

自転車通勤と歩行通勤の筋力発揮 能力に与える影響の差について

東京慈恵会医科大学 森 本 茂
(共同研究者) 同 小野寺 昇
愛知教育大学 春日 則 克

Effect of Muscular Training on Single Motor Unit Activity in Human Muscle

by

Shigeru Morimoto, Sho Onodera

Dept. of Physiol., The Jikei Univ. Sch. of Med.

Norikatsu Kasuga

Dept. of Physical Education., Aichi Univ. of Education

ABSTRACT

Recently Morimoto et al. (1980) reported that the electrical responses of particular single motor units could be detected by the surface electrodes with good reproducibility.

In this communication, we would report the responses of the particular motor unit during the submaximal voluntary prolonged activity before and after the muscular training.

The results were as follows:

1) Before the muscular training, the discharge frequency of the motor unit during the activity decreased for 3-4 min and increased gradually. The conduction velocity decreased monotonously during the activity.

2) Immediately after the training, the discharge frequency showed no large variations compared with the result obtained before the training. The decrement rate of the conduction velocity was decreased by the training.

3) At 4 weeks after the muscular training, the discharge pattern and

the decrement rate of the conduction velocity showed the similar manners to the control.

4) The changes of the recruitment threshold values was not observed by the muscular training.

要 旨

筋力発揮能力に対して、自転車による運動負荷がどのような影響を与えるかを検討することを目的とした。筋力発揮能力の示標として、単一運動単位の放電頻度と筋における興奮伝導速度を用いた。被検者は、従来特別な運動を行なっていない健康成人男子2名(27, 31歳)とし、被験筋は右内側広筋を用いた。

その結果、単一運動単位の活動参加閾値の運動負荷による変化は観察されなかった。しかし、持続的筋力発揮に対する単一運動単位の放電頻度、伝導速度の反応に差異が観察された。すなわち、持続的筋力発揮に伴う活動電位放電頻度減少が小さく、興奮伝導速度の減少が顕著ではなくなった。

緒 言

筋力トレーニングにおける効果は、その形態的变化、パフォーマンスの向上などとして得ることができる。しかし、そこに内在する中枢性および末梢性の機能的変化からとらえた研究は見あたらない。

中枢性の情報と末梢性(筋)の情報の二面性をもっと考えられる筋における単一運動単位の活動電位は従来、針電極などを用いて筋中より直接導出されている。この方法には、同一の単一運動単位の活動電位を異なった実験で再現性をもって導出することは不可能であるため、トレーニング効果などのような長期的に特定の運動単位を追って研究することができない。

著者ら(1980)は¹⁾、ある特定の単一運動単位の活動電位を表面電極で導出できることを報告した。同時に、特定の単一運動単位活動電位を高い再現性をもって観察できることを報告した。この方法を用いて、軽度のトレーニング—自転車通勤が、単一運動単位の活動性にどのような影響を及ぼすかを観察した。

方 法

被験者は健康成人男子2名(27, 31歳)とし、被験筋は右内側広筋を用いた。上記の被験者は従来、特別な規則的運動を行なっていない。

筋力測定にはロードセル(日本光電 RT13-100 K)、増幅器(日本光電 RP-3)系によった。単一運動単位の活動電位は、表面電極(直径5mmの銀板電極)を用い、平衡増幅器(ダイアメディカル DPA 400-C)で増幅した。以上の信号は陰極線オシロスコープ(日本光電 VC-9)に表示し、連続写真撮影装置(日本光電 PC-2B)を用いて記録した。

被験者は台に腰かけて下腿を下垂した。足関節部に生じる右膝関節伸展張力を等尺性に測定した。単一運動単位の活動参加閾値は、膝関節伸展張力を10N/Sの勾配をもって増加した時、観察している運動単位がはじめて活動した時点の張力とした。また、持続的筋力発揮は40Nを目標張力とし、10分間保持した。この間の活動電位の放電頻度および筋における単一運動単位活動電位伝導速度を観察した。なお、回復の過程として、休止後1分、5分の値を観察した。

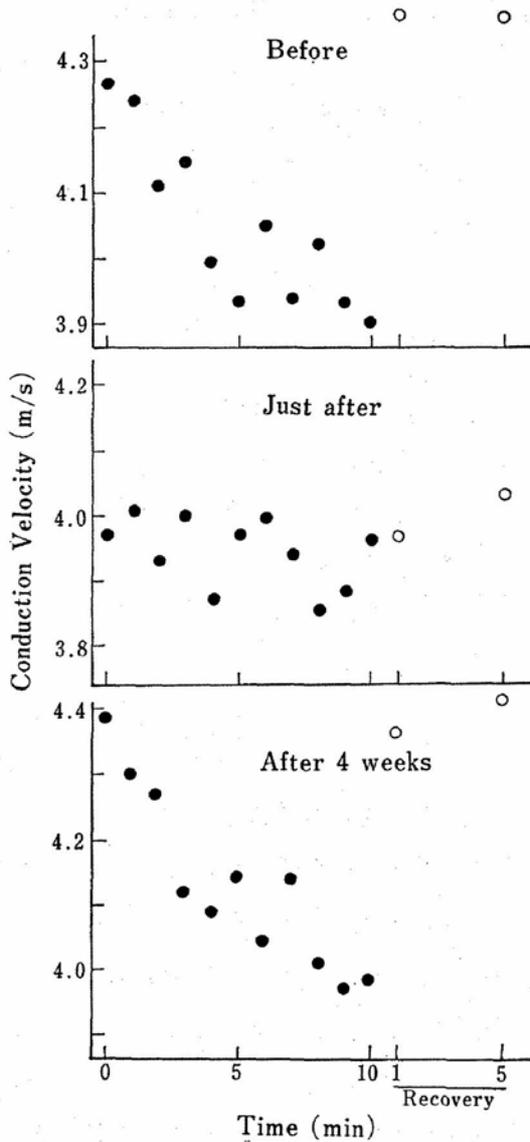


図1

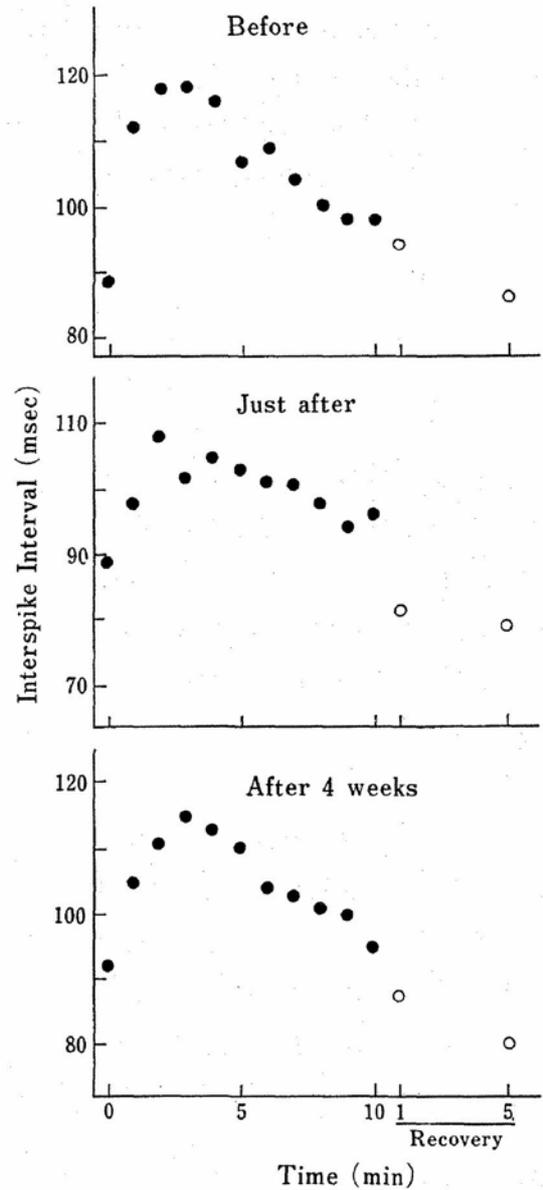


図2

自転車による運動負荷は、1日約30分とし、1週間に6日を目標とした。自転車による運動負荷は1ヶ月間続けられた。

(図1, 2中の点はすべて1分毎初めの10秒間の平均値を示す)

結 果

筋活動電位伝導速度

単一運動単位の活動電位伝導速度は、持続的筋力発揮時に減少する。

図1は、自転車運動負荷を行なう前、負荷4週直後、負荷終了後4週時での活動電位伝導速度の

持続的筋力発揮に対する実験結果を示したものである。

負荷前、終了後4週目の実験成績では、伝導速度の減少が顕著である。負荷4週終了直後では、伝導速度減少が小さくなっているが観察された。

各の実験の伝導速度の初期値の相違は、日差変動と考えられる。

単一運動単位の放電間隔

単一運動単位の活動参加閾値は、負荷前、 $24.0 \pm 1.9N$ ($n=20$)、終了直後 $24.1 \pm 2.4N$ ($n=21$)、終了後4週 $23.1 \pm 2.0N$ ($n=21$) であった。この

結果から、自転車運動負荷による活動参加閾値の変動は観察されなかった。

図 2 に、持続的筋力発揮時の単一運動単位活動電位の放電間隔の変動を示した。筋力発揮後、放電間隔の増大が見られ、発揮後 3—4 分で最長の放電間隔をとった。その後徐々に放電間隔が短くなる傾向がすべての実験において観察された。しかし、負荷終了直後の実験成績は、他の成績に比べると放電間隔の変動が小さくなっている。

考 察

中枢性と末梢性（筋）の情報をもっと考えられる筋における単一運動単位の活動電位は、針電極などを用いて直接筋中より導出される。しかし、同一の単一運動単位の活動電位を別の日の実験で再現性をもって導出することは不可能であると考えられる。しかし、著者ら(1980)は¹⁾、表面電極を用いて特定の単一運動単位活動電位を再現性をもって導出することが可能であることを報告した。

そこで、本研究において、この表面電極法を用いて単一運動単位に対する軽度トレーニング効果について観察した。

Grimby ら (1981) は²⁾、筋力トレーニングによって最大筋力発揮時間の延長を報告したが、運動単位活動に対する効果については説明されていない。

Bigland-Ritchie ら (1979) は³⁾、運動単位の発火は筋張力が発揮不可能になるまで維持されることを報告している。この報告は、本研究の結果を支持するものであるが、直接運動単位の活動電位を観察するものではない。

運動負荷終了直後での持続的筋力発揮時における放電間隔の反応様式は明らかに、負荷前、終了後 4 週の反応様式と異なっている。

この結果から、直接トレーニング効果と断定することは困難であるが、なんらかの変化が中枢出

力系におこったものと考えられる。

Stalberg (1966) は⁴⁾、multielectrode を用いて、筋線維活動電位の伝導速度を観察し、持続的筋力発揮により速度の減少を報告している。

本研究の図 1 に示した負荷前、終了後 4 週時での興奮伝導速度減少は Stalberg の報告と一致する。負荷終了直後の伝導速度の筋力発揮に対する実験結果は明らかに、負荷前、終了後 4 週の結果と異なっている。運動負荷により、筋の興奮性膜の持続的発火に対する反応様式が変化したものと考えられる。

本研究で示した単一運動単位の活動性の持続的筋力発揮に対する反応の変化が、筋力トレーニングによるものとの断定は困難ではあるが、可能性は大であると考えたい。しかし、本報告で示した結果は、1 つの運動単位から得られたもので、一般性を欠いている。今後の課題として、一般性はもちろんであるが、再現性を早急に追求すべきと考える。

本研究を行うに当たり、慈恵医大第 1 生理学教室教授増田允先生より御指導、御援助をいただいた。ここに深謝いたします。

文 献

- 1) Morimoto, S., Umazume, Y. and Masuda, M.: Properties of Spike Potentials Detected by a Surface Electrode in Intact Human Muscle. *J.J. Physiol.* **30**, 71—80 (1980)
- 2) Grimby, L., Hannerz, J. and Hedman, B.: The Fatigue and Voluntary Discharge Properties of Single Motor Units in Man. *J. Physiol.* **316**, 545—554 (1981)
- 3) Bigland-Ritchie, B., Jones, D.A. and Woods, J.J.: Excitation Frequency and Muscle Fatigue: Electrical Responses during Human Voluntary and Stimulated Contractions. *Exp. Neurol.* **64**, 414—427 (1977)
- 4) Stalberg, E.: Propagation Velocity in Human Muscle Fibers in situ. *Acta Physiol. Scand.* **70**, Suppl. 287 (1966)