

高域変調多重複合波による筋肉への電気刺激は
高齢者の下肢筋力トレーニングとして有効か？

東北大学
医学系研究科
玉川 明朗

謝 辞

この度、東北大学医学系研究科 障害科学専攻
機能医科学 運動学分野 玉川明朗助教授、佐々
木鍼灸接骨院佐々木弘俊先生、富谷町の方々
のご尽力のおかげをもちまして、研究成果を平成17
年9月に岡山で開催された第60回日本体力医学会
大会学会にて発表することができましたことを心よ
り感謝申し上げます。

高域変調多重複合波による筋肉への電気刺激は 高齢者の下肢筋力トレーニングとして有効か？

東北大学医学系研究科

玉川 明朗

佐々木鍼灸接骨院

佐々木弘俊

株式会社テクノリンク

本名 敦夫

小飛山隆行

キーワード

EMSTレーニング
高域変調多重複合波
10m歩行
重心動揺

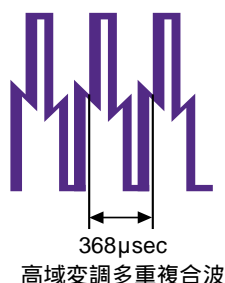
目 的

本研究の目的は高齢者に対する下肢筋力トレーニングとして電気刺激筋肉収縮運動(EMS:Electrical Muscle Stimulation)の有効性、可能性を検証することである。

背 景

筋力トレーニング(パワーリハビリテーション)が高齢者の筋力や体力、さらには精神的活力の向上に寄与することが明らかとなってきている。適切な運動やトレーニングは高齢者の豊かな生活を維持していくために有効であり、必要であることは事実である。しかし、加齢に伴い膝痛や腰痛などを訴える人の割合も増え、運動に対して消極的になる高齢者の数が増加していくことも事実である。運動の重要性は認識しているが、個々の事情により運動することが出来ない様な高齢者に対する具体的な運動指導方法は未だ確立されてはいない。最近、電気刺激を用いた筋肉収縮運動がダイエットや筋肉増強に有効であると注目されてきている。自発的に筋肉を収縮させる必要もない手軽さや、自分では動かすことの出来ない筋肉を電気刺激により収縮させることが出来ることなどから若者を中心にその利用が高まっている。また、電気刺激による筋肉収縮は関節可動を伴うことがないため整形外科手術後のリハビリテーション等の場面での利用も進んでいる。この様な電気刺激による筋肉収縮であれば、関節痛を有する高齢者に対しても筋力トレーニングとして有効に活用することが可能であることが推測されるが、明確な評価が行われていない。

EMS刺激装置の概略



電気刺激は高域変調多重複合波を出力するテクニリンク社製の機器を用いて行った。高域変調多重複合波は完全な交流波形であり、基本周波数は筋肉収縮が起こりやすいとされる約2.7kHz ($1 / 368\mu\text{sec}$)である。高い周波数から低い周波数までの合成波とするためにデューティ比50%のPWM(Pulse Width Modulation)波形となっている。

その為、単一周波数による電気刺激に比べ様々なタイプの筋繊維に対して刺激を与えることが可能である。また、様々なタイプの群集周波数による電気刺激は単一周波数による刺激に比べ筋繊維の適応(刺激に対する慣れ)を起こしにくく、トレーニング効果が得られやすいと思われる。

また、一般的な単一周波数による電気刺激に比べ、高域変調多重複合波による電気刺激は生体内においては正弦波様の歪みを生じ、柔らかい感覚での刺激を可能にしている。

参加者	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	身体的な愁訴
O A	75	148	52.8	腰痛
S M	75	143	57	膝関節痛
H K	77	150	53	左下腿部骨折の後遺症
M S	72	152	53	腰痛 膝関節痛
F T	73	149	53	大腿部骨折の後遺症
S K	80	143	46	膝関節痛
Ku K	75	148	42	
Ko K	71	148	56.5	高血圧
A F	86	144	60	膝関節痛

被 験 者

被験者は宮城県富谷町の公民館デイサービスを利用する高齢者であり、運動の重要性は認識しているが、腰痛や膝関節等で運動の実践に支障のある女性を対象とした。実験の参加に先立ち、実験の内容を説明し参加の同意を得た。

各被験者は自宅から公民館までは町営バスを利用し、EMSトレーニングの会場となるケアハウスまでは車で移動し、トレーニング終了後も車を利用して帰宅した。実験の参加が活動量の増加に結びつかないように配慮した。

トレーニング

トレーニング期間 2004年9月上旬から12月上旬までの3ヶ月間

トレーニング頻度 1日/週

下肢に対するEMS電気刺激トレーニング

刺激電極は左右両脚の前膝部、外側広筋と内側広筋を挟むように平行に当てた。EMS刺激は一回につき20分間、1セットのみとした。電気刺激装置からの電流アウトプットを交流電流計を用いて常にモニタリングを行った。刺激電流の平均は約30mAであった。

上肢に対するウェイトトレーニング

主観的運動強度「楽である」の強度での10RM を基準値とした。重量設定は2kgと1kgのウェイトを用いて行い、ラットプルダウン及びパタフライを10回3セット行った。

RM : Repetition Maximum(最大反復回数)の略です。1RMであれば1回だけ持ち上げることのできる最大重量を意味します。今回の10RMは10回持ち上げることのできる最大重量と言うことです。

EMSTレーニング前後の体力の変化

	開眼片足立ち(秒)		10m歩行(秒)		右脚伸展(kg)		左脚伸展(kg)		プルダウン(kg)		バタフライ(kg)	
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
O A	3	3	9.2	7.3	194	220	169	149	10	11	6	9
S M	4	2	8.7	6.0	193	162	163	158	8	12	8	11
H K	8	10	7.3	7.7	244	215	244	203	10	13	8	12
M S	22	12	8.8	7.6	140	167	88	154	6	8	7	8
F T	8	4	10.0	7.8	129	160	132	145	6	10	4	7
S K	16	45	7.6	5.9	145	184	143	233	8	10	5	10
Ku K	2	4	9.1	7.8	78	136	75	149	6	7	6	7
Ko K	18	36	5.6	4.8	259	231	250	233	6	14	6	15
A F	2	2	9.7	8.0	67	110	78	74	6	11	6	11
平均	9.2	13.1	8.4	7.0	161.0	176.1	149.1	166.4	7.3	10.7	6.2	10.0
	ns		***		ns		ns		***		***	

***< p<0.001 ns : not significant

歩くスピードは速くなる

下肢伸展筋力の結果にはEMSTレーニング前後において有意な改善は見られなかった。下肢伸展筋力に改善が見られた被験者もいれば、トレーニング後に低下した被験者もいる。もともと、膝や腰に身体的な不安感を持つ被験者達は測定時に様々な心理的なコントロールをしていた。「今日はちょっと膝の調子が悪い」、「昨日歩いて疲れてる」など…。1日/週、20分/回、3ヶ月間のEMSTレーニングが筋力トレーニングとしては不十分であったとは考えていない。体力測定の結果、有意な改善が見られたのは10m歩行時間、及びマシンを使いウェイトトレーニングを行った上肢の筋力であった。負荷をかけた上肢にトレーニング効果が出るのは当然の結果である。10m歩行速度の向上はADLの結果(P.8参照)をサポートするものであり、EMSによる筋力トレーニングの可能性を示唆するものである。

EMSTレーニング前後の重心動揺指標の変化

	開 眼						閉 眼					
	総軌跡長 (cm)		単位軌跡長 (cm/sec)		外周面積 (cm ²)		総軌跡長 (cm)		単位軌跡長 (cm/sec)		外周面積 (cm ²)	
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
O A	151	114	3	2	9	3	209	187	3	3	9	5
S M	120	142	2	2	4	7	128	113	2	2	5	4
H K	109	77	2	1	11	3	96	101	2	2	3	3
M S	60	51	1	1	5	2	144	57	2	1	7	2
F T	75	62	1	1	6	2	87	96	1	2	5	5
S K	70	69	1	1	2	2	75	90	1	1	2	2
Ku K	187	95	3	2	21	6	104	134	2	2	8	10
Ko K	104	92	2	2	8	3	100	128	2	2	4	8
A F	163	156	3	3	9	8	184	146	3	2	7	5
平均	133.2	95.3	2.2	1.6	8.3	3.9	141.9	116.7	2.4	1.9	5.8	4.9
		*		*		*	ns		ns		ns	

*: p<0.05

フラフラしなくなった

EMSTレーニング後、重心動揺の大きさや動揺の速度の指標となる総軌跡長や外周面積、単位軌跡長に有意な改善が見られた。このことはEMSTレーニングによって、高齢者が日常生活では使わないような筋肉に刺激を与えた結果ではないかと考えている。

EMSTレーニング前後に重心動揺計(GS-11、アニマ社製)を用いて被験者のバランス能力を評価した。

EMSTトレーニング前後でのADL(日常生活活動テスト)の変化

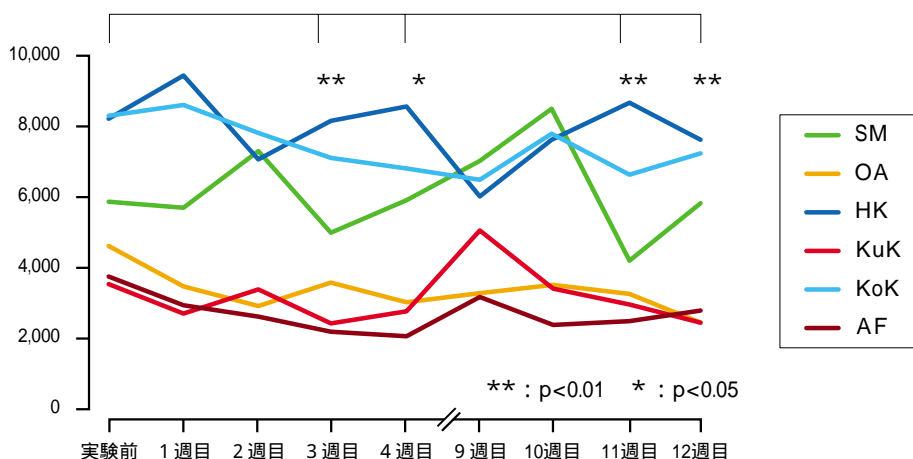
	問1	問2	問3	問4	問5	問6	問7	問8	問9	問10	問11	問12
前	1.8	1.5	1.9	1.6	2.0	2.1	1.9	2.5	2.0	2.4	2.1	1.8
後	2.3	1.6	1.8	2.3	2.3	2.3	2.1	2.6	2.3	2.5	2.0	1.6
	*	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	*:p<0.05			**:p<0.01			ns:not significant					

問 1	休まないでどれくらい歩けますか	1 5～10分	2 20～40分	3 1時間以上
問 2	休まないでどれくらい走れますか	1 走れない	2 3～5分	3 10分以上
問 3	どれくらいの幅の溝を どび越えられますか	1 できない	2 30cm程度	3 50cm程度
問 4	階段をどのように登りますか	1 手すりや壁に つかまって	2 ゆっくりなら手すり を使わないで登れる	3 サッサと楽にてすり を使わずに登れる
問 5	正座の姿勢からどのように立ちますか	1 できない	2 手を床についてなら 立ち上がる	3 手を使わずに立ち上がる
問 6	目を開けて片足で 何秒くらい立っていられますか	1 できない	2 10～20秒	3 30秒以上
問 7	バスや電車に乗ったときに 立っていられますか	1 立って いられない	2 吊革や手すりにつか まれば立ってられる	3 発車や停車の時以外は何にも つかまらずに立ってられる
問 8	立ったままでズボンやスカートが はけますか	1 座らないと できない	2 何かにつかまれば 立ったままできる	3 何にもつかまらなくて 立ったままできる
問 9	シャツの前ボタンを 掛けたりはずしたりできますか	1 両手でゆっくり ならばできる	2 両手で素早くできる	3 片手でもできる
問10	布団の上げ下ろしはできますか	1 できない	2 毛布や軽い布団なら できる	3 重い布団でも楽にできる
問11	どれくらいの重さの荷物なら 10m運べますか	1 できない	2 5kg程度	3 10kg程度
問12	仰向けに寝た姿勢から手を 使わないで上体だけを起こせますか	1 できない	2 1～2回	3 3～4回

身体に対する感覚は変わった

ADL(日常生活活動テスト)の結果、EMSTトレーニング前後で有意差が見られたのは「どれくらい歩けるか」を聞いた質問1と、「階段の登り方」聞いた質問4であった。両項目の回答に見られた改善は10m歩行時間の有意な短縮や重心動揺の改善の結果をサポートするものであり、興味深いものである。下肢伸展筋力の結果にはEMSTトレーニング前後において有意な改善は見られなかったが、被験者の自分の身体に対する感覚は変わっていたのである。そのことは、トレーニング期間終了後の内省報告からも明らかである。

EMSTレーニング期間中の身体活動量の変化



身体活動量は減っていた

EMS実験期間中の身体活動量(歩数)をライフコーダーを用いて測定した。データは一週間の平均値を示している。機器の取り扱いが不適切であったために正確なデータが得られなかった3名の記録は除外した。記録された歩数はトレーニング期間の進行に伴い減少した。これはトレーニングが秋から冬にかけて行われた為であろうと考えられる。有意差検定は実験前の歩数と各期間の歩数に対して対応のあるtテストを用いて行った。

EMSTレーニングの進行に伴い身体活動量が減っていたにも関わらず、ADL(質問1&質問4)の改善や10m歩行速度の向上、重心動揺の改善が見られていた。このことは今回の高齢者に対するEMSのトレーニングの有効性、可能性を示しているのではないだろうか。

ライフコーダー-EX (株)スズケン

EMSTレーニングの感想

- ・階段を上るときの膝の痛みがだいぶ苦にならなくなった。前より短い時間だけれども多く歩けるようになりました。週一回出かける楽しみがありました。(OA)
- ・足が疲れなくなって良かった。(SM)
- ・踊りの時に片足で立てなかったのに、片足で立てるようになった。綺麗に踊れるようになった。(HK)
- ・体が全体的に軽くなったようです。(MS)
- ・冷え性の体質だが足のつま先にかけて暖かみを感じるようになった。昼間は変わらないが、夜布団に入ったときにポカポカして寝付きが良くなった。(FT)
- ・とても体が軽くなりました。この度のことで本当に健康になりました。親切で、優しく、素直で3拍子揃っておりました。本当に楽しかった。(SK)
- ・はじめての時は肉が剥がされるかと思うくらい痛かったです。でも2回、3回と重ねるたびにわかってきたのか、慣れてきました。終わった後は、しばらく足がふるえる様な気がして、歩くのに大変でした。(Ku K)
- ・3ヶ月のトレーニングを楽しくさせていただきました。体重が3kgダイエットでき軽くなりました。電気トレーニングの20分間はとても気持ちよく、つい眠っているときがありました。(Ko K)
- ・気持ちよく、かける度に身体が軽くなるのを感じました。(AF)

結 論

高齢者に対するEMSを用いた下肢筋力トレーニングは有効である。

(第60回 日本体力医学会大会学会にて発表)

著者略歴



玉川 明朗(たまがわ あきら)

東北大学 大学院 助教授

医学系研究科 障害科学専攻 機能医科学系 運動学研究分野

生年月日 昭和33年11月4日(東京生まれ)

昭和57年 順天堂大学体育学部卒業

昭和59年 順天堂大学大学院体育学研究科修了(体力科学専攻)

昭和60年 東北大学 助手

平成4年より 現職

株式会社 テクノリンク

 **Techno Link**

〒956-0804 新潟県新潟市荻島2-30-15

TEL:0250-21-6251 FAX:0250-24-2151

