

振動刺激と温熱刺激を用いた骨盤底筋運動が 骨盤底筋群の筋活動に及ぼす影響：予備的研究

小田 さくら¹⁾, 田城 翼¹⁾, 有馬 知志¹⁾, 水田 良実¹⁾,
石原 萌香¹⁾, 前田 慶明^{1)*}

要旨：【目的】骨盤底筋運動に振動刺激と温熱刺激を併用した際の効果を確認すること。【方法】若年女性5名を対象とした。振動および温熱機能付きクッション上に座り、3条件（コントロール条件、振動刺激条件、併用条件）で骨盤底筋運動を行った。骨盤底筋運動前後の最大随意収縮時の骨盤底筋群筋活動は、表面筋電図測定機器を用いて Root mean square (RMS) を算出することで解析を行った。骨盤底筋運動後には Visual analogue scale (VAS) を使用し、主観的収縮感を聴取した。各運動課題前後の RMS の比較には Wilcoxon 符号順位検定を用いた。各条件間の VAS の比較に Kruskal-Wallis および Bonferroni 検定を用いた。【結果】振動刺激条件と併用条件では、骨盤底筋運動後に骨盤底筋群の筋活動が増加した（それぞれ、 $p < 0.05$ ）。VAS は、振動刺激条件と併用条件でコントロール条件と比較して高値を示したが（ $p < 0.05$ ）、振動刺激条件と併用条件間で有意な差はみられなかった。【結論】振動刺激を用いた骨盤底筋運動は筋活動および主観的な収縮感を高める可能性が示された。温熱刺激との併用による効果については振動刺激条件との間に有意差が認められなかったため、本研究で得られた課題を基に今後さらなる検討が必要である。

キーワード：骨盤底筋運動，骨盤底筋群，尿失禁，筋活動，若年女性

はじめに

尿失禁症状は女性に多くみられ、不随意に尿が漏れる状態を指す。日本人女性の尿失禁に関するレビューによれば¹⁾、20代女性の4～20%が尿失禁症状を経験しており、若年層でも一定の割合で尿失禁有症者が存在している。

尿失禁症状の原因の1つに骨盤底筋群の収縮不全が挙げられ、治療の第一選択としては骨盤底筋運動が推奨されている²⁾。骨盤底筋運動に関するシステムティックレビューでは、尿失禁症状の完治率は対照群と比較して骨盤底筋運動を実施した群で高く³⁾、骨盤底筋運動は骨盤底筋群の強化と尿失禁予防に有効とされている。しかし、骨盤底筋群は随意収縮が難しいという問題がある⁴⁾。これらの問題点

を解決するために、これまで股関節肢位の調整による骨盤底筋群周囲筋との共同収縮を検討した研究や⁵⁾、振動刺激を併用した研究などがなされている⁶⁾。振動刺激は骨盤底筋運動の効果を高める手法であり、先行研究では骨盤底筋群の筋活動の即時的上昇が報告されている⁷⁾。

骨盤底筋運動の効果増強には温熱刺激の活用も考えられる。温熱刺激は筋温の上昇や筋伸張性の増大など筋にさまざまな影響を与えることから⁸⁾⁹⁾、医療分野等でも頻繁に使用されている。運動への活用に着目すると、温熱刺激を与えながら筋収縮を促すことで筋出力が向上することが確認されており、骨格筋に良好的な効果を及ぼすとされている¹⁰⁾。これらのことから、骨盤底筋運動に振動刺激と温熱刺激を併用することでより高い効果が得られる可能性が期待される。しかし、それらの併用効果を検証した先行研究は見当たらない。

本研究の目的は、若年女性を対象に骨盤底筋運動に振動刺激と温熱刺激を併用した際の効果を確認することであり、予備的な研究として実施された。仮説は、振動刺激と温熱刺激を併用した骨盤底筋運動は、刺激を用いない条件や振動刺激のみを用いた条件と比較して骨盤底筋群の筋活

1) 広島大学大学院医系科学研究科スポーツリハビリテーション学研究室

(〒734-8553 広島県広島市南区霞 1-2-3)

受付日：2025年3月14日

受理日：2025年9月22日

* E-mail: norimmi@hiroshima-u.ac.jp

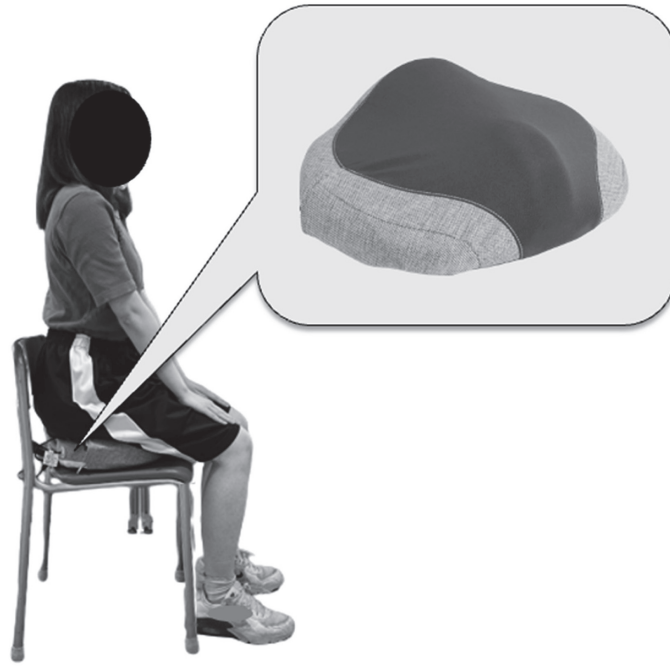


図1 測定に使用したクッションと骨盤底筋運動実施時の座位姿勢
骨盤底筋運動は、クッション（キュットプル，ドリーム社，名古屋市）
の上に座り，股関節と膝関節を90°屈曲させた姿勢で行った。

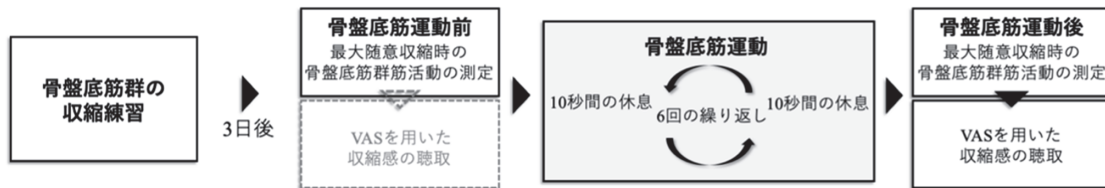


図2 本研究の測定プロトコル

骨盤底筋トレーニングは、クッション（キュットプル，株式会社ドリーム，名古屋市）を用いて，3つの条件で10秒×6セット行った。最大随意収縮時の骨盤底筋群筋活動を骨盤底筋トレーニング前後で評価した。骨盤底筋トレーニング後の自覚的収縮感覚は，VASを用いて各条件で聴取した。

VAS：Visual analogue scale

動が高値を示し高い効果を発揮するとした。

対象および方法

1. 対象

対象は，尿失禁症状を有していない健常若年成人女性5名（年齢：23.0 ± 0.7 歳，身長：157.9 ± 3.3 cm，体重：48.7 ± 4.9 kg，Body mass index：19.5 ± 1.1 cm/m²）とした。包含基準は，尿失禁症状の既往がない者とした。除外基準は，1) 過去または現在で尿失禁症状の経験がある者，2) 泌尿器疾患の既往がある者，3) 妊娠中または妊娠の可能性のある者とした。

本研究は広島大学疫学研究倫理審査委員会の承認（承認番号：E2022-0273）を得て行った。

2. 運動課題と測定条件

運動課題は，振動（振動周波数 40 Hz）および温熱機能（ヒーター最高温度 40 度）を有したクッション（キュット

プル，ドリーム社）上での骨盤底筋運動とした。運動課題時の姿勢は股・膝関節屈曲約 90°の座位とした（図1）⁷⁾。本研究では刺激を用いない骨盤底筋運動を実施するコントロール条件，振動するクッション上での骨盤底筋運動を実施する振動刺激条件，振動し熱を発生しているクッション上で骨盤底筋運動を実施する併用条件の計3つの測定条件を設けた。併用条件では，骨盤底筋運動中の約2分間，継続的に温熱刺激が与えられた。全条件でクッション上座位で骨盤底筋運動を実施し，運動課題実施前に「肛門を引き締めるように力を入れてください」と口頭で指示をした。

3. プロトコル

本研究の測定プロトコルを図2に示す。対象は測定の前日に骨盤底筋運動に関する指導を受け，事前に骨盤底筋群の収縮法について理解および練習した。測定当日は各条件で10秒間の骨盤底筋随意収縮と10秒間の休憩を1セットとし，計6セット実施した。運動課題前後には5秒間の最大随意収縮時の骨盤底筋群筋活動の測定を実施し，運動

表 1 各条件における骨盤底筋運動前後の RMS の比較

RMS (mv)	骨盤底筋運動前	骨盤底筋運動後
コントロール条件	46.4 (32.4-58.9)	37.3 (31.3-46.9)
振動刺激条件	38.9 (30.6-51.8)	56.5 (41.7-63.5)*
併用条件	36.8 (24.5-50.6)	60.3 (59.1-63.2)*

データは中央値（四分位範囲）で示す。振動刺激条件と併用条件の 2 条件で、骨盤底筋運動後に骨盤底筋群筋活動が高値を示した。
RMS: root mean square, *: $p < 0.05$ (vs 骨盤底筋運動前)

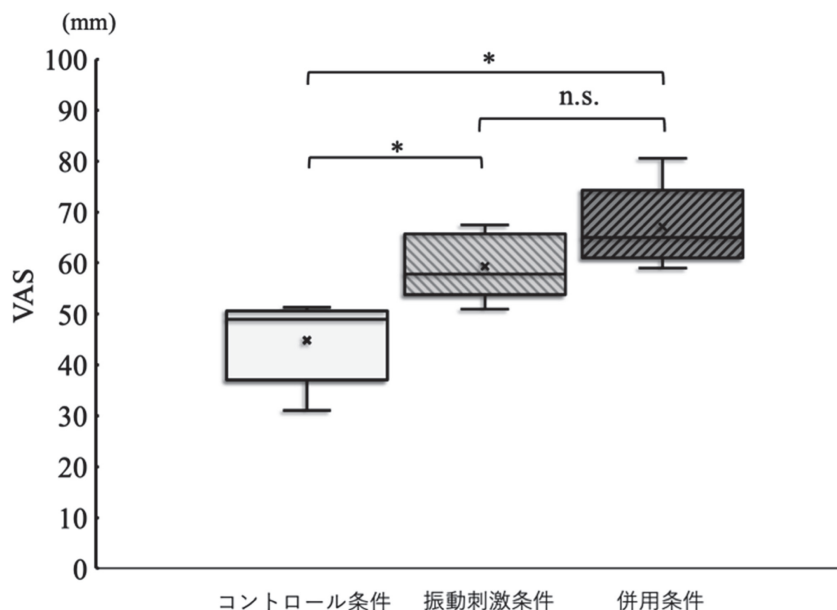


図 3 3 条件間の VAS の比較

3 条件間で VAS を比較した結果、コントロール条件と比較して振動刺激条件、併用条件それぞれで高値を示した。

VAS: visual analogue scale, *: $p < 0.05$, n.s.: not significant

課題後の筋活動の測定後には Visual analogue scale（以下、VAS）を用いて主観的な収縮感を聴取した。条件の順序については無作為に実施し、各条件での測定間には 30 分間の休憩を設けた。

4. 骨盤底筋群筋活動の測定

各条件で骨盤底筋運動前後に骨盤底筋群の筋活動の測定を実施した。筋活動測定時の表面筋電図信号は、直径 34 mm の Blue sensor（Ambu A/S 社製）を会陰部の正中線左右 2 箇所（7）に貼付し、P-EMG plus（迫坂電子機器社製）を通して取り込んだ。サンプリング周波数は 1000 Hz、測定値は 10 ~ 200 Hz でフィルタリングした。筋電図信号の振幅の大きさを示す Root mean square（以下、RMS）は、5 秒間の最大随意収縮のうち前後 1 秒間を除いた 3 秒間を解析区間とした。

5. 統計学的解析

統計学的解析には、SPSS ver.29 for Windows（IBM 社、日本）を使用した。各項目は、Shapiro-Wilk 検定により正

規性を確認した。各条件の運動課題前後の RMS の比較には Wilcoxon 符号順位検定を用いた。各条件間の VAS の比較に Kruskal-Wallis および事後検定として Bonferroni 検定を用いた。有意水準はいずれも 5% とした。

結 果

各条件で、運動課題前後の RMS の比較結果を表 1 に示す。振動刺激条件と併用条件では、運動課題前と比較して運動課題後に有意に骨盤底筋群筋活動が増大した（それぞれ $p < 0.05$ ）。

図 3 に、3 条件間の主観的な収縮感の比較結果を示す。VAS の中央値（四分位範囲）は、コントロール条件は 4.9（4.3-5.0）、振動刺激条件は 5.8（5.7-6.4）、併用条件は 6.5（6.3-6.8）となり、振動刺激条件および併用条件でコントロール条件より有意に高値を示したが（それぞれ $p < 0.05$ ）、振動刺激条件と併用条件の間で有意な差はみられなかった（ $p = 0.413$ ）。

考 察

本研究では、健常若年成人女性を対象にコントロール条件、振動刺激条件、併用条件の計3条件での骨盤底筋運動前後に最大随意収縮時の骨盤底筋群筋活動の測定、運動後にVASを用いた主観的な収縮感の聴取を実施した。その結果、振動刺激条件および併用条件で、骨盤底筋運動実施後の骨盤底筋群筋活動が高値を示した。振動刺激条件および併用条件で、コントロール条件より主観的な収縮感を表すVASが高値を示したが、振動刺激条件と併用条件の間では有意な差は認められなかった。振動刺激のみで骨盤底筋群の筋活動が賦活することが示されたが、併用条件においてはもっとも高い筋活動および主観的収縮感が確認されたことから、温熱刺激の併用が有用である可能性が示唆される。したがって、今後は介入手法や評価方法の精緻化を図りつつ、温熱刺激併用の効果について継続的な検証を行う意義があると考えられる。

振動刺激の効果に関して、緊張性振動反射により筋紡錘のIa線維が求心性インパルスを発生し、 α 運動神経を興奮させることで筋活動が増大するとされている¹¹⁾¹²⁾。この求心性のインパルスが脳へと伝わることで、あたかも筋肉が実際に動いているかのような感覚に陥ることが報告されている¹³⁾。この運動感覚は運動錯覚と称され¹⁴⁾、筋紡錘を介して脳に運動信号を伝達し、筋肉が収縮しているように感じさせる現象である。実際、対象から「肛門が締めやすくなった」「骨盤底が動かしやすくなった」との声もあった。さらに、振動刺激により運動野の興奮性が高まることも報告されており¹⁵⁾、随意的な筋収縮を促し筋出力を強化する可能性がある。先行研究と同様にみられた振動刺激による筋活動の増大は、こうした神経生理学的機序に起因すると考えられる。

本研究の限界は4つ挙げられる。1つ目は、健常者を対象としている点である。尿失禁症状有症者は骨盤底筋群の収縮機能低下や自覚的な収縮感の低下がみられる¹⁶⁾。健常者での結果を踏まえ、今後は尿失禁症状有症者を対象とした研究へとつなげていく必要がある。2つ目は、本研究の効果検証は即時効果にとどまっている点である。尿失禁症状有症者にとっては日常生活でも十分に骨盤底筋群が働くよう筋活動を維持する必要がある、長期的な効果を検証する必要がある。しかし、他の骨格筋を対象とした先行研究では短期トレーニング後の即時効果が大きい者は長期トレーニング後の効果が大きいことが示されており、即時効果と長期効果の関連を述べている¹⁷⁾。3つ目は、条件の順序を無作為に設定したものの、順序による運動学習の影響の可能性がある点である。4つ目は、使用したクッションの振動周波数が40 Hzに限定されている点であり、最適な周波数の検討が必要である。本研究に基づき、今後は対象者数を拡大し尿失禁症状有症者を対象とするとともに、即時的な効果のみならず長期効果を検証することで、効果的な骨盤底筋運動の開発に向けて新たな知見を得ていく。

結 論

本研究では、健常若年成人女性を対象に振動刺激と温熱刺激を併用した骨盤底筋運動実施後の骨盤底筋群筋活動への影響を調査した。振動刺激条件と併用条件で骨盤底筋運動実施後の骨盤底筋群筋活動が上昇した。骨盤底筋運動後のVASは振動刺激条件と併用条件でコントロール条件より高値を示したが、振動刺激条件と併用条件の間に有意な差は認められなかった。本研究から、骨盤底筋運動に振動刺激のみを加えることで骨盤底筋群の筋活動は十分に賦活することが示された。今後は、本研究で得られた課題を基に、温熱刺激併用の効果についてさらなる検証を行う必要がある。

利益相反

開示すべき利益相反はない。

謝 辞

本研究にご参加いただきました対象者をはじめ、ご協力いただきましたすべての皆様に御礼申し上げます。

文 献

- 1) 喜多村定子, 長弘千恵: 日本人女性の尿失禁の実態とその取り組みに関する文献レビュー. 徳島文理大学研究紀要, 2018; 95: 51-61.
- 2) 金 憲経, 大須賀洋祐, 他: 尿失禁対策としての骨盤底筋運動の実践. 体力科学, 2022; 71: 279-286.
- 3) Dumoulin C, Cacciari LP, et al.: Pelvic floor muscle training versus no treatment, or inactive control treatments, for urinary incontinence in women (review). Cochrane Database Syst Rev. 2018; 10: CD005654.
- 4) 田舎中真由美, 青木芳隆: 骨盤底筋トレーニングのための基礎と実践. 体力科学, 2022; 71: 255-261.
- 5) Ishihara H, Maeda N, et al.: Investigation of the effective standing posture for increasing activity of the pelvic floor muscles: a cross-sectional study. J phys Fit Sports Med. 2023; 12: 155-160.
- 6) 廣田亜梨朱, 浦邊幸夫, 他: 振動刺激と視覚フィードバックを併用した骨盤底筋群エクササイズの効果. 理学療法科学, 2021; 36: 131-136.
- 7) Mizuta R, Maeda N, et al.: Acute effects of local vibration and visual feedback on the pelvic floor muscle training in Japanese healthy adults: a cross-over study. Isokinet Exerc Sci. 2023; 31: 171-179.
- 8) 坂本竜司, 酒井孝文, 他: ホットパック温熱刺激が等速性運動に及ぼす影響. 理学療法科学, 2018; 33: 761-767.
- 9) 川口梨紗, 吉田英樹, 他: ストレッチングの前処置としての表在性および深部性温熱療法の有用性に関する検討—ホットパックと極超短波療法に注目して—. 理学療法学, 2013; 28: 641-645.
- 10) 坂本竜司, 酒井孝文, 他: ホットパック温熱刺激が等速性運動に及ぼす影響. 理学療法科学, 2018; 33: 761-767.
- 11) Eklund G, Hagbarth KE: Normal variability of tonic vibration reflexes in man. Exp Neurol. 1996; 16: 80-92.

- 12) 松原由未子, 栗井 瞳, 他: 疲労に至る当尺性運動後の筋硬度回復に対する振動刺激の効果. 理学療法科学. 2004; 19: 341-345.
- 13) Burke D, Hagbarth KE, et al.: The responses of human muscle spindle endings to vibration of non-contracting muscles. J Physiol. 1976; 261: 673-693.
- 14) Goodwin GM, McCloskey DI, et al.: The contribution of muscle afferents to kinaesthesia shown by vibration induced illusions of movement and by the effects of paralysing joint afferents. Brain. 1972; 95: 705-748.
- 15) Sabine S, Andon K, et al.: Modulation of motor evoked potentials by muscle vibration: the role of vibration frequency. Muscle Nerve. 1999; 22: 1544-1548.
- 16) 長島玲子, 蔵本美代子, 他: 中年女性の骨盤底筋訓練における収縮感覚と筋運動について. 島根県立看護短期大学紀要. 2005; 11: 9-18.
- 17) Hirono T, Ikezoe T, et al.: Relationship between muscle swelling and hypertrophy induced by resistance training. J Strength Cond Res. 2022; 36: 359-364.

Effects of Pelvic Floor Muscle Training with Vibration and Thermal Stimulation on the Muscle Activity of the Pelvic Floor Muscles: A Preliminary Study

Sakura Oda¹⁾, Tsubasa Tashiro¹⁾, Satoshi Arima¹⁾, Rami Mizuta¹⁾,
Honoka Ishihara¹⁾, Noriaki Maeda^{1)*}

¹⁾ Graduate School of Biomedical and Health Sciences, Hiroshima University

Abstract: Pelvic floor muscle training (PFMT) is effective for preventing urinary incontinence. Previous studies have shown that using vibration stimulation for PFMT was effective. Since thermal stimulation, commonly used in daily life, is known to have beneficial effects on skeletal muscles, combining vibration and thermal stimulation is expected to yield additional effects. This study aimed to confirm the effectiveness of combined vibration and thermal stimulation for PFMT. Five healthy women performed PFMT with 10 seconds of maximum pelvic floor muscles (PFM) contraction for 6 sets on the cushion (Kyuttoburu, Dream Inc., Nagoya, Japan) with vibration and thermal function. Participants were conducted on the PFMT in three conditions (control, vibration stimulation, and combined stimulation). The PFM muscle activity during maximal voluntary contraction before and after PFMT was evaluated by calculating the root mean square (RMS) of the mean amplitude using surface electromyography measurements (P-EMG plus, Oisaka Electronic Equipment Ltd., Hiroshima, Japan). Subjective contraction sensations were listened to after PFMT in each conditions using the visual analogue scale (VAS). RMS before and after PFMT in each condition were compared using Wilcoxon signed rank-sum test. VAS among three conditions were compared using Kruskal-Wallis and Bonferroni test. There were significant increases of PFM muscle activity after PFMT in vibration stimulation and combined stimulation condition ($p < 0.05$, respectively). VAS was significantly higher in vibration stimulation and combined stimulation condition than control condition ($p < 0.05$), but no significant difference was observed between the vibration stimulation and combined stimulation condition. These findings suggest that further investigation is needed to clarify the effects of thermal stimulation.

Key words: Pelvic floor muscle training, Pelvic floor muscles, Urinary incontinence, Muscle activity, Young women