クロール泳におけるプル泳とキック泳からみた小学生スイマーの特徴 ～ 大学生スイマーとの比較において ～

原 田 隆* 北 川 薫* 高 橋 繁 浩*
松 井 健** 松 井 信 夫* 石 河 利 寛*

COMPARISON OF THE FRONT CRAWL LEG KICK AND ARM STROKE CHARACTERISTICS OF MALE AGE-GROUP AND COLLEGE SWIMMERS

TAKASHI HARADA, KAORU KITAGAWA, SHIGEHITO TAKAHASHI, TAKESHI MATSUI,
NOBUO MATSUI and TOSHIHIRO ISHIKO

Abstract

The purpose of this study was to determine the physiological responses, stroke rate and stroke length of front crawl leg kick and arm stroke of age-group and college swimmers and to elucidate the characteristics of male age-group swimmers, which have not been highlighted adequately. The subjects were ten 11.8-to 12.4-year-old well-trained male elementary school swimmers (group E) and nine 20.1-to 21.1-year-old well-trained male college swimmers (group C). All the subjects were categorized into similar swimming levels for their ages. All the experiments were performed in a swimming flume (AQUAGYM made by IHI). The water velocities during leg kicking and arm stroking were 60 and 70%, respectively, of the maximal velocity at maximal oxygen uptake (V_{max}). The oxygen uptake ($\dot{V}O_2$), heart rate (HR), pulmonary ventilation ($\dot{V}_E$), tidal volume (TV), respiratory rate (RR) and blood lactate (BL) level of each group were significantly higher during leg kicking than arm stroking at both velocities. $\dot{V}O_2$, $\dot{V}_E$ and TV were significantly higher in group C than group E during leg kicking and arm stroking at both velocities, but HR, RR and BL did not differ significantly. The leg kick to arm stroke $\dot{V}O_2$ ratio at 70% V_{max} was significantly higher in group E than group C. The stroke rate at the same velocity was significantly lower and the stroke length was significantly higher in group C than group E, but the kick rate and length did not differ significantly. $\dot{V}O_2 \cdot SR^{-1}$ and $\dot{V}O_2 \cdot KR^{-1}$ at both velocities were significantly higher in group C than group E. $\dot{V}O_2 \cdot Wt^{-1} \cdot SR^{-1}$ at 70% V_{max} was significantly higher in group C than group E, but $\dot{V}O_2 \cdot Wt^{-1} \cdot KR^{-1}$ at both velocities was significantly lower in group C than group E. These results clarified the differences between group E and group C, which must be considered carefully when designing a training program for age-group swimmers.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 1996, 45: 83~90)

Key words : age-group swimmer, arm stroke, leg kick, physiological response

I. 緒 言

水泳の推進力は主に腕のかき(以下, プル)と脚のけり(以下, キック)により生じる。両者の関与度は泳法により異なるが, クロール泳では推進力

のほとんどはプルにより得られている¹⁾とのことである。また, エネルギー消費量からみると, 同一速度に対する酸素摂取量はキックよりもプルの方が少なく, プルの効率が良いことも報告されている^{2,3)}。以上のようにプル泳 (arm stroke: プル

* 中京大学体育学部運動生理学研究室
〒470-03 愛知県豊田市貝津町床立101

** 吉備国際大学社会福祉学部保健福祉学科
〒716 岡山県高梁市伊賀町 8

Laboratory for Exercise Physiology and Biomechanics, School
of Physical Education, Chukyo University, 101 Tokodate,
Kaizu-cho, Toyota City, Aichi, 470-03 Japan

Department of Health and Welfare, School of Social Welfare,
KIBI International University, 8 Iga-machi, Takahashi City,
Okayama, 716 Japan

のみによる泳ぎ), キック泳 (leg kick: キックのみによる泳ぎ) および全体泳 (プルとキックによる通常の泳ぎ) に分けて測定を行なった研究はいくつか報告されているが²⁻⁵⁾, その多くは大学水泳選手や熟練者を対象としており, 筆者らの知るかぎり年少者についての報告はない. 一般的に年少者は技術の習得過程や競技年数, あるいは体格および呼吸循環器機能において未成熟であること等を考慮すると, プル泳やキック泳での特徴は成人とは異なるものと推察される. そこで本研究では, 小学生水泳選手のクロール泳についてプル泳, キック泳での泳ぎの特徴を呼吸循環応答およびストロークについて大学生水泳選手と比較することにより明らかにし, 年少者の有効なトレーニングプログラムを検討する上での基礎的資料を得ることを目的とした.

II. 研究 方 法

A. 被検者

被検者は, 愛知県内のスイミングクラブに所属し, 選手育成コースにてトレーニングをしている 12.3 ± 0.4 歳の男子 10 人 (以下, 小学生), および 20.3 ± 0.9 歳の大学水泳選手 9 人 (以下, 大学生) であった. これらの被検者は小学生では全国大会出場経験者を含む東海地区大会上位入賞, 大学生

では全日本大学水泳選手権出場という競技実績を持つ者であった. 表 1 に示した 100 m クロール泳のベストタイムおよび日本水泳連盟の定める資格級⁶⁾ から判断しても両群の被検者はその年齢層において, 高い泳能力を持つ者であった. 特に, 小学生については回流水槽を用いて測定された同年齢の先行研究⁷⁾ と比較して, 本研究の被検者の方が身長, 体重および泳能力において優れており, さらに, 後述する最大酸素摂取量 (以下, $\dot{V}O_{2\max}$) については, 大きな値を示した. また, 表 1 には $\dot{V}O_{2\max}$ 出現時の泳速度 (以下, $V_{\max}$) も示したが, 100 m ベストタイム時の泳速度を 100% とすると, これらの $V_{\max}$ は小学生では $79.7 \pm 4.1\%$, 大学生では $77.6 \pm 2.6\%$ であり両群間には有意な差はみられなかった.

研究に先だち被検者および被検者の保護者とスイミングクラブのコーチに対して, 実験内容について十分な説明を行なった. そして, その内容を理解した上で承諾書への署名を得た. また, 被検者には 12 誘導による安静心電図を記録し, 本実験に参加するのに差し支えないことを医師が確認したうえで測定を行った.

B. 測定方法

測定はすべて, 中京大学水泳科学研究施設内にある垂直循環型回流水槽であるアクアジム (石川

Table 1. Physical characteristics of the subjects.

	Group E ^{*1}	Group C ^{*2}	Diff.
n	10	9	
Age (years)	12.3 ± 0.4	20.3 ± 0.9	$p < 0.001$
Height (cm)	158.7 ± 7.6	174.4 ± 5.1	$p < 0.001$
Weight (kg)	46.6 ± 6.9	66.1 ± 4.4	$p < 0.001$
$\dot{V}O_{2\max}$ ($L \cdot \min^{-1}$)	3.25 ± 0.50	4.57 ± 0.18	$p < 0.001$
$\dot{V}O_{2\max} \cdot Wt^{-1}$ ($ml \cdot kg^{-1} \cdot \min^{-1}$)	69.7 ± 3.5	69.4 ± 3.9	n.s.
100m FR ^{*3} Best Time (sec)	64.0 ± 2.2	54.6 ± 0.9	$p < 0.001$
Performance level of 100m FR ^{*4}	7.3 ± 1.3	7.0 ± 0.7	n.s.
$V_{\max}$ ^{*5} ($m \cdot \sec^{-1}$)	1.25 ± 0.04	1.42 ± 0.03	$p < 0.001$

Values are means $\pm$ S. D.

^{*1} Group E: Elementary school swimmers, ^{*2} Group C: College swimmers

^{*3} Fr: Front crawl, ^{*4} approved by Japan Amateur Swimming Federation,

^{*5} $V_{\max}$: maximal velocity at $\dot{V}O_{2\max}$

島播磨重工業社製)を用いて行った。

呼吸ガスの測定は、特製採気マスクを用いてミナト医科学社製ガスアナライザー(MG 360, RM 300)にて30秒間毎に連続的に行なった。なお、特製採気マスクは大小異なる大きさのマスクを用意し、小学生には小さいマスクを大学生には大きいマスクを使用した。心拍数はフクダ電子社製テレメーター送信器(ST 17)およびフクダ電子社製ダイナスコープ(DS 502)を用いて胸部双極誘導法にて水泳中に連続記録した。なお、測定値の採用は、最大下運動では3～4分目の値を、最大運動では疲労困憊時において得られた値を採用した。また、血中乳酸濃度は、各最大下運動および最大運動終了の直後、3分後、5分後に指先より採血し、YSI社製血中乳酸分析機(YSI 23 L)にて分析し、最も高い値を検討の対象として採用した。以上より求めた呼吸循環応答の項目は酸素摂取量(以下、 $\dot{V}O_2$)、体重当たりの酸素摂取量(以下、 $\dot{V}O_2 \cdot Wt^{-1}$)、心拍数(以下、HR)、換気量(以下、 $\dot{V}_E$)、一回換気量(以下、TV)、呼吸数(以下、RR)および血中乳酸濃度(以下、BL)であった。

一方、全測定中の水泳動作をビデオカメラで撮影し、プル泳での1分当たりのストローク数(Stroke Rate)と1ストロークにより泳者が進む距離すなわちストローク長(Stroke Length)を算出した。同様に、キック泳での1分当たりのキック数(Kick Rate)と1キックにより泳者が進む距離すなわちキック長(Kick Length)を算出した。

なお、実験時の水温は $27.8 \pm 0.8^\circ\text{C}$ 、室温は $29.2 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 、相対湿度は $62.3 \pm 2.1\%$ であった。また、各群における平均値間の有意差はStudent t-testにより検定を行なった。

C. 運動負荷

1. $\dot{V}O_{2\max}$ テストの測定

測定は5分間の水中立位安静を行なった後、最大運動としてクロール泳を疲労困憊まで行なわせた。そのプロトコールは、小学生には流速 0.6 から $1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ まで、大学生には 0.8 から $1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ までは2分毎に $0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ずつ速度を漸増させ、その後は1分毎に $0.05 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ずつ速度を漸増して疲労困憊に至らせる内容であった。測

定の終了は被検者が所定の位置から2m後退した時、および検者の動機付けにもかかわらず、被検者自身がそれ以上泳ぎ続けることができないと意志表示し、検者がそのことを認めた時⁸⁾とした。 $\dot{V}O_{2\max}$ の決定にあたっては、呼吸交換比(RER)が1.1以上、HRが $185 \text{ beats} \cdot \text{min}^{-1}$ 以上、 $\dot{V}O_2$ のleveling off⁹⁾のうち1項目以上観察されることを条件とした。

2. プル泳、キック泳の測定

$\dot{V}O_{2\max}$ 測定日から1週間以内の別の日に $\dot{V}max$ を100%とし、その60、70%の速度でプル泳およびキック泳を4分間行なわせた。この流速の決定にあたっては我々の先行研究¹⁰⁾を参考に、間違いなく最大下運動となる流速である、と判断した。なお、プル泳の測定では被検者が日常的に用いているブイを大腿部にはさませて泳がせた。キック泳は通常用いられているビート板上に肘を伸展させて行なわせた。

III. 結 果

表2に小学生と大学生のプル泳とキック泳における同一相対速度における $\dot{V}_E$ 、TV、RR、HRおよびBLを示した。小学生と大学生のいずれにおいてもプル泳とキック泳との間には有意な差がみられ、キック泳が大きな $\dot{V}_E$ 、TV、RR、HRおよびBLを示した。一方、プル泳とキック泳について小学生と大学生とを比較すると、両速度とも $\dot{V}_E$ 、TVでは小学生と大学生との間に有意な差がみられ、大学生が大きな $\dot{V}_E$ 、TVを示した。しかし、RR、HRおよびBLでは両速度とも有意な差がみられなかった。

表3に小学生と大学生のプル泳とキック泳における同一相対速度における $\dot{V}O_2$ 、1ストローク当たりの $\dot{V}O_2$ (以下 $\dot{V}O_2 \cdot SR^{-1}$)、1キック当たりの $\dot{V}O_2$ (以下 $\dot{V}O_2 \cdot KR^{-1}$)、1ストローク当たりの体重1kg当たり $\dot{V}O_2$ (以下 $\dot{V}O_2 \cdot Wt^{-1} \cdot SR^{-1}$)および1キック当たりの体重1kg当たり $\dot{V}O_2$ (以下 $\dot{V}O_2 \cdot Wt^{-1} \cdot KR^{-1}$)を示した。小学生と大学生のいずれにおいてもプル泳とキック泳の間には有意な差がみられ、 $\dot{V}O_2$ ではキック泳が大きな値を、 $\dot{V}O_2 \cdot SR^{-1}$ および $\dot{V}O_2 \cdot Wt^{-1} \cdot SR^{-1}$

Table 2. Pulmonary ventilation, tidal volume, respiratory rate, heart rate and blood lactate for the two types of swimming in arm stroke and leg kick at the same relative velocities.

			60% Vmax ^{*3}	Diff.	70% Vmax ^{*3}	Diff.
$\dot{V}_E$ (L·min ⁻¹)	Group E ^{*1}	Arm stroke	23.7±4.9	***	31.0±6.6	***
		Leg kick	48.2±13.2		79.1±17.8	
	Group C ^{*2}	Arm stroke	36.8±6.7	***	48.5±9.1	***
		Leg kick	60.9±9.9		104.7±22.4	
TV (L·breath ⁻¹)	Group E ^{*1}	Arm stroke	1.12±0.23	*	1.25±0.18	***
		Leg kick	1.33±0.30		1.60±0.22	
	Group C ^{*2}	Arm stroke	1.42±0.24	**	1.83±0.28	***
		Leg kick	1.96±0.31		2.50±0.41	
RR (breaths·min ⁻¹)	Group E ^{*1}	Arm stroke	23.8±4.8	***	27.0±4.3	***
		Leg kick	37.4±8.8		49.4±8.7	
	Group C ^{*2}	Arm stroke	26.2±5.8	***	27.2±4.8	***
		Leg kick	31.7±5.4		42.8±10.8	
HR (beats·min ⁻¹)	Group E ^{*1}	Arm stroke	104.8±11.0	***	114.3±11.8	***
		Leg kick	133.5±15.2		168.4±15.0	
	Group C ^{*2}	Arm stroke	102.7±9.6	***	114.4±13.1	***
		Leg kick	125.9±11.2		157.4±13.1	
BL (mmol·L ⁻¹)	Group E ^{*1}	Arm stroke	1.1±0.3	***	1.6±0.4	***
		Leg kick	2.2±0.7		5.6±1.7	
	Group C ^{*2}	Arm stroke	1.0±0.3	**	1.4±0.6	***
		Leg kick	1.8±0.6		5.8±2.1	

The values are means±S.D.

^{*1} Group E: Elementary school swimmers, ^{*2} Group C: College swimmers

^{*3} Vmax: maximal velocity at $\dot{V}O_{2max}$

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

Table 3. Oxygen uptake and its relative values to stroke rate, kick rate and body weight for the two types of swimming in arm stroke and leg kick at the same relative velocities.

			60% Vmax ^{*3}	Diff.	70% Vmax ^{*3}	Diff.
$\dot{V}O_2$ (L·min ⁻¹)	Group E ^{*1}	Arm stroke	1.04±0.25	***	1.29±0.31	***
		Leg kick	1.81±0.48		2.51±0.62	
	Group C ^{*2}	Arm stroke	1.64±0.15	***	2.13±0.19	***
		Leg kick	2.53±0.31		3.48±0.47	
$\dot{V}O_2 \cdot SR^{-1}$ ^{*4} (ml·stroke ⁻¹) or $\dot{V}O_2 \cdot KR^{-1}$ ^{*5} (ml·kick ⁻¹)	Group E ^{*1}	Arm stroke	41.3±13.3	***	41.9±13.6	***
		Leg kick	18.4±4.1		21.7±4.9	
	Group C ^{*2}	Arm stroke	66.4±5.2	***	74.9±5.8	***
		Leg kick	24.1±2.2		28.0±2.6	
$\dot{V}O_2 \cdot Wt^{-1}$ ^{*6} · SR^{-1} ^{*4} (ml·kg ⁻¹ ·stroke ⁻¹) or $\dot{V}O_2 \cdot Wt^{-1}$ ^{*6} · KR^{-1} ^{*5} (ml·kg ⁻¹ ·kick ⁻¹)	Group E ^{*1}	Arm stroke	0.87±0.23	***	0.88±0.20	***
		Leg kick	0.40±0.03		0.48±0.04	
	Group C ^{*2}	Arm stroke	1.01±0.08	***	1.14±0.08	***
		Leg kick	0.36±0.04		0.42±0.04	

The values are means±S.D.

^{*1} Group E: Elementary school swimmers, ^{*2} Group C: College swimmers

^{*3} Vmax: maximal velocity at $\dot{V}O_{2max}$, ^{*4} SR: Stroke Rate, ^{*5} KR: Kick Rate

^{*6} Wt: Body Weight, *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

においてはプル泳が大きな値を示した。一方、各速度ともプル泳とキック泳について小学生と大学生とを比較すると 60% Vmax での $\dot{V}O_2 \cdot Wt^{-1} \cdot SR^{-1}$ と $\dot{V}O_2 \cdot Wt^{-1} \cdot KR^{-1}$ の比較を除き、すべての測定項目で有意な差がみられた。すなわち、両速度での $\dot{V}O_2$ と $\dot{V}O_2 \cdot SR^{-1}$ 、 $\dot{V}O_2 \cdot KR^{-1}$ および 70% Vmax での $\dot{V}O_2 \cdot Wt^{-1} \cdot SR^{-1}$ では大学生が有意に大きな値を示した。しかし、両速度での $\dot{V}O_2 \cdot Wt^{-1} \cdot KR^{-1}$ では小学生が有意に大きな値を示した。

表4に同一相対速度における小学生と大学生のプル泳とキック泳の $\dot{V}O_2$ の比を示した。プル泳に対するキック泳の比は 60% Vmax と 70% Vmax とともに小学生は大学生よりも大きな傾向を示し、70% Vmax では有意な差がみられた。また、60% Vmax と 70% Vmax とを比較すると、両群

ともに比は、70% Vmax で大きくなる傾向にあるが、有意な差はみられなかった。

表5に同一相対速度におけるプル泳とキック泳のストローク数、ストローク長、キック数およびキック長を示した。各速度での小学生と大学生を比較すると、ストローク数とストローク長に有意な差がみられ、ストローク数では小学生が、ストローク長では大学生が大きな値を示した。しかし、キック数とキック長には有意な差はみられなかった。一方、小学生の 70% Vmax ($0.87 \pm 0.03 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$) と大学生の 60% Vmax ($0.85 \pm 0.02 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$) がほぼ同一の速度であることから、同一絶対速度での比較を行ってみると、ストローク数とキック数ではストローク数に有意な差がみられ小学生が大学生よりも大きい値を示した。また、ストローク長とキック長ではストローク長に有意

Table 4. The leg kick to arm stroke $\dot{V}O_2$ ratio at the same relative velocities.

		60% Vmax* ³	Diff.	70% Vmax* ³	Diff.
Leg kick / Arm stroke	Group E* ¹	1.77 ± 0.35	] NS]	1.96 ± 0.28	] *]
	Group C* ²	1.54 ± 0.22		1.64 ± 0.21	

The values are means ± S. D.

*¹ Group E : Elementary school swimmers, *² Group C : College swimmers

*³ Vmax : maximal velocity at $\dot{V}O_{2\text{max}}$

* p < 0.05

Table 5. Stroke rate, stroke length, kick rate and kick length at the same relative velocities.

		60% Vmax* ³	Diff.	70% Vmax* ³	Diff.
Group E* ¹	SR* ⁴ (strokes · min ⁻¹)	25.8 ± 3.0	] *]	31.6 ± 3.1	] *]
	KR* ⁶ (kicks · min ⁻¹)	97.9 ± 13.8		115.6 ± 14.1	
Group C* ²	SR* ⁴ (strokes · min ⁻¹)	24.8 ± 2.2	] NS]	28.6 ± 2.6	] NS]
	KR* ⁶ (kicks · min ⁻¹)	105.0 ± 10.7		124.4 ± 12.8	
Group E* ¹	SL* ⁵ (m · stroke ⁻¹)	1.77 ± 0.25	] ***]	1.67 ± 0.19	] ***]
	KL* ⁷ (m · kick ⁻¹)	0.47 ± 0.07		0.46 ± 0.06	
Group C* ²	SL* ⁵ (m · stroke ⁻¹)	2.08 ± 0.20	] NS]	2.11 ± 0.20	] NS]
	KL* ⁷ (m · kick ⁻¹)	0.49 ± 0.05		0.49 ± 0.06	

The values are means ± S. D.

*¹ Group E : Elementary school swimmers, *² Group C : College swimmers

*³ Vmax : maximal velocity at $\dot{V}O_{2\text{max}}$, *⁴ SR : Stroke Rate, *⁵ SL : Stroke Length

*⁶ KR : Kick Rate, *⁷ KL : Kick Length, * p < 0.05, *** p < 0.001

な差がみられ, 大学生が小学生に比べ大きい値を示した。

Ⅳ. 考 察

これまでに子供から成人までを対象とした水泳時における呼吸循環応答についてはいくつか報告されている^{2,3,10-12)}。しかし, そのほとんどは全体泳での報告であって, 特に年少者を対象としたブル泳やキック泳といった部分泳における報告はきわめて少ない。

本研究の結果, ブル泳とキック泳の同一速度に対する呼吸循環応答は, 小学生, 大学生ともに $\dot{V}O_2$, $\dot{V}_E$, TV, HR, RR および BL のいずれにおいてもブル泳はキック泳よりも有意に低い値を示した。これは, 成人スイマーを対象として同一速度に対する $\dot{V}O_2$ はキック泳よりもブル泳の方が小さくなるとする Holmér³⁾ の報告と一致するものであり, 本研究結果より小学生においても同様の傾向を確認することができた。

また, ブル泳とキック泳の各々において小学生と大学生とを同一相対速度での比較をしてみると, 両群間には $\dot{V}O_2$, $\dot{V}_E$ および TV に有意な差があるものの, HR, RR および BL には有意な差がみられなかった。この $\dot{V}O_2$, $\dot{V}_E$ および TV に差が生じたのは, 全体泳での比較を行った北川たち¹⁰⁾ の報告と同様に, おそらく体格の大きさの違いが原因となり量的に差が生じたものと考えられる。したがって, これらのブル泳とキック泳といった部分泳において, 小学生と大学生との間にみられる呼吸循環応答の様相は, 全体泳での様相とほぼ同一であることがわかった。

しかし, このような結論を出すにあたって, さらに検討しなければならない点は泳者が受ける水の抵抗である。水の抵抗は速度の2乗に比例し, また移動方向からみた投射断面積に比例する¹³⁾。したがって, 小学生と大学生とを比較すると, 速度は相対速度が同じとはいえ, 絶対速度では大学生では平均値で $0.85 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$ と $0.99 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$, 小学生では $0.75 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$ と $0.87 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$ であり小学生の方が小さくなる。そのために各相対速度での水の抵抗は小学生の方が小さい。一方, 測

定してはしないものの投射断面積は, 身長と体重からみて小学生が小さいはずであり, そのため水の抵抗は小さくなるはずである。したがって, 各相対速度での水の抵抗は小学生が小さいものと推察される。本研究では水の抵抗についての問題が残るが, 水の抵抗と生理学的な応答については年少者についての十分な研究報告はみあたらず, 今後の検討課題と考えられる。

さらに, 水泳の技術に関してブル泳, キック泳についてそれぞれ検討を行なった。ブル泳におけるストローク技術については, Toussaint および Beek¹⁴⁾ が, ストローク長はストローク技術を評価する良い指標となることを指摘している。すなわち, ストローク長は推進力のよい指標となるため, 各スイマーの技術能力の程度を評価するために用いることができる, とのことである。しかし, ストローク長の比較は水に対する抵抗が同じであると仮定した上でのことであるため, 同一相対速度での比較ではなく同一絶対速度での比較を行わなければならない。本研究ではほぼ同一速度となる小学生の 70% $V_{\max}$ と大学生の 60% $V_{\max}$ の間でそれぞれストロークおよびキック技術について比較を行った。その結果, 小学生が大学生に比べてブル泳のストローク長が有意に低い値を示し, Toussaint および Beek¹⁴⁾ に従えば, 小学生のストローク技術が劣っていることになった。そこで本研究ではブル泳におけるストローク長のよう, キック泳の技術の評価のためにキック数やキック長を算出し検討してみた。しかし, キック泳におけるキック数とキック長には大学生と小学生との間に有意な差はみられなかった。この原因を明確にすることはできないが, おそらくクロール泳におけるキック泳の役割が推進力というよりもむしろ, 身体の姿勢保持のために用いられているため, キック泳の推進力を表すキック長に差がみられなかったものと考えられる。キック長を技術の評価指標に用いるには今後さらに検討が必要であろう。

一方, これまでに呼吸循環応答の中でもブル泳とキック泳のエネルギー消費量に関する研究は数多く行なわれている²⁻⁵⁾。なかでも Adrian たち²⁾

は、初めてプル泳、キック泳および全体泳とに分けて各々の net の酸素摂取量を測定した。そして、クロール泳でのキック泳のエネルギー消費量はプル泳に比べ、 $3 \text{ feet} \cdot \text{sec}^{-1}$ の速度で4倍のエネルギー消費量があり、キック泳での効率がプル泳に比較して極めて低いことを報告した。また、Holmér³⁾は4つの泳法でのプル泳、キック泳および全体泳のエネルギー消費量を測定した。その結果、クロール泳、背泳ぎおよびバタフライでは同一速度におけるプル泳の酸素摂取量はキック泳よりも低いことを、また、平泳ぎではプル泳、キック泳および全体泳でのエネルギー消費量がほぼ等しい値を示したことを報告している。このようにプル泳、キック泳および全体泳に分けてエネルギー消費量を測定した報告はいくつかあるが、これらの多くは大学生の一流水泳選手を対象としており、本研究のようにほぼ同一の泳能力にある年少者と成人を比較した報告は筆者らの知る限りではない。

本研究では、同一相対速度における $\dot{V}O_2$ は小学生と大学生のいずれにおいてもプル泳はキック泳に比べて有意に低い値を示した。プル泳がキック泳よりも効率がよいという本研究の結果は Adrian たち²⁾や Holmér³⁾の報告と一致した。また、同一相対速度におけるプル泳とキック泳の $\dot{V}O_2$ 比をみると、プル泳を1とするとキック泳は $60\% V_{\max}$ では小学生で1.77、大学生で1.54、また $70\% V_{\max}$ では小学生で1.96、大学生で1.64となり、小学生は大学生よりも大きくなる傾向を示した。特に $70\% V_{\max}$ では有意な差がみられ、プル泳とキック泳の関係が小学生と大学生とでは異なる傾向にあり、小学生のキック泳のエネルギー効率が大学生に比べて低いものと判断された。

一方、1ストロークあるいは1キック当たりのエネルギー効率をみるために表5に示した検討を行なった。その結果、 $\dot{V}O_2 \cdot SR^{-1}$ および $\dot{V}O_2 \cdot KR^{-1}$ は小学生が大学生に比べて有意に低い値を示した。これはおそらく小学生と大学生における腕と脚の動作に参加する筋量の違いから生じたものと考えられる。この量的な差異を捨象するため、

体重 1 kg 当たりに換算して比較検討を行なった。その結果、 $\dot{V}O_2 \cdot Wt^{-1} \cdot SR^{-1}$ では $70\% V_{\max}$ において小学生は大学生よりも有意に低い値を示し、 $\dot{V}O_2 \cdot Wt^{-1} \cdot KR^{-1}$ では小学生は大学生よりも有意に高い値を示した。この $\dot{V}O_2 \cdot Wt^{-1} \cdot SR^{-1}$ もしくは $\dot{V}O_2 \cdot Wt^{-1} \cdot KR^{-1}$ の大小は、1ストロークおよび1キック当たりのエネルギー効率の良否を意味している。したがって、本研究での同一相対速度での比較では、小学生は大学生と比べてプル泳の効率は高く、キック泳の効率は悪いことになる。この差異をもたらす要因として体肢の長さの違いといった体格の大きさの違いが考えられるものの、本研究からは明確とすることはできない。

以上のように、本研究の結果、各年齢で同一泳能力の小学生と大学生とを比較したところ、両者間には様々な相違があることがわかった。しかし、この両者間の相違がどこまでが発育に関連しているのか、どこまでが水泳の鍛練度に起因しているのか、あるいは被検者の先天的要因によるのかは本研究の結果からでは明確にすることはできない。今後、本研究のような年少者の研究が蓄積されることで、年少者のクロール泳の特徴がより明確となり、発育期に適切なトレーニングプログラムの展開が可能となるのであろう。

V. ま と め

泳能力の比較的高い小学生男子のクロール泳におけるプル泳とキック泳の呼吸循環応答とストロークの特徴を明らかにするために、相対的に同一泳能力の大学水泳選手を比較対象として検討を行なった。その主な結果は以下のとおりである。

1. $60\% V_{\max}$ と $70\% V_{\max}$ とともに、 $\dot{V}O_2$, HR, $\dot{V}_E$, TV, RR および BL において小学生と大学生のいずれにおいてもキック泳はプル泳に比べて有意に高い値を示した。また、 $\dot{V}O_2$, $\dot{V}_E$ および TV ではプル泳とキック泳のいずれにおいても小学生と大学生との間で有意な差がみられたが、HR, RR および BL においては有意な差がみられなかった。

2. ストローク数は同一絶対速度において大学生の方が小学生よりも有意に低い値を示したが、

キック数には有意な差がみられなかった。また、ストローク長では大学生が小学生に比べて有意に高い値を示したが、キック長では有意な差がみられなかった。

3. 小学生と大学生のプル泳とキック泳の $\dot{V}O_2$ 比は同一相対速度において小学生は大学生よりも大きな傾向を示し、70% V_{max} では有意な差がみられた。

4. 同一相対速度における $\dot{V}O_2 \cdot SR^{-1}$ および $\dot{V}O_2 \cdot KR^{-1}$ はプル泳およびキック泳において小学生よりも大学生の方が有意に大きな値を示した。しかし、 $\dot{V}O_2 \cdot Wt^{-1} \cdot SR^{-1}$ および $\dot{V}O_2 \cdot Wt^{-1} \cdot KR^{-1}$ はプル泳では小学生よりも大学生の方が大きな値を示したが、キック泳では小学生の方が大学生よりも有意に大きな値を示した。

以上の結果にみられるように、各年齢では同一泳能力を持つと考えられる小学生と大学生ではあるが、その呼吸循環応答とストロークには多くの相違があることがわかった。クロール泳の指導にあたってはこのような相違を考慮して、小学生には大学生とは異なるトレーニングプログラムが必要とされるものと考えられる。

謝 辞

本研究を遂行するにあたって名古屋スイミングクラブ、名鉄スイミングスクール、NASスイムスクール、東海イトマンスイミングスクールの選手、コーチ、保護者の皆様ならびに中京大学水泳部員、中京大学アクアジムスタッフの多大なる御協力を得たことをここに記し感謝申し上げます。

(受理日 平成7年6月30日)

引 用 文 献

- 1) 今野 純 SWIMMING CONCEPTS, アクアダイナミックス研究所, 横浜, (1990)28.
- 2) Adrian, M., Singh, M., & Karpovich, P. Energy cost of the leg kick, arm stroke and whole stroke. J. Appl. Physiol., (1966), **21**, 1763-1766.
- 3) Holmér, I. Energy cost of the arm stroke, leg kick, and the whole stroke in competitive swimming style. Eur. J. Appl. Physiol., (1974), **33**, 105-118.
- 4) 田口正公 泳ぎにおける腕と脚の役割, 体育の科学, (1991), **41**, 703-707.
- 5) Watkins, J., & Goldon, A. T. The effects of leg action on performance in the sprint front crawl stroke., In., Hollander, A. P., Huijing, P. A., & de Groot, G., Biomechanics and Medicine in Swimming, Human Kinetics Publishers., Champaign, Illinois, (1983), 310-314.
- 6) 日本水泳連盟水泳資格表 スイミング・マガジン, ベースボールマガジン社, 東京, (1990), **14**, 70-71.
- 7) Nomura, T. The influence of training and age on $\dot{V}O_{2max}$ during swimming in Japanese elite age group and Olympic swimmers., In., Hollander, A. P., Huijing, P. A., & de Groot, G., Biomechanics and Medicine in Swimming, Human Kinetics Publishers., Champaign, Illinois, (1983), 251-257.
- 8) 小林寛道, 八木規夫, 脇田裕久, 水谷四郎, 桜井伸二, 蛭田秀一, 桜井佳世 幼児の Aerobic Power とトレッドミル走行中の呼吸循環機能, 体育科学, (1988), **6**, 77-85.
- 9) 小林寛道 日本人のエアロビックパワーー加齢による体力推移とトレーニングの影響ー, 杏林書院, 東京, (1982), 7-8.
- 10) 北川 薫, 原田 隆, 石河利寛 男子水泳エージグループの呼吸循環応答ー回流水槽における最大下および最大泳ー, 体育科学, (1993), **21**, 23-31.
- 11) Holmér, I. Physiology of swimming man. Acta. Physiol. Scand. Suppl., (1974), **407**, 1-55.
- 12) Lavoie, J. M., & Montpetit, R. Applied Physiology of swimming. Sports Med., (1986), **3**, 165-189.
- 13) 池上康男 水泳のバイオメカニクスと競技力向上, J. J. Sports Sci., (1988), **7**, 105-112.
- 14) Toussaint, H. M., & Beek, P. J. Biomechanics of competitive front crawl swimming. Sports Med., (1992), **13**, 8-24.