

腰部の急性筋疲労からの回復におよぼす水流刺激浴の生理的および心理的評価
Physiological and psychological evaluation of the effects of vortex-inflow stimulation
bathing on recovery from acute muscle fatigue in the lower back

西村 直記¹⁾ 永田 まゆみ²⁾ 永柳 昌子²⁾

Naoki NISHIMURA, Mayumi NAGATA, Masako NAGAYANAGI

1) 日本福祉大学 スポーツ科学部

Faculty of Sport Sciences, Nihon Fukushi University

2) 株式会社 LIXIL LWT Japan デザイン・新技術統括部

Design & Advanced Technology Center, LIXIL Water Technology Japan, LIXIL Corporation

Abstract: The purpose of this study was to investigate the effects of a vortex-inflow stimulation bathing on recovery from acute fatigue immediately after repeated muscle exercise to exhaustion on recovery from acute fatigue. Nine healthy male subjects repeatedly performed a 1-min trunk holding test until exhaustion, followed by 20 min of (1) rotational stimulation bathing, (2) vertical stimulation bathing, (3) straight stimulation bathing, or (4) half-body bathing. Muscle stiffness and salivary cortisol (n=7) tended to recover more in rotational stimulation bathing compared with the other bathing conditions, but the difference was not significant. In subjective psychological evaluations of the bathing, the thermal effect of the hot water temperature and the dynamic massaging effect of the vortex-inflow stimulation significantly contributed to the positive effect (P<0.01). The effect of the vortex-inflow stimulation was especially strong compared with half-body bathing with respect to lower back heaviness and pain.

キーワード：水流刺激浴, 筋疲労, 筋硬度, 唾液中コルチゾール, 心理的評価

Keywords: vortex-inflow bathing, muscle fatigue, muscle stiffness, cortisol in saliva, psychological evaluation

I. はじめに

疲労とは、過度の肉体的および精神的活動または疾病によって生じた独特の不快感と休養の願望を伴う身体の活動能力の減退状態であると定義されている(抗疲労臨床評価ガイドライン, 2011)。疲労には、激しい運動後の疲労物質の蓄積や低血糖およびミネラル不足などが原因となる急性疲労と、急性疲労の蓄積や種々の生活環境要因(ストレス)が原因となる慢性疲労がある。急性疲労は一晩の睡眠や入浴などで改善(もしくは軽減)されることもある

が、慢性疲労はその症状が数ヶ月以上続くとされている。これまでに報告されている疲労疫学調査によると、国民の1/3以上が慢性的な疲労を自覚しており、その中で生活に支障をきたしている慢性疲労患者は約5.2%存在し、これらによる経済損失は医療費を除いても年間1.2兆円に及んでいるとの報告がみられる(倉恒ら, 2009)。

日本人が古来より行っている身体を浴槽内のお湯に浸漬させる浴槽浴には、身体の洗浄効果(西村ら, 2013)や湯温により身体を温める温熱効果(美

和ら, 1994)に加えて, 静水圧による血液循環促進効果, 浮力による身体への負担軽減効果, 身体的および精神的なストレスの緩和や疲労の軽減効果があるとの報告がみられる(渡部ら, 2009; 和田ら, 2011; 西村, 2018). 近年では, 入浴中に入浴剤(中山ら, 1986), 高濃度人工炭酸水(西村, 2018), 微細気泡(河原ら, 2012; 清水ら, 2007; 野中ら, 2010)などを加えることにより, 更なる生理的および心理的效果が得られるとの報告もみられる. また, 浴槽壁に付置された吐水穴から吐出された噴流を身体の局所部位に当てる噴流浴(以下, 水流刺激浴)については, 局所部位のマッサージ効果により皮膚表面温度を上昇させる(渡辺, 1995)ことや, 心拍数の上昇や保温効果があるとの報告がみられる(垣鍔, 1992). 一方で, 水流が回転状または直線状に動く事やその動き方の違いが疲労回復におよぼす効果について検討した報告はみられない.

本研究は, 疲労困憊に至るまでの筋運動により急性の筋疲労を腰部に生じさせた後, 異なるパターンでの水流刺激浴を行わせた際の腰部の疲労回復効果について, 生理的および心理的指標を用いて比較・検討することを目的とした. 本研究の結果から, 筋運動後に水流刺激浴を行うことにより, 通常の浴槽浴よりも生理的および心理的な疲労回復効果が促進され, 更に水流刺激パターンにより疲労回復効果に差が見られれば, 日常生活において疲労を感じている人のQOLを向上させる一助となることが期待される.

II. 方法

2-1. 被験者

健常男性9名(21.3 ± 1.9歳, 身長: 171.3 ± 8.2cm, 体重: 68.6 ± 10.6kg; いずれも平均±標準偏差)を被験者とした. 被験者の内6名は運動部に所属するなど運動習慣があり, 日常的に体を鍛えていた. 本研究を実施するにあたり, すべての被験者には実験の目的, 方法, 予測される利益と危険性およびそれに対する安全対策についての十分な説明を口頭および書面にて行い, 被験者として実験参加の

同意を得た. 本研究は, 日本福祉大学「人を対象とする研究」に関する倫理審査委員会の審査を受け, 承認を得た上で, ヘルシンキ宣言に示された人間を対象とする医学研究の倫理的原則に従って行った(承認番号19-16). すべての実験は株式会社LIXIL 榎戸ビル内入浴試験室にて実施した.

2-2. 実験方法

実験は, 2020年1月~4月に実施した. 被験者は, 綿のTシャツと水着を着用し, 室温約25°C(相対湿度: 40~55%)に設定した恒温室内に付置されたベッド上にて, 長座位姿勢で5分間の安静状態(以下, 前安静)を保たせた. その後, 上前腸骨棘より上半身をベッドの端より浮かせ, 両脛脛と足首をベッドに固定し, 身体を水平位に維持させる Trunk holding test(以下, THT; 図1)を1分間実施した. THTは, 10秒間の休憩を挟んで繰り返して実施させ, THT中に被験者の胸郭中央が2秒間2cm以上下垂するか, もしくは被験者が疲労困憊(筋疲労)を申告した時点で終了とした. また, THTは水流刺激が当たる腰部に筋疲労が生じているかの確認を行いながら実施させた. THT終了後は速やかに浴槽ブースへと移動させ, 腰部へ種々の水流刺激を加えた入浴と水流刺激のない入浴のいずれかの入浴(水温はいずれも38.5°Cで水位はみぞおち付近に設定)を20分間行わせた. その際, 浴槽壁に付置された水流刺激浴用の2つの吐水口が,



図1 Trunk holding test

筋硬度測定部位（第一腰椎付近）になるように入浴姿勢や水位を調節した。水流刺激浴は、図2に示すように吐水口の円周上にある複数の吐水孔から円を描くように順番に吐水する「回転刺激浴」、同じく下から上に半円を描くように順番に吐水する「上下刺激浴」、中央1個の吐水孔から一律に同じ部位に吐水する「直進刺激浴」の3条件とし、水流刺激を行わない「刺激なし浴」を対照浴とした。入浴終了後は、恒温室内のベッド上で長座位姿勢にて10分間の安静（以下、後安静）をとり、水流刺激による疲労回復効果を比較するために、再度THTを一回だけ実施した（図3）。すべての実験は、被験者内の同じ時間帯に行なうこととし、各入浴条件は少なくとも1日以上の間隔をあけるとともに、順序効果に配慮して刺激提示の順番はランダムに実施した。

2-3. 測定項目：

1) 生理的指標

THTの実施による腰部の筋疲労の指標として、筋硬度（身体組織硬度計 PEK-1, 井本製作所）の測定を、前安静終了後、入浴前 THT 終了後、後安静終了後に実施した。筋硬度は、第一腰椎付近の左右12点ずつ計24点で測定を行った後、平均値を求め、入浴前 THT 終了後と後安静終了後のデータの差から変化量を算出して筋疲労の回復効果とした。また、身体的および精神的ストレスにより増加する唾液中コルチゾール濃度の分析（矢内原研究所）を、前安静後、入浴前 THT 終了後、入浴中（入浴開始15分以降）にそれぞれ約2mlずつ採取（SalivaBio Oral Swabs, Salimetrics）した唾液を用いて行い、入浴前 THT 終了後と入浴中のデータの差から変化量を算出して身体的・精神的ストレスの回復効果とした。温熱効果の指標として、外耳道

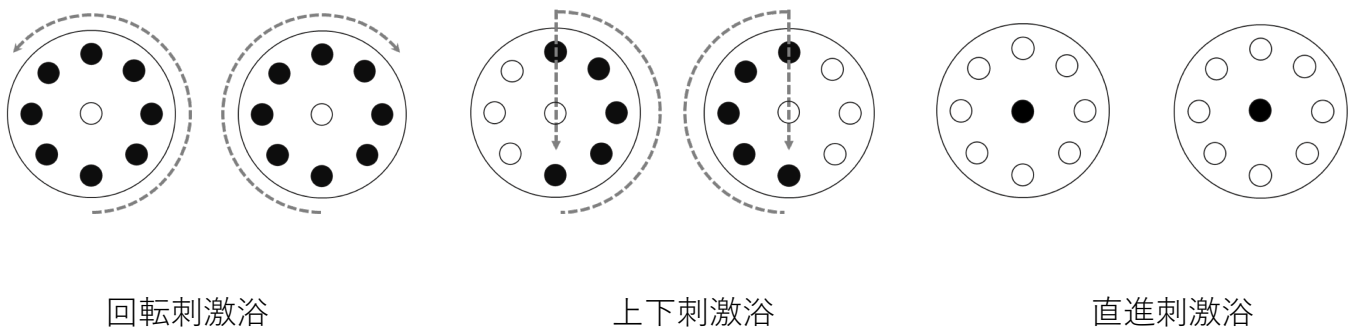


図2 水流刺激浴時の吐水の流れ

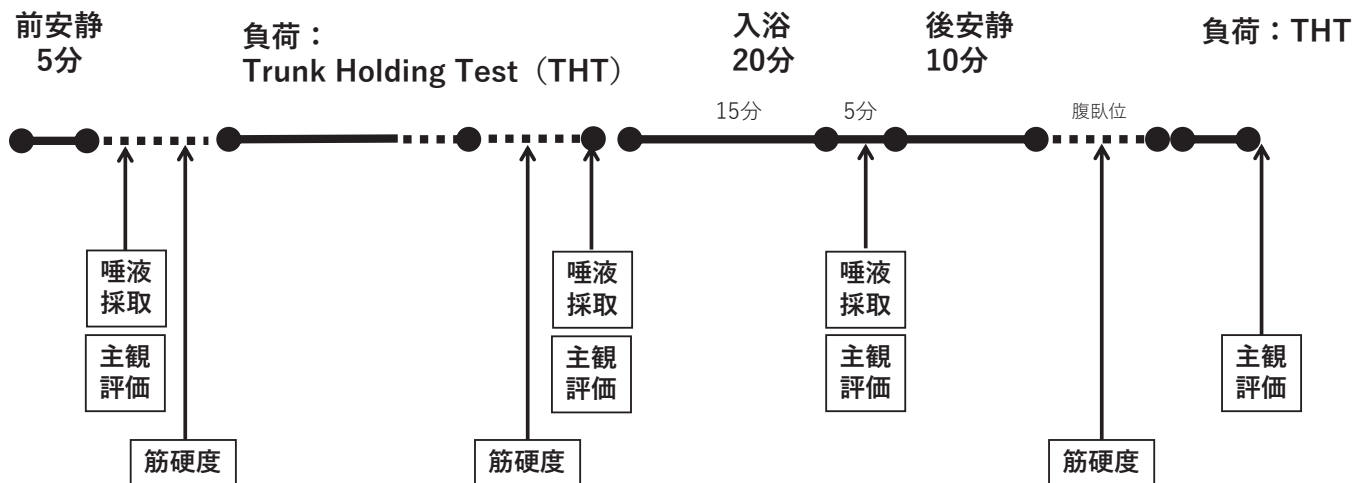


図3 実験プロトコール

温（以後、体温と記す）と腰部皮膚温（高精度恒温ロガー LT8A, グラム）および腰部皮膚血流量（レーザドップラ血流計 ALF21N ADVNCE LASER FLOWMETER, アドバンス）の測定を、前安静開始時から後安静終了時まで連続記録した後、1分毎の平均値を算出した。

2) 心理的指標

リラクセス感、身体のだるさ、疲労感、腰の重さ、腰の痛みの主観評価については、VAS (0-100) を用いて、前安静終了後、入浴前 THT 終了後、入浴終了直前に自己申告させた。さらに、各条件での入浴により THT による疲れが取れているかの実感については VAS (0-100) を用いて、THT による疲れの残り程度については4段階（残っている・やや残っている・残っていない・全く残っていない）の指標を用いて、それぞれ入浴終了後に自己申告させた。

2-4. 統計解析：

筋硬度、コルチゾール、心理的指標の VAS について、入浴条件毎の前後の変化については対 t 検定を実施し、入浴条件間の比較については被験者も一因子と捉えて二元配置分散分析 (Excel 分析ツール) を実施した。皮膚血流量など時系列項目は二元配置反復測定分散分析 (IBM SPSS Statistics 24) を実施した。これらの分散分析で入浴条件に有意な主効果を認めた場合、どの条件に有意差があるかについては Tukey の多重比較検定を実施した。いずれも、危険率は 5% 未満をもって有意とした。

III. 結果

3-1. 実験室の室温および湯温の変化

前安静時の恒温室の室温は $25.6 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ 、入浴中の浴槽ブースの室温は $25.4 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、後安静時の恒温室の室温は $25.3 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ と、各入浴条件でほぼ同じ室温で実験を行うことができた。入浴中の湯温については、全ての入浴条件共に概ね $38.6^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ に維持することが出来た。

3-2. 筋硬度の変化

図 4 に各入浴条件での筋硬度の変化量（入浴前 THT 終了後と後安静終了後の差）を示した。筋硬度は第一腰椎付近の脊柱脇で 24 点の計測を行ったが、水流刺激が身体に良く当たっていると考えられる左右の上側 12 点の平均値を筋硬度の評価点とした。各条件の変化量は、刺激なし浴では -1.2 ± 0.7 ($p < 0.01$)、回転刺激浴では -1.5 ± 1.0 ($p < 0.01$)、上下刺激浴では -1.2 ± 1.1 ($p < 0.05$)、直進刺激浴では -1.0 ± 0.7 ($p < 0.01$) と 4 条件とも入浴後に有意に低下し、特に回転刺激浴が他の入浴条件に比べて最も低下が大きかったが、入浴条件間での有意差は認められなかった。

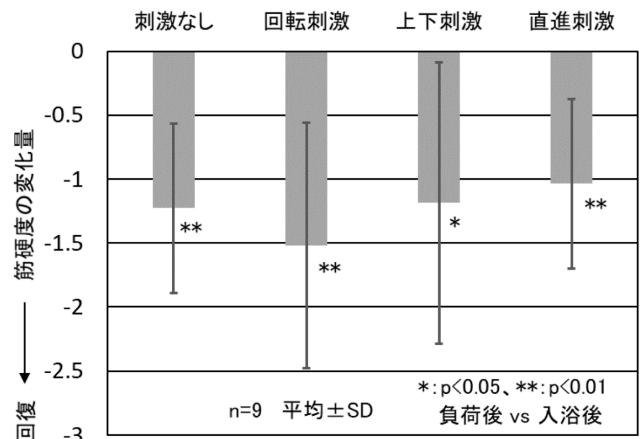


図 4 各入浴条件での筋硬度の変化量

3-3. 唾液中コルチゾール濃度の変化

図 5 に、各入浴条件での唾液中コルチゾール濃度の変化量（入浴前 THT 終了後と入浴中の差）を示した。唾液中コルチゾール濃度については、測定時に明らかなエラーデータがみられた 2 名を除いた 7 名の平均値で解析を実施した。各条件での入浴後の唾液中コルチゾールの変化量を見ると、回転刺激浴のみ入浴後に有意 ($p < 0.01$) に低下したのに対し、他の 3 条件は入浴による変化に有意差は認められなかった。一方で、入浴条件間での有意差は認められなかった。

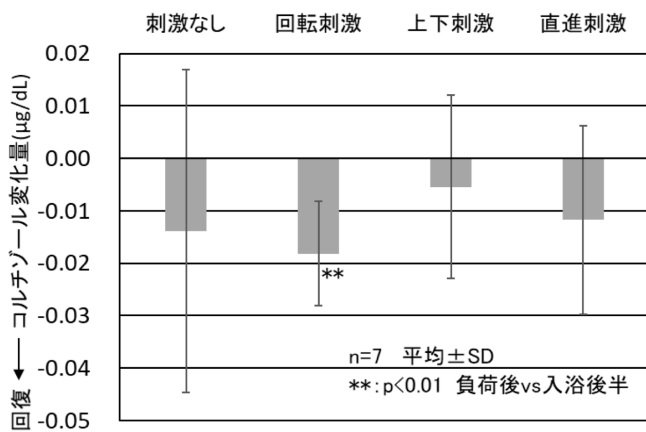


図5 各入浴条件での唾液中コルチゾール濃度の変化量

3-4. 体温および腰部皮膚温の経時変化

図6に、各入浴条件での体温の変化(左)と腰部皮膚温の経時変化(右)を示した。体温については、回転刺激浴、上下刺激浴、直進刺激浴では刺激なし浴よりも高値を示したものの、各入浴条件間に有意差は認められなかった。腰部皮膚温については、体温の変化と同様に刺激なし浴では他の入浴条件と比較して入浴中はやや低値を推移したが、各入浴条件間で有意差はみられなかった。

3-5. 腰部皮膚血流量の経時変化

図7に各入浴条件での腰部皮膚血流量の変化を示した。入浴条件間に有意な主効果 ($p < 0.05$) を認めたと、入浴条件と時間との有意な交互作用は認められなかった。そこで、入浴中の標準偏差が時間により大きく異なる事、15分過ぎには唾液採集やアンケート回答をしている事から、入浴5分

目、10分目、15分目のデータに対し、Tukeyの多重比較を実施した。その結果、入浴5分目では上下刺激浴と刺激なし浴に、入浴15分目では回転刺激浴、上下刺激浴のそれぞれと刺激なし浴に有意差 ($p < 0.05$) を認めた(図8)。

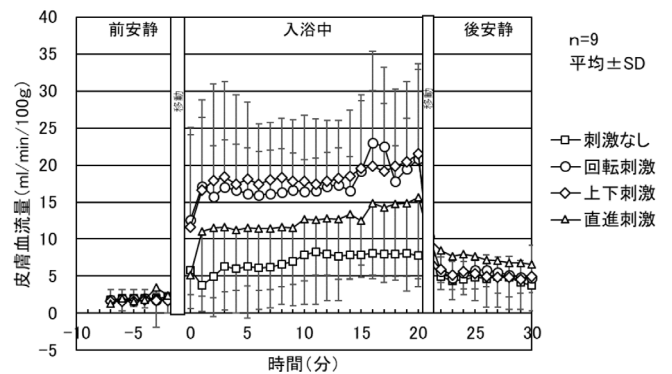


図7 各入浴条件での腰部皮膚血流量の経時変化(入浴中の条件に有意差あり ($p < 0.05$))

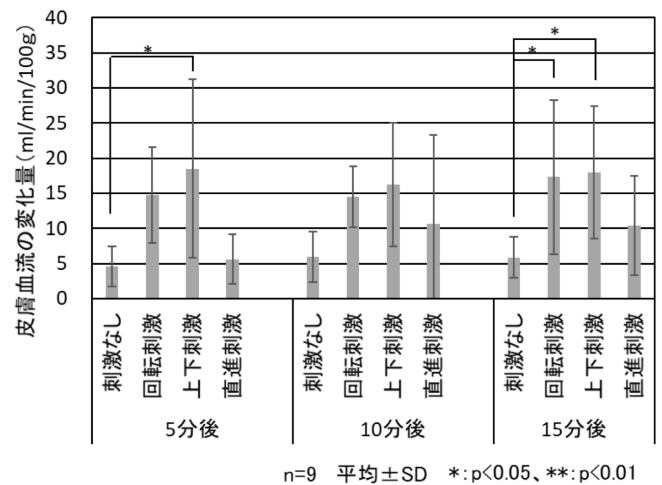


図8 入浴5, 10, 15分目の腰部の皮膚血流量

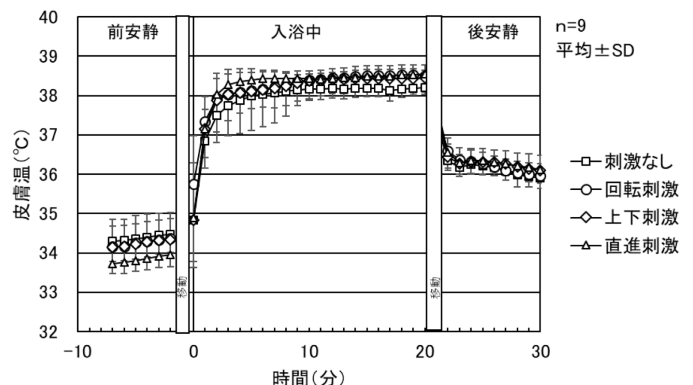
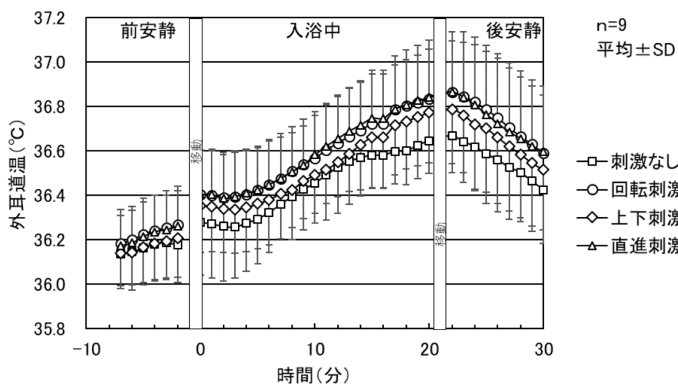


図6 各入浴条件での外耳道温(左)および腰部皮膚温(右)の経時変化

3-6. 心理的指標

図9に、VASスケールを用いた各入浴条件での入浴前に対する入浴終了直前の主観評価（リラックス感、身体のだるさ、疲労感、腰の重さ、腰の痛み）の変化について、聞き取りに漏れがあった1名を除く8名の平均値で示した。図中の変化量が大きいほど回復していることを表している。だるさ感および疲労感は、刺激なしも含めた4条件ともに、入浴後に有意 ($p < 0.05$) に変化（良化）している。一方、リラックス感、腰の重さ、腰の痛みについては、刺激のある3条件のみ入浴による有意 ($p < 0.05$) な変化（良化）を認め、特に腰の重さや腰の痛みについては刺激の有無で変化量平均の差が大きく、腰部への水流刺激の効果が顕著であった。しかしながら、入浴条件間での有意差は認められなかった。

図10に、各入浴条件での疲れが取れたかの実感（VAS：浴後のみの評価）を9名の平均値で示した。刺激なし浴で疲れが取れたかの実感については 33.3 ± 16.3 であったのに対し、回転刺激浴では 67.2 ± 22.2 、上下刺激浴では 57.8 ± 27.7 、直進刺激浴では 65.7 ± 14.2 と、刺激なし浴と比較していずれの水流刺激浴でも有意 ($p < 0.05$) に疲れが取れていることが明らかとなった。加えて、疲れの残り程度の聞き取り（4段階）では、回転刺激浴では疲れや痛みが全く残っていない、または残っていないと回答した被験者が半数以上（5名）を占めていたのに対し、上下刺激浴と直進刺激浴では2名、刺激なし浴では1名であったことから、回転刺激浴での評価が最も高かった。

IV. 考察

浴槽内のお湯に身体を浸漬させる浴槽浴には、身体を温める温熱効果（美和ら，1994）のみならず、静水圧による血液循環促進効果や身体的および精神的なストレスの緩和や疲労の軽減効果がある（渡部ら，2009；和田ら，2011；西村2018）との報告がみられる。本研究は、疲労困憊に至るまでの筋運動により急性の筋疲労を腰部に生じさせた後、種々のパターンの水流刺激浴を行わせた際の生理的および

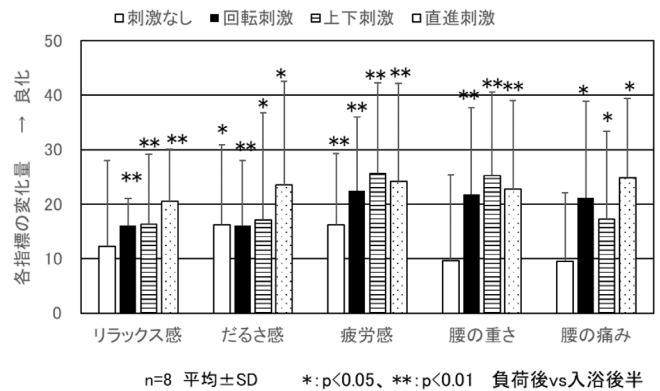


図9 各入浴条件でのリラックス感、身体のだるさ、疲労感、腰の重さ、腰の痛み) の変化

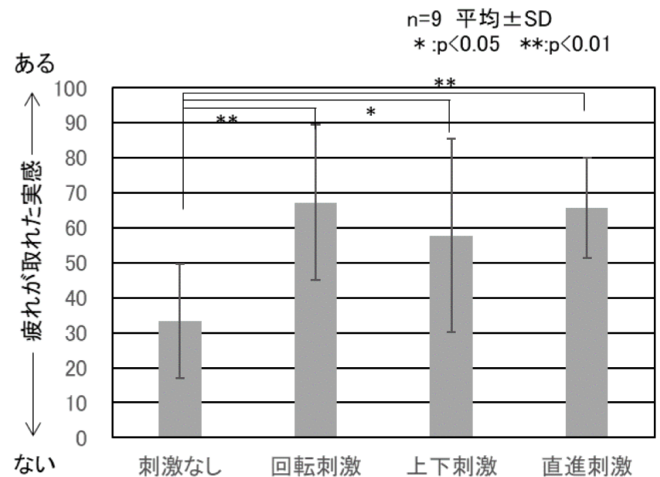


図10 各入浴条件後での疲れが取れたかの実感

心理的疲労回復効果を比較・検討することを目的とした。

本研究の結果、疲労困憊に至るまでのTHTにより増加した筋硬度は、いずれの入浴条件においても入浴後には有意に低下（回復）した（図5）。特に、回転刺激浴が他の入浴条件に比べてより回復する傾向がみられたが、入浴条件間で有意差は認められなかった。継続した運動後には筋硬度が増加するとの報告がみられ（Murayama et al., 2000；Sun et al., 2009），これが筋疲労（Murayama et al., 2000）や傷害発生（木村ら，2007）を引き起こす要因の一つであると考えられている。運動後に筋硬度が増加する機序としては、①筋線維の収縮張力が増加すること、②運動中に蓄積された乳酸、クレアチンおよびケトン体などの代謝産物が筋組織のpH

を低下させること、③筋収縮による血流の障害が筋内外の浸透圧を上昇させ、過剰な水分が筋線維組織内に移動することにより筋内圧が上昇することなどが挙げられている(村山, 2016; 山口ら, 1997)。一方、坂上ら(2000)は、自転車エルゴメータを用いた激運動後のストレッチングは、疲労回復に対してはあまり効果的ではなく、軽運動を実施することにより代謝産物の洗い出しが促進し、速やかに疲労を回復させると報告している。本研究の各種の水流刺激浴では、刺激なし浴と比較して体温(図6)が高値を示すと共に腰部皮膚血流量(図7, 8)は有意に高値を示したことから、刺激なし浴よりも高い温熱効果が得られていると考えられる。しかしながら、筋硬度については、水流刺激の有無に関わらず全ての入浴条件後で有意に低下した。これは、本研究で用いた刺激なし浴(水温は38.5℃で20分間)による温熱効果のみであっても、全身の血液循環を促進し、代謝産物の蓄積を抑制することが可能であることが示唆される。また、条件間に有意差はないものの、回転刺激浴後では筋硬度が最も低下した理由については、湯温による温熱効果に加えて、右回りと左回りに段階的に吐水された動的な水流刺激による腰部へのマッサージ効果が、柔軟性を高めた可能性が推察される。

各入浴条件での唾液中コルチゾール濃度の変化量(入浴前THT終了後と入浴中の差)を7例の平均値で比較した結果、入浴によりコルチゾールが有意に低下したのは4条件の中で回転刺激浴のみであった。一方で、入浴条件間で有意差は認められなかった(図5)。

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り、免疫系、血管系および中枢系に対して様々な生理的作用を有しており、身体的および心理的な急性ストレス後に増加することからストレスホルモンと呼ばれている。唾液中コルチゾール濃度は血中コルチゾール濃度と相関が非常に高く、血液と比較して非侵襲的に採取できることから、職業性ストレスに対する生理学的な評価方法の一つとして注目されている(井澤ら, 2007)。運動に伴う唾液中コルチゾール濃度の変化については、最大酸

素摂取量の60%強度で30分間のトレッドミル走中に増加するとの報告(Rudolph and McAuley, 1998)や、水中運動後に増加する(菅野ら, 2000)との報告がみられる。他方、1時間のサイクリングを種々の強度で実施した結果、高強度かつ長時間の有酸素運動を行わなければ有意に増加しない(Jacks et al., 2002)、運動は唾液中コルチゾール濃度に影響を与えない(Filaire et al., 1996)という報告や、漸増負荷試験による唾液中コルチゾール濃度と血液中コルチゾール濃度の間に有意な相関は認められない(Del Corral et al., 1994)など否定的な報告もみられる。また、対象者のストレス状態が唾液中コルチゾール濃度に反映されるまでに時間差が生じる(澤田, 2001)との報告もみられる。本研究の結果、唾液中コルチゾール濃度は回転刺激浴のみが入浴により有意に低下したものの、入浴条件間での有意差は認められなかった。これについては、多くの先行研究では動的な運動を行っていたのに対し、本研究で用いたTHTが背筋運動のような動的な運動ではなく静的なアイソメトリック運動であったことや、回復の指標としての測定タイミングが入浴中のみで、入浴後しばらく経過した時点を計測しなかった事などが、入浴条件間で有意差が認められなかった要因であるかもしれない。

各入浴条件での入浴前に対する入浴終了直前の心理的な主観評価の内の身体のだるさと疲労感、刺激なし浴後も含めた全条件で有意な回復を認めた(図9)ことから、古来より日本で日常的に行われている浴槽浴は心理的な疲労回復効果を高める入浴法であると言える。VASスケールを用いた主観評価は入浴の効果を測定する手法として妥当であるとされているが(鏡森ら, 2004)、その効果については温熱作用をはじめとする複合的な作用によるものであると考えられている(阿岸, 2014)。種々の水流刺激を加えた入浴後では、腰の重さや腰の痛みにより有意な回復を認めたことから、腰部への水流刺激の効果が顕著であった(図9)。また入浴前のTHT負荷による疲労がどの程度回復したかを評価させた結果については、3つの水流刺激浴では刺激なし浴に比べて有意に疲れが取れた実感があった(図10)。

更に、4段階の疲れの残り程度の聞き取りでは、回転刺激浴だけが半数以上は疲れが全く残っていない、または残っていないと回答していることから、主観的には回転刺激浴が最も疲れが取れていることが明らかとなった。よって、種々の水流刺激浴（特に回転刺激浴）は、より高い温熱効果に加えて、腰部への動的な水流刺激によるマッサージ効果が加わることで、心理的評価にポジティブな影響を与えたことが推察される。しかしながら、筋硬度および唾液中コルチゾール濃度などの生理的指標では、入浴条件間に有意差が認められなかった。これらの理由については、本研究の対象者の多くが運動部に所属する男子大学生であり、THTの終了条件の一つである「被験者が疲労困憊（筋疲労）を申告した時点」の程度が運動習慣の有無により異なり、これが生理的指標に有意差が認められなかった原因である可能性も否定できない。

以上のことから、健康な男子大学生の急性の筋疲労に対する水流刺激浴の生理的および心理的評価については、湯温による温熱効果に水流刺激による動的なマッサージ効果が加わることで有効となり、それは特に回転刺激浴での心理的評価に最もポジティブな影響を与えることが明らかとなった。また、唾液中コルチゾールは条件間の有意差を認めないものの、回転刺激浴のみ有意に低下しているなど刺激の種類による違いの可能性も伺え、今後の課題として、疲労困憊に至るまでの筋運動の種類を変えて実施することや、種々の年齢層や性別を比較した追加実験を行うことが望まれる。

利益相反

本論文は、利益相反に関して申告すべき事項はありません。

謝辞

本研究は、株式会社 LIXIL との共同研究として実施しました。また、ご協力いただきました被験者の方に感謝いたします。

参考文献

- 阿岸祐幸 (2014) : 温泉と健康. 岩波書店, 東京, 18-38.
- Del Corral P, Mahon AD, Duncan GR, Howe CA, Craig BW (1994) : The effect of exercise on serum and salivary cortisol in male children. *Med Sci Sports Exerc*, 26 (11) : 1297-1301.
- Filaire E, Duche P, Lac G, Robert A (1996) : Saliva cortisol, physical exercise and training : influences of swimming and handball on cortisol concentration in woman. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 74 : 274 (3) -278.
- 井澤修平, 城月健太郎, 菅谷 渚, 小川奈美子, 鈴木克彦, 野村 忍. (2007) : 唾液を用いたストレス評価—採取及び測定手順と各唾液中物質の特徴—. *日本補完代替医療学会誌*, 4 : 91-101.
- Jacks DE, Sowash J, Anning J, McGloughlin T, Andres F (2002) : Effect of exercise at three exercise intensities on salivary cortisol. *J Strength Cond Res*, 16 : 286-289
- 鏡森定信, 飯嶋正広, 上馬場和夫 (2004) : 温泉の医学領域の応用とその評価. *日本温泉気候物理医学会編* : 12-2.
- 垣鍔直 (1992) : 局所気泡浴の生理的効果に関する検討. *日本温泉気候物理医学会雑誌*, 55 : 164-171.
- 河原ゆう子, 美和千尋 (2012) : 入浴中のヒトの体温調節能, 熱的快適性および皮膚洗浄にマイクロバブル性状が与える影響. *自律神経*, 49 (4) : 236-242.
- 木村篤史, 松本和久, 池内隆治 (2007) : 運動負荷後のストレッチングが筋硬度に及ぼす影響. *明治鍼灸医学*, 40 : 29-37.
- 倉恒弘彦, 西澤良記, 近藤一博, 伴信太郎, 下村登規夫, 久保千春, 野島順三, 渡辺恭良, 酒井一博, 小泉淳一 (2009) : 自律神経機能異常を伴い慢性的な疲労を訴える患者に対する客観的な疲労診断法の確立と慢性疲労診断指針の作成. 平成 21 年度厚生労働科学研究 (こ

- ろの健康科学研究事業) 報告. <https://www.fuksik-agku.ac.jp/guide/efforts/research/kuratsune/soukatu/report.html> (2022年8月1日アクセス)
- 抗疲労臨床評価ガイドライン (2011) 日本疲労学会 (平成23年7月22日 第5版作成) <http://www.hirougak-kai.com/guideline.pdf> (2022年8月1日アクセス)
- 美和千尋, 岩瀬 敏, 松川俊義, 菅屋潤壺, 杉山由樹, 間野忠明, 山口浩司 (1994) 40℃入浴60分間がヒトの心血管機能と体温調節機能に及ぼす影響. 自律神経, 31 (1) : 38-46.
- Murayama M, Nosaka K, Yoneda T and Minamitani K (2000) : Changes in hardness of the human elbow flexor muscles after eccentric exercise, *Eur J Appl Physiol*, 82 (5-6) : 361-367.
- 村山光義 (2016) : 押し込み反力計測による筋硬度評価の意義. バイオメカニズム学会誌, 40 (2) : 79-84.
- 中山靖久, 土屋徹, 池田充宏, 古藤高良 (1986) : 入浴の効果と評価; 2) 入浴剤の疲労回復効果の検討. 日本化粧品科学会誌, 10 : 237-243.
- 西村直記, 岩瀬敏, 菅屋潤壺, 河原ゆう子 (2013) : 異なる入浴様式による加齢臭の除去・抑制効果. 日本生気象学会雑誌, 50 (2) : 107-115.
- 西村直記 (2018) : 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, 1 : 5-10.
- 野中隆, 古賀弘子, 中塚祐次 (2010) : 微細気泡浴の生理的・心理的影響. 人間生活工学, 11 (2) : 42-47.
- Rudolph DL, McAuley E (1998) : Cortisol and affective responses to exercise. *J Sports Sci*, 16 : 121-128.
- 坂上昇, 大倉三洋 (2000) : ストレッチングの疲労回復効果に関する研究. 高知リハビリテーション学院紀要, 2 : 1-7.
- 佐藤 陽彦, 石井 勝 (1977) : 動的筋作業における局所筋疲労の評価. 人間工学, 13 (6) : 255-260.
- 澤田幸展 (2001) : 一過性ストレス - 心臓血管系血行動態を強調した視点 -. 心理学評論, 44 : 328-348.
- 清水祐樹, 河原ゆう子, 小粥文雄, 岩瀬敏, 菅屋潤壺, 犬飼洋子, 西村直記, 佐藤麻紀 (2007) : 微細気泡浴が循環動態及び体温調節機能に与える影響. 自律神経, 44 (6) : 418-424.
- 菅野篤子, 野村武男 (2000) : 一過性の水中運動と陸上運動の実施が疼痛, 状態不安及び唾液中コルチゾール濃度に及ぼす影響 - 慢性腰痛者を対象に -. 体力科学, 49 : 581-588.
- Sun G, Miyakawa S, Kinoshita H and Shiraki H (2009) : Changes in muscle hardness and electromyographic response for quadriceps muscle during repetitive maximal isokinetic knee extension exercise. *Football Science*, 6 : 17-23.
- 山口和之, 宮下智, 小野武也 (1997) : 筋疲労の評価法. 理学療法, 14 : 706-712.
- 和田由美子, 高村美加, 山崎百子, 鈴木敦子 (2011) : 心理尺度と唾液中クロモグラニン A による入浴効果の測定: 若年者と高齢者の比較. 健康科学大学紀要, 7 : 85-96.
- 渡部成江, 森谷 紜, 角田 (矢野) 悦子, 阿岸祐幸 (2009) : 天然温泉入浴とさら湯入浴の比較: ストレス軽減効果に着目して. 日本生気象学会雑誌, 46 (1) : 27-34.
- 渡辺純 (1995) : 動水浴における温熱効果と筋マッサージ効果について. 日本温泉気候物理医学会雑誌, 59 : 62-63.