

平成21年6月12日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2008

課題番号：18500458

研究課題名（和文） コヒーレンス解析からみた運動単位発射様式の解明

研究課題名（英文） Coherence analysis of human motor unit firings

研究代表者

水村 信二（MIZUMURA SHINJI）

明治大学・文学部・教授

研究者番号：50267358

研究成果の概要：

本研究は、ヒトが随意的に様々な筋活動を行う際に観察される筋の電気的信号と力信号を、表面電極或いはワイヤー電極と3軸分力計を用いて記録し、コヒーレンス解析などの周波数解析を中心とした筋電気信号の解析を行うことにより、ヒト随意運動時の中枢神経系の制御様式を推測することを目的とした。その結果、大腿筋群における表面筋電気信号の解析からは、拮抗筋活動レベルと発揮された力方向との関連性などが、筋内電気信号の解析からは、運動単位の動員閾値と発射頻度との関連性などが明らかとなった。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,900,000	0	1,900,000
2007年度	900,000	270,000	1,170,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	510,000	4,110,000

研究分野：総合領域

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：随意運動、表面筋電気活動、筋内電気活動、運動単位、動員閾値、発射頻度
3軸分力解析

1. 研究開始当初の背景

運動単位個々の発射様式に関する代表的な指標として、「動員閾値」および「発射頻

度」が挙げられる。また、複数の運動単位間の相互関係を示すもっとも広く用いられている指標として、「synchronization」が

挙げられる。この **synchronization** は、運動単位間の「時間軸上の発射同期性」を示す指標であり、中枢神経系による運動単位制御様式の一つとして認められている「**common drive (De Luca 1985)**」の程度を評価するために用いられるものである。しかしながら最近、高速フーリエ変換などの周波数解析を施すことにより、波形データ間の「周波数軸上の発射同期性」を示す「**コヒーレンス**」という指標が「神経・筋疾患患者」を対象として、表面筋電図間にも応用されている。そこで、このコヒーレンス解析を運動単位間の発射データに適用させれば、健常者を対象とした中枢神経系の制御メカニズムに関する基礎的知見を得ることが可能であると考えに至った。

2. 研究の目的

本研究の目的は、健常者を対象として、大きな力発揮が求められる「下肢の大きな筋（大腿の筋）」において、運動単位発射列データから周波数解析を施すことにより、中枢神経系が α 運動ニューロンを支配しているメカニズムの一端を明らかにしようとするものである。この目的を達成するため本研究課題では、(1)四極ワイヤー電極を用いて筋内電気活動を記録し、(2)マルチテンプレートマッチング法を用いて、運動単位の動員閾値および発火頻度を正確に解析した。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するため、以下の方法にて実験を行った。

(1) 被験者

健常男性 10 名

(2) 被験筋

①表面筋電図；内側広筋、外側広筋およ

び大腿直筋、半腱様筋、大腿二頭筋

②「筋内筋電図；内側広筋。

(3) 力発揮課題

①右脚の等尺性膝伸展力発揮課題（力漸増→保持→漸減）。

力漸増相；10%MVC/秒

力保持相；5, 10, 20, 40%MVC、
各 10 秒保持

力漸減相；-10%MVC/秒

上記の試行を十分な休息をはさみ、各力レベル 2 試行、合計 8 試行。

②すばやい力発揮課題

③すばやい力発揮の正確さ制御課題

(3) 電極

①表面電極：銀塩化銀電極を使用。

②ワイヤー電極：申請者が四極針電極から改良した四極ワイヤー電極を使用して筋内筋電図を記録。

(4) 記録パラメータ

力信号（3 軸分力）、

表面筋電図

筋内筋電図。

(5) 解析

表面筋電図：

筋内筋電図：Spike 2 ver.5 を用いて、個々の運動単位を同定し、個々の運動単位の動員閾値および発射頻度を測定した。

4. 研究成果

表面筋電気信号と三軸分力の解析からは、(1)一軸性の関節である膝関節における等尺性条件でのすばやい力発揮の力方向は常に一定ではないこと、そして、(2)その力方向は主動筋間の活動バランスよりも拮抗筋（半腱様筋）の活動レベルに依存していたことなどが明らかとなった。更に、様々な力発揮課題における筋内電気信号の解析からは、(3)随意最

大筋力(100%MVC)付近までゆっくりと力を漸増させた三角状の力発揮課題や、25%MVC程度まで力を漸増-保持-漸減させた力発揮課題においては、動員閾値の低い運動単位では、動員閾値の高い運動単位よりも発射頻度が高いこと、しかしながら、(4)両者の発射頻度の変化は、ほぼ一様に制御されていたこと (onion skin 現象)、そして、(5)すばやい力発揮の際には、動員閾値が 0%MVC になったが、先に動員された運動単位は後に動員されたものよりも発射数が多く発射頻度が高かったことなどが明らかとなった。

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 7 件)

- 1) Mizumura, S., Maezawa, K., McGrath, F. K. Motor unit firings during voluntary isometric ramp and ballistic contractions in human vastus medialis muscle, *Proceedings of the XXVIIth International Conference on Biomechanics in Sports*, 4pages, (2009). (peer reviewed)
- 2) Mizumura, S., Relation between variation of first agonist burst and direction of force during isometric ballistic contraction at knee joint, *Journal of Humanities Meiji University*, 14, 43-54, (2008). (学内査読あり)
- 3) Mizumura, S., Maezawa, K., Ohtsuki, T. Direction of isometric ballistic force is related to antagonistic muscle discharge, *Proceedings of the XXVIIth International*

Conference on Biomechanics in Sports, 214-217, (2008). (peer reviewed)

- 4) 水村信二, すばやい力発揮の 3 軸分力解析, 明治大学人文科学研究所紀要, 63巻, 175-184, (2008). (学内査読あり)
 - 5) 水村信二, 大腿伸筋におけるすばやい力発揮の正確さ制御, 明治大学教養論集, 428号, p159-173, 2008. (査読なし)
 - 6) Mizumura, S., Motor unit firing behavior during isometric constant-force contraction in human vastus medialis muscle, *Journal of Humanities Meiji University*, Vol. 13, p23-35, 20
 - 7) 水村信二, 筋内電気活動の解析方法に関する研究, 明治大学人文科学研究所紀要, 60巻, p273-287, 2007. (査読なし)
- [学会発表] (計 6 件)
- 1) Mizumura, S., Maezawa, K., Ohtsuki, T., Motor unit firing behavior during isometric low-level constant-force contraction in human vastus medialis muscle, 第 63 回日本体力医学会, 2008/9/18-20, 大分.
 - 2) Mizumura, S., RELATIONSHIP BETWEEN DIRECTION OF FORCE AND MUSCLE DISCHARGES DURING BALLISTIC KNEE EXTENSION FORCE PRODUCTION, 日本バイオメカニクス学会第20回大会, 2008/08/26, 仙台.
 - 3) Mizumura, S., Maezawa, K., Ohtsuki,

T., DIRECTION OF ISOMETRIC BALLISTIC FORCE IS RELATED TO ANTAGONISTIC MUSCULE DISCHARGE, XXXIth Congress of International Society of Biomechanics in Sports, 2008/07/16, Seoul, Korea.

- 4) Kimura, M., Mizumura, S., Ohtsuki, T. & Maezawa, K., Decrease in motor unit firing rates during isometric low-level constant-force contraction of the human vastus medialis muscle, *Abstract Book of the 12th Annual Meeting of European College of Sport Science*, p1606, 2007
- 5) Mizumura, S. & Ohtsuki, T., Multi-channel analysis of intramuscular electric signal during low and sustained force exertion, *日本バイオメカ学会大会論集, 第19回大会号*, 2006年.
- 6) Mizumura, S., Ohtsuki, T. & Maezawa, K., Multi-channel07. (***Reviewed***)
- 7) Mizumura, S. & Ohtsuki, T., Multi-channel analysis of human intra-muscular electric signals, *Proceedings of the 11th Congress of European College of Sport Science*, 2006.

[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]
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

水村信二 (MIZUMURA SHINJI)

明治大学・文学部・教授

研究者番号：50267358

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし