

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 23 日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23700709

研究課題名(和文) 漸増負荷運動中の糖代謝応答は水泳運動と陸上運動で異なるのか？

研究課題名(英文) Does glucose metabolic response differ between swimming and running incremental exercise?

研究代表者

仙石 泰雄 (SENGOKU, Yasuo)

筑波大学・体育系・助教

研究者番号：30375365

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円、(間接経費) 810,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、漸増負荷運動中の糖代謝応答が水泳運動と陸上運動とで異なるか比較検討した。その結果、一流競泳選手は高強度ステージにおいてホルモン応答と呼気ガス分析結果から糖の分解が促進されていることが認められたものの、血中グルコース濃度は陸上運動中とは異なり上昇しないことが明らかとなった。また、一流トライアスロン選手においても、同様の結果が認められた。しかしながら、十分なトレーニングを積んでいないトライアスロン選手においては、よくトレーニングされた競技者とは全く逆の生理応答を示した。以上の結果より、持久性能力のレベルと運動中に動員される筋の違いが糖代謝応答に違いをもたらす可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：The present study was aimed to investigate whether glucose metabolic response differ between swimming and running incremental exercise. As results, it was suggested that blood glucose concentration do not increase compared to running exercise, even glycogen breakdown was promoted during swimming exercise according to the hormonal and expired gas analysis. Similar physiological response was also observed in highly trained triathlete. However, in not highly trained triathletes, completely opposite phenomena was observed compared to highly trained athletes. It was concluded that there is a possibility that glucose metabolic response may differ by the difference in endurance capacity and recruited muscle mass during exercise.

研究分野：コーチング学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学、スポーツ科学

キーワード：血中グルコース濃度 持久性能力 エネルギー基質

1. 研究開始当初の背景

漸増負荷運動中に血中乳酸濃度を分析することにより乳酸性作業閾値(LT)が求められることは広く知られている。さらに近年の研究により漸増負荷運動中の血中グルコース濃度の動態から、運動強度の上昇に伴い血中グルコース濃度が急激に上昇を開始する血糖上昇閾値(Glucose Threshold: GT)が推定可能であるが報告されている(Simões et al., 1999)。

GTについては、ランニング運動(Simões et al., 1999; Simões et al., 2003; Sotero et al., 2009)と自転車運動(Júnior et al., 2001)を用いた分析結果が報告されており、トレーニングの実施によりGTがLT同様に改善する可能性が示されている(Rocha et al., 2010)。我々は、水泳運動においてもGTが認められるか検証した結果、よくトレーニングされた大学競泳選手において漸増負荷泳中にGTは出現しないことを報告した。また、同じ選手を対象に10週間の基礎持久期トレーニングを実施した結果、LTは右側にシフトするもののGluの測定結果は変化せず、GTは出現しないことを明らかにした。このことにより、陸上運動と水泳運動では、漸増負荷運動中の糖代謝応答が異なる可能性が示唆されるわけである。しかしながら、これまでの研究では漸増負荷泳中のGluの動態しか分析されておらず、今後漸増負荷泳中の生理応答をより詳細に分析することにより、漸増負荷泳中にGluが上昇しない要因を究明することが求められている。

2. 研究の目的

本研究は、漸増負荷運動中の糖代謝応答が水泳運動と陸上運動とで異なるかを明らかにすることを目的とした。本研究目的を達成するために研究課題を2つ設定した。

- (1)一流競泳選手を対象とし、漸増負荷泳テスト中の詳細な糖代謝応答の解析すること。
- (2)トライアスロン選手を対象とした漸増負荷運動テスト中の血中グルコース濃度動態の解析すること。

3. 研究の方法

- (1)一流競泳選手を対象とした、漸増負荷泳テスト中の詳細な糖代謝応答を明らかとするために2つの実験を行なった。(研究課題1)

漸増負荷泳テスト中の呼気ガス分析(実験1)

日頃よりよくトレーニングされた一流大学競泳選手7名が本実験に参加した。対象者は、回流水槽において泳時間3分、ステージ間休息2分の漸増負荷泳テストを疲労困憊にいたるまで実施した。実験の概要を図1に示す。

各ステージの流速は200m自由形の自己記録の平均泳速を基準とし、ステージごとに5%泳速度を上昇した。各ステージ終了直後

に指先より採血し、血中乳酸濃度(Lactate Pro, LT-1710, Arkray)と血中グルコース濃度(Glucocard, GT-1670, Arkray)を測定した。

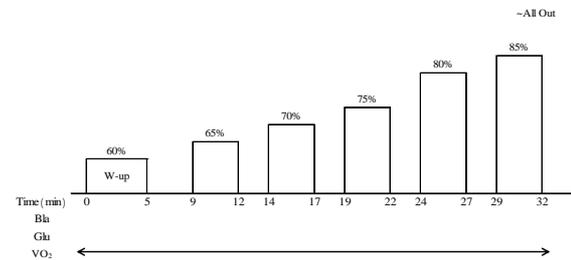


図1 漸増負荷泳テストの概要

また、試技を通して水泳用呼気ガス分析器(Meta Swim, Cortex)を用いて酸素摂取量と二酸化炭素排出量をBreath-by-Breath法にて分析した。測定したデータより呼吸交換比を算出し、呼吸交換比の上昇をもって炭水化物酸化量の増加を評価した。

漸増負荷泳テスト中のホルモン分析(実験2)

日頃よりよくトレーニングされた一流大学競泳選手8名が本実験に参加した。対象者は、実験1と同様の手法を用いて回流水槽において泳時間3分×8ステージ(ステージ間休息2分)の漸増負荷泳テストを実施した。漸増負荷運動テスト直前とテスト終了3分後において前腕の静脈より医師により採血を行なった。採取された血液より、糖分解に関わるホルモンであるアドレナリンとノルアドレナリンの血中濃度を分析した。

- (2)水泳運動と陸上運動の両運動形態のトレーニングを実施しているトライアスロン選手を対象として、水泳運動と陸上運動における漸増負荷運動テスト中の血中グルコース濃度の動態を分析することを目的とした。(研究課題2)

一流トライアスロン選手を対象とした分析

国際大会に出場経験のある一流大学トライアスロン選手1名を対象とした。対象者は、回流水槽において漸増負荷泳テストを、トレッドミルにおいて漸増負荷走テストを実施した。研究課題と同様に、各ステージ3分、2分間の休息をはさみ疲労困憊に至るまで試技を継続した。各ステージ終了直後に血中乳酸濃度と血中グルコース濃度を分析した。

一般大学トライアスロン選手を対象とした分析

大学トライアスロン部に所属している一般大学トライアスロン選手4名を対象とし、漸増負荷泳テストと漸増負荷走テストを実施した。水泳運動と陸上ランニング運動における各ステージの相対運動強度を同一にす

るために、対象者は漸増負荷運動テストに先駆けて最大酸素摂取量測定を実施した。最大酸素摂取量測定において疲労困憊に至った運動強度を最大強度として、漸増負荷運動テストは最大強度に対して 60%から 95%の運動強度で実施した。測定項目は、これまでの測定と同様とした。

4. 研究成果

(1) 一流競泳選手を対象とした、漸増負荷泳テスト中の糖代謝応答（研究課題 1）

漸増負荷泳テスト中の呼気ガス分析結果（実験 1）

実験 1 の各項目の分析結果を図 2 に示す。先行研究と同様に漸増負荷泳の高強度ステージにおいて、血中乳酸濃度が上昇しても血中グルコース濃度が上昇しないことが認められた。また、呼吸交換比は、乳酸性作業閾値を超える運動強度から値がより急激に上昇を示した。実験 1 の結果より、炭水化物酸化量が漸増負荷泳テストの高強度ステージで上昇していることが示された。

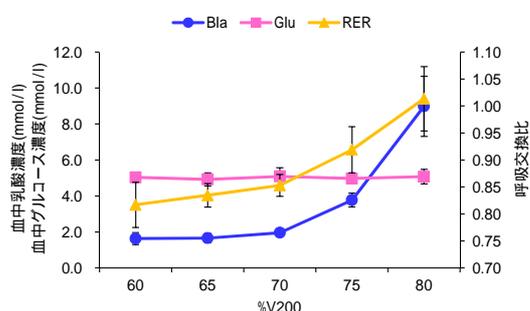


図 2 漸増負荷泳中の血中乳酸濃度、血中グルコース濃度および呼吸交換比の分析結果

以上のことより、漸増負荷泳テスト中において糖の利用が高まっているにもかかわらず血中グルコース濃度が上昇していないことを示しており、水泳運動中における血中から筋へのグルコースの取り込み速度が陸上ランニング運動と比較して速いことが示唆された。

漸増負荷泳テスト中のホルモン分析結果（実験 2）

実験 2 における漸増負荷泳テスト前後の血中アドレナリンとノルアドレナリン濃度の分析結果を図 3 に示す。血中アドレナリンとノルアドレナリン濃度ともに漸増負荷泳後に有意な上昇が観察された。アドレナリンとノルアドレナリンは、筋および肝臓中のグリコーゲンの分解を促進するホルモンである。漸増負荷泳テスト後にこれらのホルモンが有意に上昇していたことは、泳中におけるグリコーゲンの分解が促進されており、肝臓から血中へのグルコースの放出も高まっていたことを示唆している。

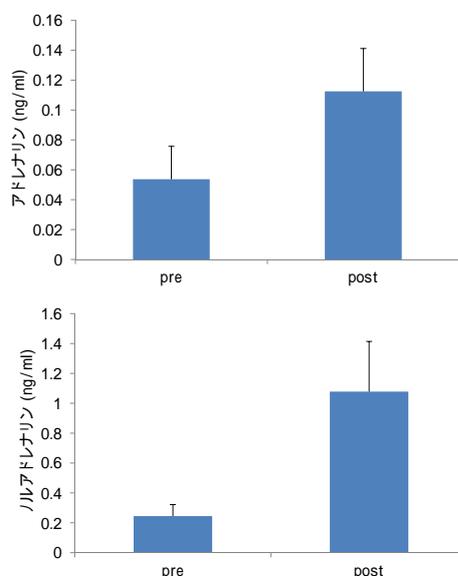


図 3 漸増負荷運動テスト前後の血中アドレナリン（上）およびノルアドレナリン濃度（下）

研究課題 1 で行なった 2 つの実験結果より、一流競泳選手において漸増負荷泳テストの高強度ステージ中において、炭水化物酸化量の増加と筋および肝臓におけるグリコーゲンの分解が促進されているものの、血中グルコース濃度は上昇しないことが明らかとなった。これらの研究結果より、水泳運動における高強度運動中においては、血中から筋へのグルコースの取り込み速度が陸上ランニング運動と比較して高い可能性が示唆された。

(2) トライアスロン選手を対象として、水泳運動と陸上運動における漸増負荷運動テスト（研究課題 2）

一流トライアスロン選手を対象とした分析結果

本実験の分析結果を図 4 に示す。血中乳酸濃度は、両テストにおいて運動強度の増加に伴い、値の急激な上昇が確認された。一方で、血中グルコース濃度は、水泳運動では上昇を示さなかったものの、陸上ランニング運動では値が上昇する傾向が認められた。これは、一流競泳選手およびよくトレーニングされた陸上中・長距離選手の測定結果と同様であり、同一個人内であってもよくトレーニングされた競技者においては、水泳運動と陸上ランニング運動では、漸増負荷運動中の血中グルコース濃度の動態が異なる可能性が示された。

一般トライアスロン選手を対象とした分析結果

本実験結果を図 5 に示す。運動強度を相対的に揃えた結果、陸上ランニング運動中の血中乳酸濃度が先行研究より低い値を示した。

また、水泳運動中において、わずかではあるが、血中グルコース濃度が高強度ステージで上昇を示した。本実験結果より、十分なトレーニングと積んでいない競技者においては、漸増負荷運動中の代謝応答が一流競技者と異なる可能性が示唆された。

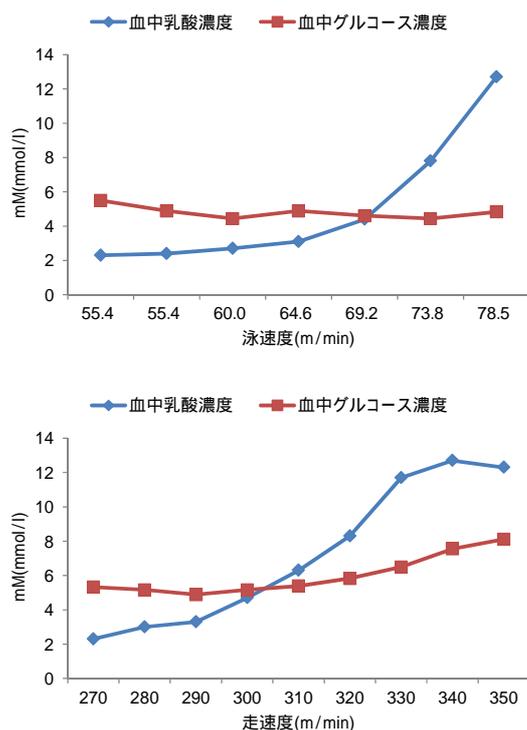


図4 一流トライアスロン選手における漸増負荷泳テスト(上)および漸増負荷走テスト(下)の血中乳酸濃度と血中グルコース濃度の分析結果

研究課題2では、トライアスロン選手を対象として、同一対象者においても運動形態の違いで高強度運動中の糖代謝応答が異なるかどうか分析した。その結果、よくトレーニングされた一流トライアスロン選手では、一流競泳選手と一流中・長距離ランナーと同様の生理応答を示したが、トレーニングを十分にこなしていない対象では、持久性能力や運動中に動員している筋量の違いにより、一流選手とは異なる生理応答を示す可能性が示唆された。

(3)本研究のまとめ

本研究は、漸増負荷運動中の糖代謝応答が水泳運動と陸上運動とで異なるか比較検討した。その結果、一流競泳選手は高強度ステージにおいてホルモン応答と呼気ガス分析結果から糖の分解が促進されていることが認められたものの、血中グルコース濃度は陸上運動中とは異なり上昇しないことが明らかとなった。また、一流トライアスロン選手においても、同様の結果が認められた。しかしながら、十分なトレーニングを積んでいな

いトライアスロン選手においては、よくトレーニングされた競技者とは全く逆の生理応答を示した。以上の結果より、持久性能力のレベルと運動中に動員される筋の違いが糖代謝応答に違いをもたらす可能性が示唆された。

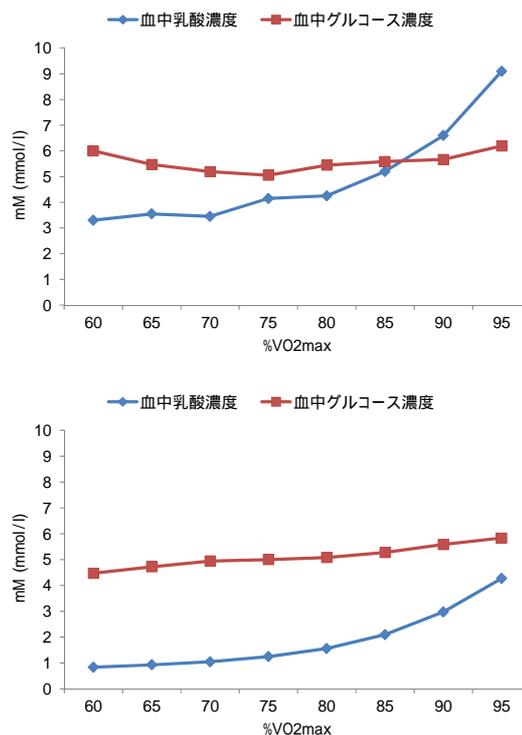


図5 一般トライアスロン選手における漸増負荷泳テスト(上)および漸増負荷走テスト(下)の血中乳酸濃度と血中グルコース濃度の分析結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

仙石泰雄, 門田理代子, 中村和照, 安藤邦彬, 椿本昇三: 間欠的漸増負荷泳テスト中における血中グルコース濃度の動態と代謝応答の関係. 日本水泳・水中運動学会 2011 年次大会抄録論文集, (査読無), 14-17, 2011.

〔学会発表〕(計1件)

仙石泰雄, 門田理代子, 中村和照, 安藤邦彬, 椿本昇三: 間欠的漸増負荷泳テスト中における血中グルコース濃度の動態と代謝応答の関係. 日本水泳・水中運動学会 2011 年次大会, 2011.10.15. 日本大学文理学部百周年記念館(東京都).

6. 研究組織

(1)研究代表者

仙石 泰雄 (SENGOKU, Yasuo)

筑波大学・体育系・助教

研究者番号: 30375365