

令和 5 年 6 月 28 日現在

機関番号：32616

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K10894

研究課題名（和文）加温によるヒートショックプロテイン発現が睡眠、競技パフォーマンスを改善する可能性

研究課題名（英文）A possibility to improve the competitive performance and sleep after heat shock protein expression by heating

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） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：様々な競技のアスリートは毎日激しいトレーニングを行い、からだへ過度な負荷を課している。運動と睡眠の関連では、日中の運動実践は総睡眠時間、徐波睡眠時間が増加し、レム睡眠時間は減少する。高強度運動は、中途覚醒が多くなり睡眠の質を低下させる。競技力向上には、体力水準にあった高負荷を課することで身体機能の向上が達成されるため、アスリートは高強度なトレーニングを毎日行うことでより高いパフォーマンスを発揮することができるようになる。一方で疲労回復のための睡眠の質が低下し、十分なトレーニング効果を得ることが難しくなる。身体加温（炭酸泉浴）は、運動によって蓄積された血中乳酸を素早く除去することが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、入浴によって身体を温めること（身体加温）が、運動トレーニング後の疲労回復に有効であることが示された。夜間睡眠によって日中の身体活動による疲労を除去し、翌日の活動を十分に行うことができるが、夜間睡眠の質が悪いと一夜の睡眠では疲労回復することができず、翌日のパフォーマンスに影響が及ぼされることが考えられる。特にスポーツ選手では勝敗に関わるため、毎日のトレーニング後や競技会中の睡眠による十分な疲労回復が必須となる。身体加温は入眠を促進し、睡眠の質を改善することが見られたため、疲労回復に有効な手段のひとつであることが推察された。

研究成果の概要（英文）：The bathing and sleep processes in physical recovery play an important role in athletes. One of the body recovery is the night sleep. The hot spring water containing high concentration carbon dioxide has long been applied to the patients suffering from cardiovascular diseases in balneotherapy. The purpose of this study is to examine the physical recovery after artificial high concentration CO<sub>2</sub>-water immersion in athletes. Sleep after the CO<sub>2</sub>-water immersion seems to be significantly useful in the physical recovery from fatigue. The rapid decrease in BLA in the CO<sub>2</sub>-water immersion suggested efficient physical recovery after anaerobic exercise. Therefore, it was suggested that CO<sub>2</sub>-water immersion is effective for recovery.

研究分野：生理学、スポーツ科学

キーワード：加温 睡眠 パフォーマンス

## 1. 研究開始当初の背景

身体加温や投薬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、**HSP** 発現の増加はストレス軽減や睡眠、サーカディアンリズム (体内時計) に影響を与えることも明らかになってきている (**T. Wada, et al, 2006, 2012, 2013, 2014, 2015**)。身体加温の方法のひとつとして温水浴がある。我国では古くから湯治と称して古くから温泉浴による疲労回復が行われてきた。近年、高濃度炭酸泉による様々な身体への影響が注目されている。しかし、炭酸泉入浴による睡眠、**HSP** 発現、全身および局所の疲労回復、時間生物学的背景との関係は明らかにされていない。本研究では、炭酸泉入浴が睡眠に与える影響、**HSP** 発現への影響、骨格筋の疲労回復、筋肥大に与える影響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健康や運動への応用を確立することを目的とする。

スポーツ選手は大会で高いパフォーマンスを発揮するために、身体に高い負荷を課す高強度のトレーニングを毎日行っている。毎日のトレーニング後に十分に疲労を回復することができると、より高いトレーニング効果を獲得することができるようになり、競技会での成績も良くなると考えられる。日々の疲労を回復する行動として睡眠がある。睡眠は覚醒中に蓄積された心身の疲労を回復させる役割を持つ。日中のパフォーマンスを向上させるために、良質な睡眠をとること、十分な睡眠時間を確保することは、スポーツ選手だけでなく一般人にとっても重要である。スタンフォード大学男子バスケットボール部の選手 **10** 名に **40** 日間強制的に毎晩 **10** 時間の睡眠 (眠れなくてもベッドに入る) をとらせたところ、走タイムや反応時間が徐々に短縮され、フリースローやスリーポイントシュートの成功率が上昇した **1**)。アスリートにおける慢性的な睡眠不足は、スポーツ中の傷害のリスクを高めることが示されており、特に睡眠時間が **6** 時間の選手のリスクが最も高いことが示されている **2**)。睡眠時間と運動中の疲労困憊に達するまでの時間を調べた研究では、睡眠時間の長い方が疲労困憊までの時間が長く、睡眠時間を日常から長くしていた被験者はさらに疲労困憊までの時間が伸びており、睡眠時間を長くすることで高いレベルで動き続ける能力も向上することが分かった **3**)。

覚醒から眠り始めるまでの時間を入眠潜時といい、この入眠過程がスムーズに行くことで良い眠りを獲得できる。この入眠過程に重要な役割を果たすのが、体温 (深部体温) と脳活動である。入眠時は深部体温が下がり、手足から熱が放散されて眠りが始まる。ヒトの覚醒時は筋活動などによって熱産生が起こり、体温が上昇する。入眠時には深部体温を下げ、皮膚表面の体温が上昇して睡眠が始まり身体を休養させる。体温を下げる生理応答は手足からの熱放散によって起こり、次いで深部体温が低下する。この手足の皮膚温度と深部体温の変化がうまくいくと入眠が円滑に始まる。入眠時には体温調節が円滑に行われることが重要であり、体温低下を円滑に行うためには、低下が始まる前に体温を高めておくことよい。日本人は旧来入浴習慣があり、毎日温水に浸かり、体温を上昇させる習慣がある。入浴による身体加温は持久運動や間欠運動パフォーマンスを向上させる **4**)。全身入浴とシャワー入浴後の睡眠状態を調べた研究では、全身入浴の方が入眠潜時が短く、睡眠時間の延長がみられた **5**)。また夜間睡眠前の炭酸泉入浴は入眠時の体温低下を促進し、質の高い睡眠をとることができることが先行研究によって示されている **6**)。人工炭酸泉入浴後の睡眠を調べた研究では、睡眠サイクルの **1** 回目の脳波デルタパワー (深い睡眠) が増加し、最高値を示すこと、深部体温を有意に増加させ、その後素早く体温を低下させることが示されている **7**)。炭酸泉入浴の生理学的応答は、入浴後の心拍数が大気中での安静回復よりも低くなる傾向がある、浸漬部皮膚血流量が増加する、筋血流量の増加および筋硬度低下を促進する、自覚的疲労度が低いことが示されており、身体への負担が少なく、効率よく疲労回復させることが考えられる。

トレーニングでの疲労から素早く回復し、毎日のトレーニングによって蓄積された慢性的な疲労を効率よく取り除くことが重要であると考え、本研究では炭酸泉入浴が高強度トレーニング後の短期的および長期的に疲労を回復できるかどうか調べることを目的とした。

## 2. 研究の目的

ストレス誘導性の代表的な分子シャペロンである **HSP70** を予め過剰発現させておくことが、サーカディアンリズム障害によるストレスや運動ストレスを軽減し、睡眠障害などの予防や筋疲労、筋損傷の軽減に繋がるという仮説を立てた。平成 **23**、**24** 年度科学研究費補助金 (若手研究 **B**) の助成による研究では、全身入浴 (**42** の温水に **10** 分間浸水) による加温は、睡眠の入眠時間を有意に短くし、睡眠効率を向上させることがわかった。この結果は、入浴による加温が **HSP70** を予め過剰発現させ、日中の運動などによる身体ストレスを睡眠によって効率よく改善できたと考えられた。しかし、炭酸泉浴による加温が **HSP** の過剰発現の部位の特定やメカニズム、**HSP** が筋の活動状態 (負荷前、中、後、回復期中) に与える影響や睡眠に与える影響についてはまだ解明されていない。炭酸泉浴によって予め **HSP70** を高め、生体へストレスを与えたときの **HSP** 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 **HSP** 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、炭酸泉浴がその後の睡眠にどのような影響を与えるのか、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。以上のことから、身体加温のリカバリーへの影響を明らかにすることを本研究目的とした。

### 3. 研究の方法

被験者は **14** 名の大学生競泳選手が本実験に参加した。測定の前に被験者には、実験計画および測定における危険性のないことを十分に説明し、インフォームドコンセントを得た。高強度運動は、被験者に自転車エルゴメーター（コンビ社製 **PowerMaxV2**）によって体重あたり **7.5%** の負荷で **30** 秒間の全力ペダリングを行わせた。運動後、被験者を **2** 群に分けて人工炭酸泉入浴および水道水入浴をクロスオーバーで実施した。図 **1** に示すように、炭酸泉は人工炭酸泉製造装置（三菱ケミカル・クリンスイ社製 **SC401**）によって製造した。図 **2** に示す人工炭酸泉製造装置は、**2016** 年リオデジャネイロオリンピック日本代表チームでも使用されたものであり、オリンピック期間中選手の疲労回復のための入浴に使用された。図 **3** は人工炭酸泉入浴時の皮膚表面の紅潮を示している。本実験で入浴に使用した水温は炭酸泉、水道水入浴の両方ともに **38** とし、**15** 分間の入浴を行った。運動後の身体回復を調べるために、入浴後、**5** 分毎に血中乳酸濃度測定（アークレイ社製ラクテートプロ **2**）、主観的運動強度（**RPE**）、心拍数、体温の測定を実施した。身体活動計（アコース社製 **Sleep Monitor FS-760, FS-770**）によって一夜の睡眠状態を測定した。睡眠分析は睡眠解析ソフト（キッセイコムテック社製 **SleepSign Act2**）によって身体活動計からデータを入力し、入眠潜時、睡眠効率、総睡眠時間、中途覚醒時間を分析した。炭酸泉入浴と水道水入浴の比較は、対応のある **T** 検定で行い、有意水準は **5%** 未満とした。

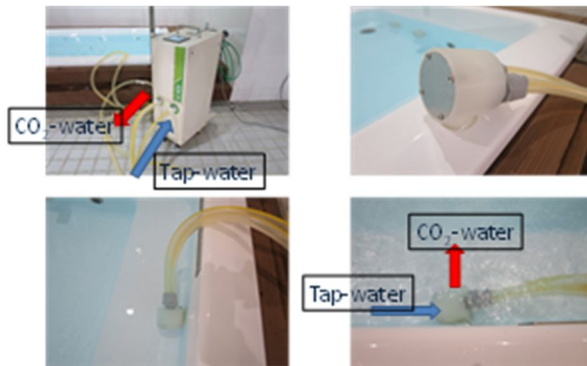


図1. 人工炭酸泉製造装置（左上）および循環ホース湯船の中の水を汲み上げて製造装置内で炭酸ガスを混合して炭酸水を湯船に戻す。



図2. 人工炭酸泉製造装置 2016リオデジャネイロオリンピックモデル（SC401）

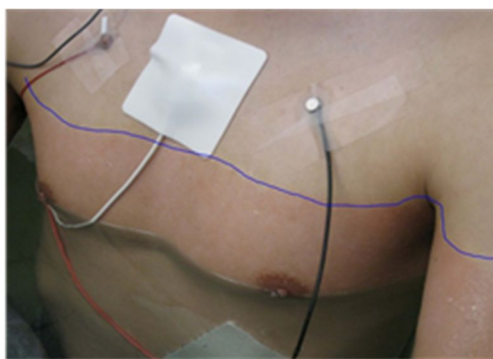


図3. 人工炭酸泉入浴時の皮膚表面の紅潮

### 4. 研究成果

炭酸泉入浴の先行研究では、夜間睡眠前の炭酸泉入浴は入眠時の体温低下を促進し、質の高い睡眠をとることができることが示されている (6)。また人工炭酸泉入浴後の睡眠を調べた研究では、睡眠サイクルの1回目の脳波デルタパワー(深い睡眠)が増加し、最高値を示すこと、深部体温を有意に増加させ、その後素早く体温を低下させることが示されている (7)。本研究では、高強度運動後に水道水入浴、人工炭酸泉入浴を行い、そのあとの睡眠を身体活動計によって測定し、夜間睡眠に関する入眠潜時と睡眠効率を較べたところ、図4に示すように入眠潜時は人工炭酸泉入浴が  $7.8 \pm 2.3$  分、水道水入浴が  $16.5 \pm 3.8$  分であり、有意に炭酸泉の方が短かった ( $P < 0.05$ )。図5は睡眠効率について示したものであり、人工炭酸泉入浴が  $90.3 \pm 3.5\%$ 、水道水入浴が  $83.2 \pm 4.6\%$  を示し、炭酸泉の方が有意に高値を示した ( $P < 0.05$ )。先行研究で示されている炭酸泉入浴の効果を本研究の睡眠結果は支持するものであり、炭酸泉入浴が睡眠に良い影響を与えることが示された。今回の結果から炭酸泉入浴の方がより早く、より深く睡眠がとれていることが示されていることから、炭酸泉入浴は水道水入浴よりも血流がより促進され、深部体温を効率よく高めることができ、その後の入眠においてより早く体温が低下したことによると考えられた。さらに入眠潜時が短いことによってその後の睡眠効率を高めたと考えられる。運動後に炭酸泉入浴をし、睡眠をとることはより早く寝付くことができるようになり、効率よい睡眠をとれたことから、運動後の身体全体の回復を促進することが考えられた。

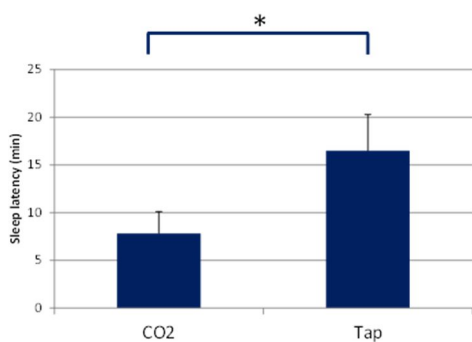


図4. 人工炭酸泉入浴 (CO2) と水道水入浴 (Tap) 後の入眠潜時の比較 (\* $P < 0.05$ )

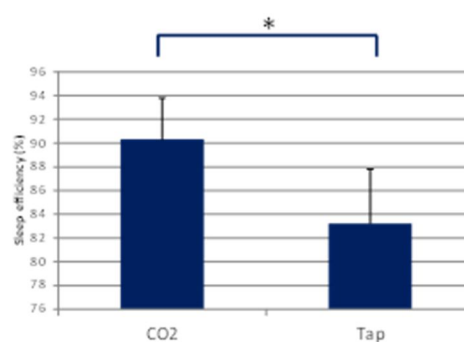


図5. 人工炭酸泉入浴 (CO2) と水道水入浴 (Tap) 後の睡眠効率の比較 (\* $P < 0.05$ )

自転車エルゴメーターによる高強度運動では、体内の糖質がエネルギー源として主に使用されるため、血中乳酸濃度が著しく高値を示した。スポーツには様々な競技があるが、短時間高強度の運動を繰り返したり、一日の中で何回か高強度の運動を実施する種目が多く、今回の自転車エルゴメーターで実施した運動強度、運動時間は多くのスポーツ種目と同等の運動とみなすことができる。本実験における高強度運動後の血中乳酸濃度の回復は、図6に示すように15分間の入浴直後、5分後、10分後および15分後において、水道水入浴に比べて人工炭酸泉入浴の方が有意に低下していた(入浴直後  $3.3 \pm 0.8$  vs  $3.5 \pm 0.6$  mM, 5分後  $2.4 \pm 0.8$  vs  $2.7 \pm 0.5$  mM, 10分後  $1.9 \pm 0.6$  vs  $2.6 \pm 0.8$  mM, 15分後  $1.8 \pm 0.4$  vs  $2.4$  vs  $0.7$  mM,  $p < 0.05$ )。人工炭酸泉入浴は水道水入浴に比べて、高強度運動後の血中乳酸濃度をより早く低下させることから、アスリートにおいては、トレーニング後や大会中において炭酸泉入浴をすることで、運動によって体内が酸性に傾いた身体をより早く中性にすることができ、より早く十分な筋活動を行うことができるようになると考えられた。

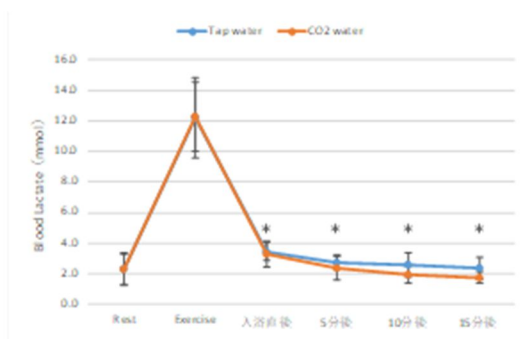


図6. 人工炭酸泉入浴と水道水入浴後の血中乳酸濃度は入浴後の回復中に人工炭酸泉入浴の方が優位に低値を示した (\* $P < 0.05$ )

臨床場面において、炭酸泉入浴は、皮膚の紅潮、皮膚の血流の改善、血中のカテコールアミンのレベルや心拍数の低下など、人体に対する炭酸泉への浸漬の影響が報告されており、炭酸泉への浸漬による心拍数の低下は、皮膚で生成され、脊髄を通して脳に伝達されるニューロン情報によって引き起こされる可能性が示されている (8)。入浴によって身体を温めることは、体内に

**Heat Shock Protein (HSP: ストレスタンパク質)**の過剰発現を促進し、細胞の保護や断眠ストレスによる高体温の予防、レム睡眠のリバウンドを抑制するなどの効果があることが示されており**9,10**), 身体加温による影響はストレスタンパク質による身体保護作用の獲得による効果も考えられる。本研究は**14**名の被検者に対して人工炭酸泉入浴が血中乳酸濃度を有意に低下させる効果を示したが、**6**名の被検者によって調査された運動後の人工炭酸泉入浴による回復効果を示した先行研究**11**)と同様の結果を示した。

高強度運動後の人工炭酸泉入浴と水道水入浴において、心拍数、**RPE**に有意差は見られなかったが、血中乳酸濃度は入浴後から**5分**、**10分**、**15分**後すべてにおいて炭酸泉入浴を実施した方が有意に低下していた。その後の睡眠における入眠潜時は、炭酸泉入浴の方がより短く、また睡眠効率は炭酸泉入浴の方が高値を示した。このことから毎日のトレーニング後や大会中に炭酸泉入浴をすることは、より早く十分な筋活動を行うことができるようになると考えられた。また睡眠においては、より早く寝付くことができ、中途覚醒の少ない睡眠をとれたことから、トレーニングによる慢性的な身体疲労の回復も促進することが考えられた。

様々な競技のアスリートは毎日激しいトレーニングを行い、からだへ過度な負荷を課している。運動と睡眠の関連では、日中に運動を実践すると睡眠潜時、入眠後の覚醒時間に変化はなく、総睡眠時間、徐波睡眠時間、レム潜時が増加し、レム睡眠時間は減少する(**Youngstedt et al**)。睡眠直前の運動は夜間睡眠に悪影響を及ぼす(**Kubitz et al**)。就寝**2**時間半前の**1**時間程度の軽い運動は、夜間睡眠に良い影響を与える(**Yoshida et al**)。また、**50%VO<sub>2</sub>peak**以下の運動は、高強度運動(**70%VO<sub>2</sub>peak**以上)に較べて、入眠後の覚醒時間が減少する。高強度運動は、中途覚醒が多くなり睡眠の質を低下させる。競技力向上には、体力水準にあった高負荷を課すことで身体機能の向上が達成されるため、ウォーキングやジョギングのような軽負荷ではトレーニング効果を得ることができない。アスリートは高強度なトレーニングを毎日行うことでより高いパフォーマンスを発揮することができるようになるが、一方で疲労回復のための睡眠の質が低下し、十分なトレーニング効果を得ることが難しくなると考えられる。そこで高強度運動後の睡眠を十分に獲得するための手段として、入浴(温浴、炭酸泉浴)による素早い筋疲労の回復やアロマなどの香りを使用することが用いられるようになってきた。本研究では運動後の炭酸泉入浴が、血中乳酸を効率的に除去し、睡眠潜時、睡眠効率、睡眠の質を改善することが示され、入浴による身体加温がスポーツパフォーマンス改善に貢献することが推察された。

#### 参考・引用文献

- 1) **C.D. Mah, W.C. Dement et al: The Effects of Sleep Extension on Athletic Performance of Collegiate Basketball Players. *Sleep*, Vol. 34(7), 2011.**
- 2) **M.D. Milewski, D.L. Skaggs, G.A. Bishop et al: Chronic Lack of Sleep is Associated With Increased Sports Injuries in Adolescent Athletes. *J Pediatr Orthop.*, Vol. 34(2), 2014.**
- 3) **P. J. Arnal et al: Sleep Extension before Sleep loss: Effects on Performance and Neuromuscular Function, *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 48(8), 2016.**
- 4) 関口泰樹, 小野太寛, 平川和文: 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 - 第一報, 第二報 -, *トレーニング科学*, Vol.29, No.1, pp. 9-22, 2017.
- 5) 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, *人工炭酸泉研究会雑誌*, 第7巻1号, pp82-83, 2018.
- 6) 西村直記: 高濃度人工炭酸泉浴による疲労回復効果 - 睡眠深度および心拍変動を指標として -, *日本福祉大学スポーツ科学論集*, 第1巻, pp5-10, 2018.
- 7) **S.U. Ito et al: *Sleep*, Vol 36, 2013**
- 8) **N. Yamamoto and M. Hashimoto: Spinal cord transection inhibits HR reduction in anesthetized rats immersed in an artificial CO<sub>2</sub>-hot spring bath. *Int J Biometeorol*, Vol. 51(3):pp. 201-208, 2007.**
- 9) **P. J. Shaw, G. Tononi, R. J. Greenspan, D. F. Robinson: Stress response genes protect against lethal effects of sleep deprivation in *Drosophila*, *Nature*, Vol. 417, pp. 287-291, 2002.**
- 10) **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.*, Vol. 69(4), pp. 388-392, 2006.**
- 11) **T. Wada, Y. Shimoyama, H. Jigami, N. Yamamoto: A possibility to facilitate the physical recovery after artificial CO<sub>2</sub> hot water immersion in competitive swimmers, *J Sci. Med. in Sport*, Vol.22(Suppl. 2), pS112, 2019.**
- 12) 和田匡史, 兵頭洋樹, 地神裕史, 土居裕和, 山本憲志: 人工炭酸泉入浴が高強度運動後の身体回復を促進する可能性. *国士舘大学理工学部紀要*, 第14巻, pp159-164, 2021.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 竹ノ谷文子、平林敬浩、山下道生、和田匡史、山本憲志、塩田清二	4. 巻 20巻1号
2. 論文標題 スポーツアロマセラピーの現状と今後の課題 - スポーツアロマの発展を目指して -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japanese Society of Aromatherapy	6. 最初と最後の頁 24-34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 和田匡史	4. 巻 20巻2号
2. 論文標題 スポーツにおける睡眠と香り	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japanese Society of Aromatherapy	6. 最初と最後の頁 28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 岡崎亜樹、土岐葵、山口七穂、和田匡史、竹ノ谷文子、山本憲志	4. 巻 20巻2号
2. 論文標題 高濃度人工炭酸泉とラベンダー精油を用いた身体的及び精神的リラックス効果の検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japanese Society of Aromatherapy	6. 最初と最後の頁 95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 和田匡史、兵頭洋樹、地神裕史、土居裕和、山本憲志	4. 巻 14
2. 論文標題 人工炭酸泉入浴が高強度運動後の身体回復を促進する可能性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 国土舘大学理工学部紀要	6. 最初と最後の頁 159-164
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 古澤弦、地神裕史、町田俊、和田匡史、小崎充、大浦邦彦、三上可菜子、田中宏樹	4. 巻 14
2. 論文標題 上半身の運動が心拍数と目測・歩測に与える影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 国土館大学理工学部紀要	6. 最初と最後の頁 155-158
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Taishi Asai, Daisuke Abe, Hirokazu Doi, Chikara Tanaka, Kenji Ohishi, Hideki Maeda, Tadashi Wada, Yuusuke Takahashi, Yasukazu Nakahata, Kazuyuki Shinohara	4. 巻 64
2. 論文標題 Characteristics of the BDNF Val66Met polymorphism in competitive swimmers and judo athletes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Acta Med. Nagasaki	6. 最初と最後の頁 23-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 栗木明裕、岡村尚昌、田場昭一郎、和田匡史、津田彰	4. 巻 32
2. 論文標題 大学生競泳選手の心理的競技能力と日常・競技ストレスにおける性差の検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 九州・山口スポーツ医・科学研究会誌	6. 最初と最後の頁 85-90
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 栗木明裕、岡村尚昌、田場昭一郎、和田匡史、津田彰	4. 巻 10(4)
2. 論文標題 大学生競泳選手のポジティブ感情と心理的競技能力、ストレスとの関係性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ヘルスプロモーション理学療法研究	6. 最初と最後の頁 173-181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wada T., Shimoyama Y., Jigami H., Yamamoto N.	4. 巻 22
2. 論文標題 A possibility to facilitate the physical recovery after artificial CO2 hot water immersion in competitive swimmers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Science and Medicine in Sport	6. 最初と最後の頁 S112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jsams.2019.08.155	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Wada T., Shimoyama Y., Yamamoto N.	4. 巻 21
2. 論文標題 Circadian rhythms after artificial CO2 hot water immersion in athletes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Science and Medicine in Sport	6. 最初と最後の頁 S85 ~ S85
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jsams.2018.09.195	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 和田 匡史	4. 巻 7
2. 論文標題 オリンピックにおけるドーピングコントロールの現状—トップアスリートの検査手順	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biophilia	6. 最初と最後の頁 36-44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 和田匡史
2. 発表標題 スポーツにおける睡眠と香り
3. 学会等名 日本アロマセラピー学会 (招待講演)
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 田村浩志、竹市勝、和田匡史、地神裕史
2. 発表標題 救命胴衣装着時における水上遊具水面下からの離脱に関する研究
3. 学会等名 日本体力医学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Noriyuki Yamamoto, Fumiko Takenoya, Tadashi Wada, Yukinori Shintaku
2. 発表標題 Artificial CO2 -water lower legs bathing affected quiet standing posture
3. 学会等名 25th ECSS (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古澤 弦、地神裕史、和田匡史、小崎充
2. 発表標題 心拍数の変化が目測・歩測に与える影響
3. 学会等名 日本基礎理学療法学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Wada, T., Yamamoto, N., Shintaku, Y.
2. 発表標題 An analysis of sleep after artificial CO2-water immersion in athletes
3. 学会等名 European College of Sport Science(ECSS) 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Noriyuki Yamamoto, Tadashi Wada, Fumiko Takenoya, Masaaki Hashimoto
2. 発表標題 The comparison of standing posture sway between pre and post the lower legs bathing
3. 学会等名 International Society of Biomechanics 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wada T., Shimoyama Y., Jigami H., Yamamoto N.
2. 発表標題 A possibility to facilitate the physical recovery after artificial CO2 hot water immersion in competitive swimmers
3. 学会等名 Sports Medicine Australia 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 和田匡史、曽根沙月、竹ノ谷文子、地神裕史、土居裕和、山本憲志
2. 発表標題 人工炭酸泉入浴が高強度運動後の身体回復を促進する可能性
3. 学会等名 第24回人工炭酸泉研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 和田匡史
2. 発表標題 アスリートにおける疲労回復と睡眠
3. 学会等名 日本睡眠学会第44回定期学術集会(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tadashi Wada
2. 発表標題 Circadian rhythms after artificial CO2 hot water immersion in athletes
3. 学会等名 Sports Medicine Australia (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 公益財団法人日本水泳連盟編、和田匡史他	4. 発行年 2019年
2. 出版社 大修館書店	5. 総ページ数 279
3. 書名 水泳指導教本三訂版	

1. 著者名 Bunc, V., Tsolakidis, E.	4. 発行年 2019年
2. 出版社 European College of Sport Science	5. 総ページ数 847
3. 書名 24th Annual Congress of the EUROPEAN COLLEGE OF SPORT SCIENCE BOOK OF ABSTRACTS	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	地神 裕史  (Jigami Hirofumi)  (30468970)	国土館大学・理工学部・教授    (32616)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------