

東海大学 スポーツ医科学雑誌

第37号

2025



東海大学スポーツ医科学研究所

東海大学

第37号 スポーツ医科学雑誌 2025

The Tokai Journal of Sports Medical Science

東海大学スポーツ医科学研究所



イラスト 東 恵子

人は何処より来り何処に行かんとするか
それはありし日の少年に芽生えたほのかな疑問であつた
しかし揺籃より墓場まで

それは生ける人々に与えられなき生の現実である
この現実の上に人は喜び且つ哀しむ
そこに勝利と敗残の人々の生涯がある

人々よ

生命の現実を人生を肯定しよう

不屈の精神と逞しき体軀をつくろふ

精神と肉体との調和に生命を開拓しよう

かくして希望と勝利の人生の街道を邁進しよう

されどありし日の少年の疑問は残る

人々よ

見よ人体構造の神秘を

見よこの作品の微妙さを

見よ造られたるものの限りなく人の力に越ゆるを

見よこの偉大なる造物主の力を

人々よ

身体髪膚これを父母にうく敢て毀傷せざるは孝の始めなり

人の生命は父母の手によつてなれりと言ふ

されどその前に創造の神秘がある

大自然を支配する思想がある

われら肅然として襟を正し現実を正視しよう

昭和四十八年 初春

松前重義

人は何処より来り何処に行かんとするか

それはありし日の少年に芽生えたほのかな疑問であつた

しかし揺籃より墓場まで

それは生ける人々に与つてまされもなき生の現実である

この現実の上に人々は喜び且つ哀しむ

そこに勝利と敗残の人々の生涯がある

人々よ

生命の現実を人生を肯定しよう

不屈の精神と逞しき体軀をつくろふ

精神と肉体との調和に生命を開拓しよう

かくして希望と勝利の人生の街道を邁進しよう

されどありし日の少年の疑問は残る

人々よ

見よ人体構造の神秘を

見よこの作品の微妙さを

見よ造られたるものの限りなく人の力に越ゆるを

見よこの偉大なる造物主の力を

人々よ

身体髪膚これを父母にうく敢て毀傷せざるは孝の始めなり

人の生命は父母の手によつてなれりと言ふ

されどその前に創造の神秘がある

大自然を支配する思想がある

われら肅然として襟を正し現実を正視しよう

昭和四十八年四月 初春

松前重義

【研究所トピック】

スポーツによる地域振興：静岡県 ICOI プロジェクトでの活動報告

東海大学スポーツ医科学研究所 山田クリス孝介 9

【原著論文】

上り坂勾配におけるディフェンシブスタイルのノルディックウォーキングのエネルギー消費量と主観的運動強度

丹治史弥・宮崎誠司 15

大学生アスリートの客観的睡眠データと主観的疲労度に関する探索的研究

遠藤慎也・山田クリス孝介・池内真弓 23

ICU 患者における筋電気刺激中の筋酸素化状態の評価：ケースシリーズ研究

佐藤香織・沓澤智子・岩本敏志・市川 毅・久保大輔・青木弘道 31

上腕三頭筋における腱の Slack length とその伸張特性についての研究

小澤 悠・清水幹弥・宮崎誠司・内山秀一・山田 洋 41

地方都市の成人における活動的な移動行動、非活動的な移動行動と肥満との関連

久保田晃生・稲益大悟・岡本尚己 49

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・笹木正悟・小山孟志・入野貴幸・陸川 章・木村季由・八百則和・小澤 翔・山田 洋 57

ラグビーにおけるタックル時の恐怖心と主観的な評価との関連

八百則和・松井洋輔・古泉佳代・小坪昭仁・木村季由・山田 洋 67

【研究報告】

運動中の血中酸化ストレスと抗酸化反応の推移

宮崎誠司・野坂俊弥・遠藤慎也・笹木正悟 79

【内外の研究動向】

伝統医療とスポーツ（生薬、鍼、カップリング、マッサージ）

木ノ上高章・野上達也・Supakij Suwannatrai・Ketmanee Jongjiamdee 89

スポーツ医科学研究所所報

91

編集後記

97



表紙（画）東 恵子

研究所トピック

- スポーツによる地域振興：静岡県 ICOI プロジェクトでの活動報告

スポーツによる地域振興

静岡県 ICOI プロジェクトでの活動報告

東海大学スポーツ医科学研究所では、スポーツによる地域振興に関する取組を研究と教育の両面から実施するため、様々な活動を行ってきた^(注)。その一環として、令和5年度より静岡県が推進する伊豆ヘルスケア温泉イノベーションプロジェクト（通称 ICOI（いこい）プロジェクト）¹⁾に参画し、静岡県賀茂郡西伊豆町（以下、西伊豆町）と協力し、2023（令和5）年度と2024（令和6）年度にスポーツ合宿の誘致に関する取組を行ったので報告する。

ICOI プロジェクトは、静岡県の温泉源泉のほとんどが分布する伊豆の温泉資源を活かした革新的なヘルスケアサービスの開発を通じて、地域経済の発展と新たな産業創出を目指す取り組みである¹⁾。ICOI プロジェクトでは3つの柱（湯治・ヘルスツーリズム、スポーツ、ワーケーション）を軸に、温泉の健康増進効果を可視化し、ヘルスケア産業の創出を目指すため、マッチングや委託・補助制度により、民間企業等を支援している。我々はこれらの柱のうちスポーツを中心に組みこんできた。

西伊豆町との関係はICOI プロジェクトに参画したことに端を発する。西伊豆町は独自に静岡県内のプロスポーツ団体とパートナーシップ協定等を結び、スポーツを通じて町を活性化しようと精力的に取り組んでいるが、ICOI プロジェクトに

参画したことで、西伊豆町との関係構築に至った。何度かの協議を経て、西伊豆町のスポーツを通じた地域振興に関する施策と、スポーツ医科学研究所の行う事業（例えば、地域住民を対象としたスポーツ医科学にかかわる支援）は軌を一にしていることから、協同して事業に取り組んで行くこととなった。そして、相互の発展と連携を強化するため、本学体育学部が西伊豆町と「スポーツによる地域振興にかかわる連携に関する覚書」を締結するに至った。体育学部として締結したのは、「研究面での連携をスポーツ医科学研究所が中心になって行い、西伊豆町のフィールドを学生の教育にも活用していく」²⁾という、研究と教育の両面からの事業推進を意図したものである。

1. 2023（令和5）年度の取組

「令和5年度静岡県 ICOI プロジェクト実証事業業務委託（スポーツ）」を代表機関として受託し、西伊豆町を協力機関として、「地域独自のスポーツ合宿誘致プランに関するビジネスモデル」をテーマに実証事業を実施した³⁾。本業務委託は、実証事業を企画提案により公募され採択されたものである。本事業では、上述の西伊豆町の取組と連動し、プロアスリート及び大学生アスリートを対象に、温泉施設等を活用したトレーニングメニューを開発してその効果を検討するとともに、温

(注) 研究所は研究を推進することがその設置目的であるが、地域振興（地域連携事業）は学生への教育機会の提供という側面も有していることから、自ずと研究と教育の両面から実施することとなる。

泉施設等を活用したスポーツ、食、アクティビティを組み合わせた地域独自のスポーツ合宿誘致プランに関するビジネスモデルを構築するため、トライアルツアーを実施した。成果として、プロスポーツチームからスポーツ少年団までの幅広い団体を対象とするスポーツ合宿プランを創出した。尚、トレーニングメニューの開発とその効果の一部については、本誌に「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」として収録されており、また、成果報告についてはウェブ上³⁾で公開されているので、ここでは割愛し、トライアルツアーの様子を紹介したい。

トライアルツアー

2023年10月と12月に、プロアスリート（ラグビーフットボール）と大学生アスリート（バスケットボール、バレーボール、ラグビーフットボール）を対象としたトライアルツアーを実施した。西伊豆町と隣町の松崎町には、温泉水を利用したプールがあり、通年で30～34℃に保たれている。温泉プールは、西伊豆町では屋外（やまびこ荘）に、松崎町では屋内（松崎海洋センター）に設置されている。温泉プールでは、リカバリーを目的としたアクアトレーニングのメニューを30～40分

ほど実施した（図1）。

トライアルツアーでは、地域振興の一環として、地元の小中学生を対象としたスポーツクリニックも実施した（図2）。約60名の小中学生に参加いただき、バスケットボールとバレーボールのクリニックを大学生主体で開催した。ラグビーフットボールはデモンストレーションを行った。参加した小中学生からは、「楽しかった」や「上手になれるそう」などの感想があり、当日の様子は静岡県内のマスメディア（テレビニュース）にも取り上げられるなど好評を博した。

2. 2024（令和6）年度の取組

西伊豆町が「令和6年度伊豆ヘルスケア温泉イノベーションプロジェクト推進事業費補助金」の採択を受け、スポーツ医科学研究所は協力機関として参画した。前年度の成果に基づき、西伊豆町において、スポーツ合宿プランのバリエーションを増やすこと、スポーツ合宿プランを普及させること、地元の受け入れ体制を充実させることを目的とした事業に協力した。

合宿プランのバリエーション

前年度（令和5年度）の実証事業では、1つの団体のスポーツ合宿を想定したトライアルツアー



（西伊豆町「やまびこ荘」温泉プール）



（松崎町「松崎海洋センター温泉プール」）

図1 温泉プールを利用したトレーニングの様子



図2 スポーツクリニックの様子

を実施した。プランのバリエーションを増やすために、本年度（令和6年度）では、大学生と高校生との交流試合というイベント型のプランを試行した。本学男子バスケットボール部に所属する学生アスリートと学生コーチ等が中心となり、クリニックの開催と総当たりの交流試合を企画・実施した。高校は、本学附属翔洋高校の男子バスケットボール部と、静岡県東部地域の男子バスケットボール部（韭山高校、飛龍高校、松崎高校）の計4校が参加した。試合を多く実施したいとの高校側からの要望を受け、クリニックの実施後、2日間にわたりフルとハーフの試合を総当たりで行った。高校生の参加者は、大学生の胸を借りて本番さながらの真剣なプレーが展開され、大学生との交流試合という滅多にない機会を楽しめたようだった（図3）。

試合終了後には、本学体育学部の小山孟志准教授が、「高校生アスリートができること」とのタイトルで、高校生から知っておきたいセルフコンディショニングについてミニ講座を行った（図4）。休息と栄養についての内容で、高校生はもちろん、コーチや同伴した保護者も興味深く聴講していた。大学としては、このような最新の理論に基づく学術的知識の提供も地域への貢献として重要であり、技術的な指導だけでなく、教育機関としての役割も果たすことができた良い事例となった。参加した大学生アスリートからは高校生に



図3 高大交流試合後の集合写真



図4 小山准教授による高校生へのミニ講座

胸を貸す側としての態度や心構えなどを見直す機会となったようであったし、高校の部活動顧問からは継続的な開催を希望されるなど、高大双方にとって貴重な機会となったことが実感できたイベントとなった。

リカバリートレーニング講習

前年度（令和5年度）の実証事業で開発したスポーツ合宿プランの普及を図るため、プランのなかで中心的なプログラムである温泉プールを利用したリカバリートレーニングをプロアスリートに体験していただいた。また、地元の受け入れ体制を充実させるため、地元住民に指導者としての役割を担っていただけるよう指導者講習会を実施した。

プロアスリートへの体験会は、静岡県内にホームタウンを置くプロスポーツ団体である静岡ブルーレヴズ（ラグビーフットボール）、ベルテックス静岡（バスケットボール）、アスクラロ沼津（サッカー）、東レアローズ（バレーボール）に在籍する現役アスリートが参加し、本学体育学部の笹木正悟准教授の指導のもと、温泉プールでのリカバリートレーニングを体験した（図5）⁴⁾。

指導者講習会では、上述のアスリートへの体験会と同様に笹木正悟准教授が講師となり、「アクアリカバリー（理論編／実践編）」と題して、座



図5 笹木准教授による体験会の様子

学と温泉プールでの実践を10名の参加者に行った。座学において水の特性を活かした水中での運動により期待できる効果が解説され、その理論的背景を踏まえて温泉プールでの実践的な指導が行われた。受講者は、それぞれバックグラウンドが異なっていたが、宿泊施設を運営する方からは「理論と実践を同時に指導いただき有り難かった。今後、自信を持ってお客様へプログラムを提供できそうだ」との感想もいただき、充実した時間を過ごせた様子だった。

3. 今後に向けて

西伊豆町を舞台にしたスポーツによる地域振興の一例について紹介した。超少子高齢化が進む我が国において、大学に期待される地域への貢献は益々重要になっている。今後は、児童や生徒といった若年者だけでなく、働き世代や高齢者も対象にして、スポーツを通じて地域が活性化する取組を展開したいと考えている。西伊豆町だけでなく、他の自治体や地域との連携も進め、スポーツを通じた地域振興を推し進めていきたい。

謝辞

ここに紹介した取組は、多くの方々のご支援とご協力により実施することができました。特に、長尾吉秀氏、工藤兼一郎氏（以上、静岡県経済産業部産業革新局新産業集積課）と西伊豆町長の星

野浄晋氏、長島 司氏、齋藤英和氏（以上、静岡県賀茂郡西伊豆町）には大変ご尽力頂きました。皆様のご支援に心より感謝いたします。

参考文献

- 1) 伊豆ヘルスケア温泉イノベーション (ICOI) プロジェクト. <https://icoi.pref.shizuoka.jp/>
- 2) 東海大学体育学部ニュース. 体育学部が静岡県賀茂郡西伊豆町と「スポーツによる地域振興にかかわる連携に関する覚書」を締結しました. <https://www.u-tokai.ac.jp/ud-physical-education/news/4387/>
- 3) 令和5年度 ICOI プロジェクト実証事業成果報告. <https://icoi.pref.shizuoka.jp/subsidy/>
- 4) 東海大学体育学部ニュース. 体育学部とスポーツ医科学研究所が西伊豆町で「ICOI プロジェクト実証事業」に協力しました. <https://www.u-tokai.ac.jp/ud-physical-education/news/8243/>

原著論文

- 上り坂勾配におけるディフェンシブスタイルのノルディックウォーキングのエネルギー消費量と主観的運動強度
- 大学生アスリートの客観的睡眠データと主観的疲労度に関する探索的研究
- ICU 患者における筋電気刺激中の筋酸素化状態の評価：ケースシリーズ研究
- 上腕三頭筋における腱の Slack length とその伸張特性についての研究
- 地方都市の成人における活動的な移動行動、非活動的な移動行動と肥満との関連
- 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
- ラグビーにおけるタックル時の恐怖心と主観的な評価との関連



上り坂勾配におけるディフェンシブスタイルのノルディックウォーキングのエネルギー消費量と主観的運動強度

丹治史弥 (東海大学体育学部、東海大学スポーツ医科学研究所)
宮崎誠司 (東海大学体育学部、東海大学スポーツ医科学研究所)

Energy Expenditure and Rate of Perceived Exertion of Defensive Style Nordic Walking on Uphill Gradients

Fumiya TANJI and Seiji MIYAZAKI



Abstract

This study aimed to compare the energy expenditure and rate of perceived exertion (RPE) between defensive style Nordic walking (DS) and ordinary walking (OW) on uphill gradients. Twenty-three healthy university students (age: 21.7 ± 1.2 years) participated in the study. They performed DS and OW on a treadmill at 80 m/min across 0%, 2%, 4%, and 6% gradients, with oxygen consumption, heart rate (HR), step length, step frequency, and RPE measured. Results showed that DS exhibited significantly higher energy expenditure (1.4%–8.8% increase) and HR (1.6%–3.2% increase) than OW. DS also resulted in longer step lengths (1.8%–2.9% increase) and lower step frequency (1.8%–3.0% decrease). However, no significant main effect in RPE was observed between DS and OW. These findings suggest that DS enhances energy expenditure and cardiovascular workload while maintaining comparable subjective exertion levels to OW, making it a suitable exercise modality for individuals seeking to increase physical activity with moderate effort. DS may also offer additional stability benefits, potentially reducing the load on the lower limbs. This study highlights the potential of DS as an effective aerobic exercise, particularly for beginners or individuals requiring stable walking patterns.

Keywords: walking, gradient, energy expenditure, perceived exertion, heart rate

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 37, 15–22, 2025)

I. 緒言

2022年の我が国の20歳以上の年1回以上の散歩・ウォーキング実施率は48.3%であり¹⁾、最も実施されている身体運動である。ウォーキングを実施する理由の一つには身体活動量の増加が挙げ

られる。ウォーキングの中でも2本のポールを用いて歩行するノルディックウォーキング (Nordic walking : NW) は通常のウォーキング (Ordinary walk : OW) と比較して、上肢や体幹の筋活動の増大^{2, 3, 4)} やステップ長の増大⁴⁾ などが示され、エネルギー消費量が10%以上増加する^{3, 4)} と報告されている。また、NWを12週間にわたって実施し

た結果、心肺機能や上肢の筋力および柔軟性が改善したことが報告されている⁵⁾。したがって、NWは有酸素性運動やレジスタンス運動としての総合的な体力改善が期待できる効果的な運動様式であることが知られている。

NWは踏み込んだ足と体側の手に持ったボールを身体後方に向けて斜めに突くことで加速させて歩行する方法であるアグレッシブスタイル (Aggressive style : AS) と踏み込んだ足と体側の手に持ったボールを身体前方で突き、安定性を確保して歩行する方法であるディフェンシブスタイル (Defensive style : DS) と呼ばれる歩行様式がある。NWの効果について明らかにした先行研究の多く^{3, 4, 5, 6, 7)}はASを用いて生理応答や筋活動、トレーニング効果などを、歩行スピードや傾斜勾配を変化させて、OWと比較して検討している。一方、DSを用いた検討にはASとの比較をしている研究や²⁾、OWと比較をした研究⁸⁾がわずかにあるのみで、情報は限られている。本宮ら⁸⁾は、OWに比べてDSは身体の左右動揺が減少し、下肢の負担が軽減していることを明らかにしているものの、エネルギー消費量について検討していない。DSは身体前方でボールを突くことから、接地時の衝撃吸収のサポートや前額面内での支持基底面が広がることで歩行が安定する特徴があり、先行研究^{3, 4, 8)}の報告を踏まえると、上り坂勾配のような下肢に負担がかかる条件下ではOWに比べてDSが高いエネルギー消費量でありながら楽に感じて歩行できる可能性がある。

そこで本研究は、上り坂勾配条件におけるOWおよびDS時のエネルギー消費量および主観的運動強度を比較することで、DSが楽にエネルギー消費量を高めることができる歩行様式であるのかを検討することを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

本研究には13名の健康な男子大学生および10名

の健康な女子大学生の計23名(年齢、 21.7 ± 1.2 歳; 身長、 165.0 ± 8.3 cm; 体重、 59.2 ± 9.2 kg; 体脂肪率、 $19.3\% \pm 6.7\%$)が参加した。すべての被験者はNW初心者であった。本研究を実施するにあたり、被験者には事前に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確認した。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: 23045)。

2. 実験デザイン

被験者は研究室来室後、DSの歩行様式について説明し、20分程度研究室内の平坦な場所にてDSの歩行練習を行い、実験に参加した。実験に際し、被験者はウォーキングボール (APAI-7H202; KIZAKI社; 重量、248g)を用いて、KIZAKI株式会社が推奨する身長に0.63を掛けた数値にウォーキングボールの長さを調整した⁹⁾。

被験者は実験に先立ち、上り0%勾配に設定したトレッドミル (Pulsar, h/p/cosmos社) 上にて50m/minの歩行スピードにおいてDSで5分間の歩行を行い、トレッドミル上での歩行に慣れる時間を設けた。その後、1分間の休息を挟み、80m/minの歩行スピードにおいてDSおよびOWを上り0%、2%、4%および6%の勾配でそれぞれ6分間の歩行を実施した。それぞれの休息時間は1分間とし、DSとOWはランダムに実施した。

3. 評価項目および測定方法

実験を通して被験者の呼気ガスを自動代謝測定装置 (AE-310S、ミナト医科学社) のEXP法を用いて分析し、酸素摂取量 (mL/kg/min) および呼吸交換比 (二酸化炭素排出量 / 酸素摂取量) を測定した。各歩行様式のそれぞれの傾斜勾配における酸素摂取量および呼吸交換比は歩行運動最終1分間の平均値を採用し、Tanji et al.¹⁰⁾の方法を用いてエネルギー消費量 (kcal/kg/km) を算出した。なお、この時、血中乳酸濃度は2.0mmol/

表1 各歩行様式での0%、2%、4%および6%の勾配におけるエネルギー消費量、心拍数、RPE、ステップ長およびピッチの平均値±標準偏差値

Table 1 Mean (±standard deviation) values of energy expenditure, heart rate, RPE, step length, and step frequency at gradients of 0%, 2%, 4%, and 6% in each walking pattern.

		エネルギー消費量 (kcal/kg/km)	心拍数 (beats/min)	RPE (6-20 scale)	ステップ長 (m)	ピッチ (steps/s)
DS	0%	0.83±0.08	99±12	9.0±1.9	0.70±0.03	1.92±0.09
	2%	0.94±0.08	103±13	9.7±2.0	0.71±0.03	1.89±0.08
	4%	1.05±0.08	107±14	10.3±2.1	0.71±0.03	1.88±0.08
	6%	1.23±0.08	116±16	11.5±2.4	0.71±0.03	1.88±0.08
OW	0%	0.76±0.07	96±11	8.7±2.1	0.69±0.03	1.95±0.09
	2%	0.88±0.07	100±12	9.4±2.3	0.69±0.03	1.94±0.07
	4%	1.04±0.08	106±13	10.4±2.5	0.70±0.03	1.92±0.08
	6%	1.19±0.09	113±15	11.5±2.6	0.69±0.03	1.93±0.09

L未満であると仮定した。

被験者の心拍数は心拍数計（H10, Polar 社）を用いて測定した値のうち、歩行運動終了15秒前の値を採用した。各歩行運動終了直後、被験者に6-20スケールの主観的運動強度（Rate of perceived exertion：RPE）を問診した。被験者が歩行運動中にトレッドミルの側方に設置したハイスピードカメラ（Lumix DMC Fz-300、Panasonic 社；120fps）を用いて被験者の歩行動作を撮影した。Quick Time Pro 7（Apple 社）を用いて、得られた映像から被験者が8歩に要した時間（フレーム数）からピッチ（steps/s）を算出し、その後歩行スピード（80m/min）からピッチを除すことでステップ長（m）を算出した。

4. 統計処理

データはすべて平均値±標準偏差で示した。エネルギー消費量、心拍数、RPE、ステップ長およびピッチに対して歩行様式（DSおよびOW）と傾斜（0%、2%、4%および6%勾配）による2要因分散分析を実施した。統計分析にはSPSS Statistic 26（IBM 社）を用いて算出し、統計的有意水準は5%とした。

Ⅲ. 結果

0%、2%、4%および6%の勾配での酸素摂取量はDSにおいてそれぞれ13.4±1.3、15.3±1.2、17.0±1.3および20.0±1.4mL/kg/minであり、OWにおいてそれぞれ12.2±1.2、14.4±1.1、16.8±1.2および19.3±1.4mL/kg/minであった。0%、2%、4%および6%の勾配での呼吸交換比はDSにおいてそれぞれ0.92±0.04、0.91±0.04、0.92±0.04および0.92±0.04であり、OWにおいてそれぞれ0.92±0.05、0.90±0.05、0.91±0.05および0.92±0.04であった。表1には各歩行様式での0%、2%、4%および6%の勾配におけるエネルギー消費量、心拍数、RPE、ステップ長およびピッチの値を示した。

エネルギー消費量および心拍数は有意な交互作用が認められなかったものの、歩行様式および傾斜の有意な主効果が認められた（図1および図2）。エネルギー消費量はOWに比べてDSで1.4%-8.8%高値を示し、同様に心拍数はOWに比べてDSで1.6%-3.2%高値を示した。RPEは有意な交互作用および歩行様式の主効果が認められなかったものの、傾斜の有意な主効果が認められた（図3）。ステップ長およびピッチは有意な交互作用および傾斜の主効果が認められなかったも

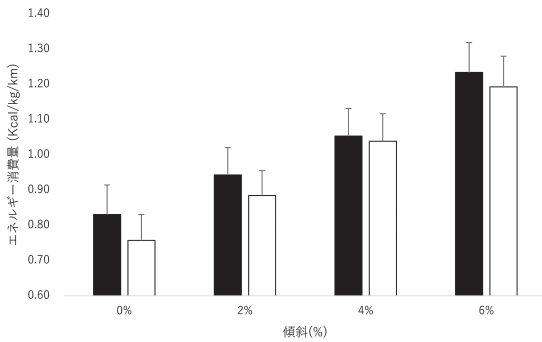


図1 ディフェンシブスタイル歩行および通常歩行における0%、2%、4%および6%勾配でのエネルギー消費量
Notes: ■、ディフェンシブスタイル; □、通常歩行
Fig. 1 Energy expenditure at gradients of 0%, 2%, 4%, and 6% during defensive style and ordinary walking
Notes; ■, defensive style walking; □, ordinary walking

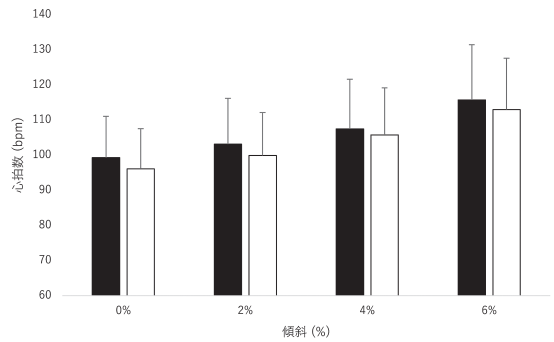


図2 ディフェンシブスタイル歩行および通常歩行における0%、2%、4%および6%勾配での心拍数
Notes: ■、ディフェンシブスタイル; □、通常歩行
Fig. 2 Heart rate at gradients of 0%, 2%, 4%, and 6% during defensive style and ordinary walking
Notes; ■, defensive style walking; □, ordinary walking

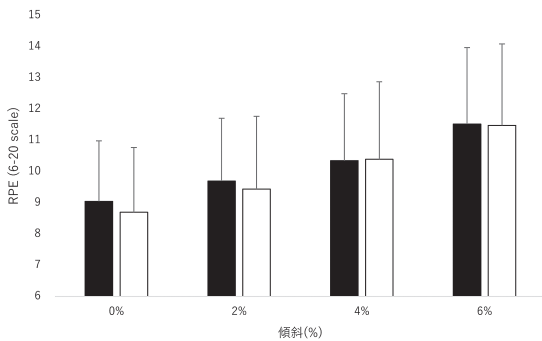


図3 ディフェンシブスタイル歩行および通常歩行における0%、2%、4%および6%勾配での主観的運動強度
Notes: ■、ディフェンシブスタイル; □、通常歩行
Fig. 3 Rate of perceived exertion at gradients of 0%, 2%, 4%, and 6% during defensive style and ordinary walking
Notes; ■, defensive style walking; □, ordinary walking

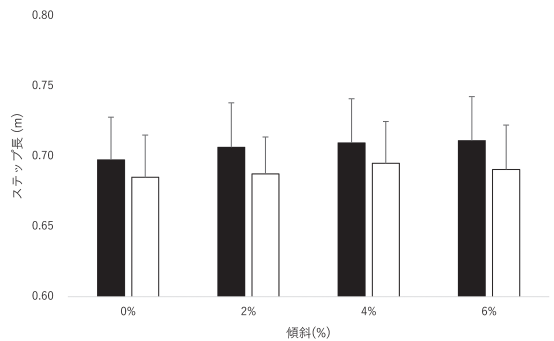


図4 ディフェンシブスタイル歩行および通常歩行における0%、2%、4%および6%勾配でのステップ長
Notes: ■、ディフェンシブスタイル; □、通常歩行
Fig. 4 Step length at gradients of 0%, 2%, 4%, and 6% during defensive style and ordinary walking
Notes; ■, defensive style walking; □, ordinary walking

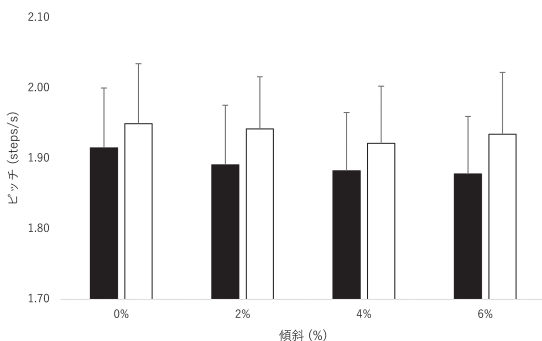


図5 ディフェンシブスタイル歩行および通常歩行における0%、2%、4%および6%勾配でのピッチ
Notes: ■、ディフェンシブスタイル; □、通常歩行
Fig. 5 Step frequency at gradients of 0%, 2%, 4%, and 6% during defensive style and ordinary walking
Notes; ■, defensive style walking; □, ordinary walking

の、歩行様式の有意な主効果が認められた (図4および図5)。ステップ長はOWに比べてDSで1.8%-2.9%高値を示し、ピッチはOWに比べてDSで1.8%-3.0%低値を示した。

IV. 考察

NW初心者を対象にDSおよびOWを上り0%、2%、4%および6%の勾配で実施させた結果、OWに比べDSにおいてエネルギー消費量 (1.4%-8.8%)、心拍数 (1.6%-3.2%) およびステップ

長（1.8%-2.9%）は増大し、ピッチは減少（1.8%-3.0%）することが示された。一方、RPE は歩行様式に有意な主効果が示されなかった。

多くの先行研究において AS の NW は OW に比べて高い酸素摂取量となることが報告されている^{3, 4, 6, 11, 12}。本研究ではより安定性を重視した歩行様式である DS の NW においても OW に比べて高いエネルギー消費量であることを認め、AS を用いた先行研究の結果を支持するものとなった。OW に比べて AS において酸素摂取量が増加する要因として、上腕二頭筋や上腕三頭筋⁴、広背筋、三角筋および腹直筋¹¹ などの上肢および体幹部の筋活動が増加することが示されている。200-300g の質量があるボールを手を持つことに起因するものと AS であればボールを地面に突くことで推進力を得るために起因するものが推察される。一方、ボールの質量を1.5kg 追加しても上腕二頭筋の筋活動は高まるが酸素摂取量に変化がないことも示されている¹³。つまり、AS における酸素摂取量の増加はボールを用いた推進力の獲得のために筋活動を増加させることによるものであると理解できる。AS と DS の筋活動を評価した長谷川ら² によると DS は AS に比べて僧帽筋および大腿二頭筋の活動が増加することが報告されている。一方、三角筋、広背筋、上腕二頭筋および上腕三頭筋の筋活動は AS に比べて DS において減少することが示されているが、そもそも OW ではほとんど活動が見られない筋群である。以上のことから、DS の NW は OW に比べて、歩行中の安定性を保たせるために上肢および下肢の筋群を増大させており、その結果エネルギー消費量の増加が示されたことが示唆される。

DS において心拍数の増大が認められたこともエネルギー消費量の増大によって説明がつく。エネルギー消費量は酸素摂取量および呼吸交換比によって算出しており、呼吸交換比は歩行様式ではほぼ同等であった。つまり、DS において活動が増加したであろう上肢および下肢筋群に酸素を供給するために心拍数も高まったと考えられる。

本研究の興味深い点として、DS においてエネ

ルギー消費量が高値を示したにもかかわらず、RPE に有意な主効果が認められなかったことである。これまで AS と OW 中の RPE には、変化がない¹²、有意に低下した¹⁴、有意に増加した³と一致した見解が認められていない。いずれの研究も NW 熟練者を対象としており、ボールの扱いに慣れていることが要因ではないようである。歩行スピードでは、RPE に変化がないことを示した Hansen and Smith¹² がおよそ99m/min であった一方、RPE が有意に低下したことを示した Knight and Caldwell¹⁴ は60m/min を用いている。また、Sugiyama et al.³ は AS による歩行スピードが増加するに伴い上肢の RPE が増大することを示しており、AS における RPE が歩行スピードに依存する可能性が伺える。一方で、腓腹筋における筋活動は OW に比べて AS において有意に低値であることが認められており³、さらに AS に比べて DS において有意に低値であることが示されている²。以上のように DS の筋活動の特徴を踏まえると、本研究で用いた80m/min の歩行スピードは DS による歩行において上肢の筋活動が増加したが、下肢の筋活動が適度に減少し、総合すると OW と変わらないキツさで歩行しているように感じたものと示唆される。

ステップ長は AS を用いた先行研究⁴ と同様に、DS を用いた本研究においても OW に比べて高いステップ長および低いピッチが認められた。ステップ長に貢献する要因として地面反力と関節角度が挙げられる。しかしながら、田中ら⁴ は AS と OW の間で鉛直方向の地面反力に差を認めていない。また、本宮と山本⁸ も DS と OW の間で鉛直方向の地面反力に差を認めておらず、ボールを保持することによる鉛直方向の地面反力に有意な差はないものと示唆される。AS は最小膝関節屈曲角度の増加や最大膝関節屈曲角度の減少、体幹屈曲角度の減少が報告されており¹⁴、ボールによる加速のアシストの影響が反映されていると示唆される。一方、DS では体幹屈曲角度の振幅や重心動揺が小さくなり、安定した歩行が可能となる⁸。体幹屈曲角度が大きい（つまり体幹がより前傾）

歩行に比べて体幹屈曲角度が小さい（つまり体幹がより直立）歩行をすると、歩行中の股関節伸展および屈曲動作が出しやすく、本研究においてDSが高いステップ長となった可能性がある。また、ポールを身体前方で突くDSの歩行動作を行うために大きく腕振りによって歩行をし、その結果ステップ長が延長された可能性もある。これらは本研究では歩行動作を評価していないため推測の域はでないものの、DSもASと同様にOWと比べてステップ長が高くなることが示唆された。

本研究では80m/minのスピードを用いて歩行を実施させた。これは「不動産の表示に関する公正競争規約施行規定」¹⁵⁾の第5章第9条9項に規定されている「徒歩による所要時間は、道路距離80mにつき1分間を要するものとして算出した数値を表示すること」から参照した。ハイヒールを履く女性が歩くスピードから規定されたようであるが、ウォーキングをする上では快適なスピードを設定している。多くの先行研究でも本研究で用いたスピードが採用されており^{7, 8)}、複数のスピードを用いた研究においてもその範囲内に含まれている^{2, 3, 4, 6)}。Sugiyama et al.³⁾は60-120m/minの範囲を分析対象としたが、スピードを高めてもエネルギー消費量や心拍数は低いスピードと同様の傾向を示すことを報告している。一方、上肢に対するRPEはスピードが高まると、トレッドミルにポールを突くことが困難となり、エネルギー消費量や心拍数の増加以上に増加することが示されている。田中ら⁴⁾も同様にトレッドミルのベルトに対してポールを効果的に作用させることが困難であることから、90m/minを超えるスピードでのNWは推奨されないと主張している。

本研究では、ステップ長およびピッチを除くすべての指標において傾斜の増加とともに値が増大する関係が認められた。一方、すべての指標において歩行様式と傾斜の交互作用が認められなかった。したがって本研究で扱った傾斜勾配においては歩行様式に異なる影響を与えないことを示唆している。先行研究と比べて扱った傾斜（0% - 6%）が小さいことが要因かもしれない。例え

ば、Pellegrini et al.¹¹⁾は15%の上り傾斜、Hansen and Smith¹²⁾は21.3%の上り傾斜など、極端な勾配を設定している。しかし、両研究ともに傾斜0%のASとOWの差がそのまま上り傾斜においても示されており、上り勾配による本研究で評価した指標への影響は大きくないようである。一方、本研究の大きな限界として、我々が使用しているトレッドミルが下り坂の設定を有していなかったため、下り坂勾配の条件を設定できていないことが挙げられる。ただし、Hansen and Smith¹²⁾は21.3%の下り傾斜においても傾斜0%のASとOWの差がそのまま反映されていることを示しているので、本研究の解釈がそのまま下り坂勾配での運動にも適応できる可能性がある。また、本研究は6分間の歩行時間にて評価しているが、60分間まで歩行を延長しても、時間による歩行様式の違いは示されないことが報告されている⁷⁾。したがって運動時間についても60分程度の運動までであれば本研究の解釈が適応できることが示唆される。

V. 現場への応用

本研究の結果、DSのNWはOWと比較して運動中のエネルギー消費量や心拍数を増加させるものの、主観的なキツさはOWと同等であることが明らかになった。DSはASと比べて支持基底面積が広くなることで、身体重心の左右動揺が減少し、安定した歩行ができる⁸⁾。したがって、運動強度を高めたい場合やりハビリテーションの設定において有効な手段となることが示唆された。とりわけ、高齢者や体幹部や下肢への負担を減らして運動したい者にとっては用いやすい運動であると言える。また、Figard-Fabre et al.¹⁶⁾はNW初心者に対して4週間（12セッション）のNWまたはOWを実施した結果、NW実施者においてのみRPEが有意に低値となることを示している。つまり、NWは初心者においてはキツさを高めることなく運動強度を増加させ、またトレーニ

ングを継続するとトレーニング適応により快適なキツさを維持したまま、運動強度をより高めることができる効果的な運動様式であると期待される。

VI. 結論

本研究はNW 初心者を対象にDS およびOW を上り0%、2%、4%および6%の勾配で実施させた。その結果、OW に比べDS においてエネルギー消費量(1.4%-8.8%)、心拍数(1.6%-3.2%) およびステップ長(1.8%-2.9%)の増大、ピッチの減少(1.8%-3.0%)が示された。一方、RPEの歩行様式における有意な主効果は示されなかった。これらのことから、DSによるNWは主観的なキツさを感じずに運動負荷を高められることから、有酸素運動として効果的な歩行様式であることが示唆された。

謝辞

本研究は東海大学スポーツ医科学研究所と小諸市エリア高地トレーニング推進協議会との研究連携協定に基づき実施されました。本研究を遂行するにあたり、小諸市長の小泉俊博氏、小諸市スポーツ課の佐藤靖浩氏および原田規行氏、元小諸市スポーツ課の川又研一氏には大変ご尽力をいただきました。ここに記し、感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 笹川スポーツ財団. “散歩・ウォーキング推計実施人口は4,981万人と過去最多”. 2023.
URL: https://www.ssf.or.jp/thinktank/sports_life/data/walking.html, (2024年12月13日参照).
- 2) 長谷川太一・藤田英二・竹田正樹・竹島伸生. 2種類のノルディックウォーキングによる生理的応答の比較. スポーツパフォーマンス研究. 8: 398-410, 2016.
- 3) Sugiyama K, Kawamura M, Tomita H and Katamoto S. Oxygen uptake, heart rate, perceived exertion, and integrated electromyogram of the lower and upper extremities during level and Nordic

- walking on a treadmill. J Physiol Anthropol. 32(1): 2, 2013.
- 4) 田中ひかる・新野弘美・田邊智・熊本和正・伊藤章・佐川和則. ノルディックウォーキングにおける種々速度に対する生理的および力学的負荷の関係. 体育学研究. 57: 21-32, 2012.
- 5) Takeshima N, Islam MM, Rogers ME, Rogers NL, Sengoku N, Koizumi D, Kitabayashi Y, Imai A and Naruse A. Effects of Nordic walking compared to conventional walking and band-based resistance exercise on fitness in older adults. J Sports Sci Med. 2(3): 422-430, 2013.
- 6) 石井嵐・長津恒輝・宮島怜菜・金田拓也・辻川比呂斗・杉山康司. ノルディックウォーキングおよびウォーキング時における酸素摂取量-心拍数関係ならびに酸素脈の比較. ウォーキング研究. 23: 7-12, 2019.
- 7) 時野谷勝幸・長津恒輝・土屋亮太・高宮佳祐・萩原琢麻・竹越一博・杉山康司. 60分間の勾配の異なる条件下でのノルディックウォーキングの生理学的応答の検証. ウォーキング研究. 25: 3-10, 2021.
- 8) 本宮丈嗣・山本澄子. ノルディック・ウォーキングが高齢者の歩行に与える影響. 理学療法学. 44(1): 11-18, 2017.
- 9) KIZAKI. “歩ミングボール”. URL: <https://art-nko.com/kizaki/nw-top/> (2024年12月13日参照).
- 10) Tanji F, Shirai Y, Tsuji T, Shimazu W and Nabekura Y. Relation between 1,500-m running performance and running economy during high-intensity running in well-trained distance runners. J Phys Fitness Sports Med. 6(1): 41-48, 2017.
- 11) Pellegrini B, Peyré-Tartaruga LA, Zoppirolli C, Bortolan L, Bacchi E, Figard-Fabre H and Schena F. Exploring muscle activation during Nordic walking: A comparison between conventional and uphill walking. PLoS One; 10(9): e0138906, 2015.
- 12) Hansen EA and Smith G. Energy expenditure and comfort during Nordic walking with different pole lengths. J Strength Cond Res. 23(4): 1187-1194, 2009.
- 13) Schiffer T, Knicker A, Montanarella M, Strüder HK. Mechanical and physiological effects of varying pole weights during Nordic walking compared to

- walking. *Eur J Appl Physiol.* 111(6): 1121-1126, 2011.
- 14) Knight CA and Caldwell GE. Muscular and metabolic costs of uphill backpacking: are hiking poles beneficial? *Med Sci Sports Exerc.* 32(12): 2093-2101, 2000.
- 15) 不動産公正取引協議会連合会. 不動産の表示に関する公正競争規約施行規則. 2022.
- 16) Figard-Fabre H, Fabre N, Leonardi A and Schena F. Physiological and perceptual responses to Nordic walking in obese middle-aged women in comparison with the normal walk. *Eur J Appl Physiol.* 108: 1141-1151, 2010.



大学生アスリートの客観的睡眠データと 主観的疲労度に関する探索的研究

遠藤 慎也 (東海大学健康学部、東海大学スポーツ医科学研究所)

山田 クリス 孝介 (東海大学スポーツ医科学研究所)

池内 真弓 (東海大学健康学部、東海大学スポーツ医科学研究所)

An Exploratory Study on Objective Sleep Data and Subjective Fatigue in Collegiate Athletes

Shinya ENDO, Kosuke Chris YAMADA and Mayumi IKEUCHI



Abstract

Collegiate athletes face challenges in balancing academics and sports, often leading to disrupted circadian rhythms and insufficient sleep due to early morning or late-night training sessions, competition travel, and psychological stress. Sleep is critical for athletic performance, but insufficient sleep has been linked to impaired decision-making, reduced reaction times, decreased muscle strength, and increased injury risk. This study examined the relationship between objective sleep data and subjective fatigue in six healthy male collegiate athletes (mean age: 21.0 ± 1.1 years) using a non-invasive sleep monitoring device (AiSleep, TAOS Institute) over seven days. The device measured heart rate, respiratory rate, body movements, and times of getting out of bed, calculating sleep efficiency, sleep score, and total sleep time. Subjective fatigue, physical condition, and sleep quality were self-assessed on an 11-point scale, and training intensity and duration were reported daily. Results showed strong correlations among subjective indicators, but limited relationships between subjective and objective indicators. Training days resulted in significantly higher fatigue levels than non-training days ($p < .01$), and high training intensity negatively influenced sleep quality and efficiency. These findings suggest that both subjective and objective sleep evaluations are necessary to optimize sleep management in collegiate athletes. Implementing strategies such as recovery methods, stress management, and sleep hygiene education may enhance sleep quality and athletic performance.

Keyword: Collegiate athletes, Sleep quality, Fatigue management, Objective sleep data

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 37, 23-29, 2025)

I. 緒言

大学生アスリートは、学業とスポーツ活動を両立させるために非常に多忙な生活を送っている。競技の練習や試合だけでなく、学業における課題

や試験への対応が求められるため、日常的に大きな負担がかかる。特に日本では、大学施設を複数の団体が使用するため制約があり、早朝や夜遅くに練習を行うことが一般的である。このような時間帯での活動は、生活リズムを乱し、十分な睡眠を確保することを困難にする可能性がある。また、

遠征や試合期には移動や精神的プレッシャーも加わり、さらなる睡眠不足や質の低下を引き起こす可能性が高い。

睡眠は、運動、栄養、休養の三要素のうちの一つとして、アスリートにとって不可欠な要素である。十分な睡眠は、筋肉の回復や免疫機能の向上、記憶力の強化、精神的な安定に寄与することが知られている¹⁾。また、睡眠不足は、判断力や反応速度の低下、筋力の減少、さらには傷害リスクの増加といった問題につながる可能性がある²⁾。特に大学生アスリートは、成長過程でありながらも身体の回復が十分に行われない場合、長期的な健康にも悪影響を及ぼす可能性が懸念されている。

近年の研究では、大学生アスリートの多くが推奨される睡眠時間を確保できておらず、平均して1日6～7時間の睡眠しか取れていないことが指摘されている³⁾。これは一般的な大学生と比較しても短い傾向にあり、特に試合期や高強度のトレーニング期間中には、さらに睡眠時間が削られることが報告されている。また、睡眠の質においても、頻繁な覚醒や深い睡眠の不足が課題として挙げられ、主観的な疲労感や運動パフォーマンスに悪影響を与えている可能性が示唆されている⁴⁾。さらに、睡眠不足は慢性的な疲労感を引き起こし、アスリートのパフォーマンスだけでなく精神的健康にも影響を及ぼすことが報告されている⁵⁾。例えば、睡眠不足が情動調節に影響を与え、不安感や抑うつ感の増加につながることを示されている⁶⁾。また、スポーツ傷害に関しても、十分な睡眠が確保されていない場合、筋肉や関節などの運動器の機能回復が遅れるだけでなく、受傷リスクを高めることが明らかになっている⁷⁾。

加えて、大学生アスリートが置かれる社会的・環境的要因も睡眠に影響を及ぼすと考えられる。特に、試合や合宿などのスケジュールに伴う移動時間の長さや、時差への順応が必要となる場合には、睡眠リズムの乱れが生じやすい。また、日常的に学業やアルバイトなどで精神的な負荷がかかることで、就寝時間の遅延や睡眠の質の低下を引き起こす可能性がある。さらに、競技中のプレッ

シャーや試合結果への不安、チーム内の役割分担や人間関係といった心理的ストレスも、睡眠の阻害要因として挙げられる。これらの複合的な要因が、特にシーズン中のアスリートにおいて慢性的な睡眠不足を引き起こしやすいことが懸念される。

先行研究では、アスリートや大学生を対象とした睡眠研究が多く行われているが、競技施設の制約により、特に早朝や夜間のトレーニングを多く行っている日本の大学生アスリートの睡眠に関する研究は限られている。本研究は、日本の大学生アスリートに着目し、睡眠状況の詳細な分析を行うとともに、客観的および主観的指標の関係を明らかにすることで、今後の競技パフォーマンス向上への応用可能性を探る点で新規性がある。

本研究では、大学生アスリートの睡眠状況を明らかにするため、非侵襲型センサーを用いて客観的な睡眠データを収集し、競技パフォーマンスや主観的な疲労感との関連性を検証する。本研究の成果は、大学生アスリートの健康管理やパフォーマンス向上を支援するための有用な知見を提供するとともに、大学スポーツにおける効果的な睡眠指導の重要性を示唆するものである。

Ⅱ. 方法

1. 研究参加者

本研究の参加者は、体育会クラブに所属し、日常的に練習・トレーニング・試合を行っている健康な成人男子学生6名（平均年齢 21.0 ± 1.1 歳）であった。参加者は、週に6日、1日あたり最低3時間以上の活動をしており、競技スキル向上を目的とした技術練習に加え、高強度の筋力トレーニング、持久力トレーニングなどを実施していた。なお、全員が健康診断において特に問題を指摘されていない健常者であった。本研究のサンプルサイズは小規模であり、結果の一般化には慎重を期する必要があるが、本研究は大学生アスリートにおける睡眠の実態を探索的に分析することを目的としており、今後の大規模研究の基礎的データを

提供する意義があるといえる。本研究を実施するにあたり、研究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：24097）。

2. 測定方法

研究参加者の普段の睡眠状況を確認するため、測定開始前にピッツバーグ睡眠質問票日本語版（PSQI-J）^{8,9)} と日本語版 Athlete Sleep Screening Questionnaire（ASSQ-J）^{10,11)} を回答させた。

睡眠の客観的な評価は、脳波を中心に筋電図や眼電図などを同時に計測・解析する睡眠ポリグラフ法が一般的であるが、専門的な機器の設定や操作が必要であり、研究室や医療機関以外で日常的な睡眠状態を手軽に評価することが難しい。そこで本研究では、簡便かつ非侵襲的に睡眠データを取得可能な睡眠測定器「AiSleep（株式会社 TAOS 研究所）」を使用した。本研究の測定器と類似する非侵襲型センサーを用いて睡眠分析を行った先行研究¹²⁾ では、睡眠ポリグラフ法との相関関係があると報告されている。しかしながら、「AiSleep」の妥当性を検証した先行研究はなく、現時点では慎重な解釈が求められる。本研究ではこの点を考慮し、睡眠中のデータに加え、主観的指標で総合的に評価した。本機器は、研究参加者が普段使用している自宅のベッドマットレスに設置可能な非侵襲性のセンサーシートである。本センサーシートは、研究参加者の肌に直接触れない設計で、心拍数、呼吸数、寝返り回数、離床回数を計測し、インターネット接続により自動的にクラウド上に収集される。収集されたデータは独自のアルゴリズムにより睡眠効率（%）、睡眠スコア（%）、総睡眠時間が算出される。これらの睡眠中のデータに加え、主観的な疲労感、体調、睡眠の質を11段階（0～10）で評価した。また、前日の練習の主観的運動強度（RPE）、練習の合計時間（分）についてオンラインフォームを使用し

てデータを収集した。測定期間は7日間とし、研究参加者は毎日の起床時にオンラインフォームに回答した。測定期間中、練習がなかった日は1日だった。研究参加者の各測定日におけるデータは個別に収集し、練習の有無に応じた分析を実施した。具体的には、各参加者の練習日ごとに記録されたデータをそれぞれ独立した観測値として取り扱い、統計解析を行った。個人内のデータを統合せず、各参加者の練習日のデータを個別のサンプルとして扱うことで、独立性を維持した解析を行った。

3. 統計学的分析

PSQI-J は土井¹³⁾ により総合得点（PSQIG）を、ASSQ-J はその主要因子である睡眠困難度^{10,14)} の得点を算出し、両者の相関関係を検討した。

測定期間中のデータについて、各研究参加者の練習がなかった日（1日）と練習を行った日（6日）を個別に扱い、各日ごとのデータを独立した観測値として分析した。したがって、個人内の繰り返しデータを統合して相関分析は行わず、各指標の相関分析では、各参加者の練習日ごとのデータポイントを用いて算出した。

睡眠に関連するデータは、主観的指標として疲労感、体調、睡眠の質、RPE、練習の合計時間（分）を、客観的指標としてセンサーシートによる睡眠効率（%）と睡眠スコア（%）を使用した。これらは練習がなかった日と練習を行った日の平均値（標準偏差）を算出した。また、各指標の相関関係を検討した。

平均値は Student の *t* 検定を行った。相関関係はすべて Pearson の積率相関係数を用いた。分析は JMP 17.2（JMP Statistical Discovery LLC.）で実行し、有意水準は5%とした。

Ⅲ. 結果

1. PSQI-J と ASSQ-J との相関

PSQI-J における PSQIG と ASSQ-J における睡

表1 ピッツバーグ睡眠質問票日本語版 (PSQI-J) と日本語版 Athlete Sleep Screening Questionnaire (ASSQ-J) の相関

Table 1 Association between Japanese version of Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI-J) and Japanese version of Athlete Sleep Screening Questionnaire (ASSQ)

	Mean (SD)	<i>r</i>	<i>p</i>
PSQI-J	5.2 (2.2)	-0.17	0.74
ASSQ-J	6.8 (1.5)		

表2 練習の有無ごとの前夜の睡眠に対する主観的及び客観的指標の平均値と標準偏差

Table 2 Means (SDs) of subjective and objective indices towards previous night's sleep with or without training

	練習なし（1日）		練習あり（6日）		<i>p</i>
	Mean	SD	Mean	SD	
主観的指標					
疲労感	3.5	1.38	6.1	1.83	< .01
体調	7.0	0.63	6.4	1.61	0.39
睡眠の質	6.8	0.41	6.1	1.71	0.30
RPE	－	－	14.9	2.67	－
合計時間(分)	－	－	239.4	104.96	－
客観的指標					
睡眠効率（％）	78.3	13.4	83.3	10.8	0.32
睡眠スコア（％）	66.8	21.1	78.3	15.3	0.12

眠困難度との間に有意な相関は認められなかった ($r=-.17, p=.74$) (表1)。

2. 主観的指標と客観的指標との関連

各指標の平均値 (標準偏差) を表2に示す。1日当たりの練習の合計時間 (分) は239.4分 (SD=105.0) だった。練習の有無によって各指標の平均値が異なるかどうか検討したところ、主観的指標の疲労感のみ有意差が検出され、練習をすることで主観的な疲労感が高値を示した ($t[40]=3.32, p<.01$)。

また、練習の有無ごとに相関係数を算出した (表3)。練習なしでは、疲労感と体調 ($r=-.92, p<.01$)、疲労感と睡眠の質 ($r=-.89, p<.05$)、睡眠効率と睡眠スコア ($r=.98, p<.001$) において有意だった。練習ありでは、疲労感とは睡眠の質 ($r=-.49, p<.001$) と合計時間 ($r=.45, p<.01$) と

の間に有意な相関関係が認められた。また、RPEとは疲労感 ($r=.44, p<.01$)、合計時間 ($r=.56, p<.001$)、睡眠効率 ($r=-.44, p<.01$)、睡眠スコア ($r=-.68, p<.001$) との間に有意な相関関係が認められた。睡眠効率と睡眠スコア ($r=.59, p<.001$) では練習なしと同様に有意な相関関係が検出された。練習なしと練習ありのどちらにおいても、睡眠の質と睡眠効率及び睡眠スコアとの間には有意な相関関係は認められなかった。

IV. 考察

本研究では、大学生アスリートにおける練習の有無が客観的睡眠データと主観的疲労度に及ぼす影響を検討した。その結果、主観的指標間における強い相関が確認される一方で、主観的指標と客

表3 練習の有無ごとの各指標ペアにおける相関係数
Table 3 Correlation coefficients for each indicator pair with and without training

	体調	睡眠の質	RPE	合計時間(分)	睡眠効率(%)	睡眠スコア(%)
練習なし						
疲労感	-0.92 **	-0.89 *			0.75	0.71
体調		0.77			-0.78	-0.70
睡眠の質					-0.46	-0.47
睡眠効率(%)						0.98 ***
練習あり						
疲労感	0.17	-0.49 ***	0.44 **	0.45 **	-0.08	-0.20
体調		0.32	0.23	0.03	-0.15	-0.26
睡眠の質			-0.10	-0.06	0.02	0.12
RPE				0.56 ***	-0.44 **	-0.68 ***
合計時間(分)					-0.15	-0.30
睡眠効率(%)						0.59 ***

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

RPE: rating of perceived exertion (主観的運動強度)

観的指標との関連性は限定的であることが示された。この結果は、先行研究の報告^{4, 6)}と一致している部分もあり、特に疲労感や体調といった主観的指標は、個々人のストレスや生活習慣、心理的要因に大きく依存する可能性が示唆された。

主観的指標間の高い相関については、疲労感、体調、睡眠の質が相互に影響し合う複雑なメカニズムを反映していると考えられる。睡眠不足は情動調節を乱し、不安感や抑うつ感を増大させること^{2, 5)}が報告されており、これが主観的な疲労感や体調不良に繋がっている可能性が考えられる。

一方で、主観的指標と客観的指標の相関が限定的であった点は、これまでの報告と一致する。先行研究⁷⁾では、主観的評価がその日のストレスレベルや心理状態に左右されやすいことを示しており、睡眠の質と睡眠効率が一致しない要因と考えられる。本研究では、センサーを用いて睡眠効率やスコアを算出したが、これらのデータは客観的な生理学的指標を反映する一方で、主観的な感覚などを完全に反映するものではない。この結果より、睡眠の評価において主観的・客観的指標の両面を考慮する必要性を強調している先行研究⁴⁾と同様の結果が見出された。

さらに、練習の有無による疲労感や睡眠指標の差異も興味深い結果を示し、練習のある日は疲労感が高まり、それが睡眠の質や効率に影響を及ぼす可能性が示唆された。特に、練習の強度が高い場合、疲労の蓄積が睡眠の質を低下させることが報告されており^{3, 5)}、本研究の結果とも合致していた。

以上の結果より、大学生アスリートの睡眠改善に向けた具体的な介入策を講じることの重要性が示された。具体的には、トレーニング後のリカバリー手段やストレス管理法の導入、睡眠衛生教育を実施すること^{1, 2)}が有用と考える。また、睡眠に関する評価には、主観的・客観的データを組み合わせることで、より包括的に評価可能と考えられる。

本研究にはいくつかの限界がある。第一に、サンプル数が少ないため、結果の一般化には注意が必要といえる。第二に、練習がなかった日が1日と少なく、練習ありの日と比較した場合のデータのバランスに偏りが生じている。ただし、一定レベル以上の競技力を有する大学生アスリートは練習のない日が少ないため、今後は分析等に工夫が必要である。第三に、睡眠に影響を与える可能性

のある外的因子（カフェイン摂取、スマートフォンの使用など）について調査していない点が挙げられる。第四に、測定期間が1週間と短期間であるため、長期的な傾向を把握するには至らなかった。今後の研究では、時系列分析を取り入れることで、個人内変動や長期的なパターンを明らかにし、より精緻な知見を得ることが求められる。また、対象者を増やし、測定期間を延長することで、これらの限界を補う必要がある。

V. まとめ

本研究では、日本の大学生アスリートを対象に、非侵襲型センサーによる客観的睡眠データと主観的疲労度の関係を探索的に検討した。その結果、主観的指標（疲労感・体調・睡眠の質）間には強い相関が認められたが、客観的睡眠指標（睡眠効率・睡眠スコア）との関連は限定的であった。特に、トレーニングがあった日は疲労感が顕著に増加し、睡眠の質に負の影響を及ぼす可能性が示唆された。これらの結果は、大学生アスリートの睡眠管理において、客観的・主観的データの両面を考慮する必要があることを示している。

謝辞

本研究は、東海大学スポーツ医科学研究所のプロジェクト研究の補助を受けて実施した。本研究に協力していただいた研究参加者の皆様に深く感謝する。

引用参考文献

- 1) Hirshkowitz M, Whiton K, Albert SM, Alessi C, Bruni O, DonCarlos L, et al. National Sleep Foundation's sleep time duration recommendations: Methodology and results summary. *Sleep Health*. 2015; 1(1): 40-43. doi:10.1016/j.jshi.2014.12.010.
- 2) Watson AM. Sleep and athletic performance. *Curr Sports Med Rep*. 2017; 16(6): 413-418. doi:10.1249/JSR.0000000000000418.
- 3) Mah CD, Mah KE, Kezirian EJ, Dement WC. The effects of sleep extension on the athletic performance of collegiate basketball players. *Sleep*. 2011; 34(7): 943-950. doi:10.5665/SLEEP.1132.
- 4) Chennaoui M, Arnal PJ, Sauvet F, Léger D. Sleep and exercise: A reciprocal issue? *Sleep Med Rev*. 2015; 20: 59-72. doi:10.1016/j.smrv.2014.06.008.
- 5) Fullagar HHK, Skorski S, Duffield R, Hammes D, Coutts AJ, Meyer T. Sleep and athletic performance: The effects of sleep loss on exercise performance, and physiological and cognitive responses to exercise. *Sports Med*. 2015; 45(2): 161-186. doi:10.1007/s40279-014-0260-0.
- 6) Pilcher JJ, Huffcutt AI. Effects of sleep deprivation on performance: A meta-analysis. *Sleep*. 1996; 19(4): 318-326. doi:10.1093/sleep/19.4.318.
- 7) Milewski MD, Skaggs DL, Bishop GA, Pace JL, Ibrahim DA, Wren TAL, et al. Chronic lack of sleep is associated with increased sports injuries in adolescent athletes. *J Pediatr Orthop*. 2014; 34(2): 129-133. doi:10.1097/BPO.0000000000000151.
- 8) Doi Y, Minowa M, Uchiyama M, Okawa M, Kim K, Shibui K, et al. Psychometric assessment of subjective sleep quality using the Japanese version of the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI-J) in psychiatric disordered and control subjects. *Psychiatry Res*. 2000; 97(2-3): 165-72. doi:10.1016/S0165-1781(00)00232-8.
- 9) 土井由利子, 箕輪真澄, 大川匡子, 内山真. ピッツバーグ睡眠質問票日本語版の作成. *精神科治療学*. 1998; 13(6): 755-69.
- 10) Samuels C, James L, Lawson D, Meeuwisse WH. The Athlete Sleep Screening Questionnaire: a new tool for assessing and managing sleep in elite athletes. *Br J Sports Med*. 2016; 50(7): 418-422. doi:10.1136/bjsports-2014-094332.
- 11) 吉田成仁, 小塩靖崇, 脇英彰, 皆川陽一, 小井土正亮, 宮崎彰吾. 日本語版 Athlete Sleep Screening Questionnaire (ASSQ-J) を用いた日本人男子大学サッカー選手の睡眠状況調査. *日本アスレティックトレーニング学会誌*. 2022; 8(2): 191-203. doi:10.24692/jsatj.8.2_191.
- 12) Uchida S, Endo T, Suenaga K, Iwami H, Inoue S,

Fujioka E, et al. Sleep evaluation by a newly developed PVDF sensor non-contact sheet: A comparison with standard polysomnography and wrist actigraphy. *Sleep Biol Rhythms*. 2011; 9(3): 178-187. doi:10.1111/j.1479-8425.2011.00506. x.

- 13) 土井由利子. 不眠の主観的評価方法. 国立保健医療科学院研修企画部. *日本臨牀*. 2008; 66(増刊号 2): 108-112.
- 14) Gouttebarger V, Bindra A, Blauwet C, Campriani N, Currie A, Feeley BT, et al. International Olympic Committee (IOC) Sport Mental Health Assessment Tool 1 (SMHAT-1) and Sport Mental Health Recognition Tool 1 (SMHRT-1): towards better support of athletes' mental health. *Br J Sports Med*. 2021; 55(1): 30-37. doi:10.1136/bjsports-2020-102411.



ICU 患者における筋電気刺激中の筋酸素 化状態の評価：ケースシリーズ研究

佐藤香織（東海大学医学部付属病院看護部救命救急センター） 沓澤智子（東海大学スポーツ医科学研究所）

岩本敏志（東海大学医学部看護学科） 市川 毅（東海大学医学部付属病院リハビリテーション技術科）

久保大輔（横浜市立大学大学院データサイエンス研究科）

青木弘道（東海大学医学部医学科総合診療学系救命救急医学領域）

Muscle Oxygenation Status During Electrical Muscle Stimulation of Intensive Care Unit Patients: A Case Series

Kaori SATO, Tomoko KUTSUZAWA, Satoshi IWAMOTO, Tsuyoshi ICHIKAWA, Daisuke KUBO and
Hiromichi AOKI



Abstract

Intensive care unit (ICU)-acquired weakness is observed in acutely ill ICU patients, who develop muscle weakness during recovery, without any underlying disease/condition. Early rehabilitation is recommended to prevent ICU-acquired weakness. However, voluntary rehabilitation is often limited by disease severity and treatment. Recently, belt electrode-skeletal muscle electrical stimulation (B-SES) has gained attention for the rehabilitation of ICU patients; however, only a few studies have explored its effects on patient vital signs and muscle oxygenation status. Therefore, in this study, we aimed to investigate the effects of B-SES on the vital signs, blood gas values, and gastrocnemius (GM) and vastus lateralis muscle (VL) oxygenation status in three ICU patients with severe polytrauma (40-, 43-, and 23-year-old males) via near-infrared spectroscopy. B-SES intensity was set at the minimum level necessary to induce muscle contraction. Notably, no changes in vital signs (blood pressure and heart rate) were observed before or after treatment, with no hypoxemia. Moreover, no muscle desaturation was detected. Compared to the muscle oxygenation dynamics observed during voluntary exercise, $\Delta\text{total-Hb/Mb}$ and $\Delta\text{oxy-Hb/Mb}$ were increased in the GM muscles of cases 1 and 3 after B-SES. VL muscles exhibited lower $\Delta\text{Hb/Mb}$ than GM muscles, possibly due to the low stimulus intensity. Overall, our findings highlight the potential and relative safety of B-SES for ICU patient rehabilitation, providing that minimal intensity is used to stimulate muscle contraction.

Keywords: Belt-electrode skeletal muscle electrical stimulation, Intensive care unit-acquired muscle weakness, Muscle oxygenation, Near infrared spectroscopy

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 37, 31-40, 2025)

I. 緒言

集中治療室 (intensive care unit : ICU) に入室した重症患者では、筋力低下を引き起こす原疾患がないにもかかわらず病状が回復した際に筋力低下を認めることがあり、この病態を ICU-acquired weakness (ICU-AW) という¹⁻³⁾。ICU-AW は重症患者に起こる神経筋障害⁴⁾とされ、発症に関与する危険因子として、不活動、敗血症や高血糖、カテコラミンや筋弛緩薬などの薬剤などが挙げられている⁵⁾。ICU-AW を発症すると、人工呼吸器の装着期間の延長、ICU 在室期間・在院日数の延長に繋がり⁶⁾、死亡率の増加⁶⁾や医療費の増大などの弊害を生じる⁷⁾。

ICU-AW の予防の1つとして、ICU 在室中から退院後の生活を見据えた早期リハビリテーションの実施が推奨されている⁸⁾。ICU 患者では、疾患の重症度や治療のため、病初期はマッサージや他動的関節可動域訓練などのリハビリテーションが主に実施され、筋収縮を伴う随意運動 (立位歩行、床上エルゴメーターなど) 実施は困難なことが多い⁹⁾。そこで、随意運動の代替として経皮的に骨格筋に電気刺激を与え、筋収縮を生じさせる筋電気刺激の適応が始まっている¹⁰⁾。ベルト電極式骨格筋電気刺激法 (Belt-electrode Skeletal muscle Electrical Stimulation : B-SES)¹¹⁾は、ベルト電極を腹部・大腿・下腿に装着し、同時に刺激することから下肢筋全体の伸筋と屈筋を同時に収縮させることができ、関節可動がない。また、ベルト電極は刺激面積が広いこと、漸増波パルスを使用していることから、電気刺激時の疼痛が少ないという利点がある¹²⁾。

ICU に入室する急性重症患者に筋収縮を伴う運動を実施することは、いくつかの問題がある。ICU 入室患者は、呼吸・循環器系の予備能力が低下している。そのような状況下では、筋収縮による酸素消費・二酸化炭素産生の増加に見合う、換気・心拍出量の増大が生じない可能性があり、高CO₂血症や低酸素血症などが生じる可能性がある。

そのため、筋肉へ酸素が十分に供給されず、筋肉の低酸素状態が招来される可能性もある。以上のことから、ICU 患者に最適な B-SES の刺激強度は、筋収縮が認められる最小の強度で刺激している報告が多く^{13, 14)}、B-SES の継続に伴う治療強度の増強に関するプロトコールも未確定である^{15, 16)}。

筋酸素化状態および筋血流量の変化は、近赤外分光法 (near infrared spectroscopy : NIRS) を用いて測定可能である。生体内で近赤外光を吸収する主な物質は、毛細血管内および細動・静脈内のヘモグロビン (Hb) と筋細胞内のミオグロビン (Mb) で、その酸素化状態により吸光度が変化するため、酸素化 Hb/Mb (oxy-Hb/Mb) と、脱酸素化 Hb/Mb (deoxy-Hb/Mb) の濃度変化を非侵襲的に算出できる¹⁷⁾。また、oxy-Hb/Mb と deoxy-Hb/Mb の和である総ヘモグロビン (total-Hb/Mb) は、観察領域の血流量を示す。現在の NIRS では、Hb と Mb の濃度変化を区別することはできないが、一般的には NIRS により測定したシグナルの80%は Hb である¹⁷⁾とされている。

B-SES 実施中の筋酸素化状態に関する研究では、成人男性における電気刺激を用いたトレーニング中の筋酸素化状態および換気の変化¹⁸⁾、健康人男性における筋電気刺激中の下肢筋の筋酸素化状態¹⁹⁾が報告されているが、ICU 患者に対する B-SES 実施中の筋酸素化状態を評価した報告はない。前述したように ICU 患者に B-SES を実施した場合、筋肉が低酸素状態に陥る可能性がある。筋肉が運動時に酸素不足に陥ると、oxy-Hb/Mb が減少し続け、deoxy-Hb/Mb が増加し続けることが、閉塞性動脈硬化症を合併した患者の歩行時の NIRS 所見として報告されている²⁰⁾。また、ICU-AW を併発しやすい敗血症では、筋肉の微小循環や酸素化状態の変化が報告されており^{21, 22)}、B-SES 実施中の筋酸素化状態が健康人と異なる可能性がある。そこで、本研究では、ICU 患者に B-SES を実施し、バイタルサイン、動脈血ガス分析の変動および収縮筋 (外側広筋および腓腹筋) の筋酸素化状態を明らかにすることを目的とした。

II. 倫理的事項

本研究は、人を対象とする医学系研究に関する倫理指針を遵守し、東海大学臨床研究審査委員会の承認（承認番号19R024）を得て実施した。被験者または被験者の意識状態が清明でない場合には代諾者に、研究内容を書面と口頭で説明し、文書で同意を得た。20例の測定を予定していたが、適格条件に該当する患者が少なかったことに加え、コロナ禍による面会制限により代諾者からの同意取得が困難となり、5例の測定で研究を終了した。5例中2例の被験者は、意識障害のため、測定中の安静が保てず、安定した測定ができなかったため解析から除外し、残りの3症例の結果を本研究の測定の全てとし、ケースシリーズとして報告する。

III. 対象と方法

1. 研究対象者

対象は、東海大学医学部付属病院高度救命救急センターのICUに入室した、年齢20歳以上80歳未満の患者とした。

対象患者の適格条件、除外基準、中止基準を以下に示す。

1) 適格条件

- (1) 年齢20歳以上80歳未満のICU入室患者
- (2) 人工呼吸器、気管挿管の有無に関わらず、低換気・低酸素血症がない患者〔経皮酸素飽和度（ SpO_2 ）93%以上〕
- (3) バイタルサインの異常がない〔収縮期血圧（以下、SBP）：90mmHg以上、心拍数（以下、HR）：50回/分以上120回/分未満〕

2) 除外基準

- (1) 急性薬物中毒、自殺企図、来院時心肺停止の蘇生後、第1～5頸椎損傷、陳旧性脳血管障害
- (2) ベルト電極装着部位（腹部、大腿、下腿）

の熱傷、外傷、または損傷のある患者、下肢浮腫、下肢静脈血栓

- (3) バイタルサインの異常（SBP：90mmHg未満、HR：50回/分未満、120回/分以上、 SpO_2 ：93%未満）

3) B-SES 20分間の中止基準

- (1) 同意撤回のあった場合
- (2) バイタルサインの異常 (2) 除外基準の (3) に同じ

2. プロトコール

バイタルサインの安定および脳浮腫の改善が認められた日から、患者にB-SESを20分間、毎日実施した。なお、患者がICUを退室した時点でB-SES終了とした。B-SES実施第1日（B-SES Day 1）、7日（B-SES Day 7）、14日（B-SES Day 14）に、B-SES実施前後のバイタルサイン、動脈血液ガスの測定およびB-SES中の腓腹筋（Gastrocnemius muscle：GM）、外側広筋（Vastus lateralis muscle：LV）の筋酸素化状態を、NIRSを用いて測定した。B-SES Day 1実施中のバイタルサインが安定していたことが確認できた場合、Day 2以降のB-SESを、同じ刺激強度で実施した。患者の基礎データ（年齢、身長、体重、既往歴、診断名、神経学的所見）は、カルテから得た。

3. B-SES

B-SESの機器は、リハビリテーション総合電気刺激装置 AUTO TENS PRO Rehabili Unit（株式会社 ホーマーイオン研究所）を使用した。ベルト電極を腹部（腸骨稜3cm頭側）、両大腿（膝部頭側3cm）、両下腿（内顆頭側3cm）に装着した。B-SESのモードは、機器に設定された廃用ソフトモード（開始から1分30秒までに3Hzから20Hzに漸増、20Hzで3秒刺激、2秒休止とし、終了前1分30秒より20Hzから3Hzに漸減）を適応した。刺激強度は、ICU入室中の重症患者が対象であるので、筋収縮が確認できる最小限の刺激強度とした。健常人において、大腿・下腿筋の収縮が目視できる程度の強度とする日當¹⁹⁾の先

行研究を参考に、治療出力40%、治療出力メーターが大腿2（実行電流 3.5mA）、下腿1（実行電流 2mA）とした。なお、B-SESでは、伸筋と屈筋が同時に収縮するため発生張力の測定は不可であることから、上記の設定でGMの収縮と足関節が僅かに底屈することを目視で確認し、下腿筋が刺激されていると判断した。

4. B-SES 前後のバイタルサインの測定

B-SES 開始 1 分前と B-SES 終了 1 分前にバイタルサインの測定と動脈血液ガス分析（BGA）を実施した。バイタルサインは、生体モニタ（IntelliVue MP 50、フィリップスエレクトロニクスジャパン（株））から、体温（BT）、HR、SBP、拡張期血圧（DBP）、呼吸数（RR）、SpO₂を記録した。BGA は、汎用血液ガス分析装置（ABL800FLEX、ラジオメーター（株））を用いて、pH、動脈血二酸化炭素分圧（PaCO₂）、動脈血酸素分圧（PaO₂）、乳酸値を測定した。

5. B-SES 中の筋酸素化状態

筋酸素化状態は、B-SES 開始前の安静 1 分間から B-SES 終了後 5 分間まで、NIRS を用いて連続的に測定した。使用機器は、携帯型近赤外線組織酸素モニタ装置 Pocket NIRS Duo、（ダイナセンズ（株））で、使用波長は、735nm、810nm、850nm、プローブの送受光間距離は、4 cm である。プローブ貼付部位は、VLでは大転子部を 0 %、外側膝関節裂隙点を100%とした膝側30%付近、GM は下腿の内脛骨点を 0 %、内果点を100%とした膝側30%付近で、筋厚が最大となる部位とした。プローブは、筋線維の長軸方向に沿って貼付し、黒色のバンドでプローブを覆い、遮光した。

測定項目は、oxy-Hb/Mb、deoxy-Hb/Mb、total-Hb/Mb で、B-SES 開始 1 分前から B-SES 終了 5 分後までの oxy-Hb/Mb、deoxy-Hb/Mb、total-Hb/Mb 変化（Δ）をグラフで示し、それらの動態を定性的に分析した。

6. 筋肉量および皮下脂肪厚

プローブ貼付部位の大腿周囲径と下腿周囲径をメジャーで測定し、筋肉量の指標とした。プローブ貼付部位の GM と VL の皮下脂肪厚は、皮下脂肪計（ヤガミ）を使用し、測定した。

IV. 症例提示

3 症例のプロフィールを表 1 に示した。B-SES の実施は、症例 1 は、Day 1 から Day 13 まで、症例 2 は、Day 1 から Day 11 まで、症例 3 は、Day 1 から Day 13 まで行った。

1. 症例 1、40歳. 男性

現病歴：屋根で作業中に転落し救急搬送。重症頭部外傷（急性硬膜外血腫、両側前頭葉脳挫傷、外傷性くも膜下出血、気脳症、前頭骨骨折、頭蓋底骨折）、顔面外傷（眼窩吹き抜け骨折、上顎骨骨折、両側頬骨骨折、両側眼窩底骨折）、頸部外傷（左第 7 頸椎横突起骨折）、胸部外傷（左血気胸、両側肺挫傷、右第12胸椎横突起・椎弓骨折、左第 2-9 肋骨骨折、右第10・11肋骨骨折）、四肢外傷（右橈尺骨遠位端開放骨折）と診断され、

表 1 患者のプロフィールと呼吸管理
Table 1 Patient Profile and Respiratory Care

		症例 1	症例 2	症例 3
年齢	歳	40	43	23
性別		男性	男性	男性
身長	cm	170	170	170
体重	kg	75.0	95.0	82.0
BMI	kg/m ²	25.9	30.3	25.3
周囲径				
大腿	mm	51.0	59.4	52.5
下腿	mm	34.0	39.5	37.3
皮下脂肪厚				
大腿	mm	11	13	11
下腿	mm	13	14	8
気管挿管		有	有	有
人工呼吸器		なし	自発換気 (PS, CPAP)	自発換気 (PS, CPAP)
酸素濃度	%	35	30	24
PEEP	cmH ₂ O		5	8
PS圧	cmH ₂ O		5	8

BMI : Body Mass Index, PEEP : 呼吸終末陽圧, PS : Pressure Support, CPAP : Continuous Positive Airway Pressure,

ICU に入室した。

既往歴：高血圧、糖尿病。内服加療なし。

経過：第1病日に気管挿管し、人工呼吸器管理下で、脳出血と脳浮腫に対する加療を行っていた。右橈尺骨遠位端開放骨折に対して創外固定術、左血気胸に対して胸腔ドレーン挿入を施行した。顔面骨骨折に対する手術適応はあったが気脳症があり手術は待機となった（第14病日に整復手術を施行：B-SES Day 6）。呼吸状態は徐々に安定し、第8病日に人工呼吸器から離脱したが、顔面骨骨折のため気管挿管は継続され、35%酸素を吸入していた。

第9病日（B-SES Day 1）に、左血気胸が改善したため胸腔ドレーンが抜去された。脳浮腫の改善が確認され、B-SES 開始となった。B-SES は、エコー検査で右下腿に血栓を認めたため、左下肢にのみ、実施した。B-SES Day 1 の患者の安静度（医師が治療上、必要と判断する運動・活動の制限の程度）は、頸椎カラー装着、ICU 高機能ベッド臥床、体位交換禁止、頸部から体幹を捻じらない体位保持が必要であった。患者の意識状態は、Glasgow Coma Scale（GCS）で E：1（Eye opening：痛み刺激でも開眼しない）、V：T（Best verbal response：気管挿管中）、M：4（Best motor response：痛み刺激から逃避する）、鎮静状態は、Richmond Agitation-Sedation Scale（RASS）-4（深い鎮静状態：呼びかけに無反応だが身体刺激で動くまたは開眼する）だが、一時的に+1（落ち着きがない：絶えずそわそわしている）であった。B-SES 実施中、下肢を動かさないよう指示をしていたが、意識障害のため、下肢の随意的な運動を認めた。

B-SES 前後のバイタルサイン（BT、HR、BP、RR）に変化を認めず、BGA は PaO_2 が 130mmHg から 98mmHg に低下したが、 SpO_2 の低下は認めなかった（表2）。

GM の筋酸素化状態（図1A）は、B-SES 開始後、 $\Delta\text{oxy-Hb/Mb}$ が、3分で最高値となった後、4分まで減少し、その後漸増した。 $\Delta\text{deoxy-Hb/Mb}$ は、B-SES 開始後、1分まで増加した後、3

表2 B-SES 前後のバイタルサインと動脈血ガス分析データ
Table 2 Vital signs and arterial blood gas analysis data before and after B-SES

B-SES		症例1		症例2		症例3	
		開始	終了	開始	終了	開始	終了
体温	°C	37.7	37.8	38.4	38.3	37.7	37.6
呼吸数	回/分	27	28	15	16	16	16
心拍数	回/分	117	113	90	89	95	90
収縮期血圧	mmHg	135	136	185	186	130	133
拡張期血圧	mmHg	68	68	83	86	68	70
SpO_2	%	100	100	95	94	98	99
pH		7.429	7.459	7.466	7.470	7.387	7.390
PaCO_2	mmHg	41.9	39.4	32.8	31.5	49.3	48.2
PaO_2	mmHg	130	95.5	65.1	76.8	87.7	95.3
乳酸	mg/dl	12	12	11	12	3	5

B-SES：ペルト電極式骨格筋電気刺激法、 SpO_2 ：経皮的動脈血酸素飽和度、 PaCO_2 ：動脈血二酸化炭素分圧、 PaO_2 ：動脈血酸素分圧

分まで減少し、その後、5分まで増加し、ほぼ一定となった。 $\Delta\text{total-Hb/Mb}$ は B-SES 開始後、漸増していった。VL の筋酸素化状態（図1B）は、10分、13分に体動のため、基線が大きく動き、10分以降の NIRS データは、解析から除外した。 $\Delta\text{oxy-Hb/Mb}$ は、B-SES 開始後4分まで減少し、その後10分まで漸増していた。 $\Delta\text{deoxy-Hb/Mb}$ は、B-SES 開始後7分まで一定した後、漸増していた。 $\Delta\text{total-Hb/Mb}$ は、開始時1分まで減少したが、その後、漸増していた。

B-SES Day 7 および Day 13にも NIRS 測定を実施したが、意識障害が残存し、B-SES 中の体動が多く、解析には適さなかった。

2. 症例2、43歳、男性

現病歴：交通事故で救急搬送。救急隊到着時、心肺停止の状態であったが、搬送中に自己心拍再開した。高エネルギー外傷、重症頭部外傷（外傷性くも膜下出血、左側脳室内出血、脳梁損傷、蘇生後脳症）、頸部外傷（右第7頸椎横突起骨折）、胸部外傷（外傷性血気胸、前縦隔血腫、右鎖骨遠位端骨折、左第1肋骨骨折、両側第1肋軟骨骨折）、腹部外傷（腸間膜損傷、膀胱損傷）、骨盤外傷（右恥坐骨骨折、両側腸骨骨折）、四肢外傷（右大腿骨骨幹部骨折）と診断され、ICU に入室した。

既往歴：特記事項なし。

経過：第1病日に気管挿管し、人工呼吸器管理下で、脳浮腫に対する加療を行っていた。膀胱整復術、腸間膜整復術、骨盤骨折に対し創外固定術

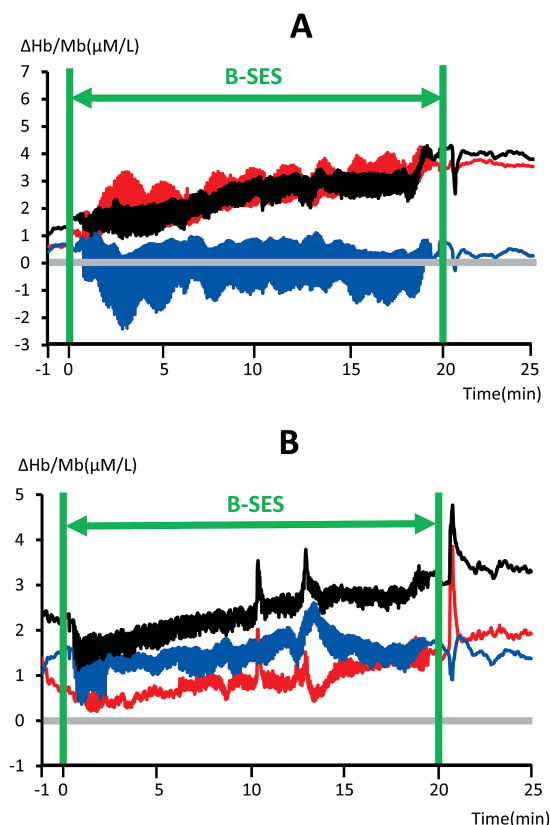


図1 症例1 B-SSES中の筋酸素化状態

A: 腓腹筋 (GM)

B: 外側広筋 (VL)

B-SSES: ベルト電極式骨格筋電気刺激法

— Δoxy-Hb/Mb: 酸素化ヘモグロビン/ミオグロビン

— Δdeoxy-Hb/Mb: 脱酸素化ヘモグロビン/ミオグロビン

— Δtotal-Hb/Mb: 総ヘモグロビン/ミオグロビン

Fig. 1 Case 1 Muscle oxygenation state during B-SSES

A: gastrocnemius muscle (GM)

B: vastus lateralis muscle (VL)

B-SSES: Belt electrode - skeletal muscle electrical stimulation

— Δoxy-Hb/Mb: oxygenated hemoglobin/myoglobin

— Δdeoxy-Hb/Mb: deoxygenated hemoglobin/myoglobin

— Δtotal-Hb/Mb: total hemoglobin/myoglobin

を施行した。右大腿骨骨幹部骨折は、直達牽引を行い、手術は待機となった。前縦隔血腫、外傷性血気胸、肋骨骨折は保存的治療を、第7病日に骨盤骨折と右大腿骨骨幹部骨折に対し、手術を施行した。呼吸状態は徐々に安定していたが、術後のため気管挿管と人工呼吸器管理は継続していた。右大腿骨骨幹部骨折の術後であったが、整形外科医師に、術後の右下肢へのB-SSESの実施の許可

を得た。

ICU入室9病日目に外傷による脳浮腫の改善と術後の病状が安定したことを確認し、B-SSESを開始した。呼吸管理は、Pressure Support, Continuous Positive Airway Pressure (PS, CPAP: 自発換気)でサポート圧は5 cmH₂O、吸入酸素濃度は30%であった。B-SSES Day1の患者の安静度は、頸椎カラー装着、ICU高機能ベッド臥床、体位交換禁止、頸部から体幹を捻じらない体位保持が必要であった。患者の意識状態は、GCSでE: 1、V: T、M: 4、鎮静鎮痛剤の持続投与下でRASSは-4だが、一時的に+1の状態であった。

B-SSES Day1のバイタルサインは、発熱、高血圧を認めていたが、B-SSES終了1分前のBT、BPは、開始前と変化なく、HR、RRにも変化を認めなかった(表2)。B-SSES前のPaO₂は65mmHgであったが、B-SSES後は、76.8mmHgとなり、B-SSESによる悪化は認めなかった(表2)。

GMの筋酸素化状態(図2A)は、患者の意識状態が清明ではなく、B-SSES中に下肢の随意的な動きを認め、基線の動揺が大きく、解析から除外した。VLの筋酸素化状態(図2B)では、B-SSES開始後から15分まで、Δoxy-Hb/Mb、Δdeoxy-Hb/Mb、Δtotal-Hb/Mbは、漸増を認めた。

B-SSESは、Day1からDay11まで実施し、B-SSES Day7にNIRS測定を実施したが、意識障害が残存し、B-SSES中の体動が多く、解析には適さなかった。

3. 症例3、23歳、男性

現病歴: 小型の自動二輪車の単独事故で救急搬送。高エネルギー外傷、頭部外傷(急性硬膜外血腫、外傷性くも膜下出血、脳挫傷、気脳症、頭頂骨骨折、両側側頭骨骨折、後頭骨骨折)、顔面外傷(前頭骨開放骨折、篩骨骨折、蝶形骨骨折、左眼窩底骨折、右眼窩底側壁骨折、左頬骨骨折、上顎骨骨折、下顎骨正中骨折、右下顎骨頭骨骨折、筋層に達する前額部挫創)、頸部外傷(第3・5・6棘突起骨折、第7横突起骨折)の診断で、

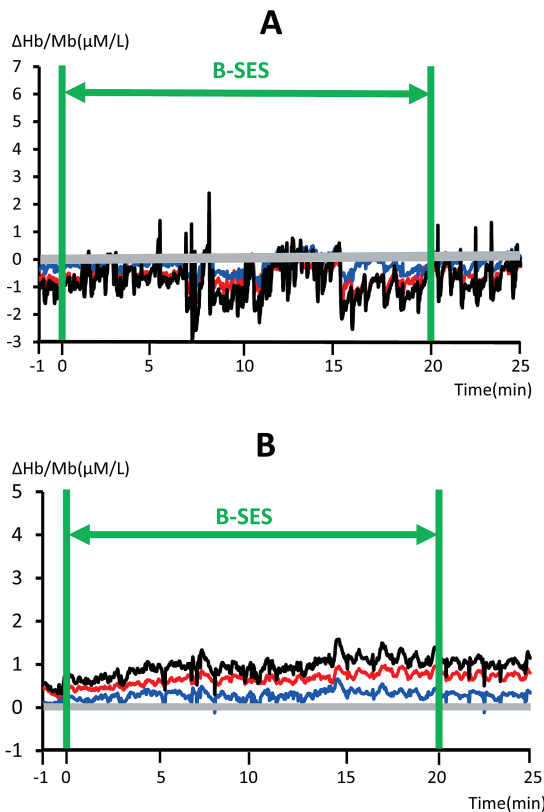


図2 症例2 B-SES 中の筋酸素化状態
A：腓腹筋 (GM)
B：外側広筋 (VL)
B-SES：ベルト電極式骨格筋電気刺激法
— Δoxy-Hb/Mb：酸素化ヘモグロビン/ミオグロビン
— Δdeoxy-Hb/Mb：脱酸素化ヘモグロビン/ミオグロビン
— Δtotal-Hb/Mb：総ヘモグロビン/ミオグロビン

Fig. 2 Case 2 Muscle oxygenation state during B-SES
A: gastrocnemius muscle (GM)
B: vastus lateralis muscle (VL)
B-SES: Belt electrode - skeletal muscle electrical stimulation
— Δoxy-Hb/Mb: oxygenated hemoglobin/myoglobin
— Δdeoxy-Hb/Mb: deoxygenated hemoglobin/myoglobin
— Δtotal-Hb/Mb: total hemoglobin/myoglobin

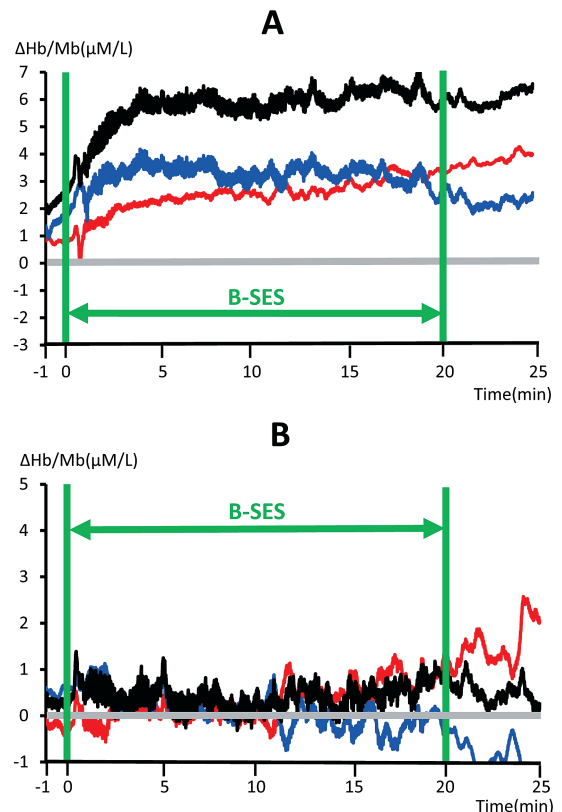


図3 症例3 B-SES 中の筋酸素化状態
A：腓腹筋 (GM)
B：外側広筋 (VL)
B-SES：ベルト電極式骨格筋電気刺激法
— Δoxy-Hb/Mb：酸素化ヘモグロビン/ミオグロビン
— Δdeoxy-Hb/Mb：脱酸素化ヘモグロビン/ミオグロビン
— Δtotal-Hb/Mb：総ヘモグロビン/ミオグロビン

Fig. 3 Case 3 Muscle oxygenation state during B-SES
A: gastrocnemius muscle (GM)
B: vastus lateralis muscle (VL)
B-SES: Belt electrode - skeletal muscle electrical stimulation
— Δoxy-Hb/Mb: oxygenated hemoglobin/myoglobin
— Δdeoxy-Hb/Mb: deoxygenated hemoglobin/myoglobin
— Δtotal-Hb/Mb: total hemoglobin/myoglobin

ICU に入室した。

既往歴：特記事項なし。

経過：第1病日に気管挿管し、人工呼吸器管理下で、脳浮腫に対する加療を行っていた。顔面骨骨折に対しては、気脳症と脳浮腫があり手術は待機の方針となった（第17病日に頭部と顔面の骨折に対し手術を施行：B-SES Day 5）。呼吸状態は徐々に安定したが、顔面骨骨折のため気管挿管と

人工呼吸器管理は継続していた。

外傷後脳浮腫の改善を確認したICU 入室13病日にB-SESを開始した。呼吸管理は、PS, CPAP：自発換気、サポート圧 8 cmH₂O、吸入酸素濃度24%であった（表1）。B-SES開始時の安静度は、頸椎カラー装着、ICU 高機能ベッド臥床、体位交換禁止、頸部から体幹を捻じらない体位保持が必要な状態であった。患者の意識状態は、

GCS で E : 3 (呼びかけにより開眼)、V : T、M : 4 (命令に応じる)、鎮静鎮痛剤の持続投与下で RASS は -2 (軽い鎮静状態：呼びかけに10秒未満のアイ・コンタクトが可能) であった。

B-SES 1 分前・B-SES 終了 1 分前の BP、HR に変化なく、RR、PaCO₂、PaO₂ にも変化を認めなかった (表 2)。

GM の筋酸素化状態 (図 3 A) は、B-SES 開始後、 $\Delta\text{oxy-Hb/Mb}$ は漸増し、 $\Delta\text{deoxy-Hb/Mb}$ は、4.5 分まで増加し、7 分まで一定であったが、その後漸減していた。 $\Delta\text{total-Hb/Mb}$ は、開始 5 分まで増加し、その後、一定となった。VL の筋酸素化状態 (図 3 B) では、B-SES 開始後 12 分まで、 $\Delta\text{oxy-Hb/Mb}$ 、 $\Delta\text{deoxy-Hb/Mb}$ 、 $\Delta\text{total-Hb/Mb}$ ともにほぼ一定であるが、それ以降、 $\Delta\text{oxy-Hb/Mb}$ 、 $\Delta\text{total-Hb/Mb}$ は漸増、 $\Delta\text{deoxy-Hb/Mb}$ は漸減した。

B-SES Day 7 および Day 13 にも NIRS 測定を実施したが、意識障害が残存し、B-SES 実施中の体動が多く、解析には適さなかった。

V. 考察

1. ICU 患者への B-SES 適応

3 名の患者は、20～40 歳代で、頭部を含む多発外傷であった。3 名とも体位交換を禁じられ、頸部から体幹をねじらない体位で安静を保持されていた。症例 1 は、下肢には外傷を認めなかったが、エコー検査で右下腿に血栓を認めたため、左下肢にのみに B-SES を実施した。症例 2 は骨盤骨折と右大腿骨骨折があり、その術後に B-SES を開始した。症例 2 では、術後 2 病日目ではあったが、右下肢を含めた B-SES の実施が可能であった。症例 3 では、頭部外傷の程度が重症であり、B-SES Day 1 が第 13 病日であった。3 症例ともに、適用刺激強度では、バイタルサインの変動が基準値内にとどまり、B-SES の実施が可能と判断された。意識障害を認める ICU 患者では、最小限の電気刺激強度であっても、下肢の随意運動があり、

B-SES 中の NIRS 測定は困難であった。

2. B-SES 実施中のバイタルサインの変化

BP に関しては、3 症例とも B-SES 実施中に HR の上昇や BP の変化を認めなかった。PaO₂、SpO₂ に関しては、症例 1 以外では B-SES 実施中の PaO₂ のほうが B-SES 実施前より高かった。症例 1 では PaO₂ の低下が認められたが、低下しても PaO₂ の正常値範囲内にとどまり、SpO₂ の低下は認められなかった。この結果から、B-SES 実施時には呼吸状態に注意する必要があると考えられるが、人工呼吸器を装着した重症患者に対する B-SES の実施に関しては、丸山ら¹³⁾ が安全性を検討しており、人工呼吸器の設定条件の変更は必要ないと述べている。

3. B-SES 実施中の筋酸素化状態

GM の筋酸素化状態は、症例 1 と 3 が解析可能であった。症例 1 (図 1 A) は、筋収縮で減少する $\Delta\text{oxy-Hb/Mb}$ の増加と、筋収縮で増加する $\Delta\text{deoxy-Hb/Mb}$ の減少が認められ、 $\Delta\text{total-Hb/Mb}$ が増加していることから、筋血流が増加していると推測される。症例 3 は、筋収縮により $\Delta\text{deoxy-Hb/Mb}$ が一旦増加するが、 $\Delta\text{total-Hb/Mb}$ の増加により、漸減していったと考えられる。この 2 症例の筋酸素化動態は、 $\Delta\text{total-Hb/Mb}$ の増加が大きく、 $\Delta\text{oxy-Hb/Mb}$ が筋収縮にもかかわらず増加しており、筋肉へ酸素供給は十分に行われていることを示している。

VL の筋酸素化状態は、症例 1 は、10 分までの解析では、 $\Delta\text{total-Hb/Mb}$ の増加を認めたが、 $\Delta\text{oxy-Hb/Mb}$ 、 $\Delta\text{deoxy-Hb/Mb}$ はほぼ一定である。症例 2 は、 $\Delta\text{oxy-Hb/Mb}$ 、 $\Delta\text{deoxy-Hb/Mb}$ 、 $\Delta\text{total-Hb/Mb}$ は、漸増を認めた。症例 3 は、14 分以後に $\Delta\text{total-Hb/Mb}$ が増加すると、 $\Delta\text{oxy-Hb/Mb}$ の増加、 $\Delta\text{deoxy-Hb/Mb}$ の減少を認めている。VL の相対濃度変化は、GM より小さく、筋肉に対して、運動強度が軽かった可能性が高い。

B-SES 実施中の筋酸素状態は、日當ら¹⁹⁾ によれば、1) total-Hb/Mb 減少型、2) total-Hb/

Mb 増加型、3) total-Hb/Mb 変化なし型の 3 つのタイプに分類されたと報告されている。total-Hb/Mb 減少型は、通常の随意運動と同じパターンで、B-SES 開始とともに total-Hb/Mb が一旦減少し、その後、徐々に増加し、筋収縮により酸素が消費されるため、oxy-Hb/Mb は減少するが、total-Hb/Mb の増加に伴い増加する。 Δ deoxy-Hb/Mb は、 Δ oxy-Hb/Mb と逆の変化をする。Total-Hb/Mb 増加型は、oxy-Hb/Mb と total-Hb/Mb が B-SES 開始とともに増加し、deoxy-Hb/Mb は、ほとんど変化しない、あるいは減少する。筋収縮により酸素が消費されているにもかかわらず、血流の増加で deoxy-Hb/Mb がウォッシュアウトされていると考えられる。これは、随意運動では認められないパターンで、B-SES に特有である可能性がある。本研究の症例 1・3 の GM は、 Δ total-Hb/Mb 増加型に類似している。症例 3 の VL は、 Δ total-Hb/Mb 減少型に該当すると考えられる。

VI. 研究の限界

本研究では、B-SES 実施できた症例が 5 例と少なく、かつ NIRS 測定が安定してできなかったため、筋酸素化状態の解析は 3 例にとどまった。これは、研究期間中の ICU 入室患者に、ベルト電極装着部位に皮膚損傷や術創がある患者が多かったこと、下肢深部静脈血栓の合併等で、B-SES を適応できる症例が少なかったことに加え、COVID-19 感染による ICU 運用の変更などにより測定ができなかったことによる。B-SES 実施中の PaO_2 が一部で低下を認めており、B-SES 実施との関連は定かではないが、今後、症例数を重ね、検討が必要である。

NIRS 測定は、意識障害により、測定者側の指示が十分に被験者側に伝わらず、随意運動が生じ、安定した測定ができなかった。深い鎮静状態または意識清明である患者を対象にしていく必要がある。また、B-SES の継続による効果については、

経時的測定ができなかったため、本研究では解析できなかった。B-SES の効果は、ICU 患者に有効な測定方法が確立されておらず、評価方法の明確化と統一されたプロトコルの検討が必要である。

VII. 結語

ICU 患者 3 例に筋収縮が確認できる程度の B-SES を実施し、GM と VL の筋酸素化状態を検討した。B-SES 中のバイタルサインは安定しており、筋酸素化状態は低酸素状態を認めなかった。ICU 患者への、B-SES によるリハビリテーション実施は、適格基準に該当する場合は、実施することは可能と考える。今後、症例数を重ね、B-SES 実施の明確な適格基準・プロトコルの開発などを検討していく必要がある。

利益相反

著者全員の本研究に関する利益相反はない。

文献

- 1) Kress JP, Hall JB. ICU-acquired weakness and recovery from critical illness. *N Engl J Med* 370: 1626-1635, 2014.
- 2) Needham DM, Davidson J, Cohen H, Hopkins RO, Weinert C, Wunsch H, Zawistowski C, Bemis-Dougherty A, Berney SC, Bienvenu OJ, Brady SL, Brodsky MB, Denehy L, Elliott D, Flatley C, Harabin AL, Jones C, Louis D, Meltzer W, Muldoon SR, Palmer JB, Perme C, Robinson M, Schmidt DM, Scruth E, Spill GR, Storey CP, Render M, Votto J, Harvey MA. Improving long-term outcomes after discharge from intensive care unit: Report from a stakeholders' conference. *Crit Care Med* 40: 502-509, 2012.
- 3) Schweickert WD, Hall J. ICU-acquired weakness. *CHEST* 131: 1541-1549, 2007.
- 4) Stevens RD, Marshall SA, Cornblath DR, Hoke A, Needham DM, de Jonghe B, Ali NA, Sharshar T. A framework for diagnosing and classifying intensive

- care unit-acquired weakness. *Crit Care Med* 37: s299-s308, 2009.
- 5) Abdelmalik PA, Rakocevic G. Propofol as a risk factor for ICU-acquired weakness in septic patients with acute respiratory failure. *Can J Neurol Sci*, 44: 295-303, 2017.
- 6) Wieske L, Dettling-Ihnenfeldt DS, Verhamme C, Nollet F, van Schaik IN, Schultz MJ, Horn J, van der Schaaf M. Impact of ICU-acquired weakness on post-ICU physical functioning: a follow-up study. *Crit Care* 19: 196. 2015.
- 7) Ali NA, O'Brien Jr. JM, Hoffmann SP, Phillips G, Garland A, Finley JCW, Aimoosa K, Hejal R, Wolf KM, Lemeshow S, Connors Jr. AF, Marsh CB. Acquired weakness, handgrip strength, and mortality in critically ill patients. *Am J Respir Crit Care Med* 178: 261-268, 2008.
- 8) 高橋哲也, 西田修, 宇都宮明美, 安藤守秀, 飯田有輝, 尾崎孝平, 小幡賢吾, 神津玲, 小松由佳, 山下康次, 有蘭信一, 岩田健太郎, 卯野木健, 尾山陽平, 金井香菜, 栗山直英, 齊藤正和, 櫻本秀明, 笹沼直樹, 嶋先晃, 高橋正浩, 田代尚範, 野々山忠芳, 花田匡利, 平澤純, 福家良太, 松木良介, 森沢知之, 山田亨, 横山仁志. 集中治療における早期リハビリテーション 根拠に基づくエキスパートコンセンサス. *日集中医誌* 24: 255-303, 2017.
- 9) 對東俊介. ICU における理学療法の変遷と今後の展望. *日集中医誌* 31: 544-9, 2024.
- 10) 新見昌央. ICU における早期リハビリテーション治療. *Jpn J Rehabil Med* 61: 750-756, 2024.
- 11) 日本骨格筋電気刺激研究会. B-SES 使用方法の手引き 改訂第2版. 2017.
- 12) Miyamoto T, Fukuda K, Kimura T, Matsubara Y, Tsuda K, Moritani T. Effect of percutaneous electrical muscle stimulation on postprandial hyperglycemia in type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract* 96: 306-312, 2012.
- 13) 丸山剛, 亀田裕美, 塩見耕平, 鈴木康裕, 石川公久, 上野友之, 江口清. 重症患者に対する Electrical Muscle Stimulation の安全性の検討. *国立大学リハビリテーション療法士学術集会誌*35回, 65-69, 2014.
- 14) 野々山忠芳, 重見博子, 成瀬廣亮, 重見研司, 松峯昭彦, 石塚全. 運動療法と栄養療法により筋力・骨格筋量が改善した集中治療室獲得性筋力低下の一例: 日呼ケアリハ学誌 30: 350-354, 2022.
- 15) Poulsen J, Møller K, Jensen CV, Weisdorf Si, Kehlet H, Perner A. Effect of transcutaneous electrical muscle stimulation on muscle volume in patients with septic shock. *Crit Care Med* 39: 456-461, 2011.
- 16) Abdellaoui A, Préfaut C, Gouzi F, Couillard A, Coisy-Quivy M, Hugon G, Molinari N, Lafontaine T, Jonquet O, Laoudj-Chenivesse D, Hayot M. Skeletal muscle effects of electrostimulation after COPD exacerbation: a pilot study. *Eur Resp J* 38: 781-788, 2011.
- 17) 浜岡隆文. 活動筋の酸素・エネルギー代謝の測定: NIRS—基礎と臨床—. 沼谷薫 (監修). 新興医学出版社. 東京. pp 227-231, 2016.
- 18) 中岡正昭, 岩本敏志, 栗田太作, 沓澤智子, 成人男性における電気刺激を用いたトレーニング中の筋肉酸素化状態および換気の変化. *東海大学健康科学部紀要* 22: 25-29, 2016.
- 19) 日當聡志, 沓澤智子, 中岡正昭, 岩本敏志. 健康人男性における筋電気刺激中の下肢筋の筋酸素化状態. *東海大学スポーツ医科学雑誌* 第36号: 27-38, 2024.
- 20) 岩本敏志, 池内眞弓, 栗田太作, 浅野浩一, 沓澤智子. 6 分間歩行試験時の近赤外分光法測定により閉塞性動脈硬化症が診断された COPD 患者の 1 例. *日呼ケアリハ学誌* 27: 188-192, 2018.
- 21) De Blasi RA, Palmisani S, Alampi D, Mercieri M, Romano R, Collini S, Pinto G. Microvascular dysfunction and skeletal muscle oxygenation assessed by phase-modulation near-infrared spectroscopy in patients with septic shock. *Intensive Care Med* 31: 1661-1668, 2005.
- 22) Creteur J, Carollo T, Soldati G, Buchele G, De Backer D, Vincent J-L The prognostic value of muscle StO₂ in septic patients. *Intensive Care Med*, 33: 1549-1556, 2007.



上腕三頭筋における腱の Slack length とその伸張特性についての研究

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

清水幹弥 (東海大学スポーツ医科学研究所、東海大学大学院体育学研究科)

宮崎誠司 (東海大学スポーツ医科学研究所、東海大学体育学部武道学科)

内山秀一 (東海大学スポーツ医科学研究所、東海大学体育学部体育学科)

山田 洋 (東海大学スポーツ医科学研究所、東海大学体育学部体育学科)

The Characteristics of Tendon Slack Length on Triceps Brachii

Yu OZAWA, Mikiya SHIMIZU, Seiji MIYAZAKI, Shuichi UCHIYAMA and Hiroshi YAMADA



Abstract

The Electromechanical Delay (EMD) is mainly caused by the stretching of the series elastic component (SEC) by the contractile element. The tendon slack length would be more affected for motor control on the upper limb because its joints especially require more precise control than the lower limb joints. There is the possibility that the upper limb tendons have different behavior. In addition, a tendon on the lower limb is too long to be captured by one probe of ultrasonogram. The tendon length on the triceps brachii (TB) is 10-15 mm and it could be captured by one probe. In the present study, we focus on the changing behavior during the stretching slack length of the tendon on TB.

Six healthy subjects were recruited. The trials were elbow concentric contraction for 30, 60, and 90% of maximal voluntary contraction (MVC) with seated position. The distal tendon of TB was captured by using B-mode ultrasonography. Each trial was tested for three times, and before test trials the MVC trials were tested for two times. The electromyography was recorded from biceps brachii (BB) and TB. The percentage of tendon stretching length was calculated by dividing the tendon length during muscle contracting by relaxing.

In the 60%MVC and 90%MVC trials, the tendon length at contraction condition was significantly longer than that of the relaxation condition. The percentage of tendon stretching length in 30%MVC was shorter than that of 60%MVC and 90%MVC.

The percentage tendon stretching length was significantly different between 30% to 60%MVC and 60% to 90%MVC, and the results follow the Achilles tendon research. From these results, in the upper limb muscle tendon have the slack length as well as lower limb tendons, and the behavior has similar pattern with lower limb tendon.

Keywords: ultrasonogram, toe region, linear region

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 37, 41-47, 2025)

I. 諸言

骨格筋の多くは腱を介して骨に付着しているため、筋収縮による張力は腱を通して骨に伝達される。筋収縮による張力は関節の滑車構造などにより関節トルクとなり身体運動へと変換されるが、筋が収縮してから関節トルクが発生するまでに10-20ms程度¹⁾の時間遅れが存在しこれをElectromechanical Delay (EMD) と呼ぶ。

筋収縮と関節トルクの間に発生する EMD は活動電位の伝播などの電気生理学的プロセスや筋腱の構造的な要因を含む機械的プロセスなど、構造的、機能的な身体メカニズムの影響を受ける²⁾。その中でも腱のゆるみ (Slack length) による EMD への影響は大きく、これらの時間的ズレは精密に制御されるヒトの運動制御の面からも無視できない。

Slack length についてはそのコラーゲン線維の縮れによるものであることが明らかになっており、そのストレス応答はわずかな力で伸長し、ストレスの増加に伴い腱長が曲線的に変化をするトーリージョン (Toe Region) と線形変化するリニアリージョン (Linear Region) とに分けられる³⁾。腓腹筋における Toe Region と Linear Region との閾値は60% MVC 程度であると報告されている⁴⁾。

一方で、これらの研究は下肢の筋に付着する腱を対象に測定されており⁵⁻⁹⁾、これらの腱は超音波プローブよりも長いため、骨との付着部位から筋腱移行部までをひとつのプローブで捉えることができない。この場合、筋線維の動きから腱の伸長を算出するが、この時筋収縮に伴う関節角度の変化の影響は避けることができない¹⁰⁾。そこで、本研究では下肢の腱と比較して腱長の短い上腕三頭筋の遠位端に付着する腱に着目した。上腕三頭筋の遠位端に付着する腱は長さが10-15mm程度であるため¹¹⁾、ひとつのプローブでその全長を測定することが可能である。さらに、下肢の筋と比較して上肢の筋は神経支配比が低く、より精密な運動制御が求められる。そのため、受動素子であ

る腱の形状変化はその精密な運動制御を阻害するため、上肢の腱において下肢とは異なる動態特性が見られる可能性も考えられる。そこで、本研究は上腕三頭筋の腱における Slack Length に着目し、その伸長特性を明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者は右側上肢に整形外科的疾患のない健康な成人男女6名 (男性3名、女性3名) であった。腱の構造的特徴については、マウスを用いた研究において腱の力学的、生体的特性に性差はないと報告している¹²⁾。そのため、本研究の被験者は性別による測定データの比較は行わなかった。本実験に際し、被験者には本研究の目的、内容、安全性について十分に説明し、実験参加の同意を得た。なお、本研究は東海大学の「人を対象とする研究に関する倫理委員会」の承認を得て実施した (承認番号: 23097)。

2. 試技および測定方法

被験者を多用途筋力測定器 (竹井機器工業社製) に座らせ、肩関節を水平外転位の位置まで外転させた。肘関節を180deg 伸展位から67.5deg に屈曲させた状態で胴体、肘をベルトで固定した (図1)。上腕および前腕は、被験者の腋下の高さに水平に設置した台の上に乗せ、上腕を完全に固定した。前腕は台上と接しているが、試技は等尺性収縮であり、関節運動を伴わないため、台と腕



図1 実験概略図
Fig. 1 Outline of experiment

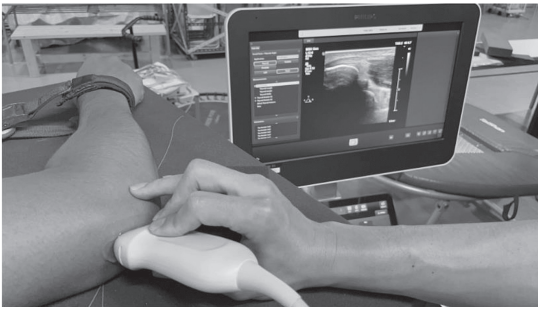


図2 プローブを当てている様子
Fig. 2 The position of probe applying

との間に生じる摩擦が関節トルクに大きく影響することはないと考えられる。本研究においては、ロードセルを用いて肘関節トルクを推定しているため、前腕とロードセルのなす角が 90° とする必要があった。そのため、上腕三頭筋の筋弛緩時に極端に伸張せず、ロードセルと前腕を垂直に設定することができる肘関節角度は肘関節を 67.5° 屈曲位にする必要があった。

この状態で等尺性の肘伸展を行わせ、ロードセルを設置したワイヤーを手首で引っ張ることにより肘伸展トルクを測定した。その際の上腕三頭筋遠位端に付着する腱の動きを超音波画像 (Affiniti 30, Philips 社製) を用いて取得した (図2)。画像を鮮明に撮像するために、電子リニアプローブの要面にエコーゼリーを塗布した。本研究においては、プローブのズレを避けるため、ウォーターバグの取り付けは行わなかった。同時に上腕二頭筋 (BB)、上腕三頭筋 (TB) から表面筋電図センサー (DL-141, S & ME 社製) を用いて筋活動を導出した。ロードセルおよび筋電図センサーの記録周波数はともに 1 kHz であった。超音波画像の記録周波数は 48 Hz だった。

実験に先立ち、胴体、肘を固定した状態でウォーミングアップとして、さまざまな努力度での等尺性肘伸展トルク発揮を実施させた。十分に実験条件に慣れ、ウォーミングアップが完了したと検者、被験者ともに判断したのちに、等尺性の最大随意筋発揮 (Maximal Voluntary Contraction, MVC) を5秒間行わせ、これを2回測定した。2回の測定で得られた MVC 時の関節トルクのう

ち、安定した3秒間の平均トルクを算出し MVC 値とした。茂木ら (2014) はアキレス腱の Slack Length は60% MVC にトーリージョンとリニアリージョンの変極点が存在していると報告しており⁴⁾、上腕三頭筋においても同様であるかどうかを検証する必要がある。そのため、60% MVC までと60% MVC 以降とで腱の伸長率が変化するかどうかを検証する必要がある。そこで、実験試技は MVC 値に対して、30% MVC、60% MVC、90% MVC とした。被験者前方に関節トルクのフィードバック用モニターを設置し、常に被験者が発揮している肘伸展トルクをフィードバックしながら5秒間力発揮させた。肘関節トルクが目標値から著しく外れたり、拮抗筋である BB の活動度が顕著に見られた試技については、失敗試技とした。すべての努力度で成功試技が3回実施されるまで試技を続け、試技順については、疲労などの影響を避けるためにランダム化した。また、トルク上昇局面において、著しく高い筋活動が見られた場合、腱にかかる張力が大きくなるため、被験者にはできるだけ緩やかに関節トルクを上昇させるよう指示した。

3. 分析方法

実験によって得られた超音波画像をパーソナルコンピュータに取り込み、画像処理ソフト Image J (National Institutes of Health) を用いて分析を行った。腱長については、得られた画像を二値化処理し、計測した (図3)。また、関節トルクを発揮している際、発揮トルクが不安定となる局面も見られたが、関節トルク発揮後3秒程度からは発揮筋力が安定しており、腱長の測定はこの安定した局面における腱長を採用した。得られた筋収縮時 (Contract) の腱長を筋弛緩時 (Relax) で除することで筋弛緩時に対する相対的な腱の伸長を評価した。腱長の測定は全ての条件において3回以上行い、測定はすべて同一検者によって行われた。同一条件内において、筋弛緩時に対する相対的な腱長が1%以上異なる場合は分析対象から除外することで、測定誤差を可能な限り避けた。

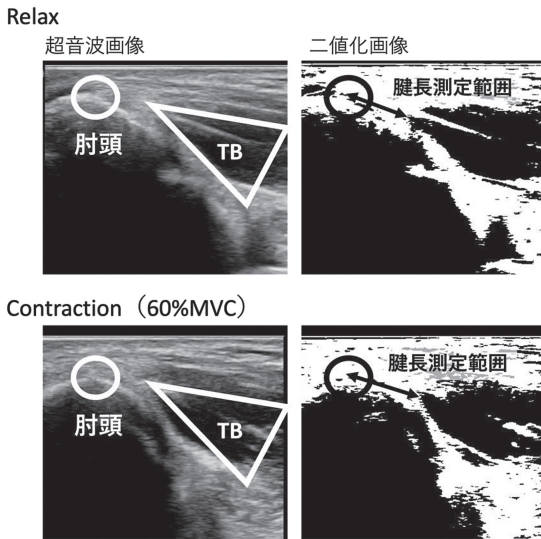


図3 超音波画像の二値化処理後の映像
Fig. 3 Recorded picture by ultrasonography (left) and binarization picture (right)

4. 統計

各測定項目値の平均値 ± 標準偏差を求めた。超音波画像を用いた腱長測定においては、プローブの当てる角度により映し出される腱長が変化するため、試技ごとにプローブを当て直している本研究においては、単純な長さ変化を比較することは困難である。そのため、収縮弛緩 (contract vs relax) × 収縮動態 (各 % MVC) として二元配置分散分析ではなく、それぞれの試技における Relax 時と Contract 時の腱長の比較は対応のある t 検定を用いて行った。試技間の相対的な腱長の差の検討には反復測定による一元配置分散分析を行い、有意差が認められた場合ボンフェローニ法にて多重比較検定を行った。統計学的有意水準は 5 % 未満とした。

Ⅲ. 結果

図4に試技中の関節トルク時系列データおよび筋活動の典型例を示した。すべての試技において、拮抗筋であるBBの活動度は小さく、特に30 % MVC時にTBの活動を阻害するほどの筋活動は見られなかった。また、トルク上昇局面において、

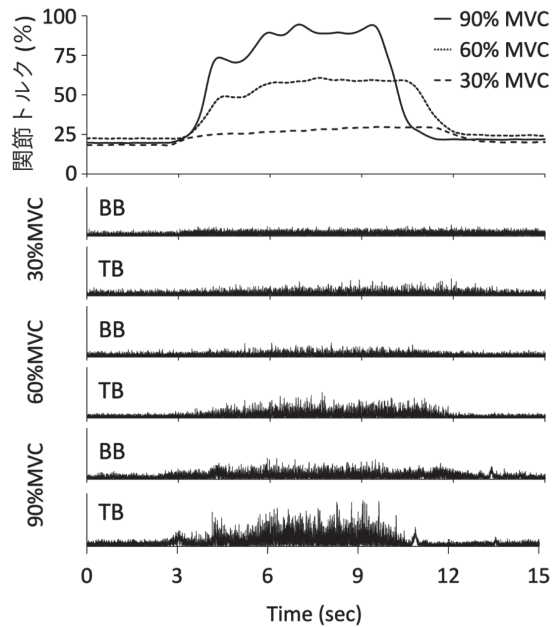


図4 関節トルクと筋活動の典型例
Fig. 4 Typical pattern of joint torque and muscle activities

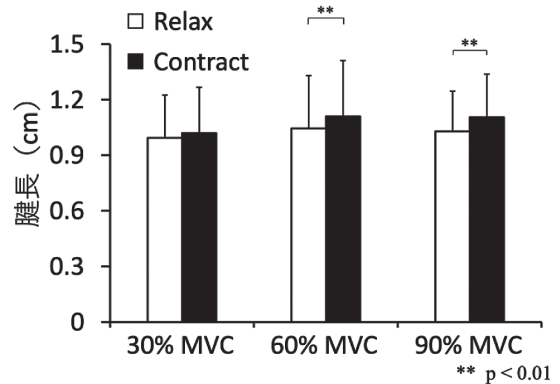


図5 各試技における腱長の平均値
Fig. 5 The average of tendon length among the three effort levels

著しく高い筋活動などは見られなかった。

腱長の平均値については、30 % MVC においては、Relax 時に $0.99 \pm 0.23\text{cm}$ 、Contract 時に $1.02 \pm 0.24\text{cm}$ であり、両条件間に有意な差は見られなかった ($p=0.052$, $d=0.105$)。60 % MVC においては、Relax 時に $1.04 \pm 0.28\text{cm}$ 、Contract 時に $1.10 \pm 0.30\text{cm}$ であり、Relax と比較して Contract 時は有意に高値を示した ($p=0.002$, $d=0.205$)。90 % MVC においては、Relax 時に

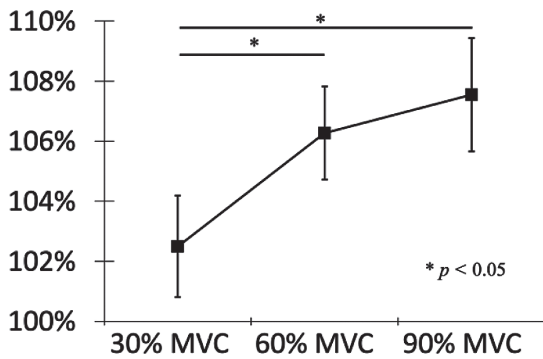


図6 筋弛緩時に対する筋収縮時の相対的腱長の努力度の違いによる変化

Fig. 6 Relative tendon length of contraction condition at different effort levels

1.03 ± 0.21cm、Contract 時に1.11 ± 0.23cm であり、60% MVC と同様 に Relax と比較して Contract 時は有意に高値を示した ($p=0.002$ 、 $d=0.316$ 、図5)。

各努力度における Relax 時と Contract 時の腱長の差分は30 % MVC が $0.02 \pm 0.02\text{cm}$ 、60% MVC が $0.07 \pm 0.02\text{cm}$ 、90 % MVC が $0.08 \pm 0.02\text{cm}$ であり、30-60 % MVC 間 ($p=0.032$ 、 $d=1.427$)、30-90 % MVC 間 ($p=0.023$ 、 $d=1.680$) においては統計学的に有意な差が見られたが、60-90 % MVC 間においては有意な差が見られなかった ($p=0.445$ 、 $d=0.356$)。

Relax 時に対する Contract 時の相対的な腱長については、努力度間で有意に主効果が見られたため、多重比較検定を行った ($p=0.004$ 、 $\eta^2=0.669\text{S}$)。30% MVC が $102 \pm 2\%$ 、60% MVC が $106 \pm 2\%$ 、90% MVC が $108 \pm 2\%$ であり、30% MVC 試技については60% MVC ($p=0.010$ 、 $d=1.634$)、90% MVC ($p=0.013$ 、 $d=1.763$) と比較して有意に低値を示した(図6)。60% MVC と90% MVC については、試技間に有意な差は見られなかった ($p=0.332$ 、 $d=0.523$)。試技間における相対的な腱長の差については、30% MVC と60% MVC との差より、60% MVC と90% MVC との差の方が小さい値を示した。

IV. 考察

本研究はこれまでの腱動態の測定法に多く用いられている、筋線維のスライドから腱長変化を算出する手法ではなく¹³⁻¹⁵⁾、直接腱の骨付着部から筋腱移行部までの距離を算出した。本研究において得られた筋弛緩時の上腕三頭筋の腱長は8-13mm であり Keener et al., (2010) がヒト屍体の摘出腱を用いて調査した上腕三頭筋の遠位腱の腱長と近似した結果であった¹¹⁾。この結果からも本研究で得られた上腕三頭筋の腱長および腱長変化は妥当なものであると推察される。

茂木らは、アキレス腱を対象とした研究において、腱伸長-腱張力関係モデルは直線モデルよりも、二次モデルに近似し、また一次・二次複合モデルを用いることで、より高い精度で腱伸長-腱張力モデルを説明できることを明らかにしている。また、Butler et al. (1978) によると動物やヒト屍体の摘出腱を用いた張引テストにおいても、同様に、非線形であったと報告している¹⁶⁾。本研究においても、30-60% MVC 間の腱伸長率と60-90% MVC 間の腱伸長率では、30-60% MVC の方が顕著に大きく、上腕三頭筋においても、下肢の腱と同様に、上腕三頭筋の腱においても slack length が伸長する際にはトーリージョンとリニアリージョンが存在し、それぞれの腱伸長-腱張力との関係は線形ではないことが示された。つまり、本研究の結果から、神経支配比が1700を超える腓腹筋と、短頭で70程度、外側頭でも180程度である上腕三頭筋¹⁷⁾において、同様な腱動態を持っており、ヒトは運動を制御する際、これらの腱伸長を考慮した運動プログラムが実践されていると推察される。

本研究は上腕三頭筋の腱における Slack Length に着目し、筋収縮度を変化させることで Slack Length の伸長動態を明らかにすることを目的とした。その結果、30% MVC と比較して60%、90% MVC 試技において有意に長い腱長変化が得られたことから、上腕三頭筋における腱も下肢筋

と同様な Slack Length の伸長をすることが明らかになった。

本研究は実験環境の都合上肘関節を67.5deg 屈曲させた状態での上腕三頭筋における腱の Slack Length の伸長動態を明らかにした。しかし Muraoka et al., (2004) によると、アキレス腱においては、足関節角度をより背屈位にすることで EMD が短縮すると報告しており、筋弛緩時の筋長により、腱の Slack Length 変化は異なることが示唆されている。そのため、今後の研究課題として、肘関節角度を変化させた際の上腕三頭筋における腱の Slack Length の伸長動態を比較、検討する必要がある。

V. まとめ

本研究は上腕三頭筋の腱における Slack Length に着目し、その伸長特性を明らかにすることを目的とした。得られた結果より以下のことが明らかになった。

1. 上腕三頭筋の腱においても、筋弛緩時には腱は緩んでおり、Slack Length が存在することが明らかになった。
2. 上腕三頭筋の腱の Slack Length にはアキレス腱などの下肢腱と同様に、トーリージョンとリニアリージョンが存在し、それぞれの腱伸長－腱張力との関係は線形ではないことが示された。

本研究の結果から、神経支配比が小さい上腕三頭筋において、神経支配比の大きな下肢筋の腱と同様な腱動態を持っており、ヒトは運動を制御する際、これらの腱伸長を考慮した運動プログラムが実践されていると推察される。

VI. 謝辞

本研究は JSPS 科研費 22K17683 の助成を受けたものです。

引用文献

- 1) Muraoka T, Muramatsu T, Fukunaga T, Kanehisa H. Influence of tendon slack on electromechanical delay in the human medial gastrocnemius in vivo. *Journal of Applied Physiology*. 2004; 96(2): 540-544.
- 2) Cavanagh PR, Komi PV. Electromechanical delay in human skeletal muscle under concentric and eccentric contractions. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1979; 42(3): 159-163.
- 3) Connizzo BK, Yannascoli SM, Soslowsky LJ. Structure-function relationships of postnatal tendon development: a parallel to healing. *Journal of the International Society for Matrix Biology*. 2013; 32(2): 106-116.
- 4) 茂木康嘉, 川上泰雄, 矢内利政, ヒト生体腱における力学的特性の計測：つま先領域と線形領域の識別方法の提案. *バイオメカニクス研究*. 2014; 18(2): 63-71.
- 5) Kubo K. Active muscle stiffness in the human medial gastrocnemius muscle in vivo. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md: 1985)*. 2014; 117(9): 1020-1026.
- 6) Kubo K, Kanehisa H, Fukunaga T. Is passive stiffness in human muscles related to the elasticity of tendon structures? *European Journal of Applied Physiology*. 2001; 85(3-4): 226-232.
- 7) Fukunaga T, Kubo K, Kawakami Y, Fukushima S, Kanehisa H, Maganaris CN. In vivo behaviour of human muscle tendon during walking. *Proceedings Biological sciences*. 2001; 268(1464): 229-233.
- 8) Kubo K, Kanehisa H, Takeshita D, Kawakami Y, Fukushima S, Fukunaga T. In vivo dynamics of human medial gastrocnemius muscle - tendon complex during stretch - shortening cycle exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*. 2000; 170(2): 127-135.
- 9) Kubo K, Kawakami Y, Fukunaga T. Influence of elastic properties of tendon structures on jump performance in humans. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md: 1985)*. 1999; 87(6): 2090-2096.
- 10) Magnusson SP, Hansen P, Aagaard P, et al. Differential strain patterns of the human gastrocnemius aponeurosis and free tendon, in vivo.

Acta Physiol Scand. 2003; 177(2): 185-195.

- 11) Keener JD, Chafik D, Kim HM, Galatz LM, Yamaguchi K. Insertional anatomy of the triceps brachii tendon. *Journal of shoulder and elbow surgery.* 2010; 19(3): 399-405.
- 12) Sarver DC, Kharaz YA, Sugg KB, Gumucio JP, Comerford E, Mendias CL. Sex differences in tendon structure and function. *Journal of orthopaedic research.* 2017; 35(10): 2117-2126.
- 13) Arampatzis A, Morey-Klapsing G, Karamanidis K, DeMonte G, Stafilidis S, Brüggemann GP. Differences between measured and resultant joint moments during isometric contractions at the ankle joint. *Journal of biomechanics.* 2005; 38(4): 885-892.
- 14) Arampatzis A, Kharazi M, Theodorakis C, Mersmann F, Bohm S. Biarticular mechanisms of the gastrocnemii muscles enhance ankle mechanical power and work during running. *Royal Society Open Science.* 2023; 10(8): 230007.
- 15) Kawakami Y, Muraoka T, Ito S, Kanehisa H, Fukunaga T. In vivo muscle fibre behaviour during counter - movement exercise in humans reveals a significant role for tendon elasticity. *The Journal of physiology.* 2002; 540(2): 635-646.
- 16) Butler DL, Grood ES, Noyes FR, Zernicke RF. Biomechanics of ligaments and tendons. *Exercise and sport sciences reviews.* 1978; 6: 125-181.
- 17) Lucas-Osma AM, Collazos-Castro JE. Compartmentalization in the triceps brachii motoneuron nucleus and its relation to muscle architecture. *The Journal of comparative neurology.* 2009; 516(3): 226-239.



地方都市の成人における活動的な移動行動、非活動的な移動行動と肥満との関連

久保田晃生（東海大学体育学部生涯スポーツ学科） 稲益大悟（東海大学大学院体育学研究科）

岡本尚己（東海大学大学院体育学研究科）

Associations Between Active Travel Behavior, Sedentary Travel Behavior and Obesity
Among Adults in Regional Areas of Japan: A Cross-sectional Study

Akio KUBOTA, Daigo INAMASU and Naoki OKAMOTO



Abstract

Introduction: Findings on the relationship between transport-related physical activity and obesity are mainly from Western countries. They may not apply to Japan, where the nature of travel behaviour and the prevalence of obesity differ from such countries. This study examined the association between travel behaviour and obesity among adults living in a regional city.

Methods: This cross-sectional study used data from an online survey conducted in 2022, including 1,000 adults living in a regional city. Obesity was defined as BMI ≥ 25 kg/m². We assessed time spent walking, cycling, car use, and public transportation use during an average week and categorised them into active travel (AT), sedentary travel (ST), and mixed travel (MT). We examined the association between travel behaviour and obesity using logistic regression analysis unadjusted (Model 1) and adjusted for age, gender, exercise habits, and food intake (Model 2).

Results: After excluding those with missing data, the analytical sample was 945. Obesity participants were 20.5% (26.7% of men, 14.3% of women). The prevalence was 8.1% for AT (8.4% of men, 7.9% of women), 7.7% for ST (8.0% of men, 7.5% of women), and 84.2% for MT (83.6% of men, 84.6% of women). There was significant association between travel behaviour and obesity: compared to ST, the odds ratio of being obesity was 0.40 (95% CI: 0.17, 0.97) for AT (Model 1). However, Model 2 showed no significant association with travel behaviour.

Conclusions: Japanese people are relatively less obesity than people in Western countries, which may result in differences in the findings between this and previous studies. Meanwhile, this study analysed only obesity as a health outcome. Future studies in Japan need to examine associations between travel behaviour and other health outcomes.

Keywords: Travel behavior, Physical activity, Obesity

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 37, 49-56, 2025)

I. 緒言

健康づくりのための身体活動・運動ガイド2023¹⁾では、身体活動・運動が不足している状態

では、消費エネルギーが少ないために、内臓脂肪型肥満が起きやすく、その影響で高血圧や糖尿病、脂質異常症などの代謝性疾患群につながるが示されている。そのため、日々の身体活動を実践することが推奨されている。身体活動は、安静に

している状態よりも、多くのエネルギーを消費する骨格筋の収縮を伴う全ての活動を指している¹⁾ことから様々な活動が含まれる。この活動の一つに移動行動があるが、総務省の調査結果²⁾によると、国民の移動行動の時間は平均53分/日である。したがって、1日の中での移動行動は、一定程度の時間を占める。この移動行動を、徒歩や自転車に置き換えることで、身体活動の増加につながると考えられる。一方、日々の移動行動を自動車主体にすることは、座位による非活動的な時間を増やすことに繋がる可能性もある。このようなことから、世界保健機関が公表した身体活動に関する世界行動計画（2018-2034）³⁾では、身体活動を促進するための政策の一つとして、移動行動の工夫による身体活動の促進を言及している。そして、自動車を用いた非活動的な移動行動から、徒歩や自転車を用いた活動的な移動行動への転換を呼び掛けている。

移動行動の状況は、世界各地で様々な調査により把握されている。移動行動の状況調査の主要な目的は、都市計画や交通計画立案のための基礎資料とすることであるが、欧米諸国では移動行動の状況調査の結果を活用して健康指標との関連が検討されている。例えば、徒歩や自転車を用いた活動的な移動行動が、死亡や心疾患、肥満などのリスク低下に寄与すること⁴⁾や、自動車を用いた非活動的な移動行動の時間の増加により、肥満や心血管疾患などのリスクとなることが報告されている^{5,6)}。

日本でも、パーソントリップ調査と呼ばれる移動行動の状況調査が、国や地方公共団体を主体として実施され、得られたデータが都市計画のマスタープラン策定等に役立てられている⁷⁾が、それ以外での活用は少ない状況である。その中で、近年、首都圏⁸⁾、地方中核都市⁹⁾、地方都市¹⁰⁾のパーソントリップ調査の結果から、活動的な移動行動と非活動的な移動行動を把握し、それぞれの移動行動に違いがあることを報告し、身体活動促進策の基礎的資料の構築が図られている。しかし、欧米諸国のように、健康指標との関連はほとんど

報告されていない。これは、パーソントリップ調査が移動行動の状況調査であり、健康指標が把握されていないことが理由の一つであるが、欧米諸国のように移動行動の状況調査の結果に、健康指標を紐づけして研究を進めることが出来れば、健康づくりや介護予防に役立つ知見の構築に貢献できる可能性がある。

以上の諸点を踏まえ、本研究では、パーソントリップ調査の項目に準じ、地方都市の成人の活動的な移動行動と非活動的な移動行動の状況を把握するとともに、パーソントリップ調査では把握されていない健康指標として Body Mass Index（以下、BMI）から肥満の状況を把握し、相互の関連について検討することを主な目的とした。

Ⅱ．方法

1. 研究デザイン

本研究のデザインは横断的研究である。

2. 対象者およびデータ収集

対象者は、インターネット調査会社アイブリッジ株式会社の Freeasy に2023年2月現在で登録されていた約1,300万人とした。その中から、静岡県に在住する20～69歳の1,000人のデータを収集した。1,000人の内訳は、性別年代別の10グループで、各グループの人数を100人とした。調査期間中、グループの人数が上限の100人に達するまで対象者から回答を受け付ける方式をとり1,000人のデータを収集した。本調査では、回答1問あたり1円相当のポイントが、インターネット調査会社より調査回答者へ付与された。

3. 調査項目

調査項目は、基本属性（学歴、職歴など）のほか、パーソントリップ調査¹¹⁾の質問項目に準じて、平均的な1週間における各移動行動（徒歩、自転車、自動車、公共交通機関）の状況（日数と時間）と、身長と体重、生活習慣（運動習慣、食事

量など)の状況をインターネット調査で把握した。

4. 分析方法

1,000人の調査回答者から、本研究の分析項目の回答に不備があった55人を除いた945人を分析対象者とし、基本属性の状況を把握した。次に、移動行動の状況から先行研究^{8, 9, 10)}に基づき、活動的な移動行動と非活動的な移動行動について把握した。具体的には、活動的な移動行動(Active Travel、以下ATとする)の状況を「徒歩と自転車による移動が30分/日以上かつ自動車による移動が0分/日」とした。徒歩と自転車による移動のカットオフ値が30分以上であるのは、WHOのガイドライン¹²⁾における推奨身体活動量である150分/週(1日30分、週5日以上)に基づいている。非活動的な移動行動(Sedentary Travel、以下STとする)の状況を「自動車による移動が60分/日以上かつ徒歩と自転車による移動がともに0分/日」とした。自動車による移動のカットオフ値を60分以上としたのは、心血管疾患などのリスクを高める自動車の利用時間を示した先行研究⁶⁾に基づいている。公共交通機関の状況については、利用時の姿勢(立位、座位)や健康アウトカムとの関連が不明なため、先行研究と同様に本研究では用いていない。また、身長と体重から、BMIを算出し、日本肥満学会BMIの判定基準¹³⁾に基づき、BMI値が25kg/m²以上を肥満群、25kg/m²未満を非肥満群の2群に分類した。

そして、肥満群と非肥満群の基本属性ならびに移動行動の状況について、平均値の差は t 検定、割合の比較は χ^2 検定で統計解析を施した。また、肥満(非肥満群=1、肥満群=2)の状況を独立変数、移動(ST=1、活動的/非活動的な移動の状況に該当しない(Mixed Travel、以下MTとする)=2、AT=3)の状況を従属変数とするロジスティクス回帰分析を施した。ロジスティック回帰分析では、性(男性=1、女性=2)、年齢(20歳代=1、30歳代=2、40歳代=3、50歳代=4、60歳代=5)、職業(無=1、有=2)、運動習慣(週2回30分以上1年以上継続)(無=1、

有=2)、食事量(少ない・普通=1、多い=2)を調整変数としてモデルに投入した。これらの統計解析は、STATA Ver.18を用い、統計学的有意水準は5%未満とした。

5. 倫理的配慮

本研究は、東海大学の「人を対象とする研究に関する倫理委員会」にて承認を得て(審査番号:22212)実施した。またインフォームドコンセントについては、まず調査画面のトップページに本研究に関する概要説明を記載した。また、本研究の参加の同意を確認する質問項目を設けた。そして、同意が得られ、それ以降の質問項目の回答をインターネット調査会社のホームページに登録した者を研究対象者とした。本研究に開示すべきCOI関係はない。

Ⅲ. 結果

本研究の分析対象者の基本属性を表1に示す。945人の分析対象者のうち、男性は475人(50.3%)であった。平均年齢は44.5±13.7歳であった。分析に用いた移動行動の状況は、徒歩、自転車、自動車であるが、週当たりの徒歩移動の頻度の平均値は、週3.3±2.8回であった。同様に自転車は週0.7±1.7回、自動車は週4.0±2.7回であった。また、30分以上の徒歩移動のある者の割合は38.3%で、徒歩移動がある者すべての1日の徒歩移動の時間の平均値は41.0±57.0分であった。同様に自転車移動のある者すべての1日の自転車移動の時間は34.0±58.9分、自動車移動のある者すべての1日の自動車移動の時間は55.2±73.4分であった。60分以上の自動車移動のある者の割合は29.6%であった。

各移動行動の状況割合は、ATが8.1%、STが7.7%、MTが84.2%であった。運動習慣者の割合は36.4%、食事量が多い者の割合は38.1%であった。それぞれについて、肥満群と非肥満群で比較したところ、男性割合と食事量が多い者の割合は、

表1 分析対象者（肥満群と非肥満群）の状況
Table 1 Characteristics of sample.

項目		合計 n=945	肥満群 n=194	非肥満群 n=751	p 値
平均年齢(SD)(歳)		44.5(13.7)	45.8(13.5)	44.2(13.9)	
男性割合(%)		50.3	65.5	46.5	<0.001
徒歩	頻度(SD)(回/週)	3.3(2.8)	2.9(2.9)	3.4(2.8)	
	平均時間(SD)(時間/回)	41.0(57.0)	38.4(40.1)	41.9(59.0)	
	30分以上実践者(%)	38.3	35.0	39.1	
自転車	利用頻度(SD)(回/週)	0.7(1.7)	0.7(1.7)	0.7(1.7)	
	平均利用時間(SD)(回/週)	34.0(58.9)	49.0(57.3)	30.2(40.9)	
自動車	利用頻度(SD)(回/週)	4.0(2.7)	4.1(2.7)	4.0(2.7)	
	60分以上利用者(%)	29.6	32.0	29.0	
	平均利用時間(SD)(回/週)	55.2(73.4)	63.9(89.4)	52.8(68.2)	
移動行動	ST (%)	7.7	9.3	7.3	
	MT (%)	84.2	86.1	83.6	
	AT (%)	8.1	4.6	9.1	
運動習慣者(%)		36.4	26.8	38.9	<0.05
食事量が多い者(%)		38.1	59.8	34.3	<0.001

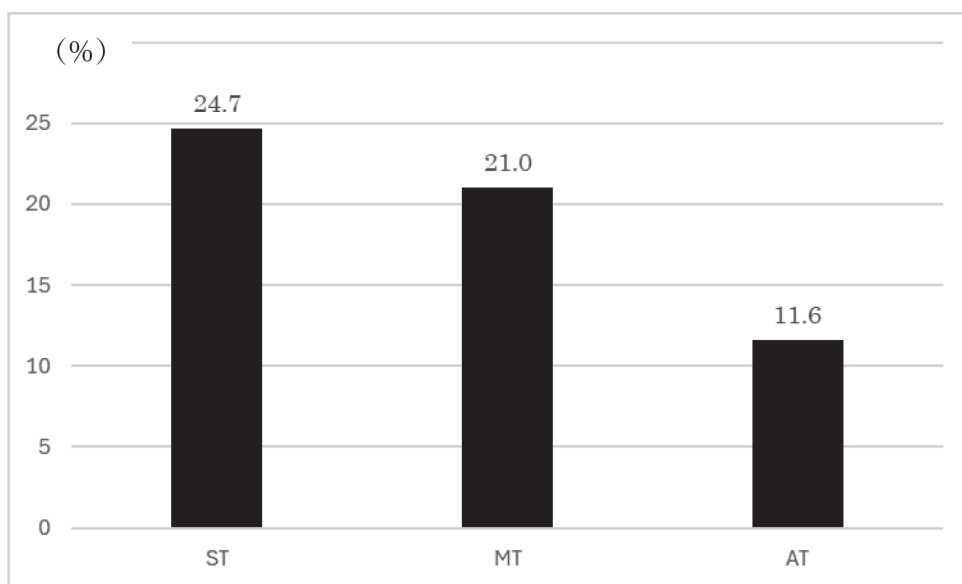
図1 移動行動における肥満者割合
Fig 1 The prevalence of obesity by travel behaviour.

表2 ロジスティック回帰分析の結果（各項目における肥満発症のオッズ）
Table 2 Logistic regression analysis of odds ratio of being obesity.

項目		Model 1: オッズ比 (95%信頼区間)	Model 2: オッズ比 (95%信頼区間)
移動行動	ST	基準	基準
	MT	0.81 (0.46, 1.42)	0.85 (0.47, 1.56)
	AT	0.40 (0.17, 0.97)*	0.48 (0.19, 1.22)
年齢	20歳代	-	基準
	30歳代	-	1.69 (0.96, 2.97)
	40歳代	-	2.09 (1.20, 3.64)*
	50歳代	-	1.77 (1.00, 3.12)*
	60歳代	-	2.84 (1.60, 5.04)**
性	男性	-	基準
	女性	-	0.41 (0.29, 0.58)**
運動習慣	無し	-	基準
	有り	-	0.41 (0.28, 0.60)**
食事量	普通・少ない	-	基準
	多い	-	3.84 (2.70, 5.46)**

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.001$

肥満群が非肥満群に比し有意 ($p < 0.001$) に高値で、運動習慣者割合は非肥満群が肥満群に比し有意 ($p < 0.05$) に高値であった。次に、各移動行動の状況で、それぞれの肥満者割合を算出し比較した結果を図2に示す。ATで肥満者割合が11.6%とMT、STよりも低値であったが χ^2 検定において、有意差は認められなかった。

肥満群と非肥満群に関連する移動行動の状況を確認するためロジスティック回帰分析を施した結果を表3に示す。調整因子を投入しないモデル1では、STの移動行動の状況に比べてATの移動行動の状況の方が、肥満を発生しにくい結果であった（オッズ比（95%信頼区間）は、0.40（0.17, 0.97））。モデル2では、調整変数として投入した年齢（20歳代に比べて40歳代、50歳代、60歳代は、肥満を発生しやすい結果であった）、性（女性に比べて男性は、肥満を発生しやすい結果であった）、運動習慣（運動習慣無しと比べて有りは、肥満を発生しにくい結果であった）、食事量（普通・少ないに比べて多い方が、肥満を発生しやすい結果であった）で、肥満と非肥満群に関連を示

した。

IV. 考察

本研究は地方都市の成人の活動的な移動行動と非活動的な移動行動の状況を把握するとともに、BMIによる肥満の状況を把握し、相互の関連を検討することを主な目的とした。そして、インターネット調査を実施し、945人を分析対象者とした。また、本研究では活動的な移動行動をAT、非活動的な移動行動をST、それ以外をMTとした。その結果、全体に占める割合はATが8.1%、STが7.7%であった。本研究と同じATとSTの定義で、日本人の移動行動の状況を把握した研究によると、東京都市圏⁸⁾の20歳から64歳のATが41.0%、STが10.5%、静岡県中部都市圏⁹⁾の20歳から74歳のATが14.9%、STが20.8%、静岡県東駿河湾都市圏¹⁰⁾の20歳から84歳のATは11.2%、STは27.0%であった。本研究の結果では、AT、STに該当する割合が、ほかの圏域よりも低値を

示した。この点について、他の先行研究では、週の中で調査日となった1日から移動行動の状況が把握されている。

一方、本研究では、週あたりの平均的な移動行動の状況を把握している。そのため、週1回でも自動車の利用があれば、今回のATには区分されないことになるため、他の先行研究よりも自動車の利用機会が多くなることが考えられATが少なかった可能性はある。また、STに関しても、他の先行研究より低値を示したが、STの定義は「徒歩と自転車による移動がともに0分/日」が含まれている。この点についても、週当たりの平均的な移動行動の状況を把握しているため、該当者が少なかったと考えられる。本研究において、60分以上自動車で移動をしている者は、29.6%であったが、他の先行研究^{8, 9, 10)}も30%前後であり、長時間運転者の状況は、同じような傾向であることが伺えた。

次に、BMIで把握した肥満者の状況であるが、全体では20.5%（男性26.7%、女性14.7%）であった。令和5年度の国民健康栄養基礎調査¹⁴⁾における肥満者の割合は、20歳以上の男性が31.5%、女性が21.1%であった。本研究では、自己申告により身長と体重を把握したが、国民健康栄養調査では、調査員による測定と自己申告が混ざっている。そのため、厳密な比較は困難ではあるが、本研究の分析対象者は、肥満者の割合が少ない集団であった可能性がある。また、国際基準¹⁵⁾では、BMI値が30kg/m²以上を肥満、25kg/m²以上を過体重とするが、全世界（18歳以上）の過体重および肥満者の割合は43%であり¹⁶⁾、本研究の分析対象者と比較すると2倍程度の違いがあり、本研究対象者はBMIが低い集団であると考えられる。インターネット調査のサンプル特性の報告では、国勢調査の対象者に比べて学歴が高いことが述べられている¹⁷⁾。学歴が高いことで、健康行動を実践し、肥満の該当割合を下げることも報告されている¹⁸⁾。本研究では、学歴に関する情報を収集していないため、明らかなことはいえないが、インターネット調査のサンプル特性から高学歴の者が

多く、肥満者の割合に影響した可能性は考えられる。

肥満群と非肥満群に関連する移動行動の状況を確認するため、まず、移動行動の状況別の肥満者の割合を算出したところ、STが24.7%、MTが11.6%と10%の差が認められていたが有意な差は得られなかった。ロジスティック回帰分析の結果、モデル1では移動行動のSTとATのオッズ比が有意であったが、調整因子を投入したモデル2ではオッズ比は有意ではなかった。モデル2では、調整因子とした年齢、性、運動習慣、食事量のオッズ比が有意であった。調整因子の中でも、運動習慣の確保や、適正な食事量に関しては、既に肥満予防に繋がることが数多くの研究で示され、厚生労働省の肥満予防のガイドラインでも推奨されている¹⁹⁾。したがって、本研究においても運動習慣や食事量のオッズ比は高値を示したと考えられる。

本研究では、STとATの肥満者の割合は確かに10%程度の差が認められたが、生活習慣といった交絡の影響が大きい可能性がある。しかし、ST、ATの該当者自体が少なく、その中で肥満に該当される者はさらに少ない状況であった。諸外国の研究では、肥満と移動行動の関係は複数検討され、いずれも活動的な移動行動が肥満割合を下げる報告^{20, 21, 22)}であるため、今後の日本人を対象とした研究では、より適切なサンプルサイズの確保や、インターネット調査以外の方法によるデータ収集の検討も必要かもしれない。

また、本研究では、先行研究^{8, 9, 10)}との比較を行うため、移動行動の3区分は、先行研究に準じた。しかし、例えばATでは、徒歩の時間が多くても自動車移動が1分でもあると該当されないことから、本来は活動的な移動行動の者を省いている可能性がある。そして、公共交通機関の移動行動は、立位か座位の姿勢かを把握していないこともあり、分類に用いられていないが、これは、非活動的な移動行動の者を過小評価する可能性もある。結果、AT、ST、MTの割合に偏りが生じ、不均衡データとなり、結果に影響を及ぼした可能

性もある。移動行動の3区分の分類に関しては改めて検討が必要かもしれない。

さらに、本研究ではパーソントリップ調査¹¹⁾に準じて調査を実施したことから、何らかの目的で場所の移動を伴う行動のみを把握している。そのため、生活内のすべての移動行動は対象とされていない。例えば、家事の最中の移動や、スーパーマーケット内での移動など、日常生活の中で身体活動を伴う移動行動は存在する。そして、本研究では把握していないが、移動に要する時間にくわえて、活動的な移動行動に要因の一つとして報告²³⁾されている移動距離といった視点を把握することも意義があると考えられる。本研究では、パーソントリップ調査の活用といったことから、研究を進めたが、健康づくりや介護予防につながる日常生活の中での身体活動を伴う移動行動を把握するには、より詳細な調査が求められる。くわえて、本研究は、主観的な移動行動と自己申告による情報からBMIを計算して分析していること、健康関連指標としてBMIのみとの関連を検討していること、横断的研究であり因果関係を言及できないことなどの課題がある。

これらの課題は認められるが、本研究は、欧米諸国のように移動行動の状況調査の結果に、健康指標を紐づけして研究を進めた。この点は、日本における移動行動の状況を調査した結果を、健康づくりや介護予防の中で利用するための一つの提案として意義があったと考えられる。

V. 結論

本研究は地方都市の成人の活動的な移動行動と非活動的な移動行動の状況を把握するとともに、BMIによる肥満の状況を把握し、相互の関連を検討することを主な目的とした。結果、活動的な移動行動、非活動的な移動行動の該当割合は、先行研究よりも低率であった。また、肥満の該当割合は欧米諸国より低率であった。活動的な移動行動、非活動的な移動行動ともに、生活習慣を調整

した解析において、肥満との関連が得られなかった。今後、移動行動の詳細な把握、分類方法の検討、適切なサンプルサイズの確保とともに、肥満以外の健康指標を把握して移動行動との関連を研究することも必要であると考えられる。

文献

- 1) 厚生労働省 (2024) 健康づくりのための身体活動・運動ガイド2023. <https://www.mhlw.go.jp/content/001194020.pdf>, (参照日2025年1月1日)。
- 2) 総務省統計局 (2022) 令和3年社会生活本調査生活時間及び生活行動に関する調査結果の概要. <https://www.stat.go.jp/data/shakai/2021/pdf/gaiyoua.pdf>, (参照日2025年1月3日)。
- 3) WHO (2018) Global Action Plan on Physical Activity 2018–2030. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272722/9789241514187-eng.pdf>, (参照日2025年1月3日)。
- 4) Dinu, M., Pagliai, G., Macchi, C., and Sofi, F. (2018) Active Commuting and Multiple Health Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.*, 49: 437–452.
- 5) McCormack, G. R., and Virk, J.S. (2015) Driving towards obesity: A systematized literature review on the association between motor vehicle travel time and distance and weight status in adults. *Prev Med.*, 66: 49–55.
- 6) Sugiyama, T., Wijndaele, K., Koohsari, M. J., Tanamas, S. K., Dunstan, D. W., and Owen, N. (2016) Adverse associations of car time with markers of cardio metabolic risk. *Prev Med.*, 83: 26–30.
- 7) 国土交通省 (2024) パーソントリップ調査. https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi_tosiko_tk_000031.html, (参照日2025年1月3日)。
- 8) Abe, T., Owen, N., Kubota, A., Chandrabose, M., Ohmori, N., Oka, K., Sugiyama, T. (2022) Geographic distribution of physically active and sedentary travel in an Asian megalopolis: Evidence from Greater Tokyo. *Cities.*, 131: 103964.
- 9) Kubota, A., Abe, T., Hadgraft, N., Owen, N., Sugiyama, T. (2022) Prevalence of physically active and Sedentary travel in a regional area of Japan: Geographic and demographic variations. *J Transp*

- Health., 24: 101318.
- 10) 稲益大悟・岡本尚己・久保田晃生・阿部巧 (2024) 中小規模の自治体圏における active travel と sedentary travel : 居住地域と年齢に着目した解析. 運動疫学研究, 26(1): 4-12.
- 11) 国土交通省 (2024) 都市交通調査ガイダンス. <https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/content/001749408.pdf>, (参照日2025年1月3日).
- 12) WHO (2020) WHO guidelines on physical activity and sedentary behavior. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/336656/9789240015128-eng.pdf?sequence=1>, (参照日2025年1月3日).
- 13) 日本肥満学会 (2024) 肥満の定義. http://www.jasso.or.jp/data/magazine/pdf/chart_A.pdf, (参照日2025年1月3日).
- 14) 厚生労働省 (2024) 令和5年国民健康・栄養調査結果の概要. <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/001338334.pdf>, (参照日2025年1月3日).
- 15) WHO (2024) The Global Health Observatory. <https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/topic-details/GHO/body-mass-index>, (参照日2025年1月3日).
- 16) NCD Risk Factor Collaboration (2024) Worldwide trends in underweight and obesity from 1990 to 2022: a pooled analysis of 3663 population representative studies with 222 million children, adolescents, and adults. *Lancet*, 403: 1027-1050.
- 17) 大森翔子 (2021) インターネット調査のサンプル特性: 国勢調査・面接調査との比較. NIRA ワーキングペーパー, 1: 1-31.
- 18) 佐藤一磨 (2017) 学歴が健康に与える影響—大学進学は健康を促進するのか—. *社会保障研究*, 2: 379-392.
- 19) 日本肥満予防協会 (2021) 肥満予防のガイドライン. 一般社団法人日本肥満予防協会.
- 20) Wang, R., Feng, Z., Xue, D., Liu, Y., and Wu, R. (2017) Exploring the links between population density, lifestyle, and being overweight: secondary data analyses of middle-aged and older Chinese adults. *Health Qual Life Outcomes*, 17(1): 100.
- 21) Medina, I., Petermann, R. F., Waddell, H., Díaz, M. X., Matus, C. C., Cigarroa, I., Concha, C. Y., Salas, B. C., Martínez, S. M. A., Celis, M. C., and Team, E.R. (2020) Association between Different Modes of Travelling and Adiposity in Chilean Population: Findings from the Chilean National Health Survey 2016-2017. *Int J Environ Res Public Health*, 17(10): 3731.
- 22) McKay, A.J., Lavery, A.A., Shridhar, K., Alam, D., Dias, A., Williams, J., Millett, C., Ebrahim, S., and Dhillon, P.K. (2015) Associations between active travel and adiposity in rural India and Bangladesh: a cross-sectional study. *BMC Public Health*, 15: 1087.
- 23) Evans, T.J., Phan, H., Buscot, M.J., Gall, S., and Cleland, V. (2022) Correlates and determinants of transport-related physical activity among adults: an interdisciplinary systematic review. *BMC Public Health*, 22: 1519.



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

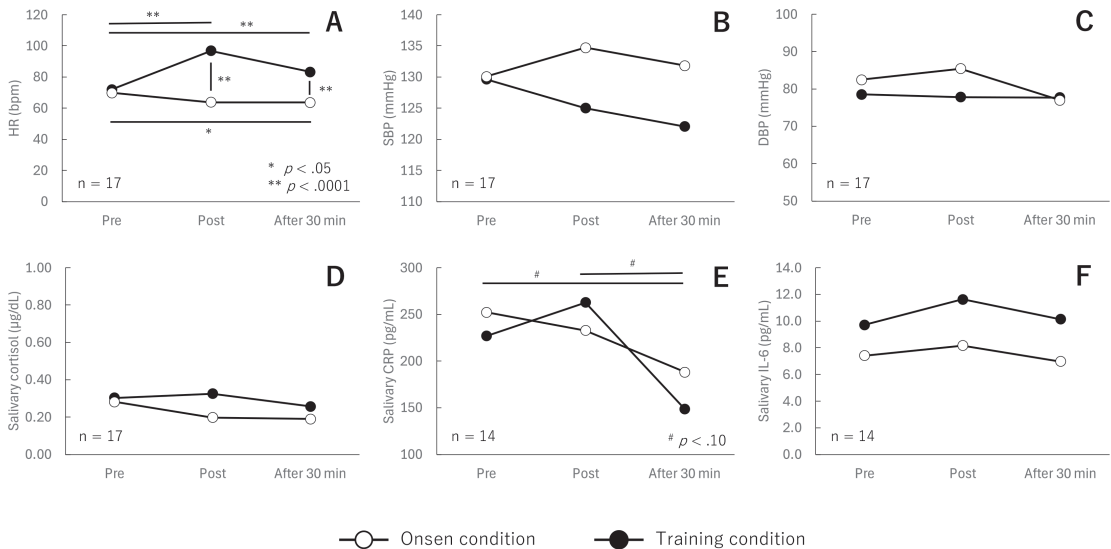


図1 各条件におけるバイオマーカーの平均値プロット

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いこと（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/jspfsm1949.41.139
- 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/ijspp.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



ラグビーにおけるタックル時の恐怖心と主観的な評価との関連

八百則和 (東海大学) 松井洋輔 (群馬県立館林女子高等学校) 古泉佳代 (日本女子体育大学)
小坏昭仁 (防衛大学) 木村季由 (東海大学) 山田 洋 (東海大学)

The Relationship Between Fear and Subjective Evaluation During Rugby Union Tackling

Norikazu YAO, Yosuke MATSUI, Kayo KOIZUMI, Akihito KOAKUTSU, Hideyuki KIMURA and Hiroshi YAMADA



ABSTRACT

Objectives: The purpose of this study was to determine the relationship between subjective ratings of success and failure during tackles by rugby players and their fear, feelings and factors during tackles.

Methods: The participants were 111 male rugby union players in the first division of university league. The survey was conducted using Google Forms with no-name responses. The survey items included basic information, fear during tackling, and subjective factors of success and unsuccessful tackles, which were answered in an open-ended format. The qualitative text information was analyzed quantitatively by text mining using KH Coder. The McNemar's test was performed to examine the relationship between fear of tackling and subjective success or unsuccessful. The subjects were divided into three groups, "fear group", "fear group with only unsuccessful tackle" and "no-fear group".

Results: The extracted words that appeared in the psychological state of success for tackle were 72, such as "defeat", "opponent" and "strong feeling". The extracted words that appeared in the psychological state at the time of unsuccessful were 72, such as "fear", "weak" and "scared". A significant difference was found in the distribution of fear between successful and unsuccessful tackles ($p < 0.001$). The no-fear group and the fear group with only unsuccessful tackle group had the extracted word, such as "opponent", "pause", "look" and "bind". On the other hand, the fear group had the extracted word, such as "technique" and "mind". Aggressive feelings "beat the opponent" and "strong" were observed when tackling was successful, however negative feelings "fear", "weak", and "scared" were observed when tackling was unsuccessful.

Conclusions: Players who have fears in the tackling tend to infer mental aspects instead of technical aspect. In addition, these players have less recognition for the appropriate technique.

Keywords: Rugby, Tackle, Fear

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 37, 67-75, 2025)

I. 緒言

ラグビーフットボール（以下ラグビー）は身体接触を伴うボールゲームであるが、コンタクトプ

レーは傷害のリスクが高く、特に頭頸部を含む重傷事故へとつながるケースが多く見られている¹⁾。さらにラグビーでは、プレーヤーの頭部、頸部、肩甲骨などの負傷が他のスポーツに比べて多く、これらの外傷及び傷害の50%以上はタックル中に

発生している²⁾ことも報告されている。

Suzuki ら^{3,4)} は、タックルの状況を詳細に分析し、頭頸部外傷の予防の観点から危険なタックルのメカニズムについて考察している。また、Sobue ら⁵⁾ は、タックルする選手の頭の位置は頭頸部外傷発生頻度に大きく関わることを報告しており、タックルの正しいスキル習得の重要性について述べている。特にタックルについては、テクニックを身につけることで、ボールを持った選手とタックルした選手の両方が怪我をするリスクを減らせることがわかっている^{6,7)}。このように、タックルスキルに関する研究は、国内外を問わず多く行われ、タックルスキルと外傷及び傷害との関連が明らかにされていることから、正しく安全性の高いタックルスキルの習得が求められている。

タックルスキルの習得に関して Hendrics ら⁸⁾ は、複雑なタックルスキルを安全に習得させるためには、タックルスキルのトレーニングにおけるフレームワークを作成し、段階的にスキルを習得させる必要があることを指摘している。また、フレームワークを作成する際には、身体的・心理的特性や課題、環境などを考慮して、行動やコーディネーションパターンを捉える必要があることも説明している。中学校体育における運動課題習得に関して、障害のリスクや学習者の恐怖心が高い跳び箱などの運動種目は、心理的な要因が技術習得を困難にさせることが報告されている⁹⁾。これらのことから、コリジョンスポーツであるラグビーは、外傷や障害などの危険性が高いスポーツであるため、受傷経験や記憶が不安感や恐怖心を抱かせ、コンタクトスキルの習得を困難にさせている可能性が十分あると考えられる。そのため、恐怖心がタックルの成功失敗に関する主観的な評価とどのように関連しているかを明らかにすることは、安全性の高いタックルスキルの段階的トレーニングを考案する際に有益な情報となると考えられるが、このような検討した報告はない。そこで本研究では、ラグビー選手のタックル時の成功及び失敗に関する主観的な評価と、タックル時の恐怖心、感情及び要因の関連性を明らかにすること目的と

した。

Ⅱ. 方法

1. 対象者と調査時期

対象者は大学の1部リーグに所属する男子ラグビー選手111名とした。調査は2019～2020年に実施した。

2. 手続きと調査項目

調査はグーグルフォームを用いて、無記名回答にて実施した。アンケートの冒頭に「ラグビーのタックルについての調査」と明記した。次に、本研究の趣旨及び得られたデータを学術的な公表に使用することの説明、回答は自由意志であること、回答を拒否すること及び回答の内容によって個人的な不利益を被ることは一切ないこと、無記名であるため個人が特定されることやプライバシーが侵害されることは一切ないことを明記した。その上で、アンケートに回答することで、調査協力の同意を得た。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得た上で実施されたものである。

調査項目は基本情報として学年、ポジション、過去に出場した大会、及び競技年数を質問した。学年は「1年生」「2年生」「3年生」「4年生」から選択してもらい、ポジションは「FW (forwards: 以下、FW、と示す)」「BK (backs: 以下、BK、と示す)」から選択してもらった。過去に出場した大会は「地方大会」「全国大会」「国際大会」から選択してもらい、競技年数は年数を記述してもらった。恐怖心とタックルスキルとの関係については、主観的に評価したタックルの成功と失敗に関して、タックル時の恐怖心、感情、及び要因をたずねた。まず、恐怖心については、「練習や試合でタックルを成功させた時に怖いと思ったことはありますか」と「練習や試合でタックルが上手くいかない時に怖いと思ったことはありますか」について「ない」「ほとんどない」「た

まにある」「ある」の4段階評定により回答を求めた。さらに、感情に関しては「練習や試合で、タックルが成功したときはどんな気持ちが要因ですか」と「練習や試合でタックルが上手いかわからない場合はどんな気持ちが原因だと思いますか」については自由記述方式にて回答をしてもらった。また、要因に関して「練習や試合でタックルを成功させるには、どのようなことが重要だと思いますか」と「練習や試合でタックルが上手いかわからない場合は自分の何が原因だと思いますか」について自由記述方式で回答を求めた。なお、タックルの成功、失敗はパフォーマンスの結果として客観的に評価されるものであるが、本研究では本人の主観により成功と失敗を評価した。

3. 解析方法

4段階評定により求めたタックル成功時と失敗時のそれぞれの恐怖心については「ない」「ほとんどない」を合わせて「ない」とし、「ある」「たまにある」を合わせて「ある」とした。自由記述してもらった定性的なテキスト情報は、KH Coder³^{10,11)}を用いて、テキストマイニングの手法で定量的に分析した。テキストマイニングでは、KH Coder³に搭載されている Chasen (茶筌) を用いて文章を品詞で分解する形態素解析を行なった。次に抽出後リストを作成するために、単語を統一し、同義語をまとめ、誤入力を修正した。具体的には「低さ」と「低く」は「低さ」に統一し、「バイント」は「バインド」に修正した。また分析に必要な語（例えば「ヒット」と「スピード」など）がバラバラに抽出されている場合は「ヒットスピード」という複合語を作成した。

タックル成功時と失敗時の感情は、抽出語出現リストを作成し、上位5語以内の語数を比較した。さらに、語と語の出現パターンがお互いに似ている語の関係性を捉える手法である共起ネットワークを用いて分析した。共起ネットワークでは比較強くお互いに結びついている部分である中心性を検出し、色合いで表現し (Subgraph 検出)、各語の出現頻度は円の大きさで示した

(Frequency)。語と語の関連性の強さは下記に示す Jaccard 係数を算出して、語と語をつなぐ直線上に記した。Jaccard 係数 (Jaccard 係数(A, B) = $|A \cap B| / |A \cup B|$) は、語と語の関連性の強さを相対的に比較するための一つの指標であるが、0.1では関連がある、0.2では強い関連がある、0.3でとても強い関連があるが、絶対的な基準ではないため係数だけで判断せず、出現回数や他の指標を含めて総合的に捉える¹⁰⁾ こととした。

タックル時の恐怖心とタックルの成功失敗との関連は、タックルが成功した時の恐怖心の有無、及びタックルが失敗した時の恐怖心の有無をクロス集計し、マクネマー検定を用いて分析した。次に、タックル時の恐怖心とタックル成功、及び失敗の要因との関連を検討するために、対象者をタックル時の恐怖心で3群に群分け（以下、恐怖心3群、と示す）して分析を行った。すなわち成功及び失敗において恐怖心が無い者 (n=23、以下、恐怖心無し群と示す)、成功では恐怖心が無いが失敗において恐怖心がある者 (n=49、以下、失敗のみ恐怖心有り群と示す)、成功及び失敗において恐怖心がある者 (n=38、以下、恐怖心有り群と示す) の3群に群分けした。成功にて「ある」、失敗にて「ない」と回答した者は分析対象者から除外し、分析対象者は110名とした。恐怖心3群と対象者の学年、ポジション、及び競技レベルはクロス集計し、カイ二乗検定を用いて分析した。競技年数の違いは等分散性を確認後、一元配置分散分析を用いた。タックル時の成功及びは失敗の要因は、恐怖心3群それぞれの抽出語出現リストを作成し、上位5語以内の語数を比較した。統計ソフトは SPSS statistics Version29 (IBM 社製) を用い、有意水準はいずれも5%未満とした。

Ⅲ. 結果

1. 対象者の特徴

対象者の学年は、1年生31名、2年生22名、3年生28名、4年生29名であり、FW選手65名、

表1 タックル時の成功及び失敗の抽出語

Table 1 Successful and failure extracted words during tackling

成功		失敗	
抽出語	出現回数	抽出語	出現回数
倒す	15	怖い	25
相手	13	弱気	15
強い気持ち	12	ビビる	8
勝つ	9	気持ち	8
絶対	6	やる気	4
		相手	4
		痛い	4
		入る	4

上位5語

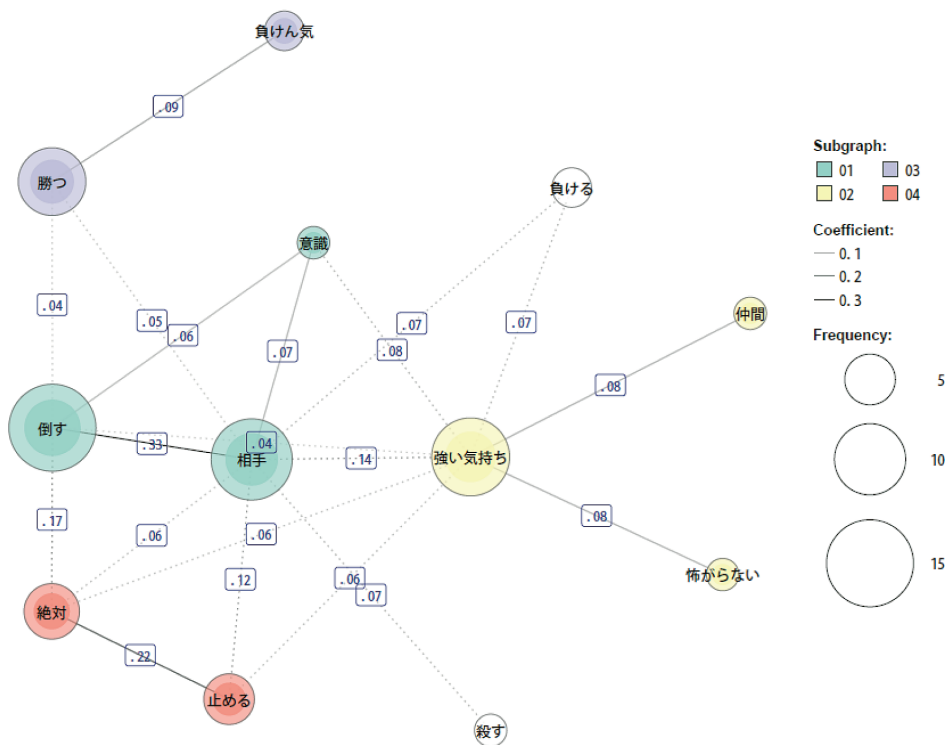


図1 タックル成功時の抽出語における共起ネットワーク

Fig. 1 Co-occurrence networks in extracted words during successful tackling

BK選手45名であった。競技レベルは地方大会出場が22名、全国大会出場が80名、国際大会出場が8名であった。競技年数は 10.9 ± 3.9 年であった。

2. タックル時の成功及び失敗の感情

タックル時の成功及び失敗の感情の抽出語のうち上位5語までを表1に示した。成功時の感情に

おいて出現した抽出語は72語であった。出現頻度が最も高かったのは「倒す」の15語で、次に「相手」の13語、「強い気持ち」の12語、「勝つ」の9語、「絶対」の6語であった。一方で失敗時の感情において出現した抽出語は72語であった。最も頻度が高かった抽出語は「怖い」の25語で、続いて「弱気」の15語、「ビビる」「気持ち」が8語、

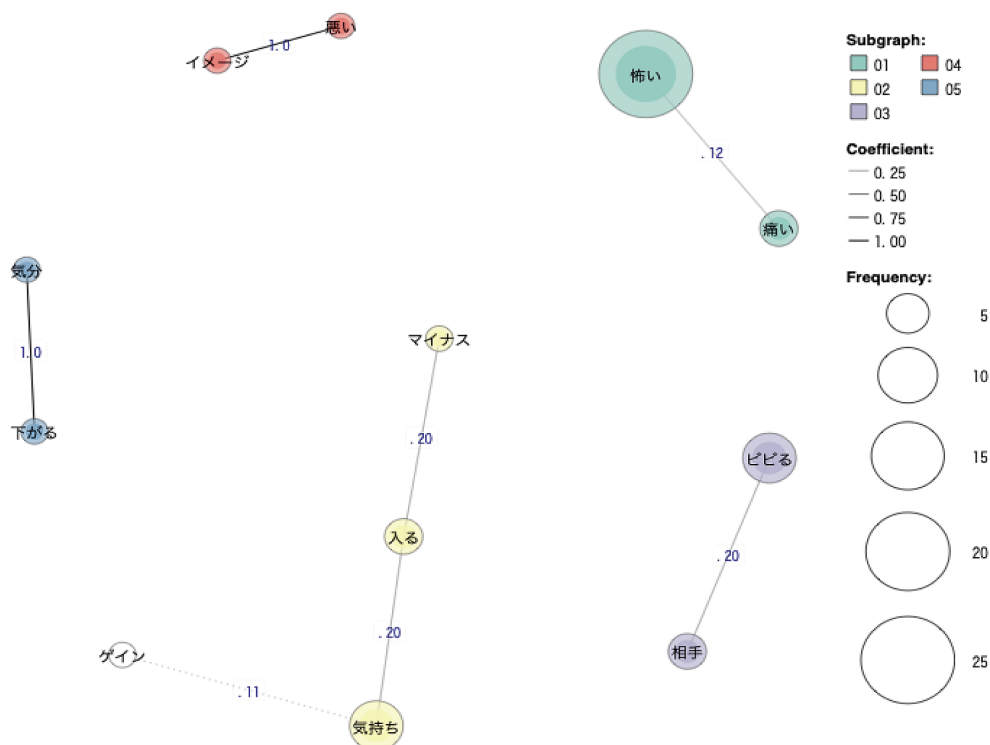


図2 タックル失敗時の抽出語における共起ネットワーク
Fig. 2 Co-occurrence networks in extracted words during failure tackles

そして「やる気」「相手」「痛い」「入る」が4語であった。

タックル時の成功及び失敗の感情の抽出語を図1には成功、図2には失敗を共起ネットワークで示した。タックル時の成功の感情では「相手」と「倒す」のJaccard係数は0.33、「絶対」と「止める」のJaccard係数は0.22と大変強い関連が見られた(図1)。一方で失敗の感情では「相手」「ビビる」のJaccard係数は0.2と強い関連が見られ、「怖い」「痛い」は0.12と関連が見られた(図2)。

3. タックル時の恐怖心とタックルの主観的評価の関連

1) タックル時の恐怖心の有無と成功失敗との関連

恐怖心の有無は、タックルの成功及び失敗で分布が異なり、有意な違いが確認された($p < 0.001$)。成功及び失敗において恐怖心が無い者は23名(20.7%)であった。一方、成功では恐怖心が無

いが失敗において恐怖心がある者は49名(44.1%)であり、さらに成功及び失敗において恐怖心がある者は38名(34.2%)であった(表2)。

2) タックル時の恐怖心と学年、ポジション、競技レベル及び競技年数との関連

学年、ポジション、競技レベルは、タックルの恐怖心の3群の分布に有意な違いは認められなかった。また、競技年数は、3群間で有意差が認められなかった。

3) タックル時の恐怖心の違いによるタックルの成功失敗の要因に関する頻出語の違い

タックル時の恐怖心の違いによるタックルの成功失敗の要因に関する頻出語は表4に示した。タックルの成功に関して、恐怖心無し群及び失敗のみ恐怖心有り群は、同様の傾向を示し、「相手」「気持ち」「バインド」が上位3語だった。一方で、恐怖心有り群は、「気持ち」が最も多く、次に

表2 タックル時の恐怖心の有無と成功失敗
Table 2 Fear during tackle and success/failure

		失敗時の恐怖心		
		無し	有り	合計
成功時の 恐怖心	無し	23	49	72
	有り	1	38	39
合計		24	87	111
値は人数		p<0.001		

表3 タックル時の恐怖心の違いと学年、ポジション、競技レベル及び年数
Table 3 Difference in fear at tackle and grade level, position, level of competition and year

	恐怖心無し群 (n=23)	失敗のみ恐怖心有り群 (n=49)	恐怖心有り群 (n=26)	p 値
学年 ¹⁾				
1年生	3	17	11	0.075
2年生	8	9	5	
3年生	3	11	14	
4年生	9	12	8	
ポジション ¹⁾				
FW	14	30	21	0.838
BK	9	19	17	
競技レベル ¹⁾				
地方大会出場	2	11	9	0.627
全国大会出場	19	34	27	
国際大会出場	2	4	2	
競技年数 ²⁾	11.1±4.2	10.6±4.0	11.0±3.7	0.84

1)クロス集計後χ²乗検定

2)等分散性を確認後、一元配置分散分析

表4 タックル時の恐怖心の違いによるタックルが成功及び失敗する要因
Table 4 Factors contributing to successful and unsuccessful tackles due to differences in fear during tackles

恐怖心無し群 (n=23)		失敗のみ恐怖心有り群 (n=49)		恐怖心有り群 (n=26)	
抽出語	出現回数	抽出語	出現回数	抽出語	出現回数
【成功の要因】					
相手	7	気持ち	17	気持ち	11
気持ち	5	相手	9	技術	6
バインド	4	バインド	6	低い	3
間合い	4	踏み込む	6	踏み込む	3
見る	3	間合い	5	アジリティ	2
				バインド	2
				肩	2
				当てる	2
【失敗の要因】					
間合い	5	気持ち	12	技術不足	11
技術不足	3	技術不足	10	気持ち	7
頭が下がっている	3	飛び込む	5	トラッキング	2
セットスピード	2	間合い	4	気	2
姿勢	2	バインド	3	相手	2
自分	2	出る	3	体	2
入る	2	足りない	3	目線	2
		頭が下がっている	3	問題	2
上位5語					

「技術」「低い」「踏み込む」であった。失敗に関しては、恐怖心有り群及び失敗のみ恐怖心有り群は、同様の傾向を示し、「技術不足」「気持ち」が上位であった。一方で、恐怖心無し群は、「間合い」が最も多く、次に「技術不足」だった。

IV. 考察

1. タックルの成功した時と失敗した時の感情

タックルを成功させた時の感情に関して、最も出現頻度が高い抽出語は「倒す」であり、続いて「相手」「強い気持ち」「勝つ」「絶対」であった。「倒す」は「相手」と、「絶対」は「止める」と統計的に強い共起性が見られ、タックルが成功した時には「相手を倒す」「絶対止める」のように積極的で攻撃的な語句が多かった。一方、タックルが失敗した時は「怖い」が最も多く、続いて「弱気」と回答しており、消極的な語句が多かった。田沼ら¹²⁾や友定ら¹³⁾は競技レベルの高い大学ラグビー選手にDIPCA3 (Diagnostic Inventory of Psychological Competitive Ability for Athletes 3) を用いて競技意欲に関する研究を行い、ラグビー選手の闘争心が他の尺度より高い傾向を示したことを報告している。本研究ではタックルが成功した時には積極的で攻撃的な語句が多かったことから、選手は、タックルを成功させるためには強い気持ちが必要であると考えていることが明らかとなった。ラグビーのタックルは多くの衝突により傷害や外傷を引き起こし、重傷となる場合がある。そのため、タックルをする時に選手の恐怖心有る、無しに関わらず、強い気持ちを持てるような指導の必要性が示唆された。さらに、今後、傷害や外傷を減らす指導をするためにも、選手の受傷経験の有無と恐怖心との関連を検討することが重要であると考えた。

2. タックルに対する恐怖心と成功失敗の要因との関連

タックル時の恐怖心は成功と失敗に違いが見ら

れた。すなわち、成功において恐怖心が無いが失敗では恐怖心有る者は、常に恐怖心有る者及び恐怖心が無い者より多く49名(44.1%)であった。陸上競技における失敗の経験により、不安というネガティブな感情が生じた¹⁴⁾と同様に、本研究では、タックルで失敗をした経験により、恐怖心というネガティブな感情を抱いている者が多いことが明らかとなった。

タックルに恐怖心の有る者は、タックル成功の要因として「技術」を挙げており、タックル失敗の要因も「技術不足」を挙げている。さらに「技術」「技術不足」という表現は、技術的な語句ではあるが、曖昧な表現であり、タックルスキルの具体的な表現が見られなかった。このことから、タックルに恐怖心有る者は、タックルの成功及び失敗の要因に技術面ではなく、精神面が関係していると考えていること、タックルスキルに関して正しい認識がされていないことが推測された。Hendrics⁸⁾は安全なタックルのスキル習得には、身体的側面だけでなく心理的側面も考慮しながらトレーニングのフレームワークを作成し、段階的にスキルを習得することを提言している。Hollanderら¹⁵⁾の研究では、選手たちはタックルのパフォーマンスを向上させ、タックルによる傷害のリスクを軽減するために、正しいテクニックについて高い意識があることを報告しており、どのような手順でスキルが遂行されるかを最初に知識として持っている必要があると述べている。このことから、タックルに恐怖心有る者に対しては、タックルを成功した時でも失敗した時でも「なぜ成功もしくは失敗したのか」を考えさせたり、タックルをする際にどのようなメカニズムにより相手を倒すことができるかを、グラウンドなどの練習だけでなく映像や講習により理解させ、段階的にタックルスキルを習熟させる指導をする必要があることが示唆された。

一方で、常に恐怖心が無い者と失敗時のみ恐怖心有る者はタックルの成功の要因として「相手」「間合い」「バインド」と挙げ、さらに失敗の要因としても「間合い」「頭が下がっている」と

技術的な要素が明確になっていた。これらの技術に関する表現は、コーチングの際の一般的なキーワードとして使用されているため、本来全ての選手が十分に認識している言葉である。これらの抽出語はワールドラグビーのコーチング学習モジュールにもあるタックルの技術指導の際に必要なとされるキーファクターである¹⁶⁾。タックルに対して恐怖心が無い者はタックルのキーファクターが頭に入っており、タックルの技術面を具体的で明確に考えていることが推測された。

V. 結論

本研究において、以下のことが明らかとなった。

1. タックルが成功した時の感情として「相手を倒す」「強い」など積極的に攻撃的な抽出語が上位に挙がった。
2. タックルが失敗した時の感情として「怖い」「弱気」「ビビる」など消極的な言葉が上位に挙がった。
3. タックル時の主観的評価において、成功時及び失敗時において恐怖心が無い者は23名(20.7%)であった。一方、成功では恐怖心が無いが失敗において恐怖心有る者は49名(44.1%)であり、さらに成功及び失敗において恐怖心有る者は38名(34.2%)であった。
4. タックルに恐怖心有る者は、タックルの成功及び失敗の要因に技術面ではなく、精神面が関係していると考えていること、タックルスキルに関して正しい認識がされていないことが推測された。

引用文献

- 1) Willigenburg NW, Borchers JR, Quincy R, et al. Comparison of injuries in American collegiate football and club rugby: a prospective cohort study. *Am J Sports Med* 44: 753-60. 2016.
- 2) Brooks JH, Kemp SP. Recent trends in rugby union injuries. *Clin. Sports Med.* 27(1): 51-73. 2008.
- 3) Suzuki K, Nagai S, Iwai K, Furukawa T, Takemura M. How does the situation before a tackle influence a tackler's head placement in rugby union?: application of the decision tree analysis. *BMJ Open Sport Exerc Med* 7: e000949, doi: 10.1136/bm-jsem-2020-000949 (2022年2月17日アクセス可能). 2021.
- 4) Suzuki K, Nagai S, Iwai K, Furukawa T, Mukai N, Miyakawa S, Takemura M. Characteristics and factors of concussion events for tacklers in collegiate rugby union. *Scand J Med Sci Sports* 30: 185-192, doi: 10.1111/sms.13553. 2020.
- 5) Sobue S, Kawasaki T, Hasegawa Y, Shiota Y, Ota C, Yoneda T, Tahara S, Maki N, Matsuura T, Sekiguchi M, Itoigawa Y, Tateishi T, Kaneko K. Tackler's head position relative to the ball carrier is highly correlated with head and neck injuries in rugby. *British Journal of Sports Medicine* 52: 353-358 2018.
- 6) Burger N, Lambert MI, Viljoen W, et al. Tackle technique and tackle-related injuries in high-level South African rugby Union under-18 players: real-match video analysis. *Br J Sports Med* 2016; 50: 932-8.
- 7) Hendricks S, O'connor S, Lambert M, et al. Contact technique and concussions in the South African under-18 Coca-Cola Craven week rugby tournament. *Eur J Sport Sci* 15: 557-64. 2015.
- 8) Hendricks S, Till K, Oliver J L, Rich D J, Attwood M, Brown J, David D, Simon M, Stephen D M, Treu P, and Jones B, A Technical Skill Training Framework and Skill Load Measurements for the Rugby Union Tackle. *Strength and conditioning journal.* 40(5): p44-59, 2018.
- 9) 中野瑞穂, 四方田健二 名古屋学院大学論集 医学・健康科学・スポーツ科学編 10(1)pp89-96, 2022.
- 10) 末吉美喜 テキストマイニング入門 p214, オーム社, 2020.
- 11) 樋口耕一 KH Coder3リファレンスマニュアル <http://kncoder.net/>, (参照日 2020 年 9 月 7 日). 2020.
- 12) 田沼広之, 米地徹. ラグビー選手の心理的競技能力に関する研究—男子選手と女子選手との比較—. *運動とスポーツの科学.* 22(1): pp47-52. 2016.

- 13) 友定啓仁, サトウタツヤ, 笹場育子. ラグビーチームにおける心理的競技能力診断検査 (DIPCA.3) を用いた実態調査. スポーツパフォーマンス研究. 16. p286-296. 2024.
- 14) 今井美希, 西田保. 陸上競技における失敗でのネガティブ感情が動機づけに及ぼす影響: 失敗の程度およびネガティブ感情の内容に着目して. 心身科学. 10(1). p45-53. 2018.
- 15) Hollander S, Lambert M, Jones B, Hendricks S. Tackle technique knowledge alone does not translate to proper tackle technique execution in training: BMJ Open Sport & Exercise Medicine 7: e001011. 2021.
- 16) World Rugby Passport. Tackle Ready. <https://passport.world.rugby/injury-prevention-and-risk-management/tackle-ready/> (2024年12月1日アクセス可能).

内外の研究動向

- 伝統医療とスポーツ（生薬、鍼、カッピング、マッサージ）



伝統医療とスポーツ（生薬、鍼、カッピング、マッサージ）

木ノ上高章（東海大学スポーツ医科学研究所） 野上達也（東海大学医学部東洋医学領域）

Supakij Suwannatrai（Siriraj Center of Applied Thai Traditional Medicine (Si-CATTM), Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University）

Ketmanee Jongjiamdee（Siriraj Center of Applied Thai Traditional Medicine (Si-CATTM), Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University）

Traditional Medicine and Sports (Herbal Medicine, Acupuncture, Cupping, Massage)

Takaaki KINOUE, Tatsuya NOGAMI, Supakij Suwannatrai and Ketmanee Jongjiamdee



I. 漢方

地球温暖化といわれる中でも、年末に差し掛かり冷え込んできた。国立感染症研究所によるとインフルエンザも全国的に蔓延傾向で、すでに警戒域に入った県も散見される¹⁾。筆者らはタイとの交流の中で、長年タイ王国公衆衛生省タイ伝統医療局と日本の漢方について橋渡しを務めてきた^{2,3)}。タイ公衆衛生省局長が我が国の OTC 薬局を訪問して、風邪薬のコーナーで3分の1が漢方で占められていることに驚いていた。

しかるに、生薬からなる漢方方剤は、World Anti-Doping Agency (WADA) の禁止する薬物を含む生薬を含むことから、アスリートにおいては、常に代替純粋西洋薬などによる治療が志向される。

傷害時の邦人先達の考案した方剤に、治打撲一方というのがある。患部の駆於血、腫脹除去による鎮痛、抗炎症、抗酸化、抗菌を期待しての生薬方剤だが、筆者1自らも、自身の下腿内出血部位への蜂窩織炎において著効を得た経験を持ち、ま

た西洋治療で芳しくない場合に著効している報告は多数に上る⁴⁾。アスリートへの漢方による介入研究も皆無ではない⁵⁾。しかし、アップデートされる WADA の禁止薬物リストには薬物が追加されていくので、競技アスリートはその競技種、あるいは外傷療養期間も含めて最新情報に留意しておく必要がある⁶⁾。利用法によっては、西洋薬以上に早期に傷害や疲労の回復につながる事例もあり、リスクを確認しながら利用するという道が妥当であろう。施設によっては、うっかりドーピングを避けるためにもスポーツファーマシスト活用していくべきだ^{7,8)}（東海大学付属病院）。（注）治打撲一方は、1600年代に考案された方剤だが、禁止薬物を含む『丁子』が構成生薬となっている。

II. 鍼・カッピング

この機会に渉猟した直近の鍼治療に関するエビデンスは、ブラジルからの報告で、女子選手に対するダブルブラインド介入試験による下腿の筋肉

パフォーマンスを見たものだが、芳しい結果ではない。ただし、本研究は、傷害改善ではなく機能増強を図る目的であり、治療目的のものについてはさらなる検証が求められている⁹⁾。カップリングについては、スポーツリハビリテーションに対するシステムティックレビューで、弱いエビデンスだが、少ない副作用で疼痛や血流改善に役立つとのレポートが出ている¹⁰⁾。

Ⅲ. マッサージ特にタイ伝統医療におけるマッサージについて

マッサージについては、文献から、関連する理学療法、按摩マッサージ、柔道整復について区分が難しい。我々と関係の深いマヒドン大学シリラート病院医学部応用タイ伝統医療センターは、海外遠征にたびたび治療師を同行させている。また、伝統タイマッサージの有用性についてRCT¹¹⁾や他治療法との比較が報告されつつある¹²⁾。

Ⅳ. 結語

言い慣わされていることであるが、一次予防すなわち、罹患しないこと、受傷しないことが一番である。古人も、例えば、漢方の神農本草経（西暦紀元2世紀頃）では、予防的健康増進薬（上薬、上品）を治療薬（下薬、下品）より上位に置いている。身近では、産業保健における作業環境管理も同じことであると気づく。

参考文献

- 1) <https://www.niid.go.jp/niid/ja/flu-map.html> Accessed on Dec. 17th, 2024
- 2) <https://www.u-tokai.ac.jp/ud-medicine/news/1239/> Accessed on Dec. 17th, 2024
- 3) <https://www.u-tokai.ac.jp/ud-medicine/news/5968/> Accessed on Dec. 17th, 2024
- 4) 野上, 関矢, 喜多等. 遅延した下肢蜂窩織炎に治

- 打撲一方が奏功した一例. 日東医誌 54(4) 781-784, 2003
- 5) 中田, 八重樫, 秋葉等. 漢方を利用した女子駅伝選手の新しい管理方法—スポーツ漢方医学の可能性について—. 日東医誌 58(1) 49-55, 2007
- 6) Global DRO <https://www.globaldro.com/JP/search> Accessed on Dec. 17th, 2024
- 7) <https://www.sp.playtruejapan.org/> Accessed on Dec. 17th, 2024
- 8) https://www.meijo-u.ac.jp/sp/harbal_medicine/2019/063.html Accessed on Dec. 17th, 2024
- 9) Souza-Gomes, A.F., da Silva, D.H.R., Ferreira, P.M., and et al. Systemic acupuncture application does not change muscle performance parameters in women: A randomized, controlled, double-blind pilot study. J. Bodyw. Mov. Ther. 40, 1467-1473, 2024 doi: 10.1016/j.jbmt.2024.08.005.
- 10) Mohamed, A.A., Zhang, X., Jan, Y.K., Evidence-based and adverse-effects analyses of cupping therapy in musculoskeletal and sports rehabilitation: A systematic and evidence-based review. J Back Musculoskelet Rehabil. 36(1): 3-19, 2023 doi: 10.3233/BMR-210242.
- 11) Buttagat,V., Kluayhomthong, S., Areeudomwong P. The influence of traditional Thai massage on recovery from gastrocnemius muscle fatigue: A single-blind randomised controlled trial. Complement Ther Med. 83: 103056, 2024 doi: 10.1016/j.ctim.2024.103056.
- 12) Ningsih, Y.F., Kurniasih, F., Wardoyo, A.A. The Effect of Sport Massage and Thai Massage to Lactic acid and Pulse Decreased. IJAERS 4(12), 2017 doi: 10.22161/ijaers.4.12.16

スポーツ医科学研究所 所報

スポーツ医科学研究所要覧

1. 研究機関名

和文名：東海大学スポーツ医科学研究所

英文名：Sport Medical Science Research Institute,
Tokai University

2. 所在地

東海大学湘南校舎

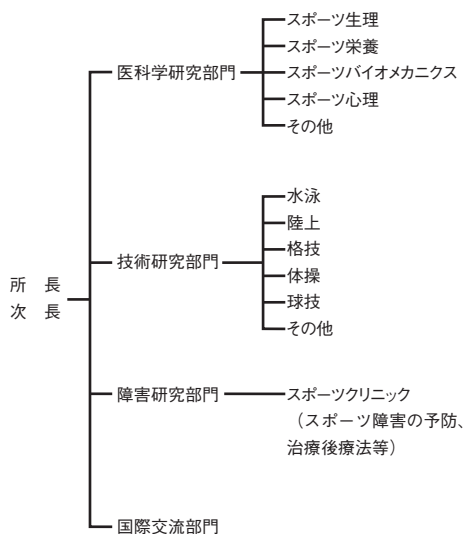
3. 設置年月日

昭和62年10月1日

4. 設置目的

本研究所の設置の目的は、スポーツ・運動および、それに関連する健康の維持向上等に関する基礎的、応用的研究を行うとともに、競技力の向上、スポーツ障害の予防、対策等の新手法、新技術の開発とその応用の具体化、発展を期するところにある。このために総合大学としての特性を生かし、学際的知識を結集、総合的視野の上に立った研究を推進する。

5. 研究所組織



東海大学スポーツ医科学研究所規程

1988年4月1日 制定
1990年4月1日 改訂
2004年4月1日 改訂
2021年4月1日 改訂
2023年4月1日 改訂

第1章 総 則

(定義)

第1条 この規程は、東海大学研究所規程第3条に基づき、東海大学（以下「本学」という。）付置研究所である、スポーツ医科学研究所（以下「本研究所」という。）の適正な運営と組織について定めるものとする。

(目的)

第2条 本研究所は、本学の総合大学としての特性を活かし、研究活動は広く学際的な視点からスポーツの実践と科学を融合させることを重要な基盤とし、スポーツにおける心身の効果的な育成と競技力向上のための基礎的・応用的研究及び、スポーツ障害の予防・治療技術の開発等、実践的研究を中心に推進する。また、その研究による成果は、単に本学の発展のみに留まらず、広く社会に還元し、人類の福祉と繁栄に貢献していくことを目的とする。

(事業)

第3条 本研究所は、前条の目的を達成するために次の事業を行う。

- (1)調査及び研究
- (2)調査及び研究の結果の発表
- (3)研究資料の収集、整理及び保管
- (4)研究会、講演会及び講習会等の開催
- (5)調査、研究の受託又は指導
- (6)大学院レベルの学外機関研究者・研修員の教育及び研究指導
- (7)外部研究資金によるプロジェクト研究チームの公募及び支援
- (8)プロジェクト研究の支援

(9)学内スポーツ振興のためのスポーツ医科学にかかわる支援

(10)地域住民を対象としたスポーツ医科学にかかわる支援

(11)その他本研究の目的達成に必要な事項

(調査研究)

第4条 本研究所における調査研究の分野を次のとおり定める。

(1)医科学研究分野

運動の効用、健康の維持と向上、運動生理学、栄養学、メディカルチェックと運動処方、その他

(2)技術・体力研究分野

バイオメカニクス、心理学、運動技術の向上と指導法、トレーニング方法、その他

(3)障害研究分野

スポーツ・運動障害の予防、治療、競技復帰の指導、理学及び作業療法、その他

(4)その他の分野

国際交流及び各分野を統合した学際的研究、生涯スポーツの実施と指導、スポーツ競技に関する器具、機械、施設等の開発とその安全性、その他

(位置)

第5条 本研究所は、本学湘南校舎内に置く。

第2章 組織

(所長及び次長)

第6条 本研究所の所長に関しては、本学研究所規程第4条によるものとする。

第7条 本研究所の次長に関しては、本学研究所規程第5条によるものとする。

第8条 本研究所の事業経過及び事業計画に関しては、本学研究所規程第6条によるものとする。

(研究所員)

第9条 本研究所の研究所員に関しては、本学研究所規程第8条によるものとする。

(研究員)

第10条 本研究所の研究員に関しては、本学研究所規程第9条によるものとする。

(嘱託)

第11条 本研究所の嘱託に関しては、本学研究所規程第10条によるものとする。

第12条 本研究所の事務職員に関しては、本学研究所規程第11条によるものとする。

(審査委員会)

第13条 本研究所に所員の研究活動、教育活動、学内活動、社会的活動等を多面的に評価審査することを目的として審査委員会を置くことができる。

2 審査委員会の委員は、学内外の学識経験者・有職者から構成するものとし、学長の承認を得て委託する。

3 審査委員会の規程については、別にこれを定める。

(プロジェクト研究チーム)

第14条 本研究所のプロジェクト研究チームを構成するものとする。チームメンバーは公募により選出し、審査委員会で審査を行い学長の議を経て選定されるものとする。

第3章 運営

(研究所員会議)

第15条 本研究所の研究所員会議に関しては、本学研究所規定第12条・第13条によるものとする。

2 ただし、本研究所の研究所員会議は、本学研究所規程第13条第2項により次の事項について審査する。

(1)人事に関する事項

(2)研究生及び研修員に関する事項

第4章 経理

(会計)

第16条 本研究所の経理に関しては、本学研究所規程第14条によるものとする。

第17条 本研究所の会計年度に関しては、本学研究所規程第15条によるものとする。

(外部研究費)

第18条 本研究所の外部研究費の受け入れに関しては、本学研究所規程第16条によるものとする。

(予算)

第19条 本研究所の予算に関しては、本学研究所規

程第17条によるものとする。

(決算)

第20条 本研究所の決算に関しては、本学研究所規程第18条によるものとする。

第5章 知的財産

第21条 本研究所の事業において発生した知的財産に関しては、本学研究所規程第19条によるものとする。

第6章 補 足

第22条 この規程の改廃については、研究所所員会議、本学研究所運営委員会の議を経て、稟議により承認を受けなければならない。

付則

この規程は、昭和63年4月1日から施行する。

付則（2023年4月1日）

この規程は、2023年4月1日から施行する。

「東海大学スポーツ医科学雑誌」 寄稿規程

1988年4月1日 制定
2019年12月1日 改訂
2024年4月1日 改訂

I. 和文規程

1. 本誌に寄稿できるのは原則として東海大学スポーツ医科学研究所（以下「本研究所」という）の所員及び研究員に限る。ただし編集委員が必要と認めた場合には、所員以外でも寄稿できる。
2. 寄稿内容は、スポーツ医科学の研究領域における総説、原著論文（査読あり）、研究報告、書評、内外の研究動向、研究上の問題提起など、その他とし、完結したものに限る。
3. 原稿の取捨および掲載の時期は、本誌編集委員会において決定する。
4. 本誌に掲載された原稿は、原則として返却しない。
5. 本誌に掲載された原稿の著作権の一切（著作権

法第27条及び第28条の権利を含む）は、本研究所に帰属又は譲渡されるものとする。ただし、論文の内容に関する責任は当該論文の著者が負う。

6. 原稿はMS-Word等で作成し、A4版横書き、全角40字30行（英文綴りおよび数値は半角）、上下左右に約3cmの余白をとり、フォントの大きさは10.5ポイントとする。原稿及び図表は、データをメール、または電子媒体で提出する。外国語、外国固有名詞、化学物質名などは原語。外来語、動植物名などはカタカナ、数詞は算用数字を使用する。単位及び単位記号は国際単位系、メートル法を基準とする。項目わけは、……Ⅰ、……Ⅱ、……1、2、……1)、2)、……(1)、(2)……a)、b) …… (a)、(b)、とする。
7. 総説、原著論文、研究報告の原稿は、原則として1篇につき、図表、抄録等を含めて刷り上がり10ページ以内、書評、内外研究動向、研究上の問題提起の場合は、刷り上がり1ページ以内とする。
8. 図表は原則として8枚以内とし、そのまま印刷できるような鮮明なものとする。写真は白黒・カラーの別を問わない。
9. 図や表には、それぞれに必ず通し番号と、タイトル（表の場合は上方に、図の場合は下方に、和文を上として、和欧両文で記入）をつけ、1枚ずつ台紙か原稿用紙に貼り、本文とは別に番号順に一括する。図表の挿入箇所は、本文中に、赤インクでそれぞれの番号によって指示する。
10. 引用・参考文献は、原則として、本文の最後に引用順に一括し、雑誌の場合には、著者・題目・雑誌名・巻号・ページ・西暦年号の順とし、単行本の場合には、著者・書名・版数・発行所・西暦年号・ページの順に記載する。著者連名の場合は、省略しないで氏名を全部掲げる。なお、引用及び注記は本文中文献引用箇所の右肩に、1)、2)のごとく、引用文献数字を挿入する。
11. 総説、原著論文、研究報告の原稿には、必ず別紙として、欧文規程6. a). b). c) に従った欧文（原則として英語）による300語以内の抄録を添える。なお、同時に欧文抄録の和訳文を添付することを原則とする。
12. 掲載論文の別刷りは発行しない。

13. 本誌に投稿される論文は、研究計画で「人を対象とする研究」を行う場合、本学もしくは学会等が指定する研究倫理委員会の審査を受けなければならない。また、「動物を対象とする研究」を行う場合は、同様に動物実験委員会の審査を必要とする。なお、審査結果については、論文中に明記すること。
14. 掲載される論文は「東海大学機関リポジトリ規程」に従い当該リポジトリ及びJ-STAGEに登録され、インターネット上で公開される。
15. 寄稿論文は下記にメール送付する。
〒259-1292 神奈川県平塚市北金目四丁目1番1号
東海大学スポーツ医科学研究所
スポーツ医科学雑誌編集委員会
Mail：spoiken@tsc.u-tokai.ac.jp

Ⅱ. 欧文規程

1. 2. 3. 4. 5. は、和文規程と同じ
6. a) 原稿は、欧文（原則として英語）とし、A4版の用紙に、通常の字体を使ってMS-WORD等で作成する。写真図版にある文字についても同様とする。
- b) 用紙の上端、下端および左端は約3センチ、右端は約2.5センチの余白を置き、ほぼ27行にわたって書く。ページ番号は下端余白中央に書く。
- c) 欧文による題目の下に著者名（ローマ字）、更に著者名の下に所属する機関名を正式英語名称に従って書く。
7. 原稿は原則として1篇につき、図表抄録を含めて刷り上がり10ページ以内とする（刷り上がり1ページは、おおよそ600語である）。
8. 9. 10. は、和文規程と同じ。
11. 原稿には、必ず別紙として、和文による題目・著者名・所属機関および抄録（600字以内）を添える。
12. 13. 14. 15. は、和文規程と同じ。

附則 この規程は2019年12月1日から適用する。

附則（2024年4月1日改正）

この規程は、2024年4月1日から適用する。

東海大学スポーツ医科学研究所
スポーツ医科学雑誌編集委員名簿

- 1 委員長 山田 洋
2 委員 山田クリス孝介
3 委員 小山 孟志
4 委員 丹治 史弥

2024年度 スポーツ医科学研究所
所員・研究員名簿

研究所員

- | | | | | |
|----|----|---------|----|----------------|
| 1 | 所長 | 山田 洋 | 兼任 | 体育学部体育科 |
| 2 | 特任 | 杏澤 智子 | | スポーツ医科学研究所 |
| 3 | 特任 | 木ノ上高章 | | スポーツ医科学研究所 |
| 4 | 特任 | 山田クリス孝介 | | スポーツ医科学研究所 |
| 5 | 特任 | 清水 幹弥 | | スポーツ医科学研究所 |
| 6 | | 内山 秀一 | 兼任 | 体育学部体育学科 |
| 7 | | 有賀 誠司 | 兼任 | 健康学部健康マネジメント学科 |
| 8 | | 宮崎 誠司 | 兼任 | 体育学部武道学科 |
| 9 | | 小河原慶太 | 兼任 | 体育学部体育学科 |
| 10 | | 花岡美智子 | 兼任 | 体育学部競技スポーツ学科 |
| 11 | | 植村 隆志 | 兼任 | 体育学部競技スポーツ学科 |
| 12 | | 野坂 俊弥 | 兼任 | 体育学部生涯スポーツ学科 |
| 13 | | 小山 孟志 | 兼任 | 体育学部競技スポーツ学科 |
| 14 | | 武田 大輔 | 兼任 | 体育学部競技スポーツ学科 |
| 15 | | 松下 宗洋 | 兼任 | 体育学部生涯スポーツ学科 |
| 16 | | 遠藤 慎也 | 兼任 | 健康学部健康マネジメント学科 |
| 17 | | 丹治 史弥 | 兼任 | 体育学部競技スポーツ学科 |
| 18 | | 八田 有洋 | 兼任 | 体育学部生涯スポーツ学科 |
| 19 | | 松浪 稔 | 兼任 | 体育学部スポー |

			ツ・レジャーマネ ジメント学科
20	谷木 龍男	兼任	体育学部生涯スポ ーツ学科
21	笹木 正悟	兼任	体育学部競技スポ ーツ学科
22	久保田晃生	兼任	体育学部生涯スポ ーツ学科
23	高尾 将幸	兼任	体育学部体育学科
24	小澤 悠	兼任	スポーツプロモー ションセンター

研究員

1	山田 洋	体育学部体育学科
2	沓澤 智子	スポーツ医科学研究所
3	木ノ上高章	スポーツ医科学研究所
4	山田クリス孝介	スポーツ医科学研究所
5	清水 幹弥	スポーツ医科学研究所
6	内山 秀一	体育学部体育学科
7	有賀 誠司	健康学部健康マネジメント学科
8	宮崎 誠司	体育学部武道学科
9	小河原慶太	体育学部体育学科
10	花岡美智子	体育学部競技スポーツ学科
11	植村 隆志	体育学部競技スポーツ学科
12	野坂 俊弥	体育学部生涯スポーツ学科
13	小山 孟志	体育学部競技スポーツ学科
14	武田 大輔	体育学部競技スポーツ学科
15	松下 宗洋	体育学部生涯スポーツ学科
16	遠藤 慎也	健康学部健康マネジメント学科
17	丹治 史弥	体育学部競技スポーツ学科
18	八田 有洋	体育学部生涯スポーツ学科
19	松浪 稔	体育学部スポーツ・レジャーマネ ジメント学科
20	谷木 龍男	体育学部生涯スポーツ学科
21	笹木 正悟	体育学部競技スポーツ学科
22	久保田晃生	体育学部生涯スポーツ学科
23	高尾 将幸	体育学部体育学科
24	両角 速	スポーツプロモーションセンター
25	西出 仁明	スポーツプロモーションセンター
26	加藤 健志	スポーツプロモーションセンター
27	吉岡公一郎	医学部医学科内科学系循環器内科 学領域

28	渡辺 雅彦	医学部医学科外科学系整形外科学 領域
29	山本 義郎	理学部数学科
30	今村 誠	情報通信学部情報通信学科
31	槌谷 和義	工学部精密工学科
32	田中 彰吾	文化社会学部北欧学科
33	酒井 大輔	医学部医学科外科学系整形外科学 領域
34	西垣 景太	健康学部健康マネジメント学科
35	藤井 壮浩	体育学部競技スポーツ学科
36	井上 康生	体育学部武道学科
37	八百 則和	スポーツプロモーションセンター
38	押見 大地	体育学部スポーツ・レジャーマネ ジメント学科
39	池内 真弓	健康学部健康マネジメント学科
40	西 葉月	スポーツプロモーションセンター
41	網野 真理	医学部医学科総合診療学系救命救 急医学領域
42	川邊 保孝	スポーツプロモーションセンター
43	小澤 悠	スポーツプロモーションセンター
44	古屋 良祐	スポーツプロモーションセンター
45	小金澤鋼一	カヤバ株式会社
46	木村 聡貴	NTT コミュニケーション科学基 礎研究所
47	長尾 秀行	作新学院大学 経営学部スポーツ マネジメント学科
48	村井 楓子	アーカイブティップス株式会社
49	五十嵐健太	
50	田澤 賢一	東名厚木病院消化器外科
51	林 倫照	株式会社ウェル・アイ
52	渡邊 夏海	東京 YMCA 社会体育・保育専門 学校
53	井野 大輝	カルガリー大学大学院

研究員（学部・院生）

1	稲益 大悟	体育学研究科 体育学専攻 博士課 程後期
2	岡本 尚己	体育学研究科 体育学専攻 博士課 程後期
3	相馬 葉月	医学研究科 先端医科学専攻 博士 課程後期

2024年度スポーツ医科学研究所 プロジェクト研究課題

- 2024-1 医科学研究_プロジェクト
- 2024-2 技術・体力研究_プロジェクト
- 2024-3 スポーツ外傷・障害研究_プロジェクト
- 2024-4 生涯スポーツ・健康研究_プロジェクト
- 2024-5 人文社会科学研究_プロジェクト

編集後記

2024年度『東海大学スポーツ医科学雑誌』第37号をお送りします。本号には、原著論文7編、研究報告1編、内外の研究動向1編を掲載しました。

2024年は、パリオリンピック・パラリンピックが開催され、スポーツ界にとって大きな節目となる年でした。また、AI技術の急速な進化により、医療や教育をはじめとする多くの分野でその活用が広がりました。一方で、AIの倫理的な使用やプライバシー保護に関する国際的な議論が活発化し、ルール整備の重要性が増しています。さらに、ウクライナとロシアの戦争やイスラエルとガザでの紛争は今でも続き、世界情勢は一層複雑さを増しています。

こうした社会の変化の中で、本誌は進化を続けています。今年度より、投稿規定を改定し、2024年4月1日以降に掲載される論文は、「東海大学機関リポジトリ規程」に基づき、当該リポジトリおよびJ-STAGEに登録され、インターネット上で公開されることを明記しました。また、東海大学スポーツ医科学研究所のホームページでは、1989年発刊の第1号から2023年発刊の第36号までのPDFファイルがすでに閲覧・ダウンロード可能となっています。さらに、今年度から新たな試みとして、巻頭に研究所に関するトピックを掲載することとしました。創刊号で掲げられた理念や目的を改めて振り返り、復刻版的な形で特集を組むことを意識しています。今回は、スポーツ医科学を活用した地域連携事業の一環として、静岡県 ICOI プロジェクトに関する報告を掲載しました。

本年度も無事に発刊を迎えられたことを大変嬉しく思います。ご寄稿いただいた皆様、査読にご協力いただいた方々に、心より感謝申し上げます。

編集委員長 山田 洋

「東海大学スポーツ医科学雑誌」

編集委員

委員長 山田 洋

委 員 山田クリス孝介

〃 小山 孟志

〃 丹治 史弥

東海大学スポーツ医科学雑誌 第37号 2025

発行日 2025年3月31日

編集 東海大学スポーツ医科学雑誌編集委員会

発行者 東海大学スポーツ医科学研究所 山田 洋
〒259-1292 神奈川県平塚市北金目四丁目1番1号
TEL 0463-58-1211

製作 港北メディアサービス株式会社

The Tokai Journal of Sports Medical Science

Regional Promotion Through Sports: A Report on Activities in the Shizuoka Prefecture ICOI Project
Kosuke Chris YAMADA

Energy Expenditure and Rate of Perceived Exertion of Defensive Style Nordic Walking on Uphill Gradients
Fumiya TANJI and Seiji MIYAZAKI

An Exploratory Study on Objective Sleep Data and Subjective Fatigue in Collegiate Athletes
Shinya ENDO, Kosuke Chris YAMADA and Mayumi IKEUCHI

Muscle Oxygenation Status During Electrical Muscle Stimulation of Intensive Care Unit Patients: A Case Series
Kaori SATO, Tomoko KUTSUZAWA, Satoshi IWAMOTO, Tsuyoshi ICHIKAWA, Daisuke KUBO and Hiromichi AOKI

The Characteristics of Tendon Slack Length on Triceps Brachii
Yu OZAWA, Mikiya SHIMIZU, Seiji MIYAZAKI, Shuichi UCHIYAMA and Hiroshi YAMADA

Associations Between Active Travel Behavior, Sedentary Travel Behavior and Obesity Among Adults in Regional Areas of Japan: A Cross-sectional Study
Akio KUBOTA, Daigo INAMASU and Naoki OKAMOTO

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

The Relationship Between Fear and Subjective Evaluation During Rugby Union Tackling
Norikazu YAO, Yosuke MATSUI, Kayo KOIZUMI, Akihito KOAKUTSU, Hideyuki KIMURA and Hiroshi YAMADA

Oxidative Stress and Antioxidant Response During Exercise
Seiji MIYAZAKI, Toshiya NOSAKA, Shinya ENDO and Shogo SASAKI

Traditional Medicine and Sports (Herbal Medicine, Acupuncture, Cupping, Massage)
Takaaki KINOUE, Tatsuya NOGAMI, Supakij Suwannatrai and Ketmanee Jongjiamdee