

## 骨格筋の形態及び機能的特性に及ぼすスポーツ活動の効果を探る

### The structural and functional characteristics of skeletal muscle and athletic performance.

角田直也\*, 青山利春\*\*, 田中重陽\*\*\*  
熊川大介\*\*\*\*, 田中憲子\*\*\*\*, 宮本英治\*\*\*\*\*

Naoya TSUNODA\*, Toshiharu AOYAMA\*\*, Shigeharu TANAKA\*\*\*  
Daisuke KUMAGAWA\*\*\*\*, Noriko TANAKA\*\*\*\* and Eiji MIYAMOTO\*\*\*\*\*

ヒトの骨格筋の形態や機能的特性が年齢及び性別によって異なることは周知の事実であり、これまでに多くの報告がなされてきた。しかしながら、これらの変化がスポーツ活動に及ぼす影響については明らかにされていない。また、長期間にわたる特異的な筋活動(競技トレーニング)は、骨格筋の形態及び機能的特性に及ぼす影響が大きいものと予想される。スポーツ競技力の向上を図る上で、ヒトの骨格筋の形態と機能的特性に及ぼすスポーツ活動の影響を明らかにすることは極めて重要な課題であると考えられる。

そこで本研究では、男女スポーツ競技者を対象として、競技能力の向上に及ぼす骨格筋の形態及び機能的特性因子を探るために、

- I. 無酸素性パワー発揮特性の性差を探る
- II. 野球選手の筋形態特性を探る

について検討した。

#### I. 無酸素性パワー発揮特性の性差を探る

ヒトのスポーツ活動において競技能力の向上には、その競技の技術的要素と体力的要素の向上が

必要不可欠であると考えられる。そのうち、体力的要素、即ちパワー発揮能力は、短時間で大きなパワーを発揮する無酸素性能力と、長時間パワー発揮を維持する有酸素性能力の2つに分類される。特に、無酸素性能力はスポーツ活動において競技能力を決定する要因の一つとして考えられている<sup>6) 9)</sup>。これまでに本プロジェクトでは下肢の筋形態と無酸素性作業能力の種目特性について検討<sup>8)</sup>してきた。その結果、大腿の筋量及び自転車駆動時の作業負荷値とペダル回転数は、無酸素性パワー発揮に大きく影響を及ぼすことを明らかにした。ここでは、男女スポーツ選手の無酸素性パワー発揮特性を明らかにし、無酸素性パワーに及ぼす作業負荷値及び回転数の影響について性差の観点から検討することを目的とした。

被検者は男子大学生40名と、女子大学生40名の計80名とした。全被検者は運動系クラブに所属しており、年間を通して専門的なトレーニングを実施しているものであった。被検者には本研究の趣旨について十分に説明を行ったうえで、任意による参加の同意を得た。身長は身長計を用いて計測し、体重及び除脂肪体重(FFM)は身体組

\* 国士館大学体育学部身体運動学研究室 (Lab. of Biodynamics and Human Performance, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

\*\* 国士館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)

\*\*\*\*\* 国士館大学体育学部附属体育研究所特別研究員 (Institute of Health, Physical Education and Sport Science, School of Physical Education, Kokushikan University)

成測定装置（TANITA社製）によって測定した。被検者の年齢及び身体特性についてはTable 1に示した。

無酸素性パワーはPower Max VII（COMBI社製）を用いて測定した。被検者には3回の異なる作業負荷において10秒間の最大努力による自転車運動を行わせた。各試技で得られた作業負荷値と回転数からパワーを算出し、最高値を最大無酸素性パワー（MAP）とした。また、相対値としてFFMあたりのパワーを算出した。さらに、1試技目の作業負荷値と回転数に対するMAP発揮時及び各試技の作業負荷値と回転数の比率をそれぞれ算出した。

Table 2は、各試技の無酸素性パワー及びFFMあたりのパワーを男女で比較したものである。全ての試技において男子が女子よりも有意に高い値を示した。男子は、2試技目のパワーが他の試技よりも有意に高い値を示したのに対し、女子では2試技目及び3試技目のパワーは1試技目よりは有意に高いものの、両試技間に有意な差は認められなかった。無酸素性パワーは全身の筋量や大腿の筋量<sup>8)</sup>が及ぼす影響が大きいとされる報告がみられる。本研究の結果からも、無酸素性パワーの絶対値に有意な差が認

められた要因として、筋量の差が考えられる。そこで、FFMあたりのパワーを算出して男女間で比較したところ、絶対値と同様な結果を示した。このことから、男子は作業負荷値が異なっても、高い無酸素性パワーを発揮する能力を有しているであろうことが考えられる。

次に、各試技及びMAP発揮時の作業負荷値と

Table 1. Physical characteristics of subjects.

	n	Age (yrs)	Body height (cm)	Body weight (kg)	FFM (kg)
Male	40	20.4±0.7	173.6±5.8	68.8±7.7	61.3±5.1
Female	40	20.4±1.2	161.0±5.1	57.8±6.3	46.0±4.8

Values are Mean ± S.D.

\* : p<0.05

Table 2. Comparisons of power and relative power on male and female.

Power	1 <sup>st</sup> (w)	2 <sup>nd</sup> (w)	3 <sup>rd</sup> (w)	MAP (w)
Male	672.8±74.6	833.4±103.0	726.7±145.2	846.2±105.9
Female	402.6±56.5	507.1±85.8	500.8±110.2	526.1±92.9

Relative power	1 <sup>st</sup> (w/kg)	2 <sup>nd</sup> (w/kg)	3 <sup>rd</sup> (w/kg)	MAP (w/kg)
Male	11.0±0.8	13.6±1.2	11.9±2.1	13.8±1.2
Female	8.7±0.8	11.0±1.5	10.9±2.1	11.4±1.7

\*: Gender difference #: Trial difference p<0.05

Values are Mean ± S.D.

回転数について男女間で比較した (Table 3)。男女とも作業負荷値は、試技に伴って増加し回転数は減少した。これまでに力-速度関係についての報告<sup>4)</sup>がなされており、本研究の結果も同様な傾向が確認された。性差については、全試技において男子が女子よりも有意に高い値を示し、回転数については1、2試技目においては男子が女子よりも有意に高い値を示したが、作業負荷値の最も重い3試技目では男女間に著しい差は確認されなかった。1試技目に対する2、3試技目の作業負荷値の比率は男女とも同程度であったのに対し、回転数は女子が男子よりも有意に高い値を示した。MAP発揮時の作業負荷値及び回転数の比率は男女間で有意な差は確認されなかった (Table 4)。これらの結果から、男女ともに作業負荷値の増加は一定であるものの回転数については女子が男子よりも高い比率であることが確認された。

Fig. 1は1試技目の作業負荷値に対するMAP発揮時の作業負荷値の比率とFFMあたりのMAPとの関係を示したものである。両者の関係は男女ともに有意な相関関係が認められた。これに対して、回転数の比率と

FFMあたりのMAPは男女とも有意な相関関係は認められなかった (Fig. 2)。自転車運動時の無酸素性パワーは、作業負荷値と回転数によって決定<sup>6)</sup>される。本研究の結果からは無酸素性パワ

Table 3. Comparisons of power and relative power on male and female.

Work load	1 <sup>st</sup> (kp)	2 <sup>nd</sup> (kp)	3 <sup>rd</sup> (kp)	MAP (kp)
Male	4.0±0.4	6.2±0.5	8.1±0.9	6.6±0.9
Female	2.9±0.4	4.3±0.6	5.5±0.7	4.9±0.9

Pedaling rate	1 <sup>st</sup> (rpm)	2 <sup>nd</sup> (rpm)	3 <sup>rd</sup> (rpm)	MAP (rpm)
Male	171.8±11.4	136.5±11.0	91.9±18.4	132.6±12.7
Female	144.5±12.9	121.6±10.2	92.8±15.7	111.6±12.5

Values are Mean ± S.D.  
\* : p<0.05

Table 4. Comparisons of work load and pedaling rate ratio.

Work load	2 <sup>nd</sup> / 1 <sup>st</sup> (%)	3 <sup>rd</sup> / 1 <sup>st</sup> (%)	MAP / 1 <sup>st</sup> (%)
Male	155.6±13.2	203.1±23.6	164.7±24.4
Female	150.4±20.8	195.4±31.1	171.3±30.2

Pedaling rate	2 <sup>nd</sup> / 1 <sup>st</sup> (%)	3 <sup>rd</sup> / 1 <sup>st</sup> (%)	MAP / 1 <sup>st</sup> (%)
Male	79.5±5.6	53.5±11.8	77.4±7.1
Female	84.6±7.5	64.6±11.5	77.6±9.0

Values are Mean ± S.D.  
\* : p<0.05

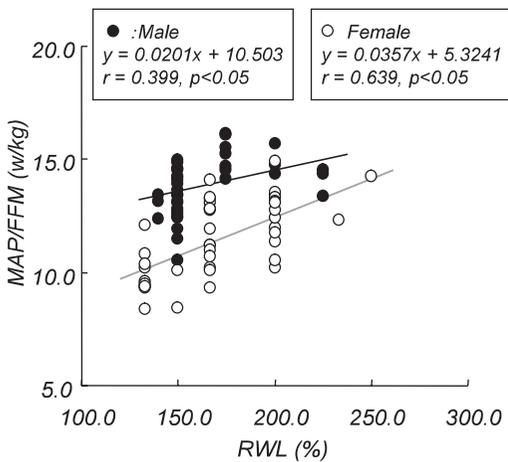


Fig.1. Relationship between ratio of work load and MAP/FFM.

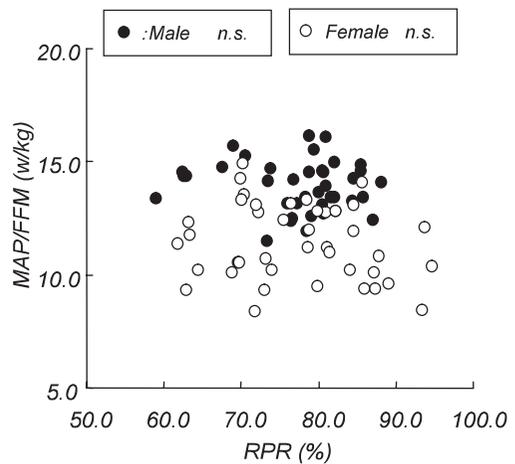


Fig.2. Relationship between ratio of pedaling rate and MAP/FFM.

ーに及ぼす影響は回転数よりも作業負荷値の方が大きいものと推察された。

以上の結果から、異なる作業負荷値における自転車運動時の無酸素性パワー発揮特性は、男女で異なることが明らかになった。また、男女ともに作業負荷値の大小が無酸素性パワーに大きく影響を及ぼすであろうことが推察された。

## II. 野球選手の筋形態特性を探る

長期間にわたる専門的な競技トレーニングは、骨格筋の形態及び機能的特性に及ぼす影響が大きいものと予想される<sup>3) 7)</sup>。スポーツ競技力の向上を図る上で、ヒトの骨格筋の形態と機能的特性に及ぼすスポーツ活動の影響を明らかにすることは極めて重要な課題であると考えられる。特に、野球選手においては、投動作トレーニングを反復して行うことにより、体肢、体幹における骨格筋に及ぼす影響は大きいものと考えられる。しかしながら、野球選手の筋形態に関する報告<sup>1) 2)</sup>はほとんど見られない。そこで本研究では、MRI法により体幹及び体肢の筋断面積を測定し、野球選手の筋形態特性を明らかにすることを目的とした。

被検者は定期的な野球のトレーニングを実施し

ている男子大学生野球選手12名 (BG) と、対象群として一般男子大学生5名 (CG) とした。被検者の身体特性を Table 5 に示した。身体各部の筋横断面積はMRI診断装置を用いて横断画像を撮影し、得られた画像から筋断面積を計測した。体幹筋の対象部位は、左右の広背筋及び腹斜筋群とした。上腕の筋群として上腕長60%部位の伸筋群 (上腕三頭筋) 及び屈群筋 (上腕二頭筋、上腕筋)、また、大腿の筋群として大腿長50%部位の大腿四頭筋及び大腿二頭筋とした。上腕及び大腿部の筋断面積についてはそれぞれ2部位の合計値を算出した。なお、全被検者が右利きであったために、利き腕を Dominant、非利き腕を Non-dominant と定義した。

Table 6 は、各筋群の筋断面積を平均値と標準偏差値で示したものである。全ての部位において BG が CG よりも高い値を示した。野球選手は日常のトレーニングによって各部位の筋が一般人よりも発達しているものと考えられた。

次に、各部位の左右差について比較した。広背筋は BG において Dominant が Non-dominant よりも有意に大きい値を示したが、腹斜筋群については、BG の Non-dominant が dominant よりも有意に高い値を示した。CG については両部位とも著

Table 5. Physical characteristics of subjects.

	<i>n</i>	Age (yrs)	Body height (cm)	Body weight (kg)	FFM (kg)
BG	12	19.4±0.8	175.3±4.5	70.3±7.3	70.3±7.3
			*	*	*
CG	5	21.2±1.1	171.9±5.7	64.1±6.2	64.1±6.2

Values are Mean ± S.D.

\* :  $p < 0.05$ 

Table 6. Comparisons of cross-sectional muscle area in CG and BG.

Items	CG		BG	
	Dominant	Non-dominant	Dominant	Non-dominant
Latissimus dorsi (cm <sup>2</sup> )	14.5±2.0	13.9±3.2	22.4±5.3	17.9±3.9
Oblique abdominis (cm <sup>2</sup> )	18.5±3.9	19.1±2.9	25.6±4.8	29.3±5.7
Flexor muscles	12.1±1.0	11.8±1.3	15.5±1.8	14.5±2.1
Extensor muscle (cm <sup>2</sup> )	18.6±2.4	17.7±3.8	24.4±3.0	23.7±3.3
Total upper arm (cm <sup>2</sup> )	30.7±2.6	29.5±4.8	39.9±4.1	38.2±4.7
Quadriceps femoris (cm <sup>2</sup> )	70.6±7.0	70.1±7.5	81.2±9.7	82.9±7.6
Hamstrings muscle (cm <sup>2</sup> )	10.3±2.1	9.8±2.2	17.1±2.5	17.3±2.8
Total thigh (cm <sup>2</sup> )	80.9±8.6	79.9±9.6	98.4±10.7	100.1±8.8

\* :  $p < 0.05$ 

Values are Mean ± S.D.

しい左右差は認められなかった。右側への体幹回旋運動時に大きな筋放電が認められたのは、右広背筋及び左の腹斜筋群であったことを指摘した報告<sup>5)</sup>から、これらの筋群が主動筋として活動していることが考えられる。野球選手は日常のトレーニングにおいて、体幹の回旋運動を伴う投動作や打撃動作を反復して行っている。これらの運動が体幹部の特異的な筋発達に影響したものと考えられる。上腕の屈筋群及び伸筋群については、BG

においてDominantの筋断面積がNon-dominantの筋断面積より有意に大きい値であった。野球選手は反復して行う投動作によって、投球腕であるDominantの筋発達に認められたものと推察された。このことは、特定の種目を長期間に亘って継続しているスポーツ選手は、その種目特有の筋の特異的な発達が認められるという指摘<sup>7)</sup>からも示唆できる。一方、大腿については著しい左右差は大腿四頭筋及び大腿二頭筋共に確認されなかつ

た。

以上の結果から、野球選手における筋の特異的な発達には体幹部では右の広背筋と左の腹斜筋群で、体肢については右の上腕で認められた。また、その要因として投動作や打撃動作のトレーニングによるものであろうことが推察された。

本研究は、国土舘大学体育学部附属体育研究所の2007年度研究助成によって実施した。

### 参考文献

- 1) 後藤篤志, 大川昌宏. 大学軟式野球選手における体幹筋の特徴に関する研究. NITTAI Sports Training Journal, No.2, 19-23, 2005.
- 2) 平野裕一, 福永哲夫, 近藤正勝, 角田直也, 池川繁樹. 身体組成および体肢組成からみた野球選手の特性. Jpn. J. Sports Sci. 8-8, 560-564, 1989.
- 3) 金久博昭, 福永哲夫, 池川繁樹, 角田直也. スポーツ選手の単位筋断面積当たりの脚伸展力, Jpn. J. Sports Sci. 5-6, 409-414, 1986.
- 4) 金子公宥著. 瞬発的パワーからみた人体筋のダイナミクス, 杏林書院, 73-92, 1974.
- 5) 村松真, 田中重陽, 熊川大介, 青葉貴明, 角田直也. 野球選手の体幹回旋における筋力発揮特性. 東京体育学研究2004年度報告, 23-26, 2004.
- 6) 中村好男, 武藤芳照, 宮下充正. 最大無酸素パワーの自転車エルゴメーターによる測定法. Jpn. J. Sports Sci. 3-10, 834-839, 1984.
- 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, 192-199, 1986.
- 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. 国土舘大学体育研究所報, 25, 71-74, 2007.
- 9) 柳谷登志雄, 宮谷昌枝, 金久博昭, 福永哲夫. スプリント走パワーにおける競技種目差, トレーニング科学, Vol.14, No.2, 101-110, 2002.