

研究論文 (実践研究)

入浴・保温による身体加温が 運動パフォーマンスに及ぼす影響

—— (第二報) 間欠運動パフォーマンスに及ぼす影響 ——

関口 泰樹*, 小野 太寛**, 平川 和文***

Effect of Active Body Heating by Taking a Bath as a Conditioning Method on Exercise Performance :

2nd Report : Effect on Intermittent Exercise Performance

Yasuki Sekiguchi*, Takahiro Ono**, Kazufumi Hirakawa***

要 約

本研究の目的は、入浴・保温による身体加温が間欠運動パフォーマンスに及ぼす影響を明らかにすることである。被験者は7名の男子大学生であり、彼らに身体加温条件および非加温条件の2条件で間欠運動課題を行った。その結果、間欠運動時平均パワーは身体加温条件が非加温条件より有意に高い値を示した。また、間欠運動終盤のパワー低下率は、加温条件が非加温条件より有意に低い値であった。これらの結果は、入浴・保温による身体加温が間欠運動パフォーマンスの改善に有効であることを示唆する。

キーワード：身体加温、間欠的運動パフォーマンス、パワー

* Department of Kinesiology, University of Connecticut
2095 Hillside Road U-1110, Storrs, CT 06269

** 神戸大学大学院人間発達環境学研究科からだ系専攻
〒657-8501 兵庫県神戸市灘区鶴甲3-11
Graduate School of Human Development and Environment,
Kobe University
3-11 Tsurukabuto, Nada-ku, Kobe, Hyogo,
657-8501 Japan

*** 京都学園大学健康医療学部健康スポーツ学科
〒621-8555 京都府亀岡市曾我部町南条大谷1番地1
Department of Health and Sports, Faculty of Health and
Medicine, Kyoto Gakuen University
1-1Nanryo-Ohtani, Sogabe, Kameoka-city, Kyoto Pref. 621-
8555, Japan

受付日：2016年9月12日

受諾日：2017年2月9日

Abstract

The purpose of this study was to make clear whether active body heating using taking a bath and keeping warmth was effective on intermittent exercise performance, or not. Seven male students were participated in this study. They were performed intermittent exercises with a body heating and a non-heating conditions, and were measured power outputs during the exercise. Average power of the body heating condition was significantly higher than that of the non-heating condition. Power decrease, also, was significantly lesser in the body heating condition than that in the non-heating condition. These results suggested that the active body heating using taking a bath would be effective on improving intermittent exercise performance.

Key words : Body Heating, Intermittent Exercise Performance, Power

I. 緒 言

競技において、高いパフォーマンスを発揮するためには、身体的・心理的コンディションを整えて臨むことは極めて重要である。近年、新たな身体的コンディショニングの方法として、事前に全身を加温することにより、パフォーマンスに好影響を与えることが報告されている。加温が運動パフォーマンスに及ぼす報告として、伊藤ら⁴⁾は、運動2日前に遠赤外線装置を用いて加温した結果、トレッドミルによる負荷漸増法オールアウトテストのパフォーマンスおよび Onset of Blood Accumulation (OBLA) 時の走速度が向上したと報告している。筆者らも本研究の第一報において、身体を加温が持久運動パフォーマンスの改善および筋ダメージの軽減に効果的であることを報告した。無酸素的運動パフォーマンスに関しては、滝山ら¹⁰⁾は、同じく遠赤外線装置を用いて加温した場合、自転車エルゴメーターにおける無酸素性最大パワーが増大したことを報告している。その他、身体加温の効果として、運動やトレーニングに伴う筋線維の肥大、筋損傷発生の軽減、筋疲労耐性の向上等が報告されている^{11,13)}。これらのメカニズムとして、加温により身体にストレス性のタンパク質 (Heat Shock Protein) が発現して筋疲労や細胞の損傷を抑制し、パフォーマンスが向上すると報告されている。しかし、加温と運動パフォーマンスの関係に関する研究はまだ少なく、未だ解明されていないことが多い。

身体加温が運動に与える影響に関する先行研究としては、トレッドミルを用いた持久的な運動が多く取り上げられている。球技系スポーツをはじめとする多くのスポーツの運動形態は高強度運動と低強度運動を長時間反復する間欠的な運動様式である。即ち、無酸素的エネルギー供給と有酸素的エネルギー供給を長時間反復する運

動である。間欠的な運動に対する身体加温の影響は、筆者らの知る限り明らかにされていない。事前の加温により OBLA が向上したという先行研究から、加温は高強度運動による血中乳酸の産生・蓄積を抑制し、運動をより有酸素的エネルギー供給下で遂行できるようにするものと考えられる。このことよって、糖を運動の後半まで貯めておくことが可能となり、間欠運動スポーツにおいて運動パフォーマンスの持続や向上に有利に作用すると考えられる。身体加温の方法として、第一報で用いた一般的な入浴・保温による身体加温方法が間欠運動パフォーマンス向上に有効であることが明らかになれば、多くのスポーツのコンディショニング方法として有益な知見となる。

本研究の目的は、入浴・保温による身体加温が間欠的な運動パフォーマンスに及ぼす影響を明らかにし、運動前のコンディショニングとして入浴・保温方法による身体加温の有効性を検討することである。

II 方 法

A. 被験者

被験者の7名中5名は運動部に所属、残り2名は元運動部の健康な男子大学生7名(身長 168.8 ± 7.7 cm, 体重 63.1 ± 7.2 kg, 年齢 21.4 ± 1.0 歳)であった。彼らの競技種目の内訳は、陸上競技経験者が4名、球技系スポーツ経験者が3名であった。本研究は神戸大学大学院人間発達環境学研究倫理委員会の許可を得て実施した。

B. 実験手順

間欠運動は、自転車エルゴメーターを用いて、体重の7.5% 荷重による5秒間の全力ペダリング運動を20秒間の休息をはさみ10回反復するものとした。被験者には、

ペース配分せずに最初から全力で漕ぐように指示した。得られたパワー値からピークパワー、平均パワー、パワー低下率を求めた。このプロトコルは参考文献¹⁴⁾で示されている間欠的なハイパワーを測定するものである。運動中、心拍数 (RS800CK, Polar) を測定した。また、間欠運動の前後に視覚的アナログスケール (0~100) 法による主観的疲労度を測定した。

この間欠運動を、運動課題実施2日前に下記に示す加温条件と加温しなかった非加温条件の2条件をランダムに行った。それぞれの条件での間欠運動は、1週間空け同時間帯に行ったが、被験者には普段通りの生活を過ごすことを指示しており、2条件間で身体的なコンディションに差はなかったと考えられる。W-up は特に規定せず被験者に任せたが、2回の測定では同様な W-up 内容とするように指示した。間欠運動は W-up 後5分間の安静を挟んだ後実施した。

C. 加温方法

先行研究の加温方法の多くは遠赤外線装置を用いており、効果的な加温条件として、伊藤⁶⁾は、1~2℃の舌下温の上昇が必要で、全身を40~42℃で30分間加温することを提唱している⁵⁾。稲見ら³⁾は加温時の平均舌下温が38℃前後となることを提唱している。先行研究で用いられている遠赤外線装置は高価で加温方法として一般への普及はまだ難しい。そこで本研究では、より現場で応用可能な方法ということで、入浴と保温による加温方法を用いた。具体的には、予備実験で舌下温を37.8℃以上まで上昇させ、それを出来る限り維持する入浴・保温条件を検討した。その結果、40~41℃のお湯に10分間入浴した後、お湯からあがり、25分間厚めのタオルケットや布団で全身を包んでじっと座り、身体を保温するという方法により可能であることが認められた。そこで加温条件では、運動課題の2日前にこの方法で身体加温を行った。実際の入浴時の水温は入浴開始時40.9±0.6℃、入浴終了時は40.2±0.7℃であった。また舌下温は入浴5分後37.6±0.7℃、入浴終了時37.9±0.3℃、そして保温終了時は37.4±0.5℃であった。このように今回の加温方法により、舌下温を37.8℃まで上昇し、1~2℃上昇した状態を維持するという条件は満たされていた。

非加温条件では、運動課題実施3日前から入浴はせず

にシャワーのみとした。加温条件も連続加温の影響¹⁹⁾を防ぐため、運動課題3日前および前日はシャワーのみとした。なお、運動課題実施前3日間は特別な身体活動はせず、普段と同じように生活するように指示した。

D. 統計処理

全ての統計処理にはSPSS Ver. 11.5を用いた。統計量は平均値±標準偏差で示した。加温条件と非加温条件の比較は、対応のあるT検定で行った。また、各項目の条件内での比較は、対応のあるT検定ならびに、一元配置分散分析とTukeyの方法による多重比較検定を行った。有意水準は5%未満とした。

III 結 果

A. 10回反復の発揮パワー推移

表1に両条件下における間欠運動時の発揮パワーの平均値と標準偏差を示す。また図1に、加温条件と非加温

表1 間欠運動時発揮パワー値の比較

パワー (watts)	非加温条件	加温条件
Bout number	Mean±SD	Mean±SD
1 st	580.6±118.1	576.3±99.7
2 nd	580.6±118.7	557.3±107.2
3 rd	555.4±92.2	546.7±115.0
4 th	530.1±74.5	537.4±98.9
5 th	507.0±92.2	525.6±94.9
6 th	502.0±91.3	510.1±89.4
7 th	493.3±71.6	515.7±105.5
8 th	491.6±95.7	503.0±76.4
9 th	447.3±89.4*	496.3±89.2
10 th	468.0±83.7*	491.3±85.4
Average	515.6±97.7	526.0±94.1

* : p<0.05

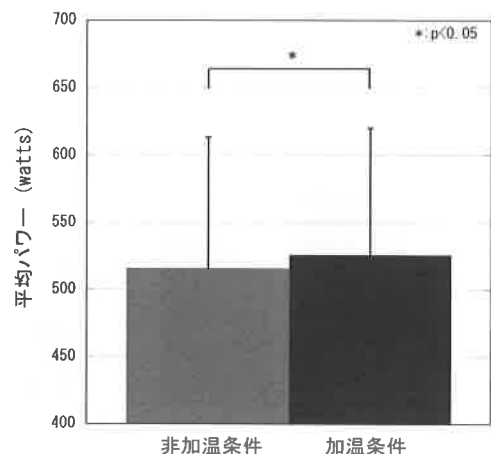


図1 間欠運動平均パワーの比較

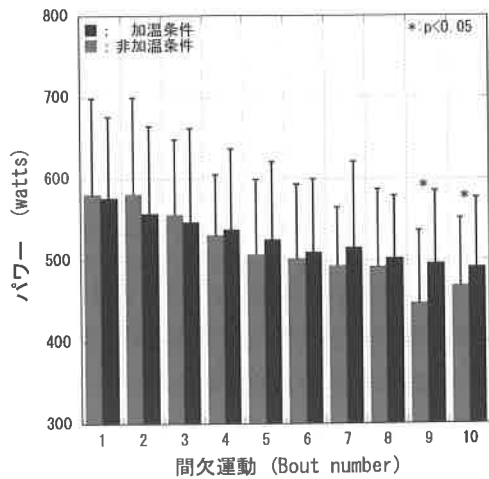


図2 間欠運動時平均パワー推移の比較

条件について、10回の平均発揮パワーを示す。加温条件の平均パワーは、非加温条件より有意 ($p < 0.05$) に高い値が認められた。図2に間欠運動の10回反復の発揮パワーの推移を示す。第9回目と第10回目では、加温条件が非加温条件に比べて有意 ($p < 0.05$) に高い値を示した。

B. 区間別平均パワー

図3に、間欠運動を1~3回目・4~7回目・8~10回目の3区間に分けた時の発揮パワーの変化を示す。終盤の8~10回目において、加温条件は非加温条件より有意 ($p < 0.05$) に高い値を示した。図4に1~3回目の値を基準 (100%) とした中盤・終盤の発揮パワーの低下率を示す。非加温条件では、序盤に比べて中盤は $90 \pm 7\%$ 、終盤は $83 \pm 7\%$ と、いずれも有意な低下を示した

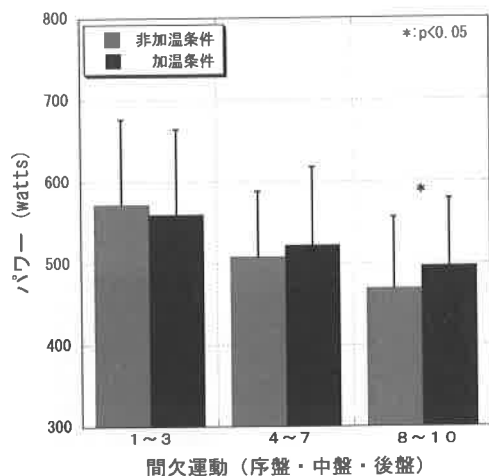


図3 間欠運動区間別平均パワーの比較

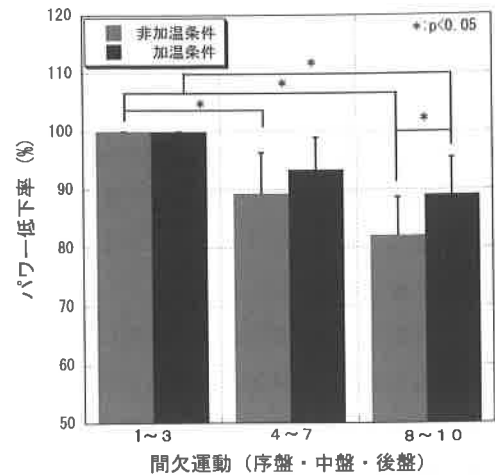


図4 間欠運動区間別平均パワー低下率の比較

が、加温条件では、中盤は $93 \pm 5\%$ と有意な低下は認められず、終盤のみ $89 \pm 6\%$ と有意な低下が認められた。3区間の発揮パワー低下率をそれぞれ両条件間で比較すると、終盤において、加温条件の方が有意に低下は少なかった (83 ± 7 vs $89 \pm 6\%$, $p < 0.05$)。

C. 心拍数・視覚的アナログスケール

運動課題中の心拍数は、加温条件で 164 ± 15 bpm、非加温条件で 156 ± 8 bpm、主観的疲労度は 75 ± 22 vs 85 ± 16 であり、何れも両条件間に有意な違いは認められなかった。

IV. 考 察

本研究は、入浴・保温による身体加温が、間欠運動時パフォーマンスにも有効かどうか検討するために行った。運動としては、多くのスポーツの運動パターンである間欠運動を用いた。その結果、ピークパワーには、加温条件と非加温条件間に有意な差は認められなかったが、10回の平均パワーおよびパワー低下率において、加温条件のほうが有意に低下率は少ないということが認められた。これらの結果より、身体加温が、間欠運動においてもパフォーマンスの向上に有効であることを示唆するものである。滝山ら¹⁸⁾は、遠赤外線装置を用いて加温した場合、自転車エルゴメーターにおける無酸素性最大パワーが増大したことを報告しているが、本研究ではピークパワーに差がなかったことから、先行研究を異なる結果が得られた。この理由としては明確ではないが、運動課題の違

いが考えられる。また、間欠運動中に測定した心拍数および主観的疲労度には、両条件間で有意な差がみられなかったことから、いずれの条件においても間欠運動を最大努力で遂行していたものと推察される。

本研究では、両条件下でピークパワーには変化がみられず、身体加温は筋の無酸素的ハイパワー発揮には影響を及ぼさないものと考えられる。しかし、加温条件において平均パワーおよびパワー低下率が有意に小さい値を示したことは、高強度運動による疲労からの早い回復には有効かと推察される。伊藤ら^{4,5)}は、マウスの下肢筋のクレアチンリン酸・ATPは、運動前に身体加温しない場合は40分後に枯渇したのに対し、身体加温1日後では55分後に枯渇し、2日後では60分後でも残っていたこと、また、身体加温2日後にエネルギー枯渇の遅延、筋細胞の機能維持、骨格筋損傷の軽減などが起こると報告している。このメカニズムとして、加温により身体にHeat Shock Proteinが発現して筋疲労や細胞の損傷を抑制したと考えられる。これらの先行研究は、今回の研究で示された後半のパワー低下の軽減を支持し、身体加温により間欠運動時のハイパワー持続能力が後半まで維持されることを示唆するものである。また伊藤ら⁴⁾は、遠赤外線装置を用いて加温した結果、トレッドミルによる負荷漸増法オールアウトテストのパフォーマンスおよびOnset of Blood Accumulation (OBLA) 時の走速度が向上したと報告している。これらのことから、ある強度の運動時における主なエネルギー源を加温によって糖から脂肪由来に変更できる可能性があるのではないかと考えられる。このことにより、本研究でも運動課題の前半でのエネルギー源としての糖の利用が抑制され、後半にそれを利用できたことから、後半のパワー低下が軽減された可能性がある。

V. まとめ

一般的な入浴・保温を用いた身体加温が間欠運動パフォーマンスに及ぼす影響を検討するため、男子大学生7名に対して、加温および非加温条件で間欠運動を実施し、発揮パワーについて比較・検討した。

その結果加温条件では、ピークパワーに違いは見られなかったものの、パワー低下率は非加温条件より有意に抑制された。このことから、入浴・保温による身体加温

は間欠運動パフォーマンスの改善に効果的であることが明らかとなった。しかし、被験者数が少ないなどの点は研究限界であり、今後さらなる研究が必要である。

最後に、本卒業研究を行うに辺り、ご指導頂いた神戸大学大学院人間発達環境学研究科（当時）平川和文教授ならびに神戸大学・発達科学部・人間行動学科・運動処方論研究室の皆様に感謝申し上げます。

文 献

- 1) Clarkson, P. M., Hubal, M. J.: Exercise-induced muscle damage in humans, *Am J Phys Med Rehabil*, 81 (11): S52-S69, 2002.
- 2) Clarkson, P. M., Nosaka, K., Braun, B.: Muscle function after exercise induced muscle damage and rapid adaptation, *Med. Sci. Sport Exec.*, 24: 512-520, 1992.
- 3) 稲見崇孝, 伊藤要子, 大須賀友晃, 井上雅之, 宮川博文: マイルド加温 (温熱ストレス) が筋力増強訓練の短期効果に及ぼす影響, *日本臨床スポーツ医学会誌*, 18 (3): 428-434, 2010.
- 4) 伊藤要子, 小川耕平, 田澤賢次, 中野雅則, 一本木真也, 風岡直暁, 石口恒男: マイルド加温により誘導されるHSP70による運動能力の向上, *日本臨床生理学会雑誌*, 38(1): 13-21, 2008.
- 5) 伊藤要子, 山田芳彰, 本多靖明: マイルド加温, 運動によるヒートショックプロテイン (HSP70) の誘導とストレス防御, *日本リハビリテーション医学会*, 48(1): 15-20, 2011.
- 6) 伊藤要子: プレコンディショニングとしてのストレスタンパク (HSP70) —— Heat (加温) と Exercise (運動) のすすめ ——, *放射線生物研究*, 37(4): 431-445, 2002.
- 7) 伊藤要子: 全身加温による運動能力の向上: 温熱療法により誘導されるHSP70を利用した温熱トレーニング, *日本温泉気候物理医学会雑誌*, 58(1): 28-29, 2004.
- 8) 北田耕司, 田巻弘之, 芝山秀太郎, 倉田博: 収縮状態における疲労時の筋硬度変化, *日本体力医学会*, 42(6): 590, 1993.
- 9) 小坂光男, 山根基, 加藤貴英, 小粥隆司, 松本実, 塚中敦子, 大西範和: ストレス蛋白 (HSP70) が運動による筋損傷・筋疲労の修復に及ぼす影響, *中京大学体育学論叢*, 45(2): 77-79, 2004.
- 10) 三上俊夫, 太田成夫: 運動前の身体加温は運動時の骨格筋損傷を抑制するか否か —— 熱ショックタンパク質70 (HSP70) の発現からの検討 ——, *デサントスポーツ科学*, 24: 145-152, 2003.
- 11) 三上俊夫, 反町誠, 山内秀樹: 運動前の熱ストレスによるHSP70の増加は運動時の筋損傷を抑制する, *日本体力医学会*, 51(6): 585, 2002.
- 12) 内藤久士: 身体活動とストレス蛋白質, *日本臨床*, 58: 97-101, 2001.
- 13) 中野治郎, 沖田実, 片岡英樹, 坂本淳哉: 筋力増強 温熱刺激による筋力増強, *理学療法科学*, 24(7): 954-959, 2007.
- 14) 西菌秀嗣: スポーツ選手と指導者のための体力・運動能力測定法, 大修館書店, 東京, 2004.

- 15) 野坂和則：筋温上昇による熱ショックタンパク質の発現と筋損傷・筋肉痛の予防効果, デサントスポーツ科学, 24: 23-30, 2003.
- 16) 小川耕平, 田澤賢次, 吉井美穂, 伊藤要子, 山地啓司, 北条直美, 井口文雄：予備加温による Heat Shock Protein (HSP) の誘導と運動パフォーマンスの関係, 日本体力医学会, 51(6): 623, 2002.
- 17) 鈴木由紀子, 小西由里子, 山本利春, 大道等：運動に伴う関節可動域の変動と筋硬度との関連性, 日本体力医学会, 47(6): 704, 1998.
- 18) 滝山将剛, 小川耕平, 伊藤要子, 田澤賢次：レスリング選手における加温と運動能力の関係～加温前と加温2日後の運動能力の変動～, 国士舘大学体育研究所報, 22: 1-5, 2003.
- 19) 田沢賢次, 伊藤要子：運動能力アップの新技术, 生活情報センター, 東京, 2005.
- 20) Warren, G. L., Lowe, D. A., Armstrong, R. B.: Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. *Sport Med.*, 27: 43-59, 1999
- 21) Weich, W. J.: Mammalian stress response, cell physiology, structure-function of stress protein and implications for medicine and disease. *Physiol.*, 71: 1063-1081, 1992.
- 22) 湯浅敦智, 吉田英樹：運動前の温熱刺激が筋疲労耐性に与える影響, 理学療法科学, 27(6): 623-627, 2007.