

競泳4泳法の連続泳による心拍数と 運動強度のモニタリング調査研究

Investigation of Heart Rate and Exercise Intensity Monitoring into the Consecutive Swimming of 4 Modern Styles

本 山 司 本 山 貢
Tsukasa MOTOYAMA Mitsugi MOTOYAMA
(東亜大学人間科学部) (和歌山大学教育学部)

寺 井 弾 矢 野 勝
Dan TERAJ Suguru YANO
(和歌山大学教育学部) (和歌山大学教育学部)

2017年7月26日受理

要旨

長時間泳ぎ続けることの技術の習得には、水泳中の心拍数から重要な情報を得ることができる。本研究では、競泳4泳法とドル平泳法の5種目を連続で泳いだ時の心拍数を計測し、泳力差による心拍数と運動強度の変化を調査した。その結果、泳力の到達度の高いものほど運動強度をコントロールして低強度で泳ぐことができ、種目が変わっても心拍数の変動が小さかった。また運動強度と泳力評価点との間に負の相関関係($P<0.05$)がみられ、泳力不足によって運動強度をコントロールできなくなっていることがわかった。以上のことから水泳中の心拍数や運動強度を認知することで泳力評価や長時間泳ぎ続けることの技術習得の確認ができることが示唆された。

キーワード：心拍数、運動強度、水泳

I. はじめに

我が国の学校教育は、教育基本法や学校教育法に基づき児童・生徒の知識や技能の習得と思考力、判断力、表現力などバランスを重視した教育を行っている。こうしたなか近年、子供たちを取り巻く環境の変化により、学校教育の現場では課題が複雑化・困難化している現状を踏まえ、平成26年11月、新たな学習指導要領の在り方について中央教育審議会でも諮問され、平成28年11月に答申した。平成29年3月には学校教育法が改正されるとともに小学校・中学校学習指導要領等の改訂が公示され、周知徹底と移行期間を経て、小学校は平成32年度、中学校は平成33年度から全面実施となる。特に知・徳・体にわたる「生きる力」を育むために授業の創意工夫と授業改善が必要として、①知識及び技能、②思考力、判断力、表現力等、③学びに向かう力、人間性等の三つの質の向上が中軸に位置付けられている。また小・中学校学習指導要領等の改訂の基本的な考え方のなかに、体育・健康に関する指導の充実により、豊かな心や健やかな体を育成することが強調され、小学校の体育科、中学校の保健体育の分野の重要性とその充実が希求されている^{1,2)}。

小学校・中学校・高等学校で取り扱う学習指導要領

で示されている「水泳」について、小学校では、低学年の「水の中を移動する運動遊び、もぐる・浮く運動遊び」、中学年の「浮いて進む運動、もぐる・浮く運動」、高学年の「クロール、平泳ぎ、安全確保につながる運動」と段階的に幅広い水泳に関する動きを学習する。中学校では、クロール、平泳ぎ、背泳ぎ、バタフライの4泳法を身に付け、効率よく泳ぐことができるようにすることが求められる。技能においてクロールでは、記録の向上や競争の楽しさを味わい速く泳ぐこと、平泳ぎでは長く泳ぐこと、背泳ぎとバタフライではバランスをとりリラックスして泳ぐことが学習のねらいになっている。高等学校では、「自己に適した泳法を身に付けて、効率を高めて泳ぐ」ことができ、4泳法すべてにおいて速く、そして長く泳ぐこと、その上に複数の泳法で長く泳ぎ続けることが学習のねらいとなっている³⁾。

小学校、中学校、高等学校の教員免許を取得するためには、小学校から高等学校までの各学年に応じて、水泳の授業を担うための実践的指導力と自分自身の泳力向上が必要となる。特に長く泳ぐことの学習経験として、4泳法のプル、キック、呼吸のタイミングやリラックスして伸びのある泳ぎで長く泳ぐことの技能が

求められる。その習熟のためには、運動強度の違いによる身体的変化への深い理解力と実践力が欠かせない。

競泳スポーツや健康・水中運動を指導する現場において、年齢、性別、運動種目、技術的レベル、体力などの情報を考慮して、個別にトレーニングプログラムが作成されている。またトレーニングプログラムは、個人の目的や到達目標に応じて設定され、運動強度や運動頻度、運動時間の3要素の組み合わせによって個別指導が行われている。運動強度について競泳スポーツを指導する現場では、過剰な負荷でトレーニングが実施されていないか、負荷強度が低くなりすぎてトレーニング効率が低くなっていないかなど適正な運動強度で実施されているかが重要視されている。また健康・水中運動の現場では、健常者のみならず内科的疾患や整形外科的疾患を有する者への運動指導において、トレーニングの効率性のみならず安全管理を考慮した指導を行い、特に運動強度の管理指導が徹底されている⁴⁾。

運動強度には、物理的強度、生理的強度、心理的強度がある。物理的強度は、筋活動によって身体が発揮する力(N)やパワー(watt)で評価できる。また生理的強度には、最大酸素摂取量(VO_2max)や心拍数(HR)、乳酸値などが指標となる。心理的強度には主観的運動強度(RPE)であるボルグ指数が評価によく用いられる⁵⁾。これらの多くは客観的指標として捉えることができるため有用性が高い。しかしながら運動強度を指標とする場合の多くは、特殊で高価な機器が必要となる場合や特定の施設でないとい計測できない指標が多い。一方、生理的強度の中で最も簡易で頻繁に活用されているのが1分間当たりの心拍数である。心拍数は特殊な機器を装着することで把握する場合もあるが、安価な機器や自分で触診によっても簡易に測ることができる。また長時間で動きが巧みに変化する運動でも、容易に計測することができる評価法の1つでもある。最近では水中運動中の身体的負担度を安価な心拍計を用いることで把握することが可能となっている。

水中運動の生理的特異性を理解することが必要である。陸上での運動に比べて水中運動の場合、体力や泳法技術力、水の抵抗、浮力、水圧、運動姿勢、活動筋量、水温と気温などの違いによって身体的負担度が大きく変化し、心拍数は変動しやすくなるという特徴がある。これまでの研究では、陸上運動と水中運動時の心拍数を同じ酸素摂取量で比較検討した場合、水中運動の方が陸上の運動時より心拍数が10~25拍/分程度低くなるという報告がある^{6,7)}。その要因は、仰向け姿勢やうつ伏せ姿勢のように水平状態になると水圧の影響で血液の静脈還流量が増加し、1回拍出量の増大によって心拍数の低下が生じること、さらに水泳時に息こらえが繰り返されることで肺への吸気量や胸内圧の低下、動脈内の二酸化炭素濃度の過剰によって心拍数が低下すると指摘されている^{8,9,10,11)}。また最大運動時

において陸上運動に比べて水中運動では、最大心拍数や最大酸素摂取量が5~15%低くなり、また鍛錬者では、未熟練者に比べて最大心拍数の低下を示したという報告がある^{8,9,10,11)}。しかし、一方では熟練者と非熟練者では有意な差はみられなかったという報告もあり一致していない^{12,13)}。

競泳は自由形(クロール)、バタフライ、背泳ぎ、平泳ぎの4種類の泳法がある。それぞれ筋活動の動員量や収縮様式が違うため、心拍数の変化に格差が生じる可能性がある。水中運動の場合、上肢のみ、下肢のみの運動に比べて上肢と下肢を同時に動かすことで心拍数が高くなり、筋活動の動員量が多くなるほど心拍数が上昇し、また各泳法で泳いだ時の最大心拍数を比較した報告によると、自由形と背泳ぎが最も高く、次にバタフライ、平泳ぎの順となり、活動筋量の違いとエネルギー需要量の違いで生じているという報告がある¹⁰⁾。さらに水泳中の心拍数は距離や時間が延びるほど上昇し、最大心拍数に近づくことが報告されている¹⁰⁾。これらのように水泳中の心拍数は、様々な要因によって大きく変動しやすくなる可能性がある。

競泳スポーツに取り組む鍛錬者の場合、インターバルトレーニングなどのトレーニング強度は最大酸素摂取量の80%~90%と高強度で行うことが多い¹⁴⁾。疲労度を評価する乳酸値は4ミリモルに到達し、主観的運動強度はBorgスケール⁵⁾で「17~18:かなりきつい」レベルで行う。一方、長時間の水泳運動では有酸素運動に相当する50%~70%強度の範囲内でトレーニングを実施し、主観的運動強度は「13~16; ややきつい~きつい」レベルで行われる。また泳ぐ時間が長くなればなるほど、心理的に余裕のある低強度での運動となり、乳酸の蓄積が生じにくい強度(1~2ミリモル)で運動することになる⁴⁾。長く泳ぐためには、乳酸が蓄積しないリラックスした状態で泳ぐことの理解が必要である。

競泳4泳法をできるだけリラックスして長く連続して泳ぐことを課題にした時の心拍数や運動強度はどのように変化するのか、泳力の習熟度の違いによってどのように変化するのか、大変興味深い。これまでに競泳4泳法を連続で泳ぎ、心拍数や運動強度の変化を検討した報告は著者らの知る限り見当たらない。こうした水泳中の心拍数や運動強度を認知することで泳力評価、さらには長時間泳ぎ続けることの技術の習得度を自己認識する上で重要な情報を得ることができ、さらに今後の児童・生徒の水泳指導に役立つ知識と技能を習得できるに違いない。

そこで本研究では、水泳が専門種目ではない大学生を対象にして競泳4泳法を連続で泳いだ時の心拍数を計測し、泳力差による心拍数と運動強度の変化を調査することを目的とした。

II. 研究方法

1. 対象

対象者は水泳の授業を受講した小・中・高等学校教員免許の取得を希望する大学生11名(男性7名、女性4名、平均年齢と標準偏差は18.8歳±0.6歳)である(表1)。対象者の専門運動種目は野球やバレーボール、バスケットボール、陸上競技などであり全員が水泳種目以外の専門であった。水泳の授業では、競泳4泳法と初心者の泳力向上を目的に開発されたドル平泳法(平泳ぎのプルとドルフィンキックを組み合わせた初心者泳法;以下:ドル平)を指導し、2カ月間にわたって技術力向上のために最低週1回のトレーニングを実施した。また自主的なトレーニングを積極的に行うように指導した。

2. 心拍数の計測種目、距離、運動強度

対象者にはトレーニング実施後、競泳4泳法(バタフライ、背泳ぎ、平泳ぎ、自由形:個人メドレー順)とドル平泳法を組み合わせた5種目をそれぞれ100mずつ泳いだ。ただし、ドル平泳法は、競泳4泳法の前後に100mをそれぞれ泳ぐこととして(1回目:ドル平(1)、2回目:ドル平(2)とした)、合計600mを連続で泳ぐことにした。泳ぐ順番は、ドル平(1)、バタフライ、背泳ぎ、平泳ぎ、自由形、ドル平(2)の順である。

対象者には、自分の泳力に合わせてリラックスして長時間連続で泳ぎ、タイムは意識しないようにして運動強度を最大酸素摂取量の50%から70%の範囲内になるようにして泳ぐことを指導した。また途中で止まったりすることの無いように注意を促した。

3. 心拍計の計測および運動強度の算出

心拍数の計測には、水中運動に対応できる防水性のPolar社製A300を用いた。胸部にストラップとコネクタを装着し、無線で腕時計式A300と交信できるように機器を手首に装着した。心拍数の解析はPolar社製解析システムを用い、1分毎に記録し解析した。運動強度は、カルボーネンの式を用いて算出した。

4. 泳力評価

対象者の最終的な泳力評価を5泳法それぞれ3段階で評価し(高レベル:3点、中レベル:2点、低レベル:1点)、合計点を算出して泳力の総合評価とした。泳力評価は自己評価と指導者評価を合わせて評価した。

5. 統計解析

基本統計量は平均±標準偏差(SD)で示した。心拍数と運動強度の比較には一要因分散分析を行い、有意差が認められた場合にはTukeyのHSD検定を実施した。すべての統計処理において危険率5%未満を有意とした。

III. 結果

対象者の600m泳いだ時のそれぞれの泳法タイムについて種目別と個人別の平均タイムを表1に示した。種目別の平均タイムでは自由形が最も速く、平泳ぎ、バタフライ、ドル平(2)、ドル平(1)、背泳ぎの順であった(図1)。個別の600m平均タイムは21分24秒となり、最も速かった18分04秒から最も遅かった27分46秒と9分42秒の差があった。

表1 600m連続泳による泳法別100mタイム (ドル平は競泳4泳法の前後100m)

NO	大学	性別	ドル平(1)	バタフライ	背泳	平泳ぎ	自由形	ドル平(2)	累計
A	バスケットボール	男	3:30	4:43	3:40	3:13	3:53	2:13	21:04
B	硬式野球	男	3:35	2:23	2:58	3:00	2:17	3:51	18:04
C	自転車	男	3:53	3:05	3:15	3:29	2:11	3:13	19:06
D	アメフト	男	4:00	2:49	3:22	2:29	3:10	4:15	20:05
E	硬式野球	男	3:47	2:37	3:42	3:14	2:50	3:18	19:28
F	バスケットボール	男	3:47	4:26	3:27	2:54	3:44	2:03	20:21
G	バレーボール	女	4:50	3:30	5:32	3:08	4:09	3:50	24:59
H	陸上競技	女	3:55	3:07	4:40	2:55	2:32	2:22	19:31
I	バスケットボール	女	3:56	3:28	4:02	4:36	2:57	4:09	23:08
J	硬式テニス	女	3:26	3:11	4:56	3:38	2:38	4:21	22:00
K	硬式野球	男	4:46	4:14	5:33	4:34	3:40	4:57	27:46
AV	平均		3:56	3:24	4:06	3:22	3:05	3:30	21:24

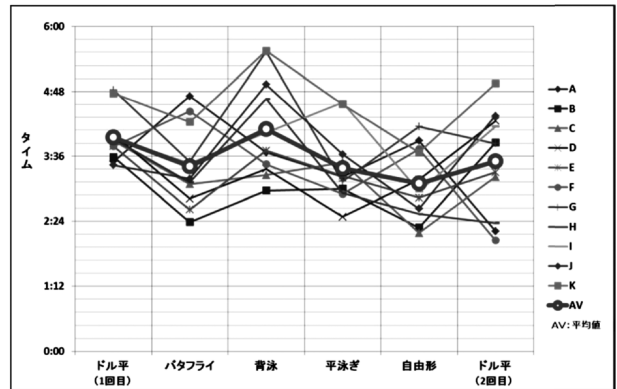


図1 600m連続泳による泳法別100mタイム (ドル平は競泳4泳法の前後100m)

対象者の600m泳いだ時のそれぞれの心拍数について種目別と個人別の平均心拍数を表2に示した。種目別の平均心拍数ではドル平(1)が128.9±12.1拍/分で最も低く、ドル平(2)、平泳ぎ、背泳ぎ、自由形、バタフライの順に高かった(図2)。ドル平(1)と比較してすべての泳法で有意に高くなっていった(いずれもP<0.01)。個別の600m平均心拍数は155.8±10.5拍/分となり、最も低かった137拍/分から最も高かった172拍/分と35拍/分の差があった。

表2 600m連続泳による泳法別100mの平均心拍数 (ドル平は競泳4泳法の前後100m)

NO	大学	性別	年齢	ドル平(1)	バタフライ	背泳	平泳ぎ	自由形	ドル平(2)	合計	泳力合計点
A	バスケットボール	男	18	113	151	149	140	147	123	137	12
B	硬式野球	男	20	113	159	166	153	165	150	151	14
C	自転車	男	19	127	157	165	154	163	152	153	10
D	アメフト	男	19	124	151	158	147	154	144	146	15
E	硬式野球	男	19	146	178	179	174	177	169	171	14
F	バスケットボール	男	19	152	173	180	172	178	173	172	8
G	バレーボール	女	19	129	182	174	164	173	166	165	9
H	陸上競技	女	18	130	171	153	158	164	159	161	12
I	バスケットボール	女	19	122	170	161	145	169	147	152	11
J	硬式テニス	女	18	127	166	147	153	164	132	148	12
K	硬式野球	男	19	135	164	164	163	160	160	158	7
AV	平均	男:7,女:4	18.8	128.9	167.0	163.8	157.7	166.1	153.2	155.8	11.3
	標準偏差(SD)		0.6	12.1	10.3	11.2	10.9	9.3	15.4	10.5	7.8

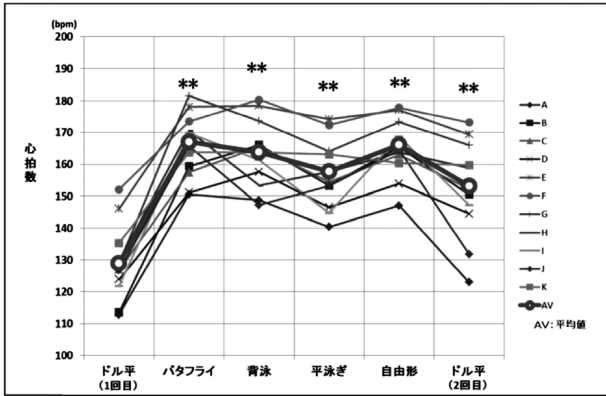


図2 600m連続泳による泳法別100mの平均心拍数
1回目のドル平と比較 **: P<0.01

対象者の600m泳いだ時のそれぞれの運動強度(%)について種目別と個人別の平均運動強度を表3に示した。種目別の平均運動強度ではドル平(1)が48.5±9.0%で最も低く、ドル平(2)、平泳ぎ、背泳ぎ、自由形、バタフライの順に高かった。ドル平(1)と比較してすべての泳法で有意に高くなっていった(いずれもP<0.01)。連続泳の平均運動強度は67.7±7.8%となり、最も低かった54.7%から最も高かった79.1%と24.4%の差があった。運動強度が50%から70%の範囲内で泳ぐことができた者は、ドル平(1)では11名全員、バタフライ4名(36.4%)、背泳ぎ4名(36.4%)、平泳ぎ7名(63.6%)、自由形2名(18.2%)、ドル平(2)7名(63.6%)であった。個別に全種目の平均運動強度では4名(36.4%)であった。

表3 600m連続泳による泳法別100mの平均運動強度(%)

NO	ドル平(1)	バタフライ	背泳	平泳ぎ	自由形	ドル平(2)	合計	泳力 合計点
	運動強度	運動強度	運動強度	運動強度	運動強度	運動強度		
A	37.5	64.2	62.9	57.0	61.7	44.6	54.7	12
B	35.6	69.4	74.3	64.9	73.8	62.9	63.5	14
C	47.5	69.1	74.7	67.0	73.1	65.4	66.1	10
D	43.7	63.6	68.3	60.3	65.6	58.7	60.0	15
E	61.5	84.4	84.6	81.6	83.7	78.1	79.0	14
F	65.3	80.5	85.4	79.7	83.6	80.3	79.1	8
G	50.0	86.6	81.0	74.3	80.8	75.6	74.7	9
H	49.8	78.5	66.4	69.5	73.8	70.3	71.7	12
I	43.4	77.7	71.7	59.8	76.9	61.6	65.2	11
J	46.6	74.6	61.3	65.7	73.7	50.2	62.0	12
K	51.7	72.5	72.6	72.1	70.1	69.6	68.1	7
AV	48.5	75.7	73.5	69.1	75.1	65.8	67.7	11.3
	9.0	7.7	8.1	8.0	6.9	11.2	7.8	7.8

■ : 70%運動強度以上を示す

泳力評価を行った結果を表2に示した。平均で11.3±7.8点となり、最低7点から最高15点となり、8点の差があった。運動強度(%)と泳力評価合計点との関係をもとめると、11名では相関関係は認められなかったが(r=0.363)、泳力評価が14点で運動強度が高いレベルで運動していたEを除いて検討してみると(Eは少しくつくなったので早く終わりたいと時間を意識して泳いでしまったと述べたため)、負の相関関係が認められ、泳力の低い者ほど運動強度が高くなっていった(r=0.645; P<0.05)(図3)。

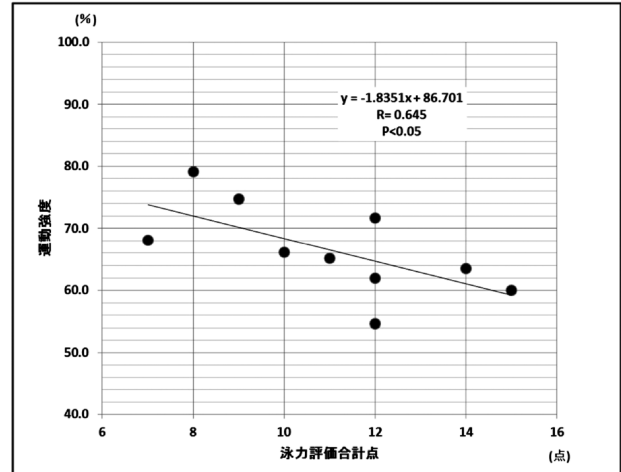


図3 運動強度と泳力評価合計点との関係

図4にはA,B,C,Dの4名の泳者について心拍数の変化と泳力評価点を個別に示した。A,Dは種目によって心拍数の上下がみられたが、ほぼ160拍/分以下で安定し、50~70%運動強度の範囲内で泳いでいた。B,Cの2名は背泳ぎと自由形で心拍数が一時的に最高165~170拍/分を超え、70%運動強度を超えていた。しかし4名全員が種目全体の平均で50%から70%の範囲内で泳いでいた。泳力評価点は種目別にみても、2~3点であり、合計点は10~15点の範囲の者であった。

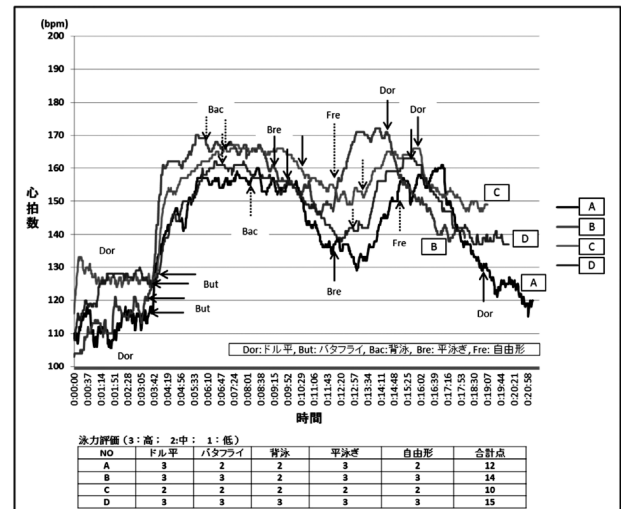


図4 A,B,C,D泳者の心拍数の変化(600m連続泳)

図5にはE,F,Gの3名の泳者について心拍数の変化と泳力評価点を個別に示した。3名ともドル平(1)以外のすべての種目で心拍数が常に170拍/分を上回り、70%運動強度以上で泳いでいた。またEは泳力評価が14点と高かったが常に高強度であった。F,Gの2名は泳力評価点が低いことで70%運動強度以上となり、特にGは苦手な種目の時に急激に心拍数が上がり、運動強度が上昇していた。FとGの種目別評価点では、ほとんどが1~2点であった。

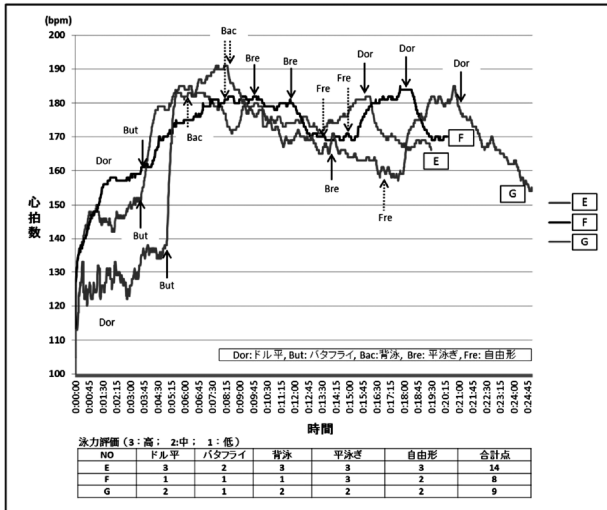


図5 E, F, G泳者の心拍数の変化(600m連続泳)

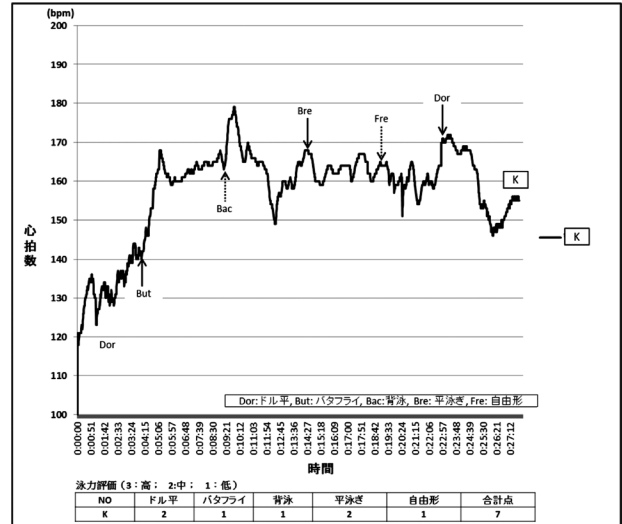


図7 K泳者の心拍数の変化(600m連続泳)

図6にはH, I, Jの女性3名の泳者について心拍数の変化と泳力評価点を個別に示した。3名ともドル平(1)から不得意なバタフライになると急激に心拍数が170拍/分以上、70%運動強度以上となり、背泳ぎと平泳ぎでやや70%運動強度を下回っていたが、自由形で再度上昇するなど、心拍数と運動強度が大きく変動する変化を示していた。種目別評価点では3名全員がバタフライ1点であり、前半に不得意な種目があった者の特徴的な変化を示していた。

図8には泳力評価が8点のF泳者について、2週間のトレーニングを再度行い、その後に運動強度を抑えて泳ぐことを再意識して泳いでもらった。その結果、泳ぐ時間は長くなっていたものの、1回目に比べて平均心拍数が172拍/分から159拍/分へと13拍/分の低下、運動強度では79.1%から69.3%へと9.8%低くなっていた。泳力評価についてドル平、バタフライ、背泳ぎの得点はそれぞれ2点に上がり、合計11点となっていた。

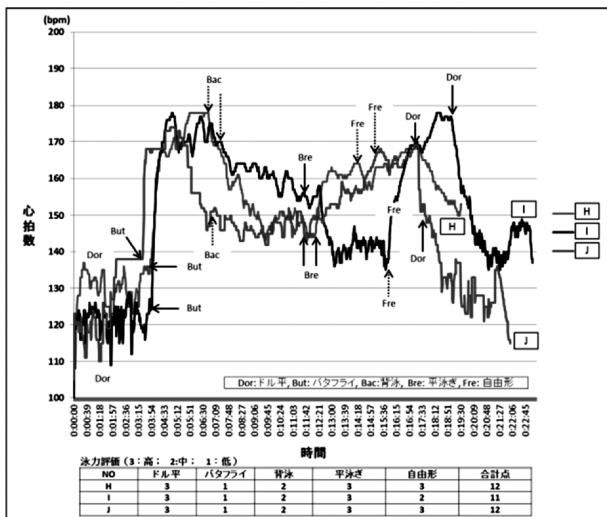


図6 H, I, J泳者の心拍数の変化(600m連続泳)

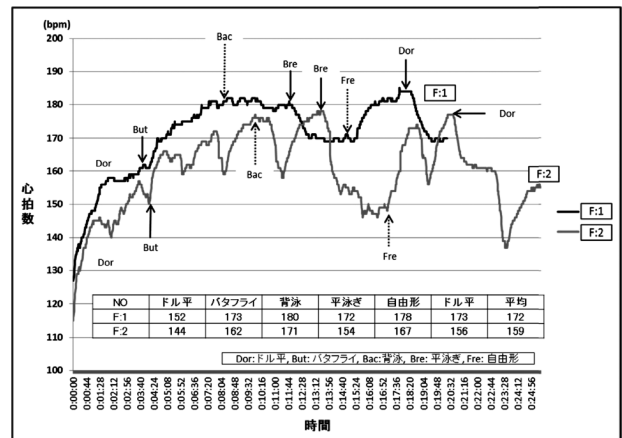


図8 F泳者の2回実施した時の心拍数の変化(600m連続泳) 1回目(F-1)・2回目(F-2)

図7にはKの泳者について心拍数の変化と泳力評価点を示した。泳力評価は7点と11名中最も低くて不得意な種目が多く、種目別評価点ではいずれも1~2点であった。そのため常に心拍数が160拍/分から180拍/分の範囲で変動し、70%運動強度を上回る状態で泳いでいた。

IV. 考察

小学校から高等学校までの学校教育において水泳は、系統的な学習指導によって4泳法すべて速く泳ぐこと、リラックスして長く泳ぐこと、さらに複数の泳法で長く泳ぎ続ける技能の習得が求められる。そのためには、授業実践者や指導者として運動強度についての深い理解と実践的力が必要となる。

本研究では、水泳が専門種目ではない大学生を対象にドル平泳法と競泳4泳法を組み合わせ、長時間泳いだ時の心拍数を連続してモニターすることで運動強度

がどのように変化しているのか、泳力の違いによってどのように変化するのか、心拍数の連続計測は泳力の評価として活用できるのかについて運動強度の観点から検討を行った。特に対象者全員には完泳するタイムではなく、心拍数を170拍/分以下、運動強度が50%~70%強度の範囲になるよう、できるだけ楽にリラックスして泳ぐように指示していた。

その結果、心拍数を連続してモニターすることで水泳中の生理的反応や運動強度の変化を明確にすることができ、また全種目の平均で11名中7名(63.6%)がその範囲内で泳ぐことができていたことがわかった。また泳力評価の高い者ほど運動強度を抑制して泳ぐことができる関係性が明らかとなった。特に連続して泳ぐなかで不得意な種目では急激に心拍数が上昇する傾向があり、種目を連続して泳ぐにつれて運動強度をコントロールできなくなっている状況も明確となった。

水中運動の場合、陸上の運動に比べて体力や泳法技術力、水の抵抗、浮力、水圧、運動姿勢、活動筋量、水温と気温などの違いによって身体的負担度が変化し、それによって心拍数は大きく変動する可能性がある⁶⁻¹³⁾。特に種目に対する泳力とプル・キック・呼吸法の技術力の違いによる影響が大きくなる。ドル平泳法は初心者が水に浮く・もぐるという水慣れ技術を習得し、長く・リラックスして泳ぐことを目的に開発され、小学生中学年の「浮いて進む運動、もぐる・浮く運動」に対応した泳法である。そのためできるだけゆっくりと筋活動量を少なくして、心拍数を上昇させることなく泳ぐことができる技術力が必要である。今回、スタート時のドル平(1)ではほぼ全員が約50%運動強度前後で、しかも主観的運動強度は「ややきつい」程度で泳ぐことができていた。しかし、体力と泳法技術力を要する競泳4泳法になると時間の経過とともに心拍数や運動強度が上昇し、不得意な種目になると急激な変化を繰り返し、運動強度をコントロールできなくなっていることがわかった。競泳4泳法は、速く泳ぐこと、長く泳ぐことを目的とした泳法である。そのためには筋肉の収縮様式や呼吸法の種目特異性を理解する必要がある。速く泳ぐためには運動強度と心拍数を最大限に上げて泳ぐ能力が必要である。また体力と技術力が高くなれば、最大心拍数の上限で速く泳ぐことができるようになる。一方で運動強度をコントロールして長く泳ぐことができる力量も身に付ける必要がある。今回の対象者は、平日頃から運動部活動を実施しており、体力レベルは中等度以上の全身持久力と心肺機能を身に付けていたが、水泳が専門ではなかった。そのため体育の専門授業でのトレーニングと自主的なトレーニングを行った。にもかかわらず、種目によってはトレーニング時間が少なく上達が低調であった学生がいた。今回リラックスして600m連続して泳ぐという泳力の上達度を、種目を連続して心拍数をモニターしながら

評価してみたが、泳力の到達度の高いものほど運動強度をコントロールして低強度で泳ぐことができ、種目に変化しても心拍数の変動が小さくなっていた。こうした状況から心拍数をモニターすることは、どの程度の泳力が習得できているのかについての評価法の1つになる可能性が考えられた。

本研究では運動強度と泳力評価点との間に負の相関関係がみられ、泳力不足によって運動強度をコントロールできなくなっていることがわかった。そこで泳力評価が低かったF泳者について、2週間追加してトレーニングを実施し、泳力を高めた後に同様な方法で心拍数を計測した。その結果、1回目に比べて運動強度をコントロールして泳ぐことができていた。こうしたことから泳力の充実が重要であることが明確となった。

運動強度と生理的变化について乳酸値の変化を理解しておく必要がある。運動強度が上昇すると疲労物質である乳酸値が高くなり、筋収縮が抑制され運動ができなくなる。最大酸素摂取量の50%強度から強度の上昇とともに乳酸が蓄積し、80%~90%強度では安静時の4倍までに蓄積することが報告されている^{4,14)}。また50%~70%強度では、1時間以上の連続した運動が可能となる。また80%~90%強度では平均20分から60分が限界であると報告されている。今回の対象者は11名中4名が70%強度を超えて運動し、乳酸がかなり蓄積するほど高強度の運動となり、主観的運動強度では「かなりきつい」状態で運動を終了していたと考えられる。また、乳酸が一時的に上昇すると、乳酸が緩衝されるまでに時間を要するため、生理的变化として一度上昇した心拍数は下がりにくくなることがわかっている。対象者についてほとんどがバタフライで一気に心拍数が上昇し乳酸が蓄積して、心拍数が常に高い状態になっていた可能性がある。今回は心拍数を連続して計測することで運動強度や技術力の上達度を推測できる可能性を示唆したが、今後、乳酸値の測定や動画分析なども含めて評価する方法を検討してみたい。

V. まとめ

本研究では、長時間泳いだ時の心拍数を連続してモニターすることで運動強度の変化や泳力の違いによる変化を調査した。特に複数の泳法を組み合わせ、リラックスして長く泳ぎ続ける技能の習得の判断が可能となるのかについて検討した。

その結果、心拍数の変化をモニターすることで運動強度の変化を明確に観察することができ、泳力の違いによる心拍数の変化から泳力評価を判断する場合の評価法として有用性が高いことが示唆された。

参考文献

- 1) 文部科学省：小学校学習指導要領解説体育編，平成29年

- <http://www.mext.go.jp/component/a-menu/education/micro-detail/--icsFiles/afieldfile/2017/07/25/1387017-10-1.pdf>
- 2) 文部科学省：中学校学習指導要領解説「保健体育編」平成29年7月, http://www.mext.go.jp/component/a-menu/education/micro-detail/--icsFiles/afieldfile/2017/07/25/1387018_8-1.pdf
 - 3) 文部科学省：高等学校学習指導要領解説「保健体育・体育編」平成21年7月, http://www.mext.go.jp/component/a-menu/education/micro-detail/--icsFiles/afieldfile/2011/01/19/1282000_7.pdf
 - 4) 進藤宗洋：厚生省の「健康づくりのための運動所要量」について－身から錆を出さない、出させない」暮らし方の原理の提案－. 保健の科学, 第32巻第3号, 109-126, 1990. 4)
 - 5) Borg, G.: Perceived exertion: a note on “history” and method. *Med. Sci. Sports.*, 5:90-93, 1973.
 - 6) Craig, A. B. and M. Dvorak: Comparison of exercise in air and in water of different temperatures. *Med. Sci. Sports.*, 1: 124-130, 1969.
 - 7) 山地啓司：心臓とスポーツ. 共立出版, 7-67, 161-206, 1985.
 - 8) Bevegard, A., et al: The effect of body position on the circulation at rest and during exercise, with special reference to the influence on the stroke volume. *Acta Physiol. Scand.*, 49: 279-298, 1960.
 - 9) Song, S. H., et al: Mechanism of apneic bradycardia in man. *J. Appl. Physiol.*, 27: 323-327, 1969.
 - 10) Magel, J. R., et al: Telemetered heart rate response to selected competitive swimming events. *J. Appl. Physiol.*, 26: 767-770, 1969.
 - 11) Magel, J. R.: Comparison of the physiologic response to varying intensities of submaximal work in tethered swimming and treadmill running. *J. Sports Med.*, 11: 203-212, 1971.
 - 12) 北川薫ら：中高年齢者のための運動処方基礎研究－水泳での強度設定のための心拍数の利用－. 大和ヘルス財団研究業績集, 第12集, 117-121, 1988.
 - 13) 北川薫編著：健康運動プログラムの基礎～陸上運動と水中運動からの科学的アプローチ～. 市村出版, 2005.
 - 14) 坂上裕昭, 本山貢ほか：高校生トップスイマーにおける合宿前後のOBLA-SPEED、心拍数およびストローク数の変化について. 和歌山大学教育学部紀要(教育科学), 第58集 93-101, 2008.

