

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月31日現在

機関番号：17702

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700592

研究課題名（和文） 力制御課題における3次元的な力の分散とそれに纏わる筋活動との関連性

研究課題名（英文） Association between directional variability of the isometric force vector and electromyography.

研究代表者

吉武 康栄（YOSHITAKE YASUHIDE）

鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・准教授

研究者番号：70318822

研究成果の概要（和文）：

筋が発揮する力は、関節トルクとして外部に出力され測定されるが、その関節トルク（力）は測定で得られる一方向だけではなく、複数方向へ分散されている。本研究では、力の分散量様相と筋活動量変化との関連性を明瞭化することを目的とした。一連の研究の結果、1) 力と筋活動の時間空間的関連性を相互相関関数で評価した場合、力の1階微分値 ( $dF/dt$ ) と全波整流筋電図の波形の相互相関関数にピークが認められる、2) その全波整流筋電図は、運動単位の発火頻度および変動動態を反映している、3) 意図しない方向への力 ( $dF/dt$ ) に対応する全波整流筋電図の成分は存在し、特に筋疲労時にその傾向が強い、ことが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：

We have examined the followings; 1) the low-frequency component of rectified electromyography (EMG) may provide temporal information on the instantaneous rate of force fluctuations ( $dF/dt$ ) during steady contractions 2) low-frequency component of rectified EMG ( $< 5$  Hz) reflects the temporal characteristics and magnitude of the variability of motor unit discharge rate 3) the rectified EMG is associated with the unintended instantaneous rate of force fluctuations ( $dF/dt$ ) and its association is enhanced by development of muscle fatigue.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：運動制御，神経生理学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・身体教育学

キーワード：力変動，筋電図，運動単位の発火頻度

## 1. 研究開始当初の背景

力発揮は日常生活活動で頻繁に必要とされ、その強度はおおよそ最大筋力の20%以下

である。また同時に、その力発揮は意図通りに精確に調節することが要求される。したがって、力発揮に関する神経・筋機能を評価す

際には、学術的にはある目標値に対し発揮する力を精確に合わせるといった課題動作を用いられる (Yoshitake et al. 2004, 2008).

しかしながら、これまで、力測定は、ほとんどが発揮する力の一方向の筋力測定に着目して行われてきたに過ぎない。たとえば、人差し指と親指を接続する第一背側骨間筋は、人差し指を親指方向に曲げる外転および人差し指の屈曲という 2 つの異なる力の方向性を持つ筋である。また、上腕二頭筋は、その腱 (停止部) が橈骨に付着しているため、筋収縮は肘関節を屈曲する方向と前腕を回外する方向に強く働く。よって、従来の筋力測定法では、精確に筋力測定をしておらず、一方向の力測定をしていたに過ぎないことになる。

ここで、上記のように「力の分散」という概念を念頭に置き、学術的背景を基に、様々な生理学的条件下における筋力測定では、一方向だけではなく 3 次元的に力を測定する必要性を感じるに至った。

## 2. 研究の目的

- 1) 力変動と筋活動との関係
- 2) 力の分散性と筋活動との関係を明らかにすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

- 1) 力変動と筋活動との関係
  - a) 若齢成人 14 名を対象とし、第一背側骨間筋収縮による第二指の等尺性外転動作を対象動作とした。発揮筋力は、最大随意筋力 (MVC) の 2.5-60% とし、対象者にはその目標となる発揮筋力および実際に発揮している発揮筋力をリアルタイムでモニタに表示し、それらができるだけ一致するよう対象者に力を調節させた。その際、第一背側骨間筋の筋腹上より表面筋電図を双極誘導にて導出した。

デジタル化した力、筋電図信号は、それぞれ力および 1 階微分 ( $dF/dt$ )、全波整流処理を事前に行った。これらの信号は相互相関関数を算出することにより、信号間の波形類似性の定量化を行った。

- b) 8 名の若齢成人男性を対象に、第一背側骨間筋収縮による第二指の等尺性外転動作を対象動作とした。対象者の右手第一背側骨間筋の筋腹上より表面筋電図を双極誘導にて導出した。同時に、ワイヤ電極を表面筋電図電極下の筋内に挿入し、運動単位の活動電位を取得した。その際、目視により同一運動単位が定期的に発火している収縮強度を決定し、それを目標発揮筋力とした。対象者にはその目標となる発揮筋力および実際に発揮

している発揮筋力をリアルタイムでモニタに表示し、それらができるだけ一致するよう対象者に力を調節させた。表面筋電図は全波整流した後、5Hz のローパスフィルタ処理を行った。運動単位の活動電位波形から、テンプレートマッチング法により個々の運動単位の識別を行い、それぞれの瞬時発火頻度を定量化した ( $n = 11$ )。処理された全波整流筋電図および運動単位の瞬時発火頻度の相互相関関数を算出した。

## 2) 力の分散性と筋活動との関係

若齢者 (8 名) を対象とし、第一背側骨間筋収縮による第二指の等尺性外転動作を対象動作とし、力発揮時における意図しない方向への力の分散様相とそれに纏わる筋活動との関連性の解明を試みた。対象者前方のモニタにはターゲットとなる力 (X 方向) を示すラインと実際に発揮した力を示すラインを表示し、視覚的フィードバックを与えた。対象者は各課題において、発揮する力をターゲットに精確に合うようにできるだけ努力した。対象者は、(1) 等尺性の最大筋力 (X 方向) を 2.5, 5, 10, 30, 50, 70, 90% を別々に 3-5 秒間発揮する、(2) 等尺性最大筋力の 50% (ターゲット; X 方向) に発揮する力をできるだけ長時間保持する、という 2 課題を行った。

## 4. 研究成果

- 1) 力変動と筋活動との関係
  - a) 力変動と全波整流筋電図の相互相関係数は、対象者のうち 1 名のみがピークを呈しただけであった。一方、 $dF/dt$  と全波整流筋電図との相互相関係数には全対象者においてピークが認められた ( $P < 0.05$ )。また、コヒーレンス解析により、その相関関係は、5Hz 以下の低周波数成分であることも明らかとなった。以上より、力調節課題中においては、全波整流筋電図波形と力変動の 1 階微分値に低周波数帯域において類似性があることが示唆された。

- b) 上記の結果を踏まえ、全波整流筋電図の低周波成分の生理学的意義を明らかにすることを目的とした。全波整流筋電図と運動単位の瞬時発火頻度の相互相関関数は、有意でかつ正のピークを呈した ( $P < 0.05$ )。以上より、全波整流筋電図の低周波数成分は、主に運動単位発火頻度の変動を反映していることが示唆された。

## 2) 単一の筋による筋収縮中の力の分散性と筋活動との関係

第一背側骨間筋の外転方向への等尺性筋収縮中の全波整流筋電図波形と屈曲方向への力の 1 階微分値の波形との相互相関関数には

正のピークが認められたのが、全対象者8名中4名いた。また、筋疲労時においては、全対象者8名中上記4名を含む計6名が正のピークを呈した。力の分散性については多少の個人差があるものの、筋疲労時には力発揮は意図しない方向へ分散される傾向が高まり、それは筋活動の変容によることが示唆された。

#### 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6件)

1. 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. *Neurosci Lett.* 2012 ;513(2):146-150. 査読有.  
DOI: 10.1016/j.neulet.2012.02.020
2. Nakamoto H, Yoshitake Y, Takai Y, Kanehisa H, Kitamura T, Kawanishi M, Mori S. Knee extensor strength is associated with Mini-Mental State Examination scores in elderly men. *Eur J Appl Physiol.* 2012 ;112(5):1945-1953. 査読有.  
DOI: 10.1007/s00421-011-2176-9
3. Yoshitake Y, Takai Y, Kitamura T, Kawanishi M, Kanehisa H. Body mass-based exercise in middle-aged and older women. *Int J Sports Med.* 2011 ;32(12):924-928. 査読有.  
DOI: 10.1055/s-0031-1283177
4. Fujita E, Kanehisa H, Yoshitake Y, Fukunaga T, Nishizono H. Association between knee extensor strength and EMG activities during squat movement. *Med Sci Sports Exerc.* 2011 ;43(12):2328-2334. 査読有.  
DOI: 10.1249/MSS.0b013e3182207ed8
5. Katayama K, Yoshitake Y, Watanabe K, Akima H, Ishida K. Muscle deoxygenation during sustained and intermittent isometric exercise in hypoxia. *Med Sci Sports Exerc.* 2010 ;42(7):1269-1278. 査読有.  
DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181cae12f
6. 吉武康栄, 篠原 稔. 筋音図の発生機序と運動制御分野での応用性について. システム制御情報学会誌. 2010 ;54(8):327-331. 査読有.

[学会発表] (計3件)

1. 中本浩揮, 吉武康栄, 高井洋平, 前大純朗, 金久博昭, 福永哲夫. レジスタンスエクササイズが認知機能に与える一過性の効果. 第66回日本体力医学会. 2011.9.17. 山口
2. 吉武康栄. 増大・減少局面を含む力調節時における筋電図波形の意味. 第65回日本体力医学会. 2010.9.17. 千葉
3. Yoshitake Y, Shinohara M. Surface EMG contains information on small force fluctuations during force-varying contraction. The XVIII congress of the International Society of Electromyography and Kinesiology. 2010.6.18. デンマーク

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

[http://people.nifs-k.ac.jp/yasu\\_yoshitake/index.html](http://people.nifs-k.ac.jp/yasu_yoshitake/index.html)

6. 研究組織

(1)研究代表者

吉武 康栄 (YOSHITAKE YASUhide)  
鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・  
准教授  
研究者番号：70318822

(2)研究分担者

( )

研究者番号：

(3)連携研究者

( )

研究者番号：