

運動後の15°C冷水浴が血中乳酸濃度及び直腸温に与える影響

中野匡隆*, 松本孝朗*

Effects of 15°C cold water immersion after submaximal exercise on plasma lactate concentration and rectal temperature

Masataka Nakano* and Takaaki Matsumoto*

Abstract

In the present study the effects of post-exercise cold water immersion on plasma lactate concentration, heart rate, rectal temperature, thermal sensation and fatigue sensation were examined in five young healthy males. Each subject was immersed into the water at two different conditions up to the nipple level for 15 min after the 15 min ergometer exercise at 80% $\dot{V}O_2$ max, and then sat in air for 15 min. two conditions were set; (1) cold water (15°C), (2) no water in the bath tub (control). The plasma lactate concentration reduction rate in 15°C water immersion was larger than in no water (control). Rectal temperature decreased more quickly in 15°C than in no water (control). Thermal sensation during immersion at 15°C was lower than control. There were no differences in the changes of heart rate and fatigue sensation between the two conditions. In conclusion, 15°C water immersion after submaximal exercise resulted in the larger reduction rate in plasma lactate concentration and rectal temperature than sitting in air.

Key words: cold water immersion, plasma lactate concentration rectal temperature

1. 目的

競技スポーツの中にはリーグ戦形式などで数日に及ぶ連戦や1日のうちに数回の競技を行うものもあり、効果的な回復方法が必要である。また、毎日のトレーニングを効果的に行うために素早く疲労を回復させる方法は、競技力向上のための重要な要因のひとつである。筋疲労の効果的な回復方法として、軽運動、入浴などにより血流を促進させ、血中の乳酸の利用を亢進させることがあげられる^{1,5,7,8,10,11)}。一般に、高強度運動後の回復期に、低強度のアクティブリカバリーを実施すると活動筋への血流量が増加するため、安静保持に比べ、血中乳酸濃度の低下を早めることが知られている^{1,5,8,11)}。近年では、冷水浴やアイシングもよく用いられている。そこで本研究では、冷水浴が血中乳酸濃度および核心温に与える影響を調査した。

2. 方法

健康な男子学生5名が被験者として実験に参加した。被験者の年齢、身長、体重、最大酸素摂取量($\dot{V}O_2$ max)は、それぞれ23±3歳、171±4cm、63±5kg、43±2ml/kg/min(平均±標準偏差)であった。実験は中京大学大学院体育学研究科倫理委員会の承認を受け、被験者に口頭と書面にて実験の目的、内容、予想し得る最小限の苦痛・危険性等について十分な説明を行い、インフォームド・コンセントを得た上で実施した。実験当日、被験者には事前に測定した最大酸素摂取量より算出した80% $\dot{V}O_2$ max相当の運動強度の自転車こぎ運動を15分間行なわせ、運動後に以下の2条件のいずれかを行なわせた。その後、リクライニングチェア上にて15分間の座位安静を行なわせた。条件は(1)冷水浴(15°C)、(2)座位安静(冷水浴なし)、無作為の順序で少なくとも1日以上の間隔を空けて行なった。実験は室温28°C、相

対湿度50%に設定した人工気候室（タバイエスベック社製）内にて実施した。直腸温用サーミスタを肛門からおよそ10cm までに挿入し、直腸温を1分毎に記録した。前腕表在静脈に挿入したカテーテルから、運動前、運動終了直後、3、5、7、10、15、22、30分後に血液を採取し、冷却遠心分離（4℃、3,000rpm）によって得られた血漿を用いて、YSI2300（YSI社製）にて酵素法により血中乳酸濃度を測定した。実験中は心電図をモニターし、5分毎に心拍数（HR）を記録した。温熱感覚および疲労感を5分毎に申告させた。温熱感覚は、（1）寒い、（2）涼しい、（3）少し涼しい、（4）中立、（5）少し暖かい、（6）暖かい、（7）暑い、疲労感は（1）非常に楽である、（2）楽である、（3）少し楽である、（4）中立、（5）少し疲れている、（6）かなり疲れている、（7）非常に疲れているの7段階にて評価した。各項目の値は平均±標準偏差で示した。

3. 結果

血中乳酸濃度は、2条件とも運動によって上昇し、運動終了時にピークに達した。その後、徐々に低下した。しかしながら、坐位安静条件に比較し、冷水浴条件は入浴中に低い値を示す傾向にあった。（図1）

心拍数は、2条件とも運動によって上昇し、

運動終了時にピークに達した。その後、速やかに低下した。（図2）

直腸温は、2条件とも運動によって上昇し、冷水浴条件で運動後6分、坐位安静条件で運動後9分にピークとなった。また、ピーク時の温度は、冷水浴条件で37.65℃、坐位安静条件で37.82℃であった。くわえて、坐位安静条件に比較し、冷水浴条件は運動終了後一貫して、低い値を示した。（図3）

温熱感覚は、2条件とも運動によって「暑い」へシフトし、坐位安静条件では、その後、「中立」へ戻った。しかしながら、坐位安静条件に比較し、冷水浴条件では、冷水浴中で「涼しい」、冷水浴後で「少し涼しい」という回答が得られた。（図4）

疲労感は、運動によって上昇し、その後、徐々に回復していった。しかしながら、坐位安静条件に比較し、冷水浴条件が若干低い傾向にあった。（図5）

4. 考察

入浴にはその静水圧の作用によって中心静脈環流量を増加させる効果があり¹²⁾、この効果によって遅筋や心筋、肝臓などでの乳酸の代謝が促進され^{2,3,11)}、軽運動（アクティブレスト）に類似した効果を得ることができる。この効果が30～38℃の入浴で得られるということは既に

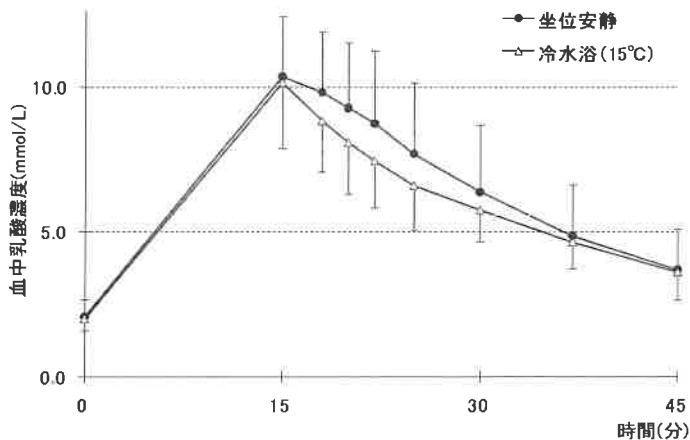


図1 血中乳酸濃度の変化

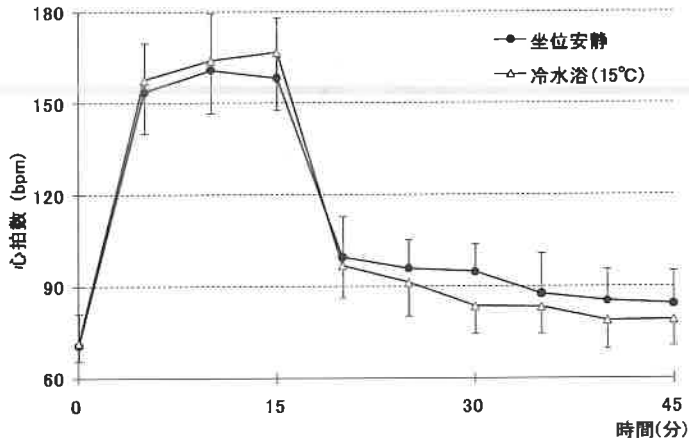


図2 心拍数の変化

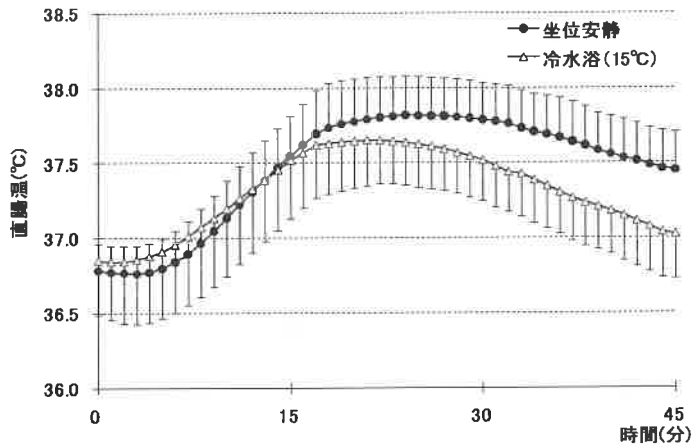


図3 直腸温の変化

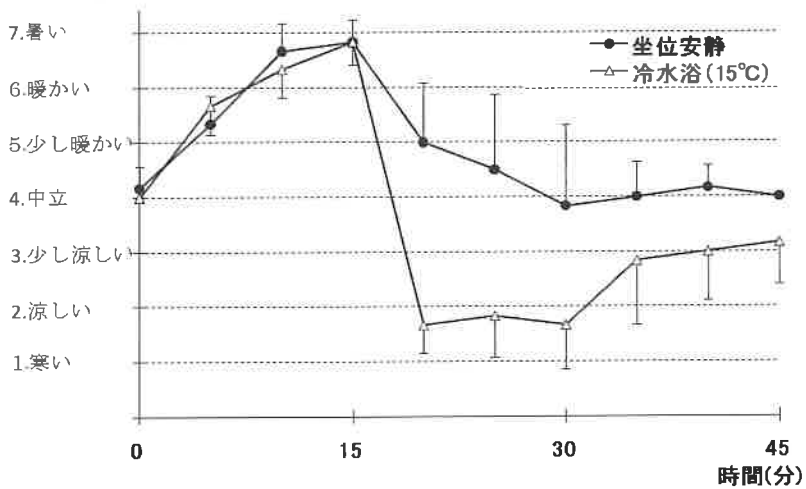


図4 温熱感覚の変化

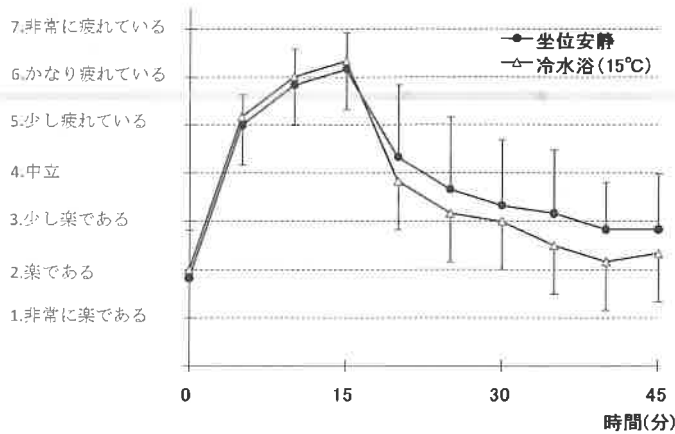


図5 疲労感の変化

明らかとなっており、くわえて、今回の実験では、15℃の入浴でも同様の結果が得られた。さらに、入浴が筋緊張を緩和させることもいわれている。今回の実験では、冷水浴条件において、疲労感が若干ではあるが低い傾向であったことから、運動後の疲労回復に15℃の冷水浴も有益であると考ええる。

核心温の過度な上昇が運動継続を制限することや^{6,9)}、熱中症の原因となることから、暑熱環境下などで核心温が過度に上昇した場合、速やかにベースラインまで低下させることは有益である^{4,6,9)}。以前までは核心温を低下させるためには極端な冷水浴は皮膚血管収縮やシバリングなどによりかえって核心温が上がるといわれ、禁忌とされてきた。しかしながら、現在では、たとえ皮膚血管収縮やシバリングが起こっても出来る限りの冷水に浸漬させた方が、速やかに核心温を低下させることが報告され⁴⁾、熱中症の応急処置のゴールドスタンダードも変わってきている。今回の実験においても、冷水浴条件で、運動後に達する直腸温のピークが低く抑えられたうえに、そこからの低下も早まった。くわえて、温熱感覚の回答が「涼しい」へシフトしたことから、上昇した核心温の回復に冷水浴が有効であると考ええる。

5. 結論

水温30～38℃の入浴で運動で上昇した血中乳

酸濃度の速やかに回復することが報告されているが水温15℃の入浴でも同様におこる。また、15℃の入浴は核心温を効率良く低下させる。これらのことから、水温15～38℃の入浴は、疲労回復に有益であり、特に水温15℃の入浴は核心温が過度に上昇するような条件下で効果的である。

文献

- 1) Stamford, B.A., Weltman, A., Moffat, R., Sady, S. Exercise recovery above and below anaerobic threshold following maximal work. *J Appl Physiol*, 51: 840-844, 1981.
- 2) Belcastro, A.N., Bonen, A. Lactic acid removal rates during controlled and uncontrolled recovery exercise. *J Appl Physiol*, 39: 932-936, 1975.
- 3) Brooks, G.A., Brauner, K.E., Cassens, R.G. Glycogen synthesis and metabolism of lactic acid after exercise. *Am J Physiol*, 224(5): 1162-1166, 1973.
- 4) Proulx, C.I., Ducharme, M.B., Kenny, G.P. Effect of water temperature on cooling efficiency during hyperthermia in humans. *J Appl Physiol*, 94: 1317-1323, 2002.
- 5) Coffey, V., Leveritt, M., Gill, N. Effect of recovery modality on 4-hour repeated treadmill running performance and changes in physiological variables. *J Sci Med Sport*, 7(1): 1-10, 2004.
- 6) Gonzalez-Alonso, J., Teller, C., Andersen, S.L.,

- Jensen, F.B., Hyldig, T., Nielsen, B. Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *J Appl Physiol*, 86(3): 1032-1039, 1999.
- 7) Hermansen, L., Osnes, J. Blood and muscle pH after maximal exercise in man. *J Appl Physiol*, 30: 304-308, 1972.
- 8) Monedero, J., Donne, B. Effect of Recovery Interventions on Lactate Removal and Subsequent Performance. *Int J Sports Med*, 21(8): 593-597, 2000.
- 9) Lars Nybo Bodil Nielsen. Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *J Appl Physiol*, 91: 1055-1060, 2001.
- 10) Nakamura, K., Takahashi, H., Shimai, S., Tanaka, M. Effects of immersion in tepid bath water on recovery from fatigue after submaximal exercise in man. *Ergonomics*, 39(2): 257-266, 1996.
- 11) Rowell, L.B., Kraning, K.K., Evans, T.O., Kennedy, J.W., Blackmon, J.R., Kusumi, F. Splanchnic removal of lactate and pyruvate during prolonged exercise in man. *J Appl Physiol*, 21(6): 1773-1783, 1966.
- 12) Wilcock Ian M., Cronin John B., Hing Wayne A. Physiological Response to Water Immersion: A Method for Sport Recovery? *Sports Med*, 36(9): 747-765, 2006.

