



温泉プールでの軽負荷運動が唾液中コルチゾール、C 反応性タンパク、インターロイキン 6 に及ぼす影響

山田 クリス 孝介 (東海大学スポーツ医科学研究所)

笹木 正悟 (東海大学体育学部、東海大学スポーツ医科学研究所)

小山 孟志 (東海大学体育学部、東海大学スポーツ医科学研究所)

入野 貴幸 (東海大学スポーツプロモーションセンター) 陸川 章 (東海大学スポーツプロモーションセンター)

木村 季由 (東海大学体育学部)

八百 則和 (東海大学スポーツプロモーションセンター、東海大学スポーツ医科学研究所)

小澤 翔 (東海大学スポーツプロモーションセンター)

山田 洋 (東海大学体育学部、東海大学スポーツ医科学研究所)

Effects of Low Intensity Exercise in Hot Spring Pool on Salivary Cortisol, C-reactive Protein and Interleukin-6

Kosuke Chris YAMADA, Shogo SASAKI, Takeshi KOYAMA, Takayuki IRINO, Akira RIKUKAWA, Hideyuki KIMURA, Norikazu YAO, Shoh OZAWA and Hiroshi YAMADA



Abstract

This research examined the physiological effects of low intensity exercise in hot spring pool on the indexes of autonomic nervous system (heart rate: HR; systolic blood pressure: SBP; diastolic blood pressure: DBP), endocrine system (salivary cortisol), immune system (C-reactive protein: CRP; interleukin-6: IL-6) and subjective appraisal (rating of perceived exertion: RPE). Twenty-two male athletes (mean age 22.4 yrs, $SD = 3.1$) who regularly trained at competitive level participated in this study. For all indexes, a comparison was made between low intensity exercise in hot spring pool (hot spring condition) and regular high intensity exercise (training condition). Significant differences were detected among conditions in HR, SBP and RPE ($p < .0001$). There were no significant differences in DBP, salivary cortisol, CRP and IL-6. The results of RPE, and HR and SBP as the indexes of autonomic nervous system suggested that although the program in the hot spring pool was low intensity, the exercise promoted a certain degree of activation of the sympathetic nervous system. No significant effects of low intensity exercise in hot spring pool were observed in other indexes. Many factors are involved in the control of the endocrine and immune systems by exercise, and further investigation is needed.

Keywords: low intensity exercise, hot spring, physiological effects, salivary cortisol, CRP, IL-6

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 37, 57-65, 2025)

I. 緒言

近年、アスリート（スポーツ選手）にとっての運動後のリカバリーが重要視されている。運動後のリカバリーの技法には様々なものがあり、大別してアクティブ（積極的）なものとはパッシブ（消極的）なものがある¹⁾。近年では、完全に休息せず多少の身体的負荷を伴うアクティブリカバリーの重要性が増している²⁻⁵⁾。アクティブリカバリーは、トレーニングセッション間の早期回復を目指す手法の1つであり、高強度の運動後に完全に休息するのではなく軽強度の運動を持続することで回復を早めようとすることを指す⁶⁾。アクティブリカバリーのなかの1つの技法として、交代浴（contrast water therapy: CWT）が注目されて久しい⁷⁾。交代浴はパフォーマンスの回復に効果があるという報告^{8,9)}がある一方、その効果を疑問視する報告¹⁰⁾もあり、交代浴の効果についての結果は一貫していない。

一方、温泉の効果もよく知られているが¹¹⁾、温泉の成分が多様であることから、その効果を一般化することが難しい。また、温泉研究は疾患を持つ人々を対象として、長期間の効果（いわゆる湯治）を検討した研究が多い。一方、短期間での影響を検討したものは、1回入浴と200m 走における心拍数や血圧などの変化を検討した研究¹²⁾や、1回の温泉浴の前後における末梢白血球亜群を比較した研究¹³⁾などがあるが、温泉浴の効果は認められるものの、実験デザインや評価指標が多様であり統一した見解は得られていない。サーモニュートラルゾーン（基礎代謝によって体温を維持できる室温）での温水浴の効果を検討した研究もあるが、交代浴よりも回復効果が少ないことが報告されるなど⁹⁾、一貫した結果が得られていない。

ところで、運動による内分泌系や免疫系への影

響については多くの研究が行われている。コルチゾールは副腎皮質から放出されるステロイドホルモンである。運動に対して反応し、概して増加することが知られている¹⁴⁾。多くの研究により、疲弊やオーバートレーニングを予測する可能性が示唆されており¹⁴⁾、現場でも利用されている。

炎症は、傷害を受けた組織が正常な状態に戻るのを助けて生体恒常性を回復させることを目的とした免疫応答の1つである。これまで炎症反応は、一般的に、感染や損傷による防御反応として考えられてきたが、感染や損傷がなくても炎症反応は生じることが多くの研究により報告されてきた¹⁵⁾。感染や損傷なしに炎症反応が生じる要因の1つとして有酸素運動による身体的ストレスが知られている¹⁵⁻¹⁷⁾。例えば、中強度の有酸素運動を行うことで、ナチュラルキラー細胞、好中球、抗体の血中レベルが増加する¹⁸⁾。この運動による免疫反応の増加は一過性であり、時間経過に伴い運動前のレベルに戻る。このような運動による一過性の増減が繰り返されることで、免疫機能が改善されると考えられており¹⁹⁾、システマティックレビューとメタ解析により、有酸素運動によって健康な中高年者の炎症マーカー（C 反応性プロテイン：CRP やインターロイキン 6：IL-6）が有意に減少することが報告されている²⁰⁾。

このように、温水や運動が各種バイオマーカーに及ぼす影響について多くの研究が行われているが、低温（30～35℃）*の温泉プールを利用し、アクティブリカバリーに必要とされる軽度から中程度の身体的負荷での運動が及ぼす生理学的な影響はあまり知られていない。また、複数の系を同時に扱った研究でも一貫した結果が得られていない。そこで、本研究では、温泉プールでの軽負荷運動が及ぼす生理学的影響について自律神経系、内分泌系、免疫系指標および主観的指標を用いて検討した。

* 温水を用いた研究における低温は明確に定義されていない。水浸法（water immersion）における水温を、冷水浸法（cold water immersion: CWI; $\leq 20^{\circ}\text{C}$ ）、温水浸法（hot water immersion: HWI; $\geq 36^{\circ}\text{C}$ ）、交代浴（contrast water therapy: CWT; alternating CWI and HWI）とサーモニュートラル水浸法（thermoneutral water immersion: TWI; >20 to $<36^{\circ}\text{C}$ ）とする研究がある⁶⁾。一方、我が国では温泉法により温泉の温度（温泉源から採取されるとき温度）は25℃以上と規定されているが、一般的な温泉浴場での温度は42℃前後である。したがって、本研究では一般的な温泉の温度（約42℃）に対して低温とした。

表 1 本研究におけるプール運動プログラム
Table 1 The pool exercise program in this study .

#	内容	時間
1	準備運動	5分
2	ウォーキング（前向き・後ろ向きウォーキング、ランジ、サイドステップ等）	10分
3	ストレッチ（一部ヌードル使用）	10分
4	ヌードルを使ったリラクセーション	10分
5	クールダウン	5分

Ⅱ. 方法

1. 参加者

参加者募集は専用ウェブサイトにおいて掲載し、2023年9月1日から1か月間にわたり実施した。また、説明会は東海大学湘南キャンパス内講義室にて2回開催し、それぞれ約30分間の説明を行った。説明会には1回目に約40名、2回目に約10名が参加した。本研究には22名の健康な成人男性（平均年齢22.4歳、 $SD=3.1$ ）が参加した。参加者は大学競技レベル以上のアスリートとし、高強度のトレーニングを日常的に行っている者を対象とした。また、各種バイオマーカーへは性ホルモンが影響を及ぼすことが知られているため^{21, 22)}、本研究では男性のみを対象とした。本研究への参加者は国内のプロリーグもしくは大学リーグに所属するチームのアスリートだった。種目はラグビーフットボール（8名）、バスケットボール（9名）、バレーボール（5名）だった。本研究を実施するにあたり、参加者には本研究の目的や趣旨、危険性などを紙面および口頭によって説明し、同意書への署名によって本研究への参加の同意を得た。なお、本研究は東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を受けて実施した（承認番号：23091R1）。

2. 研究デザインと測定指標

競技シーズン後における温泉プールでの軽負荷運動時（温泉条件）と、競技シーズンに入る直前または競技シーズン中の通常の高負荷運動時（練

習条件）とを比較した。温泉条件でのプログラム（表1）は水中でのウォーキング、一部ヌードル（棒状の浮き具）を使用したストレッチ、ヌードルを使ったリラクセーションで構成した（全体で40分程度）。これらの構成内容は、トレーニング科学分野において一般的に使用される種目である²³⁾。温泉プールは屋外（25 m、5 コース、水深1.1 m）または屋内（25 m、6 コース、水深1.1 m）を使用した。温泉プールは常時30～32℃に保たれていた。尚、温泉プールの泉質は、屋外と屋内ともにカルシウム・ナトリウム硫酸塩泉だった。練習条件では通常行われている高負荷のトレーニングを実施した。

各条件下での生理学的反応を測定するため、内分泌系指標として唾液中コルチゾール、免疫系指標として唾液中 CRP と IL-6、自律神経系指標として心拍数（HR）と収縮期血圧（SBP）、拡張期血圧（DBP）を測定した。これらの指標は運動前、運動直後、運動30分後の3時点で測定した。

唾液中コルチゾール濃度は血中のコルチゾール濃度と相関が高く、精神的・身体的ストレスとの関連で多くの研究が行われている^{24, 25)}。CRP と IL-6は炎症に関連するバイオマーカーで、唾液中コルチゾールと同様に、血液中濃度と唾液中濃度には中程度以上の相関関係があることが示されており、唾液中濃度から血液中濃度を推定できると考えられている^{26, 27)}。これらのバイオマーカーは、概して、強度の高い運動によって増加することが知られている。

唾液中バイオマーカー（コルチゾール、CRP、IL-6）は流涎法²¹⁾により唾液を採取し、-20℃以

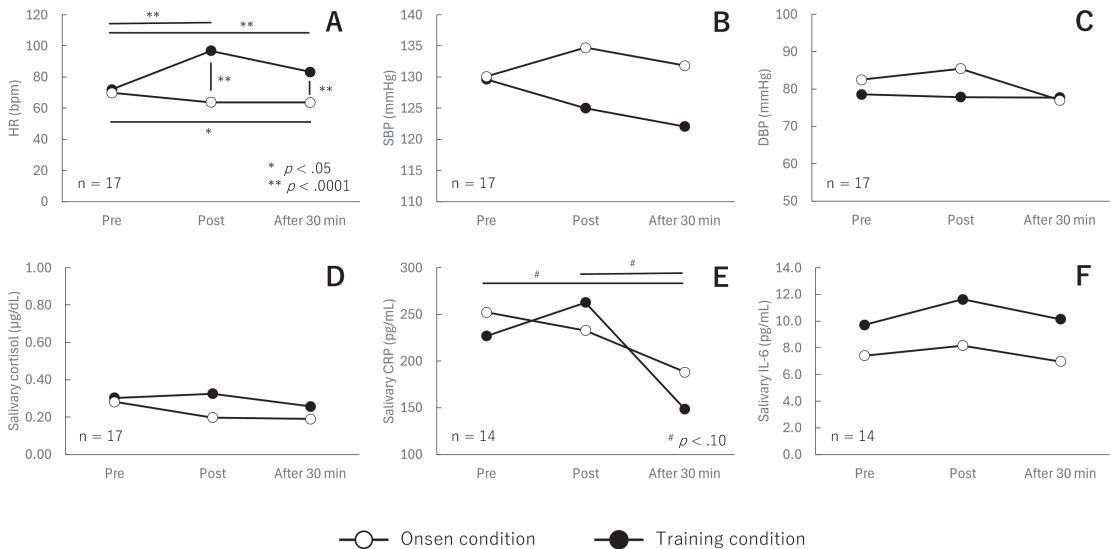


図1 各条件におけるバイオマーカーの平均値プロット

A: 心拍数 (HR, heart rate) ; B: 収縮期血圧 (SBP, systolic blood pressure) ; C: 拡張期血圧 (DBP, diastolic blood pressure) ; D: 唾液中コルチゾール (salivary cortisol) ; E: 唾液中C反応性タンパク (salivary CRP, c-reactive protein) ; F: 唾液中インターロイキン6 (salivary IL-6, interleukin-6)

Fig 1 Mean plots of biomarkers in each condition.

A: heart rate (HR); B: systolic blood pressure (SBP); C: diastolic blood pressure (DBP); D: salivary cortisol; E: salivary c-reactive protein (CRP); F: salivary interleukin-6 (IL-6)

下で輸送後、 -80°C で保存した後に定量した²²⁾。

定量の際、唾液サンプルは3000 rpmで15分間の遠心分離を行い、定量はELISA (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay) 法²⁸⁾を用いた。心拍数と血圧は手首式血圧計 (オムロン社、HEM-6231T2) により測定した。また、運動後に主観的運動強度 (Rate of perceived exertion: RPE) を Borg スケール²⁹⁾により測定した。

3. 統計学的処理

条件間 (温泉条件 vs 練習条件) での HR、SBP、DBP、唾液中コルチゾール、CRP、IL-6 における差を検討するため、指標ごとに反復測定分散分析を行った。球面性検定が有意であった場合には Greenhouse-Geiser 法により自由度を補正し、多重比較には Bonferroni 法を用いた³⁰⁾。効果量は η_p^2 と Cohen's d を算出した³⁰⁾。RPE については対応のある t 検定を実施した。唾液中バイオマーカーが測定できなかった場合には統計学的検定から除外した。統計学的分析には SPSS Statistic 24 (IBM 社) を使い、統計学的有意水準は 5% とし

た。

Ⅲ. 結果

各指標における条件ごとの平均値をプロットしたグラフ (図1) と平均値 (標準誤差) (表2) を示す。

分散分析の結果、HR (図1A) では、交互作用が有意だった (それぞれ、 $F(2, 64) = 37.4$, $p < .0001$, $\eta_p^2 = .54$)。そこで、単純主効果の検定を行ったところ、条件 ($p < .0001$, $\eta_p^2 = .65$) と時点 ($p < .0001$, $\eta_p^2 = .32$) の両方において有意だった。多重比較の結果、運動直後 ($p < .0001$, $d = 3.43$) と運動30分後 ($p < .0001$, $d = 2.19$) において練習条件のほうが温泉条件よりも有意に高かった。練習条件では運動前よりも運動直後 ($p < .0001$, $d = 2.36$) と運動30分後 ($p < .0001$, $d = 1.15$) が高く、練習直後が最も高かった ($p < .0001$, $d = 1.23$)。温泉条件では運動前よりも運動30分後が低かった ($p < .05$, $d = 0.77$)。

表 2 各条件におけるバイオマーカーの平均値（標準誤差）
Table 2 Mean (standard error) of biomarkers in each condition.

	練習条件			温泉条件		
	運動前	運動直後	運動30分後	運動前	運動直後	運動30分後
HR: (bpm) , n = 17	71.9 (2.2)	96.8 (2.3)	83.2 (2.2)	69.8 (2.2)	63.8 (2.3)	63.6 (2.2)
SBP (mmHg) , n = 17	129.6 (2.4)	125.0 (3.1)	122.1 (2.8)	130.1 (2.4)	134.7 (3.1)	131.8 (2.8)
DBP (mmHg) , n = 17	78.5 (2.6)	77.8 (3.0)	77.7 (2.0)	82.5 (2.6)	85.4 (3.0)	76.9 (2.0)
コルチゾール ($\mu\text{g/dL}$) , n = 17	0.30 (0.0)	0.33 (0.0)	0.26 (0.1)	0.28 (0.0)	0.20 (0.0)	0.19 (0.1)
CRP (pg/mL) , n = 14	226.8 (68.0)	262.7 (76.8)	148.6 (43.1)	252.1 (68.0)	232.6 (76.8)	188.1 (43.1)
IL-6 (pg/mL) , n = 14	9.7 (2.4)	11.6 (2.6)	10.1 (1.9)	7.4 (2.7)	8.2 (2.9)	7.0 (2.2)

HR : 心拍数、SBP : 収縮期血圧、DBP : 拡張期血圧、CRP : C反応性タンパク、IL-6 : インターロイキン6

SBP (図 1 B) では、分散分析により交互作用に有意差が検出された ($F(2, 64) = 39.0, p = .025, \eta_p^2 = .11$)。しかし、条件と時点の両方において単純主効果に有意差は認められなかった。

CRP (図 1 E) では、分散分析の結果、時点の主効果のみ有意だった ($F(1.6, 41.6) = 5.04, p = .016, \eta_p^2 = .16$)。多重比較の結果、運動30分後よりも運動前と運動直後において有意傾向だった (それぞれ、 $p = .052, p = .067$)。

DBP (図 1 C)、唾液中コルチゾール (図 1 D)、IL-6 (図 1 F) では有意差は検出されなかった。

RPE では、 t 検定の結果、温泉条件 ($M = 7.6$) のほうが練習条件 ($M = 16.1$) よりも有意に低かった ($t(33) = 2.04, p < .0001, d = 4.04$)。

IV. 考察

温泉プールでの軽負荷運動が及ぼす生理学的影響について、温泉条件 (温泉プールでの軽負荷運動) と練習条件 (通常の高負荷運動) とを比較した。自律神経系指標 (HR と SBP) にのみ条件間に有意な差違が認められ、内分泌系指標 (唾液中コルチゾール) と免疫系指標 (唾液中 CRP と IL-6) には条件間で有意差は示されなかった。また、主観的には条件間に有意差が認められた。

RPE では練習条件のほうが温泉条件よりも運動強度が高く評定された。温泉条件における RPE の平均値が 7.6 (7 : 非常に楽である) だったことから、温泉条件での運動強度は軽かったと考えられる。一方、練習条件における RPE の平

均値は 16.1 (15 : きつい、17 : かなりきつい) であり、本研究における温泉条件でのプログラムが主観的に軽負荷であると評価されたと考えられ、プログラムの負荷設定が適切であったことが示唆された。

自律神経系指標である HR と SBP では、HR において運動直後と運動30分後において練習条件のほうが温泉条件よりも有意に高かったことから、高負荷運動による交感神経系の賦活が示唆された。また、SBP において、温泉条件で運動前よりも運動30分後のほうが有意に低かったが、運動直後と運動30分後には有意差が認められなかったことから、プログラムの負荷設定が交感神経系を大きく活性化するまでには至らなかった。運動は交感神経系の活動を活発にするが、低・中強度での運動による SBP の上昇はわずかであるのに対し、高強度の運動は SBP を顕著に上昇させる¹⁵⁾。これらのことから、温泉プールでのプログラムは軽負荷であるが、運動によってある程度の交感神経系の活性化が促されたことが示唆された。

内分泌系指標である唾液中コルチゾールはオーバーリーチングやオーバートレーニング症候群を検出することに役立つと考えられている^{14, 25)}。しかし、短時間の運動により上昇する³¹⁾ という研究がある一方、運動前に比べて運動後に低下する^{32, 33)} という研究もあり、運動に起因するコルチゾール反応は一貫した結果が得られていない³⁴⁾。また、低・中強度の運動ではコルチゾール濃度に有意な変化が認められないという報告³⁵⁾ や、シーズンのどの時期に測定するかといったアスリートを対象に唾液中コルチゾール反応を検討する上

での方法論上の課題もある³⁶⁾。したがって、本研究における唾液中コルチゾール反応の増減について解釈するには注意が必要である。

本研究において唾液中 CRP と IL-6 では条件間に有意差は示されなかった。定期的な身体活動によって CRP が低下することは多くの研究によって報告されている³⁷⁻³⁹⁾。また、IL-6 は長期に渡る中程度の強度の運動によってより大きな反応を示すことが示唆されており⁴⁰⁾、運動が心臓血管疾患や糖尿病などの疾病の予防に効果があることが知られている。しかし、唾液中コルチゾールと同様に、一過性の運動による効果については一貫した結果が得られていない^{41, 42)}。また、運動による炎症反応の制御には多くの要因が関与しており、その動態を一樣に解釈することは難しいことが指摘されている^{43, 44)}。単に運動強度だけでは炎症反応への影響を見出せないのかも知れず、実験的にさらに詳細な検討が必要である。

本研究の限界として以下の 5 つが考えられる。第 1 に参加者が少なく若年層に限られていたこと、第 2 にバイオマーカーを収集するタイミングが条件間で厳密には揃っていなかったこと（1 日における時間帯）である。これらは、フィールドでの研究において統制が難しい側面であるが、より適切な設定により研究を実施する必要がある³⁶⁾。第 3 に運動強度が明確に定められていなかったことである。本研究では主観的運動強度（RPE）により事後的に運動強度を推定したが、事前に運動強度を設定することで、運動による生理学的影響をより尤もらしく評価できる可能性がある。第 4 に指標間の関連性が検討されていない。本研究における指標は作用し合っている可能性があり^{43, 44)}（例えば、IL-6 は炎症の初期段階に活性化し、CRP は炎症反応の結果として産出される）、相互の関連性を検討することで軽負荷運動プログラムの影響を解釈できるかもしれない。最後に、温泉の効果を考慮していないことである。温泉浴によって、若年健常男性の血中 IL-6 は増加するが血中 CRP の変化は認められなかった研究⁴⁵⁾ や、血中コルチゾールに変化は認められなかったといった

研究⁴⁶⁾ はあるものの、更なる研究が必要だと考えられる。また、多様な成分の温泉の効果については他の研究成果が待たれるところであるが¹¹⁾、少なくとも温泉浴による効果に関する先行研究もあることから今後の検討課題である。

V. 結論

本研究では、温泉プールでの軽負荷運動が心身に及ぼす影響について検討するため、自律神経系、内分泌系、免疫系指標および主観的指標を用いて、温泉プールでの軽負荷運動時（温泉条件）と、通常の高負荷運動時（練習条件）とを比較した。その結果、温泉プールでの軽負荷運動は、主観的に負荷が非常に低いと評価されたが、自律神経系指標（HR と SBP）からは運動によってある程度の負荷がかかっていることが示唆された。しかし、その他の指標では温泉プールでの軽負荷運動の効果は認められなかった。運動や温泉による内分泌系と免疫系への制御には多くの要因が関わっており、研究デザインを含め、今後さらに検討する必要がある。

謝辞

本研究は静岡県令和 5 年度 ICOI プロジェクト実証事業において実施されました。また、本研究は東海大学体育学部と静岡県西伊豆町との「スポーツによる地域振興にかかわる連携に関する覚書」の一部としても実施されました。静岡県および静岡県西伊豆町をはじめ本研究の推進にご協力いただきました関係者の方々に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) Bishop PA, Jones E, Woods AK. Recovery from training: a brief review: brief review. J Strength Cond Res. 2008; 22(3): 1015-1024. doi: 10.1519/JSC.0b013e31816eb518
- 2) Simjanovic M, Hooper S, Leveritt M, Kellmann M, Rynne S. The use and perceived effectiveness of

- recovery modalities and monitoring techniques in elite sport. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2009;12:S22. doi: 10.1016/j.jsams.2008.12.057
- 3) Connolly DA, Brennan KM, Lauzon CD. Effects of active versus passive recovery on power output during repeated bouts of short term, high intensity exercise. *J Sports Sci Med*. 2003; 2(2): 47-51. PMID: 24616610
- 4) Bangsbo J, Graham T, Johansen L, Saltin B. Muscle lactate metabolism in recovery from intense exhaustive exercise: impact of light exercise. *J Appl Physiol* (1985). 1994; 77(4): 1890-5. doi: 10.1152/jap.1994.77.4.1890
- 5) Mika A, Oleksy Ł, Kielnar R, Wodka-Natkaniec E, Twardowska M, et al. (2016) Comparison of Two Different Modes of Active Recovery on Muscles Performance after Fatiguing Exercise in Mountain Canoeist and Football Players. *PLOS ONE* 11(10): e0164216. doi: 10.1371/journal.pone.0164216
- 6) Barnett A. Using Recovery Modalities between Training Sessions in Elite Athletes. *Sports Med*. 2006; 36: 781-796. doi: 10.2165/00007256-200636090-00005
- 7) Higgins TR, Greene DA, Baker MK. Effects of cold water immersion and contrast water therapy for recovery from team sport: A systematic review and meta-analysis. *J Strength Cond Res*. 2017; 31(5): 1443-1460. doi: 10.1519/JSC.0000000000001559
- 8) Pooley S, Spendiff O, Allen M, Moir HJ. Comparative efficacy of active recovery and cold water immersion as post-match recovery interventions in elite youth soccer. *J Sports Sci*. 2020; 38(11-12): 1423-1431. doi: 10.1080/02640414.2019.1660448
- 9) Versey NG, Halson SL, Dawson BT. Water immersion recovery for athletes: effect on exercise performance and practical recommendations. *Sports Med*. 2013; 43(11): 1101-1130. doi: 10.1007/s40279-013-0063-8
- 10) Cochrane DJ. Alternating hot and cold water immersion for athlete recovery: a review. *Physical Therapy in Sport*. 2004; 5(1): 26-32. doi: 10.1016/j.ptsp.2003.10.002
- 11) 上岡洋晴, 栗田和弥, 鈴木英悟, 渡邊真也, 北湯口純, 鎌田真光, 本多卓也, 森山翔子, 武藤芳照. 温泉の効果に関するエビデンスの整理と健康づくりを中心としたレジャーへの応用. *身体教育医学研究*, 2010; 11(1): 1-11. doi: 10.11335/jpem.11.1
- 12) 田中信行, 宮田昌明, 下堂蘭恵, 出口晃, 國生満, 早坂信哉, 後藤康彰. 入浴と運動の健康増進効果の比較—1 回入浴と200m 走の循環、代謝、末梢血組成の変化—. *日本温泉気候物理医学会雑誌*, 2010-2011; 74(4): 263-272. doi: 10.11390/onki.74.263
- 13) 北田仁彦, 宛文涵, 松井恒二郎, 松井健一郎, 清水昌寿, 山口宣夫, 大川尚子. 短期温泉浴による末梢白血球亜群の量的変動と分布率別調節. *日本温泉気候物理医学会雑誌*, 1999-2000; 63(3): 151-164. doi: 10.11390/onki1962.63.151
- 14) Papacosta E, Nassis GP. Saliva as a tool for monitoring steroid, peptide and immune markers in sport and exercise science. *J Sci Med Sport*. 2011; 14(5): 424-434. doi: 10.1016/j.jsams.2011.03.004
- 15) パワーズ SK, ハウリー HT (著), 内藤久士, 柳谷登志雄, 小林裕幸, 高澤祐治 (日本語版監修). *パワーズ運動生理学—体力と競技力向上のための理論と応用* —. 東京, メディカル・サイエンス・インターナショナル, 2020.
- 16) 河野一郎. 運動と免疫. *体力科学*, 1992; 41(2): 139-146. doi: 10.7600/jspfs.1949.41.139
- 17) 鈴木克彦. 運動と免疫. *日本補完代替医療学会誌*, 2004; 1(1): 31-40. doi: 10.1625/jcam.1.31
- 18) Gleeson M. Immune function in sport and exercise. *J Appl Physiol*. 2007; 103(2): 693-699. doi: 10.1152/jap.2007.103.2.693
- 19) Nieman DC, Henson DA, Austin MD, Sha W. Upper respiratory tract infection is reduced in physically fit and active adults. *Br J Sports Med*. 2011; 45(12): 987-992. doi: 10.1136/bjsm.2010.077875
- 20) Zheng G, Qiu P, Xia R, et al. Effect of Aerobic Exercise on Inflammatory Markers in Healthy Middle-Aged and Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Front Aging Neurosci*. 2019; 11: 98. doi: 10.3389/fnagi.2019.00098
- 21) 井澤修平, 小川奈美子, 原谷隆史. 唾液中コルチゾールによるストレス評価と唾液採取手順. *労働安全衛生研究*, 2010; 3(2): 119-124. doi: 10.2486/

- josh.3.119
- 22) 井澤修平, 城月健太郎, 菅谷渚, 小川奈美子, 鈴木克彦, 野村忍. 唾液を用いたストレス評価. 日本補完代替医療学会誌, 2007; 4(3): 91-101. doi: 10.1625/jcam.4.91
 - 23) 深代泰子 (編著), 田中千晶 (著). AQWBI・AQWI・AQDBI・AQDI のためのアクアエクササイズ指導理論. 公益社団法人日本フィットネス協会, 2014
 - 24) Hellhammer DH, Wüst S, Kudielka BM. Salivary cortisol as a biomarker in stress research. *Psychoneuroendocrinology*. 2009; 34(2): 163-171. doi: 10.1016/j.psyneuen.2008.10.026
 - 25) Gatti R, De Palo EF. An update: salivary hormones and physical exercise. *Scand J Med Sci Sports*. 2011; 21(2): 157-169. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01252.x
 - 26) Szabo YZ, Slavish DC, Graham-Engeland JE. The effect of acute stress on salivary markers of inflammation: A systematic review and meta-analysis. *Brain Behav Immun*. 2020;88:887-900. doi: 10.1016/j.bbi.2020.04.078
 - 27) Slavish DC, Szabo YZ. The effect of acute stress on salivary markers of inflammation: a systematic review protocol. *Syst Rev*. 2019; 8(1): 108. doi: 10.1186/s13643-019-1026-4
 - 28) 井澤修平, 鈴木克彦. 唾液中コルチゾールの測定キットの比較. 日本補完代替医療学会誌, 2007; 4(3): 113-118. doi: 10.1625/jcam.4.113
 - 29) 小野寺孝一, 宮下充正. 全身持久性運動における主観的強度と客観的強度の対応性: Rating of perceived exertion の観点から. *体育学研究*, 1976; 21(4): 191-203. doi: 10.5432/jjpehss.KJ00003405473
 - 30) 入野野宏. 心理生理学データの分散分析. *生理心理学と精神生理学*, 2004; 22(3): 275-290. doi: 10.5674/jppp1983.22.275
 - 31) O'Connor PJ, Corrigan DL. Influence of short-term cycling on salivary cortisol levels. *Med Sci Sports Exerc*. 1987; 19(3): 224-228. PMID: 3600236
 - 32) Leicht CA, Goosey-Tolfrey VL, Bishop NC. Exercise intensity and its impact on relationships between salivary immunoglobulin A, saliva flow rate and plasma cortisol concentration. *Eur J Appl Physiol*. 2018; 118(6): 1179-1187. doi:10.1007/s00421-018-3847-6
 - 33) Leal DV, Taylor L, Hough J. Exercise-Induced Salivary Hormone Responses to High-Intensity, Self-Paced Running. *Int J Sports Physiol Perform*. 2021; 16(9): 1319-1327. doi: 10.1123/ijsp.2020-0541
 - 34) Hayes LD, Grace FM, Baker JS, Sculthorpe N. Exercise-induced responses in salivary testosterone, cortisol, and their ratios in men: a meta-analysis. *Sports Med*. 2015; 45(5): 713-726. doi: 10.1007/s40279-015-0306-y
 - 35) Jacks DE, Sowash J, Anning J, McGloughlin T, Andres F. Effect of exercise at three exercise intensities on salivary cortisol. *J Strength Cond Res*. 2002; 16(2): 286-289. PMID: 11991783
 - 36) Guilhem G, Hanon C, Gendreau N, Bonneau D, Guével A, Chennaoui M. Salivary Hormones Response to Preparation and Pre-competitive Training of World-class Level Athletes. *Front Physiol*. 2015; 6: 333. doi: 10.3389/fphys.2015.00333
 - 37) Ford ES. Does exercise reduce inflammation? Physical activity and C-reactive protein among U.S. adults. *Epidemiology*. 2002; 13(5): 561-568. doi: 10.1097/00001648-200209000-00012
 - 38) Kasapis C, Thompson PD. The effects of physical activity on serum C-reactive protein and inflammatory markers: a systematic review. *J Am Coll Cardiol*. 2005; 45(10): 1563-1569. doi: 10.1016/j.jacc.2004.12.077
 - 39) Fedewa MV, Hathaway ED, Ward-Ritacco CL. Effect of exercise training on C reactive protein: a systematic review and meta-analysis of randomised and non-randomised controlled trials. *Br J Sports Med*. 2017; 51(8): 670-676. doi: 10.1136/bjsports-2016-095999
 - 40) Nash D, Hughes MG, Butcher L, et al. IL-6 signaling in acute exercise and chronic training: Potential consequences for health and athletic performance. *Scand J Med Sci Sports*. 2023; 33(1): 4-19. doi: 10.1111/sms.14241
 - 41) Czarkowska-Paczek B, Bartłomiejczyk I, Gabrys T, Przybylski J, Nowak M, Paczek L. Lack of relationship between interleukin-6 and CRP levels in

- healthy male athletes. *Immunol Lett.* 2005; 99(1): 136-140. doi: 10.1016/j.imlet.2005.02.006
- 42) Cerqueira É, Marinho DA, Neiva HP, Lourenço O. Inflammatory Effects of High and Moderate Intensity Exercise-A Systematic Review. *Front Physiol.* 2020; 10: 1550. doi: 10.3389/fphys.2019.01550
- 43) Reihmane D, Dela F. Interleukin-6: possible biological roles during exercise. *Eur J Sport Sci.* 2014; 14(3): 242-250. doi: 10.1080/17461391.2013.776640
- 44) Allen J, Sun Y, Woods JA. Chapter Fourteen - Exercise and the Regulation of Inflammatory Responses, Claude Bouchard (Eds), *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, Academic Press, Volume 135, 2015, pp.337-354. doi: 10.1016/bs.pmbts.2015.07.003
- 45) 児嶋大介, 木下利喜生, 東山理加, 太田晴基, 山本洋司, 下松智哉, 梅本安則, 田島文博. 温泉入浴により血中 IL-6 濃度は増加する. *理学療法学 Supplement.* 2009; 37S(2): P1-044. doi: 10.14900/cjpt.2009.0.A4P1044.0
- 46) 久保田一雄, 田村耕成, 倉林均, 武仁, 白倉卓夫, 田村遵一. 草津温泉浴の血圧, 心拍数, 血漿コルチゾール並びにヘマトクリットに及ぼす影響. *日本温泉気候物理医学会雑誌*, 1996-1997; 60(2): 61-68. doi: 10.11390/onki1962.60.61