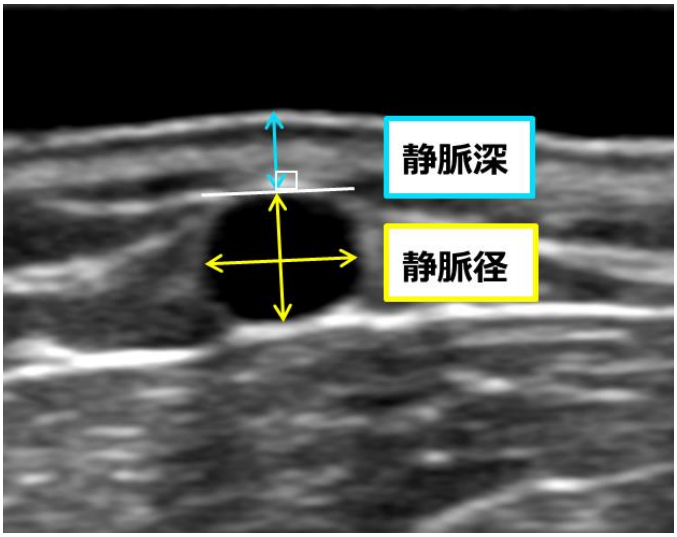


図 1．静脈径と静脈深の測定方法

Notes. 静脈径（mm）は最短径（静脈の上端から下端まで）と最長径（最短径に垂直方向）の平均値（=[最短径+最長径]/2）として算出した．静脈深（mm）は，皮膚表面から静脈上端までの垂直距離として測定した．

・静脈評価スコア

静脈評価スコアは静脈の触知性と可視性を評価する指標である（Lenhardt et al., 2002）．以下の 5 段階で評価される; 1) veins are neither visible nor palpable; 2) veins are visible but not palpable; 3) veins are barely visible and palpable; 4) veins are visible and palpable; and 5) veins are clearly visible and easily palpable．この評価スコアは，温罨法後の静脈拡張効果を検証した複数の先行研究で用いられている（Bayram & Caliskan, 2016; Fink et al., 2009; Korkut et al., 2020）．評価者は臨床経験 4 年の看護師資格を有する研究者 1 名であった．この研究者は以前の研究で，臨床経験 10 年以上の熟練看護師との評価の一致率が非常に高いことを確認済みであった（Yasuda et al., 2023B）．

Ⅱ－5－3．介入側前腕の皮膚表面温度と皮膚状態の観察

携帯型サーモグラフィー（InfReC G100EX, Nippon Avionics Co., Ltd., Yokohama, Japan）を用いて, 介入前後の介入側前腕の静止熱画像を撮影した. 専用の分析ソフト（InfReC Analyzer NS9500 Standard, Nippon Avionics Co., Ltd., Yokohama, Japan）を用いて，前腕（ホットパック貼用部）と手掌の皮膚表面温度をそれぞれ算出した．この分析ソフトでは，選択した画像範囲の皮膚表面温度の平均値および最小値，最大値が表示される仕組みであった．また，介入前後にかけて患者の介入部位の皮膚状態を観察し，発赤，掻痒感，疼痛，熱傷の有無を観察した．

Ⅱ－5－4．データ収集環境

各介入時のデータ収集環境として，室温，湿度，照度を無線温湿度照度計（HLT-100BT, CUSTOM，Tokyo, Japan）を用いて測定した．なお，いずれの指標も条件間で有意差は認められなかったことが確認できた（室温：対照条件, 26.4 [0.6] ℃, 温罨法条件, 26.4 [0.7] ℃, P=.073; 湿度: 57.4 [9.3]%, 57.3 [9.1]%, P=.320; 照度: 173.4 [45.6] lux, 169.8 [45.1] lux, P=.283）．

Ⅱ－6．分析方法

連続変数は平均（標準偏差 [SD]または 95% 信頼区間 [95%CI]），カテゴリカル変数は N（%）で示された．有意水準は 5%に設定された．介入間の測定環境（室温，湿度，照度）の比較は対応のある t 検定が用いられた．静脈径，静脈深，前腕の皮膚表面温度の平均値について，線形混合モデルの 2 要因の反復測定共分散分析で介入間の変化の差異が比較された．固定効果は介入，時点（Pre and Post），ベースライン値，変量効果は個人であった．多重比較として Bonferroni 法を用いた．2 介入 2 時点の比較のため，多重比較の際の p 値は 0.0125 で有意とした．介入前後の静脈評価スコアの人数割合は，Freeman–Halton 拡張によるフィッシャーの正確確率検定を用いて比較された．

サブグループ解析として，対照条件後の静脈評価スコアが 1 または 2（静脈が触れない）

の対象者を抽出し，静脈径と静脈深について線形混合モデルの 2 要因の反復測定共分散分析で介入間の変化の差異を比較した．固定効果は介入，時点（Pre and Post），ベースライン値，変量効果は個人であった．また，静脈評価スコアの人数割合は，1 または 2（触れない）と 3－5（触れる）の 2 群に分けて比較を行った．彼らの人口学的・臨床的特徴は対照条件後の静脈評価スコアが 3 以上の対象者と比較された．また，温罨法条件後の静脈評価スコアにより分類された 2 群の人口学的・臨床的特徴も比較された．この時，静脈径と静脈深の介入前後の変化量や，その群間差も算出して比較した．連続変数は student t–test，カテゴリカル変数はカイ二乗検定またはフィッシャーの正確確率検定を用いた．なお，すべてのデータは，JMP® Pro software, ver.17.1（SAS Institute Inc., Cary, NC, USA）を使用して分析した．

Ⅲ．結果

90 名の患者が研究参加に同意し，88 名が分析対象となった．2 名が脱落し，うち 1 名は同意を取得できたが，早期転院により介入を実施できなかった．1 名は測定機器のトラブルによりデータ収集を完了することができなかった（図 2）．32 名が整形外科，25 名が外科・糖尿病科，31 名が循環器科に入院する患者であった．対象者の人口学的および臨床的特徴を Table. 1 に示す．平均年齢は 79.3（8.1）歳であり，55.7%が女性であった．平均在院日数は 16.1（18.1）日であった．患者の約 80%が高血圧症や心不全などを含む心血管疾患を有していた．31.8%が糖尿病（インスリン投与中: 9.1%），20.5%が悪性新生物（化学療法中: 3.4%, 放射線治療中: 1.1%），13.6%が慢性腎不全（透析患者: 0%）を有していた（表 1）．

Ⅲ－1．高齢患者における温罨法の安全性

全ての患者において有害事象に関連する皮膚発赤や掻痒感，疼痛，熱傷は認められなかった．前腕皮膚表面温度の平均は，介入（F[1,87.6] = 964.96, P<.001）および時点（F[1,174] = 597.06, P<.001）の有意な主効果と交互作用（F[1,174] = 713.61, P<.001））が認められた．温罨法条件後（Mean [SD]: 36.7 [1.13] ℃）の前腕皮膚表面温度は介入前（33.1 [1.9]℃, P<.001）および対照条件後（33.1 [0.9] ℃, P<.001）より有意に高かった．なお，温罨法条件後の前腕皮膚表面温度の最高値の平均[95%CI]は，38.4 [38.2–38.6] ℃であった．

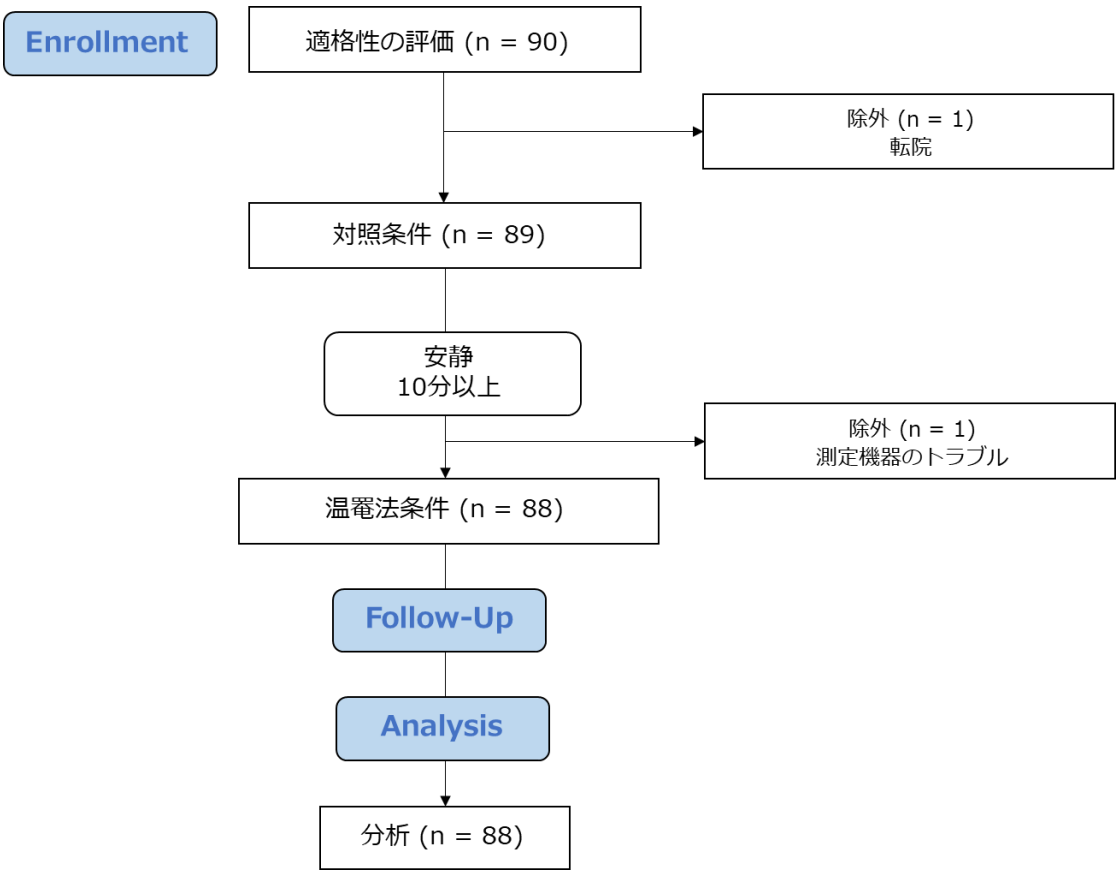

Enrollment
適格性の評価 (n = 90)
除外 (n = 1)
転院
対照条件 (n = 89)
安静
10分以上
除外 (n = 1)
測定機器のトラブル
温罨法条件 (n = 88)
Follow-Up
Analysis
分析 (n = 88)

図 2. 本研究のフロー図

表 1. 対象者の基本属性（n=88）

Variables	Mean (SD) or N (%)
人口統計学的特徴	
年齢 (歳)	79.3 (8.1)
性別：女性	49 (55.7)
BMI (kg/m^2)	22.0 (3.8)
バイタルサインズ	
体温 (℃)	36.6 (0.3)
収縮期血圧 (mmHg)	119.2 (18.2)
拡張期血圧 (mmHg)	68.3 (11.2)
脈拍 (回/分)	70.9 (11.8)
SpO2 (%)	96.9 (1.3)
疾患	
心血管疾患	70 (79.5)
整形外科疾患	35 (39.8)
糖尿病	28 (31.8)
脂質異常症	19 (21.6)
悪性新生物	18 (20.5)
慢性腎不全	12 (13.6)
貧血	10 (11.4)
脱水症	8 (9.1)
感染症	6 (6.8)

Notes: BMI, body mass index; SD, standard deviation; SpO2, saturation of percutaneous oxygen

Ⅲ－2．高齢患者における温罨法の静脈拡張効果

静脈径については, 介入（F[1,86.5] = 152.89, P<.001）および時点（F[1,174] = 323.12, P<.001）の有意な主効果と交互作用（F[1,174] = 55.65, P<.001）が認められた．温罨法条件の介入後静脈径は介入前より有意に大きくなり（P<.001），対照条件の介入後より有意に大きかった（P<.001, MD [95%CI] = 0.40 [0.34–0.46] mm, 表 2）．静脈深は時点（F[1,174] = 10.83, P<.001）のみ有意な主効果が認められたが，介入の主効果（F[1,85.1] = 3.62, P=.060）と交互作用（F[1,174] = 3.06, P=.082）は認められなかった．しかし，温罨法条件の介入後静脈深は介入前より有意に浅くなり（P<.001），対照条件の介入後よりも有意に浅かった（P=.008, MD [95%CI] = 0.13 [0.03–0.24] mm, 表 2）．

両群の介入後静脈評価スコアは，介入前と比較してスコアの人数割合に有意差が認められた（対照条件: P=.006, 温罨法条件: P<.001）．介入後のスコアの人数割合は 2 群間で有意差が認められ（P=.022），触れると判断された 3 以上の割合は温罨法条件で 82.9%と対照条件の 67.0%よりも多かった（表 3）．

Ⅲ－3．駆血後も静脈が触知できない対象者における温罨法の静脈拡張効果

対照条件後の静脈評価スコアが 1 または 2 の対象者は 29 名（33.0%）存在した（表 3）．彼らは，対照条件後のスコアが 3 以上の対象者（67.0%）と比較して，有意に女性の割合が高く（P=.008），脈拍が早く（P=.041），駆血前後の静脈が細く（P<.001 each）深い位置（Pre: P=.015, Post: P=.028）に存在していた．また，駆血後の静脈径の平均 [95%CI]は，3 mm 未満であった（2.53 [2.25–2.81] mm, 補足表 S1）．

全患者を対象とした分析同様に，静脈径については，介入（F[1,28.3] = 52.88, P<.001）および時点（F[1,56] = 69.72, P<.001）の有意な主効果と交互作用（F[1,56] = 16.13, P<.001）が認められた．温罨法条件の介入後静脈径は介入前より有意に大きくなり（P<.001），対照条件の介入後より有意に大きかった（P<.001, MD [95%CI] = 0.37 [0.27–0.48] mm）．一方，静脈深は時点（F[1,56] = 5.33, P=.025）のみ有意な主効果が認められ，介入の主効果（F[1,27.8] = 1.67, P=.201）と交互作用（F[1,56] = 1.47, P=.230）は認められなかった．温罨法条件の介入後静脈深は介入前より有意に浅くなり（P＝.016），有意差は認められなかったものの対照条件介入後より浅い傾向にあった（P=.081, MD[95%CI] = 0.21 [-0.03–0.44] mm, 図 3）．静脈評価スコアについては, 介入後のスコアの人数割合は 2 群間で有意差が認められた（P<.001）．温罨法条件により 14 名（49.7%）がスコア 3 以上と判断されたが，15 名（50.3%，全体の 17.0%）はスコアが 1 または 2 のままであった（表 4）．

なお，彼らの人口統計学的・臨床的特徴に有意差は認められなかった．各介入前後の静脈径と静脈深についてもグループ間で有意差は認められなかった（補足表 S2）．

表 2. 静脈径と静脈深における比較（n=88）

Variables	時点		主効果				交互作用	
			条件		時点		条件×時点	
	Pre	Post	*F(df)*	*P*	*F(df)*	*P*	*F(df)*	*P*
静脈径 (mm)								
対照条件: Mean (SD)	2.77 (0.84)	3.05 (0.94)*	152.89	<.001	323.12	<.001	55.65	<.001
温罨法条件: Mean (SD)	2.78 (0.84)	3.46 (0.99)*	(1, 86.5)		(1,174.0)		(1,174.0)	
MD [95% CI]	0.00 [-0.06–0.06]	0.40 [0.34–0.46]						
t, Cohen's d	0.01 ,0.00	-12.77 ,1.36						
P	.992	<.001						
静脈深 (mm)								
対照条件: Mean (SD)	2.55 (1.35)	2.49 (1.38)	3.62	.060	10.83	.001	3.06	.082
温罨法条件: Mean (SD)	2.56 (1.37)	2.36 (1.31)*	(1, 85.1)		(1,174.0)		(1,174.0)	
MD [95% CI]	0.00 [-0.10–0.10]	0.13 [0.03–0.24]						
t, Cohen's d	-0.01 ,0.00	2.58 ,0.28						
P	.994	.008						

Notes: CI, confidence interval; df, degrees of freedom; MD, mean difference; SD, standard deviation

混合モデルの二要因反復測定共分散分析 (student t-test, Bonferroni correction P=.0125, pre versus post: *P<.001)

表 3. 静脈評価スコアにおける比較（n=88）

静脈評価スコア		Pre	Post	*P*
		N (%)		
対照条件	1: neither visible nor palpable	35 (39.8)	21 (23.9)	.006
	2: visible but not palpable	15 (17.1)	8 (9.1)	
	3: barely visible and palpable	14 (15.9)	18 (20.5)	
	4: visible and palpable	22 (25.0)	29 (33.0)	
	5: clearly visible and easily palpabl	2 (2.3)	12 (13.6)	
温罨法条件	1: neither visible nor palpable	36 (40.9)	11 (12.5)	<.001
	2: visible but not palpable	13 (14.8)	4 (4.6)	
	3: barely visible and palpable	14 (15.9)	16 (18.2)	
	4: visible and palpable	23 (26.1)	27 (30.7)	
	5: clearly visible and easily palpabl	2 (2.3)	30 (34.1)	
P		.997	.014	

Notes: Freeman-Halton extention of Fisher's exact test

表 4. 駆血後も静脈が触知できない対象者における静脈触知性の比較（n=29）

静脈触知性		Pre	Post	*P*
		N (%)		
対照条件	1 or 2: veins are not palpable	29 (100)	29 (100)	1.000
	3－5: veins are palpable	0 (0.0)	0 (0.0)	
温罨法条件	1 or 2: veins are not palpable	29 (100)	15 (50.3)	<.001
	3－5: veins are palpable	0 (0.0)	14 (49.7)	
P		1.000	<.001	

Notes: Freeman-Halton extention of FreemanFisher's exact test

静脈触知性は静脈評価スコアをもとに分類した (1: neither visible nor palpable, 2: visible but not palpable,

3: barely visible and palpable, 4: visibleand palpable, 5: clearly visible and easily palpable)

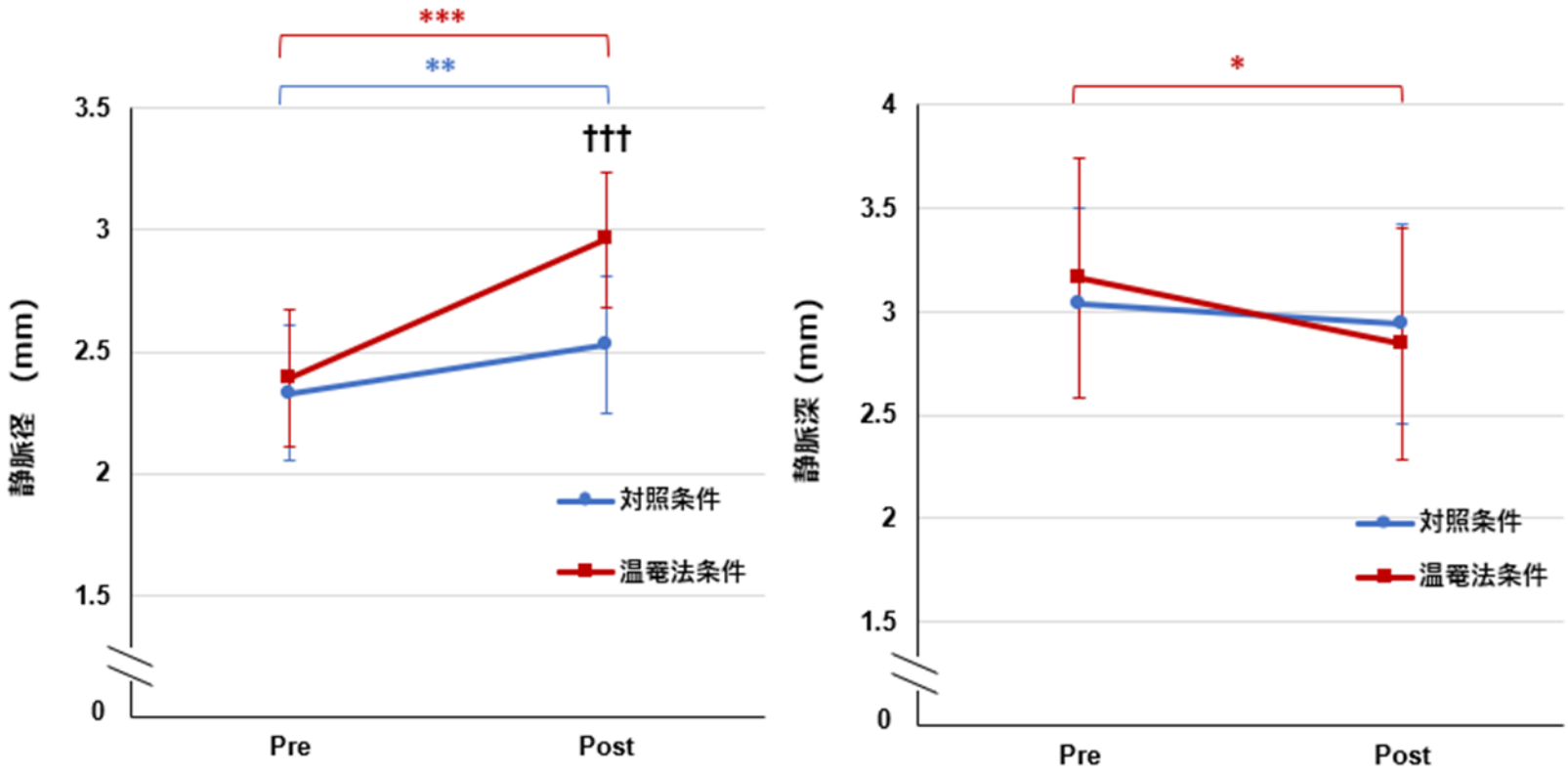


図 3．駆血後も静脈が触知できない対象者における静脈径と静脈深の比較（n=29）

Notes. 混合モデルの二要因反復測定共分散分析（時点間比較，*P<.05, **P<.01, ***P<.001，条件間比較, †††P<.001)

補足表 S1. 駆血後の静脈触知性の有無における特徴の差異 (n=88)

Variables	触知不可 (n=29)	触知可能 (n=59)	t or χ^2	効果量 (d or φ)	*P*
	Mean (SD) or N (%)				
人口統計学的特徴					
年齢 (歳)	77.5 (6.5)	80.1 (8.7)	1.45	0.33	.152
性別：女性	22 (75.9)	27 (45.8)	7.14	1.62	.008
BMI (kg/m^2)	22.5 (4.4)	21.7 (3.5)	0.86	0.20	.388
在院日数 (日)	19.5 (25.2)	14.5 (13.1)	1.24	0.28	.219
バイタルサインズ					
体温 (℃)	36.6 (0.2)	36.6 (0.3)	0.30	0.07	.762
収縮期血圧 (mmHg)	120.3 (14.7)	118.7 (19.8)	0.39	0.09	.698
拡張期血圧 (mmHg)	69.9 (10.8)	67.5 (11.5)	0.91	0.21	.366
脈拍 (回/分)	74.6 (11.7)	69.2 (11.5)	2.07	0.47	.041
SpO2 (%)	96.9 (1.2)	96.9 (1.3)	0.05	0.01	.959
対照条件の静脈サイズ					
介入前の静脈径 (mm)	2.33 (0.73)	2.99 (0.81)	3.67	0.83	<.001
介入後の静脈径 (mm)	2.53 (0.74)	3.31 (0.92)	3.94	0.89	<.001
介入前の静脈深 (mm)	3.04 (1.42)	2.30 (1.26)	2.47	0.56	.015
介入後の静脈深 (mm)	2.94 (1.59)	2.26 (1.21)	2.23	0.51	.028
疾患					
心血管疾患	24 (82.8)	46 (80.0)	0.27	0.06	.600
整形外科疾患	13 (44.8)	22 (37.3)	0.46	0.07	.497
糖尿病	8 (27.6)	20 (33.9)	0.36	0.06	.550
脂質異常症	6 (20.7)	13 (22.0)	0.02	0.02	.886
悪性新生物	6 (20.7)	12 (20.3)	0.00	0.00	.969
慢性腎不全	3 (10.3)	9 (15.3)	–	–	.764
貧血	4 (13.8)	6 (10.2)	–	–	.724
脱水症	4 (13.8)	4 (6.8)	–	–	.431
感染症	2 (6.9)	4 (6.8)	–	–	.984
治療					
抗血栓症薬内服	11 (37.9)	29 (49.2)	0.99	0.11	.320
利尿薬内服	6 (20.7)	20 (33.9)	1.63	0.14	.202
経口血糖降下薬内服	6 (20.7)	16 (27.1)	0.43	0.07	.513
輸液投与	1 (3.5)	7 (11.9)	–	–	.263
抗生剤投与	3 (10.3)	5 (8.5)	–	–	.999
インスリン投与	1 (3.5)	6 (10.2)	–	–	.418
ステロイド内服	0 (0.0)	4 (6.8)	–	–	.298
化学療法	1 (3.5)	2 (3.4)	–	–	.999

Notes. SD, standard deviation; student t-test, chi-square test or Fisher's exact test

効果量: d, 0.2=small, 0.5=medium, 0.8=large; φ, 0.1=small, 0.3=medium, 0.5=large

補足表 S2. 駆血後も静脈が触知できない対象者における温罨法条件後の触知性改善の有無による特徴の差異（n=29）

Variables	触知未改善 (n=15)	触知改善 (n=14)	t or χ^2	効果量 (d or φ)	*P*
	Mean (SD) N(%)				
人口統計学的特徴					
年齢 (歳)	77.4 (6.7)	77.6 (6.7)	0.07	0.03	.945
性別：女性	13 (86.7)	9 (64.3)	–	–	.215
BMI (kg/m^2)	22.6 (4.6)	22.4 (4.3)	0.12	0.05	.904
在院日数 (日)	18.9 (25.9)	20.2 (6.9)	0.14	0.05	.889
バイタルサインズ					
体温 (℃)	36.6 (0.2)	36.5 (0.2)	0.91	0.34	.370
収縮期血圧 (mmHg)	121.7 (13.5)	118.8 (16.2)	0.51	0.19	.606
拡張期血圧 (mmHg)	72.6 (11.5)	66.9 (9.7)	1.44	0.54	.163
脈拍 (回/分)	72.2 (10.0)	77.1 (13.2)	1.14	0.42	.263
SpO2 (%)	96.9 (1.4)	96.9 (1.1)	0.16	0.06	.872
温罨法条件の静脈サイズ					
介入前の静脈径 (mm)	2.28 (0.58)	2.50 (0.86)	0.81	0.30	.424
介入後の静脈径 (mm)	2.86 (0.75)	3.07 (0.93)	0.69	0.26	.498
介入前の静脈深 (mm)	3.15 (1.59)	3.16 (1.49)	0.03	0.01	.976
介入後の静脈深 (mm)	2.79 (1.56)	2.90 (1.41)	0.19	0.07	.849
疾患					
心血管疾患	12 (80.0)	12 (85.7)	–	–	.999
整形外科疾患	6 (40.0)	7 (50.0)	0.29	0.10	.588
糖尿病	4 (26.7)	4 (28.6)	–	–	.999
脂質異常症	4 (26.7)	2 (14.3)	–	–	.651
悪性新生物	2 (13.4)	4 (28.6)	–	–	.390
慢性腎不全	0 (0.0)	3 (21.4)	–	–	.100
貧血	2 (13.4)	2 (14.3)	–	–	.999
脱水症	3 (20.0)	1 (7.1)	–	–	.598
感染症	2 (13.4)	0 (0.0)	–	–	.483
治療					
抗血栓症薬内服	4 (26.7)	7 (50.0)	–	–	.264
利尿薬内服	3 (20.0)	3 (21.4)	–	–	.999
経口血糖降下薬内服	3 (20.0)	3 (21.4)	–	–	.999
輸液投与	1 (6.7)	0 (6.7)	–	–	.999
抗生剤投与	2 (13.4)	1 (7.1)	–	–	.999
インスリン投与	1 (6.7)	0 (0.0)	–	–	.999
ステロイド内服	0 (0.0)	0 (0.0)	–	–	–
化学療法	0 (0.0)	1 (7.1)	–	–	.483

Notes. SD, standard deviation; student t-test, chi-square test or Fisher's exact test

効果量: d, 0.2=small, 0.5=medium, 0.8=large; φ, 0.1=small, 0.3=medium, 0.5=large

Ⅳ．考察

仮説と一致して，駆血帯装着前の温罨法は，高齢患者においても駆血のみより静脈拡張を促すことが示された．温熱刺激による静脈拡張作用が，駆血のみより有意に静脈の内腔を拡大させたことで，皮下組織が押し上げられ静脈深が短縮し，静脈の触知・可視性を改善することができた．温罨法によるこのような静脈拡張効果は，成人を対象に温罨法を実施した先行研究結果に一致する（Korkut et al., 2020; Simón-López et al., 2020; Yamagami et al., 2017）．特に，静脈拡張作用を直接的に評価できる介入後の静脈径の群間差（平均[95%CI]）は，0.40 [0.34–0.46] mm であった．健常成人を対象とした先行研究で報告されたホットパック温罨法と対照群（駆血）による静脈径の群間差も，約 0.5 mm と近い値であった（Yamagami et al., 2017）．したがって，温罨法は高齢患者においても一定の静脈拡張効果を期待できると考える．

駆血のみで触知できない静脈は，高齢患者の PIVC 挿入を困難にする要因である（Yalçınlı et al., 2019）．なぜなら，静脈の触知性は PIVC の挿入部位を決定するうえで重要な指標の 1 つであるからだ（Masamoto & Yano, 2021）．本研究対象者のうち，駆血のみで静脈が触知できない者は 29 名（33%）であり，高齢患者の PIVC 初回失敗率（39%，Yalçınlı et al., 2019）より妥当な割合であったと考える．そのうち約半数においては，仮説通り温罨法が静脈の触知性を改善し，PIVC 挿入に適した血管選択を可能にすることが示された．一方で，温罨法を実施しても半数（全体の 17%）の患者の触知性は改善できなかった．温罨法による静脈の触知性改善に関連する要因は不明であり，温罨法前後の静脈径と静脈深の実測値にも有意差が認められなかった（補足表 S2）．つまり，温罨法により静脈の触知性が改善しなかった高齢患者においても，静脈内腔の拡大は促されたが，弾力性などサイズ以外の要因が結果に影響した可能性がある．若年健常成人を対象にホットパック温罨法を実施した先行研究では，静脈の触知性が改善しなかった対象者は 5%未満と本研究より少なかった（Yasuda et al., 2023B）．高齢患者を対象とした本研究において，温罨法の触知性が改善しない人数割合が高かった理由には，加齢に伴う血管組織の変性や，患者が有する疾患や治療が影響していると考える．したがって，温罨法が有効に作用する割合は高齢患者特有であり，PIVC 挿入の成功率が低い高齢患者の成功率を高める戦略を検討するうえで新たな知見である．

以上より，PIVC 挿入の成功率が低い高齢患者においても，駆血のみで静脈が触知できない場合の最初の手段として，温罨法の実施が必要と考える．なぜなら，温罨法は低コストの物品を 7 分間という短い時間貼用するだけで，静脈拡張効果を期待できるからである．ホットタオルを乾燥したビニール袋で包む方法も，ホットパックと同程度の静脈拡張効果を促す事が報告されている（Yasuda et al., 2023B）．ホットタオルは災害時や在宅医療など資源が限られた環境においても手軽に活用できるため，温罨法の汎用性は高い．さらに，40±2 ℃の範囲に加温した物品を使用することで，温罨法は高齢患者においても有害事象なく安全に実施できる点も強みである．温罨法の実施に際しては，駆血のみで静脈が触知できない高齢患者において有効に作用する割合は半分程度であることを理解しておく必要がある．温

罨法後は静脈の触知性をアセスメントし，アームダウンなど他の静脈拡張手技の追加や，静脈の走行を可視化できるデバイス（例：超音波装置，Berlanga-Macías et al., 2022）など別の手段を組み合わせることで，PIVC 挿入の更なる成功率向上を期待できるだろう．

研究の限界

本研究にはいくつかの限界がある．まず，本研究は 1 施設を対象としていたため研究結果は一般化できない．加えて，施設が限定されたことによる選択バイアスが生じた可能性がある．しかし，対象者の介入前の静脈径（2.77 [0.84] mm）と静脈深（2.55 [1.38] mm）は，日本の 65 歳以上の患者を対象とした観察研究における前腕皮静脈のサイズに近く（静脈径: 1.7–2.9 mm，静脈深:1.4–3.8 mm，Kimori et al., 2016），典型的な高齢患者のサイズであったことを確認した．今後は，対象集団を拡大した温罨法の静脈拡張効果の検証を実施する必要がある．2 つ目に，対象施設の特性から介入順序をランダム化できなかった．しかし，本研究における介入順序の非ランダム化は，対象者への負担を最小限にし，ウォッシュアウト期間の長期化に伴う交絡を制御した．今後は並行群間ランダム化比較試験による厳密に設計されたデザインで高齢患者への温罨法の静脈拡張効果を検証する必要がある．3 つ目に，サブグループ解析における事前サンプルサイズ計算は行っていない．そのため，温罨法による静脈の触知性に関連する患者の特徴は明らかにできなかった．今後は，駆血で静脈が触知できない集団のサンプルサイズを十分に確保した温罨法の効果検証とその関連要因の探索が必要である．最後に，本研究では PIVC 挿入を実施していない．そのため，高齢患者への温罨法による静脈拡張効果と触知性の改善が，PIVC 挿入の成功率を高めるかは，さらなる検証が必要である．

Ⅵ．結論

駆血帯装着前の温罨法は，高齢患者の PIVC 挿入部位においても駆血のみより有意に静脈拡張を促した．駆血のみで静脈が触知できない高齢患者において，温罨法により静脈の触知性が改善した患者は約半数であった．したがって，PIVC 挿入の成功率が低い高齢患者においては，まずは温罨法によって静脈拡張を促し，静脈の触知性をアセスメントすることを推奨する．そのうえで，他の静脈拡張手技の追加や，静脈の走行を可視化するデバイスなど別の手段との併用を検討することが必要である．

終章

本論文では，PIVC 挿入時に医療従事者が経験的に効果を認識してきた温罨法について，高齢患者の PIVC 挿入部位における安全性と静脈拡張効果を明らかにすることを目的とした．本研究結果より，駆血帯装着前の温罨法は，高齢患者の PIVC 挿入部位においても安全に実施でき，駆血のみより静脈拡張を促した．さらに，駆血のみで静脈が触知できない患者の半数の触知性を改善したことが明らかになった．このような温罨法による静脈拡張促進は，PIVC 挿入に適した血管の選択肢を増やすことで最適な血管選択アセスメントを可能にし，失敗による患者の苦痛や医療コストの軽減に寄与すると考える．加えて，実際の温罨法では対象者より「あたたかい」「気持ちいい」といった反応も見受けられた．温罨法により感じるあたたかさや心地よさは，患者自身が時間をかけてケアを受けている実感を得ることができ，安心した PIVC 挿入にも繋がると考える．したがって，PIVC 挿入の成功率が低い高齢患者においては，まず温罨法により静脈拡張を促し，静脈の触知性をアセスメントすることを推奨する．

臨床でホットパックを使用する場合は，46 ℃の湯で 5 分程度加温することで，静脈拡張を促し皮膚に安全な温度である 40±2 ℃の範囲内に作成できる．ホットタオルを使用する場合は，46 ℃の湯で絞ったものをビニール袋に包むことで，ホットパックと同程度の静脈拡張効果が得られるため，災害時や在宅医療など資源が限られた環境において，ホットパックの代わりに活用できると考える．しかし，湯で絞ったホットタオルを直接貼用する方法は，除去後から生じる気化熱により静脈拡張効果が減退するため推奨できない．ホットタオルを使用する場合は，気化熱の影響を最小限にするため，ビニール袋など乾燥した物品で包むことを勧める．

なお，温罨法は静脈の触知性が改善しない場合においても，静脈内腔の拡張を促すことが明らかになった．したがって，温罨法後に静脈の触知性をアセスメントし，他の静脈拡張手技の追加や，静脈の走行を可視化できるデバイスなど，別の手段を組み合わせることで PIVC 挿入の更なる成功率向上が期待できる．静脈拡張手技の追加については，上肢を心臓より下に下げるアームダウンを追加することで，温罨法により内腔が拡大した末梢静脈に血液がうっ滞し，触知性が改善する可能性がある．また，温罨法により静脈内腔が拡大した状態で超音波ガイド下穿刺や近赤外線装置を組み合わせることで，穿刺に最適な静脈を選択しやすくなると考える．

最後に，輸液看護に関する専門書について，近年においても PIVC 挿入前の温罨法の記載は「湿ったタオルを 10–15 分間貼用する」（Infusion Nursing Society., 2009）や「調整された温熱の使用」（Gorski et al., 2021）にとどまっている．高齢患者への安全な PIVC 挿入に貢献するため，将来的には本研究結果を踏まえた温罨法の静脈拡張効果に関するエビデンスを統合し，看護基礎教育や看護実践教育で活用できる教育プログラムを開発することが必要と考える．

謝辞

本稿を終えるにあたり，研究全般に渡り温かいご指導とご支援を賜りました主任指導教員である基盤看護学分野の矢野理香教授，副指導教員である病態解析分野の加賀早苗准教授に心より御礼申し上げます．ご多忙の中，本論文の審査員として建設的なご意見を賜りました基盤看護学分野の鷲見尚己教授，日本医療大学保健医療学部臨床検査学科の岡田一範准教授に深く感謝申し上げます．研究および超音波装置の使用について，丁寧なご指導とご支援を賜りました病態解析分野の村山迪史助教に厚く感謝申し上げます．研究活動において，常に親身なご指導とご支援を賜りました基盤看護学分野の宍戸穂助教に心より感謝申し上げます．

対象者としてご協力いただきました大学生・大学院生の皆様，加療中にも関わらず快くご協力いただきました入院患者の皆様からは，温かい励ましを頂戴し，研究を完遂することができました．ここに記して，心より感謝の意を申し上げます．また，研究遂行にあたり多忙な業務の中ご協力くださりました北海道社会事業協会 小樽病院の松野千代美看護部長，郷野深雪看護副部長，病棟師長・スタッフの皆様に深謝いたします．

最後になりましたが，研究活動において親身に寄り添ってサポートしてくださった矢野研究室の皆様，挫けそうなときも励まし応援してくれた家族・友人に感謝いたします．

なお，本研究は北海道大学 DX 博士人材フェローシップ（JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム Grant No. JPMJSP2119）の助成を受け遂行することができました．

文献リスト

Ⅰ．英文

Armenteros-Yeguas, V., Gárate-Echenique, L., Tomás-López, M. A., Cristóbal-Domínguez, E., Moreno-de Gusmão, B., Miranda-Serrano, E., & Moraza-Dulanto, M. I. (2017). Prevalence of difficult venous access and associated risk factors in highly complex hospitalised patients. *Journal of Clinical Nursing*. 26(23-24), 4267–4275. doi: 10.1111/jocn.13750

Bahl, A., Johnson, S., Alsbrooks, K., Mares, A., Gala, S., & Hoerauf, K. (2021). Defining difficult intravenous access (DIVA): A systematic review. *Journal of Vascular Access*. 17, 11297298211059648. doi: 10.1177/11297298211059648

Baylie, R. L., & Brayden, J. E. (2011). TRPV channels and vascular function. *Acta Physiologica (Oxford)*. 203(1):99–116. doi: 10.1111/j.1748-1716.2010.02217.x

Benner, P. (1984). From novice to expert: excellence and power in clinical nursing practice. Menlo Park: Addison-Wesley.

Berlanga-Macías, C., Díez-Fernández, A., Martínez-Hortelano, J. A., Sequí-Domínguez, I., Saz-Lara, A., Pozuelo-Carrascosa, D., & Martínez-Vizcaíno, V. (2022). Ultrasound-guided versus traditional method for peripheral venous access: an umbrella review. *BMC Nursing*. 21(1), 307. doi: 10.1186/s12912-022-01077-9

Biyik Bayram, S., & Caliskan, N. (2016). Effects of local heat application before intravenous catheter insertion in chemotherapy patients. *Journal of Clinical Nursing*. 25(11–12), 1740–7. doi: 10.1111/jocn.13193

Bland, J. M., & Altman D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1, 307-310

Boese, A. C., Kim, S. C., Yin, K. J., Lee, J. P., & Hamblin, M. H. (2017). Sex differences in vascular physiology and pathophysiology: estrogen and androgen signaling in health and disease. *American Journal of Physiology, Heart and Circulatory Physiology*. 313(3), H524–H545. doi: 10.1152/ajpheart.00217.2016

Cameron, A. C., Touyz, R. M., & Lang, N. N. (2016). Vascular Complications of Cancer Chemotherapy. *Canadian Journal of Cardiology*. 32(7), 852–62. doi: 10.1016/j.cjca.2015.12.023

Carr, P. J., Rippey, J. C., Budgeon, C. A., Cooke, M. L., Higgins, N., & Rickard, C. M. (2016). Insertion of peripheral intravenous cannulae in the Emergency Department: factors associated with first-time insertion success. *Journal of Vascular Access*. 17(2), 182–90. doi: 10.5301/jva.500048

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. A multicentre prospective cohort analysis of patient, clinician and product characteristics. *BMJ Open*. 9(4),

e022278. doi: 10.1136/bmjopen-2018-022278.

Chen, M., Guo, J., Wang, Y., Wu, X., Pan, S., & Han, D. (2021). Effects of Local Warming on the Peripheral Vein Cross-Sectional Area in Children Under Sedation. *Journal of PeriAnesthesia Nursing*. 36(1), 65–68. doi: 10.1016/j.jopan.2020.06.027

Chopra, V., Anand, S., Hickner, A., Buist, M., Rogers, M. A., Saint, S., & Flanders, S. A. (2013). Risk of venous thromboembolism associated with peripherally inserted central catheters: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet*. 27;382(9889), 311–25. doi: 10.1016/S0140-6736(13)60592-9

Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nded. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Cooper, H. (1998). Synthesizing Research, A Guide for Literature Review (3rd ed.), 12–39, *SAGE Publication*, London.

Fields, J. M., Piela, N. E., Au, A. K., & Ku, B. S. (2014). Risk factors associated with difficult venous access in adult ED patients. *The American Journal of Emergency Medicine*. 32(10), 1179–82. doi: 10.1016/j.ajem.2014.07.008

Fink, R. M., Hjort, E., Wenger, B., Cook, P. F., Cunningham, M., Orf, A., … Zwink, J. (2009). The impact of dry versus moist heat on peripheral IV catheter insertion in a hematology-oncology outpatient population. *Oncology Nursing Forum*. 36(4), E198–204. doi: 10.1188/09.ONF.E198-E204

Frazier, K. S., Engelhardt, J. A., Fant, P., Guionaud, S., Henry, S. P., Leach, M. W., … Society of Toxicologic Pathology Vascular Injury Working Group. (2015). Scientific and Regulatory Policy Committee Points-to-consider Paper*: Drug-induced Vascular Injury Associated with Nonsmall Molecule Therapeutics in Preclinical Development: Part I. Biotherapeutics. *Toxicologic Pathology*. 43(7), 915–34. doi: 10.1177/0192623315570340

Fromy, B., Josset-Lamaugarny, A., Aimond, G., Pagnon-Minot, A., Marics, I., Tattersall, G. J., … Sigaudo-Roussel, D. (2017). Disruption of TRPV3 Impairs Heat-Evoked Vasodilation and Thermoregulation: A Critical Role of CGRP. *Journal of Investigative Dermatology*. 138(3), 688–696. doi: 10.1016/j.jid.2017.10.006

Gorski, L. A., Hadaway, L., Hagle, M. E., Broadhurst, D., Clare, S., Kleidon, T., ... Alexander, M. (2021). Infusion Therapy Standards of Practice, 8th Edition. *Journal of Infusion Nursing*. doi: 10.1097/NAN.0000000000000396

Grand View Research. Inc. Home infusion therapy market size, share & trends analysis report by product (infusion pumps, needleless connectors), by application (Anti-infective, Chemotherapy), by region, and segment forecasts, 2023–2030. https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/home-infusion-therapy-market. Accessed 21 Dec 2022.

Greaney, J. L., Farquhar, W. B. (2011). Why do veins stiffen with advancing age? *Journal of Applied Physiology* (1985). 110(1), 11–2. doi: 10.1152/japplphysiol.01273.2010

Hadaway, L.C., & Millam, D. A. (2005). On the road to successful I.V. starts. *Nursing*.

35, 1–14 quiz 14–6.

Havenith, G., Bröde, P., den Hartog, E., Kuklane, K., Holmer, I., Rossi, R. M, … Wang, X. (2013). Evaporative cooling: effective latent heat of evaporation in relation to evaporation distance from the skin. *Journal of Applied Physiology* (1985). 114, 778–85. doi: 10.1152/japplphysiol.01271.2012

Hendry, S., & Hsiao, Steven. (2013). Chapter 24 – The Somatosensory System (Fourth Edition). *Fundamental Neuroscience*. 531–551

Homayouni, A., Tabari-Khomeiran, R., & Asadi-Louyeh, A. Investigating the effect of local warming on vein diameter in the antecubital area in adults aged 20–40 years. *British Journal of Nursing*. 28(8), S20–S26. doi: 10.12968/bjon.2019.28.8.S20

Hoskins, M. J., Nolan, B. C., Evans, K. L., & Phillips, B. (2023). Educating health professionals in ultrasound guided peripheral intravenous cannulation: A systematic review of teaching methods, competence assessment, and patient outcomes. *Medicine (Baltimore)*. 102(16), e33624. doi: 10.1097/MD.0000000000033624

Ichimura, M., Sasaki, S., & Ogino, T. (2020). Tapping enhances vasodilation for venipuncture even in individuals with veins that are relatively difficult to palpate. *Clinical Anatomy*. 33, 440–445. doi: 10.1002/ca.23559

Igaki, M., Higashi, T., Hamamoto, S., Kodama, S., Naito, S., & Tokuhara, S. (2014). A study of the behavior and mechanism of thermal conduction in the skin under moist and dry heat conditions. *Skin Research and Technology*. 20(1), 43–49. doi: 10.1111/srt.12081

Infusion Nurses Society. (2009). Infusion Nursing An Evidence-Based Approach 3rd edition. *ELSEVIER*. Amsterdam

Ingram, P., & Lavery, I. (2007). Peripheral intravenous cannulation: safe insertion and removal technique. *Nursing Standard*. 22, 44–48. doi: 10.7748/ns2007.09.22.1.44.c4613

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, 345–359. doi: 10.1016/j.hrtlng.2005.04.002

Japanese Industrial Standards Committee. General rules of recommended lighting levels (JISZ 9110). https://webdesk.jsa.or.jp/preview/pre_jis_z_09110_000_000_2010_e_ed10_i4.pdf Accessed 16 Jan 2023.

Jonasson, H., Bergstrand, S., Nystrom, F. H., Länne, T., Östgren, C. J., Bjarnegård, N., & Strömberg, T. (2017). Skin microvascular endothelial dysfunction is associated with type 2 diabetes independently of microalbuminuria and arterial stiffness. *Diabets & Vascular Disease Research*. 14(4), 363–371. doi: 10.1177/1479164117707706

Jones, S. E., Nesper, T. P., & Alcouloumre, E. (1989). Prehospital intravenous line placement: a prospective study. *Annals of Emergency Medicine*. 18(3), 244–6. doi: 10.1016/s0196-0644(89)80405-6

Kashio, M., & Tominaga, M. (2022). TRP channels in thermosensation. *Current Opinion in Neurobiology*. 75, 102591. doi: 10.1016/j.conb.2022.102591

Keogh, S., Shelverton, C., Flynn, J., Mihala, G., Mathew, S., Davies, K.M., … Rickard, C.M. (2020). Implementation and evaluation of short peripheral intravenous catheter flushing guidelines: a stepped wedge cluster randomised trial. *BMC Medicine*. 18(1), 252. doi: 10.1186/s12916-020-01728-1

Kiger, T., Knudsen, É. A., Curran, W., Hunter, J., Schaub, A., Williams, M. J., … Kwekkeboom, K. (2014). Survey of heat use during peripheral IV insertion by health care workers. *Journal of Infusion Nursing*. 37(6), 433–40. doi: 10.1097/NAN.0000000000000074

Kimori, K., & Sugama, J. (2016). Investigation of vasculature characteristics to improve venepuncture techniques in hospitalized elderly patients. *International Journal of Nursing Practice*. 22, 300–306. doi: 10.1111/ijn.12430

Korkut, S., Karadağ, S., & Doğan, Z. (2020). The Effectiveness of Local Hot and Cold Applications on Peripheral Intravenous Catheterization: A Randomized Controlled Trial. *Journal of PeriAnesthesia Nursing*. 35(6), 597–602. doi: 10.1016/j.jopan.2020.04.011

Kropman, R. H., van Meurs, A., Fioole, B., Vos, J. A., van Santvoort, H. C., van Sambeek, M., … de Vries, J. P. (2014). Association of sex with long-term outcomes after popliteal artery aneurysm repair. *Annals of Vascular Surgery*. 28(2), 338–44. doi: 10.1016/j.avsg.2013.04.023

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. doi: 10.53044/jinr.2021-0014

Landis, J. R., & Koch, G, G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 33(1), 159–74

Lenhardt, R., Seybold, T., Kimberger, O., Stoiser, B., & Sessler, D. I. (2002). Local warming and insertion of peripheral venous cannulas: single blinded prospective randomised controlled trial and single blinded randomised crossover trial. *BMJ*. 325(7361), 409–10. doi: 10.1136/bmj.325.7361.409

Liu, C., Chen, L., Kong, D., Lyu, F., Luan, L., & Yang, L. (2022). Incidence, risk factors and medical cost of peripheral intravenous catheter–related complications in hospitalised adult patients. *Journal of Vascular Access*. 23(1), 57–66. doi: 10.1177/1129729820978124

Liu, L., Guo, M., Lv, X., Wang, Z., Yang, J., Li, Y., … Zhou, T. (2021). Role of Transient Receptor Potential Vanilloid 4 in Vascular Function. *Frontiers in Molecular Biosciences*. 8, 677661. doi: 10.3389/fmolb.2021.677661

Lockhart, M. E., Robbin, M. L., Fineberg, N. S., Wells, C. G., & Allon, M. (2006). Cephalic vein measurement before forearm fistula creation: does use of a tourniquet

to meet the venous diameter threshold increase the number of usable fistulas? *Journal of Ultrasound Medicine*. 25(12), 1541–5. doi: 10.7863/jum.2006.25.12.1541

Loon, F. H. J. V., Puijn, L. A. P. M., Houterman, S., & Bouwman, A. R. A. (2016). Development of the A-DIVA Scale: A Clinical Predictive Scale to Identify Difficult Intravenous Access in Adult Patients Based on Clinical Observations. *Medicine (Baltimore)*. 95(16), e3428. doi: 10.1097/MD.0000000000003428

Loon, F. H. V., Scholten, H. J., Korsten, H. H., Dierick-van Daele, A. T., & Bouwman, A. R. (2022). The learning curve for ultrasound-guided peripheral intravenous cannulation in adults: a multicenter study. *Medical Ultrasonography*. 24(2), 188–195. doi: 10.11152/mu-3322

Lu, D., & Kassab, G.S. (2011). Role of shear stress and stretch in vascular mechanobiology. *Journal of the Royal Society Interface*. 8(63),1379–85. doi: 10.1098/rsif.2011.0177

Ludescher, B., Rommel, M., Willmer, T., Fritsche, A., Schick, F., & Machann, J. (2011). Subcutaneous adipose tissue thickness in adults – correlation with BMI and recommendations for pen needle lengths for subcutaneous self-injection. *Clinical Endocrinology*. 75(6), 786–90. doi: 10.1111/j.1365-2265.2011.04132.x

Mansur, D. E., Campos, M. O., Mattos, J. D., Paiva, A. C. S., Rocha, M. P., Videira, R. L. R., … Fernandes, I. A. (2019). Muscle sympathetic nerve activity and hemodynamic responses to venous distension: does sex play a role? *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 316(3), H734–H742. doi: 10.1152/ajpheart.00702.2018

Martin, N. A., & Falder, S. (2017). A review of the evidence for threshold of burn injury. *Burns*. 43(8), 1624–1639. doi: 10.1016/j.burns.2017.04.003

Marsh, N., Larsen, E. N., Takashima, M., Kleidon, T., Yalçınlı, S., … Rickard, C. M. (2021). Peripheral intravenous catheter failure: A secondary analysis of risks from 11,830 catheters. *International Journal of Nursing Studies*. 124, 104095. doi: 10.1016/j.ijnurstu.2021.104095

Maruhashi, T., Kajikawa, M., Kishimoto, S., Takaeko, Y., Yamaji, T., Harada, T., … Higashi, Y. (2021). Volume Elastic Modulus, Vascular Function, and Vascular Structure in Patients with Cardiovascular Risk Factors. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*. 28(9), 963–973. doi: 10.5551/jat.59261

Masamoto, T., & Yano, R. (2021). Characteristics of expert nurses' assessment of insertion sites for peripheral venous catheters in elderly adults with hard-to-find veins. *Japan Journal Nursing Science*. 18(1), e12379. doi: 10.1111/jjns.12379

Matey, L., & Camp–Sorrell, D. (2016). Venous Access Devices: Clinical Rounds. *Asia-Pacific Journal Oncology Nursing*. 3(4), 357–364. doi: 10.4103/2347-5625.196480

Minville, V., Pianezza, A., Asehnoune, K., Cabardis, S., & Smail, N. (2006). Prehospital intravenous line placement assessment in the French emergency system: a

prospective study. *European Journal of Anaesthesiology*. 23(7), 594–7. doi: 10.1017/S0265021506000202

Mitsutake, S., Ishizaki, T., Teramoto, C., Shimizu, S., & Ito, H. (2019). Patterns of Co-Occurrence of Chronic Disease Among Older Adults in Tokyo, *Japan. Preventing Chronic Disease.* 16, E11. doi: 10.5888/pcd16.180170

Mokkink, L., Terwee, C., & de Vet, H. (2021). Key concepts in clinical epidemiology: Responsiveness, the longitudinal aspect of validity. *Journal of Clinical Epidemiology*. 140, 159–162. doi: 10.1016/j.jclinepi.2021.06.002

Molnár, A. Á., Nádasy, G. L., Dörnyei, G., Patai, B. B., Delfavero, J., Fülöp, G. Á., … Merkely, B. (2021). The aging venous system: from varicosities to vascular cognitive impairment. *Geroscience*. 43(6), 2761–2784. doi: 10.1007/s11357-021-00475-2

Moondeep, K., Anil, K., & Anshul, D. (2020). Effect of moist heat therapy on the visibility and palpability of peripheral veins before peripheral venous cannulation of patients undergoing chemotherapy. *International Journal of Nursing Care*, 8(2), 10–14.

Moore, C. (2022). The role of TRPV4 channels in cutaneous epithelia. *Current Topics in Membranes*. 89, 139–154. doi: 10.1016/bs.ctm.2022.06.003

Nakayama, N., Higashiguchi, T., Hanada, K., Maniwa, A., Kanemoto, Y., Sugiura, H., … Nakayama, K. (2018). Implementation of intravenous drip infusion therapy with peripheral venous catheters and the incidence of related complications in home-based medical care settings in Japan. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 73, 100–105. doi: 10.1159/000490801

National Home Infusion Association. Why are infusions performed at home? https://nhia.org/about-infusion-therapy/ Accessed 16 Jan 2023.

Ortega, R., Sekhar, P., Song, M., Hansen, C. J., & Peterson L. (2008). Videos in clinical medicine. Peripheral intravenous cannulation. *The New England Journal of Medicine*. 359, e26. doi: 10.1056/NEJMvcm0706789

Panebianco, N. L., Fredette, J. M., Szyld, D., Sagalyn, E. B., Pines, J. M., & Dean, A. J. (2009). What you see (sonographically) is what you get: vein and patient characteristics associated with successful ultrasound-guided peripheral intravenous placement in patients with difficult access. *Academic Emergency Medicine*. 16(12), 1298–1303. doi: 10.1111/j.1553-2712.2009.00520.x

Paneni, F., Beckman, J. A., Creager, M. A., & Cosentino, F. (2013). Diabetes and vascular disease: pathophysiology, clinical consequences, and medical therapy: part I. *European Heart Journal*. 34(31), 2436–43. doi: 10.1093/eurheartj/eht149

Petrofsky, J., Alshahmmari, F., Yim, J. E., Hamdan, A., Lee, H., Neupane, S., … Desai, R. (2011). The interrealtionship between locally applied heat, ageing and skin blood flow on heat transfer into and from the skin. *Journal of Medical Engineering & Technology*. 35(5), 262–74. doi: 10.3109/03091902.2011.580039

Pittiruti, M., Van Boxtel, T., Scoppettuolo, G., Carr, P., Konstantinou, E., Ortiz, Miluy, G., … Pepe, G. (2023). European recommendations on the proper indication and use of peripheral venous access devices (the ERPIUP consensus): A WoCoVA project. *Journal of Vascular Access*. 24(1), 165–182. doi: 10.1177/11297298211023274

Piredda, M., Biagioli, V., Barrella, B., Carpisassi, I., Ghinelli, R., Giannarelli, D., & De Marinis, M. G. (2017). Factors affecting difficult peripheral intravenous cannulation in adults: a prospective observational study. *Journal of Clinical Nursing*. 26(7–8), 1074–1084. doi: 10.1111/jocn.13444

Portney, L., & Watkins, M. (2009). Foundations of clinical research: Applications to practice, 3rd ed., *Pearson/Prentice Hall*, New Jersey.

Roberge, R.J. (2004). Venodilatation techniques to enhance venepuncture and intravenous cannulation. *Journal of Emergency Medicine*. 27(1), 69–73. doi: 10.1016/j.jemermed.2004.02.011

Robert, L. F. (2023). Peripheral venous access in adults. *UpToDate*

Rodríguez-Calero, M. A., Blanco-Mavillard, I., Morales-Asencio, J. M., Fernández-Fernández, I., Castro-Sánchez, E., & de Pedro-Gómez, J. E. (2020). Defining risk factors associated with difficult peripheral venous Cannulation: A systematic review and meta-analysis. *Heart & Lung*. 49(3), 273–286. doi: 10.1016/j.hrtlng.2020.01.009

Sabri, A., Sazalas, J., Holmes, K.S., Labib, L., & Mussivand, T. (2013). Failed attempts and improvement strategies in peripheral intravenous catheterization. *Bio-Medical Materials and Engineering*. 23, 93–108. doi: 10.3233/BME-120735

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. doi: 10.18926/AMO/48083

Scales, K. (2005). Vascular access: a guide to peripheral venous cannulation. *Nursing Standard*. 19, 48–52. doi: 10.7748/ns2005.08.19.49.48.c3935

Sebbane, M., Claret, P. G., Lefebvre, S., Mercier, G., Rubenovitch, J., Jreige, R., … de La Coussaye, J. E. (2013). Predicting peripheral venous access difficulty in the emergency department using body mass index and a clinical evaluation of venous accessibility. *Journal of Emergency Medicine*. 44(2), 299–305. doi: 10.1016/j.jemermed.2012.07.051

Siddiqui, M. A., Ashraff, S., & Santos, D., & Carline, T. (2017). An overview of AVF maturation and endothelial dysfunction in an advanced renal failure. *Renal Replacement Therapy*. 3, 42

Simón-López, L. C., Luquero-Bueno, S., Ovejero-Benito, M. C., Cuesta-Lozano, D., Goodman-Casanova, J. M., Vargas-Castrillón, E., … Ortuño-Soriano, I. (2021). Benefits of the application of heat and pressure on peripheral venous cannulation in adults: A randomized controlled trial. *Journal of Advanced Nursing*. 77(3), 1533–1545. doi: 10.1111/jan.14655

Simarpreet, K., Ruchika, R., Prabhjot, S., & Jasbir, K. (2018). Effect of moist heat therapy on the visibility and palpability of veins before peripheral intravenous cannulation of patients undergoing chemotherapy. *International Journal of Advanced Research*. 6(2), 230–236. doi: 10.21474/IJAR01/6432

Sharp, R., Childs, J., Bulmer, A. C., & Esterman, A. (2018). The effect of oral hydration and localised heat on peripheral vein diameter and depth: A randomised controlled trial. *Applied Nursing Research*. 42, 83–88. doi: 10.1016/j.apnr.2018.06.013

Shishido, I., Konya, I., & Yano, R. (2020). Effect on autonomic nervous activity of applying hot towels for 10 s to the back during bed baths. *Journal of Physiological Anthropology*. 39(1), 35. doi: 10.1186/s40101-020-00245-7

Stanhewicz, A. E., Greaney, J. L., Kenney, W. L., & Alexander, L. M. (2014). Sex– and limb–specific differences in the nitric oxide–dependent cutaneous vasodilation in response to local heating. *American Journal of Physiology, Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 307(7), R914–9. doi: 10.1152/ajpregu.00269.2014

Stanley, F., & Malamed, D. D. S. (2010). chapter 24 – Venipuncture Technique. *Sedation (Fifth Edition)*. 302-315.

Suchitra, E., & Srinivasan, R. Effectiveness of dry heat application on ease of venepuncture in children with difficult intravenous access: A randomized controlled trial. *Journal for Specialists in Pediatric Nursing*. 25(1), e12273. doi: 10.1111/jspn.12273

Tokizawa, Y., Tsujimoto, T., & Inoue, T. (2017). Duration of Venodilation for Peripheral Intravenous Cannulation, as Induced by a Thermal Stimulus on the Forearm. *Biological Research for Nursing*. 19(2), 206–212. doi: 10.1177/1099800416651145

van Loon, F. H. J., van Hooff, L. W. E., de Boer, H. D., Koopman, S. S. H. A., Buise, M. P., Korsten, H. H. M., … Bouwman, A. R. A. (2019). The Modified A-DIVA Scale as a Predictive Tool for Prospective Identification of Adult Patients at Risk of a Difficult Intravenous Access: A Multicenter Validation Study. *Journal of Clinical Medicine*. 8(2), 144. doi: 10.3390/jcm8020144

Vyas, V., Sharma, A., Goyal, S., & Kothari, N. (2021). Infrared vein visualization devices for ease of intravenous access in children: hope versus hype. *Anaesthesiology Intensive Therapy*. 53(1), 69–78. doi: 10.5114/ait.2021.103515

Webster, J., Osborne, S., Rickard, C. M., & Marsh, N. (2019). Clinically–indicated replacement versus routine replacement of peripheral venous catheters. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 1(1), CD007798. doi: 10.1002/14651858.CD007798

Witting, M. D., Moayedi, S., Brown, L. A., & Ismail, A. (2017). Predictors and Delays Associated with the Need for Advanced Techniques for Intravenous Access. *Journal of Emergency Medicine*. 53(2), 172–177. doi: 10.1016/j.jemermed.2017.04.002

World Health Organization. (2010). WHO Guidelines on Drawing Blood: Best Practices in Phlebotomy. *World Health Organization*; Geneva.

World Health Organization. (2022). WHO European regional obesity report 2022. *World Health Organization*; Geneva.

Yalçınlı, S., Akarca, F.K., Can, Ö., Şener, A., & Akbinar, C. (2019). Factors affecting the first-attempt success rate of intravenous cannulation in older people. *Journal of Clinical Nursing*. 28(11–12), 2206–2213. doi: 10.1111/jocn.14816

Yamagami, Y., Tomita, K., Tsujimoto, T., & Inoue, T. (2017). Tourniquet application after local forearm warming to improve venodilation for peripheral intravenous cannulation in young and middle-aged adults: A single-blind prospective randomized controlled trial. *International Journal of Nursing Studies*. 72, 1–7. doi: 10.1016/j.ijnurstu.2017.03.009

Yamagami, Y., Tsujimoto, T., & Inoue, T. (2018). How long should local warming for venodilation be used for peripheral intravenous cannulation? A prospective observational study. *International Journal of Nursing Studies*. 79:52–57. doi: 10.1016/j.ijnurstu.2017.11.004

Yang, X. P., Pei, Z. H., & Ren, J. (2009). Making up or breaking up: the tortuous role of platelet–derived growth factor in vascular ageing. Clinical and Experimental *Pharmacology and Physiology*. 36, 739–747

Yasuda, K., Okada, K., Sugimura, N., & Yano, R. (2023A). Do Tapping and Massaging during Tourniquet Application Promote Dilation of Forearm Cutaneous Veins? A Pilot Quasi-Experimental Study. *Healthcare (Basel)*. 11(4), 522. doi: 10.3390/healthcare11040522

Yasuda, K., Sato, S., Okada, K., & Yano, R. (2019). The venodilation effects of tapping versus massaging for venipuncture. *Japan Journal of Nursing Science*. 16, 491–499. doi: 10.1111/jjns.12261

Yasuda, K., Shishido, I., Murayama, M., Kaga, S., & Yano, R. (2023B). Venous dilation effect of hot towel (moist and dry heat) versus hot pack for peripheral intravenous catheterization: a quasi-experimental study. *Journal of Physiological Anthropology*. 42(1), 23. doi: 10.1186/s40101-023-00340-5

Zardi, E. M., Franceschetti, E., Giorgi, C., Palumbo, A., & Franceschi, F. (2019). Accuracy and performance of a new handheld ultrasound machine with wireless system. *Scientific Reports*. 9(1), 14599. doi: 10.1038/s41598-019-51160-6

Ⅱ．和文

Burns, N., & Grove, S. K. (2005). 黒田裕子, 中木高夫, 小田正枝, 他訳 (2008): バーンズ&グローブ 看護研究入門―実施・評価・活用 (第 1 版), 248–295, エルゼビア・ジャパン株式会社, 東京.

電子情報通信学会 (2014). 知識ベース. 第 5 章, 1–22. https://www.ieice-hbkb.org/files/01/01gun_10hen_05.pdf Accessed 16 Jan 2023.

市村美香, 松村裕子, 佐々木新介, 村上尚己, 森將晏 (2011). 末梢静脈穿刺における静脈怒

張を得るための方法に関する調査報告. 岡山県立大学保健福祉学部紀要. 18, 55–63.
飯坂真司, 竹原君江, 真田弘美. (2015). 携帯型角質水分量計の妥当性評価. 日本創傷・オストミー・失禁管理学会誌. 19(1), 33–39. doi.org/10.32201/jpnwocm.19.1_33
倉本直樹, 渡邉順子, 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. 日本看護技術学誌. 16, 28–35. doi: 10.18892/jsnas.16.0_28
柾本常子, 矢野理香 (2018). 留置針を用いた点滴静脈内注射時の部位選定に関する熟練看護師の観察と動作の特徴. 日本看護技術学会誌. 17, 104–113. doi: 10.18892/jsnas.17.0_104
水本篤, 竹内理. (2008). 研究論文における効果量の報告のためにー基礎的概念と注意点ー. 英語教育研究. 31, 57–66.
日本看護理工学会 (2022). エコーを用いる点滴トラブル予防を目指した末梢静脈カテーテル留置技術ベストプラクティス. 照林社. 東京.
日本 VAD コンソーシアム (2016). 輸液カテーテル管理の実践基準. 南山堂. 東京.
佐々木新介 (2016). 末梢静脈穿刺時の援助に関する実態調査　静脈穿刺時の温罨法用具の開発を目指して. ヒューマンケア研究学会誌. 8(1), 47–51.
安田佳永, 矢野理香 (2019). 静脈穿刺時に血管怒張を促す手技の怒張効果に関する統合的文献レビュー, 日本看護技術学会誌. 18, 1-8. doi: 10.18892/jsnas.18.0_1

研究業績一覧

Ⅰ．学術論文

1. Yasuda, K., Sato, S., Okada, K., & Yano, R. (2019). The venodilation effects of tapping versus massaging for venipuncture. *Japan Journal of Nursing Science*. 16, 491–499. doi: 10.1111/jjns.12261

2. 安田佳永, 矢野理香 (2019). 静脈穿刺時に血管怒張を促す手技の怒張効果に関する統合的文献レビュー, 日本看護技術学会誌, 18, 1–8. doi.org/10.18892/jsnas.18.0_1

3. 安田佳永, 山口真弥, 杉村直孝, 丸山朱美, 宮永喜美子, 鈴木美幸, 河嶋亜衣, 平舘ありさ, 菱沼典子, 矢野理香 (2019). 高齢患者の皮膚における腰背部温罨法の安全性の検証, 日本看護技術学会誌, 18, 69-77. doi.org/10.18892/jsnas.18.0_69

4. 宍戸穂, 杉村直孝, 安田佳永, 渡部一拓, 紺谷一生, 三浦苑華, 矢野理香 (2020). 背部への清拭時に温タオルを 10 秒間貼用する効果の予備的研究. 日本看護技術学会誌, 18, 54-62. doi:10.18892/jsnas.19.0_54

5. 山口真弥, 宍戸穂, 杉村直孝, 安田佳永, 丸山朱美, 宮永喜美子, 鈴木美幸, 菱沼典子, 矢野理香 (2022). 高齢患者への腰背部温罨法（丸山式）の安全性とその影響要因の検討, 日本看護技術学会誌, 21, 6-14. doi.org/10.18892/jsnas.21.0_6

6. Yasuda, K., Okada, K., Sugimura, N., & Yano, R. (2023). Do Tapping and Massaging during Tourniquet Application Promote Dilation of Forearm Cutaneous Veins? A Pilot Quasi-Experimental Study. *Healthcare (Basel)*. 11(4), 522. doi: 10.3390/healthcare11040522

7. Yasuda, K., Shishido, I., Murayama, M., Kaga, S., & Yano, R. (2023). Venous dilation effect of hot towel (moist and dry heat) versus hot pack for peripheral intravenous catheterization: a quasi-experimental study. *Journal of Physiological Anthropology*. 42(1):23. doi: 10.1186/s40101-023-00340-5

Ⅱ．学会発表

1. 安田佳永, 佐藤早紀, 杉村直孝, 柾本常子, 矢野理香. 静脈穿刺時に血管怒張を促す有効な手技の検証（第 1 報）－タッピングと熟練看護師の動作から抽出されたマッサージの比較－. 第 16 回日本看護技術学会学術集会,（2017 年 10 月開催, 東京, 口頭発表）.

2. 佐藤早紀, 安田佳永, 杉村直孝, 柾本常子, 矢野理香. 静脈穿刺時に血管怒張を促す有効な手技の検証（第 2 報）－血管怒張効果に関連する要因の検討－. 第 16 回日本看護技術学会学術集会,（2017 年 10 月開催, 東京, 口頭発表）.

3. 矢野理香, 丸山朱美, 宮永喜美子, 鈴木美幸, 杉村直孝, 安田佳永, 山口真弥, 河嶋亜衣, 平舘ありさ, 菱沼典子. 高齢者への腰背部温罨法の安全性の検証－皮膚状態および皮膚温の経時的変化－. 第 16 回日本看護技術学会学術集会,（2017 年 10 月開催, 東京, 口頭発表）.

4. 長島俊輔, 杉村直孝, 安田佳永, 山口真弥, 佐藤早紀, 山下舞琴, 河嶋亜衣, 宍戸穂, 平舘ありさ. 「日本看護技術学会　若手の会」発足を目指して. 第 16 回日本看護技術学会学術集会,（2017 年 10 月開催, 東京, 口頭発表）.

5. 安田佳永, 杉村直孝, 渡部一拓, 矢野理香. 末梢静脈留置針挿入に向けて、看護師が挿入可能と判断した血管断面積・血管径・深さの検証. 第 17 回日本看護技術学会学術集会,（2018 年 9 月開催, 青森, 口頭発表）.

6. 安田佳永, 柾本常子, 杉村直孝, 矢野理香. 末梢静脈留置針挿入時, 熟練看護師が血管怒張手技として実践するマッサージ動作の分析. 第17回日本看護技術学会学術集会,(2018 年 9 月開催, 青森, 示説発表）.

7. 倉侑菜, 福田花帆, 杉村直孝, 安田佳永, 矢野理香. 初回の看護場面における脳血管障害患者の語りを促すケアとしての手浴と足浴の比較. 第 17 回日本看護技術学会学術集会,（2018 年 9 月開催, 青森, 示説発表）.

8. 長島俊輔, 河嶋亜衣, 杉村直孝, 渡部一拓, 宍戸穂, 山口真弥, 佐藤早紀, 安田佳永. 第 1 回日本看護技術学会若手の会　看護技術を語らう若手ネットワークを作ろう. 第 17 回日本看護技術学会学術集会,（2018 年 9 月開催, 青森, 交流集会）.

9. 安田佳永, 杉村直孝, 山口真弥, 渡部一拓, 矢野理香. 末梢静脈留置針挿入に有効な血管怒張手技の検証－タッピングと熟練看護師の技から抽出されたマッサージの比較－. 第

18 回日本看護技術学会学術集会,（2019 年 9 月開催, 福井, 口演発表）.

10. 杉村直孝, 安田佳永, 渡部一拓, 矢野理香. 不適切な静脈血採血の穿刺部位選択に至った新人看護師の事例検討. 第 18 回日本看護技術学会学術集会,（2019 年 9 月開催, 福井, 口演発表）.

11. 三浦苑華, 山口紗季, 紺谷一生, 安田佳永, 矢野理香. 末梢静脈留置針挿入時に効果的に血管怒張を促す温タオルによる前腕温罨法の検討. 第 18 回日本看護技術学会学術集会,（2019 年 9 月開催, 福井, 示説発表）.

12. 安田佳永, 矢野理香. 末梢静脈留置針挿入時の安全で短時間に静脈拡張を促す温罨法に関する文献検討. 日本看護研究学会第 48 回学術集会,（2022 年 8 月開催, 愛媛, 示説発表）

13. 安田佳永, 宍戸穂, 矢野理香. 末梢静脈留置針挿入部位へのホットパックとタオルを用いた温罨法の静脈拡張効果ー駆血帯装着後も静脈が細い女性を対象としてー. 第 21 回日本看護技術学会学術集会.（2023 年 10 月開催, 熊本, 口演発表）

14. 宍戸穂, 安田佳永, 日野真莉絵, 池田香織, 矢野理香. 新人看護師の夜勤中の休憩および夜勤前後の過ごし方に関する経験. 第 43 回日本看護科学学会学術集会.（2023 年 12 月開催, 山口, 口演発表）

15. 矢野理香, 紺谷一生, 山口真弥, 渡部一拓, 安田佳永, 宍戸穂, 出塚望, 井部俊子. 看護職の夜勤に関わる睡眠・仮眠研究の到達点. 第 43 回日本看護科学学会学術集会.（2023 年 12 月開催, 山口, 交流集会）

16. Yasuda, K., Sato, S., Okada, K., Yano, R. Does fist-clenching promote venodilation during venipuncture? The 3rd Faculty of Health Sciences International Conference, Sapporo, July 2017. (poster and 1 min–oral)

17. Yasuda, K., Sugimura, N., Yamaguchi, S., Kawashima, A., Yano, R. Factors related to changes in skin temperature during the application of hot compress in elderly people, The 5th International Nursing Research Conference, Thailand, October 2017. (oral)

18. Yasuda, K., Okada, K., Sugimura, N., Yamaguchi, S., Watanabe, K., Yano, R. Verification of the effectiveness of tapping and massaging as venodilation techniques

for peripheral intravenousc. 22nd East Asian Forum of Nursing Scholars, Singapore, January 2019. (poster)

19. Yasuda, K., Masamoto, T., Yano, R. Characteristics of Venodilation Techniques Performed by Proficient Nurses on an Elderly Adult, the 7th International Nursing Research Conference of World Academy of Nursing Science, Taipei, October 2022. (poster)

20. Yasuda, K., Yano, R. The venodilation effect of a local heat compress on the forearm in venipuncture: An integrative literature review. The 5th FHS International Conference, Sapporo, September 2021. (poster and 1 min–oral)

21. Yasuda, K., Okada, K., Sugimura, N., Yano, R. THE VENODILATION EFFECTS OF TAPPING AND MASSAGING ON HEALTHY ADULTS WITH THIN FOREARM CUTANEOUS VEIN: A CASE STUDY, 25th East Asian Forum of Nursing Scholars Conference, Taipei, April 2022. (poster)

22. Yasuda, K., Shishido, I., Yano, R. Venous Dilation Effect of Heat Application for Peripheral Intravenous Catheterization in Older Patients Hospitalized for Orthopedic Care: A Quasi-Experimental Study. The 6th FHS International Conference, Sapporo, October 2023. (poster and 1 min–oral)

Ⅲ．受賞

1. 末梢静脈留置針挿入時，熟練看護師が血管怒張手技として実践するマッサージ動作の分析，第 17 回日本看護技術学会学術集会, 2019 年 9 月，**大会賞**

2. 北海道大学大学院保健科学院, 2019 年 3 月，**保健科学院長賞**

3. 静脈穿刺時に血管怒張を促す有効な手技の検証－タッピングと熟練看護師の動作から抽出されたマッサージの比較－，北海道大学医学部保健学科, 2017 年 1 月，**卒業研究優秀賞**

Ⅳ．競争的資金

1. 北海道大学 DX 博士人材フェローシップ（JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム Grant No. JPMJSP2119）採択期間：2021.10–2024.3　研究奨励費　年間 2160,000 円，研究費 年間 400,000 円