

伸張性筋収縮による筋損傷が運動学習に与える影響と その神経生理学的要因

国立障害者
リハビリテーションセンター研究所 遠藤 隆志
(共同研究者) 早稲田大学大学院 小川 哲也
東京大学大学院 中澤 公孝

The Effects of Muscle Dmage Induced by Eccentric Exercise on Motor Learning and It's Neurophysiological Mechanism in Hand Muscles

by

Takashi Endoh

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

Tetsuya Ogawa

Graduate School of Human Sciences, Waseda University

Kimitaka Nakazawa

*Department of Life Science, Graduate School of Arts and Sciences,
University of Tokyo*

ABSTRACT

The purpose of this study was to clarify the effects of muscle damage induced by eccentric exercise on motor learning and its neurophysiological mechanism. In seven subjects, maximal voluntary contraction (MVC) and a motor learning task using pincer grip were assessed before and after eccentric exercise (ECC) of the first dorsal interosseous muscle (FDI). For the motor learning task, subjects were instructed to make a cursor follow a series of target line on an oscilloscope by precisely controlling the voluntary force. During 10% MVC, transcranial magnetic stimulations were applied at a wide range of intensities ($0.8-2.0 \times$ active threshold) to obtain a recruitment curve of the

motor evoked potentials (MEP) in FDI. Following ECC, MVC was decreased to 75% of the pre-exercise value without any muscle soreness. During the motor learning task, the absolute error between target line and actual voluntary force and background electromyographic (EMG) activities in FDI were significantly higher after ECC than before. Maximum value of MEP and slope, which were assessed by Boltzmann sigmoid function, were significantly increased after ECC. The calculated threshold of MEP did not change before and after ECC. These results suggest that muscle damage induced by ECC increased the corticospinal excitability which can be seen at high stimulator output levels. This could be attributed to increased EMG activities during voluntary contractions which disrupted motor learning ability after ECC.

要 旨

本研究は、伸張性筋収縮による筋損傷が運動学習に与える影響とその背景にある神経生理学的機序を明らかにすることを目的とした。7名の健康被験者は最大把持力が50%に低下するまで反復的に伸張性運動 (ECC) を行った。このECC前およびその約3時間後に、複雑な力制御を繰り返す運動学習課題を行った。また、活動時間閾値の0.8から2倍の経頭蓋磁気刺激 (TMS) を被験者の皮質運動野上に与え、第一背側骨間筋 (FDI) から誘発された運動誘発電位 (MEP) より、その動員曲線を算出した。運動学習課題終盤における目標と実際に発揮している筋力間の絶対誤差およびFDIの背景筋電図量はECC後でECC前に比して有意に大きかった。また、TMSによるMEPの動員曲線から計算されたMEPの最大値および動員曲線の傾きはECC前に比して、ECC後で有意に大きかった。これらの結果より、伸張性運動後の筋損傷により皮質脊髄路の興奮性が高まり、力発揮中の背景筋電図量の増大と運動学習の阻害を引き起こす可能性が示唆された。

緒 言

伸張性筋収縮 (Eccentric contraction ; ECC)

を含む運動を繰り返し行うと、筋線維は強制的に引き伸ばされ、筋線維ならびに筋原線維が損傷を受けることが多くの先行研究によって報告されている^{1, 11, 17)}。また、これまでにこの筋損傷と関係して、筋損傷を引き起こす運動終了8~12時間後から筋に遅発性筋肉痛 (Delayed onset muscle soreness ; DOMS) と呼ばれる特有の痛みが認められること、最大随意筋力 (Maximal voluntary contraction ; MVC) の低下、関節可動域の減少、筋の浮腫が生じることなどが報告されている¹⁾。近年、ECC後に、相対的に同じ静的力発揮を行っているにも関わらず、背景筋放電量 (Background electromyographic activity ; BG EMG) ならびにこの時の力の変動が大きく増大することが報告されている^{6, 9, 10, 12, 18)}。また、我々は経頭蓋磁気刺激 (Transcranial magnetic stimulation ; TMS) を持続的なMVC発揮中に与え、伸張性運動によって引き起こされた筋損傷が皮質運動野より上位が原因となった中枢性疲労を亢進させることを報告した^{7, 8)}。さらに、ECC後には、力発揮感覚が低下することが報告されている^{16, 21)}。これらの先行研究では、ECCによる遅発性筋痛ではなく、筋損傷が運動遂行時の中枢神経系の変化を引き起こす要因となっていることを示唆している。しかしながら、ECC後に中枢神

経系においてどのような変化が生じているかはほとんど明らかにされていない¹⁰⁾。

運動を学習する際に、皮質運動野が重要な役割を果たしていることは多数の先行研究から明白である^{2,13)}。また、皮質脊髄路の興奮性も運動技能の向上とともに増大することが報告されている^{2,14)}。これまでECCによる筋損傷が引き起こされた状態での運動学習効果について検討した報告は見当たらないが、上述のように中枢の運動制御機構はECCによる筋損傷の影響を受けるため、運動学習もその影響を受ける可能性が予測される。ゆえに、本研究では、伸張性筋収縮による筋損傷が力制御の学習に与える影響を明らかにすること、およびTMSを用いて皮質脊髄路に対する刺激の入出力関係を調べ、その背景にあると考えられる神経生理学的機序を明らかにすることを目的とした。