

---

平成19年度研究活動助成金成果報告 1

## 伸張性筋収縮による筋損傷および遅発性筋痛が 感覚-運動制御系に与える影響

遠藤 隆志

国立障害者リハビリテーションセンター研究所運動機能系障害研究部

Effect of muscle damage and delayed onset muscle soreness induces by  
eccentric contractions on sensorimotor functions

Takashi ENDOH

Department of Rehabilitation for Movement Functions, Research institute, National  
Rehabilitation Center for Persons with Disabilities

---

### I. 緒言

階段を下るときの大腿四頭筋や物をゆっくりと下ろすときの上腕二頭筋のように筋が収縮しながらも引き延ばされる伸張性筋収縮を繰り返すことによって、筋に微細な損傷が生じること、またその運動終了1-2 日後に損傷した筋の炎症・再生過程より遅発性筋痛が生じることが広く知られている (1)。この筋損傷および遅発性筋痛時には、最大筋力 (MVC) の低下、筋力発揮時の振戦の増大、力発揮感覚の低下および筋疲労の増大などの様々な運動機能の低下が生じることが報告されている。近年、我々のグループは伸張性運動後におけるこれらの運動機能の低下の要因として、末梢筋の損傷だけでなく、それに伴って随意指令や皮質脊髄路の興奮性などの中枢の変化も大きく関与していることを明らかにしてきた (2,3)。その一方で、運動遂行時には、様々な感覚受容器からの体性感覚情報およびこれらを脳や脊髄などの中枢において制御することが必要不可欠であることはこれまでの研究より明白であるが、この中枢における体性感覚情報の制御動態が伸張性筋収縮による筋損傷および遅発性筋痛によってどのような影響を受けるかは明らかになっていない。

そこで、本研究では伸張性筋収縮後の筋損傷および遅発性筋痛が力発揮中の大脳皮質への体性感覚入力に与える影響を明らかにすることを目的とした。

### II. 方法

被験者は7名 (21-23 歳) の健常男性であり、左腕を実験に用いた。全ての被験者は、自作の筋力計上に

肘関節角度 90 度で最大努力における筋力発揮を 5 秒間行うよう教示され、検者は被験者の最大努力による筋力発揮の 1 秒後より筋力計のレバーアームを操作し、最大伸展位 (180 度) まで 3 秒間で被験者の肘関節を伸展した。被験者は肘関節の完全伸展後も 1 秒間最大努力による筋力発揮を持続した。この運動を 15 秒間の休息を挟んで 30 回繰り返した (伸張性運動; ECC)。この ECC の前、2 および 4 日後には、肘関節 90 度での MVC および上腕二頭筋の触診中 Visual analog scale (VAS; 0-100mm を使用) を用いた筋痛の計測、および体性感覚誘発電位 (SEP) の測定を行った。SEP は、被験者が安静時および 10%MVC 発揮中に上腕外側部より橈骨神経に経皮的電気刺激を与え、国際 10-20 法に基づく FPz および C4 の 2cm 後方に貼付した脳波導出用の電極 (銀塩化銀電極) より導出された。刺激強度は腕橈骨筋の表面筋電図において M 波を観察し、10%Mmax になるように調整し、2Hz の頻度で 200 回与えた。SEP は加算平均することで得られた、刺激後 15ms 付近で陰性に振れる成分 (N15) および刺激後 20ms 付近で陽性に振れる成分 (P20) のピーク振幅を計測した。SEP は運動中の一次体性感覚野への流入量を評価するために 10%MVC 時の SEP を安静時の SEP で標準化した (gating)。

### III. 結果

肘関節屈曲の MVC は ECC2 日および 4 日後においてもそれぞれ ECC 前の 65.6%、73.6%に有意に低下した (ともに  $p<0.01$ )。一方、VAS は ECC 前で 4.63mm であったのに比して、ECC2 日後および 4 日後で、それぞれ 50.0mm、50.1mm に有意に増大した (ともに  $p<0.01$ )。安静時に対する運動中の SEP の比率 (gating) は ECC 前で 86.8 %であったが、ECC2 日後に 69.4 %、ECC4 日後に 66.8 %にそれぞれ有意に小さくなった (ともに  $p<0.05$ )。

### IV. 考察

本研究では、ECC の 2 および 4 日後に有意な MVC の低下が認められ、これは筋損傷によるものであると考えられた。また、ECC の 2 日後以降に有意な VAS の増大は遅発性筋痛の発症を示し、このことも ECC によって筋が損傷したことを支持する。

本研究では、ECC 前に比して ECC の 2 および 4 日後では、安静時の SEP に比べて運動時の SEP が小さくなり、gating が増大した結果となった。このことは、伸張性運動によって引き起こされた筋損傷および遅発性筋痛時の運動中は体性感覚入力に伸張性運動前より減弱されることを示唆する。安静時に比して運動中には SEP は減弱することは知られており、この要因としては、1)随意運動指令による末梢性感覚情報の抑制、2)運動に伴う末梢性感覚情報の干渉、が考えられている (4)。また、この経路としては皮質 (一次体性感覚野) および皮質下 (後索核・視床・脊髄) など多くの部位が関与することが知られている。先行研究より、伸張性運動による筋損傷によって運動遂行時の努力感および随意運動指令が増大する可能性が示唆されている (1,3)。また、本研究結果でも示したように伸張性運動の 2 日後以降には遅発性筋痛が生じるため、末梢性感覚情報は伸張性運動前に比して増大している可能性が考えられる。ゆえに、伸張性筋収縮による筋損傷および遅発性筋痛が引き起こされた時の運動中における体性感覚入力の減弱には筋損傷に伴う随意運動指令の増大および筋痛などに由来する末梢性感覚情報の増大の両方が関与している可能性が示唆される。

### V. 文献

- 1) Proske U, and Morgan DL. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *J. Physiol.* 537: 333-345, 2001.
- 1) Endoh T, Nakajima T, Sakamoto M, Komiyama T. Effects of muscle damage induced by eccentric

exercise on muscle fatigue. *Med Sci Sports Exerc.* 37: 1151-1156, 2005

3) Endoh T, Saga N, Ushiba J, Tsuchiya M, Yoneda T. Corticomuscular coherence immediately after eccentric and concentric exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 41: 354, 2009

2) Jones SJ, Halonen JP, Shawkat F. Centrifugal and centripetal mechanisms involved in the 'gating' of cortical SEPs during movement. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 74: 36-45, 1989

#### 謝辞

本研究を遂行するにあたり、研究助成を賜りました千葉体育学会に深く感謝致します。また本研究に多大なる助言および補助をしていただいた、千葉大学小宮山伴与志氏、日本学術振興会中島剛氏、早稲田大学坂本将基氏に深く感謝致します。