

短距離選手における大腿筋群の収縮特性

Contractile properties of thigh muscles in sprinters

平塚和也*, 宮崎大佑**, 角田直也*

Kazuya HIRATSUKA*, Daisuke MIYAZAKI** and Naoya TSUNODA*

I. はじめに

骨格筋における収縮特性の情報は、対象とする骨格筋の機能的性質や疾病状態を判断するために重要である。また、加齢による筋収縮機能の低下予防の対策、トレーニングの効果判定、スポーツ競技に対する適正の検討などに利用することができると考えられる。骨格筋における収縮特性の代表的評価法として現在、筋生検法及び表面筋電図(パワースペクトル)などがある。筋生検法は筋の一部を摘出するために繰り返しの測定が困難であり、被検者に苦痛を与えることから、スポーツ選手、高齢者及び子どもを対象とした測定が難しいという欠点がある。また、表面筋電図より得られるパワースペクトルの変化は生理的な要因だけではなく、電気条件によっても、そのスペクトルの形は異なることが指摘されており¹⁰⁾、測定上の問題があったため、これらに変わる新たな一つの手法としてTensiomyography (TMG)が国外で利用されるようになってきている。このTMGは、皮膚表面に電気刺激を加え、筋を強制的に単収縮させた際の筋形状の変位量とその時間的情報から筋の収縮特性を評価することが可能である¹³⁾。また、TMGは、非侵襲的であるため被検者に生理的負担を与えることなく安全に測定ができ、かつ

短時間に測定できるという簡便性⁴⁾を有している。したがって、今後TMGは、骨格筋における収縮特性の一評価法として国内においても普及するものと予想される。

これまでのTMGを用いた研究から、骨格筋における収縮時間は、競技スポーツによって特徴的な部位が存在することが明らかとなっている^{2) 3)}。例えば、陸上競技の男子短距離選手と一般男性における大腿二頭筋の収縮時間をTMGで評価した場合、短距離選手における大腿二頭筋の収縮時間が一般男性と比較して短いことが報告されている²⁾。しかしながら、TMGを用いた短距離選手における骨格筋の収縮時間は、大腿二頭筋のみであり、他の筋群に関しては明らかにされていない。世界トップスプリンターの疾走動作を研究した宮下¹¹⁾は、スプリンターが速く走るためには大腿の動きが重要だと指摘していることから、その動作を引き起こす筋群の特性を知る必要性がある。したがって、大腿筋群を調べる必要性は十分に高いと考えられる。さらに、一流競技者における骨格筋の収縮特性を詳細に知ることは、その競技で強化されるべき筋群を明確にすることができ、競技パフォーマンスの向上を目的とした適切なトレーニングプログラムの作成に役立つ情報となると考えられる。

* 国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科 (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)

** 国士舘大学 陸上競技部専任コーチ (Coach of athletics, Kokushikan University)

そこで本研究は、大学陸上競技部に所属する短距離選手及び運動習慣を有しない一般成人を対象に、TMGを用いて大腿筋群における筋収縮特性の差異を検討し、短距離選手の筋収縮特性を明らかにすることを目的とした。

Ⅱ. 方 法

1. 被検者

被検者は、大学陸上部に所属する男子短距離選手17名（SP：100M自己ベスト記録10.57秒～10.99秒）及び定期的な運動習慣を有しない一般成人23名（CON）とした。短距離選手の年齢、競技年数、身長及び体重はそれぞれ20.8±2.2歳、7.4±2.9年、172.9±4.7cm、63.8±5.5kgであった。一般成人の年齢、身長及び体重は20.4±1.8歳、173.4±6.1cm、69.8±7.8kgであった。被検者には、測定前日及び測定日に激しい運動を行わないことや、2時間前のカフェイン等の有無にも配慮した。また、測定室内の室温は24℃に設定した。さらに、被検者には、研究の目的及び内容等について十分な説明を行い、本研究への任意による参加の同意を得た。本研究は、国士舘大学体育学部研究倫理委員会の審査を受けて承認を得た後に実施した。

2. 身体組成

各被検者の身長は、身長計を用いて測定した。体重及び除脂肪体重（FFM）は、体内脂肪計（BODY FAT ANALYZER、TBF-110、TANITA社製）を用いて測定した。

3. 測定部位

測定部位は、右脚の大腿直筋（RF：上前腸骨棘と膝蓋骨上部を結ぶ50%の位置）、内側広筋（VM：上前腸骨棘と内側側副靭帯前縁の関節隙を結ぶ80%の位置）、外側広筋（VL：上前腸骨棘と膝蓋骨外側を結ぶ2/3の位置）及び大腿二頭筋（BF：坐骨結節と脛骨外側上顆を結ぶ50%の位置）の4部位とした。これらの部位は、事前に触診と超音波診断装置の画像により確認し、ペンでマークを付けた。

4. 筋収縮特性の測定

骨格筋の収縮特性は、筋収縮測定装置（TMG-100、TMG社製）を用いて測定した。TMGの原理はFig.1に示した。TMGは、電気刺激装置を用いて外部刺激を与え、筋腹中央の形状変化をセンサーで計測し、変位量を時間曲線にしたものである。RF、VL及びVLの測定姿勢は、仰臥位で実

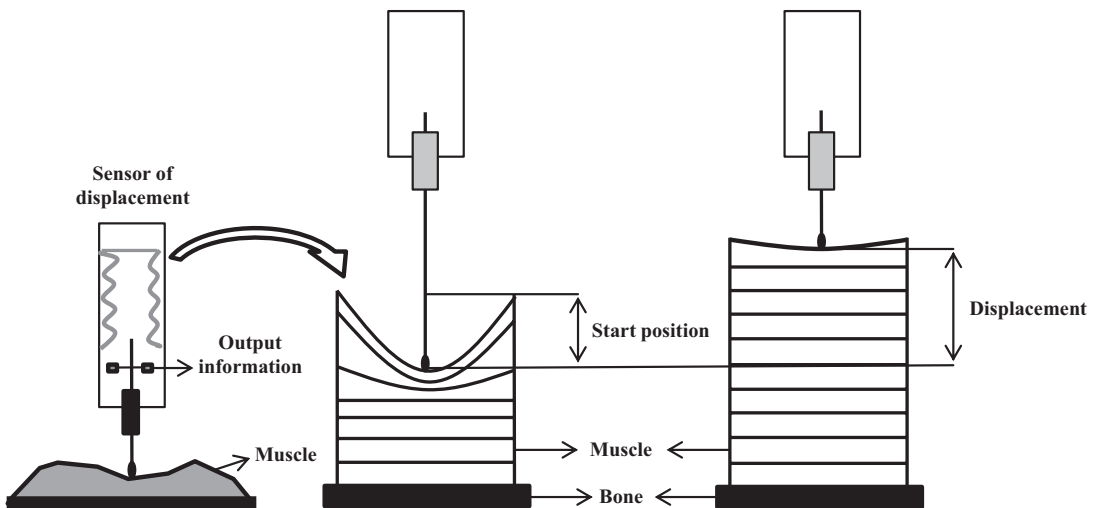


Fig.1. Principle of TMG measurement.

施した。その際、膝屈曲角度が30度となるように三角パットを使用した。さらに、測定中に測定位置が動かないようにするため、脛骨粗面上と足首をベルトで軽く固定した。一方、BFは伏臥位とし、膝蓋骨上部をベルトで軽く固定した状態で測定を実施した。なお、被検者には身体を安静にした状態で測定を行うよう指示した。筋の変位を測定するために、センサーを筋に対して垂直にあて、センサーを挟むように5 cm間隔で電極を貼付した。また、電極を接触させる体表は、電極への抵抗を除去するために剃毛処理を行った。電気刺激における電流の大きさは、30mAから110mAの範囲までとし、最大変位が発現するまで5 mA毎に電流を漸増する方法を用いた。TMGによる筋収縮特性の測定項目は、最大変位 (Dm)、遅延時間 (Td)、収縮時間 (Tc) 及び収縮速度 (Vrn) の4項目とした。先行研究⁹⁾にならい、電気刺激時を変位0%、最大変位時 (Dm) を変位100%として定義した。また、Tdは変位0%から最大変位時の10%までの時間、Tcは最大変位時の10%から90%までの時間として定義した。さらに、Rodriguez et alら¹²⁾ が示した、以下の式を使用して収縮速度 (Vrn) を算出した (Fig 2)。

$$Vr = \Delta dr / \Delta tc \quad [\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}]$$

$$Vrn = Vr / Dm = (\Delta dr / \Delta tc) / Dm \quad [\text{mm} \cdot \text{s}^{-1} / \text{mm}]$$

$$Vrn = 0.8 / Tc \quad [\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}]$$

筋収縮特性の再現性を検討するために、測定は3回ずつ行った。再現性は先行研究⁸⁾ に従い、級内相関係数 (ICC) によって算出した。その結果、Dmは ICC (1, 3) = 0.991、Tdは ICC (1, 3) = 0.965、Tcは ICC (1, 3) = 0.97と高い再現性を示したことから、測定方法の妥当性が示された。

5. 統計処理

本研究における各項目の値は、全て平均値±標準偏差で示した。各項目における有意差の検定には、対応のないT-testを用い、有意水準は5%未満をもって有意とした。

Ⅲ. 結 果

Table.1は、短距離選手と一般成人における大腿筋群の筋収縮特性を示した。短距離選手のTdは、一般成人と比較して、BFのみ有意な差が認められた。Tcは、RF及びBFが両群間に有意な差が認められたものの、VM及びVLは両群間で有意な差が認められなかった。短距離選手と一般成人におけるDmの比較は、全ての部位に有意な差は認められなかった。

Fig.3は、短距離選手と一般成人における大腿筋群のVrnを示した。短距離選手のVrnは、一

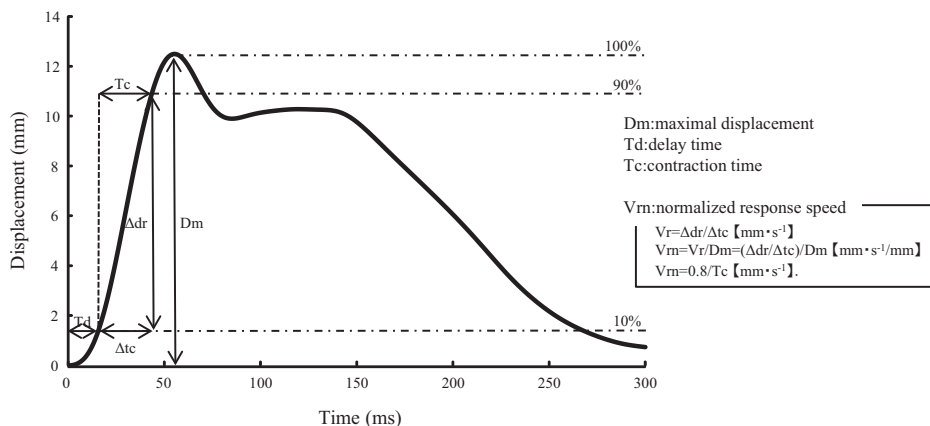


Fig.2. TMG parameters definition.

Table 1. Comparison of contractile properties between Sprinter group and Control group.

| Parameters | muscles | SP | CON |
|------------|------------------|----------|--------------|
| Td (ms) | Rectus femoris | 23.1±2.0 | 24.5±2.4 |
| | Vastus medialis | 20.1±1.5 | 20.3±1.6 |
| | Vastus lateralis | 21.9±1.1 | 22.0±1.8 |
| | Biceps femoris | 22.9±1.5 | —*— 23.5±1.2 |
| Tc (ms) | Rectus femoris | 23.6±4.2 | —*— 28.0±4.9 |
| | Vastus medialis | 21.1±2.4 | 22.2±3.3 |
| | Vastus lateralis | 21.2±2.7 | 22.2±2.0 |
| | Biceps femoris | 27.7±3.3 | —*— 26.9±2.7 |
| Dm (mm) | Rectus femoris | 9.0±2.2 | 9.2±2.7 |
| | Vastus medialis | 7.1±2.2 | 6.2±1.5 |
| | Vastus lateralis | 7.0±1.8 | 6.4±2.3 |
| | Biceps femoris | 4.2±2.9 | 6.1±3.0 |

SP: sprinter group, CON: control group.

*:p<0.05 Values are mean ± S.D.

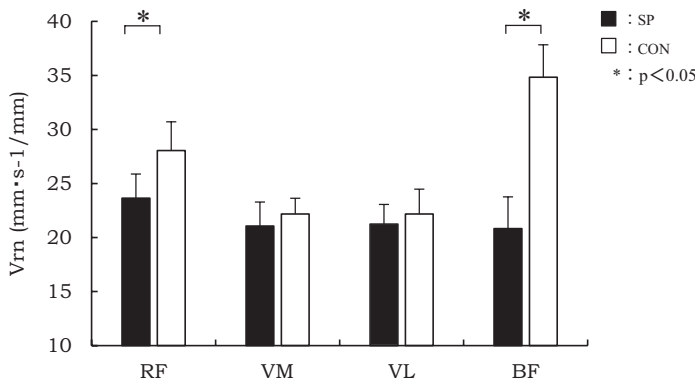


Fig.3. Comparisons of Vrn between Sprinter group and Control group.

般成人と比較して、RF及びBFに有意な差が確認された。一方、VM及びVLは両群間に有意な差が確認されなかった。

IV. 考 察

本研究は、大学陸上競技部に所属する短距離選手及び運動習慣を有しない一般成人を対象に、

TMGを用いて大腿筋群における筋収縮特性の差異を検討し、短距離選手の筋収縮特性を明らかにすることを目的とした。

その結果、大腿直筋の収縮時間及び収縮速度は短距離選手が一般成人よりも有意に優れていた。走動作において、大腿直筋は二関節筋であるため、股関節屈曲動作(腿上げ動作)と膝関節伸展動作(下腿部の振り出し動作)を担うことが報告されている⁷⁾。馬場ら¹⁾は短距離選手の100 m疾走中における大腿直筋の筋活動は、接地期の膝関節伸展動作に比べて、遊脚期の股関節屈曲動作が顕著に高いと報告している。また、バリステイックマスターを用いて、股関節の屈曲角速度を測定した星川ら⁵⁾の研究では、短距離選手がバレー選手よりも股関節屈曲速度指数が優れていたことが報告されている。さらに、短距離選手は競技特性として、素早く腿上げ動作を行うことが重要であると報告されている⁵⁾。これらの先行研究から短距離選手における大腿直筋は、特に遊脚期の股関節屈曲動作に貢献し、普段の練習から素早い腿上げ動作(股関節屈曲動作)を意識したスプリントトレーニングによっ

て、腿上げ動作に担う大腿直筋の収縮時間が速くなり、収縮速度も大きくなったものと推察される。このことから、股関節屈曲動作を担う大腿直筋の収縮時間及び収縮速度は、走能力に大きく影響する可能性が示唆された。

短距離選手における大腿二頭筋の遅延時間、収縮時間及び収縮速度は、一般成人よりも有意に優れていた。この結果は、TMGを用いて短距離選

手における大腿二頭筋の収縮特性を報告している Dahmane et al²⁾ を支持するものである。伊藤ら⁶⁾ は股関節伸展速度が疾走速度を決める重要な要因であることを指摘している。これらの先行研究から、股関節伸展動作を担う大腿二頭筋は、日頃のスプリントトレーニングにより遅延時間及び収縮時間が短縮され、収縮速度も大きくなったものと推察される。つまり、股関節伸展動作を担う大腿二頭筋の遅延時間、収縮時間及び収縮速度が走能力に大きく影響する可能性が示唆された。

V. ま と め

本研究から得られた知見は以下の通りである。

- 1) 短距離選手における大腿直筋の収縮時間及び収縮速度は、一般成人と比較して有意に優れていることが明らかとなった。
- 2) 内側広筋及び外側広筋の筋収縮特性は、両群間で有意な差が認められなかった。
- 3) 短距離選手における大腿二頭筋の遅延時間、収縮時間及び収縮速度は、一般成人と比較して有意に優れていることが明らかとなった。

以上の結果から、股関節伸展動作及び屈曲動作を担う大腿直筋および大腿二頭筋の収縮特性が走能力に大きく影響するが示唆された。

本研究は、平成28年度国士舘大学体育学部附属体育研究所研究助成により実施した。

参考文献

- 1) 馬場崇豪、和田幸洋、伊藤章. 短距離走の筋活動様式. 体育学研究 45, 186-200, 2000.
- 2) Dahmane R, Djordjevic S, Smerdu V. Adaptive potential of human biceps femoris muscle demonstrated by histochemical, immunohistochemical and mechanomyographical methods. Med Biol Eng Comput. Nov ; 44 (11) : 999-1006. Epub 2006.
- 3) García-García O, Cancela-Carral JM, Huelin-Trillo F. Neuromuscular Profile of Top-Level Women Kayakers Assessed Through Tensiomyography. J Strength Cond Res. 2015 Mar ; 29 (3) : 844-853. 2015.
- 4) García-Manso JM1, Rodríguez-Ruiz D, Rodríguez-Matoso D, de Saa Y, Sarmiento S, Quiroga M. Assessment of muscle fatigue after an ultra-endurance triathlon using tensiomyography (TMG). J Social Sciences. Mar ; 29 (6) : 619-25. 2011.
- 5) 星川佳広、飯田朝美、村松正隆、井伊希美、中嶋由晴. 短距離選手における股関節屈筋群の筋サイズと関節トルク、速度の関係 パレーボール選手との比較検討. トレーニング科学. Vol.22 No.4 p. 367-378. 2010.
- 6) 伊藤章、齊藤昌久、佐川和則、加藤謙一、ルイス、パレルと日本トップ選手のキックフォーム. Jpn. J.Sports Sci. 11 : 604-608. 1992.
- 7) 小山桂史、中村明、柳谷登志雄. 大腿直筋と中間広筋の筋厚比が陸上競技における長距離走選手の走動作に及ぼす影響. トレーニング科学 22 (4), 347-355, 2010.
- 8) Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics. Mar ; 33 (1) : 159-74. 1977.
- 9) Ludvik Travnik, Srdjan Djorjevic, Sergej Roman, Marija Hribernik, and Raja Dahmane. Muscles within muscles : a tensiomyographic and histochemical analysis of the normal human vastus medialis longus and vastus medialis obliquus muscles. Journal of Anatomy. 222 : 580-587. 2013.
- 10) 宮田浩文、佐渡山亜兵、勝田茂. 等尺性収縮における外側広筋の筋電位伝導速度 : その筋線維組成との関連. 体力科学, 34, 231-238. 1985.
- 11) 宮下憲. 世界トップスプリンターの疾走分析. バイオメカニズム学会誌 16, 2, 77-84. 1992
- 12) Rodríguez-Ruiz, Rodríguez-Matoso, Quiroga, Sarmiento, Da Silva-Grigoletto. Study of extensor and flexor musculature in the knees of male and female volleyball players. Br J Sports Med ; 45 : 543, 2011.
- 13) Valencic V, Knez N. Measuring of skeletal muscles' dynamic properties. Artif Organs. Mar ; 21 (3) : 240-2. 1997.