

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：36102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2023

課題番号：17K01600

研究課題名（和文）在宅療養高齢者に対する骨格筋電気刺激トレーニングの効果を引き出す新たな手法の開発

研究課題名（英文）Development of a New Technique for Efficacy of Electrical Stimulation Training for the Elderly in home care.

研究代表者

柳澤 幸夫（Yanagisawa, Yukio）

徳島文理大学・保健福祉学部・教授

研究者番号：60747632

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は在宅療養高齢者に対する電気刺激トレーニングの効果を引き出す新たな手法を検討することである。背臥位と立位姿勢の実効電流を比較した結果、立位姿勢が高値であった。大腿部は40%、下腿部は70%の増加であった。被験者を在宅療養高齢者とし、電気刺激トレーニングを3ヶ月間、週2回実施した。電気刺激群は下肢筋力や大腿部の筋厚や筋輝度の改善により、立ち上がり動作能力が向上した。また、栄養補助を行うとPhase Angleが有意な増加を認めた。結果、電気刺激の肢位は抗重力姿勢が効果的であり、電気刺激後に栄養補助があれば、さらなる身体機能の改善が期待できることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ベルト式電極における筋電気刺激では、筋への十分な刺激出力が設定できず、効果が不十分な例も散見する。従来の電気刺激肢位は背臥位とされているが、今回の研究にて抗重力姿勢での刺激が耐えうる実効電流を引きあげ、トレーニング効果を引き出し、また栄養補助でさらなる上乘せ効果を認めた。積極的に動けない高齢者などに対し、身体機能の維持改善を図る一手段となり得る。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to investigate a new method for eliciting the effects of electrical stimulation training on the elderly. A comparison of the effective currents in the supine and standing postures showed higher values in the standing posture. The thighs and lower legs showed increases of 40% and 70%, respectively. The subjects were elderly, and electrical stimulation training was performed twice a week for 3 months. The electrical stimulation group improved lower limb muscle strength, thigh muscle thickness and echo intensity, and standing movements. Nutritional support resulted in a significant increase in Phase Angle. Results indicate that it is important to perform electrical stimulation in an antigravity posture, and nutritional support may enhance physical function.

研究分野：リハビリテーション

キーワード：電気刺激 刺激肢位 実効電流 トレーニング 栄養

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 筋肉量の減少は1989年にRosenberg IHによって“サルコペニア”と提唱され、近年では高齢者に必発する筋肉量の減少とそれに関連するさまざまな状態、筋力低下や活動性低下などをどのように治療、解決していくのが重要な課題となっている。2010年にEWGSOPは、サルコペニアの診断基準について、骨格筋量の減少と併せて筋力、身体機能の低下をきたした状態と発表した。2014年にはAWGSが、アジア人におけるサルコペニアの診断基準についても、EWGSOPの診断基準に準拠することを発表した。2018年、EWGSOPは改訂版となるEWGSOP2を報告、2019年、AWGSは改訂版となるAWGS2019を報告し、サルコペニアについては現在までに数多くの議論がなされ、国内外で共通課題とされている。

(2) 本邦では在宅療養高齢者は年々増加の一途をたどり、加齢による筋肉量減少、筋内脂肪量増大や不活動による影響から、さらなる筋肉量減少を伴って、介護量増加による要介護認定者が急増している。そのため、効果的な治療方法を取り入れることや新たなリハビリテーションプログラムを立案することが現場で求められている。近年、自ら積極的な運動が困難な場合に、ベッド上臥位でも運動ができるとされるベルト電極式による骨格筋電気刺激トレーニング(Electrical Muscle Stimulation: 以下、EMS トレーニング)が注目されている。本研究で使用するベルト式電極によるEMSは、全身の70%である下肢筋を同時収縮させ、筋厚の増大や筋出力の増加などが報告されている。このベルト式電極でのEMSトレーニングにおける現在の問題は、大腿部への電気刺激は比較的出力を上げることができるが下腿部への出力は低い設定になることが多い。その理由として低出力で痛みの限界に達していたことがあげられている。また、一般的に運動には栄養の補助が必要であるが、EMSについても同様に重要と考えられる。しかし、これらの課題に対して検証された報告はない。

### 2. 研究の目的

(1) 本研究の目的はEMSトレーニングのより効果の高い刺激方法を検討し、そのEMSトレーニングの効果を栄養補助も含めて検証することである。本研究で得られる知見は、筋力トレーニングの方法を発展させ、効果的なリハビリテーションの推進に寄与する。

### 3. 研究の方法

(1) 電気刺激出力に足部背屈用の下肢固定用装具を作成し、装具による下肢固定群と下肢非固定群で背臥位姿勢での電気刺激最高出力を比較した。次にEMSトレーニングにおいて、より高い電気刺激出力が得られる最適な刺激肢位を検討した。刺激にはベルト電極式骨格筋電気刺激装置G-TES (HOMER ION社製)を使用した。刺激方法は腰部と大腿部および足部にベルト電極を装着し、同時収縮させた。刺激周波数は20Hzとし、強度は各被験者が耐えられる最大強度とした。刺激肢位はtilt tableを使用し、傾斜角を0度、30度、80度の3肢位に加え、立位姿勢を含めた4肢位とした

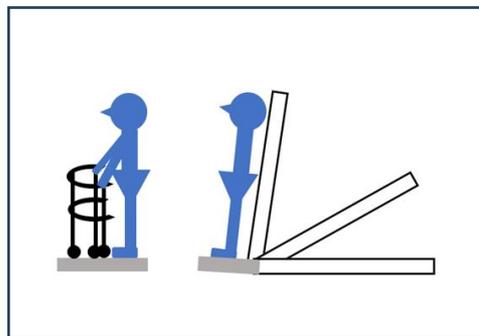


図1 刺激肢位

(図1)。測定項目は電気刺激中における耐えうる

最大実効電流ならびに呼気ガス分析装置(ミナト医科学社製MOBILE AEROMONITOR AE-100i)を用いて酸素摂取量を計測し、各肢位別の測定値を比較した。

(2) 足関節角度における刺激強度への影響を検討した。tilt tableの傾斜角80度にて足関節を角度0度、背屈20度、底屈20度の3肢位で比較した。

(3) 在宅療養高齢者に対し、EMS併用のトレーニングの実施効果を検討した。EMS実施時間は20分とし、頻度は週2回、3ヶ月間とした。通常のリハビリテーションを実施している群(Con群)と通常のリハビリテーションにEMSトレーニングを併用した群(EMS群)との比較を実施した。定項目は体組成計によりBMI、除脂肪量、体脂肪量、体脂肪率、両下肢筋肉量、SMIを算出し、HDDにて下肢伸展筋力、超音波画像診断装置にて大腿部の大腿直筋と中間広筋の画像を取得し、Image Jにて筋厚、筋輝度を算出した。動作能力としてSS5を使用した。

(4) 栄養補助併用するEMS群と栄養補助がないEMS群の比較を実施した。EMS実施時間は20分とし、頻度は週2回、3ヶ月間とした。EMS後の栄養補助はリハたいむゼリー(クリニコ社製)を使用した。測定項目は体組成計によりBMI、除脂肪量、体脂肪率、両下肢筋肉量、SMI、Phase Angleを算出し、HDDにて下肢伸展筋力体重比、超音波画像診断装置にて大腿部の大腿直筋と中間広筋の画像を取得し、Image Jにて筋厚、筋輝度を算出した。動作能力はSS5を使用した。

(5) 栄養補助併用する対象者に対し、6カ月間のトレーニング効果を検証した。測定項目は体組成計により、BMI、除脂肪量、体脂肪率、SMI、Phase Angle を算出し、HDDにて下肢伸展筋力体重比、超音波画像診断装置にて大腿部の大腿直筋と中間広筋に画像を取得し、Image Jにて筋厚、筋輝度を算出した。動作能力はSS5を使用した。

#### 4. 研究成果

(1) 足部背屈用の下肢固定用装具を作成し、装具による下肢固定群と下肢非固定群で背臥位姿勢での電気刺激最高出力を比較したところ、有意差を認めなかった。次に立位姿勢を含めた4肢位での大腿部の刺激出力 (mA) では、傾斜角0度  $2.9 \pm 0.9$  より80度  $4.0 \pm 1.4$ 、立位  $4.2 \pm 1.5$  で有意に増加したが、80度と立位では有意差がなかった。下腿部の刺激出力では、大腿部と同様に傾斜角0度  $0.9 \pm 0.5$  より80度  $1.4 \pm 0.4$ 、立位  $1.4 \pm 0.4$  で有意に増加したが、80度と立位では有意差がなかった (図2)。酸素摂取量 (ml/min) では傾斜角0度  $368.4 \pm 75.5$  と80度  $470.8 \pm 144.4$ 、立位  $535.5 \pm 181.5$  で有意に増加したが、0度と30度、80度と立位では有意差がなかった。また、各4肢位で得られた大腿部刺激出力と酸素摂取量に有意な相関 ( $r=0.804$ )、下腿部刺激出力と酸素摂取量にも有意な相関 ( $r=0.648$ ) を認めた。結果、電気刺激での刺激肢位では傾斜度80度または立位姿勢が刺激出力を大腿部は40%、下腿部は70%の増加と高く設定でき、酸素消費量も高いことが明らかとなった。つまり、立位保持できない方にはtilt tableを用いて傾斜度を高くすること、立位保持できる方には立位姿勢で刺激することが効果的と考えられた。

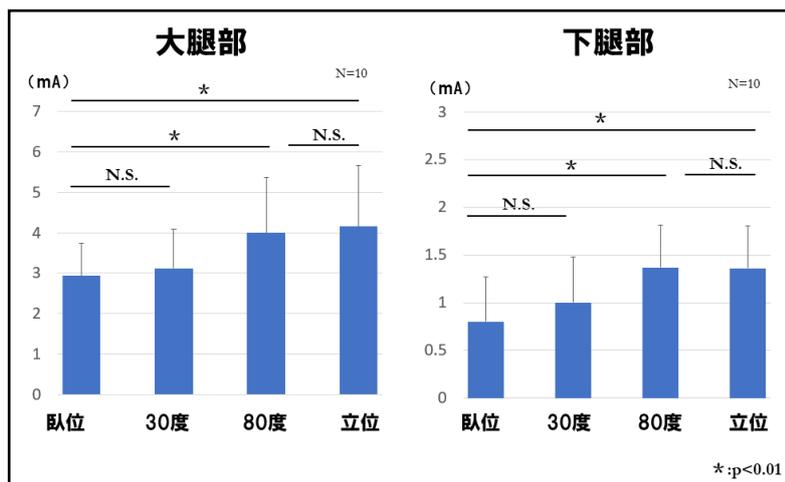


図2 各肢位別刺激出力

(2) tilt tableの傾斜角80度にて足関節を角度0度、背屈20度、底屈20度の3肢位で比較した結果、背屈20度の足部肢位で有意に刺激出力が高く、筋痙攣を引き起こすことなく、高い筋収縮を誘発することが可能であった。

(3) 通常のリハビリテーションを実施している群 (Con群) と通常のリハビリテーションにEMSトレーニングを併用した群 (EMS群) との比較の結果、BMI、除脂肪量、体脂肪率、両下肢筋肉量、SMIは有意な主効果および交互作用は認めなかった。下肢伸展筋力、SS5、大腿直筋と中間広筋の筋厚、筋輝度では有意な主効果および交互作用を認めた。対照群は3カ月後の評価において機能維持は認めるものの、電気刺激群は従来のリハビリテーション効果に加え、下肢筋力や大腿部の筋厚や筋輝度の改善により、立ち上がり動作能力が向上し、電気刺激の併用効果が認められた。

(4) 栄養補助併用するEMS群と栄養補助がないEMS群の比較の結果、BMI、除脂肪量、体脂肪率、両下肢筋肉量、SMIは有意な交互作用および主効果は認めなかった。Phase Angleは交互作用を認め、栄養補助あり群の介入前後で有意差を認めた。下肢伸展筋力体重比とSS5ではSS5のみ交互作用を認め、共に主効果を認めた。両群の介入前後では有意差を認めた。また、大腿直筋と中間広筋の筋厚、筋輝度では、中間広筋のみ交互作用を認め、すべてに主効果を認めた。両群の介入前後では、すべてに有意差を認めた。3カ月後の評価において、両群ともに下肢筋力や大腿部の筋厚や筋輝度の改善により、立ち上がり動作能力が向上し、電気刺激の効果が認められた。さらに、栄養補助あり群は、除脂肪量や下肢筋肉量、SMIは変化を認めなかったものの、Phase Angleが有意な増加を認めた。

(5) 栄養補助併用する対象者に対し、6カ月間のトレーニング効果を検討した結果、BMI、SMI、除脂肪量、体脂肪率は有意差を認めなかった。下肢伸展筋力体重比はすべての期間で有意差を認めた。大腿部の大腿直筋と中間広筋の筋厚は中間広筋の3ヶ月と6ヶ月間のみ有意差を認めず、その他は筋厚の有意な増加を認めた。筋輝度はすべての期間で有意な減少を認めた。SS5、Phase Angleは3ヶ月と6ヶ月のみ有意差を認めず、その他の期間でSS5は有意な減少、Phase Angleは有意な増加を認めた。このことから、80度傾斜台を用いた栄養補助下での電気刺激法は大腿部の筋厚や筋輝度を変化させ、下肢伸展筋力の増強および起立の動作能力を向上させることができ、またPhase Angleを増加させることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 山下司、石堂一巳、柳澤幸夫	4. 巻 103
2. 論文標題 分枝アミノ酸摂取の有無が運動負荷中の筋疲労に及ぼす影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 徳島文理大学研究紀要	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 柳澤幸夫、松尾善美	4. 巻 第42号
2. 論文標題 ベルト式電気刺激における刺激肢位の違いが刺激出力および酸素摂取量に及ぼす影響	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 四国理学療法士会学会誌	6. 最初と最後の頁 42-43
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 戎谷友希、橋田誠一、柳澤幸夫、川東美菜、藍場元弘	4. 巻 96
2. 論文標題 骨格筋電気刺激における分岐鎖アミノ酸（BCAA）摂取が エネルギー代謝に及ぼす効果	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 徳島文理大学研究紀要	6. 最初と最後の頁 57-64
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24596/tokusimabunriu.96.0_57	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 柳澤幸夫、松尾善美
2. 発表標題 在宅療養高齢者における抗重力位での下肢筋EMSトレーニングの効果
3. 学会等名 第9回日本地域理学療法学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柳澤幸夫, 松尾善美
2. 発表標題 ベルト式電気刺激における刺激肢位の違いが刺激出力および酸素摂取量に及ぼす影響
3. 学会等名 第48回国理学療法士学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 戎谷友希, 橋田誠一, 柳澤幸夫, 川東美菜, 藍場元弘
2. 発表標題 ベルト式骨格筋電気刺激におけるBCAA摂取が身体に及ぼす影響
3. 学会等名 日本病態栄養学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柳澤幸夫
2. 発表標題 ベルト式電気刺激における効果的な刺激肢位の検討
3. 学会等名 第52回日本理学療法学会
4. 発表年 2017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	松尾 善美  (Matsuo Yoshimi)  (90411884)	武庫川女子大学・健康・スポーツ科学部・教授   (34517)	

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
---------	---------