

月経痛 VR 体験装置の再現性の検討

佐藤克成^{†1,2} 麻田千尋^{†1} 和泉慎太郎^{†2} 伊庭野健造^{†2}
山岸万里菜^{†1,3} 森田恵美^{†1} 作田真実^{†1} 高地リベカ^{†1}

概要: 本研究では、月経痛 VR 体験装置による EMS の痛みが実際の月経痛を再現できるかを検証し、痛みの知覚における個人差の要因を調査した。18~25 歳の女性 117 名を対象に VAS 評価と EMS 強度を比較した結果、両者には有意な正の相関が認められ、装置が月経痛の主観的強度を一定程度再現できることが示された。一方で刺激強度には大きな個人差があり、体組成とは一部に弱い相関が見られたのみで EMS の感じ方に影響するとは言えなかった。今後は皮膚特性など他の生体要因の検討が必要である。

1. はじめに

月経とは、不要になった子宮内膜を排出するために生じる女性ホルモンの変化に伴う生理現象であり、月経痛、出血や貧血、体温低下や血行不良など、さまざまな症状を引き起こす。月経周期は一般に約 4 週間 (28~30 日) で、症状は 3~7 日間程度続く。また、月経前 3~10 日間には月経前症候群 (Premenstrual Syndrome : PMS) が生じる場合もある。これらの月経症状は主観的で個人差が大きく、言語化や定量化が困難である。そのため、男性が月経痛を理解することは容易ではなく、女性同士であっても他者の症状を完全に把握することは難しい。この理解不足は、不適切なコミュニケーションを招く可能性や、月経症状を緩和する薬剤・製品の開発や普及を妨げる要因となり得る。

こうした他者理解の困難さを補う手段として、バーチャルリアリティ (VR) 技術を用いた疑似体験が注目されている。「百聞は一見に如かず」という言葉が示すように、体験を通じた理解は伝聞よりも深く正確である。しかし、月経症状の痛みのような感覚は、身体的特徴の異なる他者がそのまま追体験することが難しい。VR 技術はこの課題を補完し、認知症の追体験システム、妊婦の生活体験システム [1]、小児の身体サイズを体験するシステム [2] など、さまざまな疑似体験の実現に活用されてきた。

このような VR 技術を応用し、麻田ら [3,4] や小田波ら [5] は月経痛 VR 体験装置を提案している。月経症状の中でも特に多く報告されるのは、子宮の収縮により月経期間中に断続的に生じる腹部の鈍痛である [6]。この痛みを再現するため、先行研究 [3-5] では電氣的筋肉刺激 (Electrical Muscle Stimulation: EMS) を用いて腹直筋を収縮させる手法が採用されている。これにより、男性は性差による身体的な違いを越えて月経痛のつらさを体感でき、女性も自身の主観的

な痛みと EMS による痛みを比較することで、より客観的な評価が可能となる。同様のアプローチは 2010 年にスプツニ子! 氏の映像作品 [7] としても示されており、本装置はその手法を工学的に再構築したものである。過去の研究 [4] では、腹直筋下部に貼付した電極パッドからの EMS による痛みは、実際の月経痛より浅い層に生じるものの、平均的なつらさの程度は同程度であることが示されている。

さらに、この研究成果に基づき、大阪ヒートクール株式会社は体験用に小型化した装置「Perionoid (ピリオノイド)」を開発した。Perionoid では、代表的な 3 段階の刺激強度に加え、刺激の強度や時間がランダムに変化するモードを備えており、より実際の月経痛に近い感覚を体験できる。現在、月経痛に関する研修事業にも活用され、月経症状への理解を深める一助となっている。

一方で、EMS によって生じる痛みには個人差があり、その知覚は使用者の体組成の影響を受ける可能性が指摘されている。先行研究 [8] では、女性 16 名を対象に腹部への

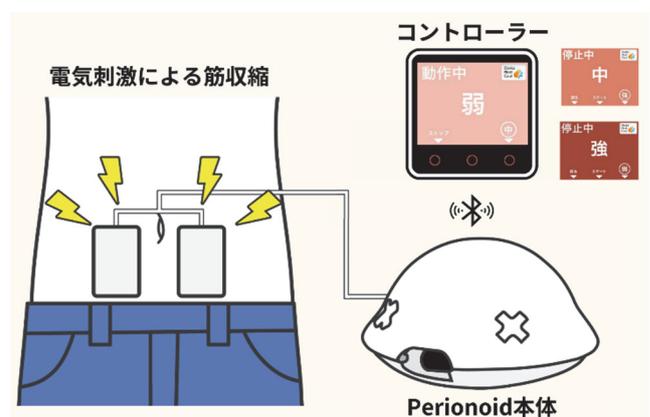


図 1 月経痛 VR 体験装置「Perionoid」の仕組み

†1 奈良女子大学

†2 大阪ヒートクール株式会社

†3 国際医療福祉大学

EMS における許容最大強度を評価し、体組成との関連を検討した。その結果、体重や体脂肪量と正の相関が認められた一方、筋肉量や水分量とは有意な相関が見られなかった。

そこで本研究では、月経症状を模擬した EMS による痛みの再現性を評価するとともに、痛みの知覚における個人差の要因として体組成に着目し、刺激と体組成との関連を明らかにする。

2. 実験

2.1 参加者

実験参加者は 18~25 歳の女性 117 名であり、2024 年および 2025 年に計測・評価を実施した。本研究は奈良女子大学「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」の審査を経て、奈良女子大学学長の承認（承認番号 24-101）を得たうえで、参加者から書面による同意を取得して実施した。

2.2 装置

(1) 月経痛 VR 体験装置

月経痛 VR 体験装置[4]は、制御回路、電源装置、および 2 枚の電極パッドから構成される（図 2）。

(a) 電源装置

電源装置には松定プレジジョン株式会社製 P4K36-1 を用いた。付属 SDK および Unity で構築したプログラムにより、出力電圧を 0.2 秒ごとに更新し、EMS の強度を制御した。人体抵抗を $1\text{ k}\Omega$ と仮定し、最大電流を 20.7 mA に設定した。最大強度を 100% とし、5% 刻みで強度を調整可能とした。刺激時間は 1 回 5 秒間とし、直流形式を採用した。また、過電流保護機能を用いて安全性を確保し、参加者が痛みに耐えられない場合には任意のタイミングで刺激を停止できるようにした。

(b) 制御回路

EMS の矩形波生成には Arduino Uno Rev3 と H ブリッジ回路を用いた。パルス高さは電源装置による出力強度とし、1 周期のうちに極性を反転させた。パルス幅は 0.01 秒、刺激周波数は 50 Hz とした。これらのパラメータは予備実験に基づき、安全な電流強度で可能な限り強い刺激を提示できるよう設定した。制御回路の出力は 2 枚の電極パッドに接続した。

(c) 電極パッド

5 cm × 9 cm の EMS 用粘着ゲルパッド 2 枚を腹直筋下部に参加者自身が装着した。電極パッドは参加者ごとに使い捨てとした。

(2) 体組成計測装置

体組成の計測には InBody 社製 InBody380N を用いた。

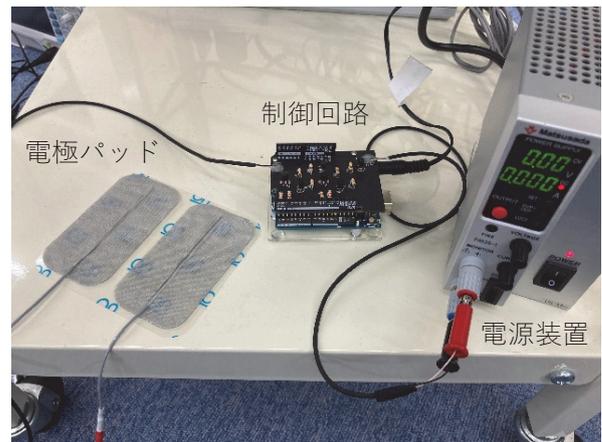


図 2 実験に用いた月経痛 VR 体験装置の外観

2.3 実験手順

(1) 月経症状の評価

参加者の「普段の月経（昨年 1 年間で半分以上）」および「昨年 1 年間で最も重い月経」の症状について、質問紙調査と月経痛 VR 体験装置を用いた比較評価を行った。

質問紙調査では、図 3 に示す VAS（Visual Analog Scale）を用いて疼痛の程度を回答させた。

月経痛 VR 体験装置を用いた比較評価では、EMS を 10% の強度から体験させ、参加者が「自身の月経痛と同程度」と判断するまで 10% 刻みで段階的に提示した。10% 刻みで強度が強くなりすぎる場合は 5% 刻みに切り替えた。その際、参加者は刺激の強度の数値と VAS 評価の結果を参照できないようにした。なお、参加者が感じる月経痛が EMS の 100% 強度を超える場合は計測不可とした。

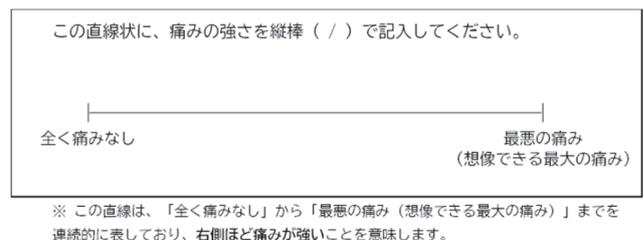


図 3 VAS の評価用紙

(2) 体組成の計測

InBody を用いて体組成計測を実施した。EMS による痛みの知覚には、身体、特に体幹部への電流の流れやすさが影響すると考えられ、水分量・脂肪量・筋肉量などが関連しうる。そのため、評価項目として年齢、身長、体重、BMI に加え、体水分量、体脂肪量、筋肉量、体脂肪率、体幹筋肉量、体幹発達率、体幹体脂肪量、体幹体脂肪率、腹囲、内臓脂肪レベルを選定した。体組成計測と月経症状評価の実施順序は参加者ごとにランダムとした。

2.4 分析方法

月経症状のVAS評価では、スケール左端を0、右端を100として回答位置を数値化した。これと、月経痛VR体験装置により得られた「月経痛に最も近いEMS強度」とのピアソンの相関係数を算出した。月経痛VR体験装置が月経痛の痛みを正確に再現できている場合、VAS評価とEMS強度に正の相関が得られると考えられる。

さらに、VAS評価値と選択されたEMS強度それぞれと各体組成項目とのピアソンの相関係数を算出し、痛みの感じやすさと体組成との関連性を分析した。

3. 結果

実験では、2名の参加者が100%のEMS強度でも月経時の痛みを再現できないと回答、1名の参加者が痛みの種類が異なり比較評価困難と回答したため、以下では残り114名のデータを分析対象とした。

3.1 VAS評価とEMS強度の関係

図4および図5に、普段の月経痛および最も重い時の月経痛におけるVAS評価値と、同程度の痛みとして参加者が回答したEMS強度との関係を示す。横軸はVAS評価値、縦軸はEMS強度を表し、破線は近似直線である。

相関係数Rは、普段の月経痛では $R=0.62$ ($p<.01$)、重い時の月経痛では $R=0.57$ ($p<.01$)となり、いずれも有意な正の相関が認められた。

3.2 体組成との関係

表1に各体組成項目の最大値・最小値・平均値・標準偏差を示す。さらに、VAS評価値およびEMS強度それぞれと体組成計測値との相関係数を示す。相関係数の絶対値が0.2より大きく、かつ $p<.05$ の項目を相関ありと判断し、該当セルを薄い橙色で示した。普段の月経痛との比較において、VAS評価は体重と体脂肪量、BMIと弱い正の相関が認められ、EMS強度は体脂肪量、体脂肪率、内臓脂肪レベルと弱い正の相関、体幹の発達率と弱い負の相関が認められた。重い時の月経痛との比較においては、VAS評価は有意な相関が確認されず、EMSは体重、体脂肪量、BMI、体脂肪率、体幹の体脂肪量(%)、腹部の周囲長、内臓脂肪レベルと弱い正の相関が認められ、体幹の発達率と弱い負の相関が認められた。

4. 考察

図4と図5より、普段の月経痛と重い時の月経痛のいずれにおいても、VAS評価とEMS強度の間に正の相関が認められた。このことから、月経痛VR体験装置によって提示される痛みは、月経症状の痛みを一定程度再現できてい

ると考えられる。一方で、同程度のVAS評価に対してEMS強度は最大で±40程度変動しており、痛みの知覚には大きな個人差が存在することが示唆された。したがって、この個人差の要因を明らかにし、対策を講じることが重要である。

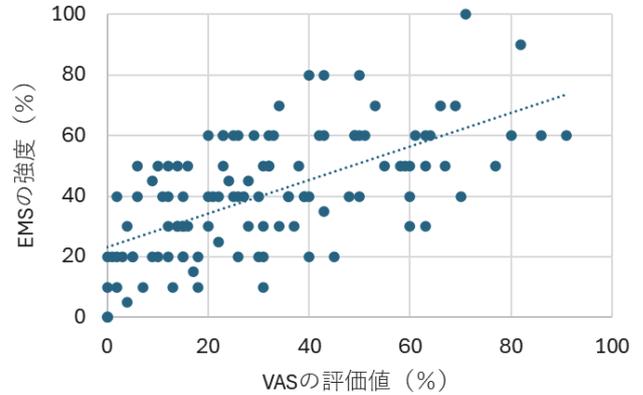


図4 普段の症状と比較したVAS評価とEMS強度

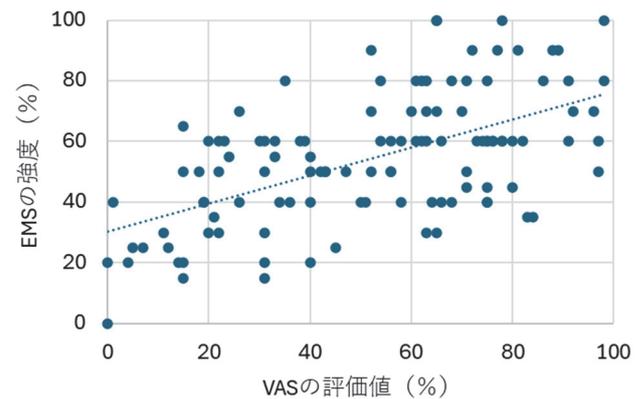


図5 重い時の症状と比較したVAS評価とEMS強度

表1 体組成とVAS評価およびEMS強度との相関係数

	最大	最小	平均	標準偏差	普段との相関		重い時との相関	
					VAS	EMS	VAS	EMS
年齢	25	18	19.5	1.2	0.08	-0.01	0.07	-0.02
身長	171	147	158.2	5.5	0.05	0.08	0.05	0.13
体重	67.6	36.8	50.5	6.5	0.23*	0.15	0.17	0.25**
体水分量	35.4	20.7	27.2	3.1	0.16	0.05	0.13	0.13
体脂肪量	24.1	4	13.3	3.5	0.24**	0.22*	0.16	0.31**
筋肉量	45.5	26.6	35.0	4.0	0.16	0.05	0.12	0.13
BMI	26	14.9	20.1	2.0	0.26**	0.12	0.17	0.22*
体脂肪率	35.7	10.3	26.0	4.7	0.19*	0.23*	0.13	0.30**
体幹の筋肉量	20	12.1	15.8	1.8	0.15	0.02	0.15	0.14
体幹の発達率	111	85.3	96.1	5.6	-0.12	-0.25**	-0.03	-0.24*
体幹の体脂肪量	11.3	0.8	6.0	1.9	0.09	0.18	0.17	0.30**
体幹の体脂肪量%	200	15.2	120.6	36.2	0.12	0.19*	0.17	0.29**
腹部の周囲長	82.8	57	70.9	4.8	0.10	0.16	0.20*	0.26**
内臓脂肪レベル	8	1	4.7	1.7	0.10	0.22*	0.19*	0.28**

*: $p < .05$, **: $p < .01$

本研究では、痛みの個人差を生じさせる要因として体組成に着目した。表1の結果より、重い時の月経痛と比較した場合、VAS評価とは相関が見られなかったものの、EMS強度は体重や体脂肪に関連する8つの項目と弱い正の相関を示した。これは、脂肪量が多いほど電流が流れにくく刺激を感じにくいいため、月経痛と同程度の痛みを再現するにはより強い刺激が必要となったことが原因と考えられる。一方、EMS強度が比較的小さい普通の月経痛では、弱い正の相関が認められた項目数は3つに留まった。

先行研究[8]では、許容できる最大EMS強度が体重 ($R = 0.76, p < .01$) や体脂肪量 ($R = 0.61, p = .01$) と正の相関を示している。これらを踏まえると、体組成が主観的な痛みの知覚に影響を及ぼすのは、比較的強いEMS刺激が提示される状況に限られる可能性が高い。したがって、普通の月経痛のように刺激強度が小さい条件では、体組成がEMSの感じ方に影響するとは言い難い。

また、普段と重い時共にEMS強度は体幹の発達率と弱い負の相関が認められた。そのため、体幹の筋肉量が多いほどEMSによる痛みを感じやすく、弱い強度を月経痛と同程度と感じる可能性がある。これは先行研究[8]とは異なる傾向である。しかし、相関係数の絶対値は0.3未満であり、全身や体幹の筋肉量との相関も認められなかった。

体組成以外の要因として、経皮電気刺激に関する先行研究[9]では、皮膚表面の発汗による水分量やインピーダンスの違いが刺激感度に影響することが示唆されている。今後は、腹部の皮膚の厚みや水分量など、皮膚特性に着目したさらなる検討が必要である。

5. おわりに

本研究では、月経痛VR体験装置によるEMSの痛みが実際の月経痛をどの程度再現できるかを検証し、痛みの知覚における個人差の要因を調査した。VAS評価とEMS強度には有意な正の相関が認められ、装置が月経痛の主観的強度を一定程度再現できることが示された。一方で、刺激強度には大きな個人差が存在し、体組成との関連は一部に弱い相関が見られたものの、EMSの感じ方に影響するとは言い難い。今後は皮膚特性など、より詳細な生体要因に着目した検討が必要である。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 JP25K00742 によって実施されました。

研究参加者の方々、ならびに測定に協力いただいた奈良女子大学生活環境学部食物栄養学科公衆栄養学研究室 水谷天咲氏と三田彩友香氏、及び学生諸氏に感謝致します。

参考文献

[1]小坂 崇之, 笹山裕輔, 岩本 拓也. 妊婦体験ジャケット「Mommy Tummy」の開発. 情報処理学会インタラクション 2010 論文集.

2010, p. 89-92.

- [2]佐藤 綱祐, 西田 惇, 高鳥 光, 鈴木 健嗣. CHILDHOOD: 小児の体験を再現する装着型身体性変換スーツ. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌. 2017, 22 巻, 1 号, p. 71-80.
- [3]麻田千尋, 原直弥, 東直樹, 堤琴里, 大塚雄太, 合田怜央, 石田健太郎, 大森和, 朝日隆大. 悪い, やっぱつれえわ, 生理痛. 第24回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集. 2019, 6D-05.
- [4]Chihiro Asada, Kotori Tsutsumi, Yuichi Tamura, Naoya Hara, Wataru Omori, Yuta Otsuka, Katsunari Sato. Electrical Muscle Stimulation to Develop and Implement Menstrual Simulator System. Journal of Robotics and Mechatronics. 2021, Vol. 33, No. 5, p. 1051-1062.
- [5]齋藤千賀子, 西脇美春. 月経パターンと月経時の不快症状及び対処行動との関係. 山形保健医療研究. 2005, Vol.8.
- [6]小田波優矢, 秋田純一, 尾島恭子. 生理痛疑似体験装置の開発とそれをういた生理への共通理解の促進. 情報処理学会インタラクション 2025. 2025, p.1007-1010
- [7]“Sputniko! Menstruation Machine - Takashi's Take.. <https://sputniko.com/Menstruation-Machine>, 2010 [参照 2025-12-22]
- [8]Lebiedowska A, Hartman-Petrycka M, Stolecka-Warzecha A, Odrzywołek W, Bożek M, Wilczyński S. The Influence of Skin Parameters and Body Composition on the Tolerance of Pain Stimulus Generated During Electrical Muscle Stimulation (EMS) in Women - Pilot Study. Clin Cosmet Investig Dermatol. 2024, Vol.17, p.1227-1243.
- [9]渡辺俊一, 渡辺高志, 吉野和宏, 二見亮弘, 星宮望. 電流刺激による皮膚受容感覚の安定化のための絶対閾値と皮膚インピーダンスの関連性の検討. バイオメカニズム. 2002, 16, p.61-73.