

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 17 日現在

機関番号：33908

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2012～2013

課題番号：24800071

研究課題名(和文)多チャンネル表面筋電図法を用いた神経筋系の適応機序の評価

研究課題名(英文)Assessment of neuromuscular adaptation by multi-channel surface EMG

研究代表者

渡邊 航平(WATANABE, Kohei)

中京大学・国際教養学部・准教授

研究者番号：20630990

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円、(間接経費) 630,000円

研究成果の概要(和文)：筋力トレーニングにともなう神経筋系の適応を定量的に評価する事を目的とした。本研究では、多チャンネル表面筋電図法という新たな手法を用いて、単一筋内における活動電位の分布パターンから運動単位(神経筋系の最小単位、運動神経細胞からその支配下にある筋線維群の総称)の動員様式を推測した。男子学生10名が6週間にわたって週3回の筋力トレーニングを実施した。6週間後、筋力および単一筋内全体の活動電位は増大したが、活動電位の分布パターンは変化しなかった。この結果から、筋力トレーニングによって運動単位の動員様式は変化しないことが示唆された。

研究成果の概要(英文)：We aimed to quantify adaptation to resistance training in neuromuscular system. The present study estimated motor unit (minimum unit in neuromuscular system, from motorneuron to the innervated muscle fibers) recruitment pattern from spatial distribution pattern of action potential within a muscle by using novel multi-channel surface electromyography technique. Ten male students participated 6 wk of resistance training (three times per wk). After 6 wk, although strength and global surface electromyography amplitude increased, spatial distribution pattern of action potential within a muscle were not changed. These results suggested that motor unit recruitment pattern is not influenced by resistance training.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学、応用健康科学

キーワード：運動単位 筋力トレーニング 表面筋電図法

1. 研究開始当初の背景

加齢や疾患,それらに伴う身体活動量の低下に起因した筋力低下に対して,高齢者や疾患患者であってもレジスタンス運動を取り入れることが推奨されている。最大筋力は,主に“筋量”と“神経筋系の活動特性”すなわち“形態的要因”と“神経的要因”という2つの要因によって決定される。したがって,加齢や疾患などに起因した最大筋力の低下が生じるメカニズムの解明や,これらに対する効果的な運動療法の考案には,各要因の適応機序を十分に理解することが必要である。しかしながら,トレーニング・加齢・疾患などに対する形態的要因の適応機序が詳細に明らかにされている一方,神経的要因の適応機序に関してはほとんど明らかにされていない。この原因の1つとして,神経的要因の変化を詳細に評価するための方法が確立されていないという問題が挙げられる。

表面筋電図法は,神経筋系の活動特性を評価する方法として最も一般的に用いられている。しかしながら,この手法によって得られる生理学的知見は限られていることから,上述したような問題が生じていると言える。近年,2次元平面上に配列された複数の電極を用いた“多チャンネル表面筋電図法”という新たな計測技術によって,従来の表面筋電図法では明らかにすることができなかった“運動単位の動員・脱動員”といった詳細な神経筋系の活動を評価することが可能となっている。申請者らは,この手法を用いて,高齢者 (Watanabe et al. J Electromyogr Kinesiol 2012) や 2 型糖尿病患者 (Watanabe et al. Diabetes Res Clin Pract) における運動単位の動員パターンの変化を明らかにしている。この手法を応用することによって,トレーニングにともなう運動単位の動員パターンの変化も評価が可能であると推測される。

2. 研究の目的

本研究は,トレーニングや脱トレーニング

にともなう運動単位の動員パターンの変化を,多チャンネル表面筋電図法を用いて縦断的に調べることを目的とする。

3. 研究の方法

多チャンネル表面筋電図法では,1つの筋の広範囲から筋活動電位を記録することによって,単一筋内の活動分布を定量的に評価することができる。発揮筋力の増加や疲労に伴って,活動分布のパターンが変化することが明らかにされており,このことは空間的に不均一かつ区画的に配置された異なるタイプの筋線維(速筋線維や遅筋線維)が活動を始める様相いわゆる運動単位の動員を反映している。この解析方法は,従来の表面筋電図法のような筋活動電位の大きさや周波数を評価するものではなく,活動分布のパターンを定量的に評価するため,縦断的な比較が可能である。そのため,詳細に神経筋系の活動特性を検討できることに加えて,高い再現性を有する評価方法として利用できる可能性を持っている。

本研究では,トレーニング・脱トレーニングの介入によって,介入前と比較して異なる活動分布パターンが観察されると予想している。つまり,トレーニングによって新たな筋線維を動員することができるようになり(新たな運動単位の動員),脱トレーニングによりこれまで活動していた筋線維を活動させることができなくなる(運動単位の脱動員)ことが活動分布パターンの変化として定量的に評価できると考え実験を行った。

被験者は男子学生10名であり,6週間の筋力トレーニングおよび2ヶ月の脱トレーニングを行った。トレーニングはダンベルを用いたアームカールとし,週3回,各70%1RMを10回3セット実施した。トレーニングは片腕のみ行った。トレーニング開始2週間前,トレーニング開始直前,トレーニング開始2週間後,4週間後,6週間後,トレーニング終了1ヶ月後,2ヶ月後に等尺性肘関節屈曲運

動の最大随意筋力および上腕二頭筋の多チャンネル表面筋電図と超音波画像法による筋厚の測定を行った。

多チャンネル表面筋電図法は5列×13個の2次元平面上に配列された電極を用いた(図1A)．得られた活動電位(図1B)をカラースケールに変換し空間分布パターン(図1C)を作成した．各測定時の最大随意筋力発揮時の空間分布パターンの不均一性と類似性を定量的に評価した．

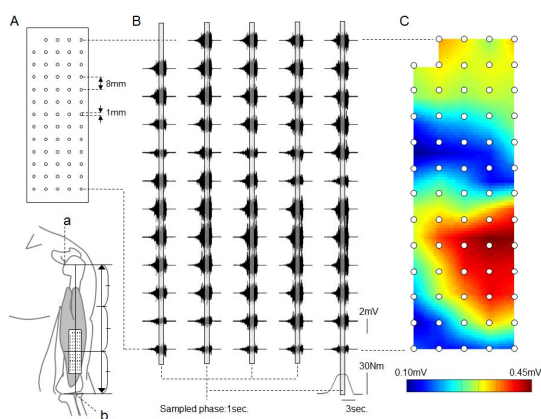


図1 多チャンネル表面筋電図法による単一筋内筋電図分布パターンの評価

4. 研究成果

筋力トレーニング開始6週間後において、トレーニング側の最大随意筋力、筋厚は有意に増加した。また、電極全体から算出した筋電図振幅値も有意に増加していた。これらの変化はトレーニング終了2ヶ月後には消失した。一方、多チャンネル表面筋電図の空間分布パターンに有意な変化は見られなかった(図2, 図3)。

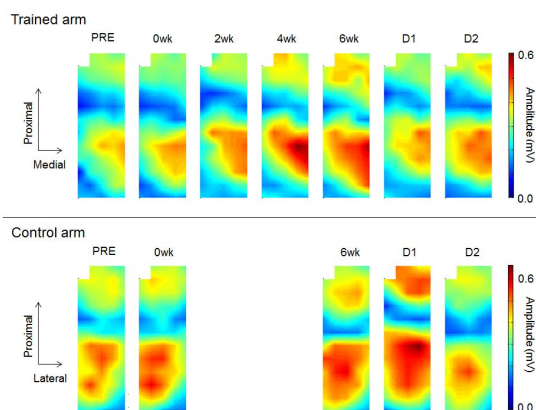
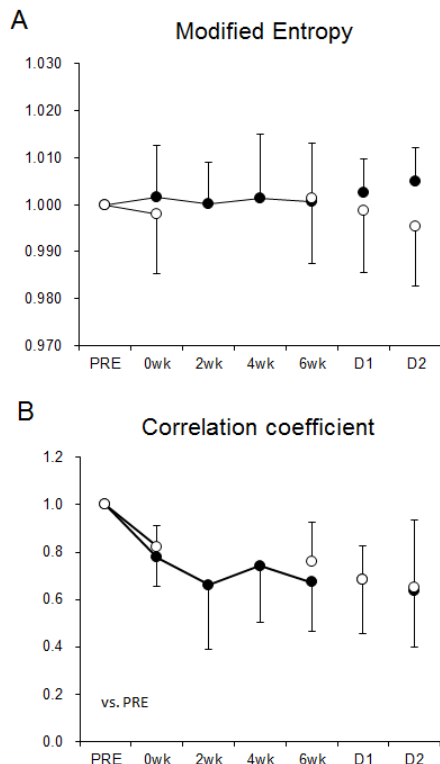


図2 トレーニング開始2週間前(PRE), トレーニング開始直前(0wk), トレーニング開始2週間後(2wk), 4週間後(4wk), 6週間後(6wk), トレーニング終了1ヶ月後(D1), 2ヶ月後(D2)における多チャンネル表面筋電図の空間分

布パターン(被験者1名のデータ)．上段はトレーニング側, 下段は非トレーニング側．赤い部分ほど筋電図振幅値が高値であることを意味している．トレーニング側ではトレーニング期間が進むにつれて筋電図振幅値は



増加するが、分布パターンはほとんど変化しない。

図3 トレーニング開始2週間前(PRE), トレーニング開始直前(0wk), トレーニング開始2週間後(2wk), 4週間後(4wk), 6週間後(6wk), トレーニング終了1ヶ月後(D1), 2ヶ月後(D2)における多チャンネル表面筋電図の空間分布パターンの定量評価(被験者全員の平均値)．Aは不均一性を評価するModified Entropyであり, PREの値で標準化されている．BはPRE時の空間分布パターンとの類似性を評価したCorrelation Coefficient(相関係数)である．黒い丸がトレーニング側, 白い丸が非トレーニング側を示している．

本研究ではトレーニングや脱トレーニングにともなって多チャンネル表面筋電図の空間分布パターンは変化しないという結果が得られた．このことから、筋力トレーニングによって運動単位の動員パターンは変化していないと推測された．トレーニングや脱トレーニングにともなう運動単位の発火パターンを調べた研究が多くある一方、運動単位の動員パターンを評価した研究は皆無に等しい．本研究の結果から運動単位の動員パターンはトレーニングの影響を受けず、トレーニングによって改善される神経的要因は主に運動単位の発火パターンであると考えられる．

また、単一筋内の筋電図分布を定量的に評

価する手法によって、トレーニングなどにもなう縦断的な神経的要因の変化を評価できる可能性が示された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計13件)

Watanabe K、Kouzaki M、Moritani T、
Non-uniform surface EMG responses to
change in joint angle within rectus femoris
muscle、Muscle & Nerve、査読有、(accepted
for publication, in press)、2014(発行予定年)
DOI: 10.1002/mus.24232

Watanabe K、Gazzoni M、Holobar A、
Miyamoto T、Fukuda K、Merletti R、Moritani
T、Motor unit firing pattern of vastus
lateralis muscle in type 2 diabetes mellitus
patients、Muscle & Nerve、査読有、Vol. 48、
No. 5、2013、pp. 806 - 813
DOI: 10.1002/mus.23828

Watanabe K、Kouzaki M、Moritani T、
Region-specific myoelectric manifestations of
fatigue in human rectus femoris muscle、
Muscle & Nerve、査読有、Vol. 48、No. 2、
2013、pp. 226 - 234
DOI: 10.1002/mus.23739

Watanabe K、Analysis of spatio-temporal
distribution of neuromuscular activation using
multi-channel surface electromyography:
Application for health and sports science、
Advances in Exercise and Sports Physiology、
査読無(招待総説)、Vol. 19、No. 3、2013、
pp. 47 - 53
[http://ci.nii.ac.jp/vol_issue/nels/AA11107566/
ISS0000495961_ja.html](http://ci.nii.ac.jp/vol_issue/nels/AA11107566/ISS0000495961_ja.html)

Saito A、Watanabe K、Akima H: The highest
antagonistic coactivation of the vastus
intermedius muscle among quadriceps
femoris muscles during isometric knee
flexion、Journal of Electromyography and
Kinesiology、査読有、Vol. 23、2013、pp. 831
- 837

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.02.005>

高石鉄雄、對馬 明、児玉 泰、西井 匠、
小林培男、渡邊航平、秋間 広、自転車に
よる運動習慣のある中高齢者の自転車走
行中の運動強度および体力・健康レベル、
体力科学、査読有、Vol. 62、2013、pp. 331
- 341

渡邊航平、身体運動の冗長性を考える、筋
力発揮時の筋内活動パターン変化、体育の
科学、査読無(招待総説)、Vol. 63、No. 3、
2013、pp. 449 - 457

<http://www.kyorin-shoin.co.jp/MagDetail.aspx?PID=50399&LINK=magazine.aspx?PID=Z1>

Watanabe K、Miyamoto T、Tanaka Y、Fukuda
K、Moritani T、Type 2 diabetes mellitus
patients manifest characteristic spatial EMG
potential distribution pattern during sustained
isometric contraction、Diabetes Research and
Clinical Practice、査読有、Vol. 97、No. 3、
2012、pp. 468 - 473

<http://dx.doi.org/10.1016/j.diabres.2012.03.004>

Watanabe K、Kouzaki M、Moritani T、
Task-dependent spatial distribution of neural
activation pattern in human rectus femoris
muscle、Journal of Electromyography and
Kinesiology、査読有、Vol. 22、2012、pp. 251
- 258

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.11.004>

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、査読
有、Vol. 22、2012、pp. 74 - 79

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2011.09.01>

Akima H, Saito A, Watanabe K, Kouzaki M: Alternate muscle activity patterns among synergists of the quadriceps femoris including the vastus intermedius during low-level sustained contraction in men, *Muscle & Nerve*, 査読有, Vol. 46, 2012, pp. 85 - 95
DOI: 10.1002/mus.23268

渡邊航平, 神崎素樹, 森谷敏夫, 体育科学における表面筋電図法の新たな可能性、多チャンネル表面筋電図法の体育科学・健康科学・スポーツ科学への応用、*体育の科学*, 査読無(招待総説), Vol. 62, No. 5, 2012, pp. 369 - 377

<http://www.kyorin-shoin.co.jp/MagDetail.aspx?PID=50366&LINK=magazine.aspx?PID=Z1>

渡邊航平, 秋間 広: [連載] 体育科学における表面筋電図法の新たな可能性、4、中間広筋の疲労特性、*体育の科学*, 査読無(招待総説), Vol. 62, No. 4, 2012, pp. 303 - 308

<http://www.kyorin-shoin.co.jp/MagDetail.aspx?PID=50363&LINK=magazine.aspx?PID=Z1>

[学会発表](計12件)

渡邊航平, 神崎素樹, 森谷敏夫, 異なる速度における歩行時のヒト大腿直筋の部位依存的な活動制御、第18回日本体力医学会東海地方会、2014年3月16日、愛知県
安藤良介, 渡邊航平, 秋間 広, 膝関節屈曲位における大腿四頭筋の持続的な筋収縮では中間広筋が最も疲労する、第18回日本体力医学会東海地方会、2014年3月16日、愛知県

渡邊航平, 神崎素樹, 森谷敏夫, 多関節運動時におけるヒト大腿直筋の制御パターンの部位差、第68回日本体力医学会大会、2013年9月21 - 23日、東京
齋藤輝, 渡邊航平, 秋間 広, 深層筋を含

む大腿筋群の自転車運動時の筋活動パターン、第68回日本体力医学会大会、2013年9月21 - 23日、東京都

富田 彩, 齋藤輝, 安藤良介, 渡邊航平, 秋間 広, 女性を対象とした中間広筋の表面筋電図記録の妥当性、第68回日本体力医学会大会、2013年9月21 - 23日、東京都

渡邊航平, 神崎素樹, 森谷敏夫, 歩行運動時におけるヒト大腿直筋は部位によって異なる機能的役割を有する、日本体育学会第64回大会、2013年8月28 - 30日、滋賀県

渡邊航平, 神崎素樹, 森谷敏夫, ヒト大腿直筋における部位依存的な疲労特性、第17回日本体力医学会東海地方会、2013年3月16日、愛知県

渡邊航平, 神崎素樹, 森谷敏夫, ヒト大腿直筋における電気生理学的疲労特性の部位差、第26回身体動作学研究会、2013年2月28日、東京都

渡邊航平, Marco Gazzoni, Roberto Merletti, Ales Holobar, 宮本俊朗, 田中陽次, 森谷敏夫, 2型糖尿病患者における発揮筋力増加時の運動単位発火パターン、第67回日本体力医学会大会、2012年9月14 - 16日、岐阜県

渡邊航平, 多チャンネル表面筋電図法による単一筋内活動分布の時空間的变化の評価とその応用、[運動生理学専門分科会シンポジウム、身体運動の冗長性を運動生理学的視点から捉える]、日本体育学会第63回大会、2012年8月22 - 24日、神奈川県
Watanabe K, Gazzoni M, Holobar A, Miyamoto T, Fukuda K, Merletti R, Moritani T, Motor unit firing pattern in type 2 diabetes mellitus patients during sustained low force contraction, 19th Congress of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology, 2012年7月19 - 21日、

オーストラリア・ブリズベン

Miyamoto T、Watanabe K、Fukuda K、
Moritani T、Gender differences in metabolic
response to percutaneous electrical muscle
stimulation in type 2 diabetes、19th Congress
of the International Society of
Electrophysiology and Kinesiology、2012年
7月19 - 21日、オーストラリア・ブリズ
ベン

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://kwatanabe.net/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡邊 航平 (WATANABE Kohei)

中京大学・国際教養学部・准教授

研究者番号：206310990