

## 100m クロール泳速度と上肢各部位の等速性 筋力および筋持久力との関係

高松 薫\*・江波 久美子\*\*・麻場 一徳\*\*\*・石島 繁\*

### Relationships between 100m Crawl Swimming Speed and Isokinetic Muscular Strength and Endurance at the Upper Limb Joints

Kaoru TAKAMATSU\*, Kumiko ENAMI\*\*,  
Kazunori ASABA\*\*\*, Shigeru ISHIJIMA\*

#### Abstract

This study investigated the relationships between 100m crawl swimming speed and isokinetic muscular strength and endurance measured during shoulder extension, elbow extension and arm pull. Subjects were nine high school and college female crawl swimmers. Isokinetic muscular strength and endurance were measured at both sides of upper limb joints in a supine position by using Cybex II machine.

Results were as follows;

1) Significant correlation coefficients to the swimming speed were obtained in the peak torques of shoulder extension measured at angular velocities of 30, 120, 180, 210, 240 and 300deg/s ( $r=0.685$  to  $0.825$ ). The highest correlation coefficient was at 210deg/s.

2) Significant correlation coefficients to the swimming speed were obtained in the peak torques of elbow extension measured at 0 (isometric strength) and 30deg/s ( $r=0.752$  and  $0.749$ ).

3) Significant correlation coefficient to the swimming speed was obtained in the peak torque of arm pull measured at 30deg/s ( $r=0.845$ ).

4) There were no significant correlation coefficients to the swimming speed in the average peak torques of shoulder extension and elbow extension measured fifty times in every two second at 210deg/s. These correlation coefficients ( $r=0.639$  and  $0.663$ ) were, however, higher than those in arm pull ( $r=0.436$ ).

5) The peak torque of shoulder extension measured at 210deg/s showed the highest percent contribution to the swimming speed (about 50 to 60 %).

These results will be useful finding for training and measurement of muscular strength, anaerobic power and anaerobic endurance of the upper limb joints for crawl swimmers.

---

\* 筑波大学体育科学系

\*\* NEC グリーンスイミングスクール

\*\*\* 都留文化大学

\* Institute of Health & Sport Sciences, University of Tsukuba

\*\* NEC Green Swimming School

\*\*\* Tsuru University

Key words: crawl swimming speed, isokinetic strength, isokinetic endurance, shoulder extension, elbow extension, arm pull

## 緒 言

クロール泳速度は上肢のみ、下肢のみによる各最大泳速度の平方和に等しい<sup>6)</sup>。しかし、クロール泳速度に対する上肢のみ、下肢のみによる各泳速度の割合は前者が後者よりも大きい<sup>2)</sup>。この原因として、上肢のみによる泳ぎは下肢のみによる泳ぎよりも推進力が大きく<sup>12)</sup>、推進効率<sup>4)</sup>、エネルギー効率<sup>11,9)</sup>が高いことがあげられる。このような理由から、クロール泳速度と上肢の筋力、パワー、無氣的持久力との関係を明らかにしようとした研究が数多く行われ、これらの中に有意な正の相関関係のあることが報告されている<sup>3),9),10),11),13)</sup>。しかし、従来の研究では、クロール泳の腕のかきに類似した運動（以下、アームプル運動と略す）を用いて、肩関節、肘関節、手関節を介して手掌部位で発揮される筋力、パワー、無氣的持久力を測定している。自由形選手の上肢の筋力、パワー、無氣的持久力からみたトレーニング目標を明確にしたり、その目標に即した合理的なトレーニング法や測定法を明確にしたりする場合には、クロール泳速度と上肢各部位で発揮される筋力、パワー、無氣的持久力との関係を明らかにすることも重要であると考えられる。

そこで本研究では、上肢の運動を肩伸展運動と肘伸展運動に分け、各運動様式によって発揮される等速性筋力および筋持久力と100mクロール泳速度との関係を、アームプル運動の場合とも比較しながら検討した。

## 方 法

### 1. 被 検 者

被検者にはT大学およびF高校水泳部に所属する女子自由形選手9名（短距離4名，長距離5名）を用いた。長距離選手の中にはロサンゼルスオリンピック出場者1名が含まれている。

被験者の年齢，身長，体重の各平均値は17.9±2.4歳（15.6～21.9歳），159.5±5.7cm（149.5～170.0cm），52.2±4.6kg（43.5～59.0kg）であった。（）内の数値は最小値と最大値の範囲を示す。

### 2. 測定項目および測定方法

#### (1) 100mクロール泳速度

100mクロール泳速度の測定には50mの公認

プールを用いた。スタートは、スタート技術の巧拙を除去するために壁を蹴る方法で行わせた。スタートで頭が水没した時からゴールで手が壁にタッチするまでの全力泳時間をストップウォッチで計測し、平均泳速度を求めた。試技は2回行わせ、平均泳速度の高い値を各人の成績とした。

#### (2) 等速性筋力および筋持久力

等速性筋力および筋持久力の測定にはサイベックスII (Lumex 社製)を用いた。いずれの場合も、運動様式にはクロール泳のアームストロークにおける上肢各部位の動きに類似させた肩伸展運動と肘伸展運動、およびアームプル運動の3種を用いた(図1)。これらの運動はすべて仰臥位で行わせた。肩伸展運動では肩関節の中心部をサイベックスの入力桿の軸に合わせ、肘関節をベルトで入力桿に固定した。肘伸展運動では肘関節の中心部を入力桿の軸に合わせ、手関節をベルトで入力桿に固定した。上腕部は体側につけさせた。また、アームプル運動では肩関節の中心部を入力桿の軸に合わせ、手で入力桿を握らせた。この運動では肘関節角度を120度<sup>10)</sup>にした。肩伸展運動とアームプル運動の運動範囲は、肩関節角度が45度から180度までの135度とした。肘伸展運動の運動範囲は肘関節角度が45度から180度までの135度とした。

等速性筋力は、3種の運動様式ともに0，30，

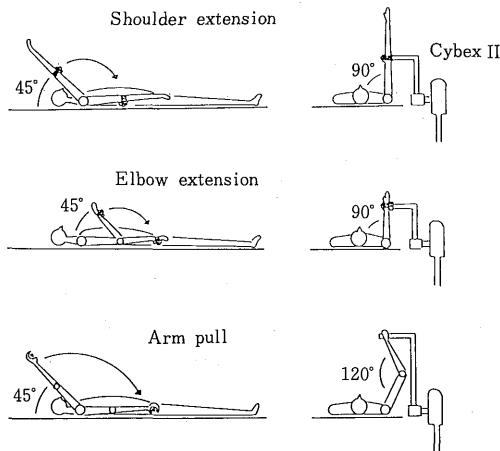


Fig. 1 Movements used for measurement of isokinetic muscular strength and endurance at the upper limb joints.

120, 180, 210, 240, 300度/秒の7種の運動速度で測定した。0度/秒(等尺性筋力)の場合は、運動の軸となる肩関節または肘関節の鉛直線に入力桿を固定して測定した。試技は、いずれの運動様式、運動速度の場合も右腕および左腕について各々全力で2回行わせた。各試技におけるピークトルク値を計測し、左右の最大値を求めた。成績には、各運動様式、運動速度ともに左右の平均値を用いた。

等速性筋持久力は、3種の運動様式ともに宮下ら<sup>11)</sup>の方法(運動速度:210度/秒, 反復回数:全力50回, テンポ:2秒に1回)で測定した。試技は、いずれの運動様式の場合も右腕および左腕で各々1回行わせた。各試技における50回のピークトルク値を計測し、平均ピークトルク値を求めた。成績には、各運動様式ともに50回の平均ピークトルク値の左右の平均値を用いた。

**結 果**

**1. 100m クロール泳速度**

100m クロール泳速度の平均値は、1.51±0.05 m/秒(最小値1.45~最大値1.61m/秒)であった。最高速度はロサンゼルスオリンピックの400mと800mの自由形に出場した選手によって記録された。

**2. 3種の運動様式による等速性筋力および筋持久力**

表1に3種の運動様式による等速性筋力および筋持久力の平均値を示した。

等速性筋力、すなわちピークトルク値の左右の平均値は、各運動速度ともに肩伸展運動が最も高く、次いでアームプル運動、肘伸展運動の順に高い値であった。

肩伸展運動とアームプル運動による等速性筋力は0度/秒の運動速度で最高値が出現し、運動速度の増大に伴って低下した。その低下の割合は肩伸展運動がアームプル運動よりも小さい傾向にあった。肘伸展運動の等速性筋力は0度/秒から120度/秒の運動速度まではわずかに増大したが、それ以上の運動速度では運動速度の増大に伴って低下した。その低下の割合は肩伸展運動やアームプル運動よりも小さい傾向にあった。

等速性筋持久力、すなわち50回の平均ピークトルク値の左右の平均値は、等速性筋力と同様に肩伸展運動が最も高く、次いでアームプル運動、肘伸展運動の順に高い値であった。

**3. 100m クロール泳速度と3種の運動様式による等速性筋力および筋持久力との関係**

表2に100m クロール泳速度と3種の運動様式による等速性筋力および筋持久力との相関係数を示した。

図2, 図3に100m クロール泳速度と各運動様

Table 1 Isokinetic muscular strength and endurance at the upper limb joints in female crawl swimmers.

	deg/s	Shoulder extension		Elbow extension		Arm pull	
		Nm	%	Nm	%	Nm	%
Muscular Strength	0	78.7±16.6	100.0±0.0	31.0±4.1	100.0±0.0	65.4±6.7	100.0±0.0
	30	71.7±14.4	91.5±8.8	32.9±3.2	106.6±7.3	61.3±6.3	94.1±6.9
	120	65.5±11.3	84.0±7.2	33.2±3.7	108.1±12.6	52.7±6.1	80.9±9.2
	180	59.6±11.4	76.1±6.2	30.7±3.5	99.9±13.4	45.0±5.7	69.1±8.1
	210	55.2±10.2	70.6±6.9	29.3±3.7	95.4±12.4	42.1±5.4	64.7±8.1
	240	50.7±9.5	64.8±7.2	27.2±3.7	88.3±11.2	37.9±5.4	58.2±7.9
Muscular endurance	300	40.8±7.2	52.6±7.6	23.7±3.5	76.7±9.5	30.3±5.7	46.2±7.3
	210	43.0±8.2		22.3±3.2		34.2±5.7	

1. Muscular strength is mean value of peak torque measured at both sides of upper limb joints.
2. Muscular endurance is mean value of average peak torque measured at both sides of upper limb joints during bursts repeated fifty times in every two seconds.
3. n=9

Table 2 Correlation coefficients between 100m crawl swimming speed and isokinetic muscular strength and endurance at upper limb joints in female crawl swimmers

	100m crawl swimming speed vs Shoulder extension	100m crawl swimming speed vs Elbow extension	100m crawl swimming speed vs Arm pull
	deg/s		
	0	0.580	0.752*
	30	0.685*	0.749*
Muscular Strength	120	0.807**	0.638
	180	0.811**	0.233
	210	0.825**	0.412
	240	0.817**	0.392
	300	0.731*	0.325
Muscular endurance	210	0.639	0.663
			0.436

\*p<0.05, \*\*p<0.01

式による等速性筋力および筋持久力との関係を示した。図2の等速性筋力は肩伸展運動の場合が210度/秒、肘伸展運動とアームプル運動の場合が30度/秒の運動速度のものである。

100mクロール泳速度と肩伸展運動による等速性筋力との間には、0度/秒を除く全ての運動速度で有意な正の相関関係が認められた ( $r=0.685\sim 0.825$ )。最も高い相関係数は210度/秒の運動速度で得られた。また、肘伸展運動による等速性筋力との間には0、30度/秒の運動速度で(順に、 $r=0.752, 0.749$ )、アームプル運動による等速性筋力との間には30度/秒の運動速度で ( $r=0.845$ ) それぞれ有意な正の相関関係が認められた。

100mクロール泳速度と肩伸展運動、肘伸展運動による等速性筋持久力との間には、いずれも有意な相関関係は認められなかった(順に、 $r=0.639, 0.663$ )。しかし、これらの相関係数はアームプル運動による等速性筋持久力との相関係数 ( $r=0.436$ ) よりも高い値であった。

なお図2、図3には、自由形以外の種目を専門にしているT大学およびF高校女子水泳選手の成績も参考までに示した。これらの選手の100mク

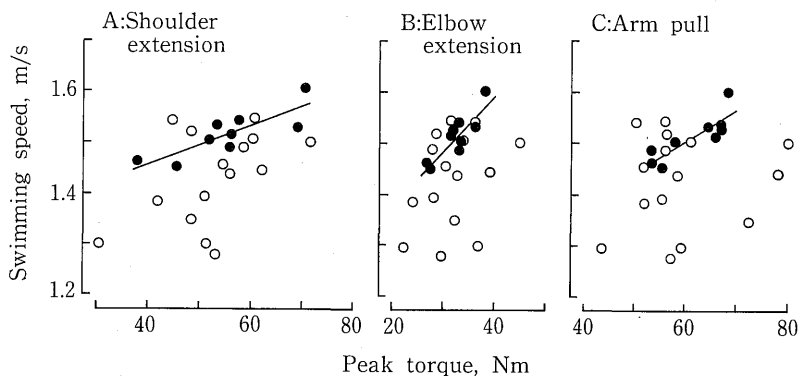


Fig. 2 Relationships between 100m crawl swimming speed and isokinetic muscular strength at the upper limb joints in female swimmers.

1. Subject

● : Crawl swimmers(n=9) ○ : Swimmers of other styles(n=15)

2. Angular velocity

A : 210deg/s, B : 30deg/s, C : 30deg/s

3. Correlation coefficient

A : ● $r=0.825(p<0.01)$  ○ $r=0.485(ns)$

B : ● $r=0.749(p<0.05)$  ○ $r=0.323(ns)$

C : ● $r=0.845(p<0.01)$  ○ $r=0.129(ns)$

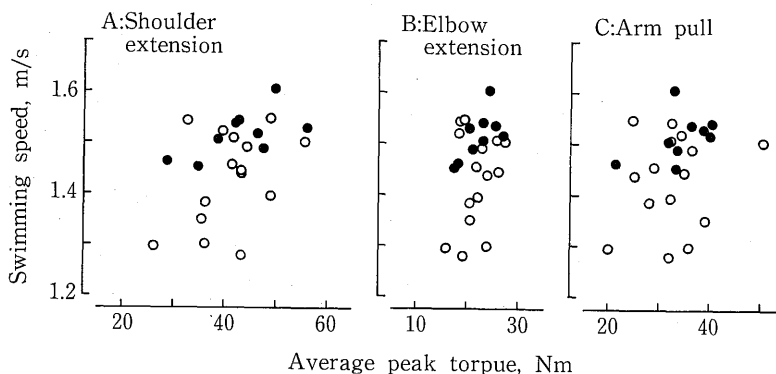


Fig. 3 Relationships between 100m crawl swimming speed and isokinetic muscular endurance at the upper limb joints in female swimmers.

1. Subject
  - : Crawl swimmers(n=9) ○ : Swimmers of other styles(n=15)
2. Angular velocity
  - A, B, C : 210deg/s
3. Correlation coefficient
  - A : ●r=0.639(ns) ○r=0.419(ns)
  - B : ●r=0.663(ns) ○r=0.219(ns)
  - C : ●r=0.436(ns) ○r=0.181(ns)

ロール泳速度と3種の運動様式による等速性筋力および筋持久力との相関係数は、いずれも自由形選手よりも低い値であった。

4. 100mクロール泳速度に対する肩伸展運動、肘伸展運動による等速性筋力および筋持久力の寄与率

表3に100mクロール泳速度に対する肩伸展運動による等速性筋力(X1)と筋持久力(X2)および肘伸展運動による等速性筋力(X3)と筋持久力(X4)の寄与率を示した。肩伸展運動と肘伸展運動の等速性筋力は、前者が210度/秒、後者が30度/

秒の運動速度のものである。

寄与率(R<sup>2</sup>)が有意であった変数の組み合わせは、X1+X2+X3+X4(95.0%)、X1+X2(84.1%)、X1+X3(76.4%)、X3+X4(66.1%)の4組であった。肩伸展運動による等速性筋力(X1)の寄与率は約50~60%で、最も高い値であった。

考 察

本研究では、自由形選手の上肢のトレーニング法や測定法に関する知見を得るために、上肢の運動を肩伸展運動と肘伸展運動に分け、各運動様式

Table 3 Detailed percent contribution of isokinetic muscular strength and endurance at the upper limb joints to 100m swimming speed of female crawl swimmers.

Shoulder extension					
Muscular strength,210deg/s :X1	61.3		54.1		48.6
Muscular endurance,210deg/s :X2	22.8			27.2	27.0
Elbow extension					
Muscular strength,30deg/s :X3		45.6	22.3		0.2
Muscular endurance, 210deg/s:X4		20.5		32.6	19.2
R <sup>2</sup> (%)	84.1**	66.1*	76.4*	59.8	95.0**

\*p<0.05, \*\*p<0.01

によって発揮される等速性筋力および筋持久力と100mクロール泳速度との関係を、アームプル運動による場合とも比較しながら検討した。

本研究では、上述の課題を明らかにするために自由形選手のみを対象にした。この理由は、100mクロール泳速度にはクロール泳技術なども大きく関与していること、および自由形選手のみを対象にした場合にはクロール泳技術の差が比較的少ないので、100mクロール泳速度に及ぼす上肢各部位の等速性筋力および筋持久力の影響が顕著に表われることなどである。このことは、図2、3に示した自由形以外の種目を専門にしている選手の成績からも明らかである。

100mクロール泳速度と肩伸展運動による等速性筋力との間には0度/秒を除く全ての運動速度で有意な正の相関関係が認められた ( $r=0.685\sim 0.825$ )。この原因の一つとして、エントリー、グライド、プル、プッシュの4局面からなるアームストローク中の肩伸展速度は約60度/秒から600度/秒まで加速度的に増大すること<sup>9)</sup>、言い換えると肩伸展は低速度から高速度までの広範囲の運動速度で行われることが考えられる。なお、最も高い相関係数は210度/秒の運動速度で得られた。この速度はアームストロークの主要局面であるプッシュ期の前半の肩伸展速度にほぼ相当する<sup>9)</sup>。100mクロール泳速度と肘伸展運動による等速性筋力との間には0、30度/秒の運動速度で有意な正の相関関係が認められた (順に、 $r=0.752$ 、 $0.749$ )。肘関節はアームストロークのプル期には屈曲運動を、プッシュ期には伸展運動を行なう<sup>9)</sup>。しかし、プッシュ期における肘伸展速度は小さい<sup>9)</sup>。このために低速度で高い相関係数が得られたと考えられる。

上述の結果は、100mクロール泳速度を高めるためには、肩伸展運動では力型、およびスピード型のパワー<sup>7)</sup>を高めること、肘伸展運動では力型のパワーを高めることが重要であることを示唆している。また、自由形選手の筋力やパワーをサイベックスマシンなどを用いて測定する場合には、肩伸展運動の場合は210度/秒の運動速度を中心に比較的広範囲の運動速度を用いることが有効であること、肘伸展運動の場合は低速度を用いることが有効であることを示唆している。

100mクロール泳速度とアームプル運動による等速性筋力との間には30度/秒の運動速度でのみ

有意な正の相関関係が認められた ( $r=0.845$ )。この結果は、肘伸展運動の結果と類似している。アームプル運動のような直列多関節運動によって外部に発揮される力は最も弱い部位の筋力によって制約される<sup>8)</sup>。言い換えると、アームプル運動は筋力の弱い部位によって制約された上肢全体の筋力を測定している可能性がある。本研究では手屈曲力を測定していないので、肩伸展力、肘伸展力、手屈曲力のいずれがアームプル運動による等速性筋力に対して制約を与えているかを明らかにすることはできない。しかし、肘伸展力は肩伸展力よりも小さいので、少なくともアームプル運動による等速性筋力の一部は肘伸展力によって制約されたと考えられる。このために、100mクロール泳速度との相関係数は肘伸展運動の場合と同様に低速度で高くなったと考えられる。

上述の結果は、自由形選手の上肢のトレーニングや測定では、これまで用いられているアームプル運動に加えて、肩伸展運動、肘伸展運動も用いることが有効であることを示唆している。また、熊本ら<sup>8)</sup>は手根屈筋群が推力の伝達の重要な鍵になると指摘しているので、手屈曲運動も用いることが有効であると考えられる。

なお、本研究のアームプル運動の結果は宮下ら<sup>11)</sup>の結果と異なる。宮下らは30、120、210度/秒の3種の運動速度で測定し、泳速度との間には男子は全ての運動速度で、女子は210度/秒の運動速度でそれぞれ有意な相関関係が得られたと報告している。宮下らの研究では被検者に伏臥姿勢をとらせ、両肩を台の外に出させて測定を行っている。この姿勢では、測定中に肩が上下に移動する可能性がある。このために、本研究では被検者に仰臥姿勢をとらせ、肩関節の位置が移動しないようにして測定を行った。このような測定姿勢の相違が、両者間の結果の差の原因の一つであると考えられる。

100mクロール泳速度と肩伸展運動、肘伸展運動による等速性筋持久力との相関係数 (順に、 $r=0.639$ 、 $0.663$ ) は、アームプル運動による等速性筋持久力との相関係数 ( $r=0.436$ ) よりも高い値であったが、いずれも有意ではなかった。

本研究では、実験に先立って、100mクロール泳速度を高めるためには、筋力やパワーのトレーニングとともに無氣的持久力のトレーニングもかなり重要であると考えた。また、自由形選手の上肢

の無氣的持久力のトレーニングや測定でも、アームプル運動に加えて肩伸展運動、肘伸展運動を用いることが有効であると考えた。しかし、それらを十分に支持する結果を得ることはできなかった。この原因の一つには、測定方法の不備が考えられる。今後、各運動の運動速度、反復回数、テンポなどを変えてさらに検討する必要がある。

本研究では、自由形選手の100mクロール泳速度に対する肩伸展運動による等速性筋力(X1)と筋持久力(X2)、および肘伸展運動による等速性筋力(X3)と筋持久力(X4)の寄与率を求めた。なお、X1, X2, X4は210度/秒、X3は30度/秒の運動速度での成績を用いた。その結果、X1+X2+X3+X4(95.0%)、X1+X2(84.1%)、X1+X3(76.4%)、X3+X4(66.1%)の4種の組み合わせの寄与率はいずれも有意であった。また、肩伸展運動による等速性筋力(X1)の寄与率は約50~60%で、最も高い値であった。

上述の結果は、自由形選手の上肢のトレーニングや測定では、肩伸展運動および肘伸展運動による筋力、パワー、無氣的持久力のいずれをも対象にすることが重要であるが、なかでも肩伸展に関与する筋力やパワーを最も重視することが重要であることを示唆している。

## 要 約

100mクロール泳速度と肩伸展運動、肘伸展運動およびアームプル運動による等速性筋力、筋持久力との関係を、女子自由形水泳選手を対象にして検討した。

結果は次の通りである。

- ① 100mクロール泳速度と肩伸展運動による等速性筋力との間には、0度/秒を除く全ての運動速度で有意な正の相関関係が認められた ( $r=0.685\sim0.825$ )。最も高い相関係数が得られた運動速度は210度/秒であった。
- ② 100mクロール泳速度と肘伸展運動による等速性筋力との間には、0, 30度/秒の運動速度で有意な正の相関関係が認められた (順に、 $r=0.752, 0.749$ )。
- ③ 100mクロール泳速度とアームプル運動による等速性筋力との間には、30度/秒の運動速度で有意な正の相関関係が認められた ( $r=0.845$ )。
- ④ 100mクロール泳速度と肩伸展運動および肘伸展運動による等速性筋持久力との間には、有意

な相関関係は認められなかった (順に  $r=0.639, 0.663$ )。しかし、これらの相関係数はアームプル運動による相関係数 ( $r=0.436$ ) よりも高い値であった。

- ⑤ 100mクロール泳速度に対する寄与率は、肩伸展運動による等速性筋力(210度/秒)が最も高く、その寄与率は約50~60%であった。

上述の結果から、自由形選手の上肢の筋力、パワーのトレーニングや測定では、アームプル運動に加えて肩伸展運動と肘伸展運動も用いること、および肩伸展運動では力型とスピード型の両者のパワーを重視し、肘伸展運動とアームプル運動では力型のパワーを重視すること、などを考慮することが重要であると示唆された。

稿を終るに当って、御助言、御協力を賜った筑波大学、藤村女子高校水泳部の各位に深く感謝の意を表します。

## 参 考 文 献

- 1) Adrian, M. J., Sing, M. and Karpovich, P. V., "Energy cost of leg kick, arm stroke, and whole crawl stroke," J. Appl. Physiol., 21: 1763-66, 1966.
- 2) Bucher, W., "The influence of the leg kick and the arm stroke on the total speed during the crawl stroke," in Clays, J. P. and Lewillie, L. (Eds), Swimming, Vol. 2, University Park Press: Baltimore, 1975. pp. 180-88.
- 3) 出村慎一, 松浦義行「筋力と水泳パフォーマンスとの関係」体育学研究, 24: 59-69, 1979.
- 4) Holmer, I., "Propulsive efficiency of breast-stroke and freestyle swimming," Eur. J. Appl. Physiol., 33: 95-103, 1974.
- 5) Holmer, I., "Energy cost of arm stroke, leg kick, and the whole stroke in competitive swimming styles," Eur. J. Appl. Physiol., 33: 105-18, 1974.
- 6) カルボビッチ, P. V., シニング, W. E. (石河利寛) 「新版・運動の生理学」ベースボール・マガジン社, 1980. pp. 162-67.
- 7) 金原勇, 高松薫, 辺土名博司, 阿江通良「身体資源としてのパワーのとらえ方に関する基礎的研究」東京教育大学体育学部スポーツ研究所報, 13: 27-50, 1975.
- 8) 熊本水頼, 高木公三郎, 「直列多関節運動系の特性」, 高木公三郎, 熊本水頼 (編), 身体運動の制御, 杏林書院, 1980. pp. 207-29.

- 9) 宮下充正, 水泳の科学 キネシオロジーと指導への応用, 体育の科学社, 1970. pp. 1-106.
- 10) 宮下充正他(日本水泳連盟水泳科学研究班)「水泳」昭和52年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No. 2, 競技種目別体力トレーニング処方に関する研究—第1報—, pp. 1-16, 1977.
- 11) 宮下充正他(日本水泳連盟水泳科学研究班)「水泳」昭和53年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告, No. 2, 競技種目別体力トレーニング処方に関する研究—第2報—, pp. 205-10, 1978.
- 12) Mosterd, W. L. and Jongbloed, J., "Analysis of the stroke of highly trained swimmers," *Int. Z. angew. Physiol. einsch. Arbeitphysiol.*, 20: 288-93, 1964.
- 13) Sharp, R. L., Troup, J. P. and Costill, D. L., "Relationship between power and sprint swimming." *Med. Sci. Sports Exercise*, 14: 53-56, 1982.