

ジュニア競泳選手におけるクーリングダウンの方法の検討
：サブプールを用いたクーリングダウンができない環境を仮定して

佐藤 大典¹⁾ 白木 孝尚²⁾

Evaluating the Cooling-Down Methods for Junior Competitive Swimmers
: An Attempt to Improve the Competition Environment Lacking Facilities for Cooling-Down

Daisuke SATO Takahisa SHIRAKI

Abstract

In swimming competitions, races are held several times a day, including qualifying rounds and final races. To achieve high performance throughout, it is necessary for competitors to cool down immediately after each race. For this reason, they tend to use sub-pools. However, the game venues for junior swimmers in Japan are often not equipped with sub-pools. Accordingly, the purpose of this study was to assess the cooling-down methods that junior swimmers can adopt without using a sub-pool. The participants of the study were fifteen male junior swimmers (mean age 15.1 ± 1.8 years; height 1.67 ± 0.6 m; body mass 57.0 ± 5.0 kg). After finishing the 200 m full-strength swimming (Trial 1), they also completed three randomly assigned cooling-down tasks (70% OBLA, walking, and passive), and conducted 200 m full-strength session again (Trial 2). As the result of the experiments, it was revealed the rate of lactic acid removal rates after cooling down was significantly higher in the order of 70% OBLA, walking, and passive trial, while there was no significant difference between the results of Trial 1 and Trial 2. It was suggested, therefore, that each method had little effect on the subsequent swimming performance.

Key words : swimming, junior swimmer, cooling down, sub-pool

キーワード：水泳, ジュニア競泳選手, クーリングダウン, サブプール

1. 緒言

競泳競技では、1日に予選・決勝（あるいは準決勝）のように、複数回レースが行われる。どのレースにおいても高いレベルのパフォーマンスを発揮するためには、レースで発生した疲労をレース後に速やかに除去することが求められる。そのため、多くの競泳選手は最も有効で簡易的な方法として、サブプール（試合会場に併設された、試合が行われないプール）でクーリングダウンを実施する選手が多く見られる。

これまでの先行研究によって、激運動後の血中乳酸濃度を速やかに低下させるには、パッシブリカバリー（PR）よりもアクティブリカバリー（AR）を用いる方が有効であることが報告されている（天野ら, 2006; Bangsbo et al., 1994; Belcastro and Bonen., 1975; Bonen and Belcastro., 1976; Greenwood et al., 2008; 岩原ら, 2000; McMaster et al., 1989a; Monedero and Donne., 2001; Reaburn and Mackinnon., 1990; Stamford et al., 1981; Weltman et al., 1977）。水泳競技でのクーリングダウンでは、最大努力泳時の泳速度を基準とした報告（McMaster et al., 1989a; McMaster et al., 1989b; 並木・村川, 1997）や血中乳酸濃度などの生理学的応答を基準とした報告（Greenwood et al., 2008; 岩原ら, 2000）がみられる。岩原ら（2000）は、ラクトートカーブテストを用いて得た血中乳酸値と泳速度の関係式から算出されたOnset of blood lactate accumulation（OBLA）泳速度（血中乳酸濃度が4mmol/L時）を基準とした際のクーリングダウン強度を検討した。その結果、400mクロール泳におけるクーリングダウン試技では、OBLA泳速度の70%に相当する速度で実施することが最も血中乳酸濃度を下げることができると報告している。また、水泳での激運動後のARがその後の運動パフォーマンスに与える影響について、Greenwood et al. (2008) は、専門種目で

の200ヤード全力泳後（以下、Trial 1）に、Lactate Threshold（LT）を基準にした3種類のAR（LT泳速度、LT50%泳速度、LT150%泳速度）および座位安静を実施し、その後の200ヤード全力泳（以下、Trial 2）への影響について検討した。その結果、AR群の方が座位安静よりも血中乳酸減少量が有意に大きいことを示し、Trial 2の泳タイムにおいてLT泳速度およびLT50%泳速度後の方が座位安静後よりも有意に速い泳タイムを示した。さらに、LT泳速度試技においては、14名の対象者全員がTrial 2の泳タイムがTrial 1よりも速く、動的リカバリーを用いた方が次に行われるパフォーマンスを向上させる可能性が示唆された。このことより、実際のレースにおいてもレース終了後に速やかにクーリングダウンを行うことが、次のパフォーマンスを発揮する上で重要であることが考えられる。

競泳競技の試合環境は、全国大会規模の試合であればサブプールが併設された環境で試合が行われることが多い。しかしながら、地方大会レベルでの試合会場では、ウォーミングアップやクーリングダウンを行うためのサブプールを保有している施設が非常に少なく、選手がレース後にサブプールにおいてクーリングダウンを実施できないことが多い。特にこのような環境は、地方の都道府県において多く見られ、S県の2018年度の試合では、サブプールを保有する施設での試合は、全29試合中1試合、メインプールの1コースのみをサブプールとして利用する試合は10試合、サブプールを保有しない施設での大会は18試合あり、多くの試合においてサブプールを用いたクーリングダウンが満足に行えない環境であった。さらに、S県の試合に出場した選手の学年を見てみると、高校生以下区分の選手が多く出場しており、地方の都道府県においても、特に18歳以下のジュニア世代の選手がこのような環境で試合を行っていることが推察できる。

そこで本研究では、サブプールを保有して

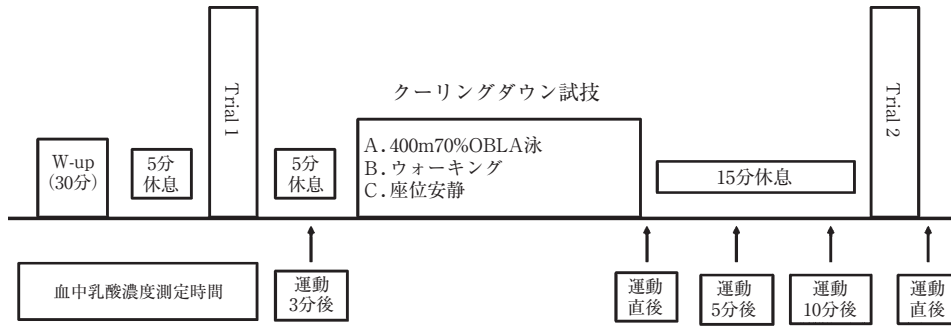


図1 実験プロトコル

いない施設での大会が多いジュニア競泳選手の試合環境を想定して、ジュニア競泳選手が実施可能なクーリングダウンの方法を検討することを目的とした。さらに、異なるクーリングダウン方法が、その後のパフォーマンスに与える影響について検討した。

2. 方法

1) 対象者

対象者はスイミングスクールに通い、週に3から4回以上定期的にトレーニングを行っている男子ジュニア競泳選手15名（年齢：15.1±1.8歳，身長：1.67±0.06m，体重：57.0±5.0kg）であった。本研究では運動中に採血を行うため、対象者とその保護者に対して事前に説明会を開き、研究の趣旨や目的および方法等を十分に説明し、理解と同意を得た上で本実験を実施した。

2) OBLA泳速度評価のためのステップテスト

対象者には、本実験で使用するOBLA泳速度を算出するため、実験とは別日に漸増負荷形式のステップテストを行った。対象者は既定のウォーミングアップを行った後、200m×4回のクロール泳を行った。各試技間の休憩時間は5分であった。このステップテストについて、対象者は各々が4本の負荷を設定して漸増負荷泳を行い、4本目は最大努力泳で行うように指示した。なお、4本目に対する各本数の相対記録は、1本目は71.1%から91.1%，2本目は79.8%から92.8%，3本目は

88.3%から97.7%であった。血中乳酸濃度の測定は、ステップテスト開始前の安静時、その後1試技終了毎に1回ずつ、4本目終了3分後に1回、計5回指先から採血し、血中乳酸測定器（Lactate Pro LT-1710：ARKRAY）を用いて測定した。得られた漸増負荷泳の泳タイムと血中乳酸濃度からソフトウェア（Lactate-E Version2.0）を使用し、三次多項式よりOBLAに相当する泳速度を算出した。

3) クーリングダウン実験プロトコル

本実験プロトコルを図1に示した。実験は室内短水路プール（25m×6コース）を使用した。対象者は既定のウォーミングアップを行い、10分間程度の休息の後に、心拍数測定器（POLAR H10、ポラル社）を胸部に装着し、1回目の200m自由形最大努力泳（以下、Trial 1）を行った。競泳のメインプールからサブプールへの移動時間を考慮し、全力泳終了5分後に以下の異なるクーリングダウン試技を3試技行った。

- A. クロール泳による400m70%OBLA泳（70%OBLA泳）
- B. 陸上でのウォーキング
- C. 座位安静

各クーリングダウンの試技時間は、70%OBLA泳の試技時間と同時間（415.8±24.1秒）とした。また各クーリングダウン試技終了後に15分間の休息をはさみ、2回目の200m自由形最大努力泳（以下、Trial 2）を行

表1 各全力泳試技における泳記録, 血中乳酸濃度, 最大心拍数

	泳記録 (秒)		血中乳酸濃度 (mmol/L)		最大心拍数 (拍/分)	
	Trial 1	Trial 2	Trial 1	Trial 2	Trial 1	Trial 2
70%OBLA泳	135.69 ± 8.23	134.99 ± 7.69	9.65 ± 2.67	11.14 ± 2.47	184 ± 8	186 ± 7
ウォーキング	135.98 ± 7.92	135.67 ± 8.54	9.33 ± 2.59	11.30 ± 2.93	182 ± 7	185 ± 7
座位安静	137.08 ± 7.44	135.62 ± 6.93	8.95 ± 2.49	11.15 ± 2.42	181 ± 5	183 ± 6

った。試技中の飲水は、検者が準備した飲料水のみとした。

血中乳酸濃度の測定は、Trial 1 終了時から3分後、クーリングダウン終了直後、5分後、10分後、Trial 2 終了から1分後に行った(計5回)。70%OBLA泳の速度は、別日に実施したステップテストから算出したOBLA泳速度の70%速度とした。ウォーキングは、対象者の日常歩行と同程度の運動強度で行うよう指示した。実験はそれぞれの試技を別の日に、ランダムに実施した。

4) 評価方法

血中乳酸減少量は、Trial 1 終了3分後の血中乳酸値からクーリングダウン試技終了直後の値を減算し求めた。さらに、算出された血中乳酸減少量をTrial 1 終了3分後の血中乳酸値で除し、100を乗ずることで血中乳酸減少率を算出した(式1)。

$$\text{血中乳酸減少率(\%)} = \frac{\text{血中乳酸減少量}}{\text{Trial 1 終了3分後の血中乳酸値}} \times 100 \quad (\text{式1})$$

心拍数は、Trial 1 およびTrial 2 時における最大心拍数およびクーリングダウン試技中の平均心拍数を算出した。パフォーマンスについては、200m自由形の泳タイムを測定した。

5) 統計処理

得られた測定データは、平均値±標準偏差で示した。統計処理には、統計処理ソフトウェア(SPSS23.0 for windows)を用いた。全力泳試技における泳タイム, 最大心拍数(全力泳実施時期×クーリングダウン試技), 血中乳酸濃度(乳酸測定時期×クーリングダウン試技), 血中乳酸減少率(乳酸測定時期×ク

ーリングダウン試技)の分析には、対応のある二元配置分散分析を行い、その後の検定にはBonferroni法を用いた。クーリングダウン試技における平均心拍数の分析は、対応のある一元配置分散分析を用いた。有意水準はそれぞれ5%未満とした。

3. 結果

1) 全力泳試技における泳タイム, 血中乳酸濃度, 最大心拍数

Trial 1 およびTrial 2 における泳タイム, 血中乳酸濃度, 最大心拍数について表1に示した。泳タイム, 血中乳酸濃度, 最大心拍数において、試技間に有意な差は認められなかった。

2) 血中乳酸濃度

クーリングダウン試技終了直後、5分後、10分後の血中乳酸濃度の変化について図2に示した。クーリングダウン終了直後における血中乳酸濃度は、70%OBLA泳で4.38 ± 2.22mmol/L, ウォーキングで5.51 ± 2.46mmol/L, 座位安静で6.44 ± 2.34mmol/Lであった。ウォーキングと比較して70%OBLA泳の血中乳酸濃度が有意に低い傾向が認められ(p=0.058), PRである座位安静と比較してAR群である70%OBLA泳(p<0.05)およびウォーキング(p<0.05)の血中乳酸濃度が有意に低かった。クーリングダウン終了5分後の血中乳酸濃度は、70%OBLA泳で3.42 ± 1.46mmol/L, ウォーキングで4.69 ± 2.03mmol/L, 座位安静で5.18 ± 1.99mmol/Lであった。ウォーキングと比較して70%OBLA泳の血中乳酸濃度が有意に低く(p<0.05), 座位安静と

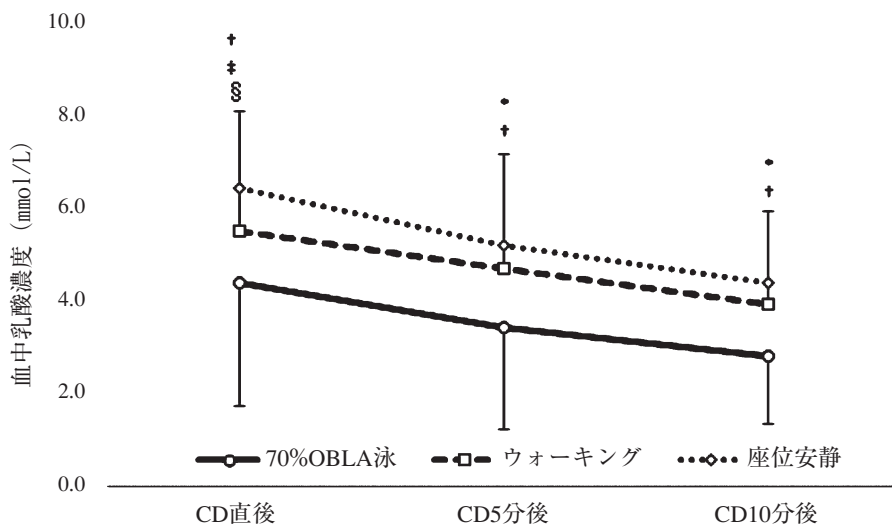


図2 クーリングダウン試技終了後における血中乳酸濃度変化

- * : 70%OBLA泳 vs ウォーキング (p<0.05)
- † : 70%OBLA泳 vs 座位安静 (p<0.05)
- ‡ : ウォーキング vs 座位安静 (p<0.05)
- § : 70%OBLA泳 vs ウォーキング (p<0.10)

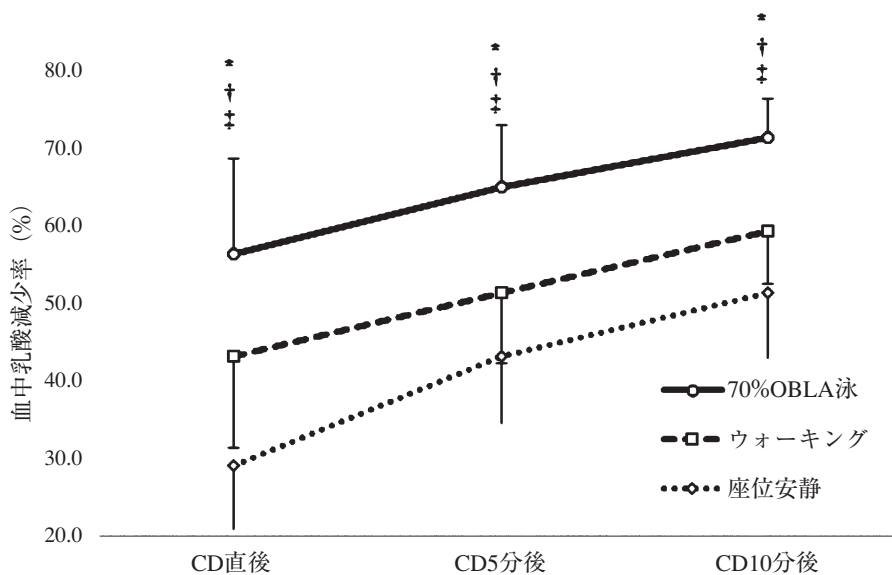


図3 クーリングダウン試技終了後における血中乳酸減少率

- * : 70%OBLA泳 vs ウォーキング (p<0.05)
- † : 70%OBLA泳 vs 座位安静 (p<0.05)
- ‡ : ウォーキング vs 座位安静 (p<0.05)

比較しても70%OBLA泳の血中乳酸濃度が低かったが(p<0.05), ウォーキングと座位安静の間に有意な差が認められなかった。クーリングダウン終了10分後の血中乳酸濃度は、

70%OBLA泳で 2.79 ± 1.09 mmol/L, ウォーキングで 3.90 ± 1.69 mmol/L, 座位安静で 4.38 ± 1.59 mmol/Lであった。ウォーキングと比較して70%OBLA泳の血中乳酸濃度が有意に低

く ($p<0.05$), 座位安静と比較しても70%OBLA泳の血中乳酸濃度が低かったが ($p<0.05$), ウォーキングと座位安静の間に有意な差が認められなかった。

3) 血中乳酸減少率

クーリングダウン終了直後, 5分後, 10分後の血中乳酸減少率を図3に示した。クーリングダウン終了直後の血中乳酸減少率では, 70%OBLA泳が $56.6 \pm 12.2\%$, ウォーキングが $43.2 \pm 11.9\%$, 座位安静が $29.1 \pm 8.3\%$ であった。ウォーキングと比較して70%OBLA泳の血中乳酸減少率が有意に高く ($p<0.05$), 座位安静と比較して70%OBLA泳およびウォーキングの血中乳酸減少率が有意に高かった ($p<0.05$)。クーリングダウン終了5分後の血中乳酸減少率では, 70%OBLA泳が $65.2 \pm 7.8\%$, ウォーキングが $51.4 \pm 9.2\%$, 座位安静が $43.2 \pm 8.6\%$ であった。クーリングダウン終了直後と同様に, ウォーキングと比較して70%OBLA泳の血中乳酸減少率が有意に高く ($p<0.05$), 座位安静と比較して70%OBLA泳およびウォーキングの血中乳酸減少率が有意に高かった ($p<0.05$)。クーリングダウン終

了10分後の血中乳酸減少率では, 70%OBLA泳が $71.6 \pm 4.9\%$, ウォーキングが $59.5 \pm 6.9\%$, 座位安静が $51.4 \pm 8.4\%$ であった。クーリングダウン終了直後およびクーリングダウン終了5分後と同様に, ウォーキングと比較して70%OBLA泳の血中乳酸減少率が有意に高く ($p<0.05$), 座位安静と比較して70%OBLA泳およびウォーキングの血中乳酸減少率が有意に高かった ($p<0.05$)。

4) 心拍数

クーリングダウン中の平均心拍数を図4に示した。クーリングダウン中の平均心拍数は, 70%OBLA泳で 132 ± 8 beats/分, ウォーキングで 109 ± 10 beats/分, 座位安静で 98 ± 11 beats/分であった。ウォーキングと比較して70%OBLA泳の平均心拍数が有意に高く ($p<0.05$), 座位安静と比較して70%OBLA泳およびウォーキングの平均心拍数が有意に高かった ($p<0.05$)。

4. 考察

本研究の基本となるTrial 1時の泳タイム, 血中乳酸濃度, 最大心拍数は, 各試技条

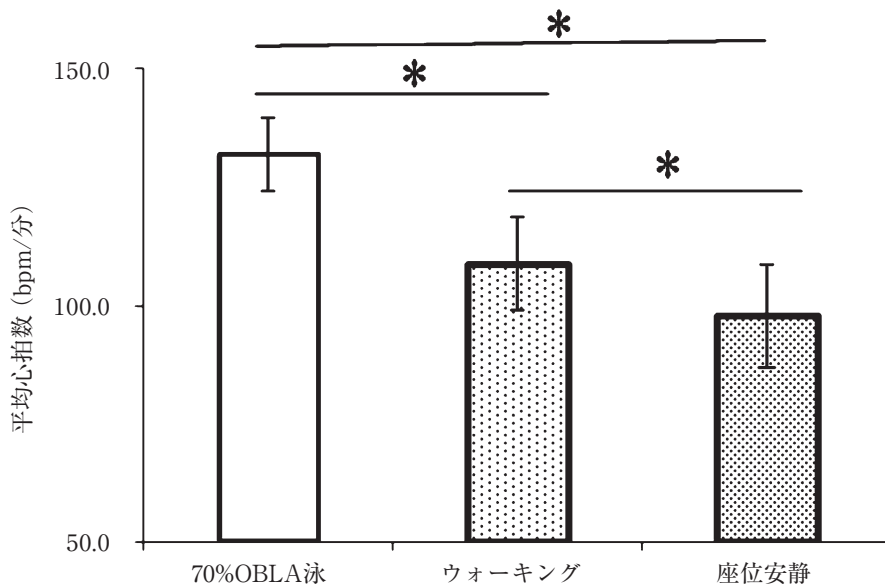


図4 クーリングダウン中の平均心拍数

件間において有意な差は認められなかった。このことから、200m最大努力泳はほぼ同レベルであり、各クーリングダウンの効果を検討する上で妥当であったと考えられる。

1) 血中乳酸減少率と心拍数から見た各クーリングダウンの効果について

これまでの先行研究によって、激運動後の血中乳酸濃度を低下させるためには、PRを用いるよりもARを用いた方が有効であることが報告されている(天野ら, 2006; Bangsbo et al., 1994; Belcastro and Bonen., 1975; Bonen and Belcastro., 1976; Greenwood et al., 2008; 岩原ら, 2000; McMaster et al., 1989a; Monedero and Donne., 2001; Reaburn and Mackinnon., 1990; Stamford et al., 1981; Weltman et al., 1977)。これは、運動により筋血流量が増加し血液中に乳酸の放出が速やかに行われ、心筋、作業筋などでエネルギー源としての利用が促進されるためである(八田, 1993)。本研究でも先行研究と同様に、AR群である70%OBLA泳およびウォーキングの方が、PRである座位安静よりもクーリングダウン終了直後の血中乳酸減少率が有意に高値を示した。このことより、主運動と異なる運動様式および運動環境ではあるが、ARを行うことによりクーリングダウンとしての効果があることが示唆された。

一方で、同じAR群である70%OBLA泳とウォーキングの間にも、クーリングダウン終了直後、5分後および10分後の乳酸減少率は、70%OBLA泳の方が有意に高値を示した。このことより、本研究では70%OBLA泳の方がウォーキングよりもクーリングダウンとしての有用性を示した。後藤・檜崎(1995)の報告では、自転車と平泳ぎでのクーリングダウンを比較した際に、自転車は脚だけの運動であるのに対して、水泳は腕および脚で運動を行っているため、両者の呼吸レベルでの代謝水準が同様であっても活動筋量が多い水泳の方が血中乳酸濃度を素早く低下させる可能

性を示唆している。本研究でのAR群においても、全身運動である70%OBLA泳と、主動筋が下肢のみであるウォーキングでは、クーリングダウン時に利用した活動筋量に違いがあったため、血中乳酸減少率に違いが見られたと考えられる。さらに、潜水性徐脈の影響により、同一運動強度であっても心拍数は陸上での運動よりも水中の方が低値を示すが、本研究でのクーリングダウン中の平均心拍数は、70%OBLA泳の方がウォーキングより有意に高値を示した。クーリングダウンの運動強度が低い場合、活動筋の血流量が減少し、エネルギー源としての乳酸の利用率が低下する(青木, 1988)。そのため、運動環境および活動筋量が異なる両試技ではあるが、70%OBLA泳の方が、ウォーキングよりもクーリングダウンとしての運動強度に適していた可能性が考えられる。

2) クーリングダウンがパフォーマンスに与える影響

各クーリングダウン実施時のTrial 1およびTrial 2において、泳タイムに有意な差は認められなかった。このことは、本実験で用いたクーリングダウン試技による、その後のパフォーマンスへの影響は小さいことを示している。この原因として、Trial 2開始前の5分前にあたるクーリングダウン終了10分後の血中乳酸濃度が座位安静試技においても70%OBLAとほぼ同等な値まで低下したことが考えられる。

5. 今後の課題

本研究の課題として、70%OBLAよりもウォーキングの運動強度が低かったこと、全身運動ではなかったことが挙げられる。今後は歩行速度を上げること、ノルディックウォーキングのように主動筋が下肢のみとならない運動を用いるなど、陸上でのクーリングダウン方法を再検討する必要がある。

6. 結論

本研究では、サブプールを保有していない施設での大会が多いジュニア競泳選手の試合環境を想定し、ジュニア競泳選手がサブプールを使用せずに実施可能なクーリングダウンの方法を検討し、その後のパフォーマンスにどのような影響を与えるかを検証することを目的とした。本実験条件では、200m自由形の最大努力泳後に行うクーリングダウンとして、水中で行うクーリングダウンが最も血中乳酸値を低下させることが認められた。陸上で行うクーリングダウンは、座位安静より血中乳酸濃度を低下させることが可能であり、クーリングダウンとして有効な方法となり得ることが示唆された。しかしながら、各クーリングダウンのTrial 1およびTrial 2の泳タイムにおいて有意な差が認められなかったことにより、本実験で用いたクーリングダウン試技による、その後のパフォーマンスへの影響は少ないと考えられた。

附記

本研究は、研究開始当初において研究倫理審査を受審しなかったが、本研究を公刊するにあたり、びわこ成蹊スポーツ大学図書・学術委員会における倫理審査を受審し、妥当な倫理的配慮がなされているものと判断された。

引用文献

天野雅・松本孝朗・中野匡隆 (2006) 運動後の血中乳酸濃度の回復に対する時間軸を変えたクーリングダウン効果. 体力科学, 55(6) : 621.
 青木純一郎 (1988) クーリングダウンの生理学. Japanese Journal of Sports Sciences, 7 : 628-630.
 Bangsbo, J., Graham, T., Johansen, L., Saltin, B. (1994) Muscle lactate metabolism in recovery form intense exhaustive exercise: Impact of light exercise. Journal of Applied Physiology, 77 : 1890-1895.

Belcastro, A. N. and Bonen, A. (1975) Lactic acid removal rates during controlled and uncontrolled recovery exercise. Journal of Applied Physiology, 39 : 932-936.
 Bonen, A. and Belcastro, A. N. (1976) Comparison of self selected recovery methods on lactic acid removal rates. Medicine and Science in Sports and Exercise, 8 : 176-178.
 後藤真二・檜崎龍一 (1995) 水泳による積極的回復がその後の血中乳酸動態およびパフォーマンスに及ぼす影響. デザントスポーツ科学, 16 : 209-216.
 Greenwood J. D., Moses E. D., Bernardino F. M., Gaesser G. A., Weltman A. (2008) Intensity of exercise recovery, blood lactate disappearance, and subsequent swimming performance. Journal of Sports Science, 26(1) : 29-34.
 八田秀夫 (1993) 運動中および運動後における乳酸の代謝. Japanese Journal of Sports Sciences, 12 : 767-772.
 岩原文彦・松本高明・浅見俊雄 (2000) 4mMOBLAを基準としたクーリングダウン泳について. トレーニング科学, 12(1) : 1-8.
 McMaster, W. C., Stoddard, T., Duncan, W. (1989a) Enhancement of blood lactate clearance following maximal swimming: Effect of speed of recovery swimming. American Journal of Sports Medicine, 17 : 472-477.
 McMaster, W. C., Stoddard, T., Duncan, W. (1989b) The enhancement of lactate clearance by continuous submaximal swimming. Journal of Swimming Research, 5 : 19-21.
 Monedero, J. and Donne, B. (2001) Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance. International Journal of Sports Medicine, 21 : 593-597.
 並木和彦・村川俊彦 (1997) 水泳における効果的なクーリングダウンの研究: 100m自由形について. スポーツ方法学研究, 10(1) : 39-50.
 Reaburn, P. R. and Mackinnon, L. T. (1990) Blood lactate responses in older swimmers during active and passive recovery following

- maximal sprint swimming. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 61 : 246-250.
- Stamford, B. A., Weltman, A., Moffatt, R., Sady, S. (1981) Exercise recovery above and below anaerobic threshold following maximal work. *Journal of Applied Physiology*, 51 : 840-844.
- Weltman, A., Stamford, B. A., Moffatt, R. J., Katch, V. L. (1977) Exercise recovery, lactate removal, and subsequent high intensity exercise performance. *Research Quarterly of the American Association of Health, Physical Education and Recreation*, 48 : 786-796.