

児童のプールでの自由遊び、水泳練習及びテストにおける運動強度の比較

黒川隆志・崔 泰羲
(1990年9月11日受理)

A Comparison of exercise intensities during play activities, practice and time trial in swimming pool for boys and girls

Takashi Kurokawa and TaeHee Choi

The purpose of this study was to compare the exercise intensity during play activities, practice and time trial in swimming pool for boys and girls aged 9 to 10 years. After analyzing the heart rate and swimming velocity during those activities, we obtained the following results.

- ① Swimming velocities during practice (0.50m/sec) and time trial (0.49m/sec) were approximately three times as much as that during play activities (0.17m/sec).
- ② Swimming velocities including rest during play activities (0.17m/sec) and practice (0.16m/sec) were approximately four times as much as that during time trial (0.04m/sec).
- ③ The distribution of the heart rate during practice and play activities included 28% and 27% between AerT and AnT, and 2% and 1% over AnT, respectively. This indicates that aerobic power may be prominently improved by practice and play activities.
- ④ The distribution of the heart rate during time trial included 18% between AerT and AnT, and 9% over AnT. This indicates that aerobic and anaerobic power may be improved by time trial.

1. 研究目的

水泳は水中(水面)を進む運動である。歩く、走るといった地上での移動運動とは異なり、水中では浮力の作用により体重を支える必要はない。しかし、水中では水の抵抗が大きく、それに抗して手足を使った移動運動を行わなければならない。

このように、水泳は全身を使った移動運動であることから、児童の健全な発育・発達を助長する教材として学校教育の中で取り上げられてきている。昭和52年の文部省小学校学習指導要領には5・6学年の水泳のねらいとして、「自己の能力に適した課題を持って、クロール、平泳ぎ及び逆泳ぎ込みの技能を養い、続けて長く泳げるようにする…」と示されている。このねらいの一つは水泳の基本技能を習得すること、もう一つは、体力(特に、持久力)を向上させるだけの運動刺激を確保することを意図していると考えられる。

ここで体力の向上というねらいに焦点を当てた場合には、実際の水泳の授業場面においてどの程度の運動強度や運動量が確保されているかを調べておく必要がある。これまで、水泳授業中の運動強度については合屋⁹⁾、高本¹⁰⁾及び上田¹¹⁾の報告があり、彼らはそれぞれ水泳技術練習中の平均心拍数は129.6拍/分、129.0拍/分、116.1拍/分であったと報告している。

しかし、これらはいずれも技術練習中の運動強度に関する報告である。水泳授業には技術練習以外にさまざまな授業形態のものが含まれる。その一つは自由遊びである。この場合には児童は教師の指導から離れ、大きな自由度を持って水泳を楽しむことになる。水泳授業のもう一つの典型的な授業形態はテストである。この場合には、児童は所定の距離を全力で泳ぐことを要求される。

このような水泳の自由遊びやテストにおいてどの程度の運動刺激が確保され、そして、その強度は技術練

習中のものと比較してどの程度であろうか。この点についてはこれまでの報告でほとんど明らかにされていないようである。そこで本研究では、プールでの自由遊び、水泳練習及びテストを含む水泳授業中の心拍数を測定し、それぞれの運動強度を比較検討することにより、運動強度からみたそれらの学習課題の特質を明らかにすることを研究目的とした。

II. 研究方法

1. 分析対象

競泳2種目の技術練習に加えて続けて長く泳げること、及び自分で考えて自由に楽しく遊べることを指導のねらいとするH大学「子供水泳教室」の水泳授業を分析対象とした。この教室は7月28日から8月1日の5日間、1日3時間の計画で実施され、分析されたのは5日目の水泳授業であった。

5日目には水泳練習、テスト及び自由遊びを実施した。水泳練習ではクロールと平泳における全身での泳ぎ(コンビ)、脚のみでの泳ぎ(キック)及び腕のみでの泳ぎ(プル)の基本技能を指導した。

テストではクロールコンビと平泳コンビのタイムトライアルを各25mの距離で実施した。

自由遊びではクラス全体にビート板を25枚と浮き輪を10個与えた後、コースロープを取り除いたプール内で自由に遊ぶように指示した。

2. 被検者

この教室の受講生は小学校4～6年の健康な児童50名であった。彼らは水泳能力に応じて五つの班に編成された。本研究の被検者として、初級程度の水泳能力を有する班(14名)の中から男子3名、女子3名を抽

表1 被検者の身体特性と水泳能力

氏名	性	年齢 (歳)	体重 (Kg)	身長 (Cm)	25mの記録(秒)	
					クロール	平泳
H.J	M	9	30.0	130	39	47
N.S	M	9	20.0	121	37	42
I.N	M	9	28.5	134	45	63
H.J	F	10	33.0	143	66	79
A.G	F	10	27.0	135	43	62
T.S	F	9	26.5	130	49	56
\bar{x}		9.0	27.5	132.0	46.5	58.2
SD		0.5	3.98	6.6	9.6	12.0

出した。この班は25m屋外プールの一つのコースを使って練習し、1名の指導者がこの班の指導に当たった。被検者の性、年齢、身長、体重及び水泳能力を表1に示した。

3. 測定項目と測定方法

水泳授業中の指導内容、泳いだ距離・時間・速度を求めため、授業の全過程をVTRで撮影した。

VTRの再生画面上から泳距離を求めため、較正基準として、プールサイドの水深に横2m、縦5mの間隔でビート板を置き、被検者の動きとともにこれらを撮影した。各被検者には色違いの水泳帽子を被せ、個々人の動きが弁別できるようにした。水泳練習中とテスト中は、使用したコース全体を1台のVTRカメラで撮影した。そして、再生画面を見ながら、プールサイド上のビート板を目安に各被検者の泳距離を目測した。自由遊びの場合は、2台のVTRカメラを用いてプール全体を撮影した。そして、再生画面を見なが

表2 水泳授業の内容

NO	水泳練習の種類	泳距離 (m/1回)	回数	合計 (m)	所要時間(A) (秒/1回)	休憩時間(B) (秒/1回)	A:B
1	けのびとキック	6	10	60	11.2±1.4	18.7±15.4	1:1.7
2	補助クロールコンビ	6	20	120	11.7±1.9	14.6±15.1	1:1.2
3	クロールコンビ	6	16	96	10.2±1.2	18.3±10.8	1:1.8
4	クロールコンビとプル	6	8	48	12.6±3.5	19.3±8.5	1:1.5
5	クロールコンビ	25	1	25	40.7±7.4	382.2±7.4	1:9.4
6	平泳キック	6	4	24	12.8±0.8	17.0±6.4	1:1.3
7	平泳コンビ	6	8	48	12.8±0.8	20.8±3.5	1:1.6
8	平泳コンビ	25	1	25	63.5±23.8	629.5±23.8	1:9.9
	水泳練習(総計)			446			
9	テスト	25	2	50	52.4±5.9	570.2±13.6	1:10.9
10	自由遊び			283±32.2	1696.0±0.0		

(注) 表中の値は全被検者の全試行の平均±標準偏差である。

ら、プールを1/100に縮小した方眼紙上に各被検者の移動過程をトレースし、これに自在曲線定規を当てて泳距離を計測した。

時刻はVTRカメラに内蔵のものを再生画面上に表示させ、個々の指導内容に要した時間を秒単位で被検者毎に求めた。そして、先に求めた泳距離を時間で除すことにより、速度を算出した。

水泳授業中の運動強度を心拍数から求めるために、Vine社製Portable Heart Rate Memoryを被検者に装着させ、10秒毎の心電信号(R波)を胸部双極誘導法で導出した。

III. 結果

1. 水泳授業の構成

1) 水泳授業の内容

水泳授業の内容を表2に示した。水泳練習を泳法別にみると、補助クロールコンビ、クロールコンビ、クロールコンビとブルなどが含まれるクロール系統の練習、平泳キックと平泳コンビなどが含まれる平泳系統の練習であった。これを練習の質からみると、6mを繰り返すインターバル形式の技術練習が主であり、所要時間と休憩時間の比は1:1.2~1.8であった。しかし、⑤クロールコンビと⑧平泳コンビは25mのレペティショントレーニングであり、所要時間と休憩時間の比は1:10前後であった。水泳練習の総泳距離は446mであった。

テストでは25mを2回実施したが、所要時間と休憩時間の比が1:10.9で示されたように、トレーニングの観点からみるとレペティショントレーニングに属するものであった。自由遊びにおける被検者6名の平均泳距離は283mであったが、トレーニングの観点からみると、休憩をほとんど含まない持久運動であった。

2) 水泳授業の時間配分

授業全体に占める各指導内容の時間割合を図1-Aに示した。これらのうち、水泳練習の時間は51分であった。その内容を図1-Bでみると、水慣れに属する①腰かけキック、②ジャンプ呼吸及び④けのびとキックで16.4%を占めていた。⑥補助クロールコンビから⑩クロールコンビまでのクロール系統の練習は全体の44.4%であった。さらに⑫平泳腰かけキックから⑬平泳コンビにかけての平泳系統の練習が39.3%を占めていた。

図1-Cはテスト中の時間割合を示したものである。実際に泳いだ時間はクロールと平泳を合わせて8.6%にすぎなかった。

図1-Dは、被検者H・Jの自由遊びの内容を示し

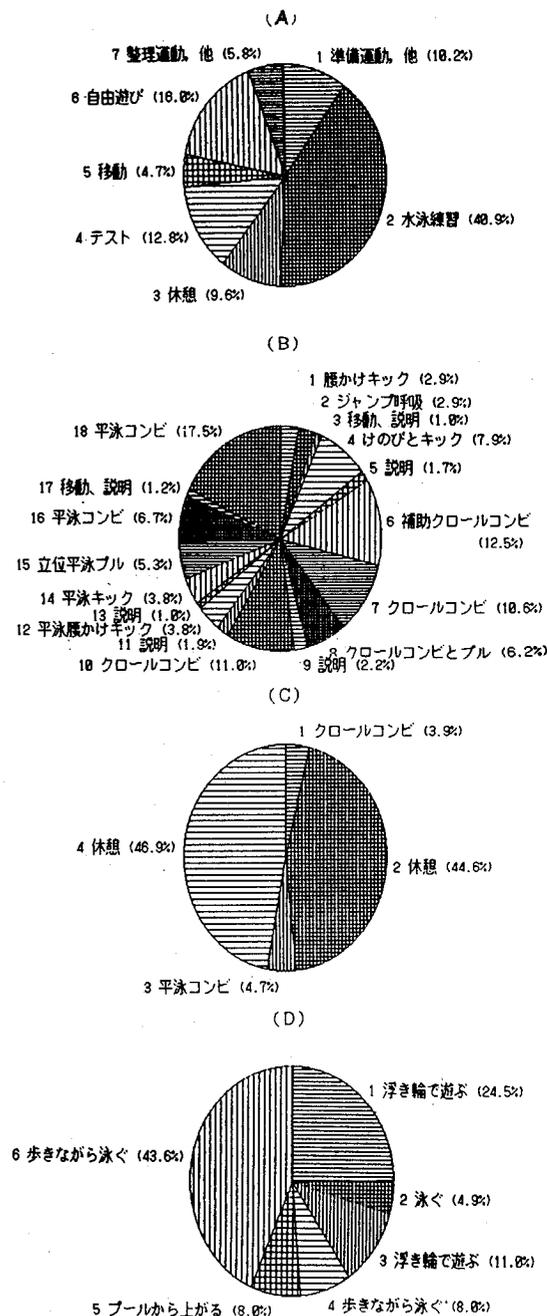


図1 水泳授業における指導内容の時間配分 (A): 水泳授業全体 (170分), (B): 水泳練習 (51分), (C): テスト (21分), (D): 被検者H・Jの自由遊び (28分)

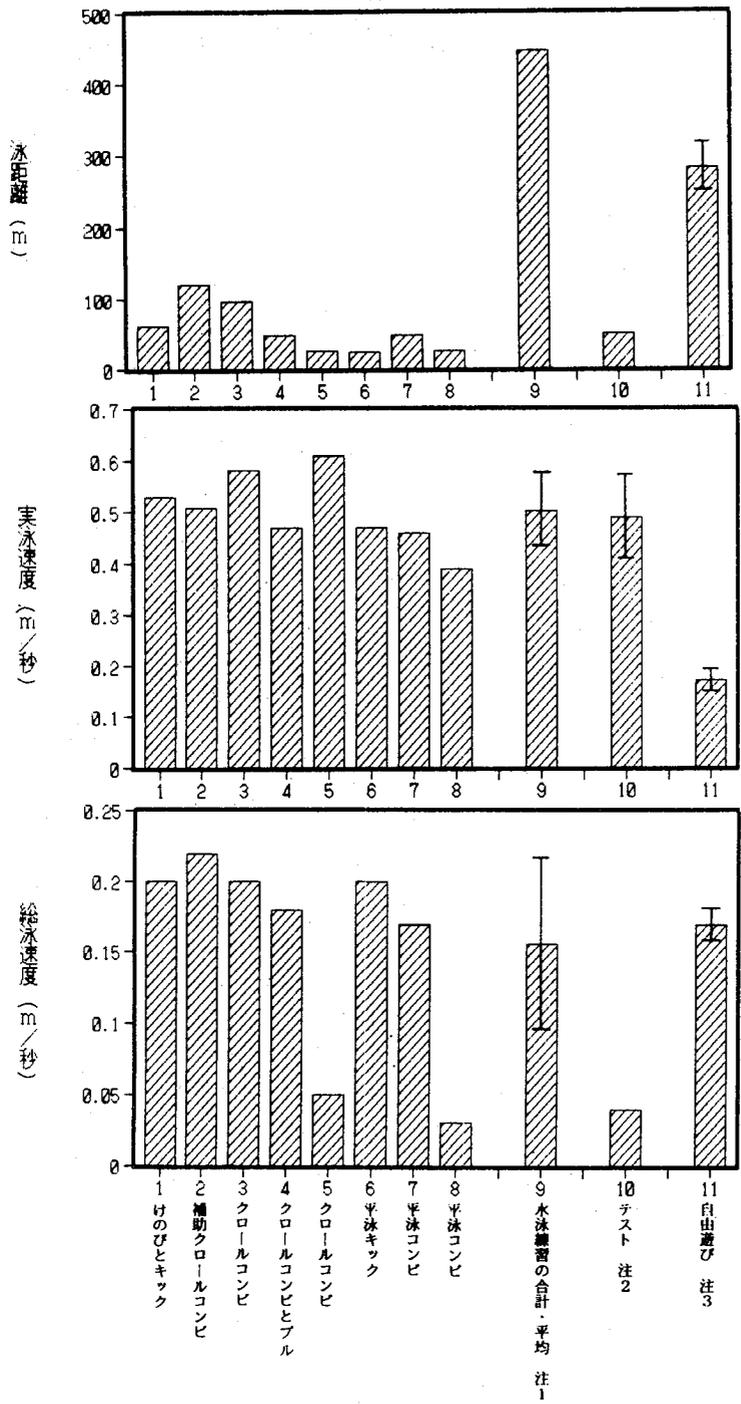


図2 水泳練習、テスト及び自由遊びにおける泳距離（上段）、実泳速度（中段）及び総泳速度（下段）
 注1、2）泳距離は合計値を示し、実泳速度及び総泳速度は平均値を示す。
 注3）被検者6名の平均値である。

たものである。他の被検者においても、時間割合は若干異なるものの遊びの内容についてはこれと類似していた。

2. 水泳授業の物理的運動強度

水泳練習、テスト及び自由遊びにおける泳距離を図2上段に示した。泳法別の距離はクロール系統の練習で349m、平泳系統の練習で97mであり、これらを合計すると446mとなった。テストではクロールコンビ25m、平泳コンビ25mで合計50mであった。自由遊びにおける被検者6名の平均泳距離は283±32.2mであった。

先に示したように、これらの練習に要した時間は異なるので、この差を除去するために、実際に泳いでいる時の泳速（以下、実泳速度と略す）で示したのが図2中段である。最も速い泳速を示した⑤クロールコンビ(0.61m/秒)、最も遅い⑧平泳コンビ(0.39m/秒)を含めて、水泳練習中の平均実泳速度は0.50±0.07m/秒であった。この泳速は⑩テストの平均実泳速度0.49±0.08m/秒とほぼ等しいものであったが、⑪自由遊びの平均実泳速度0.17±0.02m/秒の約3倍に相当した。

次に、個々の練習の間の短い休憩を含めた泳速（以下、総泳速度と略す）を示したのが図2下段である。最も速い泳速を示した②補助クロールコンビ(0.22m/秒)、最も遅い⑧平泳コンビ(0.03m/秒)を含めて、水泳練習中の平均総泳速度は0.16±0.07m/秒であった。これは、自由遊び中の平均総泳速度0.17±0.02m/秒とほぼ等しかった。テストでは順番を待たための休憩時間が長かったために、総泳速度は0.04m/秒にすぎなかった。

3. 水泳授業の生理的運動強度

図3は授業過程における被検者6名の平均心拍数（最高値、平均値、最小値）の変化を示したものである。平均値のみみると、導入段階の②集合・挨拶、③準備運動、④シャワーでは114.7～119.8拍/分であり、この値はWarming-up段階の⑤腰掛けキック、⑥ジャンプ呼吸及び⑧行き：けのび、帰り：キックの104.5～118.0拍/分と較べて大差ない値であった。クロールの練習に入って心拍数は徐々に増大し、⑪クロールコンビでは平均値は136.8拍/分に達した。この後のクロールの練習では心拍数は低下傾向を示したが、25mを

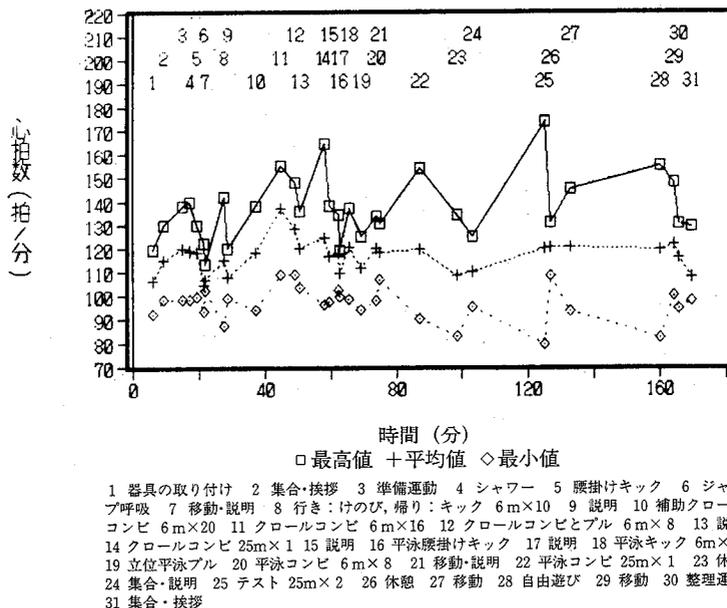


図3 全授業中の心拍数の変化

注) 最高値、平均値、最小値はそれぞれ各被検者の各項目中の最高値、平均値、最小値を被検者6名について平均したものである。

泳いだ⑭クロールコンビでは平均値は124.2拍/分であったものの、最高値は164.4拍/分に達し、心拍数の大きな振幅が認められた。⑯平泳腰掛けキックから⑳平泳コンビにかけての平泳系統の練習では心拍数に大きな変動はなく、平均値でみて111.3~120.5拍/分であった。しかし、25mを泳いだ㉑平泳コンビでは心拍数に大きな変動が認められ、最高値は154.0拍/分に達した。この後、㉒テスト前の長い休憩では心拍数の平均値は108.1拍/分まで低下した。しかし、25mを2回泳いだ㉓テストでは平均値は119.9拍/分であったものの、最高値は174.0拍/分に達し、心拍数の大きな変動が認められた。㉔自由遊びでは平均値は119.5拍/分であり、その後の㉕移動、㉖整理運動の平均値116.2~121.7拍/分と比較して大きな差は見られなかった。

図4は水泳練習、テスト、自由遊び及び休憩における被検者6名の心拍数の平均値、最高値、最小値を比較したものである。平均値でみると、テスト(119.9±5.93拍/分)、水泳練習(119.7±6.66)、自由遊び(119.5±9.27拍/分)の値はほぼ等しかったが、休憩(108.1±12.01拍/分)はこれらの値により約12拍/分低かった。最高値では、テスト(174.0±11.38)、水泳練習(164.0±9.6拍/分)、自由遊び(155.0±10.6拍/分)、休憩(134.4±19.2拍/分)の順に高かった。そして、テストは自由遊びと休憩より有意(P<0.01~0.05)に高く、水泳練習は休憩より有意(P<0.05)に高か

った。最小値については、休憩(82.8±11.6拍/分)、自由遊び(82.3±10.9拍/分)、テスト(79.2±8.82拍/分)、水泳練習(75.0±9.0拍/分)の間に有意な差は認められなかった。

図5は水泳練習、テスト、自由遊び及び休憩における心拍数の度数分布を示したものである。縦軸の度数は最高の度数を100%として、それに対する%で示されている。図中の2本の縦線は、SkinnerとMcIellan⁹⁾の仮説モデルによる有酸素性作業閾値:AerT(130拍/分:45.3% HRmax)、無酸素性作業閾値:AerT(160拍/分:68.2% HRmax)に相当する心拍数を示したものである。水泳練習と自由遊びはほぼ等しい型の正規分布を示し、休憩の分布曲線より右方に偏位した。テストにおいては、150拍/分~190拍/分の間に第2のピークが認められた。

表3は、各学習課程の心拍数の度数をAerT以下、AerT以上でAnT以下、及びAnT以上の3段階に区分して示したものである。水泳練習と自由遊びは類向した傾向を示し、AerTからAnT間にそれぞれ全心拍数の28%と27%、AnT以上にそれぞれ全心拍数の2%と1%の心拍数が含まれた。テストではAerTからAnT間に全心拍数の18%、AnT以上に全心拍数の9%が含まれた。休憩ではAerT以下に全心拍数の88%、AerTからAnTの間に全心拍数の12%が含まれた。

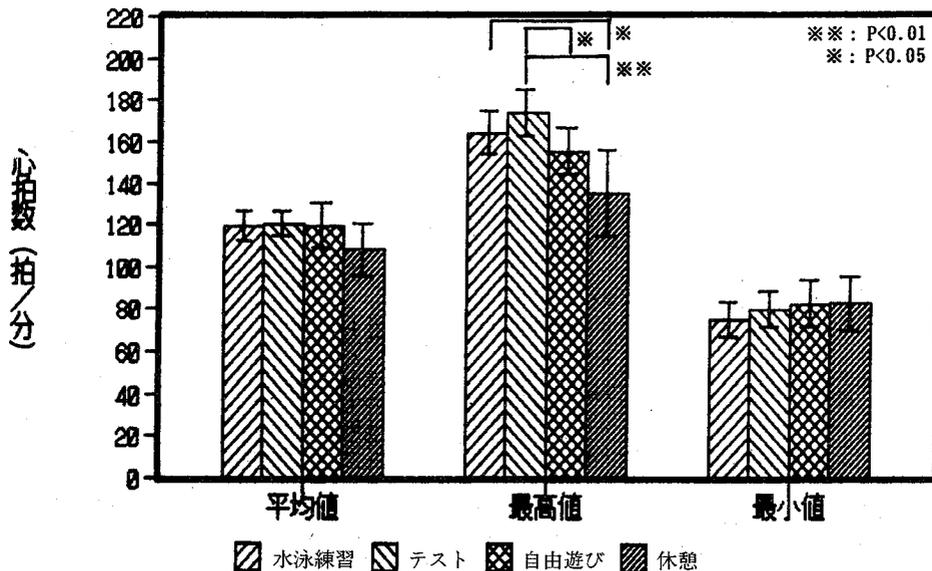


図4 水泳練習、テスト、自由遊び及び休憩における心拍数の比較

注) 最高値、平均値、最小値はそれぞれ各被検者の各項目中の最高値、平均値、最小値を被検者6名について平均したものである。

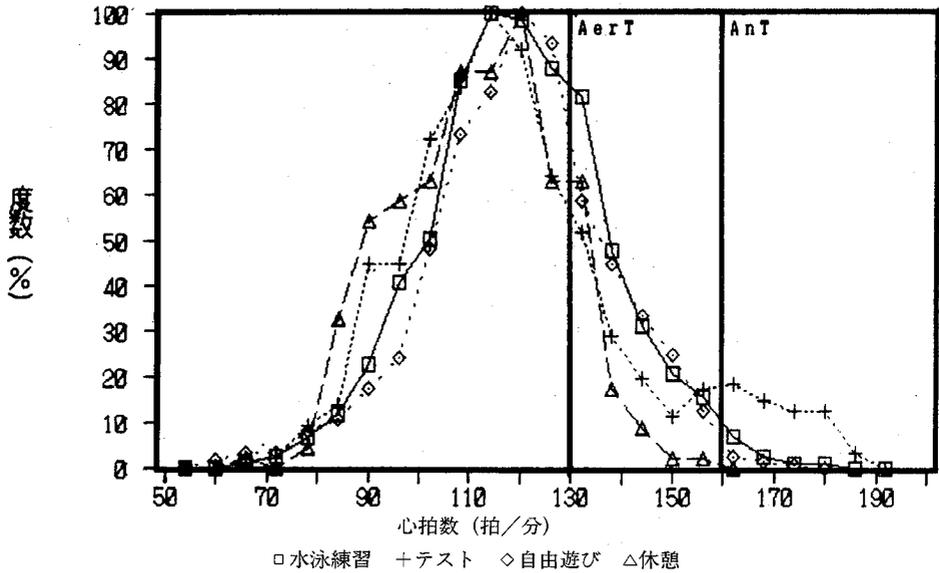


図5 水泳練習, テスト, 自由遊び及び休憩における心拍数の度数分布

表3 水泳練習, テスト, 自由遊び及び休憩における心拍数の度数

被検者	水泳練習			テスト			自由遊び			休憩		
	<AerT	AerT≤ <AnT	AnT≤									
H-J	53	42	5	72	11	17	90	10	0	100	0	0
T-S	92	8	0	84	16	0	92	8	0	67	33	0
H-J	58	40	2	65	33	2	68	32	0	90	10	0
N-S	77	21	2	-	-	-	49	47	4	-	-	-
A-G	62	37	2	80	10	10	70	30	0	100	0	0
I-N	79	21	0	66	21	13	66	34	0	81	19	0
X	70	28	2	73	18	9	72	27	1	88	12	0
SD	13.6	12.4	1.7	7.5	8.4	6.5	14.8	13.7	1.5	12.5	12.5	0.0

注) 数値は、各領域に含まれる心拍数の度数を%で示したものである。

<AerT: 130拍/分以下, AerT≤<AnT: 130拍/分以上で160拍/分以下, AnT≤: 160拍/分以上

IV. 考 察

1. 物理的運動強度について

本研究の水泳練習中の総泳速度と実泳速度は、技能レベルと年齢が本研究の被検者とほぼ同一の上田¹¹⁾による水泳授業中の総泳速度 (0.12m/秒) と実泳速度 (0.50m/秒) とほぼ等しかった。また、合屋³⁾による大学一般体育実技における泳法矯正を中心とした水泳練習中の総泳速度 (0.15m/秒) や時間泳 (0.52m/

秒) とほぼ等しかったことから、本研究の水泳授業は技術練習を中心としたものとしてほぼ妥当な物理的運動量を確保したものと考えられる。

本研究のテストでは25mを全力で泳がせたにもかかわらず、この実泳速度は水泳練習の実泳速度とほぼ等しかった。これは、水泳練習では6mという短い距離の繰り返しであったことによると考えられる。一方、自由遊びでは水泳練習やテストの約30%の実泳速度にすぎなかった。これは、自由遊びでは長い距離をほと

んど休憩なしに泳いだり歩いたりしたことによると考えられる。これらのことから、実泳速度には1回に泳ぐ距離が強く影響するといえよう。

総泳速度でみると、テストの値は水泳練習の値の約25%にすぎなかった。これは、テストでは2回のタイムトライアルの間に長い休憩がはさまれたことによると考えられる。一方、自由遊びの総泳速度は水泳練習のそれより若干速かった。これは、自由遊びでは児童が完全な休憩なしに活動したのに比べて、水泳練習では児童が自分の順番を待ったり、練習方法の説明のための短い休憩が数多く含まれたことによると考えられる。これらのことから、総泳速度は休憩に強く影響されるといえよう。

2. 生理的運動強度について

生体負担度を調べるために求めた本研究の平均心拍数はテスト、水泳練習及び自由遊びのいずれにおいても120拍/分であり、この値は休憩の値より約12拍/分高いにすぎなかった。しかし、本研究とほぼ同一水泳能力の小学生を対象にした上田¹³⁾の初級者でも110~121拍/分、小学3、4年生の水泳技術練習中の高本¹⁰⁾の報告でも129拍/分であり、本研究の平均心拍数が特に低いわけではない。

ここで本研究の心拍数を最高心拍数に対する%で示すためにDrinkwaterとHorvath²⁾の方程式 ($Y = -0.78 \times \text{年齢} + 209$) を使って、本研究の被検者と同一年齢の最高心拍数を求めた。さらにKarvonenら⁹⁾の方程式 $\{(\text{HRex} - \text{HRrest}) / (\text{HRmax} - \text{HRrest})\} \times 100$ を使って、本研究の被検者の水泳授業中の心拍数を%HRmaxで表した。その結果、水泳練習では37.8%HRmax、テストでは36.8%HRmax、自由遊びでは37.3%HRmax、休憩では27.2%HRmaxとなった。

さらに、水泳中の心拍数は陸上運動中の心拍数に比較して15拍/分低いとする黒川ら⁹⁾の報告を考慮すると、水泳練習では49.3%HRmax、テストでは48.4%HRmax、自由遊びでは48.8%HRmax、休憩では38.8%HRmaxとなった。

児童の有酸素能力は次のような報告でその改善が認められている。75%HRmax (170拍/分) 以上の強度で12分間 (週3回、6週間) の自転車駆動のトレーニング (Denis R. Massicotte⁷⁾)、88% $\dot{V}O_2\text{max}$ での5分走 (週3回) のトレーニング (加賀谷ら⁴⁾)、60% $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上のトレーニング (宮下ら⁸⁾) である。一方、青木¹⁾は70% $\dot{V}O_2\text{max}$ での30分間の自転車駆動のトレーニング (週3回、4週間) を行った結果、 $\dot{V}O_2\text{max}$ には改善が認められなかったが、最大運動時間が有意に延長したり、PWC₁₅₀の値に有意な向上が認められたと報告し

ている。

これらの報告に照らしてみると、本研究の水泳練習中の平均心拍数は、有酸素能力の改善を期待するには低いようである。しかし、これは平均心拍数でみた場合であり、結果で示したように水泳練習中の心拍数は大きく変動している。したがって、心拍数の分布で運動強度を検討してみることも重要である。

結果に示したように、水泳練習と自由遊びではAerTからAnT間にそれぞれ全心拍数の28%と27%、AnT以上に全心拍数の2%と1%の心拍数が含まれていた。SkinnerとMclellan⁹⁾の仮説モデルによれば、AerTからAnTにかけての運動強度ではSO筋繊維に加えてFOG筋繊維が動員され、AnT以上の運動強度ではこれらに加えてFG筋繊維が動員されることが示されている。このことは、AerTからAnTにかけては有酸素能力の改善が、AnT以上では無酸素能力の改善が期待できることを示唆するものである。このことから、本研究の水泳練習と自由遊びには有酸素能力の改善が期待できる運動強度が多く含まれたものと考えられる。

テストではAerTからAnT間に全心拍数の18%、AnT以上に全心拍数の9%の心拍数が含まれ、有酸素能力と無酸素能力の改善が期待できる運動強度が含まれていることが示唆された。

休憩ではAerTからAnT間に全心拍数の12%の心拍数が含まれていたが、これは休憩前の運動の影響が残存したものと考えられた。

V. 要 約

さまざまな水泳の授業形態の中で自由遊び、水泳練習、テスト及び休憩が含まれている小学生の水泳授業を対象にして、物理的運動強度としての泳速及び生理的運動強度としての心拍数を分析した結果、次の結論を得た。

① 水泳練習 (0.50m/秒) とテスト (0.49m/秒) の泳速は自由遊び (0.17m/秒) の約3倍に相当した。

② 休憩を含む泳速では、自由遊び (0.17m/秒) と水泳練習 (0.16m/秒) とでほぼ等しかった。しかし、テストでは、休憩時間が長かったため遅い泳速 (0.04m/秒) が示された。

③ 水泳練習と自由遊びではAerTからAnT間にそれぞれ全心拍数の28%と27%、AnT以上に2%と1%の心拍数が含まれ、主として有酸素能力の改善が期待できた。

④ テストではAerTからAnT間に全心拍数の18%、AnT以上に9%の心拍数が含まれ、有酸素能力

の改善も期待できた。

〈参考文献〉

- 1) 青木純一郎 (1989)「子供のスタミナトレーニング」J. J. SPORTS Sci., 8, 414-418.
- 2) Drinkwater, B.L. and Horvath, S.M., (1979) Heat tolerance and aging. Med.Sci.Sports, 11, 49-55.
- 3) 合屋十四秋 (1986)「水泳授業時の心拍数変動と時間泳による運動処方検討」デサントスポーツ科学, 7, 203-213.
- 4) 加賀谷照彦, 井上伸治, 宇賀泳 (1975)「走行スピードによる強度選定法を用いた小学生の持久走トレーニングの効果」体育科学, 3, 131-138.
- 5) Karvonen, J. and Vuorimas. T.,(1980) Heart Rate and Exercise Intensity During Sports Activities. Sports Medicine, 5, 303-312.
- 6) 黒川隆志, 野村武男, 富樫泰一, 池上晴夫 (1984)「水泳, ランニング及びベダリングにおける水泳選手の呼吸循環系の反応」体力科学, 33, 157-170.
- 7) Massicotte, D.R. and Macnab, R.B., (1974) Cardiorespiratory adaptation to training at specified intensities in children, Med.Sci. Sports, 6, 242-246.
- 8) 宮下充正, 跡見順子, 岩岡研典 (1983)「心拍数からみた9-10歳男子の日常生活身体活動水準と $\dot{V}O_2\max$, LTとの関係」体育科学, 11, 31-39.
- 9) Skinner, J.S. and Mcllellan, T.H., (1980) The transition from aerobic to anaerobic metabolism. Research Quarterly for Exercise and Sport, 51, 234-248.
- 10) 高本美和子 (1987)「学校体育における水泳」日本水泳連盟科学技術委員会編, 水泳医学百科, 南江堂, 10-14.
- 11) 上田毅 (1988)「有酸素能力の改善を目指した水泳授業の実験的研究—心拍数と主観的運動強度を用いた水泳授業の運動強度の分析—」広島大学大学院教育学研究科修士論文。