

資料

伸張性サイクリング時の大腿四頭筋の神経筋活動

江間諒一¹⁾

Neuromuscular activation of the quadriceps femoris during eccentric cycling

EMA Ryoichi

Abstract

This study compared the neuromuscular activation of the quadriceps femoris during eccentric and concentric cycling. Nine healthy young men performed a 30-s eccentric and concentric cycling at 350 W. Neuromuscular activation of the vastus lateralis during cycling was assessed using surface electromyography (EMG). Rating of perceived exertion (RPE) was evaluated by the Borg Scale. The EMG amplitude of the vastus lateralis was $33 \pm 18\%$ greater during concentric than eccentric cycling. The RPE (16 ± 3) during concentric cycling was significantly higher than that (14 ± 4) during eccentric cycling, and the magnitude of RPE corresponded the level of "hard". The results demonstrated that neuromuscular activation of the quadriceps femoris was lower during eccentric than concentric cycling at high intensity.

本研究は、伸張性サイクリングと短縮性サイクリング時における大腿四頭筋の神経筋活動を比較することを目的とした。健康な成人男性9名が、350 Wのパワー発揮条件において、30秒間の伸張性サイクリングと短縮性サイクリングをそれぞれ実施した。表面筋電図を用いて、サイクリング中の外側広筋の神経筋活動を定量した。ボルグスケールを用いて、それぞれのサイクリングにおける主観的運動強度を比較した。短縮性サイクリング時の筋電図振幅は伸張性サイクリング時のものよりも $33 \pm 18\%$ 大きかった ($P < 0.05$)。同様に、主観的運動強度は短縮性サイクリング時 (16 ± 3) が伸張性サイクリング時 (14 ± 4) よりも有意に高く、主観的運動強度としてきついレベルに相当した。本研究の結果、高強度で実施した伸張性サイクリング時における大腿四頭筋の神経筋活動は、短縮性サイクリングよりも低いことが示された。

I. 緒言

筋の収縮様式は大きく3つの種類に分類することができる。等尺性収縮、短縮性収縮、および伸張性収縮である。等尺性収縮とは、筋の静的な収縮を伴う運動のことで、関節の角度に目にみえる動きはないが、負荷や努力度に応じて、収縮する筋の発揮する力は変化する。短縮性収縮では、筋は短くなりながら力を発揮する。伸張性収縮では、筋が力を出しながら、その長さは引き伸ばされていく。

サイクリング運動は、健康増進やスポーツ

競技力の向上を目的として広く実施されている運動である。通常のサイクリング運動は、脚部の筋を使ってペダルを前方へ踏みこむことにより達成される。脚部の筋の中でも、大腿四頭筋はペダル踏力を生み出すために重要な役割を果たす筋群である。このとき、大腿四頭筋は短縮性収縮を行っており¹⁾、本研究では通常のサイクリングを短縮性サイクリングと呼ぶ。それに対して、自動的に逆回転するペダルに対して抵抗する(ブレーキをかけるような)力を加えることで、大腿四頭筋が

1) 静岡産業大学経営学部
〒438-0043静岡県磐田市大原1572-1

1) School of Management, Shizuoka Sangyo University
1572-1 Owara, Iwata, Shizuoka, 438-0043, Japan.

伸張性収縮を行う¹⁾エルゴメーターが開発され(伸張性サイクリング)、海外の研究グループが積極的に利用するようになってきた。高齢者やアスリートへのトレーニング手段として活用できるのではないかと議論がされ始めたが、運動中における生理学的データが乏しいのが現状である。筋電図法によって得られる筋電図振幅値は、運動中の神経筋活動の程度を反映する指標であり、筋量の増加などといった運動の長期的効果との関連が指摘されている²⁾。そこで本研究は、短縮性サイクリングと比較することを通じて、伸張性サイクリング運動時における大腿四頭筋の筋活動量について評価することを目的とした。

II. 方法

健康成人男性9名(21.2 ± 0.8歳、173.3 ± 5.7 cm、69.4 ± 9.9 kg、平均 ± 標準偏差)を対象として実験を行った。短縮性サイクリングと伸張性サイクリング時の姿勢が同様となるよう、被験者ごとに、実験で活用する短縮性サイクリングマシン(Highpower Ergometer, Takei Scientific Instruments, Japan)と伸張性サイクリングマシン(Cyclus 2 Eccentric, Leipzig, Germany)のサドル高を設定した。サドル高は、ペダル最下点において、膝関節がやや屈曲する角度とした。事前に、被験者に対して実験内容と方法について説明を行い、同意書に署名をもらった。本研究は、静岡産業大学における研究倫理審査委員会の承認を事前に得た。

被験者には、350Wのパワー設定条件において、短縮性サイクリングおよび伸張性サイクリング運動を実施してもらった。それぞれ、30秒間のサイクリング運動を60回転/分のスピード、すなわち30回転の運動を実施してもらった。表面筋電図(Trigno EMG System, Delsys, USA)を用いて、サイクリング時における外側広筋の筋活動をモニターした。外側広筋を対象とした理由は、大腿四頭筋の中で最も大きな筋であり³⁾、サイクリング運動において重要な役割を果たすと考えられている⁴⁾ためである。電極貼付のための処理を終えたのち、大腿中央部、

外側広筋上の皮膚上に表面電極を貼付した。得られた筋電図から、各回転時の実効値を算出し、11～20回転時の平均値を代表値とした。加えて、サイクリング運動実施後に、ボルグスケール⁵⁾を用いて主観的運動強度を測定した。ボルグスケールは、6から20の範囲において1刻みで運動強度を判断する指標であり、数字が大きいほど主観的運動強度が高いことを意味する。

全ての結果は平均 ± 標準偏差で示す。統計処理には、SPSS(バージョン25, IBM, USA)を用いた。筋活動および主観的運動強度について、対応のあるt検定を実施した。有意水準はP < 0.05とした。

III. 結果と考察

主観的運動強度は短縮性サイクリング時(16 ± 3)が伸張性サイクリング時(14 ± 4)よりも有意に高かった。ボルグスケールの基準では、主観的運動強度11が「楽である」、13が「ややきつい」、15が「きつい」に相当する⁵⁾。両サイクリングの運動強度について、生活習慣病患者等に推奨される運動強度⁶⁾である「楽である」「ややきつい」を上回っていた。よって、本研究で実施した350Wという運動強度は、健康増進のために実施するというよりは、アスリートが競技力向上を目的として実施するのに適した強度であると考えられる。

外側広筋の神経筋活動(図1)について、短縮性サイクリング時の実効値が伸張性サイクリング時のものよりも33 ± 18%大きかった(P < 0.05)。全力で短縮性膝関節伸展筋力を発揮した時と伸張性膝関節伸展筋力を発揮した時では、発揮される筋力は伸張性筋力の方が大きいものの、大腿四頭筋の筋電図振幅値は伸張性筋力発揮時で小さい⁷⁾。この筋力発揮は座位姿勢で実施する単関節動作であった。サイクリング運動は、股関節と膝関節が伸展と屈曲を繰り返す多関節運動である。本研究の結果は、高強度のサイクリング運動でも単関節で筋力発揮を実施した時と同様の結果が得られることを示している。

多関節運動であるスクワット時の神経筋活動を評価した先行研究⁸⁾において、本研究と同様に、外側広筋の神経筋活動は短縮性収縮を行っている(バーベルを持ち上げる)局面の方が伸張性収縮を行っている(バーベルを下ろす)局面よりも高かった。一方、大腿四頭筋を構成する筋の1つである大腿直筋の神経筋活動には、短縮性収縮局面と伸張性収縮局面間で有意差はみられなかった。よって、大腿直筋を対象として伸張性サイクリングと短縮性サイクリングの神経筋活動を比較する測定を行った場合、本研究とは結果が異なるかもしれない。本研究は、大腿四頭筋を代表する筋として外側広筋を取り上げたが、本研究の結果を大腿四頭筋の結果として拡張するためには、さらなる研究が必要である。

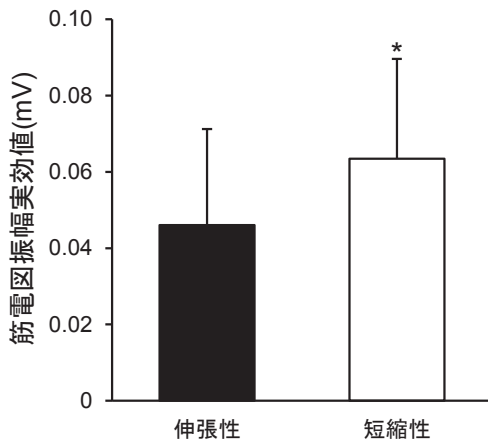


図1 サイクリング中における外側広筋の神経筋活動。平均 + 標準偏差。*: $P < 0.05$

Figure 1 Neuromuscular activation of the vastus lateralis during cycling. Mean + SD. *: $P < 0.05$

IV. 結論

伸張性サイクリングおよび短縮性サイクリングを 350W のパワー条件で実施した。主観的運動強度の結果から、350W 条件は「きつい」に相当する運動強度であると考えられた。主観的運動強度および外側広筋の神経筋活動ともに、短縮性サイクリング時における値が伸張性サイクリング時のものよりも有意に大きかった。ただし、本研究

で得られた外側広筋の結果を大腿四頭筋の結果として解釈するためには、さらなる検証が必要である。

謝辞

実験を主体的に実施してくれた川元健太氏、神田翔一郎氏、笹間悠平氏、佐野北斗氏、および時田善正氏に感謝します。本研究は、静岡産業大学の特別研究支援経費の補助を受けて実施されました。

参考文献

- Peñailillo L, Blazevich AJ, Nosaka K. Factors contributing to lower metabolic demand of eccentric compared with concentric cycling. *J Appl Physiol* (1985). 2017;123(4):884–893.
- Narici MV, Hoppeler H, Kayser B, Landoni L, Claassen H, Gavardi C, Conti M, Cerretelli P. Human quadriceps cross-sectional area, torque and neural activation during 6 months strength training. *Acta Physiol Scand*. 1996;157(2):175–186.
- Ema R, Sakaguchi M, Kawakami Y. Thigh and psoas major muscularity and its relation to running mechanics in sprinters. *Med Sci Sports Exerc*. 2018;50(10):2085–2091.
- Ema R, Wakahara T, Yanaka T, Kanehisa H, Kawakami Y. Unique muscularity in cyclists' thigh and trunk: A cross-sectional and longitudinal study. *Scand J Med Sci Sports*. 2016;26(7):782–793.
- Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med*. 1970;2(2):92–98.
- 厚生労働省. 運動基準・運動指針の改定に関する検討会報告書. 2013. <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple-att/2r9852000002xpqt.pdf>
- Westing SH, Cresswell AG, Thorstensson A. Muscle activation during maximal voluntary eccentric and concentric knee extension. *Eur J Appl Physiol Occup*

- Physiol. 1991;62(2):104-108.
8. Ema R, Takayama H, Miyamoto N, Akagi R. Effect of prolonged vibration to synergistic and antagonistic muscles on the rectus femoris activation during multi-joint exercises. *Eur J Appl Physiol.* 2017;117(10):2109-2118.