

修士論文要旨

研究テーマ： 下腿三頭筋の廃用性筋萎縮に対する局所振動刺激を併用した立位保持運動の効果

学籍番号 2270064

氏 名 村上 ま比呂

研究指導教員 越智 亮

研究指導補助教員 林 尊弘

概 要

【背景・目的】

長期の安静臥床は、廃用症候群を引き起こす可能性がある。廃用による筋萎縮は、遅筋線維を多く含む下腿三頭筋で生じやすく¹⁾、高齢廃用患者のほとんどがこの廃用性筋萎縮を呈している。臨床では廃用性筋萎縮の予防や改善が重要であるが、リハビリテーションの介入時間が限られるため、時間効率の良い運動療法が求められる。

近年、運動に電気刺激や振動刺激といった物理療法を併用し、筋力増強効果を促進するハイブリッドセラピーが注目されている。運動に併用する刺激として振動刺激には、Whole Body Vibration (WBV) と Local Vibration (LV) の2種類があり、どちらも筋萎縮の予防や筋力増大に有効とされている。WBV は振動盤上での立位姿勢保持やスクワットにより筋力増強効果をもたらすことが広く報告されている²⁾。一方、LV は WBV と比べると先行研究は少なく、振動プロトコルも統一されておらず、また対象が健常成人に限られるため³⁾、高齢廃用患者への効果は未解明な部分が多い。それでも、LV は安価で使いやすく、WBV に比べて立位姿勢が不安定な高齢廃用患者にも適用しやすいという利点があると考えられる。

局所の筋萎縮の程度や筋肥大の有無は、超音波画像診断装置（以下エコー）を用いて筋の厚さ（筋厚）を計測することで、簡便に素早く非侵襲的に評価することができる。筋厚は、筋力と関連する筋の横断面積とよく相関することから⁴⁾、随意的な最大筋力発揮が難しい廃用患者の筋機能評価に適していると考えられる。

LV を併用した立位姿勢保持課題は、通常の立位保持よりも廃用性筋萎縮を呈した下腿三頭筋の筋肥大を生じさせるのではないかと、という仮説を明らかにするため、本研究では以下について調査することとした。研究①では、健常若年者を対象に、下腿三頭筋に対する LV 刺激を併用した踵挙上による筋力トレーニングが LV 無しの同運動よりも筋肥大効果があるかどうかを、筋厚の即時的変化を用いて明らかにする。また、刺激位置と周波数が異なる2種類の LV 刺激を用いて、条件の違いによって筋肥大効果が異なるかどうかを検討する。研究②では、地域包括ケア病棟に入院中の高齢廃用症候群患者を対象に、研究①でより効果のあった LV 刺激条件を用いて、LV 併用立位保持運動が下腿三頭筋の筋厚に及ぼす即時的な変化を明らかにする。研究③では、研究②と同じ患者を対象に、4週間の LV 併用立位保持運動の下腿三頭筋筋肥大効果を準ランダム化比較試験によって明らかにする。

【対象・方法】

研究①：対象は健常若年者 41 名とした。運動課題は3分間の踵挙上とした。運動課題のみの群を LV 無群、運動課題に異なる2つの機器の LV を併用した群をそれぞれ LV ①群と LV ②群とした。LV ①群では家庭用マッサージ器を使用し、下腿最大周径部に振

注：原本の書式（フォントのサイズ、文字数・行数、余白等）を変更しない。本様式 2 枚でまとめる。

動子が当たる高さで対象者がやや圧迫感を感じる強度で巻きつけて装着した。LV②群ではハンディーマッサージャーを使用し、腓腹筋内側頭筋腹部に軽度圧迫が加わる程度に徒手的に振動子を当てた。運動課題の前後に、対象肢の腓腹筋内側頭の筋厚、筋輝度、足関節底屈最大等尺性筋力(maximum voluntary isometric contraction; 以下, MVIC)発揮時の腓腹筋内側頭の筋活動量等を計測した。

研究②③：対象は地域包括ケア病棟に入院中の廃用患者 24 名とした。振動刺激を併用せずに、支持物を保持した立位保持運動(30 秒×5 セット)を実施するのみの NV 群、研究①の LV①で使用した振動機器を立位保持運動に併用する LV 群に対象者を分けた(NV 群：12 名, LV 群 12 名)。介入内容以外に通常の理学療法が行われた。下腿三頭筋の筋厚のみ 1 日目の介入直前と、介入直後で計測し、両群とも介入前後で比較した(研究②)。筋厚測定は、先行研究³⁾に従い、下腿三頭筋の 8 箇所での測定値の合計を採用した。また、介入の 4 週間後にも筋厚計測を行った。その他、運動パフォーマンスとして MVIC、四肢筋骨格筋指数、下肢筋量、最大立位保持時間、ADL、機動性の評価などを実施した。統計学的分析には、一般化線形混合モデルを使用し、群(研究①；3 群、研究②③；LV 群と NV 群)と測定時期(研究①；運動課題直前と直後、研究②；介入直前と直後、研究③；介入前と介入 4 週間後)の二要因で比較を行った。

【結果】

研究①：筋厚は時間の主効果が有意($p < 0.001$)であり、筋厚は 3 群共に課題後に有意に増加した。筋輝度は交互作用が有意($p < 0.01$)であり、LV 無群と LV①群の課題後に有意な減少が認められた(LV 無群： $p = 0.030$, LV①群： $p < 0.001$)。

研究②：筋厚の即時的な変化においては、交互作用が有意ではないものの($p = 0.08$)、LV 群の方が NV 群よりも筋厚が増大する傾向にあった。

研究③：4 週間の介入後の筋厚の経時的な変化においては、交互作用が有意($p < 0.05$)で、NV 群に比べ LV 群のみ筋厚が増加した。その他、MVIC、最大立位保持時間、ADL、歩行能力において期間の主効果を認め($p < 0.05 \sim p < 0.001$)、全て介入期間後に成績が向上していたが、交互作用はなく NV 群と LV 群で改善効果に違いはなかった。

【考察】

研究①：筋厚の変化量は 3 条件間で同程度であり、その他の結果も含めて検討した結果、LV の有無や適用周波数の違いによる筋力増強作用への追加効果は明らかにはならなかった。なお、LV①と LV②では振動子の体表面への接触面積や圧迫量などに違いがあり、これらが結果に影響を及ぼした可能性が考えられるが、筋輝度の結果と臨床適用のしやすさから LV①を介入研究に用いる機器として選択した。

研究②：即時的な筋厚増大は、一時的に筋損傷による筋線維外の浮腫(筋腫脹)に起因するとされている。LV 群では、緊張性振動反射による背景筋活動量の増加により通常よりも筋への負荷が大きくなり、即時的な筋厚増大が認められたと考えられる。

研究③：4 週間の LV 併用立位保持介入により、高齢廃用患者の下腿三頭筋の筋厚が増大した。本研究は、高齢廃用患者対象に運動介入が下腿三頭筋の筋厚増大をもたらした初めての報告である。一方、ADL や歩行能力については LV 群と NV 群で改善効果に差がなかった。今後は、介入時間、頻度、介入期間を再検討していく必要がある。

【文献】

- 1) Akima H, et al.: Inactivity and muscle: effect of resistance training during bed rest on muscle size in the lower limb. *Acta Physiol Scand*, 2001; 172: 269-278.
- 2) Xiaohuan T, Guiping J, et al. Effects of Whole-Body Vibration Training on Lower Limb Muscle Strength and Physical Performance Among Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*, 2023; 104(11): 1954-1965.
- 3) Alghadir AH, et al. Effect of localised vibration on muscle strength in healthy adults: a systematic review. *Physiotherapy*, 2018; 104(1): 18-24.
- 4) Abe T, et al.: Morphological and functional relationships with ultrasound measured muscle thickness of the lower extremity: a brief review. *Ultrasound*, 2015; 23(3): 166-173.
- 5) Jenkins NDM, Miramonti AA, et al. Greater Neural Adaptations following High- vs. Low-Load Resistance Training. *Frontiers in physiology*, 2017; 8: 331.