

## 筋形態と筋出力特性に及ぼすスポーツ競技種目特性

### Specificities of long term training on muscle thickness and isokinetic force in male athletes

角 田 直 也\*, 松 本 高 明\*\*, 滝 山 将 剛\*\*\*,  
西 山 一 行\*\*\*\*, 中 野 雅 之\*\*\*\*\*

Naoya TSUNODA\*, Takaaki MATSUMOTO\*\*, Yuktaka TAKIYAMA\*\*\*,  
Kazuyuki NISHYAMA\*\*\*\*, Masayuki NAKANO\*\*\*\*\*

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to clarify the effects of long term specific physical training on muscle thickness and function of the knee extensor and flexor muscles in male athletes. Forty three male athletes, 20 for wrestlers, 13 for swimmers and 10 distance runners, were participated as subjects. Muscle thickness for anterior and posterior in thigh was determined ultrasonic method. Maximal voluntary peak torque with isokinetic contractions of the knee flexor and extensor muscles were measured by Biodex System 2 AP model dynamometer. In both anterior and posterior in the thigh, wrestlers showed highest mean values in muscle thickness among athletes groups. Lower mean values in posterior muscle thickness in the thigh were found in swimmers. Isokinetic muscle peak torques on wrestlers observed highest values in all the angular velocity for both the extension and flexion of the knee joint among athletes groups. Peak muscle torques at the all angular velocities showed almost same values for each group in distance runners and swimmers.

*Key wards; Athletes, Muscle thickness, Isokinetic muscle torque.*

はじめに

長期間にわたる特定の競技種目のトレーニングの継続はその種目によって身体の活動様式やトレーニング内容が異なることから、その種目特有な

筋形態や筋機能を示すことが考えられる。

これまでにスポーツ競技選手の筋横断面積は競技種目によって異なり、短時間で瞬発的な要素を主とする競技者のそれは持久的な種目の競技者より著しく大きいことが報告されている (Maughan

\* 国士舘大学体育学部身体運動学教室 (Lab. of Biodynamics and Human Performance, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

\*\* 国士舘大学スポーツ医科学研究室 (Dept. of Medicine and Science in Sports, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

\*\*\* 国士舘大学体育学部レスリング研究室 (Lab. of Wrestling, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

\*\*\*\* 国士舘大学体育学部陸上競技研究室 (Lab. of Track and Field, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

\*\*\*\*\* 国士舘大学体育学部スポーツ・リハビリテーション教室 (Lab. of Sports Rehabilitation, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

et al. (1983)、Tsunoda et al. (1985)、金久ら(1985)、角田ら(1986)、福永(1993)。体肢において、筋の発達している部位は競技種目によって異なる(角田ら(1986)、Tsunoda et al. (1985))。石田ら(1993)は超音波法を用いて、わが国のスポーツ競技選手の体肢の筋厚を比較して競技種目特性を検討して競技種目による筋厚の差異を明らかにし、トレーニング様式の違いによるものであろうことが示唆している。

また、スポーツ競技選手における筋出力の競技種目特性については数多く報告されており(金久ら(1983)、Tsunoda et al. (1985)、西山ら(1989)、Perrin (1993)、Ikegawa et al. (1989))、その静的及び動的での随意最大筋力はスポーツ競技種目によって異なることが報告されている(角田ら(1986)、田口ら(1992))。

一方、長期間に亘る専門種目でのトレーニング様式、特に陸上と水中、やトレーニング内容の違いが筋形態と筋出力特性に及ぼす影響についての研究は筆者の知る限り大変少ない。

そこで、本研究では男子のレスリング選手、競泳選手及び長距離走者を対象として、大腿部の筋厚と膝関節伸機能に及ぼすトレーニング様式の影響について横断的に検討した。

## 方 法

### I. 被験者

本研究の被験者は男子のレスリング選手20名、競泳選手13名及び長距離走者10名の高度にトレーニングされているスポーツ競技選手43名のであった。被験者の年齢、身長、体重及びのBMIの平均と標準偏差値は表1に示した。全被験者とも各種目

でのトレーニング経験年数は5年以上であった。また、各被験者には研究の目的、内容等について十分説明し、本研究への任意による参加の同意を得た。

### II. 皮下脂肪厚、筋厚の測定

大腿部における筋厚の測定は超音波Bモード法による超音波診断装置Echo-Camera SSD-500(ALOKA社製)を用いて行った。測定部位は右側で大腿長の50%の所の前側と後側の2部位とした。これらの測定は全被験者とも立位で実施した。また、測定時の超音波発信周波数は5MHzであった。本装置による測定精度の信頼性については、屍体によりノギスによる実測法との比較から確認されている(福永ら(1989))。

### III. 等速性最大筋力の測定

等速性による膝関節の伸展及び屈曲時の筋力測定はBIODEX System II (Biodex 社、USA)を用いて行った。測定姿勢としては各被験者とも、椅座位姿勢をとらせ、レバーアームに接続したアタッチメントの中央部を外果点に設定し、体幹部と大腿部をシートベルトで測定椅子に固定した。膝関節屈曲時の重力補正は筋力測定装置をコントロールしているコンピューター(DEC486/25LP、日本デック社)に内蔵されているプログラム(Biodex Advance Software Ver.3.0.3)により行った。また、本研究では各被験者とも右側を測定した。

測定速度は伸展、屈曲ともに、30°、90°、180°及び270°/secに設定した。関節の可動域は膝関節屈曲の90°から完全伸展位までの範囲とした。各測定は無作為にそれぞれ3回づつ行い、各被験者とも全試行を2~3日間で行った。それぞれの試行において最も高いトルク値を各測定速度での最大

Table 1. Physical Characteristics of Subjects.

Event	n	Age(yrs)	Body Height	Body Weight(kg)	BMI
Wrestlers	20	24.3(2.8)	171.0(6.3)	79.2(15.4)	26.4(3.9)
Swimmers	13	19.5(1.2)	174.6(2.8)	65.0(5.5)	20.5(2.9)
Distance Runners	10	20.7(1.6)	169.5(3.9)	56.7(5.5)	19.7(1.5)
					Mean (S.D)

筋力とした。

各試行間の休憩は被検者の疲労を充分考慮したうえで自己申告とした。その休息時間は2から4分間とした。

Table 2. Thickness of thigh muscle in athletes.

Event	Thigh muscle		P/A
	Anterior	Posterior	
Wrestlers	57.5(6.5)	71.0(6.2)	1.23
Swimmers	44.9(6.1)	48.8(3.8)	1.01
Distance Runners	51.2(4.9)	67.3(3.6)	1.31

Mean (S.D)

Table 3. Isokinetic peak force of thigh muscles in athletes. (Nm)

Velocity	Wrestlers	Swimmers	Distance Runners
Extension			
30 deg/sec	309.1(65.2)	234.9(35.0)	230.8(35.7)
90 deg/sec	227.5(47.8)	178.9(23.7)	172.4(18.8)
180 deg/sec	158.3(33.7)	133.7(19.3)	122.4(15.0)
270 deg/sec	134.4(30.5)	112.4(15.7)	99.4(14.1)
Flexion			
30 deg/sec	140.5(26.6)	107.3(21.0)	105.4(23.1)
90 deg/sec	121.0(20.3)	99.2(15.3)	95.0(16.0)
180 deg/sec	95.5(18.7)	84.2(16.9)	76.0(14.4)
270 deg/sec	87.9(16.3)	74.3(12.8)	67.1(14.1)

Mean (S.D)

## 結果と論議

### I. 大腿部の筋厚

表2は超音波法で測定した大腿部の筋厚とその前後比を競技種目別に比較したものである。筋厚は前、後部ともにレスリング選手(前部: 57.5mm、後部: 71.0mm)が他の競技選手より著しく高い値を示した。一方、競泳選手の各部の筋厚(前部: 44.9mm、後部: 48.8mm)は最も低い値を示す傾向がみられ、後部の値は他の種目に比較して有意に低い値であった。

また、筋厚の前後比(P/A)は長距離走者が1.31と最も高く、競泳選手が1.01と低い値を示した。

男子スポーツ競技選手の体肢組成に関してはこ

れまでにいくつか報告されている(Tsunoda et al. (1985)、金久ら(1985)、角田ら(1986)、石田ら(1993))。超音波法を用いて石田ら(1992)は我が国の一流男子スポーツ競技選手の体肢の筋厚を報告している。その報告から、本研究で用いた競技種目と同一種目における大腿の筋厚の値は前部と後部でそれぞれレスリング選手が約56-63mmと68-71mm、競泳選手が56mmと63mm、中長距離走者が47mmと64mmであった。

本研究で得られた筋厚の前部と後部の平均値(標準偏差値)はレスリング選手が57.5(6.5)mmと71(6.2)mm、競泳選手が44.9(6.1)mmと48.8(3.8)mm、長距離走者が51.2(4.9)mmと67.3(3.6)mmであり、競泳選手の値が石田ら(1992)の値に比べて低いものであった。筋の発達はトレーニング様式やトレーニング度合いに影響されることが指摘されている(福永(1983)、金久ら(1983)、角田ら(1986)、石田ら(1992))。本研究の競泳選手と石田ら(1992)の対象とした選手の年齢はほぼ同様であることからトレーニング内容の差異が影響していることが考えられる。これが競技力に影響しているものと推察された。また、石田ら(1992)の報告においても、レスリングの筋厚は他の種目に比べて前後部とも比較的上位を示している。これはレスリング種目のトレーニングが筋肥大を促す内容によって構成されていることから充分考えられることである。一方、水泳選手の筋厚は他のパワー系の種目に比べて低い傾向を報告していることから水中でのトレーニング様式は下肢の特異的な筋肥大を引き起こさないであろうことが推察された。

### II. 等速性筋力

表3は膝関節の屈筋群及び伸筋群における等速性最大トルクを競技種目別に比較したものである。膝関節の伸展及び屈曲時の筋力は各競技種目とも測定速度の増大に伴って低下する傾向が認められた。各測定速度での最大筋力は伸展及び屈曲ともレスリング選手の値が他の種目に比較して著しく高い値を示した。

膝関節の伸展に対する屈曲の筋力比率を種目別に示したのが表4である。各種目とも測定速度の上昇に伴って、その比率も増大することが認められ種目間による顕著な差異は認められなかった。

これまでに、骨格筋の発揮する最大筋力は筋の横断面積に左右され(福永(1983)、Maughan et al.(1983)、Narici(1988))、その出力は収縮速度に影響されて速度の増加に伴って低下する(Jorgensen(1976)、Gulch(1994)、Hortobagui and Katch(1990)、田口ら(1992)、Perrin(1993)、角田ら(1992))。本研究でのスポーツ競技選手における膝関節の伸展及び屈曲についても、測定速度の増大に伴って筋力は低下する傾向が各競技種目とも認められた。このことはスポーツ選手一般人に関わらず筋力は筋収縮速度の増大に伴って低下することを強く指示するものである。一方、スポーツ種目によって同一測定速度で発揮される筋力は異なることが報告されている(田口ら(1992))。本研究の結果についても、各測定速度での最大筋力はレスリングが最も高く、競泳選手と長距離走者ではほぼ同様な値を示した。筋力トレーニングは力-速度関係に影響を与える(Behm and Sale(1993)、Caiozzo(1981))ことを指示するものと考える。

一方、本研究において長距離走者の筋力は同一測定速度で競泳選とほぼ同様な値を示した。Thorstensson(1976)は筋の力-速度関係に及ぼす要因の一つとして、筋線維組成をあげている。長距離走者の場合はそのことが要因になっていることも充分考えられる。また長距離選手の筋厚は競泳選手よりも大きな値を示したにも関わらず筋出力には顕著な差異がみられなかった。トレーニングにより強化される筋群が同じであってもトレーニ

ングの動作様式や筋力の測定法の違いによって筋力発揮が異なることが指摘されており、その要因として神経系の作用が考えられている(Sale and MacDougall(1981))。

ま と め

本研究では男子のレスリング選手、競泳選手及び長距離走者を対象にして、超音波法により大腿前後部の筋厚を、また、Biodex System2 を用いて膝関節の屈筋群と伸筋群の等速性筋力を測定し、筋の形態と機能に及ぼすトレーニング様式の差異について検討した。

その結果、大腿の筋厚は前後部とも他の種目に比べてレスリング選手が最も高い値を示した。

等速性最大筋力は伸展及び屈曲とも、総ての測定速度でレスリングが著しく高い値を示した。屈曲と伸展の比率は各種ともほぼ同様な値を示し、測定速度の上昇に伴って増大した。

本研究は体育学部附属体育研究所の平成7年度研究助成によって実施した。

引 用・参考文献

- 1) Behm D.G. and Sale D.G. : Velocity specificity of resistance training. Sports Medicine 15(6): 374-388, 1993.
- 2) Caiozzo V.J., J.J.Perrine, V.R.Edgerton: Training-induced alteration of the in vivo forcevelocity relationship of human muscle. J Appl Physiol 51: 750-754, 1981.
- 3) 福永哲夫：ヒトの絶対筋力-超音波法による体肢組成、筋力の分析-. 杏林書院, 1983.
- 4) 福永哲夫 ほか：超音波Bモード法による皮下脂肪厚及び筋厚の測定法の検討. Jap. J. Med. Ultrasonic. 16: 170-177, 1989.
- 5) 福永哲夫：筋の活動性肥大と筋力. J. J. Sports Sci. 2: 13-22, 1983.
- 6) 福永哲夫：筋の形態変化と筋力アップ. J. J. Sports Sci. 12(3): 152-159, 1993.
- 7) Gulch R.W.: Force-velocity relations in human skeletal muscle. Int J Sports Med 15: S2-S10, 1994.
- 8) Hortobagui T and Katch FI : Eccentric and concentric torque-velocity relationships during arm flexion and

Table 4. Flexion / Extension peak force of knee joint in athletes. (%)

Velocity	Wrestlers	Swimmers	Distance Runners
30 deg/sec	46.1(5.2)	45.7(6.5)	45.6(5.9)
90 deg/sec	53.8(5.7)	55.6(6.5)	55.2(7.7)
180 deg/sec	59.7(7.8)	63.2(10.8)	62.2(8.5)
270 deg/sec	66.2(6.4)	66.6(10.6)	67.8(13.7)
	Mean (S.D)		



- extension. *Eur J Appl Physiol* 60: 395-401, 1990.
- 9) Ikegawa, S., et al. :Characteristics of Japanese wrestlers with respect to function and structure of limbs. *Biomechanics and Sports V*: 174-180, 1989.
- 10) 石田良恵 ほか: 日本人一流競技選手の皮下脂肪厚と筋厚. *J. J. Sports Sci.* 11(10): 685-694, 1992.
- 11) Jorgensen K:Force-velocity relationship in human elbow flexor and extensors. *Biomechanics V*:145-151, 1976.
- 12) 金久博昭 ほか: スピードスケート選手の陸上トレーニングが身体組成, 大腿部組成および筋出力に与える影響. *J. J. Sports Sci.* 2(11): 152-159, 1983.
- 13) 金久博昭 ほか: 体重別競技選手の体肢組成. *J. J. Sports Sci.* 4(9), 699-704, 1985.
- 14) 金子公宥, 山崎 武, 穴倉保雄: 肘の屈・伸筋力における「トレーニング能」について. *体育学研究* 21(2): 95-99, 1976.
- 15) Maughan, R. J., Watson, J. S. and Weir, J.: Relationship between muscle strength and muscle cross-sectional area in male sprinters and distance runners. *Eur J Appl Physiol* 50: 3309-318, 1983.
- 16) Narici M. V., Roi, G.S. and Landoni, L.:Force of knee extensor and flexor muscles and cross-sectional area determined by nuclear magnetic resonance imaging. *Eur J Appl Physiol* 57: 39-44, 1988.
- 17) 西山一行, 堀川浩之, 角田直也: 長距離選手における等速性筋出力特性と競技成績の関係. *国士舘大学体育研究所報* 8: 27-32, 1989.
- 18) Perrin DH : Isokinetic exercise and assessment. *Human Kinetic Publishers*, 1993.
- 19) Sale, D. and MacDougall, J.D. : Specificity in strength training. A review for the coach and athletes. *Canad J Appl Physiol* 50, 3309-318, 1981.
- 20) 田口正公 ほか: スポーツ競技の種目別に見た筋力発揮特性について-大腿四頭筋の伸張性筋活動と短縮性筋活動-. *トレーニング科学* 4: 84-91, 1992.
- 21) Thorstensson, A., Grimby and J. Karlsson: Force-velocity relations and fiber type composition in human knee extensor muscles. *J Appl Physiol* 40: 12-16, 1976.
- 22) Tsunoda, N., et al. : Structural and functional characteristics of thigh muscle in athletes. *Biomechanics* 9A: 15-21, 1985.
- 23) 角田直也 ほか: 大腿四頭筋断面積における各種競技選手の特異性. *体力科学* 35(4): 192-199, 1986.
- 24) 角田直也 ほか: 膝関節伸筋と屈曲筋群の短縮性及び伸張性活動による筋出力特性. *国士舘大学体育研究所報* 10: 41-47, 1992.