

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：32661

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11268

研究課題名（和文）速筋線維を標的とした低強度ダウンヒル歩行トレーニング方法の開発

研究課題名（英文）Study of low-intensity downhill gait training method targeting fast twitch muscle fiber

研究代表者

菅原 仁（Sugawara, Hitoshi）

東邦大学・医学部・非常勤研究生

研究者番号：90613290

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：遠心性収縮トレーニングは神経筋活動を高める効果があることが明らかにされているが、高強度で行う場合には遅発性筋痛が生じるという問題がある。本研究では、緩やかな下り坂勾配を用いた低強度の遠心性収縮歩行トレーニングの効果を検証した。その結果、遅発性筋痛を生じることなく、循環器系への負荷も少なく、膝関節伸筋および足関節底屈筋の神経筋活動を高めることができた。これは、緩やかな勾配でも速筋線維の活動を促進することができるためであると推測される。したがって、緩やかな下り坂勾配を用いた歩行トレーニングは、高齢者の神経筋トレーニングとして臨床応用の可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一般的に神経筋活動を高めるためには、中等度から高強度のトレーニングが必要とされている。しかし、循環器疾患や高齢者では、リスク管理の観点から負荷強度を上げたトレーニングを実施しづらく、効果的な神経筋トレーニングを実施できていないのが現状である。そのため、高齢者に対する安全で無理なく実施できる低強度の歩行トレーニング戦略の開発が望まれている。今回用いた低強度の下り勾配を使った歩行トレーニングは、遅発性筋痛を生じず、循環器系への負荷が少ないため、超高齢社会における有効な神経筋トレーニング手法と言える。特に歩行は日常でも使いやすく、歩行トレーニングの一つとして臨床応用が期待できる。

研究成果の概要（英文）：Eccentric contraction training has been shown to increase neuromuscular activity, but when performed at high intensity, it is associated with delayed onset muscle soreness. In this study, we examined the effects of low-intensity eccentric contraction gait training using a mild downhill gradient. The results showed that the neuromuscular activity of the knee extensors and plantar flexors could be increased without causing delayed onset muscle soreness and with less load on the cardiovascular system. This is presumably due to the ability to promote the activity of fast-twitch muscle fibers even at gentle gradients. Therefore, the results suggest that gait training using a mild downhill gradient has potential for clinical application as neuromuscular training for the elderly.

研究分野：リハビリテーション

キーワード：遠心性収縮 ダウンヒル歩行 速筋線維

1. 研究開始当初の背景

一般的には、神経筋活動を増大するには、中程度から高度な強度のトレーニングが必要とされている。また、歩行をベースとする筋力トレーニングでは、負荷が低いために神経筋活動の増加が制約されることがある。そのため、歩行路の勾配や歩行速度を増大させるなど、負荷を高める方法が試みられている。しかし、循環器疾患や高齢者の場合、リスク管理の観点から負荷を増加させたトレーニングは難しく、効果的な神経筋トレーニングが制限されている。そのため、高齢者に適した安全かつ負荷の少ない歩行トレーニング戦略の開発が求められている。

加齢に伴い、速筋線維の有意な萎縮が観察されることが一般的に認識されている。加えて、筋力の低下は、単に骨格筋の萎縮だけでなく、大脳皮質の神経ドライブの低下や脊髄レベルの興奮性低下など、複数の要因が関与していることが明らかにされている (Clark, J Gerontol A Biol Med SciMen Sci, 2008)。そのため、神経ドライブを増強し、速筋線維の活動を促進する運動戦略の開発が必要とされている。一般的に、速筋線維の活動は、Hennemann のサイズの原理に従い、活動筋の負荷が一定の程度以上になったときに動員される。そのため、低強度の運動では速筋線維の動員が難しく、効果が得られづらい可能性がある。一方で、低強度の遠心性収縮では速筋線維がより容易に動員されることが報告されている (Nordone, J Physiol, 1989)。この現象を踏まえ、自重を利用した低強度の遅い遠心性収縮運動によるトレーニングの効果を確かしている (菅原, 第73日本体力医学学会, 2017)。また、遠心性収縮運動は大脳皮質の神経ドライブを増強することが、機能的磁気共鳴映像装置 (fMRI) を用いた実験で明らかにされている (Yao, Front Aging Neurosci, 2014)。遠心性収縮は筋力トレーニングにおいて速筋線維の動員を促進する可能性はあるが、高強度では遅発性筋痛が生じやすいとの理由から、臨床的にはあまり使用されていない。

遠心性収縮トレーニングとして、ダウンヒル歩行の研究は行われているが (Maeo, PLoS One, 2017)、神経ドライブの改善に焦点を当てた低強度 (勾配、速度) のダウンヒル歩行トレーニングは、世界的にも行われていない。安全に実施できると考えられる低強度のダウンヒル歩行トレーニングは、高齢者に対する運動介入の一つとして効果検証が必要と言える。

2. 研究の目的

高強度の遠心性収縮トレーニングでは遅発性筋痛が生じやすいため、高齢者の健康増進や介護予防を目的としたトレーニングでは強度を下げる必要がある。そこで、本研究は、下り勾配を緩やかにした低強度のダウンヒル歩行トレーニングの効果とその作用メカニズムを明らかにすることを目的として研究を行った。今回の研究では、トレーニングによる循環器系への負荷強度もあわせて測定し、循環器患者への臨床応用を検討するための基礎データも蓄積する。

3. 研究の方法

対象は運動器疾患を有しない65歳から80歳までの男女の高齢者36名とし、平地歩行群 (18名) とダウンヒル歩行群 (18名) に分けて実験を行った。被験者には、事前に本研究の趣旨および目的に加えて、研究途中であっても被験者の意思により実験参加を中止できることを説明し、同意を得た上で実施した。なお、本研究は、東邦大学医学部倫理委員会の承認を得て実施した (承認番号: A22003)。

測定は、筋力テストとして右側膝関節伸展の随意最大筋力 (MVC) とヒールレイズテスト (HRT) を実施した。HRT では両脚安静立位から、できる限り強く速く踵を挙上した際の床反力を測定し、立位バランスを保持するために両手を手すりに置き、体重をかけないようにした。HRT のデータ解析は、床反力の立ち上がりから 50ms までの力発揮率 (RFD₀₋₅₀) と立ち上がりからピークまでの力発揮率 (RFD_{0-Peak}) を算出した (図 1)。筋力テストでは、表面筋電図も同時に記録した。筋活動は表面筋電図を使って右側の外側広筋、外側ハムストリングス、内側腓腹筋、前脛骨筋から導出した。

バランス評価として重心動揺検査を行い、ロコモティブシンドロームの判定にはロコモ度テストを実施した。

歩行トレーニングは、トレッドミルを使用し、6週間、3回/週、合計17回とした。歩行速度は快適に歩ける3から4km/hとし、歩行時間は1週目10分、2週目15分、3週目20分、4週目以降30分とし徐々に延長した。ダウンヒル歩行の勾配は-6%に設定した。なお、-6%の勾配については、-12%の勾配とも比較し、神経筋活動を高

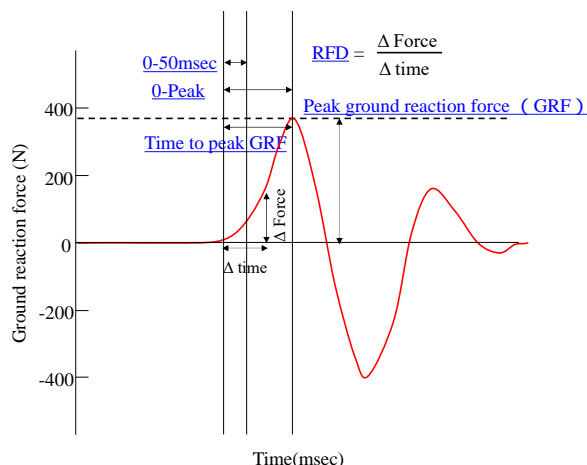


図 1 ヒールレイズテスト (HRT) の解析

められる可能性がある」と推測されたため使用した。

4. 研究成果

歩行トレーニング研究期間において、体調不良やリスク配慮から中止した被験者を除き、平地歩行群 14 名とダウンヒル歩行群 14 名がトレーニングプログラムを完遂した。

歩行トレーニング前に両群とも平地歩行とダウンヒル歩行の両方でバイタルサインの測定を実施した。全例の安静時、歩行時 3 分、5 分の平均血圧は、平地歩行とダウンヒル歩行ともに有意な差は認められなかったが、心拍数はダウンヒル歩行において低値であった（図 2）。トレーニング 6 週後も同様であった。

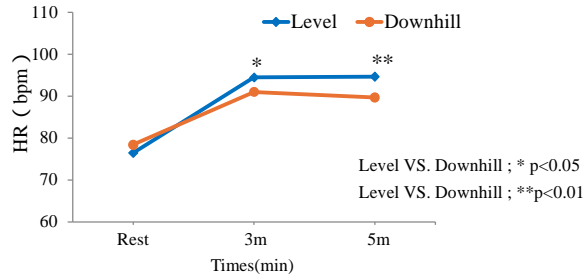


図 2 歩行トレーニング前の心拍数

歩行トレーニング時の主観的疲労レベル (Borg scale) はダウンヒル歩行群が運動開始 1 回目から 4 回目、歩行 30 分開始以降 12 回目、13 回目において低値を示した（図 3）。

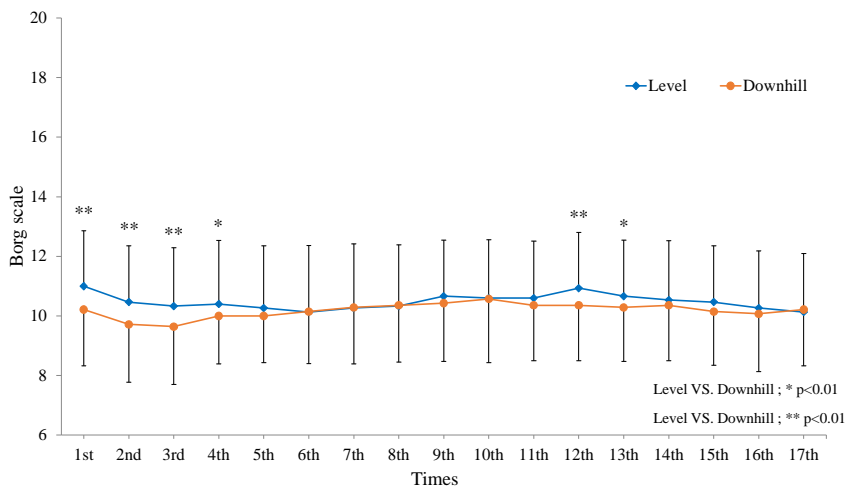


図 3 歩行トレーニング時の疲労レベルの変化

歩行トレーニング前後における重心動揺は、平地歩行群とダウンヒル歩行群ともに変化は認められなかった。

歩行トレーニング前後の膝関節伸展 MVC と外側広筋の自乗平均平方根 (rmsEMG) は、ダウンヒル群に増大を認めたが、平地歩行群には認められなかった（図 4）。

歩行トレーニング前後の HRT は、RFD₀₋₅₀ と RFD_{0-Peak} ともにダウンヒル群のみ増大傾向を認めた。

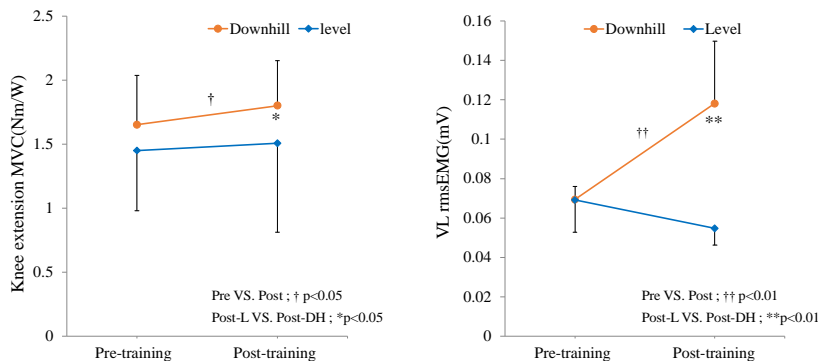


図 4 歩行トレーニング前後の膝関節伸展筋力と rmsEMG の変化

今回、勾配の緩やかなダウンヒル歩行としたため、遅発性筋痛を生じることもなく、膝関節伸展筋、足関節底屈筋の神経筋活動を向上させることができた。また、ダウンヒル歩行は、循環器系への負荷が少ないことも示され、安全にトレーニングを実施することができた。以上のことから、緩やかな下り勾配を用いた歩行トレーニングは、高齢者の神経筋トレーニングとして臨床応用できる可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 菅原 仁、只野ちがや、田中美穂
2. 発表標題 低強度ダウンヒル歩行トレーニングの効果
3. 学会等名 第77回 日本体力医学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菅原 仁、只野ちがや、田中美穂、室 増男
2. 発表標題 皮膚冷刺激を付加した下腿三頭筋レジスタンストレーニングの効果 ヒールレイズテストを使った検証
3. 学会等名 日本健康行動科学会第21回学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菅原 仁
2. 発表標題 高齢者の神経筋機能と皮膚冷刺激を付加した低強度筋力トレーニング戦略
3. 学会等名 日本健康行動科学会第21回学術大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菅原仁、只野ちがや、太箸俊宏、室 増男
2. 発表標題 立位における下腿三頭筋の求心性収縮と遠心性収縮運動時の H 波変化 - 皮膚冷刺激付加による比較 -
3. 学会等名 日本健康行動科学会第20回学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 只野ちがや, 菅原仁, 室 増男
2. 発表標題 下り坂歩行時の筋活動におけるメントール付加の影響
3. 学会等名 日本健康行動科学会第20回学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菅原 仁, 只野ちがや
2. 発表標題 皮膚冷刺激を付加したヒールドロップとヒールレイズ運動時の 運動ニューロンの興奮性変化
3. 学会等名 第2回日本物理療法研究会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菅原 仁
2. 発表標題 サルコペニアに対する物理療法の実践 ~ 皮膚冷刺激を付加した低強度筋力トレーニングの理論と実際 ~
3. 学会等名 第2回日本物理療法研究会学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菅原 仁, 只野ちがや, 坂本美喜
2. 発表標題 床反力計を用いた力発揮率からみた筋力トレーニングの効果 - 皮膚冷刺激付加による比較から -
3. 学会等名 第25回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 菅原 仁, 只野ちがや, 太箸俊宏, 室 増男
2. 発表標題 下腿三頭筋の随意運動中における 運動ニューロンの興奮性変化 - 皮膚冷刺激付加による比較から -
3. 学会等名 日本健康行動科学会第19回学術大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	只野 ちがや (Tadano Chigaya) (40261094)	東邦大学・医学部・講師 (32661)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------