THE ANNUAL REPORTS OF
HEALTH, PHYSICAL EDUCATION
AND SPORT SCIENCE
VOL.27, 7-13, 2008

原　著

男女新体操選手における下肢の筋形態、筋出力及び無酸素性パワー発揮特性

The characteristics of muscle structure, force output and anaerobic power generation capacities in male and female rhythmic gymnastics players.

山　田　小太郎*，朝　倉　正　昭**，髙　橋　佑　輔***
田　中　重　陽****，熊　川　大　介*****，角　田　直　也******

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

ABSTRACT

The purpose of this study was to clarify the characteristics of muscle structure, force and maximal anaerobic power generation capacities in male and female rhythmic gymnastics players. Six teen male and 12 female rhythmic gymnastics players of university students were participated as subjects. The muscle thigh and lower leg muscle thicknesses was determined using a B-mode ultrasonic method. Maximal voluntary peak torque with isokinetic and isometric of the knee flexor and extensor muscles were measured by isokinetic daynamometer (BIODEX System Ⅲ). The measurement of maximal anaerobic power was measured by bicycle ergometer (Power MaxV Ⅲ). The significant differences of PT on males and females knee extensor and flexor muscle observed between 0deg/sec to 180deg/sec. Significant correlation coefficient were observed between maximal anaerobic power and maximal voluntary peak torque in males. However, no significant correlation coefficient were observed between maximal anaerobic power and maximal voluntary peak torque in female From these results, it was considered that the rhythmic gymnastics exercise may require muscle force and power generation capacities in both legs. Moreover, it was considered that relationship between knee extension force and anaerobic power was stronger in males than females.

Key words; male and female rhythmic gymnastics players, BIODEX System Ⅲ, anaerobic power.

* 国士舘大学体育学部非常勤講師（Lecturer Faculty of Physical Education, Kokushikan University）
** 国士舘大学体育学部教授（Faculty of Physical Education, Kokushikan University）
*** 国士舘大学体育学部教務助手（Faculty of Physical Education, Kokushikan University）
**** 国士舘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）

は　じ　め　に

これまでに長期間にわたる競技に応じた筋力トレーニングは筋形態及び筋出力発揮特性に影響を及ぼすことが明らかにされている[10) 9) 6)]。例えば野球選手の筋形態の左右差についての報告によれば、日常の投動作トレーニングにより各体肢の優位側の近位で筋が発達し左右差が生じることが指摘されている[7)]。このようにスポーツ選手の筋形態はその競技の特性に大いに反映するものである。一方新体操選手を対象とした筋形態特性を明らかにしたものは見当たらない。

男子新体操競技においてはアクロバットなどの瞬発系の運動が多く取り入れられているのに対し、女子新体操競技は柔軟系の技術やバランス系の動作が多く実施されている。このように新体操選手は男女で競技特性が異なることからそのトレーニング内容も異なる。従って男女新体操選手では、その筋形態、筋出力及びパワー発揮特性が異なるものと予想される。

そこで本研究においては新体操選手の下肢筋形態及び筋出力さらには無酸素性パワー発揮特性について男女差の観点から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、大学男子新体操選手16名、女子新体操選手12名の合計28名であった。男子被検者の中には全国大会で優勝の経験をもつ者もいた。各被検者には測定に先立ち研究の目的及び測定方法を充分に説明し任意による測定の同意を得た。被検者の年令と身体特性、経験年数は平均値と標準偏差でTable 1に示した。全被検者とも競技年数は4年以上であった。

Table 1. Age physical caracteristics and training experience in subjects

	n	Age(yrs)	Height(cm)	Weight(kg)	LBM(kg)	Experience(yrs)
Male	16	19.6±1.3	170.3±4.6	63.3±3.6	57.8±2.8	6.9±1.7
Female	12	19.2±0.8	158.9±2.9	52.4±2.7	43.6±2.4	11.3±2.3

Mean±S.D.

Ⅱ．筋厚の測定

大腿部及び下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)を用いて測定した。測定部位は全被検者とも左右大腿長の50%部位の前側、外側、後側の3部位及び左右下腿部においては下腿長の30%部位の前部、後部の2部位を対象とした。各部位における測定は全被検者とも立位の状態で実施した。また、測定時の超音波発信周波数は5MHzであった。

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及び屈曲時の筋力測定はBIODEX System Ⅲ（Biodex社製）を用いて行った。測定姿勢は各被検者とも、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、大腿部及び体幹部を測定椅子にベルトで固定した。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（以下FL）は膝関節角度を40°、伸展（以下EX）は80°にて実施した。各被検者ともFL及びEX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FL及びEXとも60deg／sec、120deg／sec及び180deg／secの角速度にて実施した。各被検者とも十分にウォーミングアップを実施し、モニター内の動作開始合図に合わせ最大努力にて3回の膝屈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ぼさぬよう、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最大トルク（以下PT）とし採用した。

Ⅳ．無酸素性パワーの測定

無酸素性パワーの測定はPower Max（COMBI社製）を用いて実施した。被検者には3回の異なる作業負荷において最大努力による10秒間の自転車ペダリング運動を実施させた。3回の試技で得られたパワーの回帰直線から最高値を最大無酸素性パワー（以下MAP）とした。

Ⅴ．統計処理

測定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測定（Bonferoni）を実施した。左右差の検定については対応のあるt検定を用いた。MAPと筋形態及び筋力の関係についてはピアソンの単純相関によって求めた。それぞれ危険率5％未満を有意とした。

結果及び考察

1）筋形態比較

Table 2は超音波法にて測定をした、男女大腿部前部、側部、後部及び下腿部前部、後部における筋厚の値を示したものである。男女とも各測定部位における有意な左右差は認められなかった。本研究における測定結果からは、新体操のトレーニングによる男女の筋の特異性は確認することが出来なかった。

2）筋出力発揮特性比較

Table 3は等速性筋力におけるFL及びEXのPT値を角速度毎に示した。男子右脚及び左脚EXについては右脚において最も高い値を示したのは0 deg／sec（271.4 ± 37.5N/m）であった。左脚についても同様に0 deg／secの角速度において277.8 ± 43.9N/mの最高値を示した。最も低値を示したのは左右とも180deg／secであった。また、右脚において0 deg／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（$p<0.05$）。左脚においても0 deg／

Table 2. Comparisons of muscle thickness on lower limb between right and left

		Muscle thickness			
		Male		Female	
		Right	Left	Right	Left
Thigh	Anterior	5.93±0.48	6.01±0.59	5.31±0.42	5.05±0.31
	Lateral	4.94±0.43	5.05±0.62	4.11±0.50	4.07±0.38
	Posterior	6.85±0.24	7.07±0.38	6.21±0.72	5.76±0.51
Lower leg	Anterior	2.79±0.26	2.78±0.22	2.44±0.30	2.55±0.22
	Posterior	6.05±0.32	6.00±0.33	5.66±0.60	5.72±0.34

Mean±S.D.

Table 3. Comparisons of peak torque on knee joint among each angular velocity in male and female RG players

		Peak torque(N/m)			
		Male		Female	
		Right leg	Left leg	Right leg	Left leg
Extension	0deg/sec	271.4±37.5	277.8±43.9	162.4±21.9	158.6±15.3
	60deg/sec	174.7±29.2	176.1±33.1	116.0±18.7	122.7±15.9
	120deg/sec	145.2±23.9	146.2±24.9	87.1±14.4	91.2±12.0
	180deg/sec	123.5±19.3	124.6±21.5	75.3±11.1	78.0±11.3
Flexion	0deg/sec	108.6±18.6	105.5±16.6	67.0±5.7	69.3±8.7
	60deg/sec	86.5±10.7	87.8±14.2	55.1±7.9	57.1±6.2
	120deg/sec	80.7±10.1	80.9±12.3	47.5±6.9	49.1±5.8
	180deg/sec	82.7±10.1	80.2±12.7	47.4±7.4	47.6±7.5

＊:$p<0.05$　Mean±S.D.

secと60deg／sec、120deg／sec、180deg／sec間と60deg／secと180deg／sec間において有意な差が認められた（p<0.05）。しかし、両脚とも120deg／secと180deg／secとの間には有意な差が認められなかった。この結果から右脚及び左脚とも角測度の増加に伴いPTが減少する力－速度関係が確認された。

FLにおいては最も高い値を示したのは両脚とも０deg／secであった。また、最も低い値は右脚においては120deg／secで左脚においては180deg／secであった。角速度間の関係については、両脚とも０deg／secと60deg／sec、120deg／sec、180deg／sec間において有意な差が認められた（p<0.05）。この結果からEX同様にFLにおいても力－速度関係が確認された。

女子EXについては左右とも最高値を示したのは０deg／secであった。また、最低値は両脚とも180deg／secであった。角速度間の関係では右脚においては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）。左脚においては０deg／secと60deg／sec、120deg／sec、180deg／sec間と60deg／secと120deg／sec、180deg／sec間、120deg／secと180deg／sec間の全てにおいて有意な差が認められた（p<0.05）。FLについては最も高値を示したのは両脚とも０deg／secで、最も低値を示したのは両脚とも180deg／secであった。角速度間の関係については、右脚は０deg／secと60deg／sec、120deg／sec、180deg／sec間においてで、左脚では0deg／secと60deg／sec、120deg／sec、180deg／sec、60deg／secと180deg／sec間において有意な差が認められた（p<0.05）。

先行研究において運動種目による特定のトレーニングは筋形態に影響を及ぼす事が明らかにされているが[7) 10) 9)]、本研究の測定で得られた値から新体操選手の筋形態及び筋出力発揮において左右差が認められなかった。このことは新体操のトレーニングには左右に差が生じるような運動が少なく、全身の運動がバランスよく実施されることが考えられる。また、先行研究において、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[3) 11)]。本研究においても男女とも同様に力－速度関係が確認されたことから、新体操選手においても筋の特性である力－速度関係が成り立つことが示された。

3）MAPの男女比較

Table 4 はMAPの値を示し男女間で比較した。Power Maxで測定して得られたMAP値を比較したところ男子の値が女子よりも有意に高い値を示した（$p<0.05$）。先行研究において無酸素性パワーの値は筋量の違いにより影響を及ぼすことが示唆されている[2)]。本研究の被検者についても、男子の除脂肪体重（LBM）が女子よりも優れていた。このことから、MAPの男女差に大きく影響したものと考えられる。そこでMAPを体重及び除脂肪体重あたりの値を算出し相対値で比較したところ、男女差は全ての項目において認められた。これらの結果から、男子新体操選手は女子新体操選手よりも無酸素性パワー発揮能力が高いことが示唆された。

4）MAPと筋形態及び筋出力の関係

Table 5 はMAPと筋形態との関連性について検討した。筋厚の値については本研究では男女ともに左右差が認められなかったことから右脚の値を分析の対象とした。

全身筋量の指標であるLBMとMAPとの相関係数は男子が0.5420（$p<0.05$）、女子は0.5987（$p<0.05$）を示した。次に部位の筋厚とMAPとの関係について検討してみると、女子は大腿後部（r=0.6211）と下腿前部（r=0.7687）に有意な関係が認めらたが、その他の部位においては一様な関係はみられなかった。これに対して男子は全ての部位において有意な相関関係が認められなかった。これらの結果から男女とも全身の筋量であるLBMは先行研究と同様にMAPを大きく反映する因子である

Table 4. Comparisons of maximal anaerobic power in males and females

	Male		Female
MAP(W)	798.4±83.1	＊	393.8±72.6
MAP/Weight(W/kg)	12.6±1.1	＊	7.6±1.3
MAP/Lean body mass(W/kg)	13.9±1.2	＊	9.0±1.4

Mean±S.D.　　＊:p<0.05

Table 5. Correlation coefficient between MAP and muscle structural parameters in males and females

		Male	Female
LBM		0.5420 ＊	0.5987 ＊
Thigh (musucle thickness)	Anterior	n.s	n.s
	Lateral	n.s	n.s
	Posterior	n.s	0.6211 ＊
Lower leg (musucle thickness)	Anterior	n.s	0.7687 ＊
	Posterior	n.s	n.s

LBM:Lean body mass　　＊:p<0.05

ものの、局所的な筋の形態（筋厚値）ではMAPとの関連生がないことが明らかにされた。

Table 6はMAPと各角速度間の筋力との関係を示した。男子はEXにおいて0deg／sec（r=0.691, $p<0.05$）、60deg／sec（r=0.599, $p<0.05$）、120deg／sec（r=0.699, $p<0.05$）、180deg／sec（r=0.606, $p<0.05$）と全ての角速度において有意な相関が認められた。しかしFLに関しては全ての角速度において有意な関係は認められなかった。一方、女子はFLの60deg／sec（r=0.615, $p<0.05$）で有意な関係が認められたが、EXの全ての角速度およびFLの0deg／sec、120deg／sec、180deg／secにおいては有意な関係が認められなかった。これらのことから、男子はEXにおける筋力発揮がMAPに影響を及ぼす因子であるが、女子ではそのような関係は成り立たないことが明らかにされた。無酸素性パワーと筋力の関係からも男子は大腿伸展運動時の筋力との間に有意な関係を認められたことから女子よりも筋力を効果的にパワーに変換することができることが示された。以上の結果から男子新体操選手は、宙返りなどで使用する伸展筋が有意に働きこのような結果に繋がったものと考えられる。一方、女子新体操選手はバランスやピボットとなどの静止した動きが多く屈伸運動が男子よりも少ないためMAPに対し有意な結果が得られなかったものと考える。

ま　と　め

本研究では男女新体操選手の筋形態、筋力発揮及び無酸素性パワー発揮特性を明らかにすることを目的とし検討した結果、次のことが明らかにされた。

1）筋形態において男女とも左右差が認められなかった。
2）筋出力発揮特性は左右差が認められなかったが、筋の特性である力－速度関係は認められた。
3）無酸素性パワー発揮特性については男子新体操選手のほうが女子新体操選手より高いことが示された。
4）筋形態とMAPの関係において女子は大腿後部、下腿前部に有意な相関が認められたが大腿前部、側部、下腿後部に関しては有意な相関が認められなかった。男子については全ての部位において有意な相関が認められなかった。また、MAPと筋力の関係において男子は、EXの全ての角速度において有意な関係が認められたが、女子については有意な関係は認められなかった。またFLに関しては女

Table 6. Correlation coefficient between MAP and knee extension and flexion PT

		Male	Female
Extension PT	0deg/sec	0.691 ＊	n.s
	60deg/sec	0.599 ＊	n.s
	120deg/sec	0.699 ＊	n.s
	180deg/sec	0.606 ＊	n.s
Flexion PT	0deg/sec	n.s	n.s
	60deg/sec	n.s	0.615 ＊
	120deg/sec	n.s	n.s
	180deg/sec	n.s	n.s

＊:p<0.05

子60deg／secにおいて有意な関係が認められたが、その他の部位では男女とも有意な相関を認めることができなかった。

次回の課題として、本研究では新体操選手のみを被検者としたため、他競技間との筋力特性について比較検討することができなかった。研究を進めていくにあたり、他種目間との比較が必要であると考える。また、本研究で得られた結果を新体操のトレーニングにいかに具現化するかも今後の課題としていえる。また、運動時の筋力の動きを測定することにより、新体操における動きが実施されている際にどのような筋活動をしているか検討する必要があると考える。

参考・引用文献

1）福永哲夫：筋の形態変化と筋力アップ．J.J.Sports Sci.**2** : 13-22, 1993
2）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
3）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
4）加藤浩人　自転車エルゴメーターによる有酸素性運動と筋力トレーニングが男性教職員の皮下脂肪厚および筋厚に与える影響 学習院大学スポーツ・健康科学センター紀要　Vol.**13** 25-30
5）朴文華　市橋則明　自転車エルゴメーターによる高負荷短時間のペダリングトレーニングが下肢および体幹筋に与える影響　理学療法学 Vol.**34** 128
6）田口正公　竹下幸喜　高木浩信　森畠誠：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　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
8）角田直也　青山利春　田中重陽　熊川大介：骨格筋の形態及び機能的特性に及ぼすスポーツ活動の影響を探る　国士舘大学体育研究所報　**25**, 71-74 2007
9）角田直也　古谷洋一　氏家道男　西山一行　中野雅之　下肢の動作速度と無酸素性パワー　The Annual Reports of Health Physical Education and Sport Science Vol.**16** 7-11, 199
10）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
11）山田小太郎　朝倉正昭　田中重陽　熊川大介　角田直也：新体操選手の下肢筋形態と筋出力発揮特性　国士舘大学体育研究所報　**26**, 15-20 2008