

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23300253

研究課題名(和文)骨格筋電気刺激による加齢性筋肉減少症(サルコペニア)の予防・改善

研究課題名(英文)Prevention and improvement of sarcopenia by means of skeletal muscle electrical stimulation

研究代表者

森谷 敏夫(Moritani, Toshio)

京都大学・人間・環境学研究科(研究院)・教授

研究者番号：90175638

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,900,000円、(間接経費) 3,270,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、骨格筋への機能的電気刺激により、加齢性筋肉減少症の予防・改善効果が享受できるか否かを検証するものである。高齢者(要支援、要介護1、2)41名を対象に3ヶ月間の骨格筋電気刺激と栄養介入の効果を検討し、介護予防や高齢者のQOL改善のための実験を行った。被験者を3群(コントロール、筋電気刺激群、筋電気刺激+栄養補助食品)に分け比較検討した。その結果、電気刺激+栄養補助食品介入群では筋横断面積及び膝伸展筋力の有意な増加が認められた。また、中高齢者23名を対象に脳由来神経栄養因子(BDNF)に及ぼす効果について検討した結果、筋電気刺激介入群では加齢に伴うBDNFの減少が有意に緩和された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to investigate the effects of skeletal muscle electrical stimulation upon prevention and improvement of sarcopenia in the elderly. Forty-one elderly persons were divided into three groups (Control, Electrical stimulation Group, Electrical Stimulation with nutritional supplement Group) in order to determine the effects of functional electrical muscle stimulation upon care-prevention and QOL of the elderly. Results indicated that electrical muscle stimulation together with nutritional intervention group demonstrated significant increases in muscle cross sectional area and knee extension strength. In addition, 23 elderly persons who received electrical muscle stimulation demonstrated a significantly lower decline in the age-associated decrease in brain derived neurotrophic factor (BDNF) level.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・応用健康学

キーワード：筋電気刺激 加齢性筋肉減少症 運動療法 高齢者

1. 研究開始当初の背景

最近の運動医科学の研究により、体力の低下や生活習慣病の発症が加齢のみに依存しているだけでなく、運動不足病(Hypokinetic Disease)に集約できる慢性的な運動不足によって惹起される各種の生理機能の低下が大きな要因であることが示唆されている。近年では、急性運動不足病の一因である「エコノミー症候群」や震災後の避難生活中に多発する「生活不活発病」など、過去にありえなかった運動不足病が報告されるに至っている。

慢性的な運動不足が、肥満や2型糖尿病におけるインスリン感受性の低下と密接な関係にあることは良く知られている。Stuartらの一週間のベッドレスト(完全休養)実験で、顕著な骨格筋の糖取り込み能力の低下やインスリン作用の低下が起こることが報告されている。逆に、運動はインスリンとは別の細胞内シグナル伝達機構を介して、糖輸送を活性化できるので、インスリン抵抗性の存在下においても運動により糖輸送は通常正常に機能する。つまり、運動はインスリンと独立した細胞内機構により骨格筋の糖輸送担体(GLUT4)の血管細胞膜移動を惹起し糖輸送を活性化することができる。インスリン感受性の改善は動脈硬化・心血管系疾患のリスクを軽減させることになり、運動の臨床的意義も大きい。

我々は骨格筋低周波電気刺激法を利用して、糖・エネルギー代謝活性化に及ぶ効果について検討している。この手法は、体表に貼り付けた表面電極を介して骨格筋に電気刺激を加え、筋収縮を誘発するものであり、寝たきり患者や体力が低下した患者であっても施行可能である。また、実際の運動に比して、呼吸循環系や関節への負担が少ない状態で筋収縮を惹起することが可能である。

骨格筋電気刺激による代謝研究では、正常血糖高インスリンランプ法と呼気ガス分析の同時解析を行い、骨格筋の糖・エネルギー代謝促進効果を検討した。その結果、電気刺激中に酸素消費量は安静時の約2倍に上昇し、体内のエネルギー消費(20分刺激で約50Kcal)が亢進することを実験的に明らかにした。内因性糖放出が抑制された生理的条件下において、全身糖取り込み率は電気刺激によって有意に上昇するとともに、その亢進が刺激終了後90分以上持続することも見出した。この新知見は、糖尿病の予防・治療に不可欠な血糖コントロールに対する骨格筋電気刺激の有効性を強く示唆するものである。更に、この骨格筋電気刺激法による糖・エネルギー代謝特性に及ぼす効果を同一酸素摂取量での自転車運動と比較検討した結果、電気刺激では血中乳酸濃度・呼吸商の有意な上昇により、筋グリコーゲン消費亢進が認められた。しかし、この効果は同等の運動強度での自転車運動では認められなかった。また、電気刺激終了後の糖取り込み率は自転車運

動後よりも有意に高かった。

これらの結果から、電気刺激は低い運動強度で解糖系エネルギー利用の高い速筋線維の動員を可能にし、筋エネルギー消費、グリコーゲン代謝、糖代謝を活性化できる有用な手段であることが明らかになった。更に、速筋線維の選択的刺激は高齢者の廃用性筋萎縮の予防のみならず、筋肥大を惹起させうる可能性を秘めている。これらの知見は、寝たきり老人、糖尿病性合併症や心血管系合併症、その他の整形外科的拘束によって運動が制限される人々などに代謝改善効果を楽しむ可能性を示唆しており、介護予防、予防医学・治療医学の観点からも今後の研究が期待される。

2. 研究の目的

本研究は、骨格筋への機能的電気刺激により、加齢性筋肉減少症(サルコペニア)の予防・改善効果を楽しむことができるか否かを検証するものである。また、骨格筋の機能的電気刺激による筋由来生理活性物質や免疫、脳由来神経栄養因子に対する基礎研究や高齢者の運動療法の開発への応用は、寝たきり患者や骨粗しょう症、腰痛や膝痛など整形外科的疾患をもつ「運動弱者」への他動的運動処方をも可能にする期待が持てる。また、血栓防止効果を狙ったダイナミックな筋電気刺激による静脈還流の促進も可能になるかを実験的に検証する。今後益々進む高齢化社会や超運動不足に起因するサルコペニアやその他の生活習慣病の新たな予防、改善、治療の観点からも本研究がもたらす社会的意義や医療経済に及ぼす影響は多大であると考えられる。

3. 研究の方法

慢性的な運動不足の中高齢者28名を対象に骨格筋電気刺激を検証済みの新型刺激装置と刺激電極を用い、腹部、臀部、両側下肢筋群(腹筋、大臀筋、大腿四頭筋、ハムストリングス、前頸骨筋、下腿三頭筋)に1回20分、週2回、12週間実施し、その前後で形態学的項目、歩行速度、自律神経活動動態などの改善効果を検証した。また、健常男子学生8名を被験者に骨格筋電気刺激により脳由来神経栄養因子やインスリン様成長因子(IGF-1)、体内麻薬とも呼ばれるエンドルフィンなどが惹起され得るのかの基礎実験も併せて行った。

さらに、運動弱者の高齢者(要支援、要介護1,2)41名を対象に骨格筋電気刺激と栄養介入の相互作用の効果を総合的に検討し、介護予防や高齢者のQOL改善のための実験検証を行った。被験者を3群(コントロール、筋電気刺激群、筋電気刺激+栄養補助食品)に分け、自律神経活動、膝伸筋力、歩行速度、超音波測定による大腿四頭筋、下腿三頭筋の筋横断面積を最適刺激パターンで30分間、週2回、3ヶ月間介入し、比較

検討した。また、筋電気刺激による他動的運動が記憶や認知機能に重要な働きを持つ脳由来神経栄養因子(BDNF)に及ぼす影響も中高齢者23名を対象に3ヶ月間の介入実験を行った。

4. 研究成果

12週間の骨格筋電気刺激により慢性的な運動不足の中高齢者の体脂肪の有意な減少と除脂肪体重の有意な増加が認められた。また、顕著な歩行速度の増加が認められた。心拍変動パワースペクトル解析による自律神経活動動態には有意な変化は認められなかった。

男子学生を対象にした基礎実験では、週3回、1回20分、4週間の骨格筋電気刺激により中間広筋を除く全ての筋の筋厚及び大腿・下腿の推定断面積、等尺性膝伸展筋力が介入後、有意に増加した。また、筋電気刺激後に成長ホルモン、エンドルフィンの有意な増加をみとめたが、IGF-1には顕著な変化は認められなかった。

高齢者の電気刺激+栄養補助食品介入群では筋横断面積及び膝伸展筋力の有意な増加が認められた。自律神経活動や歩行速度には群間で有意差はなかった。中高齢者を対象に脳由来神経栄養因子に及ぼす効果について検討した結果、筋電気刺激介入群では加齢に伴う脳由来神経栄養因子の漸増的減少を有意に緩和させることが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計6件)

Hasegawa S, Kobayashi M, Arai R, Tamaki A, Nakamura T, Moritani T. Effect of early implementation of electrical muscle stimulation to prevent muscle atrophy and weakness in patients after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 21:622-630, 2011

Kouzaki M, Kimura T, Yoshitake Y, Hayashi T, Moritani T. Subthreshold electrical stimulation reduces motor unit discharge variability and decreases the force fluctuations of plantar flexion. *Neuroscience Letters* 513(2): 146-150, 2012

Miyamoto T, Fukuda K, Kimura T, Matsubara Y, Tsuda K, Moritani T. Effect of percutaneous Electrical Muscle Stimulation on postprandial hyperglycemia in type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract* 96: 306-312, 2012

Watanabe K, Kouzaki M, Fujibayashi M, Merletti R, Moritani T. Spatial EMG potential distribution pattern of vastus lateralis muscle during isometric knee extension in young and elderly men. *Journal of Electromyography and*

Kinesiology 22: 74-79, 2012

Watanabe K, Taniguchi Y, Moritani T. Metabolic cardiovascular responses during voluntary pedaling exercise with electrical stimulation. *European Journal of Applied Physiology*, in press, 2014

森谷敏夫. 経皮的電気刺激(B-SES). 整形外科、印刷中、2014

〔学会発表〕(計20件)

藤林真美, 石井千恵, 岸田郁子, 石井紀夫, 森谷敏夫. 統合失調症患者における骨格筋電気刺激が体組成および精神症状に及ぼす影響. 第66回日本体力医学会大会, 山口, 2011

藤林真美, 渡邊航平, 石井千恵, 森谷敏夫. 高齢者における認知機能と身体活動レベル. 日本体育学会第62回大会, 鹿児島, 2011

森谷敏夫. 基調講演「健康長寿のためのおもしろ健康科学」文部科学省イノベーションシステム整備事業 平成23年度キックオフフォーラム, 奈良, 2011

森谷敏夫. 特別講演「運動療法の意義と実践」第121回西日本整形・災害外科学会学術集会、福岡、2011

Fujibayashi M, Kishida I, Ishii C, Norio Ishii, Moritani T. Anti-obesity and psychotropic effects on electrical muscle stimulation in Schizophrenia. Asian College of Psychosomatic Medicine Congress 2012, Ulaanbaatar, Mongolia, Aug, 2012

Miyamoto T, Fukuda K, Watanabe K, Moritani T. Gender differences in metabolic responses to Electrical muscle stimulation in type 2 diabetes. 19th Congress of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology, Brisbane, Australia, July, 2012

Moritani T. New Frontiers in Electrical Muscle Stimulation: Is it an effective treatment for the major lifestyle related diseases of modern society?. Keynote Lecture. 19th Congress of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology, Brisbane, Australia, July, 2012

Moritani T. Muscle Training for Prevention and Improvement of Lifestyle-related Diseases and Brain Function. Keynote Lecture, 35th National Strength and Conditioning Association Annual Meeting, Rhode Island, USA, July, 2012

Moritani T. The Role of Exercise and Nutrition in Lifestyle-related Disease. Keynote Lecture. The 6th International Sport Sciences Symposium on "Active Life", Tokorozawa, April, 2012

森谷敏夫. 運動療法の意義と実践. 特別講演 沖縄関節外科研究会、沖縄, 2012
森谷敏夫. 特別講演 運動科学から見たリハビリテーションの未来と可能性. 第 22 回京都府理学療法士会, 2012
森谷敏夫. 招待講演 高齢者における筋力トレーニングの意義と実践. 食と生命のサイエンス・フォーラム, 2012
森谷敏夫. 招待講演 高齢者の筋力トレーニングの意義と実践. 第 12 回日本抗加齢医学会総会, 2012
森谷敏夫. 特別講演 電気刺激による代謝調節と臨床応用. 第 19 回日本 F E S 研究会学術講演会, 2012
森谷敏夫. 招待講演 サルコペニアにおける運動と栄養の役割. 第 2 回日本リハビリテーション栄養研究会, 2012
森谷敏夫. 特別講演「骨格筋電気刺激の臨床応用」. 広島リハビリテーション研究会, 広島, 2013.
森谷敏夫. 招待講演「サルコペニアにおける栄養と運動の役割」. 第 67 回日本栄養・食糧学会 ネスレ栄養科学会議サテライトシンポジウム「栄養と加齢の生物学」, 名古屋, 2013.
森谷敏夫. 招待講演「生涯現役のための運動と栄養」. オールジャパン「食と健康」シンポジウム, 札幌, 2013.
森谷敏夫. 骨格筋電気刺激による エンドルフィンの変化. 第 14 回日本電気生理運動学会, 大阪, 2013.
森谷敏夫. 招待講演「電気刺激による代謝調節と臨床応用」. 関東運動器リハ研究会, 東京, 2013

京都医療センター・室長
研究者番号：40335443

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 1 件)

名称：電気刺激用装着具

発明者：森谷敏夫、ホーマーイオン研究所

権利者：森谷敏夫、ホーマーイオン研究所

種類：

番号：PCT/JP2012/003881

出願年月日：2012年6月14日

国内外の別：国外

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森谷敏夫 (Moritani, Toshio)

京都大学大学院人間・環境学研究科・教授

研究者番号：90175638

(2) 研究分担者

林 達也 (Hayashi, Tatsuya)

京都大学大学院人間・環境学研究科・教授

研究者番号：00314211

坂根直樹 (Sakane, Naoki)