

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 23 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23300239

研究課題名(和文) 大腿部深層筋である中間広筋を含む大腿四頭筋機能の総合的な解明

研究課題名(英文) Evaluation of quadriceps femoris including vastus intermedius during exercises

研究代表者

秋間 広 (AKIMA, Hiroshi)

名古屋大学・総合保健体育科学センター・教授

研究者番号：40292841

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は運動時の中間広筋を含む大腿四頭筋について、機能面・形態面から検討することを目的とした。本研究において明らかになったことは、動的膝伸展運動時において中間広筋は膝関節が屈曲した関節可動域において著しく高い神経筋活動が見られたということである。低強度・長時間運動時の筋疲労に対する神経筋適応において、中間広筋は他の広筋群(外側広筋と内側広筋)と類似した働きをすることが明らかとなり、一方、高強度の動的膝伸展運動では伸展位においても疲労困憊の直前に非常に高い神経筋活動が認められた。以上のことから、中間広筋は他の大腿四頭筋とは異なり膝関節の伸展時に大きく貢献する筋であることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to assess functional and anatomical properties of quadriceps femoris including vastus intermedius (VI) during knee extension tasks. Neuromuscular activation pattern of VI was similar to other vasti muscles during low-intensity of sustained contraction for 1-h. On the other hand, neuromuscular activation of VI was significantly higher during flexed knee joint angles during dynamic fatiguing contractions. This unique neuromuscular activation pattern was found during dynamic knee extensions at 60% or higher one-repetition maximum loads. We concluded that vastus intermedius was higher contribution during flexed knee joint angles.

研究分野：健康・スポーツ科学

キーワード：大腿四頭筋 中間広筋 表面筋電図 膝伸展運動 超音波エコー 神経筋活動

1. 研究開始当初の背景

ヒト大腿四頭筋は、体重を支える役目をするところから地球上のほとんど全ての身体運動に大きく貢献する重要な筋群である。大腿四頭筋は、表層部に位置する大腿直筋、外側広筋および内側広筋と、深層部に位置し大腿四頭筋の約 30%の筋量を持つ中間広筋の 4 つの筋頭から構成されている。大腿四頭筋は膝関節の伸展動作や自転車運動などに動員されるが、その協働筋の役割については不明な点が多い。また、一定期間の不活動により大腿四頭筋に筋機能低下や筋萎縮が生じ、これが呼吸循環系機能にも大きな影響を及ぼす。これらの事実から大腿四頭筋が、ヒトの身体活動を考える上で重要な役割を担っていることが理解できる。

運動時の大腿四頭筋の神経筋活動を表面筋電図を用いて検討する場合、先に示した表層部の 3 筋が研究対象とされてきた。しかしながら、深層部に位置する中間広筋に対しては、表面筋電図の適用ができないと考えられていたため、運動時における神経筋活動に関しては、全く明らかにされていない。特に強調すべき点は、この中間広筋が実は特別な役割を担っている可能性が示唆されている点である。侵襲的な方法を使って膝関節伸展時における中間広筋の貢献度を検討した研究では、膝伸展トルクに占める中間広筋の発揮張力の貢献度が最大で 50% 程度に及ぶことが示されている (Zhang ら 2003)。また、中間広筋は他の大腿四頭筋の筋とは構造的に異なることが示されており、運動時に特別な機能を持つことも示唆されている (Blazevich ら 2006)。以上のようなことから、ヒトの歩行、走行および様々な身体運動において大きなパワーを発揮する大腿四頭筋について、現在は不明な点が多いため、中間広筋の機能特性の解明なしに大腿四頭筋の機能的意義を解明するのは不可能であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は運動時の中間広筋を含む大腿四頭筋について、表面筋電図、超音波エコーなどを用いて機能面、形態面から検討することを目的とした。

3. 研究の方法

研究方法は実験によって異なるが共通の部分以下に示す。

(1) 表面筋電図

中間広筋に対しては超音波エコーにより、中間広筋の表出部位を同定した後に電極を添付する。それ以外の大腿四頭筋の筋 (外側広筋、内側広筋、大腿直筋) については、筋腹部に電極を貼付した。

(2) 膝伸展運動

等尺性膝伸展の際には、等尺性随意最大筋力 (MVC) を測定した後、それを元にした最大下での筋収縮力を発揮させた。

動的膝伸展運動においては、一回挙上重量 (1RM) を測定した後、それを元にした最大下での膝伸展運動を行った。

(3) データ処理

等尺性膝伸展動作においては、動作時の二乗平均平方根 (RMS) を算出し、神経筋活動の指標とした。また、周波数分析が必要な場合は、得られた筋電図信号を高速フーリエ変換して、パワー密度を求め、周波数帯と各周波数帯にあるデータの数を求め、中央値が属する周波数帯を中央周波数として計算した。

4. 研究成果

本助成金を使って、いくつかの研究論文を発表することができたが、その一部について以下に示す。

(1) 低強度・長時間の等尺性膝伸展中の大腿四頭筋の神経筋活動 (雑誌論文 7)

筋疲労を伴うような低強度・長時間運動時に

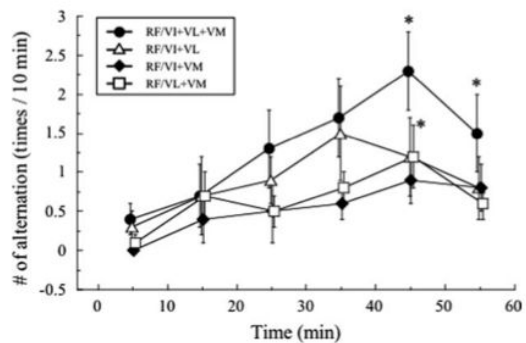


図1 大腿直筋と広筋群での活動交代の回数

は共働筋内で神経筋活動を増減して、あたかも役割を交代しながら運動を持続する活動交代が報告されている。本研究では中間広筋を含む大腿四頭筋の活動交代について検討

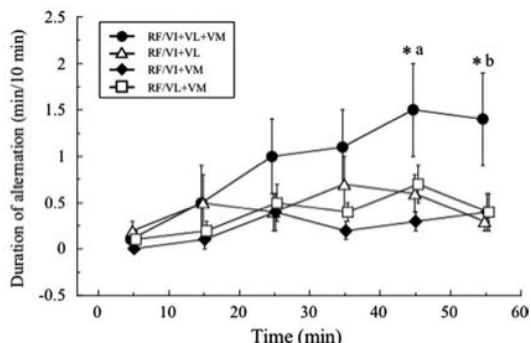


図2 大腿直筋と広筋群での活動交代の持続時間

した。

11名の被検者が最大筋力の2.5%の力発揮

を1時間行い、その間、大腿四頭筋からの神経筋活動を記録した。

その結果、先行研究と同様に活動交代が見られた。活動交代は主に大腿直筋と広筋群との間で多く見られた(図1)。また、活動交代をしている時間は大腿直筋+広筋群が他の組み合わせより運動の最終局面で有意に高かった(図2)。

以上のことから、本研究課題で注目していた中間広筋は他の広筋群と同様に大腿直筋との組み合わせで活動交代が見られた。活動交代が継続している回数と時間は大腿直筋+3つの広筋が最も顕著であった。

(2) 動的な膝伸展運動時の中間広筋を含む大腿四頭筋の神経筋活動(雑誌論文6)

等尺性膝伸展運動における中間広筋を含む大腿四頭筋の神経筋活動については明らかにされてきたが、動的な膝運動時のそれについては明らかにされていない。したがって、動的な膝運動時の神経筋活動について検討した。

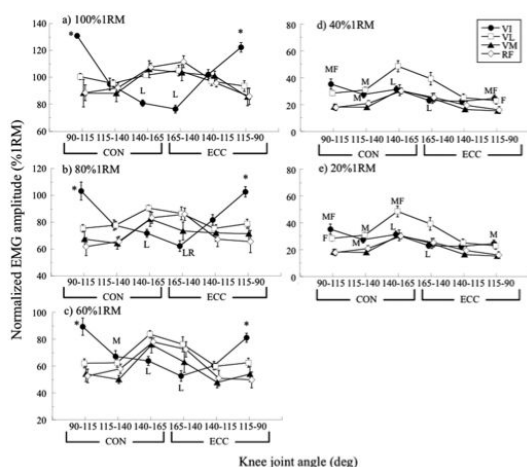


図3 等張性膝伸展運動時の大腿四頭筋の神経筋活動

最大挙上重量の20%, 40%, 60%, 80%, 100%の負荷で動的膝伸展運動を行った際の神経筋活動を図3に示した。その結果、最大挙上重量の60%以上の負荷では屈曲の関節可動域での動的膝関節伸展中に中間広筋が他の筋と比較して有意な高値を示した。このことは、高い強度の動的な膝伸展運動時では、中間広筋は他の3つの筋と比較して、膝関節の屈曲局面で重要な役割を担っていることを意味している。

(3) 動的な膝伸展運動時の中間広筋を含む大腿四頭筋の疲労特性(雑誌論文3)

上記の2において、動的な膝伸展運動時には膝関節の屈曲局面で中間広筋の神経筋活動が著しく高いことが明らかとなった。この高い神経筋活動は、筋疲労を誘発するような運動時においても、同様に認められるのかについては興味深い部分であるが、明らかとなっていない。本実験では異なる2つの強度で

動的な膝伸展運動を疲労困憊まで行わせて、その際の神経筋活動を記録した。なお、関節角度で中間広筋の神経筋活動が異なることが2において明らかになっているので、関節角度を3つの局面に区切って分析した。

その結果を図4に示した。最大挙上重量の50%と70%に相当する負荷で疲労困憊まで動的膝伸展運動を行った。最上段は伸展局面(コンセントリック局面)全体の神経筋活動の時系列変化を示し、二段目、三段目、最下段はそれぞれ関節角度90-115度, 115-140度,

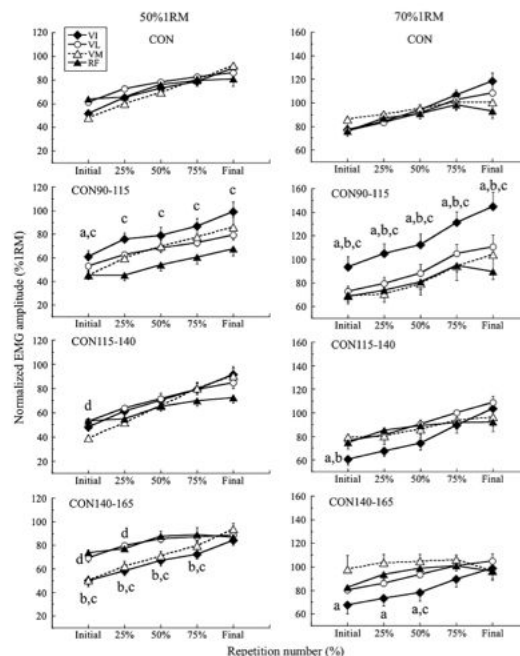


図4 筋疲労を導く等張性膝伸展運動コンセントリック局面における大腿四頭筋の神経筋活動
CON: 全局面, CON90-115: 90度-115度の局面, CON115-140: 115-140度の局面, CON140-165: 140度-165度の局面

140-165度における神経筋活動をそれぞれ示している。

特徴的な結果は、70%負荷のコンセントリック90-115度局面である。中間広筋は他の筋と比較して、最初から最後まで神経筋活動が有意に高値を示していた。同様な結果は50%負荷の試行でも見られた。さらに、70%負荷のコンセントリック140-165度局面においては、中間広筋の神経筋活動は運動開始直後では最も低値を示していたが、運動時間とともに他の筋の疲労を補償するように神経筋活動が増加する様子が見取れる。

以上のことから、2で見られた中間広筋の伸展位における大きな神経筋活動は筋疲労の終盤まで見られ、また、本来は神経筋活動が活発でない膝関節の伸展位においても、他の筋を補償するように活動していることが明らかとなった。

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. Saito, A., Watanabe, K., Akima, H.:

- Coordination among thigh muscles including vastus intermedius and adductor magnus at different cycling intensities. *Human Mov. Sci.* 40: 14-23, 2015, <http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2014.11.010>.
2. Ando, R., Taniguchi, K., Saito, A., Fujimiya, M., Katayose, M., Akima, H.: Validity of fascicle length estimation in the vastus lateralis and vastus intermedius using ultrasonography. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 24: 214-220, 2014, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2014.01.003>.
 3. Akima, H., Saito, A.: Activation of quadriceps femoris including vastus intermedius during fatiguing dynamic knee extensions. *Eur. J. Appl. Physiol.* 113: 2829-2840, 2013, DOI, 10.1007/s00421-013-2721-9.
 4. Saito, A., Akima, H.: Knee joint angle affects EMG-force relationship in the vastus intermedius muscle. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 23: 831-837, 2013, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.08.009>.
 5. Saito, A., Watanabe, K., Akima, H.: The highest antagonistic coactivation of the vastus intermedius muscle among quadriceps femoris muscles during isometric knee flexion. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 23: 831-837, 2013, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.02.005>.
 6. Akima, H., Saito, A.: Inverse activation between the deeper vastus intermedius and superficial muscles in quadriceps during dynamic knee extensions. *Muscle Nerve* 47: 682-690, 2013, DOI: 10.1002/mus.23647.
 7. Akima, H., Saito, A., Watanabe, K., Kouzaki, M.: Alternate muscle activity patterns among synergists of the quadriceps femoris including the vastus intermedius during low-level sustained contraction in men. *Muscle Nerve* 46: 86-95, 2012, DOI, 10.1002/mus.23268.
- 〔学会発表〕(計 24 件)
1. 秋間 広, 安藤良介: 筋疲労時の中間
広筋を含む大腿四頭筋の筋酸素動態と神経筋活動の変化. 第 69 回日本体力医学会, 2014 年 9 月 (長崎).
 2. Akima, H., Ando, R.: Muscle activation and oxygenation in quadriceps femoris including vastus intermedius during fatiguing contraction. The 61st American College of Sports Medicine (Orlando, FL, USA), May 27 to 31, 2014.
 3. Ando, R., Watanabe, K., Akima, H.: Knee joint angle modifies M-wave of vastus lateralis, not vastus intermedius, during fatiguing tetanic contractions. The 61st American College of Sports Medicine (Orlando, FL, USA), May 27 to 31, 2014.
 4. Saito, A., Watanabe, K., Akima, H.: Muscle coordination of thigh muscles including vastus intermedius and adductor magnus during cycling. The 61st American College of Sports Medicine (Orlando, FL, USA), May 27 to 31, 2014.
 5. Tomita, A., Saito, A., Ando, R., Watanabe, K., Akima, H.: Effect of interelectrode distance on EMG-force relationship of vastus intermedius in women. The 61st American College of Sports Medicine (Orlando, FL, USA), May 27 to 31, 2014.
 6. 安藤良介, 渡邊航平, 秋間 広: 膝関節屈曲位における大腿四頭筋の持続的な筋収縮では中間広筋が最も疲労する. 第 18 回日本体力医学会東海地方会, 2014 年 3 月(愛知) **【学術奨励賞受賞】**
 7. 安藤良介, 秋間 広: 深層筋である中間広筋の筋活動を記録する試み-超音波法による形態的側面からのアプローチ-. YMFS スポーツ・チャレンジャーズ・ミーティング 2014 年 3 月(静岡).
 8. 富田 彩, 齋藤 輝, 安藤良介, 渡邊航平, 秋間 広: 女性を対象とした中間広筋の表面筋電図記録の妥当性. 第 68 回日本体力医学会大会, 2013 年 9 月 (東京).
 9. 齋藤 輝, 渡邊航平, 秋間 広: 深層筋を含む大腿筋群の自転車運動時の筋活動パターン. 第 68 回日本体力医学会大会, 2013 年 9 月 (東京).
 10. Saito, A., Akima, H.: Is neuromuscular activation of vastus intermedius muscle induced by hip flexion movement? The 60th American College of Sports Medicine (Indianapolis, IN, USA), May 28 to

- Jun 1, 2013.
11. 秋間 広, 齋藤 輝: 動的膝伸展運動時の中間広筋を含む大腿四頭筋の筋疲労特性. 第 25 回日本トレーニング科学会大会, 2012 年 12 月 (滋賀).
 12. 秋間 広, 齋藤 輝: 動的膝伸展運動時の筋活動-関節角度関係において中間広筋と他の筋との間には逆位相の関係がある. 第 67 回日本体力医学会, 2012 年 9 月 (岐阜).
 13. 齋藤 輝, 秋間 広: 等尺性股関節屈曲動作の発揮筋力の違いが中間広筋の筋活動に与える影響. 第 67 回日本体力医学会, 2012 年 9 月 (岐阜).
 14. 安藤良介, 齋藤 輝, 谷口圭吾, 片寄正樹, 藤宮峯子, 秋間 広: 屍体の大腿四頭筋における筋束長推定法の妥当性の検討. 第 67 回日本体力医学会, 2012 年 9 月 (岐阜).
 15. Akima, H., Saito, A.: Unique neuromuscular activation in the vastus intermedius during dynamic knee extensions. XIX Congress of the International Society of Electromyography and Kinesiology (Brisbane, Australia), July 19-21, 2012.
 16. Akima, H., Saito, A.: Muscle activation patterns of quadriceps synergists including the vastus intermedius during fatiguing dynamic knee extensions. XIX Congress of the International Society of Electromyography and Kinesiology (Brisbane, Australia), July 19-21, 2012.
 17. Saito, A., Akima, H.: Effect of knee joint angle on EMG-force relationship of quadriceps femoris involving vastus intermedius muscle. XIX Congress of the International Society of Electromyography and Kinesiology (Brisbane, Australia), July 19-21, 2012.
 18. Ando, R., Saito, A., Taniguchi, K., Katayose, M., Akita, K., Fujimiya, M., Akima, H.: Validity of fascicle length of the vastus intermedius: comparison ultrasonographic estimation and direct measurement in cadavers. XIX Congress of the International Society of Electromyography and Kinesiology (Brisbane, Australia), July 19-21, 2012.
 19. 安藤良介, 齋藤 輝, 谷口圭吾, 秋間広, 安宅弘司, 永石歓和, 鈴木大輔, 片寄正樹, 秋田恵一, 藤宮峯子: Thiel 法固定遺体を用いた大腿部・中間広筋のバイオメカニクスのアプローチ - 超音波エコーおよび実測による筋束長の比較 - 第 117 回日本解剖学会, 2012 年 3 月 (山梨).
 20. 齋藤 輝, 安藤良介, 秋間 広: 異なる関節角度での中間広筋を含む大腿四頭筋の力-筋電図関係. 第 66 回日本体力医学会, 2011 年 9 月 (山口).
 21. 秋間 広, 齋藤 輝, 渡邊航平, 神崎素樹: 低強度・長時間等尺性筋力発揮時の中間広筋を含む大腿四頭筋の共働筋の神経筋活動. 第 19 回日本運動生理学学会, 2011 年 8 月 (徳島).
 22. Akima, H., Saito, A., Watanabe, K., Kouzaki, M.: Alternate muscle activity of four synergists in quadriceps femoris during low-level sustained contraction. The 58th Annual Meeting of American College of Sports Medicine (Denver, CO, USA), May 31 to Jun 4, 2011.
 23. Saito, A., Watanabe, K., Akima, H.: Neuromuscular activation of vastus intermedius muscle during isometric knee flexion at different knee joint angles. The 58th Annual Meeting of American College of Sports Medicine (Denver, CO, USA), May 31 to Jun 4, 2011.
 24. 秋間 広, 齋藤 輝, 渡邊航平: 膝伸展筋である中間広筋における股関節動作時の筋活動の発現. 東海体育学会第 58 回大会, 2010 年 10 月 (愛知).
- { 図書 } (計 0 件)
- { 産業財産権 }
出願状況 (計 0 件)
- 名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:
- 取得状況 (計 0 件)
- 名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:

出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
http://www.htc.nagoya-u.ac.jp/~akima/index_j.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

秋間 広 (AKIMA, Hiroshi)
名古屋大学・総合保健体育科学センター・
教授
研究者番号：40292841

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：