

空手道の組手及び型種目における大腿筋群の筋収縮特性

Contractile properties of thigh muscles in karate athletes

平塚和也*, 田中理沙**, 亀山歩***, 角田直也*

Kazuya HIRATSUKA*, Risa TANAKA**
Ayumi KAMEYAMA*** 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を判断するために重要であり、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できると考えられる。骨格筋における収縮特性の評価法は多岐にわたるが、近年Tensiomyography (TMG法) がそのひとつの評価法として注目されている。

TMG法は、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⁸⁾。またTMG法は、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⁾を有していることから、スポーツやリハビリテーションなどの実践現場で手軽に利用することが可能である。

これまでのTMG法を用いた研究から、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、瞬発的な競技種目である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法で評価した場合、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²⁾されている。また、持続的な競技種目である一流の長距離女子カヤック選手と一般女性における上肢筋群の収縮時間をTMG法で評価した場合、一流の女子カヤック選手における僧帽筋及び広背筋の収縮時間が一般女性より遅いことが報告³⁾されている。このことにより、TMG法を用いた骨格筋の収縮時間は種目によって異なり、種目特性を詳細かつ定量的に評価することが可能である。従って、TMG法を用いてスポーツ選手の筋収縮時間を評価することは、種目特性を理解することだけでなく、その種目で強化されるべき筋群を明確にすることが可能となり、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が得られるものと考えられる。しかしながら、TMG法を用いた骨格筋の収縮時間は、陸上競技の短距離選手²⁾やカヤック選手³⁾のみであり、他の競技スポーツを評価したものは皆無に等しい。

そこで本研究は、大学空手道部に所属する組手及び型選手を対象に、大腿筋群における収縮特性を明らかにし、TMG法からみた組手及び型種目の特性について検討することを目的とした。

* 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)

** 国士舘大学特別研究員 (Institute of Health, Physical Education and Sport Science, Kokushikan University)

*** 国士舘大学体育学部 (Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

Ⅱ. 方 法

1. 被 検 者

被検者は、大学空手道部に所属する組手選手13名（男子：10名・女子：3名）及び型選手10名（男子：8名・女子：2名）とした。組手選手の年齢、競技年数、身長及び体重はそれぞれ 21.3 ± 1.2 歳、 13.7 ± 3.2 年、 167.4 ± 6.6 cm、 68.7 ± 9.7 kgであった。型選手の年齢、競技年数、身長及び体重は 20.4 ± 1.1 歳、 13.4 ± 1.9 年、 162.6 ± 6.7 cm、 61.7 ± 6.9 kgであった。被検者には、あらかじめ利き手及び利き足を申告された結果、全ての被験者は右利きであった。なお、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。体重は、身体組成測定装置（BODY COMPOSITION ANALYZER MC-190、TANITA社製）を用いて測定した。

3. 測定部位

測定部位は、左右の大腿直筋（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靱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8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VMの測定姿勢は、仰臥位で実施した。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

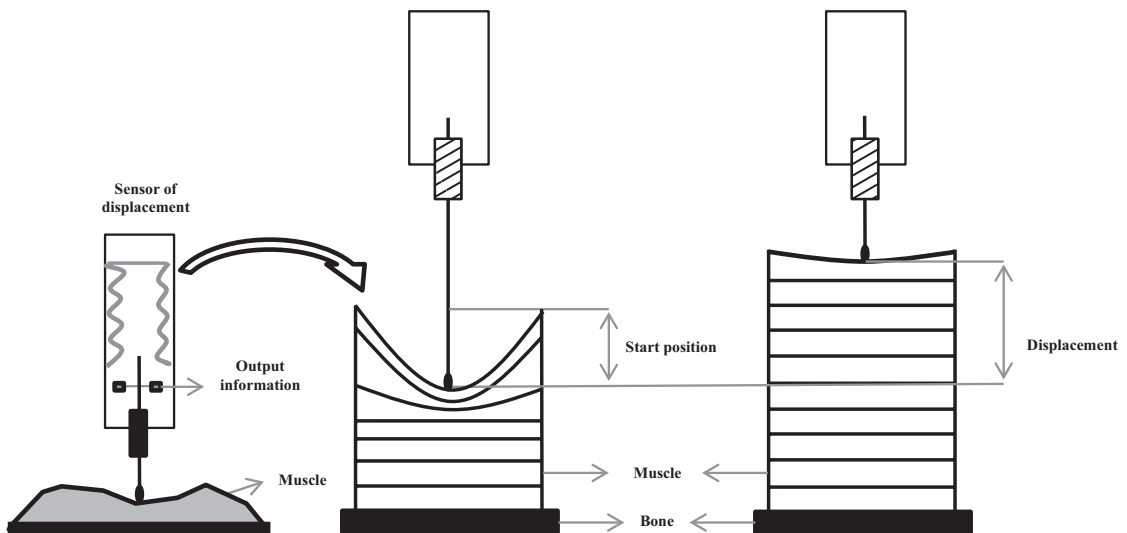


Fig 1. Principle of TMG measurement.

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5cm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10mA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) 及び収縮時間 (Tc) の2項目とした。先行研究⁵⁾にない、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、Tcは最大変位時の10%から90%までの時間として定義した (Fig.2)。

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、組手群と型群における大腿筋群のDmを示した。組手群における右脚のDmはRFで 8.3 ± 2.7 mm、VMで 7.4 ± 2.2 mm、VLで 6.4 ± 2.1 mm、BFで 7.0 ± 3.3 mmであった。また左脚のDmはRFで 7.4 ± 2.2 mm、VMで 7.1 ± 2.2 mm、VLで 6.5 ± 2.2 mm、BFで 7.8 ± 3.5 mmであった。型群における右脚のDmはRFで 8.4 ± 2.9 mm、VMで 6.6 ± 1.7 mm、VLで 6.6 ± 1.7 mm、BFで 6.6 ± 2.6 mmであった。また左脚のDmはRFで 9.0 ± 2.6 mm、VMで 7.0 ± 0.7 mm、VLで 6.6 ± 1.9 mm、BFで 7.9 ± 3.4 mmであった。組手群と型群におけるDmの比較は、全ての部位で有意な差が認められなかった。

Table.2は、組手群と型群における大腿筋群のTcを示した。組手群における右脚のTcはRFで 25.9 ± 3.0 ms、VMで 22.5 ± 2.6 ms、VLで 21.4 ± 2.1 ms、BFで 30.7 ± 8.3 msであった。また左脚のTcはRFで 26.9 ± 3.0 ms、VMで 22.1 ± 1.9 ms、VLで 21.6 ± 2.3 ms、BFで 32.8 ± 9.3 msであった。型群における右脚のTcはRFで 23.2 ± 2.6 ms、VM

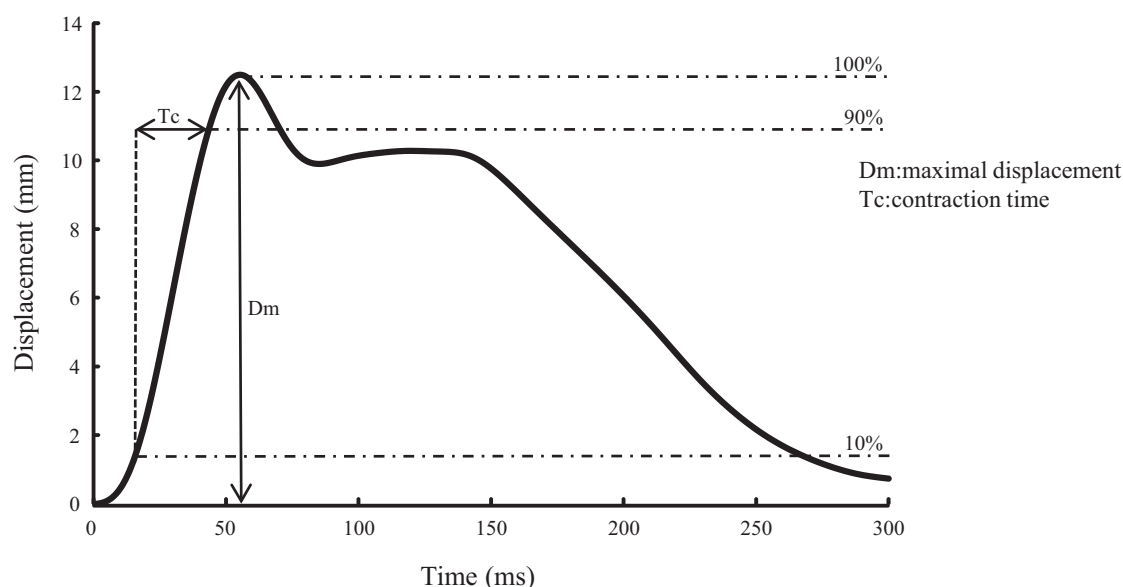


Fig 2. TMG parameters definition.

Table 1. Comparison of Dm between KUMITE group and KATA group.

Parameters	muscles	KuG	KaG
Dm (mm)	R. Rectus femoris	8.3±2.7	8.4±2.9
	R. Vastus medialis	7.4±2.2	6.6±1.7
	R. Vastus lateralis	6.4±2.1	6.6±1.7
	R. Biceps femoris	7.0±3.3	6.6±2.6
	L. Rectus femoris	7.4±2.2	9.0±2.6
	L. Vastus medialis	7.1±2.2	7.0±0.7
	L. Vastus lateralis	6.5±2.2	6.6±1.9
	L. Biceps femoris	7.8±3.5	7.9±3.4

KuG: KUMITE group, KaG: KATA group.
R: right, L: left.

Values are mean ± S.D.

Table 2. Comparison of Tc between KUMITE group and KATA group.

Parameters	muscles	KuG		KaG
Tc (ms)	R. Rectus femoris	25.9±3.0	—*—	23.2±2.6
	R. Vastus medialis	22.5±2.6		21.1±2.5
	R. Vastus lateralis	21.4±2.1		21.0±2.2
	R. Biceps femoris	30.7±8.3		27.4±5.3
	L. Rectus femoris	26.9±3.0	—*—	23.8±1.9
	L. Vastus medialis	22.1±1.9		21.6±1.6
	L. Vastus lateralis	21.6±2.3		21.3±2.4
	L. Biceps femoris	32.8±9.3		29.4±7.0

KuG: KUMITE group, KaG: KATA group.
R: right, L: left.

*:p<0.05 Values are mean ± S.D.

で21.1±2.5ms、VLで21.0±2.2ms、BFで27.4±5.3msであった。また左脚のTcはRFで23.8±1.9ms、VMで21.6±1.6ms、VLで21.3±2.4ms、BFで29.4±7.0msであった。組手群と型群におけるTcの比較は、左右のRFで組手群よりも型群で有意に収縮時間が短いことが認められた。しかし、その他の部位では、種目間で有意な差は認められなかった。

Ⅳ. 考 察

空手道は、型・組手の2つの種目が存在する。この2つの種目は、突きや蹴りなどの基本動作は同じでありながら、勝敗を決める試合内容が異なる為、実際に行う練習方法やトレーニング方法が異なる。宮田ら⁶⁾は、運動様式やトレーニング内容が異なり、特定の種目を長期にわたり実施して

いるスポーツ選手は、その種目の特徴を反映した筋機能（筋収縮）を示すことを報告している。即ち、組手及び型種目においても種目の特徴を反映した筋機能（筋収縮）を示すことが予想される。そのため本研究では、大学空手道部に所属する組手及び型選手を対象に、大腿筋群における収縮特性を明らかにし、TMG法からみた筋収縮特性の観点から組手及び型種目の特性について検討するものである。

その結果、大腿筋群の最大変位量は種目による違いは認められなかった。最大変位量は筋の硬さを評価する有効な指標であると報告⁷⁾されており、本研究では組手及び型種目に最大変位量の有意な差が認められなかったことから、大腿筋群の硬さは両種目ともに同様な筋の硬さであったことが明らかとなった。次に、種目間における大腿筋群の収縮時間を比較したところ、左右の大腿直筋では型種目が組手種目よりも有意に収縮時間が短いことが認められた。組手及び型種目ともに共通した技には、突き技と蹴り技がある。これらの動作は、普段から素早い動作のトレーニングが行われている為、速度特異性¹⁾が生じ、筋収縮時間が短縮することが考えられる。しかし、組手選手は、試合中80%が突き技に集中しており、突き技は組手の試合において勝敗をわける重要な技であることが報告⁹⁾されていることから、組手種目と型種目で、練習及び試合中における蹴り動作の頻度が異なることが推察される。即ち、蹴り動作の主動筋である大腿直筋の使用頻度の差が収縮時間に種目差を生じさせた要因であると示唆された。

V. ま と め

本研究では、大学空手道部に所属する組手選手及び型選手を対象に、大腿筋群における収縮特性を明らかにし、TMG法からみた筋収縮特性の観点から組手及び型種目の特性について検討した。その結果、大腿筋群における筋の硬さは、組手及び型種目ともに同程度であったが、筋収縮時間は、

左右の大腿直筋において種目差が確認された。

本研究は、平成29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) Behm DG, Sale DG. (1993) Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *J Appl Physiol.* Jan ; 74 (1) : 359-68.
- 2) Dahmane R, Djordjevic S, Smerdu V. (2006) Adaptive potential of human biceps femoris muscle demonstrated by histochemical, immunohistochemical and mechanomyographical methods. *Med Biol Eng Comput.* Nov ; 44 (11) : 999-1006.
- 3) García-García O, Cancela-Carral JM, Huelin-Trillo F. (2015) Neuromuscular Profile of Top-Level Women Kayakers Assessed Through Tensiomyography. *J Strength Cond Res.* 2015 Mar ; 29 (3) : 844-853.
- 4) García-Manso JMI, Rodríguez-Ruiz D, Rodríguez-Matoso D, de Saa Y, Sarmiento S, Quiroga M (2011). Assessment of muscle fatigue after an ultra-endurance triathlon using tensiomyography (TMG). *J Social Sciences.* Mar ; 29 (6) : 619-25.
- 5) Ludvik Travník, Srdjan Djorjevic, Sergej Roman, Marija Hribernik, and Raja Dahmane. (2013.) 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.
- 6) 宮田浩文・角直樹・佐渡山亜兵・増田正・勝田茂 (1989) 各種スポーツ競技選手の外側広筋における活動電位速度. *臨床スポーツ科学* 6 : 1371-1376.
- 7) Pisot R, Narici MV, Simunic B, De Boer M, Seynnes O, Jurdana M, Biolo G, Mekjavić IB (2008) Whole muscle contractile parameters and thickness loss during 35-day bed rest. *Eur J Appl Physiol.* Sep ; 104 (2) : 409-14.
- 8) Valencic V, Knez N. (1997) Measuring of skeletal muscles' dynamic properties. *Artif Organs.* Mar ; 21 (3) : 240-2.
- 9) 吉村良考, 今村祐行, 西村誠司 (1997) 学生空手道組手競技に関する研究—団体戦での勝敗の動向と決まり技の検討—. *武道学研究* 30 (2) : 48-51