

生涯健康科学ジャーナル

Journal of Lifelong Well-being Sciences

No. **3** 2025 年 3 月

◆論文 ダンゴムシ研究と子供の教育における活用への提言
伊勢村 護・上野 正子・三好 規之…………… 1

上肢末梢静脈の血管怒張を促進する筋ミルキング原理を
応用した駆血法の評価
渡邊 順子・倉本 直樹・山下 樹里・小関 義彦・葭仲 潔・高野 順……………10



静岡県立大学
UNIVERSITY OF SHIZUOKA

ダンゴムシ研究と子供の教育における活用への提言

A study of pill bugs and a proposal for its use in children's education

伊勢村 護¹⁾ 上野 正子²⁾ 三好 規之^{1,2)}

1)静岡県立大学大学院薬食生命科学総合学府 2)静岡県立大学食品栄養科学部

抄 録 今日、自分で考える力を育成する教育が求められている。ダンゴムシは子供達の関心が高く、児童、生徒の自由研究などの多くの研究対象となっている。今回、ダンゴムシの食性に関する児童、生徒の研究結果およびネット情報の数件について検証実験を行った。その結果、児童、生徒の研究結果やネット情報の中には、今回の研究結果と一致しないものがあり、これらの情報の修正が必要であることが示唆された。不正確な情報は、間違った印象を子供に与えてしまう可能性があり、再現性のある確かな情報が提供されることの必要性が感じられた。ダンゴムシの研究は、すでに宮崎県の中学校において選択理科の授業の中で実施され一定の成果が認められており、児童、生徒の生物教育に有効であると考えられる。児童、生徒の研究成果を集積できる科学雑誌などのプラットフォームを用意して、論文発表の機会ができれば、論文作成などの教育にも役立つことになる。

キーワード : 子供の科学研究成果発表媒体、ダンゴムシの食嗜好性、学校における生物教育、考える力の育成

Abstract Today, there is a demand for education that fosters the ability to think for oneself. The Japanese pill bugs are of great interest to children, and have been the subject of much research, including free research by children and students. In this study, we conducted an experiment to verify the results of students' research on the feeding preference of the pill bugs, as well as information on the Internet. As a result, it was found that some of the study results reported by students were not in agreement with those of the present study, and that the inaccurate information on the Internet needs to be modified. Inaccurate information may give children wrong impressions, and therefore, providing reproducible and reliable information should be important. A platform such as a science journal would contribute to such a purpose. The study on the pill bugs has already been conducted in a science class at a junior high school in Miyazaki Prefecture with certain successful results, suggesting its effectiveness for the biological education of children and students. This publication platform would be useful to accumulate the research results of children and students and to contribute to education through experience of writing papers.

Keywords: journal platform for results by children's research, food preferences of pill bugs, junior education on biology, fostering the ability to think for oneself

1. 緒言

近年、「自分で考える力」を養成する教育が求められている。文部科学省の学習指導要領では、子供たちが未

来社会を切り開くための資質、能力を育成することや、体験活動を重視することなどへの期待が述べられている。幼児期から「自分で考える力」を身に付けると、将

受理日：2024 年 10 月 21 日
採択日：2025 年 1 月 10 日
オンライン公開日：2025 年 3 月 21 日

連絡先：伊勢村 護
〒422-8526 静岡県静岡市駿河区谷田 52-1
e-mail: isemura@u-shizuoka-ken.ac.jp

来の生きる力の土台になる、学齢期以降の学習意欲を高める、良い人間関係の構築に役立つ、など子供の人間形成につながる事が期待できる。また、いろいろな情報の中から、自身の健康維持に役立つものを取捨選択することにも役立つ。

ダンゴムシは、子供たちが身近な環境で採集でき、動きも遅く、噛まれたりする危険性もなく、飼育も易しい生物種であり、子供たちの研究材料として最も適したものの一つであると考えられる。また、ダンゴムシに関する分類、日本における主要な属・種、食性、行動特性などの基本的な情報はネット上にも多く存在しており、森山¹⁾の成書など多くの解説書も存在している。

ダンゴムシ特にオカダンゴムシ (*Armadillidium vulgare*) は子供たちの関心が高く、児童、生徒の自由研究などの多くの研究対象となっている。例えば、インターネット(ネット)で、<自然科学観察コンクール ダンゴムシ>のキーワードを使って調べると、タイトルにダンゴムシが含まれる11件のコンクール受賞作品が検索される。その他、入山²⁾の報告など児童、生徒による種々の研究報告をネット検索で見ることができる。こうした研究結果が一致していない場合があり、また、他のネット情報の間にも一致していないものがある。従って、不正確な情報により間違った印象を持ってしまう子供もいる可能性があり、再現性のある確かな情報が提供されることが必要である。

ダンゴムシの研究は、すでに小林³⁾により宮崎県の中学校の選択理科の授業の中で実施されて一定の成果が認められており、児童、生徒の生物教育に有効であると考えられる。

「自分で考える力」を養成する教育を行う上で、再現性のある確かな情報が必要であると考えられるので、今回その例として、ダンゴムシの食性に関する児童、生徒の研究結果およびネット情報の数件について検証実験を行い、その結果に基づいてダンゴムシの研究を児童、生徒の研究対象として教育に取り入れることの有用性を考察した。今後、科学ジャーナル等が科学的根拠に基づいた確かな情報を提供し、子供たちの研究成果をも集積できるプラットフォームとしての役割を担っていくことも重要な課題であると考えられる。

2. 材料と方法

2.1 材料

ダンゴムシ(体長7~14mm)は東京都世田谷区の家庭菜園のプランターの下部および近隣の花壇の朽ち木のまわりから採集し、直ちに、あるいは数日、土と朽ち木の木屑を入れた9×14 cmの容器中で22~28℃で飼育したのち実験に供した。わが国に広く分布するダンゴムシはオカダンゴムシであることから、本研究で使用したダンゴムシはオカダンゴムシであると考えられる。供試食餌材

料はスーパーマーケットより購入した。木酢は市販の園芸用木酢液(大創産業株式会社)を使用した。Vansky 12 LED 紫外線ブラックライト、およびダンゴムシ観察迷路はAMAZON Co. Japanから購入した。ソフトガーゼは医療用不織布を白十字株式会社から購入し、他の実験用具は100円ショップで市販されているものを用いた。

2.2 方法

(1) 食餌嗜好性の予備実験

タッパーウェア(23×16 cm)に6種ずつの食餌材料を置き、ダンゴムシの行動を観察し、食餌嗜好性を調べた。

(2) 食餌材料の蛍光標識

食餌材料を、画材として市販されているフルオレセイン(AMAZON Co. Japan)の1 mg/mL水溶液に4時間浸漬して蛍光標識した。

(3) 蛍光検出

検体をソフトガーゼ上に置き、水を加えた後、ブラックライトで検出した。

(4) 蛍光強度測定

糞検体(数mg)を純水に懸濁した後、遠心分離して得られた上清液の蛍光スペクトルおよび強度をMolecular DevicesのFlexStation 3を使用して測定した。

(5) 有機溶媒抽出物の可視部吸光度、スペクトルの測定

糞検体(2~40 mg)をエッペンドルフチューブに入れ、純水0.2 mLを加えてすりつぶし、70%アルコール水溶液0.2 mL、界面活性剤(ミヨシ石鹼株式会社製石鹼溶液)0.2 mLを順次加えてかき混ぜ、シンナー(AMAZON Co. Japan)0.6 mLを加えて振とうし、放置後得られた上清を分光光度計Thermo Fisher ScientificのMultiskan Goで測定した。

3. 結果および考察

3.1 ダンゴムシの食嗜好性の概要

子供たちのダンゴムシの自由研究などに使われている食餌材料や、ネット上の食嗜好ランキングなどで取り扱われている食餌材料18種を用いて、50匹のダンゴムシの食餌嗜好性を調べた。結果の例として、ニンニク、ニンジン、タマネギ、ダイコン、シイタケ、およびウメボシについて図1に示す。これら6種に加えて、図には示していない12種中のジャガイモ、キュウリ、トマトについて、本実験を行った。本実験を行った9種についての結果により、ダンゴムシの食嗜好性に関する情報の不正確性が存在することが明らかになったので、他の9種については本実験の対象としなかった。

図1に示す結果において、ダイコンやタマネギ、ニンジンに多くの個体が集合し、ウメボシの周囲にも集合する様子が観察された。ニンニクにも数匹の集合が観察されたが、シイタケへの集合は見られなかった。



図1 ニンニク、ニンジン、タマネギ（上、左より）、ダイコン、シイタケ、ウメボシ（下、左より）へのダンゴムシの3時間後の集合状況

時間を追って観察すると、各食餌材料間の移動を繰り返す場合も観察され、また、数時間後には森山⁹⁾が指摘するようなオレンジ色のニンジン由来と考えられる糞が、いくつかの食餌材料近辺に散在し、ダンゴムシによって複数の食餌材料が摂食・消化される場合も多いことが示唆された。すでに、いくつかの報告、例えば中村⁴⁾の報告において、食餌材料間の移動や複数の食餌材料の摂食行動が観察されている。ただし、複数の食餌材料に対する短時間での集合性を調べる方法によって集合性が観察された場合には、食餌材料が実際に摂食されたかどうかを、ニンジンの場合のように、糞の色によって確認できる場合を除いて、他の方法で検証することが必要である

3.2 シイタケの摂食

前述の結果では、ダンゴムシのシイタケへの集合は見られなかった。一方、野崎⁹⁾の研究結果では、シイタケが摂食される可能性が示されている。そこでシイタケを単独で置いて調べた結果、数分で集合するのが観察され、12時間後には多くの部分が摂食されていることがわかった（図2）。実験、観察条件によって結果が異なる場合があることが示された。



図2 ダンゴムシによるシイタケの摂食 実験開始直後(A)、10分後(B)、12時間後(C)。容器は最大辺長10cmの六角形。

野崎⁹⁾は、カップに入った8種類の野菜について個体ごとに調べた結果、雌雄150匹中の23匹がシイタケのカップに入ったことを観察している。したがって、ダンゴムシが特定の食餌材料を摂食するかどうかの結論を出すには、他の食餌材料の有無や観察時間、給餌方法などの実験条件を変えた観察も重要である。

3.3 ダンゴムシのニンニク嗜好性

前述の実験結果（図1）から、ニンニクは摂食される可能性が考えられる。しかし、ニンニクは摂食されないことを示唆する丸井⁹⁾の報告があるので、ニンニクが摂食されるかどうかを確認する実験を行った。感度を高めるためにフルオレセインで蛍光標識したニンニクをダンゴムシに摂食させ、20時間後に糞をソフトガーゼの上に集めて水を加え、蛍光を検出した（図3）。その結果、糞の周辺に蛍光が検出され、ダンゴムシがニンニクを摂食・消化したことが明らかになった。このことは、糞中のアリシンや葉酸などの成分の検出を行えば、さらに確認することができることになる。こうした実験間の結果の違いは、他に存在する食餌材料の影響や、用いたダンゴムシの個体数の違いによるものと推定される。

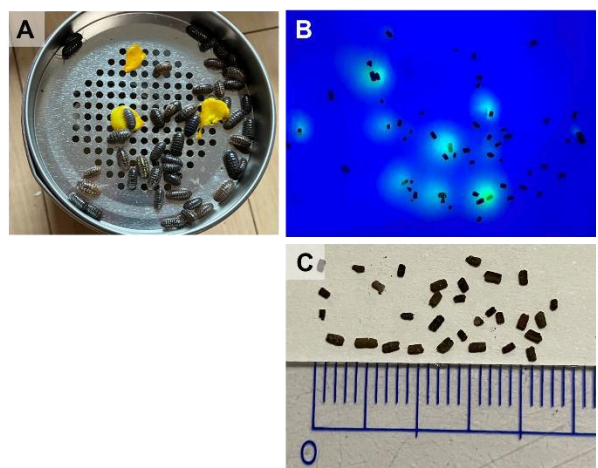


図3 ダンゴムシによるニンニクの摂食 フルオレセイン標識ニンニクを50匹に給餌し(A)、20時間後に採集した糞の蛍光をブラックライトで検出した(B)。容器は直径10cmの簀の子付き容器。ダンゴムシの糞の大きさ(C)。

3.4 ジャガイモ

ジャガイモはダンゴムシによって摂食されないことを示唆する報告がある⁷⁾一方、摂食されるという報告もある⁸⁾ので、今回検証実験を行った。

ダンゴムシを雄雌に分けてそれぞれに給餌した結果、1時間で雌雄ともジャガイモへの集合が見られた（図4）。実験開始後6~8時間に採集した糞の中に白みがかった糞が観察され、雌雄ともジャガイモを摂食・消化したことが示された。このことは蛍光標識したジャガイモを用いた場合に、糞に蛍光が検出されたことにより確かめられた

(図4)。以上の結果から、ダンゴムシは雌雄ともジャガイモを摂食することが明らかになった。

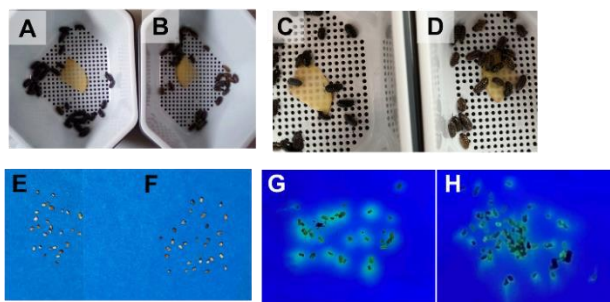


図4 雌雄のダンゴムシによるジャガイモの摂食 ダンゴムシを雄 (A, C, E) と雌 (B, D, F) に分けて摂食させた場合の開始時 (A, B) および1時間後 (C, D) および6~8時間後に採集した糞 (E, F) の画像。ダンゴムシに蛍光標識ジャガイモを摂食させた後6~8時間に採集した雄 (G) および雌 (H) の糞の蛍光画像。

フルオレセイン標識ジャガイモを摂取したダンゴムシの糞1個を0.1mLの純水に懸濁し、その蛍光特性を調べた結果、フルオレセインのものと一致が見られ(図5)、フルオレセインが代謝されずにそのまま糞中に排泄されていると考えられた。また、糞1個でも高感度で測定可能なことがわかった。今後、蛍光標識食餌材料を使用し、糞の分析を通して、例えば、体重と食性の関係を明らかにできる可能性がある。

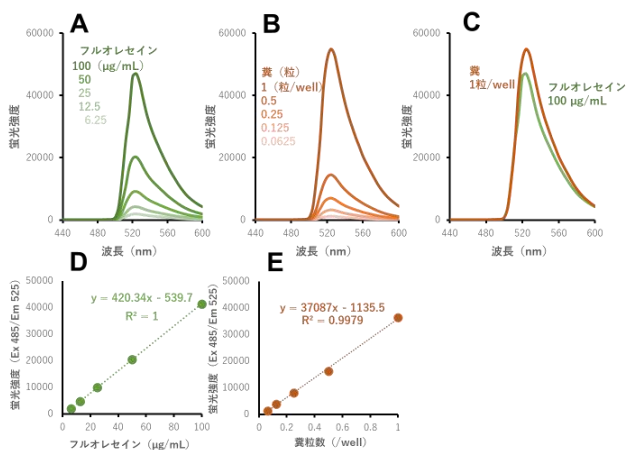


図5 糞の蛍光測定 フルオレセイン (A)、フルオレセイン標識糞からの抽出物 (B)、フルオレセイン (10 µg/mL) との比較、および、A、B の検量線 (D、E)。

3.5 タマネギ

タマネギの場合、雄は摂食するが、雌は摂食しないという性差があることを示唆する結果が報告されている⁷⁾。また、丸井の報告⁹⁾もタマネギは摂食されない可能性を示している。一方、野崎⁵⁾の研究結果は雌雄ともタマネギを摂食することを示唆している。今回、雌雄20匹ずつのダンゴムシに別々にタマネギを給餌した結果、どちらも嚙った痕が観察された(図6)。蛍光標識タマネギを用いた場合、雌雄どちらの糞にも蛍光が検出された(図6)。以上の結果は、ダンゴムシは雌雄にかかわらずタマネギを摂食・消化することを示している。

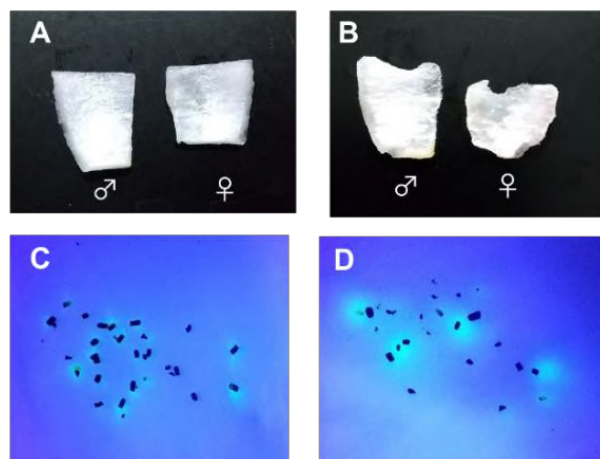


図6 ダンゴムシによるタマネギの摂食 給餌直前のタマネギ各0.65g (A)と10時間後 (B)および蛍光標識タマネギ給餌開始時から10時間後までに採集した雄 (C) および雌 (D) 40匹の糞の蛍光検出

3.6 ダイコン

永原⁷⁾は雌のダンゴムシはダイコンを摂食しないことを示唆している。一方、野崎⁵⁾の研究結果は、雌雄ともダイコンを摂食することを示唆している。

今回の検証の結果、雌雄ともに齧り痕が観察され(図7)、摂食に性差はないことが示された。異なった実験条件によって異なった結果になった可能性がある。

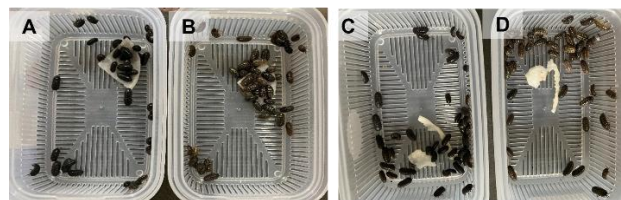


図7 雌雄のダンゴムシによるダイコンの摂食比較 0.93gのダイコンの摂食開始時 (A, B) と10時間後 (C, D) の50匹の雄 (A, C) および雌 (B, D) による摂食状況。

3.7 食酢トマトおよびミニトマト

ダンゴムシは、トマトを摂食することが示唆されている^{5,7,9}。一方、ミニトマトは摂食しないというネット情報がある。

今回、トマトを給餌したダンゴムシの糞抽出液にミニトマト抽出液と類似のスペクトルを示す色素が検出され（図8）、トマトが摂食・消化されたことが確かめられ、永原⁷や平原⁹の報告を支持する結果となった。また、ミニトマトを給餌した場合も、齧り痕が観察され、糞の有機溶媒抽出液中にミニトマト由来と考えられる橙黄色の色素が検出された（図8）。以上の結果は、ダンゴムシはトマトと同様に、ミニトマトを摂食・消化することを示しており、ミニトマトは摂食されないとするネット情報とは異なる結果となった。むしろ、栽培中のミニトマトがダンゴムシによって摂食されたというネット情報と一致する結果である。

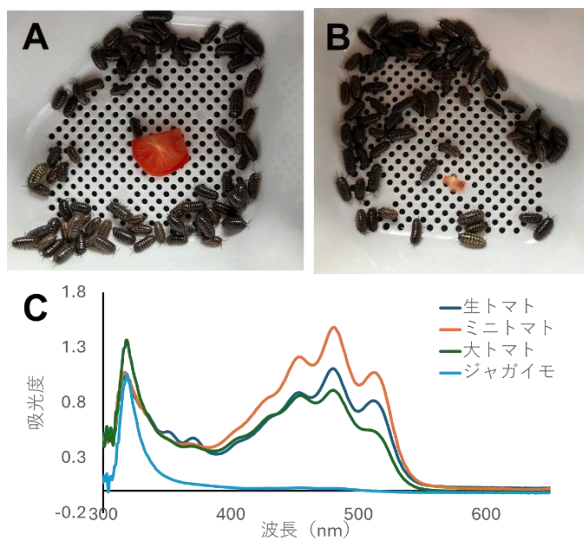


図8 ミニトマトの摂食と糞のシンナー抽出物の可視部スペクトル ダンゴムシ 120 匹にミニトマト 0.90g を給餌した直後(A)と 20 時間後(B)の画像。ミニトマト給餌20時間後に採集した糞のうちから選んだ赤味がかった糞 4.7mg のシンナー抽出物と生のミニトマト 39mg からの抽出物の可視部スペクトル比較(C)。トマトおよびジャガイモ摂食後の糞（赤味がかった糞 2.0mg および白味がかった糞 14mg）からの抽出物のスペクトルを合わせて表示した(C): 青、生トマト；橙、ミニトマト；緑、トマト；空色、ジャガイモ。

3.8 食酢

ダンゴムシは酢が嫌いというネット情報が多く存在する。家庭菜園などで野菜や花の育成にダンゴムシを除去する方法は、児童、生徒の研究対象として取り上げられることもある¹⁰が、ネット上でもダンゴムシに対する忌避剤への関心は高く、酢がダンゴムシの忌避剤となるという多くの情報がある。このことを検証するため、キュウリを食酢に 3 時間漬けた食酢漬けキュウリを用いた実験を行

った。キュウリは、永原⁷や平原⁹の報告で摂食されることが示唆されている。

今回、ダンゴムシにキュウリとキュウリを 3 時間食酢に漬けて作製した食酢漬けキュウリを給餌して比較した。その結果、図 9 に示すように、食酢漬けキュウリはほとんど摂食されないことがわかった。

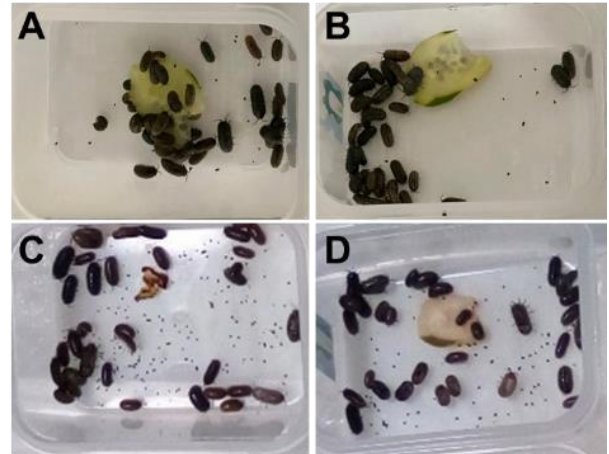


図9 ダンゴムシによるキュウリの摂食に対する食酢の影響 1.5g のキュウリ (A、C) および食酢漬けキュウリ (B、D)を給餌した直後 (A、B) と 20 時間後 (C、D) の画像。容器の大きさ：13×9cm。

同じ方法で調製した食酢漬けジャガイモの場合も、周辺への集合が見られたものの、齧り痕はほとんど見られず、糞の数も顕著に減少した（図10）。ダンゴムシは、食酢漬けジャガイモをほとんど摂食・消化しないと考えられる。

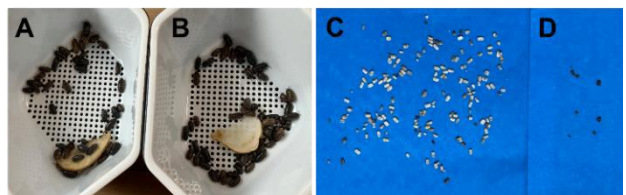


図10 ダンゴムシによるジャガイモの摂食に対する食酢の影響 2.6 g のジャガイモ (A、C) および食酢漬ジャガイモ (B、D) を給餌した直後 (A、B) と 8～20 時間に採集した糞 (C、D) の画像。

食酢漬けニンジンを用いた実験では、食酢漬けキュウリや食酢漬けジャガイモと同様に、食酢漬けニンジンには齧り痕がほとんど観察されなかった（図11）。また、蛍光標識ニンジンと食酢漬けした蛍光標識ニンジンを経験した場合、食酢漬けした場合は糞の蛍光はほとんど検出されなかった。以上の 3 種の食酢漬け食餌材料を用いた実験結果は、食酢を含有する食餌材料はダンゴムシに摂食・消化されないことを示している。

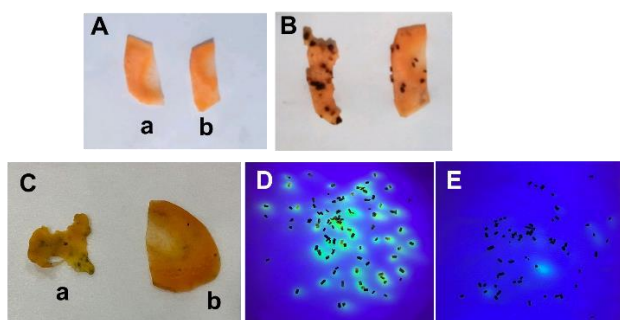


図 11 ダンゴムシによるニンジンへの摂食に対する食酢の影響 0.8 g のニンジン (Aa) および食酢漬けニンジン (Ab) を給餌した 12 時間後の画像。給餌後 20 時間の蛍光標識ニンジン (Ca) と食酢漬け蛍光標識ニンジン (Cb) の画像および蛍光標識ニンジン(D)またはその酢漬け(E) を給餌後 6~20 時間に採集した糞の蛍光検出。

しかし、ダンゴムシの集合が観察されたことから、食酢の影響は周辺にまでは及ばない可能性がある。このことを検証するため、図 12 に示すように改変したダンゴムシ迷路を用いる実験を行った。0.3 mL の食酢を含ませたソフトガーゼを通路に置いた場合、20 時間後に 12 匹中 6 匹が食餌となるニンジンがある側に移動した (図 12)。食酢を含ませたソフトガーゼの代わりに、食酢に 3 時間漬けて調製した食酢漬けニンジンを用いた場合、5 匹が食酢漬けニンジンを通り抜け、水で 3 倍に希釈した食酢に 3 時間漬けた場合は、ダンゴムシの全個体が生ニンジンのある側に移動した (図 12)。いずれの場合も、近くに食酢漬けニンジンがあるにもかかわらず、生ニンジン摂食している様子が観察された。また、食酢を含ませたソフトガーゼをプラスチック皿に入れ、通路に置いた場合は、ニンジンの摂食が観察され、一部のダンゴムシはプラスチック皿の上部を伝って移動することも観察された (図 12)。

以上の結果は、食酢漬けキュウリやジャガイモの場合とも矛盾せず、食酢あるいはその臭いが周辺の食餌の摂食を阻害する可能性がほとんどないことを示している。

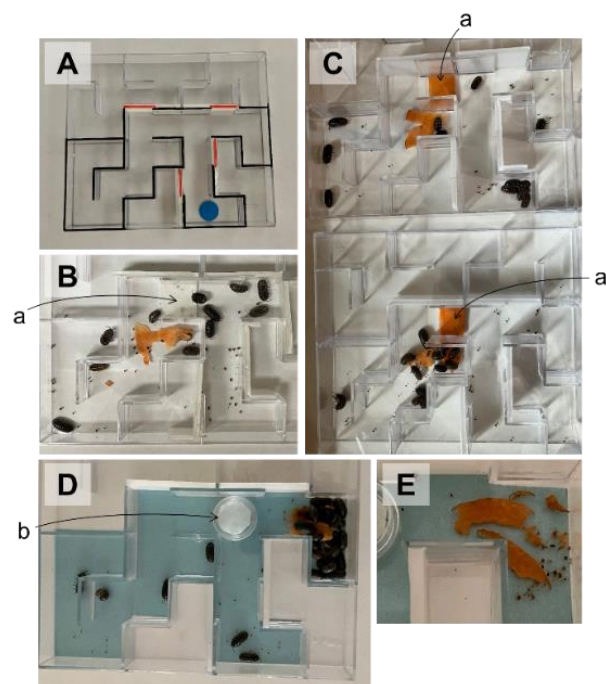


図 12 ダンゴムシのニンジン摂食に対する食酢の効果

市販のダンゴムシ迷路の一部をプラスチック段ボールで閉鎖し、赤と黒で印した実験領域を作製し、青丸部分にダンゴムシを入れた (A)。a に食酢原液を含ませたソフトガーゼを置いた場合の 20 時間後の 12 匹による 0.42 g のニンジンの摂食状況 (B)。a に食酢ニンジンをついた場合 (上) および 3 倍希釈の食酢漬けニンジンをついた場合 (下) の 20 時間後のニンジン摂食状況 (C)。b に食酢を含ませたソフトガーゼを容器に入れておいた場合のダンゴムシ 30 匹による 12 時間後のニンジン摂食状況 (D、E)。E はダンゴムシを取り除いた画像。

野崎⁹⁾は、8 種類の綿にしみ込ませた飲料や調味料をカップに入れて調べた場合に、150 匹中 18 匹のダンゴムシが酢のカップが置いてある場所に入ったと報告している。勝本ら¹⁰⁾は、64 匹のうち 49 匹が酢原液をしみ込ませたろ紙を置いた領域を避けたが、残りの 15 匹は忌避しなかったことを観察している。これらの結果は、家庭菜園で食酢を希釈して散布してもダンゴムシの食害を防ぐことはできないことを示唆している。

3.9 木酢

木酢は、ダンゴムシに対して忌避効果があるというネット情報があるので、摂食行動に対する木酢の影響を検証した。木酢原液に漬けたニンジンの場合には 20 時間後までに、12 匹中の 1 匹が、また 3 倍希釈水溶液を用いた場合は、6 匹が生ニンジンに到着し、赤みがかった糞が観察された (図 13)。少なくともダンゴムシの一部に対しては、木酢は障害にならないと考えられる。

このことを確かめるために、木酢漬けニンジンの代わりに、0.3 mL の木酢原液を含ませたソフトガーゼをプラ

スチック容器中に置いて観察した(図13)。その結果、3時間後の観察で30匹中19匹が生ニンジンに集まり、20時間後には、生ニンジンほぼ完全に摂食されたことがわかった。この結果は、木酢液は付近にある生ニンジンの摂食を阻害しないことを示している。

ネット上では、ダンゴムシによる食害予防に木酢液の効果が認められないという情報もある。今回の結果は、木酢液を散布してダンゴムシによる野菜などの食害を防ぐことは非常に困難であることを示唆している。また、勝本ら¹⁴⁾によるダンゴムシに対する忌避効果の検証の実験において、木酢液の原液および10倍希釈液にある程度の忌避効果が認められているものの、忌避しない個体の存在も認められているので、木酢液散布の実用的な食害防止効果は期待できないと考えられる。

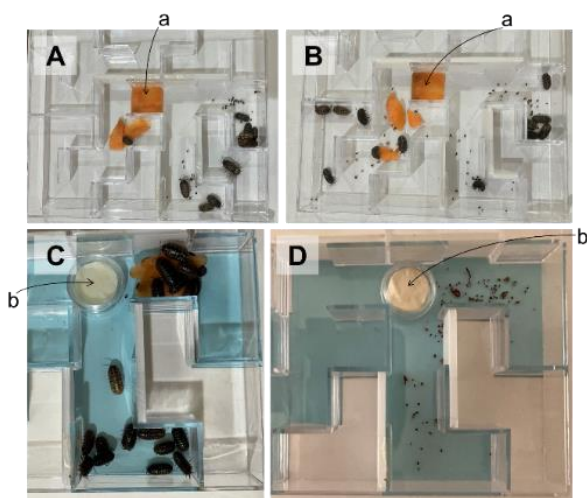


図13 ダンゴムシのニンジン摂食に対する木酢液の効果

a に木酢液原液に漬けたニンジンをつけた場合(A)および3倍希釈液につけたニンジンをつけた場合(B)の12匹による20時間後のニンジン摂食状況(B)。b に木酢液原液を含ませたソフトガーゼを容器に入れて置いた場合のダンゴムシ30匹による20時間後のニンジン摂食状況(C、D)。Dはダンゴムシを取り除いた画像。

3.10 摂食行動に対するウメボシおよびニンニクの効果

ウメボシは摂食されない可能性が高いことが平原⁷⁾によって指摘されている。今回、ウメボシが他の食餌の摂食には影響を与えるかどうかの検討を行った。上記の方法と同様の方法でプラスチック容器中に置いた結果、図14に示すように、実験開始3時間までに全個体が生ニンジンに集合し、20時間後には生ニンジンの皮の痕跡だけが残るまでに摂食されたことが観察された。

ニンニクを含むキムチがダンゴムシに忌避され、それはニンニク臭による可能性が高いというネット情報に基づき検討した結果、ニンニクも他の食餌の摂食には影響を及ぼさないことを示す結果が得られた(図14)。ダンゴムシがキムチを忌避する原因は、ニンニクそのものの臭いではないと考えられる。

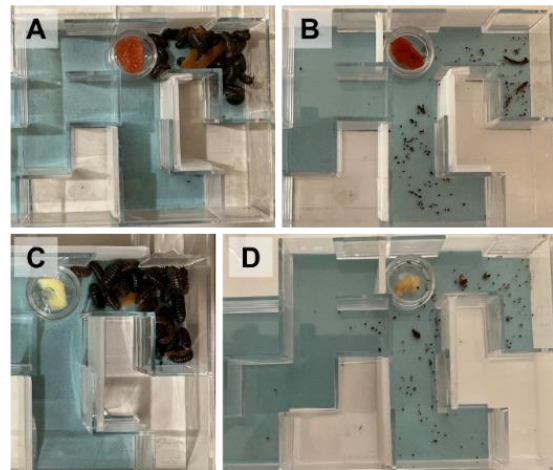


図14 ダンゴムシのニンジン摂食に対するウメボシおよびニンニクの効果 容器に入れたウメボシ(A、B)またはニンニク(C、D)を置いた場合の30匹のダンゴムシによる1時間後(A、C)および12時間後(B、D)のニンジン摂食状況。B、Dはダンゴムシを取り除いた画像。

4. 今後の展望と提言

今回、ダンゴムシはニンニクを摂食し、近辺に置いたニンジンの摂食を妨げないことがわかった。しかし、ネット上にはダンゴムシはキムチを回避し、近辺からも退避したという映像があり、その原因としてニンニク臭が挙げられている。今回の結果からは、ニンニクそのものの臭いがキムチの効果の原因とは考え難く、キムチ生産過程で生じた成分がその原因である可能性が推定される。したがって、この成分の研究は、家庭菜園などで使える忌避剤の開発に役立つものと考えられる。また同じ目的のためにイヌタデ属植物の成分に関する石田¹²⁾の研究なども今後の成果が期待される。一方、集積が見られた食材について、誘引剤としての潜在的な可能性があるが、どの食餌材料が有効かは今後明らかにしていく必要がある。

今回の実験で、ダンゴムシは、複数の食餌材料が同時に存在する場合、必ずしも同じ食餌材料を摂食するわけではなく、個体によって最初に近づくものが異なるなど、個体間に食餌嗜好性の違いが存在することが示唆された。ダンゴムシは触覚で臭いを感じているとする報告があり⁹⁾、集積行動はフェロモンが関係していると言われているが、それだけでは説明できない現象もある¹³⁾。危険からの忌避行動も研究結果がある¹⁴⁾が、いずれについても結論は得られていない。これらのことは、これまでの児童、生徒による研究においても観察されてきた^{5, 6, 7, 9, 11, 13)}。こうした研究が、継続されていることも考えられ、すでに関連データが蓄積している可能性がある。

児童、生徒は、ダンゴムシの食餌嗜好性の他に交替性転向に関する興味が強く、例えば、周囲の環境におけるダンゴムシの交替性転向反応に関するいくつかの研究報告がある¹⁴⁻¹⁷⁾。さらに、記憶力^{18, 19)}、行動習性^{20, 21)}、運動行動²²⁾、学習能力²³⁾、集合行動¹³⁾など、様々な対象に

対する児童、生徒たちの研究報告がなされている。これらの分野に関しても未発表の成果が存在すると推定される。

しかし、現在データがあっても子供たちが発表できる機会は限られている。ダンゴムシの研究は、研究機材、参考資料なども広く提供されているので、すでに成果が認められた³⁾ように、児童、生徒の自然研究のひとつとして生物教育に活用できると考えられる。例えば、ダンゴムシを用いた教育実践（小林）を学校教育の中に取り入れた場合、実験方法の工夫、観察、結果の記録、結果の発表といった様々な力が育成されて科学的思考を養うことができる、発表会などでのグループディスカッションを通して、異なる視点を理解し、自分の考えを発展させる力が育まれ、将来の課題を解決していく能力を培うのにも役立つと考えられる。

さらに、研究結果を発表できる科学雑誌などのプラットフォームがあれば、児童、生徒自身が論文を作成する機会ができることになる。また、関心を持つ学校教諭や幼稚園教諭が指導する教育実習で学生が経験すれば、それを基に研究に発展させて論文化し、その後の教育に役立てることになる可能性もある。

ただし、これまでの研究報告には不確かなデータがあり、また、実験のために必要な条件などの記載が不十分で再現性の検証が難しい場合があることが今回の検証でわかった。今後研究結果を重要な情報源として積み重ねていくためには、査読などの段階を設けて報告内容が一定の基準に保たれるようにする工夫が必要である。

例えば、静岡県には、児童、生徒の科学研究を表彰する鈴木賞、山崎賞などがあり、こうした科学研究の成果内容を含めて子供たちの研究を集積、発信していくことは、子供たちの「自分で考える力」を育てるのにも有用であると考えられる。

参考文献

- 1) 森山 徹 (2023) 『ダンゴムシに心はあるのか』 p.7, 山と溪谷社
- 2) 入山俊伸 (2017) 『ダンゴムシの研究パート 8』 <https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/h29/172049.pdf> (最終アクセス日: 2024 年 5 月 22 日) .
- 3) 小林博典 (1998) 『身近な自然を探究し、教育機器を効果的に活用した選択理科の取り組みーダンゴムシの研究を通してー』 <https://www.shinko-keirin.co.jp/keirinkan/j-kadaiscie/9805/index.html> (最終アクセス日: 2024 年 5 月 22 日) .
- 4) 中村優太郎 (2021) 『ダンゴムシの研究③』 <https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/r3/211011.pdf> (最終アクセス日: 2024 年 6 月 26 日) .
- 5) 野崎奨真 (2019) 『ダンゴムシは何か? パート 4』 <https://www.higo.ed.jp/center2019/wysiwyg/file/download/42/8552> (最終アクセス日: 2024 年 5 月 22 日) .
- 6) 丸井都希 (2001) 『ダンゴムシとワラジムシ その生態と隠された能力』 <https://www.shizecon.net/award/detail.html?id=5> (最終アクセス日: 2024 年 5 月 22 日) .
- 7) 永原蒼生 (2011) 『そもそもダンゴムシは何か?』 <https://www.tsukuba.ac.jp/community/students-kagakunome/shyo-list/pdf/2011/1004.pdf> (最終アクセス日: 2024 年 5 月 22 日) .
- 8) 浦野航平、中原亮駿 (2019) 『ダンゴムシの野菜の好みに関する研究』 <https://kozu-osaka.jp/cms/wp-content/uploads/2019/02/8b49e1716d2a008780583597a34e70ca.pdf> (最終アクセス日: 2024 年 5 月 22 日) .
- 9) 平原愛美 (2019) 『ダンゴムシの生態を探る! ?』 <https://www.shizecon.net/award/detail.html?id=543> (最終アクセス日: 2024 年 6 月 26 日) .
- 10) 高橋郁人 (2021) 『ダンゴムシ大集合で、栄養たっぷりの土を作りたい!』 https://www.kyoiku.metro.tokyo.lg.jp/school/content/files/science_exhibition_r3/3.pdf (最終アクセス日: 2024 年 5 月 22 日)
- 11) 勝本春香、久堀貴音、名取陽樹 (2023) 『身近な素材を用いたダンゴムシ忌避剤の開発ー植物由来成分のオカダンゴムシに対する忌避効果の検証ー』 <https://www.e-net.nara.jp/hs/nara/index.cfm/1,2986,c,html/2986/20231113-085355.pdf> (最終アクセス日: 2024 年 5 月 22 日)
- 12) 石田雅司 (2022) 『タデ科の植物からダンゴムシを寄せ付けぬ物質を探す』、高知大学農林海洋科学部 https://www.kochi-u.ac.jp/agimar/japan/voice/voice2022_1.html (最終アクセス日: 2024 年 6 月 26 日) .
- 13) 森岡旭春 (2013) 『オカダンゴムシの集合行動と集合フェロモンについての研究』、自然科学観察コンクール (シゼコン) 第 54 回入賞作品 (中学校の部 佳作) <https://www.shizecon.net/award/detail.html?id=319> (最終アクセス日: 2024 年 6 月 26 日) .
- 14) 中田 航 (2012) 『ダンゴムシの研究 IV』 ～ダンゴムシが教えてくれたこと～、第 59 回鈴木賞 正賞 <https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/h24/122044.pdf> (最終アクセス日: 2024 年 5 月 24 日) .
- 15) 大阪教育大学付属天王寺中学校自由研究 (2021) 『周囲の環境におけるダンゴムシの交替制転向反応』 <https://f.osaka-kyoiku.ac.jp/tennoji-j/wp-content/uploads/sites/4/2022/04/46-04.pdf> (最終アクセス日: 2024 年 6 月 26 日) .

- 16) 内田真桜、鈴木陽菜、鈴木里歩、溝口蘭々 (2022) 『節足動物の交替性転向反応に関する研究』、第39回山崎賞 児童・生徒の部
<https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/r4/223078.pdf> (最終アクセス日: 2024年5月22日) .
- 17) 山本 花 (2013) 『ダンゴムシの歩き方に関する研究 Part 2』、自然科学観察コンクール (シゼコン) 第54回入賞作品 (小学校の部 3等賞)
<https://www.shizecon.net/award/detail.html?id=292> (最終アクセス日: 2024年6月26日) .
- 18) 横山佳香 (2021) 『ダンゴムシの記憶について』、東京都教育委員会 HP
https://www.kyoiku.metro.tokyo.lg.jp/school/content/files/science_exhibition_r3/20.pdf (最終アクセス日: 2024年5月22日) .
- 19) 熊本学園大学付属中学校生物班 (2019) 『ダンゴムシの行動研究～迷路を使つての検証～』
<https://www.higo.ed.jp/center2019/wysiwyg/file/download/42/8592> (最終アクセス日: 2024年6月26日) .
- 20) 片山亜美 (2014) 『ダンゴムシの状況判断と選択的行動』金光学園 SSH ホームページ
https://www.konkougakuen.net/ssh/%20hp/2014bio_dango.pdf (最終アクセス日: 2024年6月26日) .
- 21) 澤田 遥、智原綺音、松本音葉、鷲尾穂佳 (2020) 『ダンゴムシの記憶と行動習性-ダンゴムシにおける適応能力別の行動習性』、日本理科教育学会第70回全国大会
https://www.pref.nara.jp/secure/256930/25_seisyou_yousi_dangomus.pdf (最終アクセス日: 2024年6月26日) .
- 22) 市川翔吾 (2024) 『ダンゴムシの運動量と給餌の関係性について』、大阪府立園芸高等学校 HP
https://osaka-engei.ed.jp/wp-content/uploads/2024/02/R05_PTA_Gakushu_Shourei_Study_23.pdf (最終アクセス日: 2024年6月26日) .
- 23) 富田隆義 (2002) 『探検! ダンゴムシの世界 (2年次) —歩き方の秘密をさぐる—』、自然科学観察コンクール (シゼコン) 第43回入賞作品 (小学校の部 1等賞)
<https://www.shizecon.net/award/detail.html?id=9> (最終アクセス日: 2024年6月26日) .

参考資料

1. 『子どもの「考える力」を伸ばすには?家庭でできる接し方』、Awaji Kids Garden
<https://www.awajikidsgarden.com/post/fosteringindependence> (最終アクセス日: 2024年11月10日) .
2. 『おとな自由研究☆ダンゴムシレストラン』、てんちゃん | アウトドア日記
https://note.com/tenchan_outdoor/n/nca2466456b82 (最終アクセス日: 2024年5月22日) .
3. 『家庭菜園でミニトマトを育てているのですが、やたらとダンゴムシが大量発生しています』、Yahoo 知恵袋
<https://x.gd/FZKRr> (最終アクセス日: 2024年6月10日) .
4. 『ダンゴムシ退治には木酢液』
<https://ameblo.jp/hanaburogu11/entry-12768028212.html> (最終アクセス日: 2024年6月12日) .
5. 『ダンゴムシが大発生 | 間違いだらけのお庭づくり』
<https://ameblo.jp>kaerukun418>entry-12745270864> (最終アクセス日: 2024年6月10日) .
6. 『ダンゴムシが大量発生する原因とは?ダンゴムシの習性を知って対策しよう!』、For your LIFE
<https://fumakilla.jp/foryourlife/273> (最終アクセス日: 2024年6月10日) .
7. 『ダンゴムシの食べ物。定番のえさとランキングとおすすめ』、DANGO64 JAPAN HP
<http://dango64jp.starrypages.net/esa.html> (最終アクセス日: 2024年5月22日) .
8. 『ダンゴムシだらけになってます。庭全体だと何千匹いるかわかりません』、Yahoo 知恵袋
<https://x.gd/4T9sh> (最終アクセス日: 2024年6月26日) .
9. 『ダンゴムシの7つの駆除方法』、くらしのマーケットマガジン HP
<https://curama.jp/pest/magazine/1053/> (最終アクセス日: 2024年6月26日) .

論 文

上肢末梢静脈の血管怒張を促進する筋ミルキング原理を応用した駆血法の評価

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

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

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1) 静岡県立大学看護学部 | 4) 産業技術総合研究所 次世代治療・診断技術研究ラボ |
| 2) 山梨大学大学院総合研究部医学域看護学系看護学講座 | 5) 元(株)テクノサイエンス |
| 3) 産業技術総合研究所 健康医工学研究部門 | |

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

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

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

キーワード：末梢静脈留置カテーテル、血管怒張、ミルキング、駆血法

Abstract

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

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

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

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

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

受理日：2024 年 11 月 20 日
採択日：2025 年 1 月 29 日
オンライン公開日：2025 年 3 月 21 日

1. 研究背景

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

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

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

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

2. 研究目的

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

3. 研究方法

3.1 研究参加者

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

3.2 調査の手順

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

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

せ、より末梢静脈血管を怒張しやすくする方法である。

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

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

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

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

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

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

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

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

表 1. 実験プロトコル (患者役の左右上腕と駆血法の割り当て例)

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

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

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

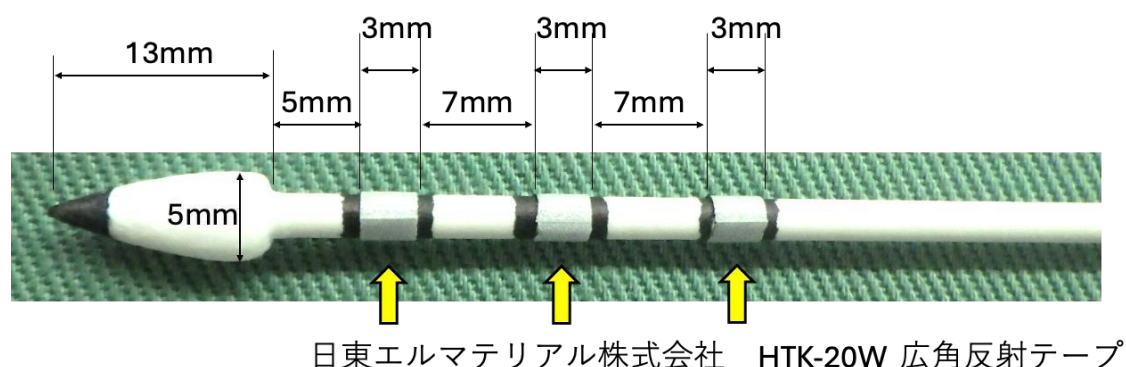


図 1. 模擬留置針 (先細綿棒)

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

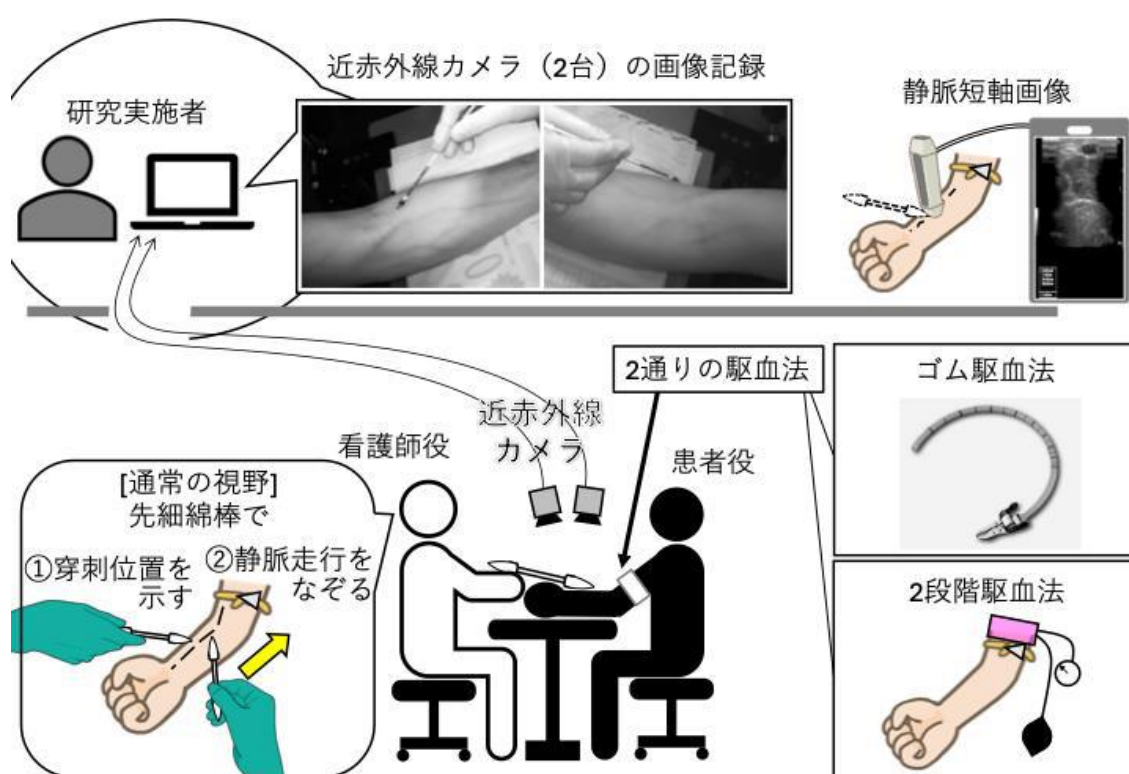


図 2. 測定方法の概要図

3.3 測定項目

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

- (2) 末梢静脈の触知怒張度：4 段階リッカート尺度⁹⁾ (0: 触知で血管がまったく確認できない、1: 触知で少し血管が確認できる、2: 触知で血管が確認できる、3: 触知で十分血管の怒張が確認できる) とし、看護師役から回答を得た。
- (3) 穿刺部位の選定時間：駆血開始時、看護師役が患者役の腕に触った時点から看護師役が PIVC の穿刺部位を決定した時点までの時間を、録画データを元に計測した。

(4) 模擬留置針による挿入動作・静脈走行なぞり軌

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

3.4 分析方法

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

4. 倫理的配慮

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

5. 研究結果

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

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

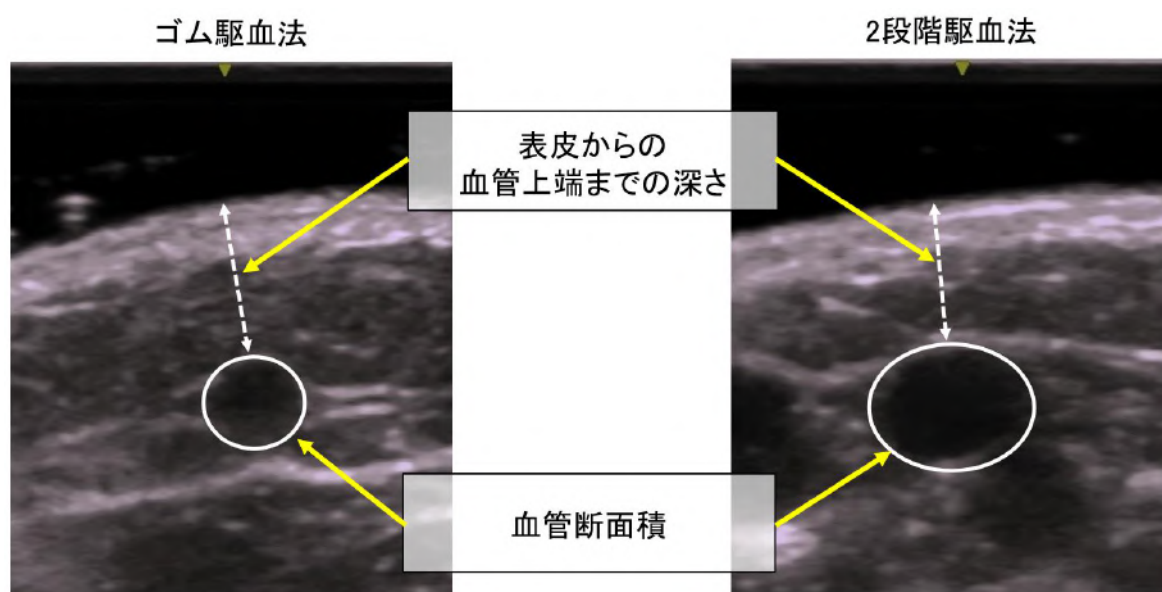


図 3. 穿刺位置として選定された箇所の超音波断層画像による駆血時の軸断面画像
左 : ゴム駆血法 (右前腕) 、右 : 2 段階駆血法 (左前腕)

5.1 表皮から末梢静脈血管上端までの深さ

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

5.2 血管断面積

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

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

5.3 血管断面積と表皮からの血管上端までの深さの相関

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

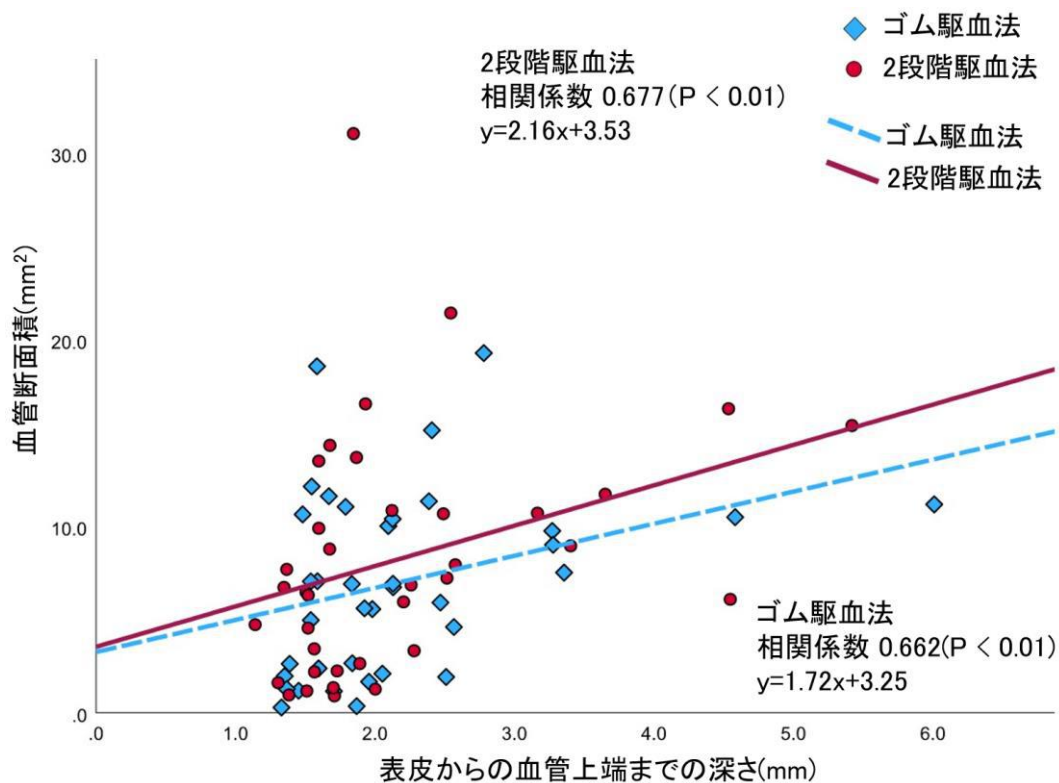


図 4. 血管断面積と表皮からの血管上端までの深さの散布図

5.4 末梢静脈の触知怒張度

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

5.5 穿刺部位の選定時間

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

5.6 模擬留置針挿入動作軌跡と血管走行の最大ずれ幅

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

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

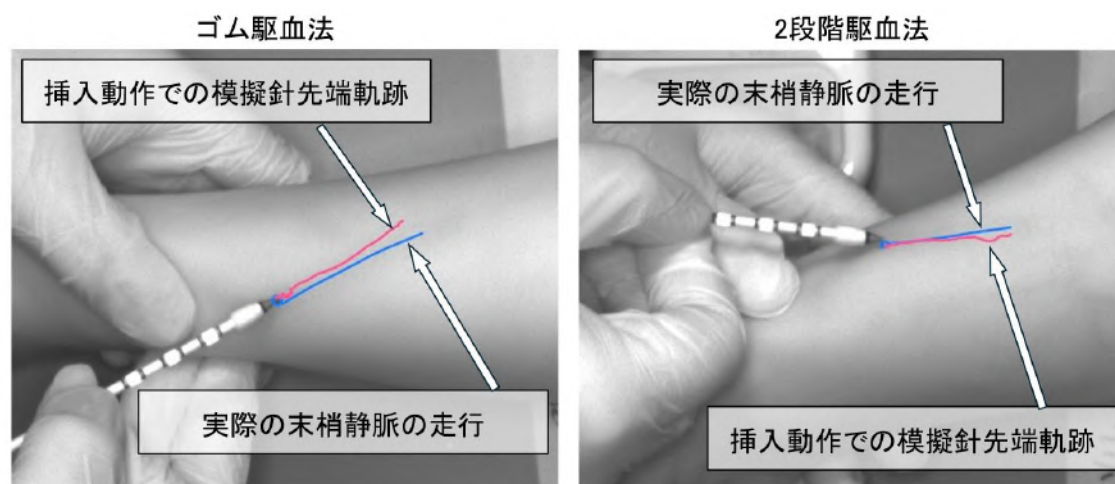


図 5. 擬針挿入動作での模擬留置針先端軌跡（赤色）と実際の末梢静脈走行（青色）との乖離の最大幅（矢印） 左：ゴム駆血法、右：2 段階駆血法（同一の患者役）

表 2. ギュム駆血法と 2 段階駆血法における各測定項目の比較

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

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

6. 考察

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

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

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

静脈断面積が大きくなるとともに、静脈が硬くなるためと考えられている¹¹⁾。先行研究は、PIVC の成功と触知可能性の高い末梢静脈との関連を示していた¹²⁾¹³⁾。そのため、2 段階駆血法による触知怒張度の増加は、末梢静脈の認知性を向上させ、PIVC の成功につながると考える。

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

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

7. 結論

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

法は PIVC の成功率向上に資すると期待される。

8. 研究の限界と今後の課題

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

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

9. 利益相反

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

引用文献

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

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

生涯健康科学ジャーナル

Journal of Lifelong Well-being Sciences

ISSN 2759-1700

No.3

2025 年 3 月 21 日発行（年 2 回 9 月・3 月発行）

編 集 生涯健康科学ジャーナル編集委員会
発 行 静岡県公立大学法人 静岡県立大学
〒422-8526 静岡市駿河区谷田 52 番 1 号
Shizuoka Prefectural University Corporation
University of Shizuoka
52-1 Yada, Suruga-ku, Shizuoka City
Tel: 054-264-5801, Fax: 054-264-5899
E-mail: lifelongwell-being@u-shizuoka-ken.ac.jp

Journal of Lifelong Well-being Sciences

No.3 March, 2025

CONTENTS

◆Research Paper

A study of pill bugs and a proposal for its use in children's education

Mamoru ISEMURA, Masako UENO, Noriyuki MIYOSHI..... 1

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

Yoriko WATANABE, Naoki KURAMOTO, Juli YAMASHITA,

Yoshihiko KOSEKI, Kiyoshi YOSHINAKA, Jun TAKANO..... 10

University of Shizuoka