

原著

クロール泳時の主観的運動強度調節による心拍数の変化 —目標心拍数との比較—

濱田大幹^{*1} 斎藤辰哉^{*2} 吉田升^{*3} 玉里祐太郎^{*4} 吉岡哲^{*5} 小野寺昇^{*6}

要 約

水泳時は、ウェアラブル端末を用いることが困難であるため、運動強度の調節を主観的な運動強度調節に依存する方法を用いざるを得ない。水泳非熟練者における泳者自身の主観的な感覚を運動強度指標として用いることが可能か検討することを目的とした。本実験における非熟練者は、水泳トレーニングを行っていない者とした。心拍数、ストローク数、呼吸数、泳距離を測定した。運動課題は、クロール泳（運動時間：5分）とした。被験者には、最大努力の50%（目標心拍数：50%Heart Rate Reserve(HRR)の値）で泳ぐよう指示し、被験者ごとの感覚のみを頼りに出力を調整させた。その結果、泳距離は、 240.7 ± 21.7 mであった。ストローク数および呼吸数の変化は、時間経過に伴う有意な差は観察されなかった。心拍数は目標心拍数と比較して有意に高値を示した ($p < 0.05$)。運動中の心拍数から算出した% HRRは63%であり目標心拍数より10%程度高い値であった。主観的な感覚による50%運動強度調節を非熟練者に用いるためには、泳者自身の主観的な感覚よりも10%程度低い目標運動強度を設定する必要があると考えられる。

1. 緒言

水中において生体は、浮力、水圧、水温、抵抗などの水の物理的特性の影響を受け、陸上とは異なる生理応答を示す¹⁾。水中環境下での運動は、上肢・下肢・駆幹を動かすことによって抵抗負荷が生じ、心拍数や酸素摂取量を増加させる^{2,3)}。水泳は、年齢を問わず多くの人々が実施している水中運動の一つであり、浮力の作用によって、関節への負荷が軽減されること⁴⁾から、健康づくりを目的とした運動として有効であると考えられる。

健康づくりを目的とした運動を実施する際に注意すべき事項として適切な運動強度での実施が必須である。水泳時は、水の物理的特性と運動の影響によって、心血管系への負担が陸上とは異なるため、心拍数を運動強度の指標とする場合には、陸上とは異なる配慮を必要とする。

近年、ウェアラブル端末により陸上運動中の心拍数を確認することが可能であり、心電計とウェアラブル端末を用いた心拍変動に高い相関関係があることが報告されている⁵⁾。この報告は、ウェアラブル端末を用いて簡便に運動強度の指標となる心拍数を測定することが可能であることを示している。しかしながら、水泳時は、ウェアラブル端末を確認しながら泳ぐことは困難であるため、運動強度の調節について主観的な運動強度に依存する方法を用いざるを得ない。

先行研究は、水泳選手における100mクロールおよび平泳ぎ時の心拍数と主観的運動強度(Rating of Perceived Exertion:RPE⁶⁾)に相関関係があり、RPEが有効な運動強度指標であることを報告した^{7,8)}。先行研究は、男女競泳選手を対象に、主観的的努力度(主観的な感覚)20%から100%の5段階(20%

*1 ワークブラザ・たんぼぼ

*2 国立スポーツ科学センター

*3 岡山短期大学

*4 広島工業大学

*5 関西福祉大学

*6 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科

(連絡先) 濱田大幹 〒761-8081 香川県高松市成合町1491-1 ワークブラザ・たんぼぼ

E-mail : w6317002@kwmw.jp

間隔)での50mクロール泳出力調節(運動強度調節)について検討した。その結果、男女ともに高い精度での出力調節を可能にしていることを報告した^{9,10)}。健康づくりを目的とした水泳において、RPE¹⁰⁾の利用は難しいと報告されている^{11,12)}。そこで本研究は、水泳非熟練者においても主観的な感覚を運動強度指標として用いることが可能であるかを明らかにすることとした。

2. 方法

2.1 被験者

被験者は、水泳の非熟練者成人男性6名(年齢: 21 ± 1 歳, 身長: 171.2 ± 4.0 cm, 体重: 63.2 ± 4.6 kg)とした。本実験における非熟練者は、水泳トレーニングを行っていない者とした。

被験者には、ヘルシンキ宣言の趣旨に沿って本研究の目的、意義、および方法を十分に説明し、実験参加の同意を得た。本研究は、川崎医療福祉大学倫理委員会の承認(18-017)を得て実施し、同委員会の指針に従って研究を進めた。

2.2 実験環境

実験は、K大学の室内温水プール(25m × 15m)で行なった。平均水温は、 30.7 ± 0.4 °Cであった。

2.3 運動課題

先行研究¹³⁻¹⁵⁾において、4泳法を比較しクロール泳が最も酸素需要量が少ないことを報告した。また、大学生を対象とした泳力テストの達成率において平泳ぎと比較してクロールの達成率が高いことが報告されている¹⁶⁾。これらのことから、運動課題はクロール泳(運動時間: 5分)とした。安静時心拍数は、被験者が水中立位安静時の値とした。その後、カルボネン法にて算出した50%Heart Rate Reserve(HRR)の心拍数(目標心拍数)を算出した。被験者には、目標心拍数で泳ぐよう指示し、被験者毎の感覚のみを頼りに出力を調整させた。

2.4 測定項目

測定項目は、心拍数、ストローク数、呼吸数、泳距離とした。心拍数は、スポーツ心拍計(H10センサー, POLAR)を用いて経時的に測定した。2.5分の平均値を目標心拍数と比較した。ストローク数は左右の腕のかきをそれぞれ1回とした。ストローク

数、呼吸数は、ビデオカメラ(GZ-RX680, JVC)を用いて撮影し、映像から1分毎の平均値を算出した。

2.5 統計分析

統計処理は、統計ソフトSPSS Statistics ver 23 for Macを用いて行った。測定によって得られた数値は、平均値 ± 標準偏差で示した。目標心拍数と心拍数の比較には、対応のあるT検定を行った。心拍数、ストローク数および呼吸数の変化の比較には、繰り返しのある一元配置分散分析を実施した。有意性が認められた場合、多重比較(Bonferroni)を行った。統計的な有意水準は、危険率5%未満($p < 0.05$)とした。

3. 結果

本運動課題実施における泳距離は、 240.7 ± 21.7 mであった。ストローク数および呼吸数の変化は、時間経過に伴う有意な差は観察されなかった(表1)。運動中の心拍数の変化を図1に示した。時間経過に伴う有意な差が観察された($p < 0.05$)。運動中の心拍数は、運動1分と比較して2分から5分において有意に高値を示した($p < 0.05$)。目標心拍数と心拍数を図2に示した。心拍数は、目標心拍数と比較して有意に高値を示した($p < 0.05$)。

4. 考察

男女競泳選手を対象に行った主観的努力度による泳出力調節を実施させた先行研究では、泳速度の調節がストローク頻度の増減により達成されていることを明らかにした^{9,10)}。本研究においてストローク数および呼吸数の時間経過に伴う変化がなかったことから、被験者は、5分間ほぼ一定のペースで泳いでいたものと考えられる。先行研究^{9,10)}と同様に本研究の被験者は、主観的な感覚に伴う運動強度調節をストローク数と呼吸数を指標とした可能性が考えられる。

本研究は、非熟練者が健康づくりのために泳ぐことを想定しているため中強度である50% HRRのみでの実施とした。しかしながら、運動中の心拍数から算出した% HRRは、63%であり目標心拍数より10%程度高い値であった。本研究の被験者は、水泳の非熟練者であったため目標心拍数(主観的努力

表1 5分間クロール泳時におけるストローク数および呼吸数の変化

時間(分)	1	2	3	4	5
ストローク数 (回/分)	51.5 ± 4.5	50.2 ± 5.0	49.5 ± 5.6	50.0 ± 4.0	49.3 ± 6.9
呼吸数 (回/分)	14.0 ± 4.6	19.7 ± 3.4	21.8 ± 4.7	23.0 ± 4.7	22.5 ± 4.8

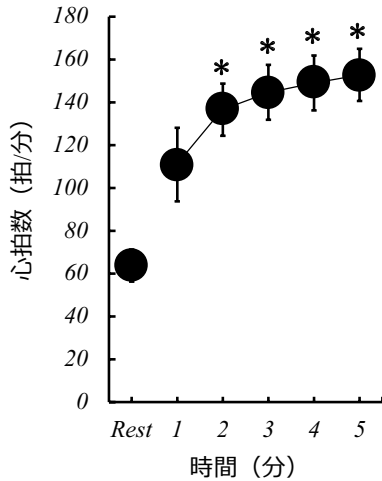


図1 5分間クロール泳時における心拍数の変化
* : p < 0.05 (vs. 1min)

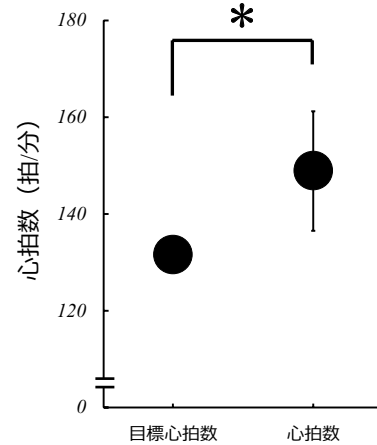


図2 5分間クロール泳時における目標心拍数と心拍数の比較
* : p < 0.05

度)と心拍数(客観的出力)が一致しなかったと考える。先行研究¹⁷⁾は、自転車エルゴメーターを用いて週2回程度の運動を定期的に行っている者と運動習慣を有さない者のRPEを比較した。RPE15の時の心拍数(159.2 ± 14.4 拍/分)は、運動を定期的に行っている者が高い値を示すことを明らかにした¹⁷⁾。この結果は、本研究の結果と一致した。このことから、本研究の被験者の中に陸上運動を定期的に行っていた者がいたことが、本研究の結果に影響を及ぼしていたと考えられる。水中運動時の心拍数変化は陸上運動時より10拍/分程度下向きに修正される¹⁸⁾ことから、この傾向を加えて換算しても実測の心拍数は高い値を示したものと考えられる。

先行研究^{9,10,19)}より水泳選手を対象とした25mおよび50mクロール泳を用いて同様の検討が行われていたが本研究は、健康づくりのため水泳を実施することを想定しているため運動時間を5分間に設定した。このため、運動時間および泳距離の違いが生じ、本研究の実験結果に影響した可能性が考えられる。

主観的な感覚による運動強度調節を非熟練者に用いるためには、目標心拍数と実測した心拍数の差である10%程度の乖離を修正するために泳者自身の主観的な感覚よりも低い目標心拍数を設定すること

が望ましいと考える。このことを踏まえ、指導者が50%運動強度より10%程度低い値を指示することで非熟練者が目標とする運動強度に一致する運動強度で水泳を行うことができると考えられる。

本研究の限界は、運動強度の比較対象群を設定できないことにあると考える。本研究は、水泳非熟練者における泳者自身の主観的な感覚を運動強度指標として用いることが可能か検討することを目的とし実験を行ったため1条件の設定であった。今後は、運動強度設定を増やし検討を進めることで、健康づくりのための水泳実施における安全性の向上に寄与できるものと考えられる。本研究の見解は、非熟練者のクロール泳における10%程度の生理的な運動強度と主観的運動強度の乖離を解き、主観的な感覚を指導の手段として用いることにより50%運動強度調節を可能にすることを示す。

5. 結論

非熟練者のクロール泳時における心拍数は、目標心拍数と比較し有意に高値を示すことが明らかになった。このことは、非熟練者の健康づくりのための水泳における主観的運動強度と指標とした目標運動強度の設定が可能であることを示唆する。

文 献

- 1) 小野寺昇, 西村一樹, 吉岡哲, 林聡太郎, 斎藤辰哉, 和田拓真: 水中運動と健康づくり. 体育の科学, 66(2), 117-124, 2016.
- 2) Onodera S, Yoshioka A, Nishimura K, Kawano H, Ono K, Matsui T, Ogita F and Hara H: Water exercise and health promotion. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 2(4), 393-399, 2013.
- 3) 野村武男: 水泳とポジティブ・ヘルス. *Health Sciences*, 2(4), 95-102, 1986.
- 4) 厚生労働省: 運動基準・運動指針の改定に関する検討会報告書.

- <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple-att/2r9852000002xpqt.pdf>, [2013].
(2020.2.11確認)
- 5) 林映見, 横山清子, 伊藤久敏, 河原ゆう子: ウェアラブル端末による心拍変動解析. 人間工学, 54(Supplement), 1E1-2-1E1-2, 2018.
 - 6) Borg GA: Perceived exertion: A note on "history" and methods. *Medicine and Science in Sports*, 5(2), 90-93, 1973.
 - 7) 宮下充正, 小野寺孝一: 水泳時の Rating of Perceived Exertion. 体育科学, 6, 96-99, 1978.
 - 8) 黒川隆志, 上田毅: 水泳トレーニング中の心拍数と主観的運動強度に及ぼす泳力の影響. 昭和63年度教育研究学内特別経費研究報告書, 85-95, 1989.
 - 9) 合屋十四秋, 野村照夫, 杉浦加枝子: 女子水泳選手におけるクロール泳の速度出力調整と動作との関係. スポーツ方法学研究, 18(1), 75-83, 2005.
 - 10) 合屋十四秋, 野村照夫, 松井敦典: 男子水泳選手におけるクロール泳の速度出力調整と動作との関係. トレーニング科学, 20(1), 33-42, 2008.
 - 11) 上田毅: 水泳における運動強度の指標としての主観的運動強度 (RPE) の有用性. 広島大学大学院教育学研究科博士論文, 1997.
 - 12) 上田毅, 黒川隆志, 石川博子: 小学生の水泳授業における運動強度の指標としての主観的運動強度の有効性. 広島大学教育学部紀要, 第二部(40), 163-168, 1991.
 - 13) 山岡誠一: 遊泳スピードと酸素需要量の関係. 体育学研究, 3, 42-47, 1958.
 - 14) 阿久津邦男: 水泳のエネルギー代謝に関する研究—(その1)水泳のスピードと酸素需要量の関係—. 体力科学, 13(4), 173-179, 1964.
 - 15) 阿久津邦男: 水泳のエネルギー代謝に関する研究—(その2)水泳のスピードと効率の関係—. 体力科学, 13(4), 180-188, 1964.
 - 16) 田場昭一郎, 平野雅巳, 松波勝, 佐藤功一, 山口祐一郎: 大学の水泳教育に関する実態調査—福岡大学スポーツ科学部の学生の泳力について—. 福岡大学スポーツ科学研究, 47(2), 11-22, 2017.
 - 17) 内田英二, 神林勲, 塚本未来, 木本理可, 武田秀勝: 運動習慣の有無が運動時の生体応答および主観的強度に及ぼす影響. 大正大学研究紀要. 仏教学部・人間学部・文学部・表現学部, 97, 160-155, 2012.
 - 18) Wilmore JH and Costill DL: *Physiology of sports and exercise*. Human Kinetics, Champaign, 1994.
 - 19) 大庭昌昭, 佐藤慎哉, 下山好充, 佐藤大輔: 主観的努力度の変化が泳速度に及ぼす影響. 日本体育学会体育方法専門分科会会報, 23(2), 113-116, 2010.

(令和2年7月14日受理)

Changes in Heart Rate of Subjective Exercise Intensity Control during Crawl Swimming: Comparison with Target Heart Rate

Hiroki HAMADA, Tatsuya SAITO, Noboru YOSHIDA, Yutaro TAMARI,
Akira YOSHIOKA and Sho ONODERA

(Accepted Jul. 14, 2020)

Key words : swimming, subjective exercise intensity, heart rate

Abstract

The purpose of this study was to clarify whether a swimmer's subjective exercise intensity can be utilized to assess objective exercise intensity in untrained swimmers. All subjects were untrained swimmers. Measurement indices were heart rate, stroke rate and respiratory rate. The heart rate at rest was measured in the water (Position: standing). The heart rate at 50% Heart Rate Reserve (objective heart rate) was explained to the swimmers. All subjects swam with concentration to maintain a subjective 50% HRR intensity. The stroke rate and respiratory rate during crawl showed no significant difference. The measured heart rate during the crawl was significantly higher than the objective heart rate ($p < 0.05$). The stroke rate and respiratory rate were constant for 5 minutes. This study suggests that the measured heart rate was 10% higher than objective heart rate.

Correspondence to : Hiroki HAMADA

Work Plaza Tanpopo

Takamatsu, 761-8081, Japan

E-mail : w6317002@kmmw.jp

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.30, No.1, 2020 237 – 241)