

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 22 日現在

機関番号：33809

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25750338

研究課題名(和文) 努力に依存しない筋力発揮能力評価法の検証

研究課題名(英文) Evaluation method of effort-independent measure of force-generation capacity

研究代表者

太田 洋一(Ohta, Yoichi)

静岡福祉大学・社会福祉学部・講師

研究者番号：60551760

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)： 内在的な筋収縮特性である収縮加重と最大筋力発揮後に発揮張力が増大する活動後増強に着目し、努力に依存しない筋力発揮能力の評価法について検討した。活動後増強の大きさと2回目の刺激による収縮加重の大きさとの間には有意な被検者間の正の相関関係が認められた。この結果は、活動後増強による単収縮張力増加量が大きい被検者ほど収縮加重の大きさが大きい事を示すものである。これは、活動後増強と収縮加重の大きさに影響を与える筋特性が類似していることと、収縮加重の大きさが活動後増強による筋収縮特性の評価の代用となる可能性を示唆している。また、両者の併用は電気刺激による筋機能評価の有用性を向上させると提案する。

研究成果の概要(英文)： The present study investigated the evaluation method of effort-independent measure of force-generation capacity from the viewpoint of the summation of contraction and post-activation potentiation (PAP). The present study found that the magnitude of PAP was significantly positively correlated with the magnitude of force summation. This result suggests that muscle characteristics affecting the force summation capacity depend on the PAP, to some degree. The present study suggested that the combination of both parameters might enhance the usefulness of evaluating changes in muscle function using intrinsic contractile properties.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：収縮加重 活動後増強 筋機能 筋収縮特性 単収縮張力 筋力測定 素早い力発揮 RFD-SF

1. 研究開始当初の背景

筋力発揮能力の測定はトレーニング効果や疲労またはケガからの回復効果を定量化するためにスポーツ科学分野や臨床医療分野において必要不可欠なものである。標準的な筋力発揮能力の測定法としては、最大随意筋力 (maximal voluntary contraction: MVC) 測定がある。しかし、ケガや疲労により MVC を発揮 “できない” または “しない” 状況がある。したがって、トレーニング効果やリハビリテーション効果を正確に評価するためには、努力に依存しない (非随意的) 筋力発揮能力の測定が必要不可欠である。

非随意的な筋力発揮能力の測定として、完全強縮を引き起こすような短い刺激間隔での連続的な電気刺激 (Tetanic stimulation) を用いた最大筋力測定法がある。この手法は、筋が発揮しうる生理的な限界を測定可能だが、非常に苦痛を伴う手法であり、さらに、強度な筋収縮は筋損傷の原因ともなる。

一方、単一の電気刺激によって誘発される張力 (単収縮張力) は、簡便かつ耐えうる痛みであり、努力に依存しない筋力発揮能力の測定法として筋出力や筋疲労の評価に用いられている。単収縮張力は測定前の筋活動に影響されやすく、最大筋力発揮後の単収縮張力は最大筋力発揮前と比較すると 2~3 倍に増加する (活動後増強) (Post-Activation Potentiation: PAP)。先行研究では、PAP 有りの単収縮張力は、PAP 無しのそれよりも筋疲労を正確に評価できるとしている (Kufle et al. 2002)。一方、PAP の有無に関わらず、筋疲労時の単収縮張力は筋力発揮能力を過小評価するとの報告もある (Ohta et al. 2012)。また、活動後増強のほかに、筋力発揮能力に関係する内在的な筋収縮特性として、Catch-like Property や収縮加重 (summation of contraction) が存在する。特に、ヒトの身体活動は収縮加重の結果により引き起こされるものであり、単収縮張力の測定のみでヒトの筋力発揮能力を評価することは不十分と考えられる。

このように、努力に依存しない筋力発揮能力の測定法として単収縮張力測定は簡便であるが様々な問題点を抱えている。したがって、単収縮張力測定だけでなく、内在的な筋収縮特性を踏まえた努力に依存しない筋力発揮能力の新たな評価法の検討は重要な課題である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、内在的な筋収縮特性である収縮加重 (summation of contraction) と最大筋力発揮後に発揮張力が増大する活動後増強 (Postactivation Potentiation) に着目し、努力に依存しない筋力発揮能力評価法の有用性を明らかにすることである。

3. 研究の方法

足関節底屈筋群 (10 名) および足関節背屈筋群 (12 名) を対象に、最大随意等尺性収縮を行わせ、その前後にて 1、2、3 回のパルス

状の電気刺激を支配する神経にランダムに加え等尺性足関節底屈および背屈張力を測定した。底屈筋群のみ 2 回連続刺激は 1, 2, 4, 10, 50, 100ms の刺激間隔とし、3 回連続刺激は 10ms の刺激間隔を用いた。背屈筋群は全て 10ms の刺激間隔を用いた。足関節底屈筋群の誘発張力は後脛骨神経に電気的な刺激を加えることによって誘発した。n 回連続刺激による発揮張力から n-1 回連続刺激による発揮張力を減算することにより n 回目の刺激による効果を求め、パルスごとの発揮張力 (収縮加重の大きさ) を算出した。また、各被検者で、それぞれの刺激条件において誘発された張力と Rate of Force Development (RFD) との関係から、RFD-SF (傾き、y 切片、相関係数) を算出し、PAP の有無による違いを検討した。RFD は張力曲線を微分した最大値とした。

4. 研究成果

底屈筋群 (刺激間隔: 2, 4, 10, 50, 100ms) および背屈筋群ともに、活動後増強の大きさと 2 回目の刺激による収縮加重の大きさとの間には有意な被検者間の正の相関関係が認められた (図 1)。背屈筋群では、3 回目の刺激による張力加重の大きさとの間にも有意な相関関係が認められた。

さらに、活動後増強の大きさと単収縮張力に対する 2 回目および 3 回目の刺激による収縮加重の大きさととの関係および、MVC に対する単収縮張力の大きさととの関係を表 1 および表 2 に示した。表 1 の底屈筋群および表 2 の背屈筋群ともに、収縮加重の大きさと活動後増強の大きさに有意な関係が認められた。また、MVC に対する単収縮張力と収縮加重の大きさとの間にも有意な関係が認められたことから、大きな収縮加重を示す被検者は、Type 線維の割合が高いかもしれない。

これらの結果は、活動後増強による単収縮張力増加量が大きい被検者ほど収縮加重の大きさが大きい事を示すものである。これは、活動後増強と収縮加重の大きさに影響を与える筋特性が類似していることと、収縮加重の大きさが活動後増強による筋収縮特性の評価の代用となる可能性を示唆している。また、両者の併用は電気刺激による筋機能評価の有用性を向上させると提案する。

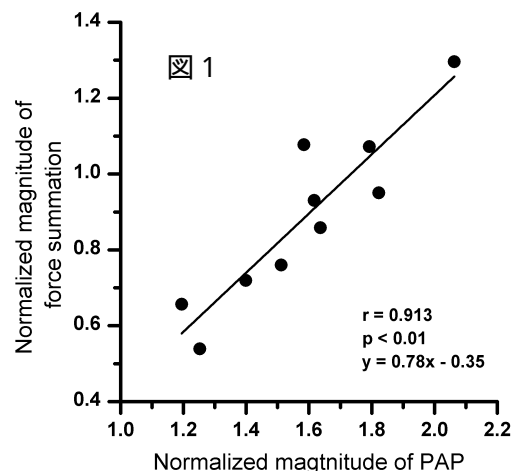


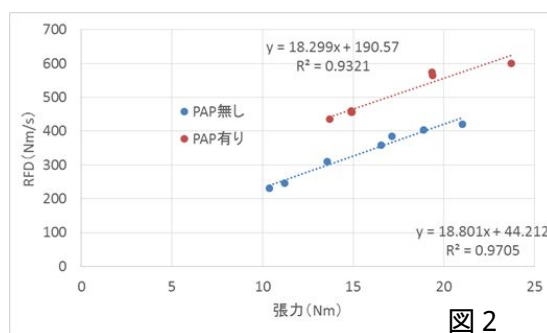
表 1	Magnitude of PAP	Pre-Pt/MVC
Magnitude of PAP		-0.666*
Pre-C2/Pt (1ms)	0.125	-0.444
Pre-C2/Pt (2ms)	0.632*	-0.614
Pre-C2/Pt (4ms)	0.913 [†]	-0.629
Pre-C2/Pt (10ms)	0.848 [†]	-0.539
Pre-C2/Pt (50ms)	0.762*	-0.524
Pre-C2/Pt (100ms)	0.697*	-0.608
Pre-C3/Pt (10ms)	0.547	-0.340
Post-C2/Pt (1ms)	-0.442	0.267
Post-C2/Pt (2ms)	-0.387	0.332
Post-C2/Pt (4ms)	0.083	-0.158
Post-C2/Pt (10ms)	0.204	-0.262
Post-C2/Pt (50ms)	-0.447	0.087
Post-C2/Pt (100ms)	-0.672*	0.120
Post-C3/Pt (10ms)	-0.552*	0.481

表 2	Magnitude of PAP	Pre-Pt/MVC
Magnitude of PAP		-0.602*
Pre-C2/Pt (10ms)	0.901 [†]	-0.598*
Pre-C3/Pt (10ms)	0.878 [†]	-0.723*
Post-C2/Pt (10ms)	-0.653*	0.193
Post-C3/Pt (10ms)	0.310	-0.419

さらに、足関節底屈筋群において、誘発張力と RFD との間には全ての被検者で有意な相関関係が認められた(図 2)。この相関関係の一次方程式の「傾き」は、RFD-Scaling factor(RFD-SF)と呼ばれている。RFD-SF は、パワートレーニングで増加することや、高齢者やパーキンソン病患者において低値を示すことが報告されていることから、RFD-SF が身体運動科学やリハビリテーション分野において、高い可能性を秘めた評価指標になる

のではないかとされている。しかし、RFD-SF の生理学的な意味には不明な点が多いのが現状である。そこで、活動後増強(PAP)を用いて、末梢的に筋機能が増加した際の RFD-SF と通常状態の RFD-SF との比較を行った。その結果、相関係数と傾きに PAP による有意な変化は認められなかったが、縦軸を RFD とした場合の y 切片は、PAP 条件で有意に高値を示した(図 2)。これは、末梢的な筋機能の増加は、RFD-SF の y 切片の増加に反映されることを示唆するものである。

以上の結果は、努力に依存しない(不随意的)筋力発揮能力の評価法における新たな知見となるものである。



参考文献

Ohta Y, Takahashi K, Matsubayashi T. Possibility of intrinsic muscle contractile properties in force summation and post-activation potentiation as indices of maximal muscle strength and muscle fatigue. Muscle & Nerve Vol. 47(6), 2013, 894-902.

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 2 件)

1. 今西平, 太田洋一. 垂直跳と下肢等尺性筋力発揮のグレーディング能力の関連性. トレーニング科学 Vol.27, No.4, 2016, 133-139
2. Ohta Y, Yotani K. Force summation and twitch potentiation capacity in human ankle plantar- and dorsi-flexor muscles. Journal of Musculoskeletal Research, Vol. 17, No.4, 2014, 1450015 (10 pages)

〔学会発表〕(計 2 件)

1. 太田洋一. 球技競技選手の移動標的に対する素早い力発揮とタイミングの正確性について 日本体育学会第 67 回大会予稿集 2016 P184
2. 太田洋一, 與谷謙吾. 発揮張力における活動後増強と収縮加重の関係. 第 69 回日本体力医学大会 9月 2014

6 . 研究組織

(1)研究代表者

太田 洋一 (OHTA, Yoichi)

静岡福祉大学 社会福祉学部 健康福祉
学科・講師

研究者番号：60551760