

## 新体操選手の下肢筋形態と筋出力発揮特性

### The characteristics of muscle structure and force output in male rhythmic gymnastics players

山田 小太郎\*, 朝倉 正昭\*\*, 田中 重陽\*\*\*  
熊川 大介\*\*\*\*, 角田 直也\*\*\*\*\*

Kotaro YAMADA\*, Masaaki ASAKURA\*\*, Shigeharu TANAKA\*\*\*  
Daisuke KUMAGAWA\*\*\*\* and Naoya TSUNODA\*\*\*\*\*

#### ABSTRACT

The purpose of this study was clarifying the characteristic muscle structure and force output production in male rhythmic gymnastics players. Nine teen male rhythmic gymnastics players of university students were participated as subjects. Muscle thickness for anterior and lateral and posterior in thigh was determined B-mode ultrasonic method. Maximal voluntary peak torque with isokinetic and isometric of the knee flexor and extensor muscles were measured by BIODEX System III.

Bilateral difference of the muscle thickness in thigh muscle and also, maximal muscle force outputs were not significant differed in all trials with isometric and isotonic actions. Force-Velocity relation was observed from 0deg/sec to 180deg/sec in both knee extensors.

From these results it was considered that male rhythmic gymnastic exercise may require muscle activities in both legs.

*Key wards; male Muscle thickness, rhythmic gymnastics players, BIODEX System III.*

#### はじめに

これまでに筋出力発揮特性については多くの研究がなされてきた<sup>4) 6) 9)</sup> また、特定競技種目における長期にわたるトレーニングの継続は各種目に

よってトレーニング内容や身体の活動様式が異なることから、各種目特有の筋形態や筋機能を示すことが考えられる。

過去の先行研究において競技種目の違いにより筋の発達している部位が異なることが指摘されて

\* 国士館大学体育学部非常勤講師 (Lecturer Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

\*\* 国士館大学体育学部 (Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

\*\*\* 国士館大学体育学部研究助手 (Research Assistant Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

\*\*\*\* 国士館大学大学院スポーツ・システム研究科助手 (Assistant of Graduate School of Sport System, Kokushikan University)

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

いる<sup>5) 2)</sup>。また、筋力は筋の横断面積に比例し肥大することも報告されている<sup>3) 7)</sup>。これまで様々なスポーツ種目の選手を対象とした研究は多くなされてきたが、男子新体操選手を対象とした報告はなされていない。

そこで、本研究においては男子新体操選手を被検者とし、超音波測定装置を用いて下肢における大腿前部、外部、後部の筋厚と等速性筋力測定装置を用い膝関節の屈曲、伸展運動における等尺性及び等速性による筋力を測定し、新体操競技における下肢の筋形態と機能特性について明らかにすることを目的とした。

## 方 法

### I. 被検者

本研究の被検者は、大学男子新体操部19名であった。被検者の中には全国大会で上位入賞の経験をもつ者もいた。各被検者には測定に先立って研究の目的及び測定方法を十分に説明し任意による測定の同意を得た。

被検者の年齢と身体特性、経験年数は平均値と標準偏差で表1に示した。全被検者とも競技年数は4年以上であった。

### II. 筋厚の測定

大腿部における筋厚の測定は超音波B-mode法による超音波診断測定装置 (Echo Camera SSD-650CL, ALOKA社製) を用いて行った。測定部位は全被検者とも左右大腿長の50%の前側、外側、

後側の3部位を測定した。各部位における測定は全被検者とも立位の状態で行った。また、測定時の超音波発信周波数は5MHzであった。

## III. 筋力測定

### 1) 測定姿勢及び測定装置

等尺性及び等速性による膝関節の伸展と屈曲時の筋力測定はBIODEX System III (Biodex社製) を用い測定を行った。

測定姿勢としては各被検者とも、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、大腿部、体幹部を測定椅子にシートベルトで固定した。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に内蔵されているプログラム (Biodex Advance Software Ver.3.03) により行った。

### 2) 等尺性最大筋力の測定

等尺性最大筋力の測定は屈曲動作時 (以下FLX) で40deg及び伸展動作時 (以下EXT) で80degにて測定を実施した。各被検者ともFLX及びEXTともに8秒間の随意最大努力による筋力発揮を3回行わせ、そのうち最も高い値を最大トルク (PT) とした。

### 3) 等速性最大筋力の測定

等速性最大筋力の測定はFLX及びEXTとも60deg/sec、120deg/sec、180deg/secの角速度にて実施した。各被検者とも十分なウォーミングアップを行わせ、モニター内の動作開始合図に合わせ最大努力にて3回の膝伸展動作を実施した。また、測定に際し筋疲労が測定値に影響を及

Table. 1 Physical Characteristics and Training year of Subjects

n	Age(yrs)	Height(cm)	Weight(kg)	Training(yrs)	LBM(kg)
19	19.9±1.2	170.8±5.4	62.6±5.5	7.0±1.8	57.2±4.2

Mean±SD

ほさぬよう、各測定間において十分な休息を与えた。各速度とも3回の実施の中で最も高い値をPTとし採用した。また、等速性に対する等尺性の比率も算出した。更に屈伸比においても同様に算出した。

#### IV. 統計処理

測定した値は平均値及び標準偏差で示した。また、筋力測定において得られたPTの各運動速度間における有意差検定は分散分析を用いて行い、有意な差が認められた項目についてはpost-hoc検定 (Bonferoni) を実施した。左右差の検定については対応のあるt-testを行った。それぞれ危険率5%以内を有意水準とした。

## 結 果

表2は、超音波法で測定した大腿前部、外部、後部における筋厚を全被検者の平均値と標準偏差を示したものである。大腿前部、外部、後部において有意な左右差は認められなかった。先行研究において<sup>10)</sup> レスリング、水泳、長距離選手における右足大腿部の筋厚値は、レスリングの選手が最も高く大腿前部において $5.75 \pm 0.65$  (cm) の値を示した。また、水泳選手においては $4.49 \pm 0.61$  (cm)、長距離選手においては $5.12 \pm 0.49$  (cm)

の値を示した。本研究における新体操選手の値は右大腿前部において $5.87 \pm 0.51$  (cm) と先行研究のレスリング選手よりも高い値を示した。一方、大腿後部においてはレスリング選手が $7.10 \pm 0.62$  (cm) であったのに対して本研究の新体操選手は $6.69 \pm 0.45$  (cm) と低い値を示した。

次に等速性筋力におけるFLX及びEXTのPT値を角速度毎に表3に示した。右足EXTは角速度の増加に伴い筋力が低下する傾向が見られた。本測定結果において最も高い値をしめしたのは $0\text{deg}/\text{sec}$ で $270.1 \pm 44.8\text{N}/\text{m}$ であった。また、最も低い値は $180\text{deg}/\text{sec}$ における $142.5 \pm 23.8\text{N}/\text{m}$ であった。この結果から角速度の増加に伴いPTが減少する関係が認められた。また $0\text{deg}/\text{sec}$ と $60\text{deg}/\text{sec}$ 、 $120\text{deg}/\text{sec}$ 、 $180\text{deg}/\text{sec}$ 間と $60\text{deg}/\text{sec}$ と $120\text{deg}/\text{sec}$ 、 $180\text{deg}/\text{sec}$ 間において有意な差が認められた ( $P < 0.05$ )。しかし、 $120\text{deg}/\text{sec}$ から $180\text{deg}/\text{sec}$ 間に有意な関係が認められず、EXTにおいて中速から高速での力発揮は殆ど差が見られなかった。同様の傾向が左足においても認められた。

右足FLXにおいて最も高い値を示したのは $0\text{deg}/\text{sec}$ で $105.6 \pm 20.7\text{N}/\text{m}$ であった。また、最も低い値は $120\text{deg}/\text{sec}$ における $84.7 \pm 17.3\text{N}/\text{m}$ であった。角速度間に有意な差が認められたのは左右とも等尺性 $0\text{deg}/\text{sec}$ と $120\text{deg}/\text{sec}$ 、

Table.2 Comparisons of muscle thickness on Right and Left Thigh

Muscle thickness		
	Right	Left
Thigh Anterior(cm)	5.87±0.51	5.91±0.53
Thigh Lateral(cm)	4.96±0.50	4.79±0.42
Thigh Posterior(cm)	6.69±0.45	6.79±0.46
		Mean±SD

Table.3 Comparisons of Peak torque on knee joint in Men's RG players

		Right leg(N/m)	Left leg(N/m)
Extension	0deg/sec	270.1 ± 44.8	269.3 ± 47.0
	60deg/sec	192.7 ± 34.0	188.8 ± 30.4
	120deg/sec	153.8 ± 24.7	159.1 ± 21.3
	180deg/sec	142.5 ± 23.8	137.5 ± 23.1
Flexion	0deg/sec	105.6 ± 20.7	105.0 ± 20.4
	60deg/sec	92.0 ± 18.5	90.3 ± 18.6
	120deg/sec	84.7 ± 17.3	82.4 ± 16.6
	180deg/sec	88.4 ± 16.9	85.2 ± 19.8

\*:p<0.05 Mean±SD

Table.4 Flexion/Extension Peak torque on knee joint in Men's RG players

		Right leg	Left leg
Flexion/Extension	0deg/sec	39.2 ± 5.3	39.2 ± 5.8
	60deg/sec	48.0 ± 6.6	48.1 ± 7.5
	120deg/sec	55.2 ± 7.7	51.7 ± 7.3
	180deg/sec	62.3 ± 8.1	62.2 ± 11.2

\*:p<0.05 Mean±SD

180deg/sec間で認められた (P<0.05)。左足においても同様の傾向が認められた。また、伸展筋の左右差について検討したところ、等尺性及び等速性ともに有意な差は認められず、ほぼ同様の値を示した。

次に等尺性に対する等速性の値を比率で示した(図1)。EXTにおいて角速度の増加に伴い比率は低下する傾向が認められた。またFLXにおいては120deg/secまではEXTと同様の傾向が見られたが、180deg/secにおいて再び上昇する傾向が見られた。EXT及びFLXともに左右で著しい差は認められなかった。

次に伸屈比における左右差の検討を行った。右足において最も高い値を示したのは180deg/secで62.3 ± 8.1%であった。また、最も低い値は0

deg/secにおける39.2 ± 5.3%であった。また0deg/secと60deg/sec、120deg/sec、180deg/sec間と60deg/secと120deg/sec、180deg/sec間において有意な差が認められた (P<0.05)。

左足について最も高い値を示したのは180deg/secで62.2 ± 11.2%であった。また、最も低い値は0deg/secにおける39.2 ± 5.8%であった。また0deg/secと60deg/sec、120deg/sec、180deg/sec間と60deg/secと180deg/sec間と、120deg/secと180deg/sec間において有意な差が認められた (P<0.05)。屈伸比についても絶対値と変わらぬ傾向が認められた。各速度とも速度の増加に伴い、その比率も増大することが認められた。本研究で得た結果は先行研究を支持する結果であった<sup>10) 1)</sup>。

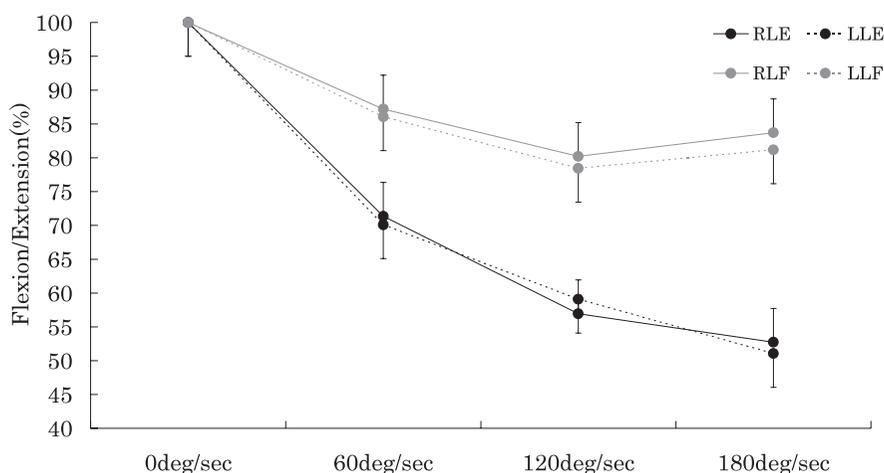


Fig. 1 Extension &amp; Flexion

## 考 察

以上の結果から新体操競技においては宙返りや徒手運動における動作の中で、屈曲する動きより伸展する動作の方が多いため新体操選手の筋厚において、このような結果が得られたものと考えられる。また、先行研究<sup>2)</sup>では野球選手の投球動作が筋に与える影響を示しているが、本研究において測定された大腿各部位では左右における有意な差が認められなかった。新体操は両足での動作が多いため、それに伴うトレーニングによって筋の形態は左右とも著しい差が認められなかったものと考えられる。

これまで等速性による筋収縮速度と筋力に関する研究では収縮速度増加に伴い筋力は低下する傾向が見られることが報告されている。<sup>8)</sup> 本研究においても同様に力速度関係が確認されたことから、先行研究を支持する結果であった。

## ま と め

本研究では男子新体操選手の筋力特性を明らかにしていくため、大学生男子19名を被検者とし、超音波診断測定装置及びBIODEX System IIを使

用して下肢大腿部位における測定を行った。角速度間における力一測度関係については有意な差が認められたが、筋厚及び筋力について有意な左右差を認めることができなかった。これらのことは新体操の競技において左右どちらの足においても均等な筋力が必要とされる動きが多いためこのような結果が得られたと考えられるが、男子新体操選手種目特有の筋の形態、筋出力発揮特性については確認できなかった。

今後の課題として、本研究では男子新体操選手のみを被検者としたため、他の競技種目選手との筋形態を比較検討することができなかった。今後、研究を進めていくにあたり男子新体操選手の身体特性を明らかにするためにも、他種目間との比較が必要であると考えられる。また、同じ新体操種目であるが男性よりも柔軟能力が優れていると考えられる女子新体操選手との性差についても比較検討の必要もあると考える。

## 謝 辞

本稿を終えるにあたり、懇切なるご指導頂きました国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科角田直也教授をはじめ、朝倉正昭教授、田中重陽

研究助手、熊川大介助手に実験及び論文作成に対する貴重なご指摘、ご指導を深く感謝いたします。

本研究の実施にあたり、被検者として多大なご協力を頂いた、国士舘大学新体操部男子の皆様に心から感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 角田直也 中野雅之 矢田秀昭：膝関節屈筋群と伸筋群の短縮性活動における収縮速度特性、The Annual Reports of Health Physical Education and Sport Science Vol.14 1-6, 1995
- 2) 角田直也 青山利春 岡田雅次 須賀義隆 須藤明治：競技パフォーマンスに及ぼす筋形態と出力特性に関する研究 The Annual Reports of Health Physical Education and Sport Science Vol.20 117-6119 2001
- 3) Kanehisa, H and Fukunaga, T : Velocity associated characteristics of force production in college weight lifters. Br.j.sports Med.33 (2) 113-116, 1999
- 4) 福永哲夫：筋の形態変化と筋力アップ. J.J.Sports Sci.2 : 13-22, 1993
- 5) 金久博昭：スピードスケート選手の陸上トレーニングが身体組成、大腿部組織及び筋出力に与える影響 J.J.Sports Sci.2 (11) : 152-159, 1983
- 6) 田口正公 竹下幸喜 高木浩信 森島誠：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
- 7) 角田直也 金久博昭 福永哲夫 近藤正勝 池川繁樹：大腿四頭筋断面積における各種競技選手の特性 体力科学 35 (4) : 192-199 1986
- 8) 金子公宥：筋収縮の力・スピード・パワー 体育の科学 20 368-373, 1970
- 9) 福永哲夫：身体運動における筋収縮のバイオメカニクス 体育学研究 42 : 337-348, 1998
- 10) 角田直也 松本高明 滝山将剛 西山一行 中野雅之：筋形態と筋出力特性に及ぼすスポーツ競技種目特性 The Annual Reports of Health Physical Education and Sport Science Vol.14 47-52, 1995