

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 17 日現在

機関番号：33111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23700749

研究課題名(和文) 高強度インターバル泳における評価法の開発

研究課題名(英文) Estimation of high intensity interval swimming

研究代表者

下山 好充 (Shimoyama, Yoshimitsu)

新潟医療福祉大学・健康科学部・教授

研究者番号：20375364

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円、(間接経費) 990,000円

研究成果の概要(和文)：高強度インターバル泳におけるトレーニング負荷に影響を与えると考えられる要因について、エネルギー供給機構や局所筋酸素動態、ストロークパラメータなどから多角的に評価し、トレーニングの目的や個人の特徴に応じた合理的で効果的な高強度インターバル泳について検討することを目的とした。その結果、今まで示されていた泳速度、休息时间だけでなく、休息の状態によってもトレーニング負荷に大きく影響を及ぼすことが示された。以上のことから、高強度インターバル泳を組み立てる場合、その目的に応じて、泳速度だけでなく、休息時間の長さやアクティブリカバリーやパッシブリカバリーといった休息状態も考慮すべきであることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of present study was to investigate the influential factor during high intensity interval swimming. This study involved well-trained college swimmers. The main results were as follows. The swimming velocity and duration of rest period would have an effect on the energy system contributions during high intensity interval swimming. Moreover, the pulmonary oxygen uptake and the local muscle oxygenation were influenced by the recovery condition during rest periods, such as active recovery and passive recovery. These results suggested that the training load during high intensity interval swimming was influenced by not only swimming velocity and rest period but also recovery conditions.

研究分野：スポーツ科学

科研費の分科・細目：スポーツ科学

キーワード：水泳 インターバルトレーニング 休息时间 休息状態

1. 研究開始当初の背景

水泳競技は、50mから1500mまでの距離があり、その競技時間はおおよそ20秒から15分程度と非常に幅広く、その距離によってエネルギー供給機構も異なるため、その距離に応じた適切なトレーニングが必要とされる。そこで、水泳のトレーニングは有酸素性能力改善を目的とした低～中強度のトレーニングから無酸素性能力改善を目的とした高強度のトレーニングまで詳細にカテゴリー分類され、目的に応じてそれらを組み合わせトレーニング負荷を調整している。また、そのトレーニングはコースロープでレーンを仕切られた環境で行われることもあり、ほとんどが運動と休息を繰り返すインターバル泳の形式で行なわれている。走運動やペダリング運動における高強度のインターバル運動については、いくつか研究が行われ、そのエネルギー供給機構などが明らかにされている。しかし、水泳はプールという特殊な環境下で行われるため、呼気ガスを採取する実験が非常に困難なスポーツ種目であり、さらに、トレーニング負荷に及ぼす要因が多くて複雑なため、実践的な研究が少なく、特に、高強度インターバル泳中のエネルギー供給機構については、ほとんど手付かずの研究領域と言える。そのため、コーチングに役立つ有意義な情報が少なく、指導者の経験に基づいてインターバルトレーニングが組み立てられているのが現状で、科学的根拠に基づく方法論の開発が望まれている。

そこで、我々は、有酸素性能力改善を目的とした低～中強度のインターバル泳について血中乳酸濃度やエネルギー供給機構などから検討を行ない、トレーニング負荷をコントロールするためには、泳速度だけでなく、休息时间や反復距離も考慮に入れるべき重要な要素であることを示し、さらに、短距離型・中距離型・長距離型といった泳能力のタイプなどによって、同一の泳速度、同一の休息时间であってもトレーニング負荷が異なることを示した。一方、我々は水泳の持久性トレーニングの効果を詳しく調べるため、一般的に行われている血中乳酸濃度を指標とした測定に加え、水中動作解析によるストロ

ーク特性の測定を組み合わせ、トレーニング現場で活用できる実践的かつ簡易的なトレーニング効果の評価法を開発した。これらの方法論を高強度インターバル泳の評価に応用することで、トレーニング負荷に与える要因について、体力的要素と技術的要素の両側面からより詳細な検討ができると考えられる。

2. 研究の目的

高強度インターバル泳におけるトレーニング負荷に影響を与えると考えられる要因について、エネルギー供給機構や局所筋酸素動態、ストロークパラメータなどから多角的に評価し、トレーニングの目的や個人の特徴に応じた合理的で効果的な高強度インターバル泳について検討することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 休息时间の違いがトレーニング負荷に与える影響

普段から非常に良くトレーニングを行なっている全国大会出場レベル以上(入賞経験者を含む)の大学競泳選手を被験者とした。試技は、一般的に行なわれている高強度インターバル泳の試技を考慮し、数種類の泳速度、休息时间、反復距離の組合せを決定した。試技は全て回流水槽を用いて実施した。試技中、呼気ガス分析器を用いて酸素摂取量(C-pex1; インターリハ社製)を測定した。また、試技中の心拍数(RS400; Polar社製)、試技後の血中乳酸濃度(ラクテートプロ; アークレイ社製)も測定した。さらに、各試技を陸上および水中からビデオカメラを用いてそれぞれ撮影を行ない、撮影された映像をコンピュータに取り込み、動作解析ソフトウェア(Flame-DIASII; DKH社製)を用いて、ストローク長、ストローク頻度などのストロークパラメータを解析した。

(2) 休息状態の違いがトレーニング負荷に与える影響

実験(1)と同様の被験者を用い、休息状態の違い(アクティブリカバリーとパッシブリカバリー)がエネルギー供給機構の貢献度や局所筋の酸素動態に与える影響を検証した。本実験における試技は全て牽引キック泳

にて行なった。試技は、最大酸素摂取量が出現する強度で、アクティブリカバリーとパッシブリカバリーの試技をそれぞれ実施した。試技中の酸素摂取量、外側広筋における筋酸素動態、心拍数、試技後の血中乳酸濃度を測定した。外側広筋における筋酸素動態については、近赤外線光測定装置（BOM-L1TRW；オメガウエーブ社製）を用いて、AD変換機を通してサンプリング周波数 10Hz で収録した。また、測定部位（外側広筋）の検証をするために、全被験者に対して超音波検査を実施し、筋厚および皮下脂肪厚を測定した。

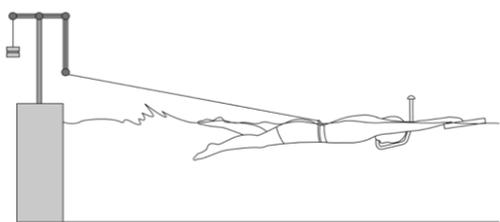


図1 本研究で用いた牽引キック泳

4. 研究成果

(1) 休息時間の違いがトレーニング負荷に与える影響

高強度インターバル泳における休息時間がトレーニング負荷に影響を与えるのかを検証した。その結果、休息時間が 10 秒異なることで、インターバル泳におけるエネルギー供給機構の貢献度が異なることが示された。また、短距離型・中距離型・長距離型といった泳能力のタイプなどによって、同一の泳速度、同一の休息時間であってもエネルギー供給機構の貢献度が有意に異なることが示された ($p < 0.05$)。このことから、泳速度が同じであっても、休息時間が異なるとトレーニング負荷が多く影響をうけることが示唆された。さらに、その影響は、泳能力のタイプによって異なることも示された。以上のことから、高強度インターバル泳を組み立てる上で、泳速度だけでなく、休息時間、さらには、泳能力のタイプも考慮すべき重要な要素であることが考えられる。さらに、試技中のストロークパラメータの分析から、ストローク長が最も長くなる泳速度において、もっ

ともエネルギー効率が良くなることが示唆された。

(2) インターバル泳における休息状態の違いがトレーニング負荷に与える影響

高強度インターバル泳におけるアクティブリカバリーとパッシブリカバリーといった休息状態の違いがトレーニング負荷に影響を与えるのかを検証した。本研究では、トレーニング負荷を評価する指標として、酸素摂取量と運動時の筋収縮にともなう局所筋酸素動態を評価した。局所筋酸素動態の評価には近赤外線分光法を用いた。休息時間中における酸素摂取量の変化量は、パッシブリカバリーを挟むことで、アクティブリカバリーよりも有意に高い値を示した ($p < 0.05$)。また、局所筋酸素動態において、休息時間中における酸素化ヘモグロビンの変化量 (ΔO_2Hb) と脱酸素化ヘモグロビンの変化量 (ΔHHb) は、パッシブリカバリーを挟むことで、アクティブリカバリーよりも有意に ΔO_2Hb が高い値を示し ($p < 0.05$)、 ΔHHb も同様に有意に高い値が認められた ($p < 0.05$) (図 2、3)。試技後の血中乳酸濃度には有意な差が認められなかった。

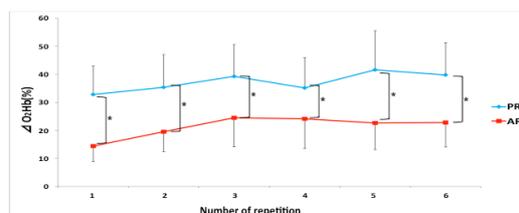


図2 休息時間中の酸素化ヘモグロビンの変量 (ΔO_2Hb)

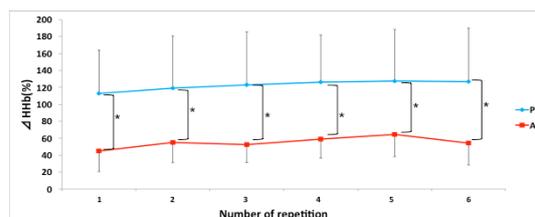


図3 休息時間中の脱酸素化ヘモグロビンの変量 (ΔO_2Hb)

以上の結果から、パッシブリカバリーはアクティブリカバリーよりも局所筋における再酸素化けるが高まることが示唆された。したがって、高強度インターバル泳中の休息状態は、全身代謝および局所代謝に大きく影響を及ぼし、インターバル泳を組み立てる上で、考慮すべき重要な要素であると考えられる。

以上の(1)(2)の結果から、高強度インターバル泳を設定する上で、目的や選手の泳能力のタイプに応じて泳速度だけでなく、休息時間や休息状態も考慮すべき重要な要素であることを示唆した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① 伊藤駿太郎、奈良梨央、馬場康博、佐藤大輔、下山好充。インターバル泳中における休息状態の違いがエネルギー消費量及び筋酸素動態に及ぼす影響～Active RecoveryとPassive Recoveryの比較～。日本水泳・水中運動学会2013年次大会論文抄読集、査読無、2013、pp. 18-21

[学会発表] (計3件)

- ① Shimoyama Y, Sato D, Baba Y, Wada T. Metabolic profile of moderate-intensity interval swimming. Australian conference of sports medicine and science. Sydney, Australia. 2012
- ② Shimoyama Y, Sato D, Baba Y, Ito S, Nara R, Jigami H, Wada T. The effect of swimming velocity on physiological responses and stroke parameter in competitive swimmers. Asics conference of sports medicine and science. Phuket, Thailand. 2013
- ③ 伊藤駿太郎、奈良梨央、馬場康博、佐藤大輔、下山好充。インターバル泳中における休息状態の違いがエネルギー消費量及び筋酸素動態に及ぼす影響～Active

RecoveryとPassive Recoveryの比較～。日本水泳・水中運動学会2013年次大会。早稲田大学。2013

- ④ 下山好充。クロールを科学する。日本水泳・水中運動学会2013年次大会。早稲田大学。2013

6. 研究組織

(1) 研究代表者

下山 好充 (SHIMOYAMA Yoshimitsu)
新潟医療福祉大学・健康科学部健康スポーツ学科・教授

研究者番号：20375364