

昭和46年度 日本体育協会スポーツ科学研究報告

No. VIII エネルギー代謝からみたスイミング
クラブの練習内容について

財団法人 日本体育協会
スポーツ科学委員会

エネルギー代謝からみたスイミングクラブの 練習内容について

(財)日本体育協会・スポーツ科学研究所
黒田善雄 塚越克己 太田裕造
鈴木洋児 雨宮輝也 成沢三雄

I 目 的

発育期にある児童の身体の発育発達に運動負荷がどのように影響を及ぼすかということはスポーツ科学の分野で解明されなければならない基礎的な課題のひとつであるといえよう。

東京オリンピック以降エイジグループを中心にしたスイミングクラブが全国各地につくられた。これらクラブのひとつである、代々木スイミングクラブの体力測定を年間2回づつ継続的に実施してきた⁽¹⁾⁽²⁾。しかし日頃水泳の指導に実際たずさわっている指導者達は運動の量や質が子供達にとって適切な刺激になっているか、その実態を把握することは困難なことである。

水泳競技は他のスポーツ種目に比べて最高記録を出現する年令的時期が早く、オリンピック大会の参加年令も世界的に早いことが、これまでに報告されている。これらのことを考え合わせると幼児期から水に慣れさせ、適切な指導がなされなければならないといえよう。

今回われわれは、児童、生徒を中心にしたスイミングクラブが日頃実施している練習内容について、その現状を把握するために実態調査を行ない、主に練習中の心拍数変動と各泳法の酸素摂取量について実験を行なったので報告します。

II 実験方法

1. 被検者はいずれもクラブ員であり8才、10才、12才の年令の中より、クラブが主催する記録会あるいはスイミング協議会が主催する記録会での記録をもとにして、水泳能力を上級クラス、下級クラスとに分類した中から無作為に男女各2名

づつえらんだ。被検者の身体的特性と水泳競技4種目(自由型、平泳、背泳、蝶泳いずれも50m)の自己最高記録、およびトレッドミルの傾斜5度(約8.7%)で速度はスタートより3分までは100m/min、3分以後は2分ごとに20m/minづつ増加させる速度漸増法によって求めた最大酸素摂取量を表1に示した。

2. 実験手順としては先ず、表2のスケジュールに従い日頃クラブ員がおこなっているように、男女の組を作って練習全行程の心拍数を連続的に測定した。

心電図は胸部双極誘導による心電図を有線で連続的に記録した。水中での運動であったため電極のはりつけにはセメダインなどを利用するなど特に注意を払った。リード線は25mプールを往復できるのに十分である約15mの長さの棒の先端に結びつけ、泳者から約3m離れた地点を補助者が棒を持って一緒にプールサイドを往復した。

3. 練習内容における酸素摂取量測定については、特に10才の男女4名について代表的な泳法についてのみ実施した。呼気ガスはダグラスバック法でおこない、ショランダーガス分析器を用いて分析し酸素摂取量を求めた。呼気の採集には呼気マスクを装着した。そのため被検者が背泳以外は、顔面を水につける際、多少呼気の時マスクの中に水が混入したので、被検者が交代する毎にマスクと蛇管を清掃した。

4. 測定場所はオリンピック記念青少年スポーツセンター、プールでプールの長さは25mであった。トレッドミルでの最大酸素摂取量測定はスポーツ科学研究所で実施した。

測定期日は1971年8月で外気温が27°C~30°C

表 1 Characteristics of subjects

subject	age	weight	height	Max.VO ₂	Max.VO ₂ /w	Record of 50m swimming			
						Free	Back	Breast	Butterfly
male	years	kg	cm	l/min.	ml/kg.min.				
S. Yajima ^J	8	31.0	131.2	1.51	48.6				
I. Nakajima ^S	8	25.7	124.9	1.25	48.6	51"1	1'11"8	54"6	59"1
S. Yagihara ^J	10	26.4	132.4	1.58	60.0			1'09"1	
T. Itoo ^S	10	33.2	137.7	2.09	62.9	43"6	49"8	51"4	
K. Kootake ^J	12	33.0	141.0			45"9	1'00"9	51"5	
T. Abe ^S	12	35.0	149.6	2.11	60.3	33"2	39"3	41"2	35"7
female									
T. Nakae ^J	8	25.5	129.5			1'09"2		1'17"9	
F. Muta ^S	8	27.7	128.8	1.40	50.6	45"5	56"7	1'06"4	1'00"9
U. Hattori ^J	10	26.8	137.2	1.46	54.6	42"4	48"0	57"6	56"8
F. Sone ^S	10	33.0	141.8	1.94	58.8	37"3	40"9	48"9	42"0
H. Tomita ^J	12	33.5	141.7	1.63	48.7	38"6	47"7	52"6	45"3
H. Mochizuki ^S	12	36.8	149.6	2.16	58.6	36"5	43"4	43"0	44"3

J - JUNIOR CLASS S - SENIOR CLASS

表 2 TRAINING SCHEDULE

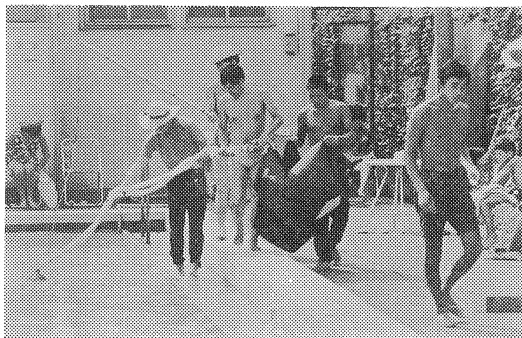
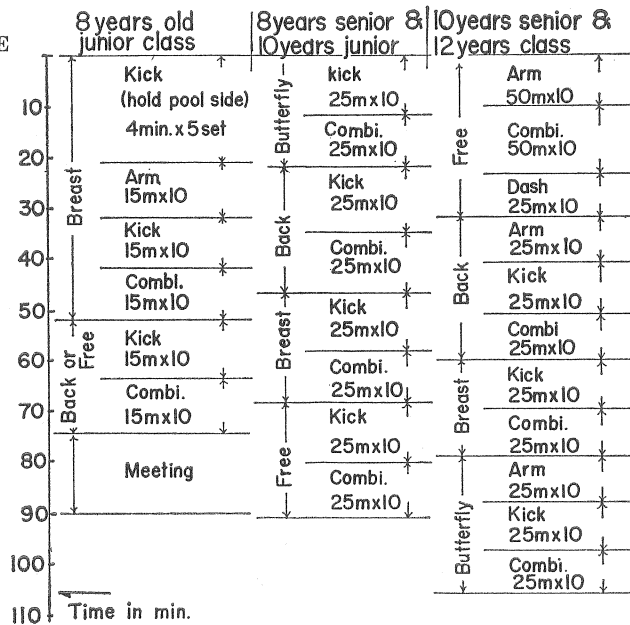


图 1 测定風景

水温が24°C～26°Cであった。

図1は水泳中の測定風景である。

III 実験結果

1. 練習中の心拍数変動

練習スケジュール表2の3種類の練習内容について該当する年令の被検者にそれぞれの練習を実施した。図2は8才の下級クラスのス.NとT.Yが同時に練習を行った際の心拍数変動のグラフである。

プールサイドに両腕でつかまっのキックだけの練習では、運動開始から約1分間に急激な増加をして、ほぼ運動中の最高値に達し、T.Yは180、S.Nは160で、S.NはT.Yに比べて低い値を示した。運動後の2分間の休息で心拍数は両者とも80～100拍前後まで低下した。次いでプレストの腕だけの泳ぎで15mを10回泳ぐ練習では被検者T.Yは1回目より運動中の最高値が200に上昇し、以後10回目まで200～210であった。S.Nは180～190の上昇にとどまった。

水の中で15m泳いでプールからあがりプールサ

イドを早足で元のスタート地点にもどる間、いわゆるインターバルトレーニングの緩走期に相当する休息期に心拍数は一時的に低下するが、練習が連続的に続いているため、また直ちに運動が開始されて心拍数は増加している。

次いでプレストのキック15mを10回では運動中最高心拍数がT.Yは190～195に上昇したのに対しS.Nは180～190のレベルにあり、休息期は被検者S.Nが10拍程度低く160～170に低下した。

次のプレストのコンビネーション15mを10回では運動中の最高心拍数は約200まで上昇し、休息期にS.Nは160～170、T.Yはそれより高り170～180であった。

バックのキック、コンビの15mを10回でも前の練習に引き続き同様なカーブを描いているが運動中および休息期ともT.YがS.Nよりも運動中で10～20拍、休息期で10～30拍低い変動を示した。実験のため、ふたりが同時に泳ぎ終るようにふたりの実力が等しいものを選択したのだが、実際問題としては、各個人で泳法に得意な種目と不得意な種目があるため、その結果得意な種目では

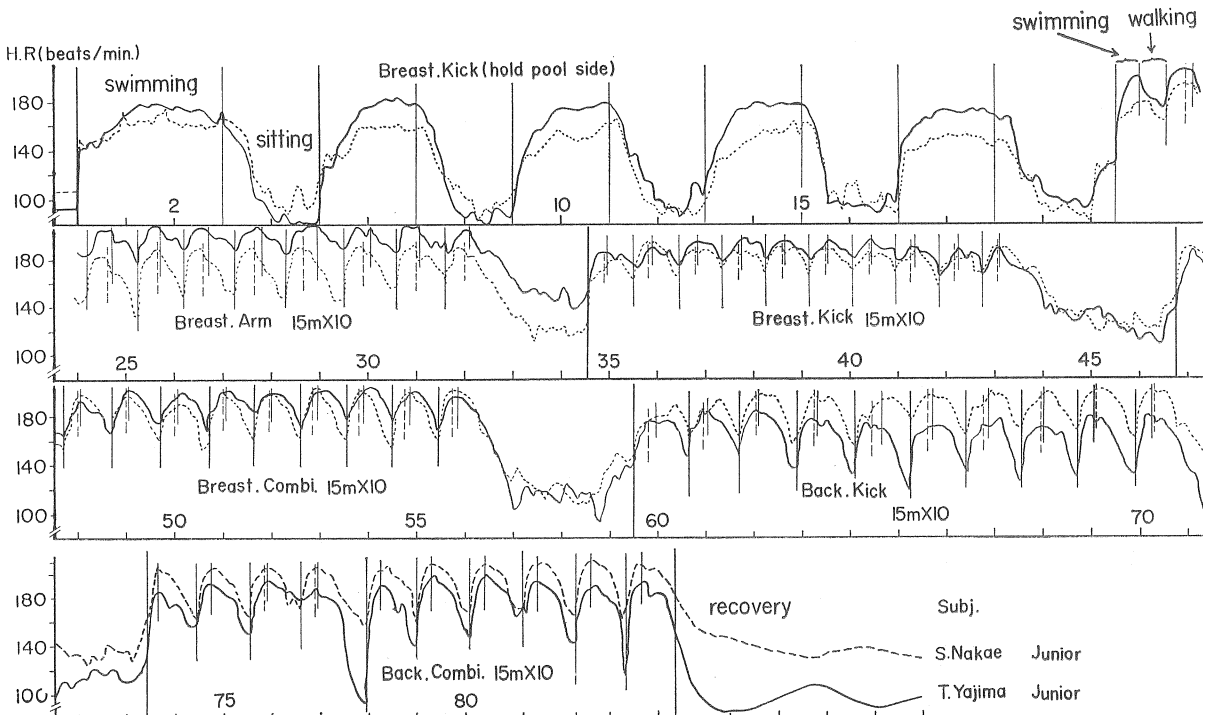


図2 Change of heart rate (training of 8 years junior Class swimmer)

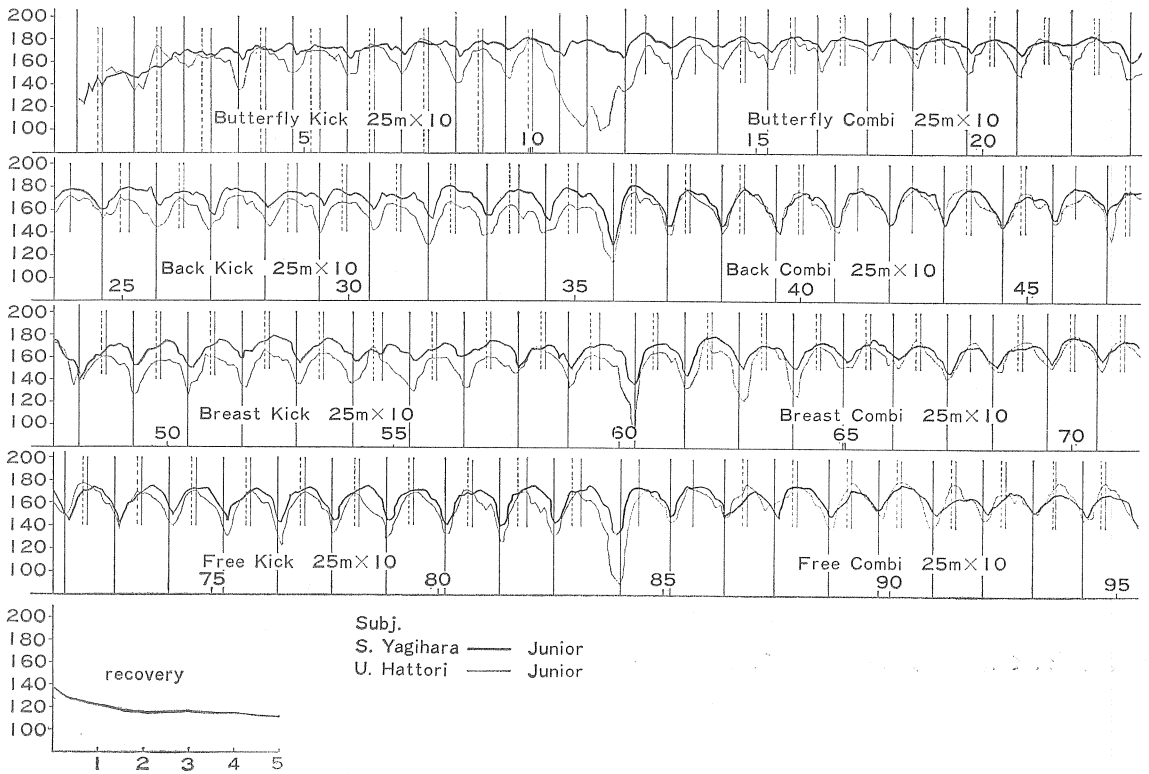


図 3 Change of heart rate (training of 10 years junior class swimmer)

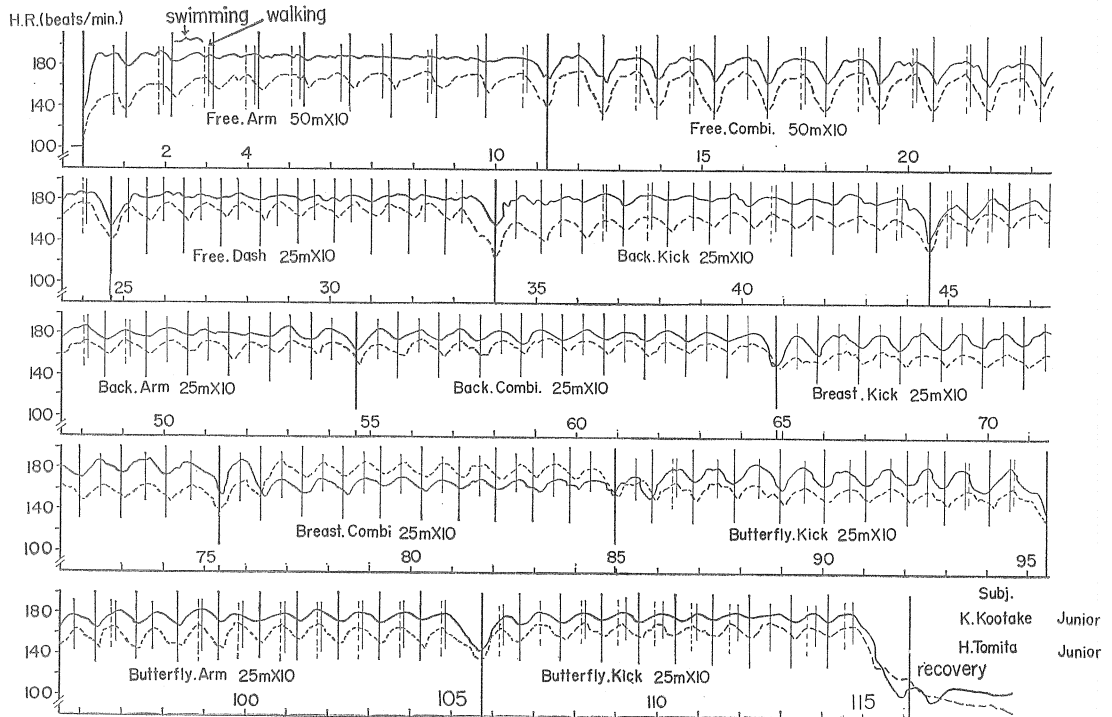


図 4 Change of heard rate (training of 12 years junior class swimmer)

相手より早く運動を終了するので休息期を十分に得ることが出来るが、逆に不得意な種目では1回泳ぐごとに、スタート時間を合わせるので休息が十分にとれないような結果となっている。

図3は10才の下級クラスの2名が表2の練習スケジュールに従って泳いだ心拍数変動のグラフである。

このグループはバタフライ、バック、プレスト、フリーについてキックとコンビネーションの25mを10回の反復練習である。先ずバタフライのキック25mを10回から開始された。被検者 S. Y は運動中は170~180に上昇し、休息期に入っても顕著な低下はみられない。一方 U. H は最高心拍数は174まで上昇したのが140~150まで回復している。女子である U. H が全般的に水泳の記録がすぐれているため、運動時間が短かく、休息時間が長い。それは8才、10才、12才のいずれの練習でも1日の練習時間から全体の時間配分を考えて、1回の反復練習に要する時間を60~70秒の範囲内に入るように組み立てられているために、10才の年令の

練習の中でも水泳スピードが高い程心拍数の回復が早い傾向にある。

図4は12才の下級クラスの K. K と H. T の練習中の心拍数変動である。

10才の上級クラス以上になると練習時間も約2時間になり内容的にも競泳4種目のキックとコンビネーションの他に腕だけの泳ぎも加わり距離も50mに延長される。われわれが実験に使用したプールは、長さが25mであったため、中間点で折り返して再びスタート地点にもどるまでの距離とした。それで休息期はそのまま水中につかたまま楽にして、次の運動開始時間が来るのにそなえていた。また実験の技術的な問題として、心拍数を有線で記録しているの、おろかえしのターンの際コードがからだにまつわりついて、泳ぎの妨害にならないようにした。

先ず最初のフリー・アーム50m×10回においては被検者 K. K は1本目、2本目と運動開始とともに増加した心拍数は運動が終了しても2~3拍の低下にとどまり190レベルを維持した。それに

表 3 O₂ uptake and heart rate in training of swimming

			VO ₂ ml	%Max VO ₂	Heart Rate (beats/min)	Record sec
Butterfly	Kick 25m×10	junior	1023	64.6	147 ~ 169	35.6
		senior	762	52.1	155 ~ 175	28.8
	Combi 25m×10	senior	1219	58.4	141 ~ 165	32.6
		senior	841	43.4	116 ~ 149	27.7
			1276	61.2	146 ~ 164	40.6
			1069	55.1	130 ~ 160	26.6
Back	Kick 25m×10	junior	933	58.9	132 ~ 163	36.0
		senior	702	48.0	123 ~ 151	30.5
	Combi 25m×10	junior	1097	52.6	122 ~ 158	38.6
		senior	807	41.6	114 ~ 166	26.8
			969	66.2	159 ~ 177	27.3
			1220	58.5	138 ~ 170	25.0
			1186	61.1	122 ~ 175	21.4
Breast	Kick 25m×10	junior	972	61.4	129 ~ 160	38.2
		senior	771	52.7	142 ~ 163	28.7
	Combi 25m×10	junior	1158	55.5	121 ~ 157	29.3
		senior	1006	51.9	130 ~ 162	30.0
			855	58.4	160 ~ 173	31.9
			1418	68.0	148 ~ 166	29.8
			1126	58.0	141 ~ 177	27.2
Free	Kick 25m×10	junior	1081	68.2	136 ~ 165	31.4
		senior	1406	67.3	145 ~ 162	26.4
			1047	54.0	118 ~ 158	22.5

比べ H. T は 3 本目ぐらいまで運動中の最高心拍数が 150, 160, 170 と 10 拍前後上昇していった、以後運動中は上限が 170~175, 回復は 160 前後に落ち着いている。

次いでフリーのコンビ 50m×10 回では被検者 K. K は運動によって 190 まで上昇し、休息期に 165~170 と約 20~25 拍の低下を示した。それに対して H. T は運動で 170~175 に上り休息期に 145~140 拍と約 35 拍まで低下した。

次のバック、プレスト、バタフライのキック、コンビネーション、アームの練習においても運動中の最高心拍数、休息期の心拍数低下のパターンはこれまでの図 2, 3 と同じような変化を示した。

2. 各泳法の酸素摂取量

泳力、年齢によって区分された数種の練習内容について、クラブの実態を把握するためには、年齢別の摂取量をも実施する必要があるといえるが、一応今回は 10 才のみについて普段の練習内容から 8 種類を選び出して水泳中の酸素摂取量を求めた。

表 3 は 10 才の男女 4 名の水泳中の酸素摂取量と最大酸素摂取量に対する、各泳法の割合をパーセントで示したものである。また水泳中と休息期の心拍数(10 回の平均)と水泳記録も同時に示した。酸素摂取量はバタフライのキックは 762~1210 ml, コンビは 1069~1276ml, バックのキックは 702~1097ml, コンビは 969~1220ml, プレストのキックは 771~1158ml, コンビは 855~1418ml, フリーのキックは 1081ml, コンビは 1047~1406ml の値であった。これら酸素摂取量は最大値(%Max VO₂)に対してバタフライのキックは 43.4~64.6%, コンビは 55.1~61.2%, バックのキックは 41.6~58.9%, コンビは 58.5~61.1% プレストのキックは 51.9~61.4%, コンビは 58.0~68.0%, フリーのキックは 68.2%, コンビは 54.0~67.3% であった。

IV 考 察

1. 心拍数の変動について

近年無線誘導法が体育の分野に導入されて以来、各種運動中の心拍数が測定され、運動の実態が明らかになりつつある。しかし水泳は水という

障害があるため、実験にあたり技術的に困難がありこれまでに、岡³⁾、阿久津⁴⁾、宮下⁵⁾らによって測定されているにすぎない。今回我々が採用したのは宮下の方法に似ている。

このスイミングクラブの練習は毎月平均 12~13 回、1 日の練習時間は泳力、年齢によって多少異なるが約 2 時間以内と限定されている。我々が練習内容すべてにわたる心拍数変動を測定した年齢は 8 才、10 才、12 才であったが他の年齢においてもトレーニング内容の組立てについては、若干の変更があるが大筋は大差ないといえよう。すなわち 15~50m の距離を泳いで水からあがり、プールサイドをスタート地点に早歩でもどる反復練習が練習の大部分を占めている。それ故練習内容全体を心拍数変動の結果からみるとこれまで報告されている、インターバルトレーニングに似ておりその連続であるといえよう。

Reindel⁶⁾ はインターバルトレーニングでは個々の運動で最高心拍数になり休息期に 120~130 まで低下するのがよいと述べている。

しかし実際のトレーニングの場でインターバルトレーニングを課した場合、休息期に 120~130 まで心拍数を低下させるには、時間的に相当休まなければならないと述べている。

宮下⁵⁾ は水泳で休息時間をいろいろ変えたインターバルトレーニングを実施した。それによれば非常に短い休息期(5 秒、10 秒)を置いてのインターバルトレーニングはほぼ一定の心拍数を維持する形となり酸素負債の適当な配分が必要であり、中程度(20~30 秒)のインターバル時間のトレーニングは主に酸素摂取能力の向上がなければならないことを報告している。

本実験においては 10 才の上級と 12 才の上、下級クラスを対象にしたトレーニングの中のフリー、アーム 50m×10 回は休息期が約 15 秒程度で他は 30~60 秒の休息期をとったインターバルトレーニングになっている。しかも全体の練習では多人数のグループの中で 2 人づつ泳がせるので厳密な時間の規制は出来ないが同じ運動の反復という形をとっている。8 才、10 才、12 才とも心拍数は休息期に 120~180, 運動中は 165~192 と比較の変動幅の大きい値となっており、個人差が大きいといえよ

う。また休息期といっても一連の練習の過程において比較的激しくからだを動かしていない時間であるが、運動終了後水から上りプールサイドを早足でスタート地点にもどるわけで、被検者の年齢時期ではこれもある程度の心拍数上昇を引き起こしているのではないか。ことに水泳スピードが落ちて他者に遅れた場合などは、休息期に入っても著しい心拍数の低下の傾向がみられなかった。そのため Reindel⁶⁾ がのべている休息期に120~130まで低下する例にはあてはまらなかった。しかし練習全行程は能力(水泳の記録)によってある程度の分類はなされているが、練習内容の種目によっては個人差がありそうで、運動強度が異なる場合もありえた。

2. 各泳法の酸素摂取量

水泳運動における酸素摂取量はこれまで何人かの研究者によって詳細に行なわれている。

Andersen⁷⁾ は水泳中の酸素摂取量について、鍛練者、非鍛練者を種々のスピードでの酸素摂取量の違いを報告している。これによるとスピードの増加とともに酸素摂取量は増加するという。このように水泳スピードとの関連から実験をおこなっている。

本研究は練習スケジュールに沿った練習の実態調査で、酸素摂取量についても総合的な練習過程の一部としてとらえ、プールの中で泳いでいる時とプールサイドを早足で歩く休息期も含んだものとしてとらえた。そのため %Max VO₂ は41.6~68.2%と心拍数の上昇に比べ低い値となった。WHOの「成人の望ましい作業能力」の中で最大能力を最大酸素摂取量であらわし、その70%VO₂ Max 以上でなくてはトレーニング効果は期待できないとしている⁽⁹⁾。本実験でも休息期を除外した運動中のみの酸素摂取量は、もっと高くなると推察される。

しかしながら、トレーニングの過程で水泳スピードが向上したならば、泳ぐ距離を伸ばすか、インターバルの間かくを短縮するか、トレーニングの中味を改良していかなければ有氣的作業能力の向上は期待出来ないだろう。

宮下は水泳選手の最大酸素摂取能力が同年令の一般青少年のそれよりも約30%大きいはずしも

水泳トレーニングによって有氣的作業能力の向上がもたらされたとは言えないとのべている⁽⁸⁾。すなわち、12~13才頃、すでに優れた酸素摂取能力を保持していたものがトレーニングによって一層向上促進されたものであると推論している。

本研究の実験結果からもこのスイミングクラブの水泳トレーニングの効果が有酸素的能力の向上に効果があったと早計に結論を下せないが、呼吸、循環機能が動員された、全身持久性を高めうる練習内容であると思われる。

V 結 論

スイミングクラブが現在行なっている練習について、その実態を明らかにする目的で、9才、10才、12才に相当するクラブ員を被検者にして、心拍数とガス代謝の測定をし次の結果をえた。

1. 最大酸素摂取量は男子は1.25~2.11 l/min 女子は1.40~2.16 l/min で男女とも同年令の児童に比べて大きい傾向にある。

2. 2人の組になって練習を行なうので、水泳スピードの高い者ほど心拍数の回復がよい傾向にあった。

3. 各泳法の酸素摂取量は702ml~1418mlで最大酸素摂取量に対してに41.6~68.2%に相当した。

4. このスイミングクラブの1か月12回、1回約2時間の水泳練習は子供たちのからだにたいして、有効な有酸素的なトレーニングになっているといえよう。

参 考 文 献

1. 黒田善雄, 他: 代々木スイミングクラブ員の体力測定報告 日本体育協会 1967
2. 黒田善雄, 他: 代々木スイミングクラブ員の体力測定報告, 第2報, 体力測定評価基準の作成 日本体育協会 1969
3. 岡芳包, 他: 水泳における心拍周期の微細動揺経過について, 第16回日本体力医学会, 1963
4. 阿久津邦男: 水泳のエネルギー代謝に関する研究, 体力科学, 13, 173-179, 1964
5. 宮下充正 水泳の科学 杏林書院 1970
6. Reindel, H. et al: インターバル, トレーニング, オリンピア 11 11-23, 1962
7. Andersen, K. L: Energy cost of swimming. Act. chi. Scandinavica Suppl, 253 169-174, 1960
8. 宮下充正 他: 日本人水泳選手の最大酸素摂取量 体育学研究 16 (5) 253-257 1972
9. WHO: Optimum physical performance Capacity in adults. Wld. Hlth Org. Techn. Rep. Ser. No. 436, 1969.

