

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：32616

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350752

研究課題名(和文) ヒートショックプロテインが筋力向上に与える効果の解明とトレーニングへの応用

研究課題名(英文) Effects of heat shock protein on muscle strength improvement and apply to training

研究代表者

和田 匡史 (Wada, Tadashi)

国土館大学・理工学部・教授

研究者番号：00320101

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：ヒトの骨格筋は、身体活動の動力源であり、動かすことで力を発揮できるが、同時に疲労も蓄積される。様々な身体活動を行う際は、身体の疲労がより少ない方が充実した活動を遂行できる。その疲労回復の手段として入浴があり、身体を温めることは体内のストレスタンパク質(ヒートショックプロテイン)の発現を高めることが知られている。また質の良い睡眠をとることで身体疲労を回復させることができる。本研究では、入浴による睡眠の質向上、疲労回復効果の可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to examine an analysis of the sleep after high concentration CO₂-water bath in college students. Six healthy college students participated in this study. The subjects were attached to surface electrodes on their forehead to record an electroencephalogram (EEG). To measure the sleep-wake cycle, accelerometers (Lifecorder GS, SUZUKEN, Japan) was used. The sleep - wake data were analyzed by circadian rhythm analysis software (SleepSign Act, KISSEI COMTEC, Japan). The subjects were taken two different types of bathing; whole body immersion bathing and high concentration CO₂-water bathing. The water temperature of both bathing was 38 degrees Celsius. Sleep is homeostatically controlled, and indeed, an increase in the NREM sleep is typically observed after CO₂-water bathing in comparison to tap-water bathing. The sleep after the CO₂-water bathing seems to be extremely useful in the physical recovery from fatigue.

研究分野：生理学

キーワード：加温 入浴 睡眠 炭酸泉 筋力 疲労回復

1. 研究開始当初の背景

身体加温（温水浴）によってストレスタンパク質（Heat Shock Protein：HSP）の発現量が増加することが知られており（図1）、HSP発現の増加はストレス軽減やサーカディアンリズムに影響を与えることも明らかになってきている。HSP発現の身体に与える影響の可能性として、筋や筋力発揮にも有効な影響を与えることが考えられるが、HSP発現と筋力発揮のメカニズム、時間生物学的背景と筋肥大の関係は明らかにされていない。本研究では、身体加温によるHSP発現増加が筋力発揮、筋肥大に与える影響、サーカディアンリズムとHSP発現量と筋肥大の関係についてのメカニズムを明らかにし、スポーツ選手や一般人のトレーニングへの応用を確立することを目的とする。

2. 研究の目的

運動や加温によって予めHSP70を高め、生体へストレスを与えたときのストレスタンパク質発現と生体リズムの関係を観察した研究は今までにほとんどなく、高強度な負荷を課してトレーニングを行うスポーツ選手にとって、ストレスを課す前に予め高めたストレスタンパク質の生体への貢献を明らかにすることは、効率よい疲労回復やトレーニング効果を得られると考えられる。また、時間生物学的にどのタイミングでHSP発現を高め、さらにどのタイミングでトレーニング負荷を課すことが効率よく身体機能を向上させるのかを明らかにすることは、新しいトレーニングマネジメントに有効であると考えられる。

3. 研究の方法

(1) 被検者：被検者は、健康な大学生6名であった。

(2) 睡眠判定：被検者の睡眠状態を判定するために脳波を測定した。脳波測定は、脳波センサZA（プロアシスト社製）を用い、被検者の就寝前に脳波用電極および眼球運動用電極を装着し、睡眠中の脳波を測定した。睡眠状態は、脳波センサによって測定されたデータから睡眠ステージ推定ソフト（SleepSign-Lite, キッセイコムテック社製）によって解析を行った。また、簡易型睡眠計（HSL-101, オムロン社製）によっても睡眠状態を計測した。

(3) 睡眠-覚醒行動計測：入浴と睡眠の関係を見るために、睡眠-覚醒状態を測定した。この測定は生活習慣記録機（ライフコーダGS, スズケン社製）を用いて行い、睡眠-覚醒の解析には、睡眠-覚醒リズム解析ソフト（Sleep Sign Act Software, キッセイコムテック社製）を用い、ライフコーダで記録された身体活動データ（加速度センサから得られた運動強度を10段階で判定）から睡眠-覚醒状態を判別した。就床時間と離床時間は、ライフコーダのイベントボタンを被検者

に押しさせて記録した。解析データから、睡眠-覚醒状態、睡眠時間、睡眠潜時、覚醒時間、中途覚醒回数、睡眠効率、1日の歩数および消費カロリー（基礎代謝量+運動量+微小運動量）を算出した。

(4) 入浴：入浴は、人工炭酸泉入浴と水道水入浴を行わせ、湯温は38℃とした。入浴時間は10分間であった。

4. 研究成果

全身を浸す入浴後の睡眠は、入浴を行わなかったり、シャワーですませたときに較べて、入眠時間が短く、総睡眠時間が長くなり、睡眠効率が向上していた。また、人工炭酸泉浴では、水道水入浴に較べて温覚が高いことが分かった。人工炭酸泉浴による作用は、皮膚血管拡張効果により、高血圧症や末梢循環障害に有効であるとされている。炭酸泉浴は、入浴そのものが身体へ与える影響が大きく、皮膚血管拡張などにより、水道水浴に較べて皮膚で感じる温度が高いことが分かった（図2, 3, 4）。人工炭酸泉浴後の睡眠は水道水入浴に較べ、睡眠潜時が短く、睡眠効率が高くなること示され（図5, 6）、身体疲労回復に有効であることが推察され、翌日のパフォーマンスを改善することが考えられた。

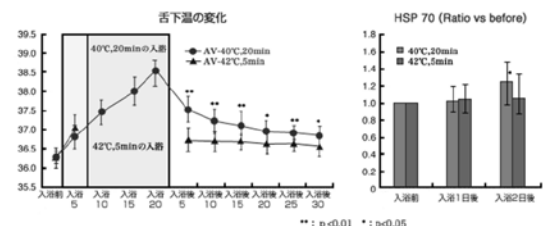


図1. 身体加温とHSP（ツムラサイエンスニュースリリース, 2008）

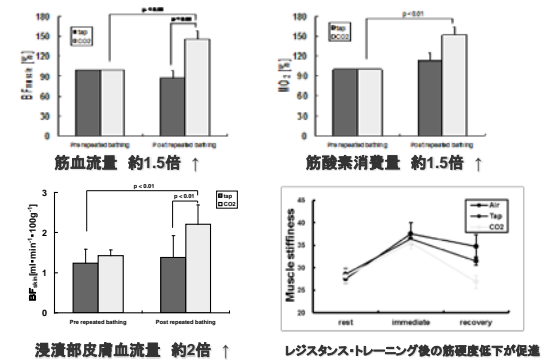


図2. 炭酸泉浴の生理学的作用（山本ら, 2013）

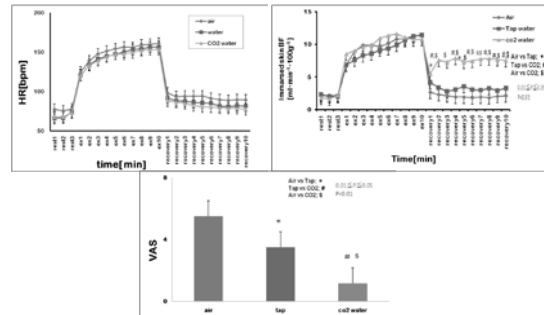


図3. 運動後回復期の水道水と炭酸泉入浴の比較（山本ら, 2013）

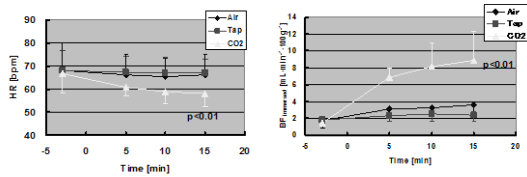


図 4. 水道水入浴と炭酸泉入浴における心拍数と血流量の経時的変化

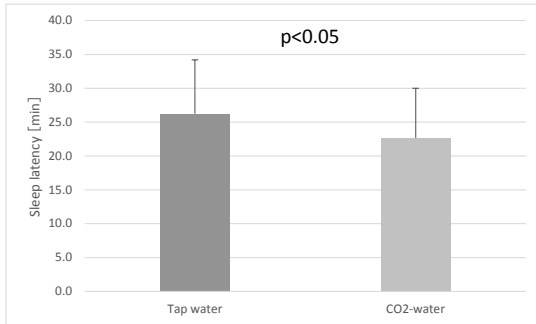


図 5. 水道水入浴と炭酸泉入浴における睡眠潜時

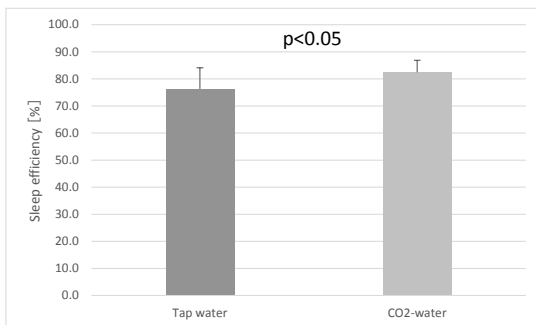


図 6. 水道水入浴と炭酸泉入浴における睡眠効率

<参考・引用文献>

- ① 日本学術会議：睡眠学 眠りの科学・医歯薬学・社会学，じほう，2003.
- ② Youngstedt, S. D., Kripke, D. F., Elliott, J. A.: Is sleep disturbed by vigorous late-night exercise?, Med Sci Sports Exerc., 31 (6), pp. 864-869, 1999.
- ③ 日本睡眠学会：睡眠学，朝倉書店，2009.
- ④ Shaw, P. J., Tononi, G., Greenspan, R. J., Robinson, D. F.: Stress response genes protect against lethal effects of sleep deprivation in Drosophila, Nature, 417, pp. 287-291, 2002.
- ⑤ T. Wada, H. Sei, K Kusumoto, K. Kitaoka, S. Chikahisa, K. Rokutan, Y. Morita: Geranylgeranylacetone, an inducer of HSP70, attenuates REM sleep rebound after sleep deprivation, Brain Res. Bull., 69, pp. 388-392, 2006.

- ⑥ 入来正躬：（人工）高濃度炭酸泉の基礎と応用，炭酸泉誌 4 (1), 39-48, 2003.
- ⑦ 西村直記，菅屋潤壺，松本孝明，加藤雅子，犬飼洋子，西山哲成，緒方昭広，佐藤麻紀，谷口裕美子，米澤弘恵：人工炭酸泉（1000ppm）全身浴時の体温，皮膚血流量，発汗量および主観的感覚に及ぼす水温の影響，炭酸泉誌 4 (1), 49-56, 2003.
- ⑧ N. Yamamoto, T. Wada, H. Yanagi, M. Hashimoto: Possibility of high concentration CO2-water immersion to promote a recovery from muscle fatigue after submaximal exercise. Med. Sci. Sport Exerc. 45(5), 2013.

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 10 件）

- ① Tadashi Wada, Noriyuki Yamamoto, Masaki Wada, Yukinori Shintaku, Fumihiko Iwahara, Fumiko Takenoya, A possibility to promote the physical recovery by sleep after CO2-water bathing in athletes, 21st annual congress of the European College of Sport Science Book of Abstract, 査読有，p635, 2016.
- ② Tadashi Wada, Noriyuki Yamamoto, Yoshimitsu Shimoyama, Yukinori Shintaku, Hirofumi Jigami, Masaki Wada, Fumihiko Iwahara, Yu Kashiwagi: The Relationship between Dolphin Kick Movement and Underwater EMG of lower leg muscles in competitive swimmers. Med. Sci. Sports Exerc., 査読有，48(5), p441, 2016.
- ③ Hirofumi Jigami, Naritoshi Sato, Susumu Ito, Tadashi Wada, Taiki Komatsu, Naoto Endo: A Longitudinal Study on the Quality of Life of Patients with Hip Osteoarthritis Undergoing Continuing Conservative Treatment, Int J Phys Ther Rehab, 査読有，2, 2016.
- ④ 和田匡史：スポーツの動きをみる．自動車技術会 関東支部報 高翔，査読有，第 64 号：pp20-23, 2015.
- ⑤ Tadashi Wada, Noriyuki Yamamoto, Masaki Wada, Yukinori Shintaku, Fumihiko Iwahara, Yoshimitsu Shimoyama: A possibility to promote the night sleep-inducing by submaximal exercise in healthy subjects, Med. Sci. Sports Exerc., 査読有，47(5), p545, 2015.
- ⑥ Noriyuki Yamamoto, Tadashi Wada, Hitoshi Yanagi, Fumiko Takenoya,

Masaaki Hashimoto: A possibility to promote the recovery from fatigue after submaximal pedaling exercise by bathing with high concentration CO₂-water in healthy subjects. The Journal of Physiological Sciences, 査読有, 65, p233, 2015.

- ⑦ Tadashi Wada, Yoshimitsu Shimoyama, Takaaki Matsumoto, Fumihiko Iwahara, Noriyuki Yamamoto: The influence of the exercise load on the sleep in collegiate competitive swimmers. J. Sci. Med. Sport., 査読有, 17(6): 2014.
- ⑧ Tadashi Wada, Fumihiko Iwahara, Masaki Wada, Noriyuki Yamamoto: Biomechanical analysis of underwater lower limbs motion in competitive swimmers. Proceedings of APCOM 2014, 査読有, pp59-62, 2014.
- ⑨ 和田匡史, 山本憲志: 大学水泳選手における運動と睡眠状態の関連性. 国士館大学理工学部紀要 Transactions of the Kokushikan University School of Science and Engineering, 査読有, 7:159-163, 2014.
- ⑩ Takahito Tago, Koichi Nishino, Kenichi Kaneko, Tadashi Wada, Tetsunari Nishiyama, Kazuo Funato: Kinematic analysis of punt kick in football goalkeepers based on the level of kick effort, NSSU Journal of Sport Science, 査読有, 3: pp36-43, 2014.

[学会発表] (計7件)

- ① 山本憲志, 和田匡史, 竹ノ谷文子, 橋本眞明: 高濃度人工炭酸泉足浴はカーフレイズ運動による腓腹筋硬化からの回復を促進する. 第94回日本生理学会大会, 2017, アクトシティ浜松 (静岡県浜松市).
- ② 和田匡史, 山本憲志, 竹ノ谷文子, 橋本眞明: 水泳選手における人工炭酸泉全身浴が睡眠に与える影響. 第21回人工炭酸泉研究会, 2016, コンファレンススクエアエムプラス (東京都千代田区).
- ③ 山本憲志, 和田匡史, 岩原文彦, 竹ノ谷文子, 橋本眞明: 就床前の人工炭酸泉全身浴が睡眠動態に与える影響. 第55回日本生気象学会大会, 2016, 北海道大学 (北海道札幌市).
- ④ Noriyuki Yamamoto, Masaaki Hashimoto, Tadashi Wada, Fumiko Takenoya: Artificial CO₂-water bath improved muscle flexibility and hardness in male college students. 21st annual congress of the European College of Sport Science, 2016, Vienna(Austria).
- ⑤ Tadashi Wada, Noriyuki Yamamoto,

Masaki Wada, Takaaki Matsumoto, Fumihiko Iwahara, Yoshimitsu Shimoyama: An analysis of the postural sway in elite athletes. Asics Sports Medicine Australia Conference, 2015, Gold Coast(Australia).

- ⑥ Tadashi Wada, Yuya Horihata, Noriyuki Yamamoto, Yukinori Shintaku, Yu Kashiwagi, Kazuo Funato: The relationship between the glide distance and swimming speed in the competitive swimmers, XXV International Society of Biomechanics. 2015, Glasgow(United Kingdom)
- ⑦ Tadashi Wada, Noriyuki Yamamoto, Tadao Isaka, Yukinori Shintaku, Yu Kashiwagi: Biomechanical analysis of the underwater gliding and dolphin kick movement in competitive swimmers. World Congress of Biomechanics, 2014, Boston(USA).

[図書] (計1件)

- ① 和田匡史: スポーツサイエンスアナトミー 人体解剖生理学, 塩田清二, 竹ノ谷文子 編著, 丸善出版, 2014.

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

和田 匡史 (WADA, Tadashi)
国士館大学・理工学部・教授
研究者番号: 00320101

(2) 研究分担者

なし
研究者番号:

(4) 研究協力者

勢井 宏義 (SEI, Hiroyoshi)
徳島大学・大学院・医歯薬学研究部 (医学系)・教授
研究者番号: 40206602

山本 憲志 (YAMAMOTO, Noriyuki)
日本赤十字北海道看護大学・看護学部・教授
研究者番号: 70299329

伊坂 忠夫 (ISAKA, Tadao)
立命館大学・スポーツ健康科学部・教授
研究者番号: 30247811