

水泳選手の上肢と下肢の等速性筋力に関する研究

菊 地 邦 雄

広島大学総合科学部保健体育講座

(1990.10.31受理)

A Study on Isokinetic Muscle Contraction of Upper Limb and Lower Limb in Swimmers.

Kunio KIKUCHI

Abstract

The purpose of this study was to clarify the characteristics of isokinetic muscle contraction of upper limb and lower limb.

Thirteen male swimmers aged 14 to 17 years and eight female swimmers aged 12 to 15 years were served in this experiment.

Upper arm extension and leg extension were determined by measuring the peak torque generated through a range of constant velocity of the use of an isokinetic dynamometer (Cybex II, Lumex Inc.).

First, each subject was in sitting position in a chair with the knee angle 90 degrees, and swag the right leg in vigorous knee extension at the velocity of 30, 120, 210 and 300 °/sec. Secondly, each subject lay on its face in a long chair with the elbow angle 120 degrees, and shook the right upper limb at the same each velocity of knee extension.

The results were summarized as follow;

- 1) Peak torque of lower limb was superior to that of upper limb in male and female swimmers.
- 2) Peak torque of male swimmers was greater than that of female swimmers in upper limb and lower limb.
- 3) No apparent difference of male and female was found in % peak torque of upper limb, but % peak torque of female was superior to that of male in lower limb.
- 4) In free, back and butterfly swimming styles, peak torque of lower limb was greater that of upper limb. In breast swimming style, no an apparent tendency was observed in peak torque of upper limb and lower limb.

緒 言

水泳の競技成績向上の要因には、体力、技術、精神力があげられるが、体力のなかでも、上肢、下肢の筋力が競泳の際の推進力に大きな影響を及ぼしている。

筋力を生成する筋収縮の方法は、かつて、等張性筋収縮と等尺性筋収縮に二大別されてきたが、最近、筋収縮の速度を初めから終りまで一定に保たせながら筋を収縮させる等速性筋収縮が注目されるようになった。

著者らは、等速性筋収縮の特性を明らかにするために、等速性筋力発揮時の筋電図²⁾、等速性筋力の性差⁵⁾、各種スポーツ選手、すなわち、水泳選手^{6),9)}、野球選手^{3),4)}、陸上競技選手⁷⁾およびサッカー選手⁸⁾などの等速性筋力の特性、さらに、等速性筋力に及ぼす筋力トレーニングの影響⁶⁾について検討してきた。

本研究では、水泳選手男女を被検者として、角速度のちがいによる上肢、下肢の等速性筋力を測定して、それらの特性と上肢と下肢の等速性筋力の関連性を明らかにすることを目的とした。さらに、得られた資料をもとに、水泳選手の競技成績向上のための筋力トレーニングプログラムを作成する基礎資料とすることも狙いとした。

実験方法

被検者は、広島市某スイミングクラブに所属する水泳選手、男子13名（年齢14～17歳）、女子8名（年齢12～15歳）の合計21名である。被検者の身体的特徴、すなわち、身長、体重を表1に示した。

表1 水泳選手の身体的特徴

性	被検者数	年 齢	身 長	体 重
男子	13 人	15.5±1.05 ^才	171.5±6.03 ^{cm}	62.1±7.89 ^{kg}
女子	8	12.8±0.71	158.0±5.14	48.5±5.01

等速性筋力の測定には、Cybex II (Lumex 社製) を用い、角速度0 (等尺性筋力)、30、120、210および300 °/sec の際の筋出力を記録した。

上肢の等速性筋力の測定は、伏臥の姿勢で右肘関節を約120度に屈曲させ、サイベックス入力レバーを握り水をかく動作に類似した方法、すなわち、前方より後方へ全力で引く動作を行わせた。下肢の測定では、座位の姿勢で右膝関節を約90度に保ち、90度から180度までの脚伸展動作を行わせた。

資料の整理では、レコーダーに記録されたトルク曲線のピーク (極大) をピークトルクとした。単位は、Nm (ニュートンメートル) である。また、筋出力に参加した筋線維タイプの検討のために、%ピークトルク、すなわち、角速度0 °/sec の際のピークトルクに対する各角速度のピークトルクの割合を求めた。

実験結果

I 男女別からみた等速性筋力の特性

(1) 上肢, 下肢のピークトルクの比較

図1は、各角速度における上肢, 下肢のピークトルクの平均値と標準偏差を男女別に示したものである。図1の傾向を明らかにするために、各角速度別の上肢, 下肢の各ピークトルク増減率および男女の割合を表2に示した。さらに、上肢と下肢の各角速度のピークトルクの関係を検討するために、下肢のピークトルクに対する上肢のピークトルクの割合を男女別に示した(表3)。

上肢のピークトルクは、男女ともに、角速度30°/secのピークトルクを最高にして、角速度の増加にしたがって減少した。減少する割合は、女子の方が男子に比べて大きい傾向を示した。下肢のピークトルクは、男子では角速度0°/sec、女子では30°/secを最高として、角速度の増加にしたがって減少した。減少する割合は、男子の方が女子に比べて大きい傾向を示した。上肢のピークトルクにおいて、男子に対する女子の割合は59.0~65.0%であったが、下肢のピークトルクのそれは59.2~78.5%であった。各角速度別にみた下肢のピークトルクに対する上肢のピークトルクの割合は、男女ともに、角速度の増加するにしたがって増大した。ピークトルクの増加する割合は、男子が女子を上まわっていた。

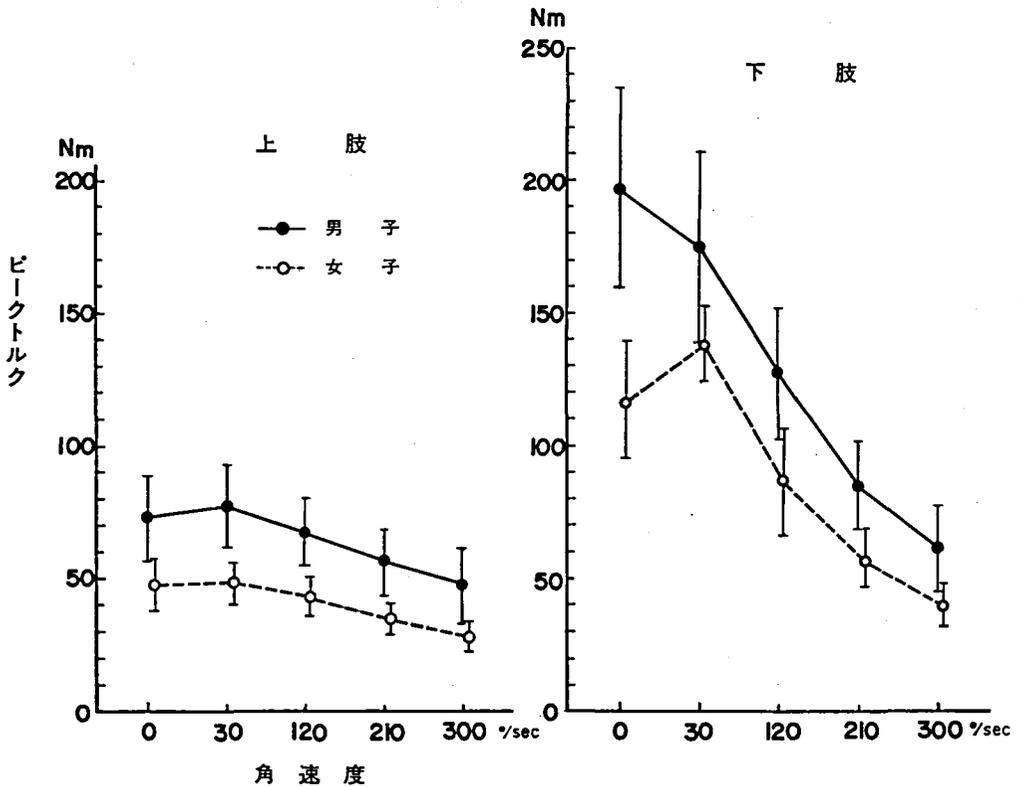


図1 水泳選手の男女別にみた上肢, 下肢のピークトルクの比較

表2 各角速度別の上肢, 下肢の各ピークトルクの増減率および男女の割合

上・ 下 肢	角速度 性別	角 速 度				
		0 °/sec	30 °/sec	120 °/sec	210 °/sec	300 °/sec
上 肢	(1)男 子	100.0 %	105.2 %	91.6 %	75.5 %	65.0 %
	(2)女 子	100.0	103.1	88.5	68.8	59.1
	(3)女子 男子	65.0	63.7	63.0	59.2	59.0
下 肢	(1)男 子	100.0	88.8	64.2	42.7	29.9
	(2)女 子	100.0	117.8	74.1	48.1	33.7
	(3)女子 男子	59.2	78.5	68.3	66.7	66.8

- (1) 男子, (2) 女子の値は角速度 0 °/sec のピークトルクを100%とした割合
 (3) 女子/男子の値は, 各角速度のピークトルクの男子に対する女子の割合

表3 各角速度別にみた下肢のピークトルクに対する上肢のピークトルクの割合

角 速 度 性別	上 肢 / 下 肢				
	0 °/sec	30 °/sec	120 °/sec	210 °/sec	300 °/sec
男 子	37.4 %	44.3 %	53.2 %	66.2 %	81.3 %
女 子	41.0	35.9	49.0	58.7	71.8

(2) 上肢, 下肢の%ピークトルクの比較とその関係

図2は, 各角速度における上肢, 下肢の%ピークトルクの平均値と標準偏差を男女別に示したものである。上肢の%ピークトルクは, 角速度30 °/sec を最高として, 角速度の増加にしたがって男女ともに減少した。また, 各角速度の%ピークトルクには男女差はみられなかった。下肢の%ピークトルクでは, 男子は, 角速度の増加とともに減少したが, 女子では, 角速度30 °/sec を最高としそれ以後は減少した。下肢の%ピークトルクでは, 男女差が著明であり, 各角速度において女子が男子を上まわった。

表4は, 各角速度における上肢の%ピークトルクと下肢の%ピークトルクの相関係数を示したものである。どの場合にも, 男女ともに有意な相関は認められなかった。

(3) 競泳種目別にみた上肢, 下肢のピークトルクの例

図3は, 競泳種目, すなわち, 自由形, 背泳, バタフライおよび平泳の各選手の上肢, 下肢のピークトルクを示したものである。自由形, 背泳, バタフライの選手では, どの種目の場合でも, 下肢のピークトルクは, 上肢のそれを上まわる傾向を示したが, 平泳の選手では, 角速度の小さなピークトルクで, 下肢が上肢を上まわり, 角速度の大きなピークトルクで上肢が下肢を上まわった。

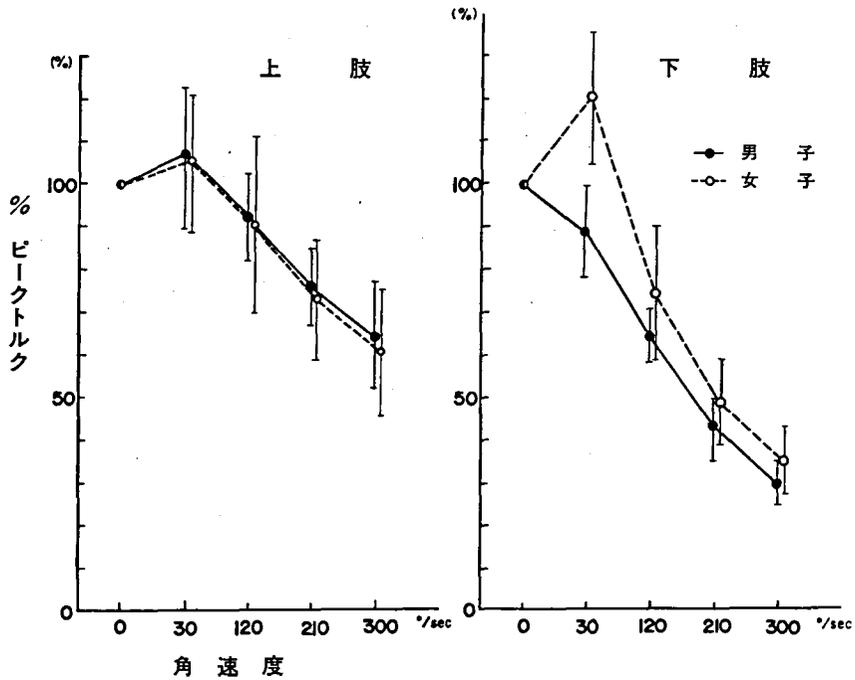


図2 水泳選手の男女別にみた上肢、下肢の%ピークトルクの比較

表4 各角速度別にみた上肢、下肢の各%ピークトルクの相関係数
上段が男子、下段が女子

角速度		下肢の%ピークトルク				
		0 °/sec	30 °/sec	120 °/sec	210 °/sec	300 °/sec
上肢の%ピークトルク	0 °/sec	0.192 0.460				
	30 °/sec		-0.133 0.388			
	120 °/sec			0.358 0.099		
	210 °/sec				0.176 0.275	
	300 °/sec					0.211 0.219

考 察

水泳という運動は、水中で浮き、水からうける抵抗力に逆って手または足によって生み出される推進力によって前進する。推進力は、人間の場合筋力によって生み出されるので、上肢、下肢の筋肉をトレーニングしなければならない。一般に、上肢、下肢の筋力を測定してみると、下肢の筋力は上肢のそれを上回る傾向があるが、筋力は小さくても推進のためにはたからせる時間

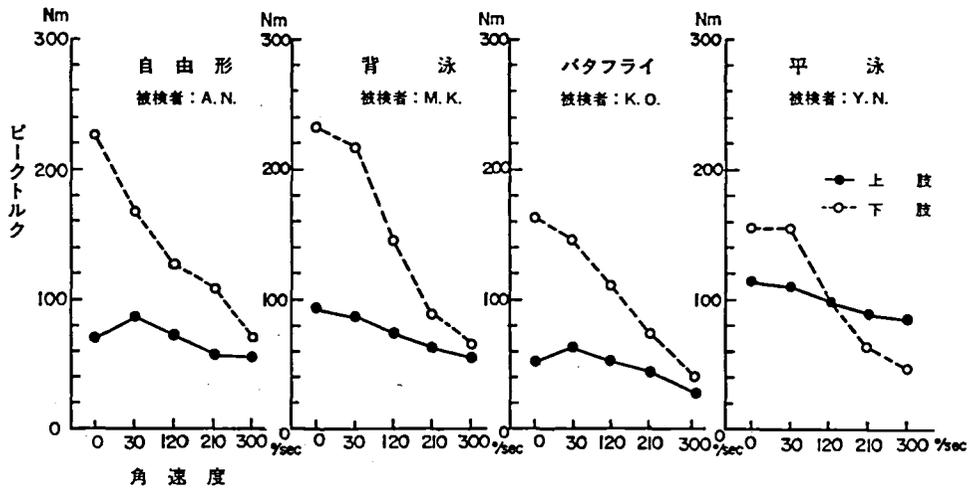


図3 競泳種目別にみた上肢、下肢のピークトルクの例 (男子)

や水をかく距離を長くとると推進力は大きくなる。

いままでの筋力測定には、等張性筋収縮を主とした握力、垂直跳、等尺性筋収縮を主とした背筋力などがあげられるが、最近、筋収縮の速度を一定に保つ方法の Cybex という機器を用いた等速性筋力の測定が注目されるようになった。この等速性筋力は、どうして注目されるようになったかという、筋力を収縮させて大きな筋出力を発揮させる際に、等速の筋収縮では、筋出力が大きいことと筋力トレーニングの効果は、等速性筋収縮の場合が一番大きいということによるものである。

本研究では、発育途上にあるジュニア水泳選手を被検者として、上肢、下肢の等速性筋力を測定してその特性と上肢と下肢の等速性筋力の関連性を検討した。その結果、角速度が増加にしたがってピークトルクは、男女ともに上肢、下肢ともに減少するが、これは筋力発揮に参加した運動単位が減少したことによるものと解釈される。著者ら²⁾は、等速性筋力発揮時の筋電図を記録した結果、角速度の増加にしたがって筋放電量が減少することからも理解できる。角速度、すなわち、筋収縮速度が増加すると、筋収縮速度のおそい tonic NMU は筋力発揮に参加できず、筋収縮速度のはやい medium NMU, kinetic NMU に限られてくる¹⁾。上肢のピークトルクが、下肢のそれより小さいことは、一般に筋出力は筋横断面積に比例するので、上肢の等速性筋力発揮に関係する筋群の総面積は、下肢のそれより小さいためと考えられる。上肢、下肢のピークトルクが、男子が女子よりも優れたことは、等速性筋力発揮に参加する筋群の総横断面積は、上肢、下肢ともに男子が女子よりも大きいためと思われる。

等速性筋力を測定することによって筋線維タイプ別の筋組成を推定している Thorstensson ら¹⁰⁾の資料を参考にして、角速度 0 %/sec、すなわち、等尺性筋力発揮の際のピークトルクに対する各角速度のピークトルクの割合を求めて %ピークトルクとした。上肢、下肢の %ピークトルクは、角速度の増加にしたがって男女ともに減少する傾向がみられたが、上肢では男女差は見られず、下肢では、女子が男子を上まわっていた。このことは、上肢の筋線維タイプ別の筋組成には

男女差はみられないが、下肢では、女子の中間筋線維や白筋線維の発達が赤筋線維のそれに比べて早いことを示していると考えられる。なお、この問題については、更に検討を重ねる予定である。

ある一定の競泳種目を長年にわたって経験すると、等速性筋力にもその特徴があらわれることが考えられる。上肢の男女および下肢の女子の等速性筋力において、角速度 $30^{\circ}/\text{sec}$ で最も高いピークトルクが示された。このことは、これまで報告してきた他のスポーツ種目のピークトルクの最大値は角速度 $0^{\circ}/\text{sec}$ で得られたことを考えると、競泳選手特有の特性であると思われる。さらに、自由形、背泳、バタフライといった競泳種目の推進力は、上肢の筋力より下肢のそれが大きく関わりを持っているために、等速性筋力にも差が生じたことが考えられる。一方、平泳は、上肢と下肢のバランスを必要とし、上肢の筋力が比較的推進力を生ませ、下肢は、むしろ身体のバランスを保つための技術的な要素が比較的大きく関係しているために、前3者の泳法のような傾向を示さなかったものと考えられる。

結 語

水泳選手、男子13名（年齢14～17歳）、女子8名（年齢12～15歳）の合計21名を被検者として、上肢、下肢の等速性筋力を測定し、つぎの結果を得た。

- (1) 下肢のピークトルクは、上肢のそれより、男女ともに上まわった。
- (2) 上肢、下肢のピークトルクともに、男子は女子を上まわり、上肢の女子のピークトルクは男子のそれの59.0～65.0%、下肢のそれは59.2～78.5%であった。
- (3) 上肢の%ピークトルクでは、男女差はみられないが、下肢のそれでは、女子が男子を上まわった。
- (4) 同じ角速度における上肢の%ピークトルクと下肢のそれとの間には、男女ともに有意な相関はみとめられなかった。
- (5) 競泳種目別の上肢のピークトルクと下肢のピークトルクとの関係では、自由形、背泳、バタフライは、下肢のピークトルクが上肢のピークトルクを上まわり、平泳は一定の傾向を示さなかった。

(本論文の要旨は、第32回日本体育学会で発表した。稿を終るに当たり、広島大学総合科学部助手磨井祥夫氏の御協力に深謝致します。)

参考文献

- 1) 菊地邦雄, 磨井祥夫, 和田 實: 骨格筋の神経筋単位の特性に関する筋電図学的研究, 広島大学総合科学部紀要Ⅲ 情報行動科学研究, 4: 47-57, 1978.
- 2) 菊地邦雄, 磨井祥夫, 和田 實: 等速性筋力発揮時の筋電図の検討, 広島体育学研究, 9: 11-16, 1983.
- 3) 菊地邦雄: 野球選手の身体的特徴と等速性筋力の特性, 広島大学総合科学部紀要Ⅵ 保健体育学研究, 3: 31-38, 1985.
- 4) 菊地邦雄, 小村 堯, 渡部和彦, 笹原英夫: 野球選手の等速性筋力の特性に関する研究, 昭和61年度広島県体育協会スポーツ医・科学研究報告書, 13-16, 1987.
- 5) 菊地邦雄, 川村毅, 磨井祥夫: 中学生, 高校生および大学生の等速性筋力の性差, 広島体育学研究, 10

- :43-49, 1984.
- 6) 菊地邦雄, 調技孝治, 渡部和彦, 磨井祥夫: 発育期におけるスポーツ選手の等速性筋力の特性の解明と筋力トレーニング処方 の確立, デサントスポーツ科学, 6:58-66, 1985.
 - 7) 菊地邦雄: 長距離選手の等速性筋力と競技成績に関する研究, 広島大学総合科学部紀要VI 保健体育学研究 4:35-41, 1986.
 - 8) 菊地邦雄: サッカー選手の等速性筋力の特性, 広島大学総合科学部紀要VI 保健体育学研究, 5:15-20, 1987.
 - 9) 菊地邦雄: 等速性筋収縮からみたパワーの持久性に関する研究, 広島体育学研究, 13:37-46, 1987.
 - 10) Thorstensson, A., G. Grimby, and J. Karlsson: Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles. *J. Appl. Physiol.*, 40: 12-16, 1976.