

令和5年度 Sport in Life 推進プロジェクト
「コンディショニングに関する研究
(スランプの要因と解決策に関する調査研究)」
成果報告書

2024. 3. 31 H2L 株式会社

本報告書は、スポーツ庁の委託事業として、《H2L 株式会社》が実施した令和5年度 Sport in Life 推進プロジェクト「コンディショニングに関する研究《スランプの要因と解決策に関する調査研究》」の成果を取りまとめたものです。

従って、本報告書の複製、転載、引用等にはスポーツ庁の承認手続きが必要です。

目次

1. 本事業の概要	4
1.1. 実施期間	4
1.2. 趣旨	4
1.2.1 脳・神経系	4
1.2.2 運動系	4
1.2.3 心理系	4
1.2.4 知見統合	4
1.2.5 本事業の目標	4
1.3. 実施体制	5
2. 脳・神経系	5
2.1. 背景と目的	5
2.2. 実験結果	5
3. 運動系	8
3.1. 目的	8
3.2. 実験結果	8
4. 心理系	9
4.1. 目的	9
4.2. 実験結果	9
5. 知見統合	13
5.1. 目的	13
5.2. 実験方法	13
5.3. 実験結果と考察	13
6. まとめ	15
6.1. 本研究の成果と活用	15
6.2. 今後の展望	15

1. 本事業の概要

本事業の実施期間、趣旨および実施体制について示す。

1.1. 実施期間

本事業の実施期間は令和5年4月10日から令和6年3月31日までである。

なお、令和4年11月16日から令和5年3月31日までに実施した、令和4年度 Sport in Life 推進プロジェクト「コンディショニングに関する研究（スランプの要因と解決策に関する調査研究）」の継続事業である。

1.2. 趣旨

コンディショニングとは、「運動競技において最高の能力を発揮出来るように精神面・肉体系・健康面などから状態を整えること」と定義されている[1]。適切なコンディショニングによって、運動競技時だけでなく、仕事、趣味や育児などの様々な場面で、最も良い状態での能力を発揮できると考えられる。しかしながら、常に最適なコンディショニングが実施できるわけではなく、心身の状態、環境や学習状態によっては、スランプ、プラトー、イップスやジストニアなどの不調状態が起こり得る。

本事業では、「（1）スランプの要因と解決策に関する調査研究」において、スランプの発生原因、状態推定と対策について3つの分野「脳・神経系」「運動系」「心理系」から研究した。

文献：[1] “コンディショニング”、e-ヘルスネット、厚生労働省、2024.03.06 アクセス

1.2.1 脳・神経系

脳・神経系では、スランプの発生原因を小脳のニューロン活動とニューロン活動の背景にあるニューロンやシナプスを構成するタンパク質、シナプスでの機能分子のレベルとの関連性・因果性まで含めて調査した。

1.2.2 運動系

運動系では、スランプ状態について仮説を立て、光学式筋変位センサアレイを用いて計測し、スランプ状態あるいは通常状態での筋変位の時系列データの違いを分析した。また、これらの分析結果と後述の「心理系」のヒアリング結果から、筋変位の時系列データと機械学習によるスランプ状態の推定方法を提案する。

1.2.3 心理系

心理系では、前述の知見に加えて、スランプに関するヒアリングやインタビュー調査から、メンタル負荷量とスランプ状態の相関状態について検証した。

1.2.4 知見統合

さらに、3つの分野の知見を統合し、スランプ状態から脱する方法を提案するとともに、その効果について検証した。

1.2.5 本事業の目標

本事業の研究成果と知見によって、スランプ状態の原因解明の糸口、そしてスランプ状態の推定と対策を提案し、アスリートから労働者まで、スランプの予防や対策の知見として、広く研究成果を還元する。

1.3. 実施体制

本事業は、以下の実施体制で推進した。

H2L 株式会社：とりまとめ、研究計画立案、「運動系」と「心理系」の研究と進行

東京大学：「脳・神経系」の研究と進行

2. 脳・神経系

2.1. 背景と目的

脳・神経系領域では、令和4年度に主として実施した文献調査から、スランプの発現に関わる脳領域として、運動の制御、運動スキルの学習および記憶に関わる小脳皮質に着目し、ストレス応答に関連する副腎皮質刺激ホルモン放出因子(corticotropin-releasing factor: CRF)が小脳による運動学習に及ぼす影響について検討した。本研究では、「短期間のCRF投与は運動のパフォーマンスを向上させる可能性が予測される一方で、長期間のCRF投与は運動のパフォーマンスおよび運動の学習能力を低下させる可能性がある。」という仮説を立て、マウスを対象にCRFを小脳に急性的および3日間投与した際と、約2~4週間慢性的に投与した際の運動のパフォーマンスおよび適応・学習機能について、ローターロード試験やスプリットベルトトレッドミル歩行適応学習試験を用いて詳細に調べた。

2.2. 実験結果

実験対象は雄性の正常野生型マウス C57BL/6J (10-14 週齢、日本クレア) とし、小脳皮質に Saline または CRF を単回、3 日間、2 週間、4 週間投与するグループに分類した。単回投与グループにおいては、低濃度の CRF ($0.1 \mu\text{g}/\mu\text{l}$) を投与する群と高濃度の CRF

($1.0 \mu\text{g}/\mu\text{l}$) を投与する群を設け、3 日間、2 週間、4 週間のグループには $10 \mu\text{g}/\text{day}$ の CRF を投与した。運動パフォーマンスにおいては、2 分間あるいは 4 分間で 4rpm から 40rpm まで加速して回転する棒の上で滞在できる時間と速度を測定する加速式ローターロード試験を 4 試行行い、その後、左右 2 つのベルトを独立に速度制御することができるスプリットベルトトレッドミルを用いた歩行適応学習試験を行った。スプリットベルトトレッドミル歩行適応学習試験は、左右のベルト速度が同じ 6 分間のベースライン歩行区間 (BL)、左右のベルト速度比が 2 対 1 になるスプリットベルト歩行区間 (SB)、その後左右ベルトが同速度に戻る 6 分間のウォッシュアウト歩行区間 (WO) から構成される計 22 分間の歩行試験とした。

ローターロード試験の結果において、3 日間投与グループでは Saline 群に比べて 1 匹を除いて CRF 群でパフォーマンスが高い傾向が見られたが、CRF の高濃度の単回投与、2 週間投与、4 週間投与グループにおいては Saline 群との違いは見られなかった。一方で、単回投与グループの CRF 低濃度群では Saline 群、CRF 高濃度群と比較して著しくパフォーマンスが高い個体がみられた。

スプリットベルトトレッドミル歩行適応学習試験においては、BL 区間から SB 区間に切り替わった直後の反応の大きさ、SB 区間中の適応の大きさ、SB 区間から WO 区間に切り替わった直後の後効果の大きさのいずれにおいても、仮説に反して投与期間に関わらず Saline 群と CRF 投与群との違いは見られなかった。

本研究では、脳内の機能分子の発現動態によるスランプの発症機序について解明する手掛かりを発見し、ヒトの実験系に有用な仮説を提案することを目標としたが、本研究の結果より、CRF の単回あるいは短期間投与がパフォーマンスを向上する可能性は示唆されたものの、長期間の CRF 投与がパフォーマンスを低減させることは認められなかった。単回投与においては CRF 濃度の違いがパフォーマンスに影響を及ぼす可能性が示唆されたことから、今後はより特に CRF の単回投与におけるサンプル数を増やして、運動のパフォーマンスおよび

適応・学習機能における CRF の作用機序についてさらに深く検証し、スランプ脱出のための脳内分子機序についてさらなる研究が必要である。

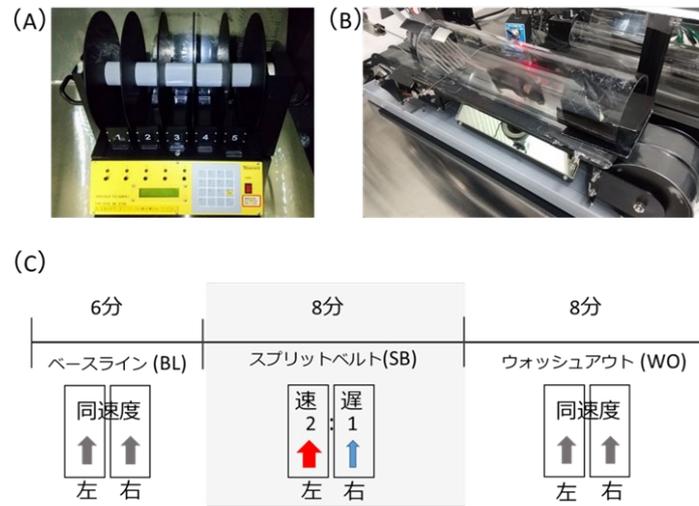


図 1 測定装置と測定プロトコル

- (A) ローターロッド試験測定装置、(B) スプリットベルトトレッドミル
(C) スプリットベルトトレッドミル歩行適応学習試験測定プロトコル

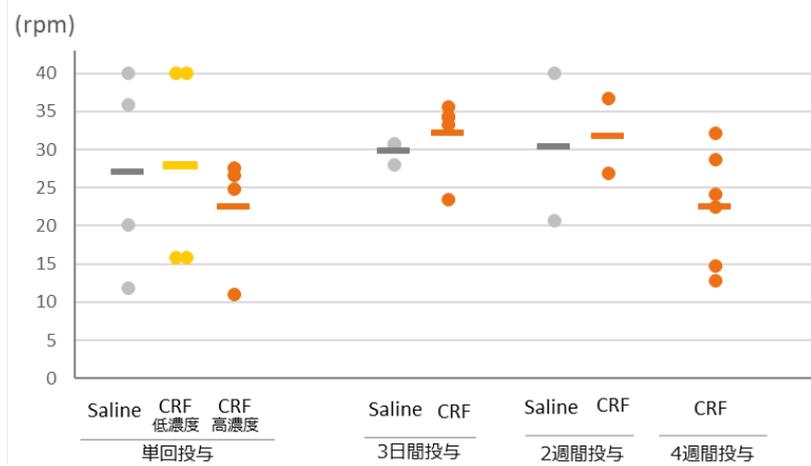


図 2 ローターロッド試験の 4 試行の回転速度最大値

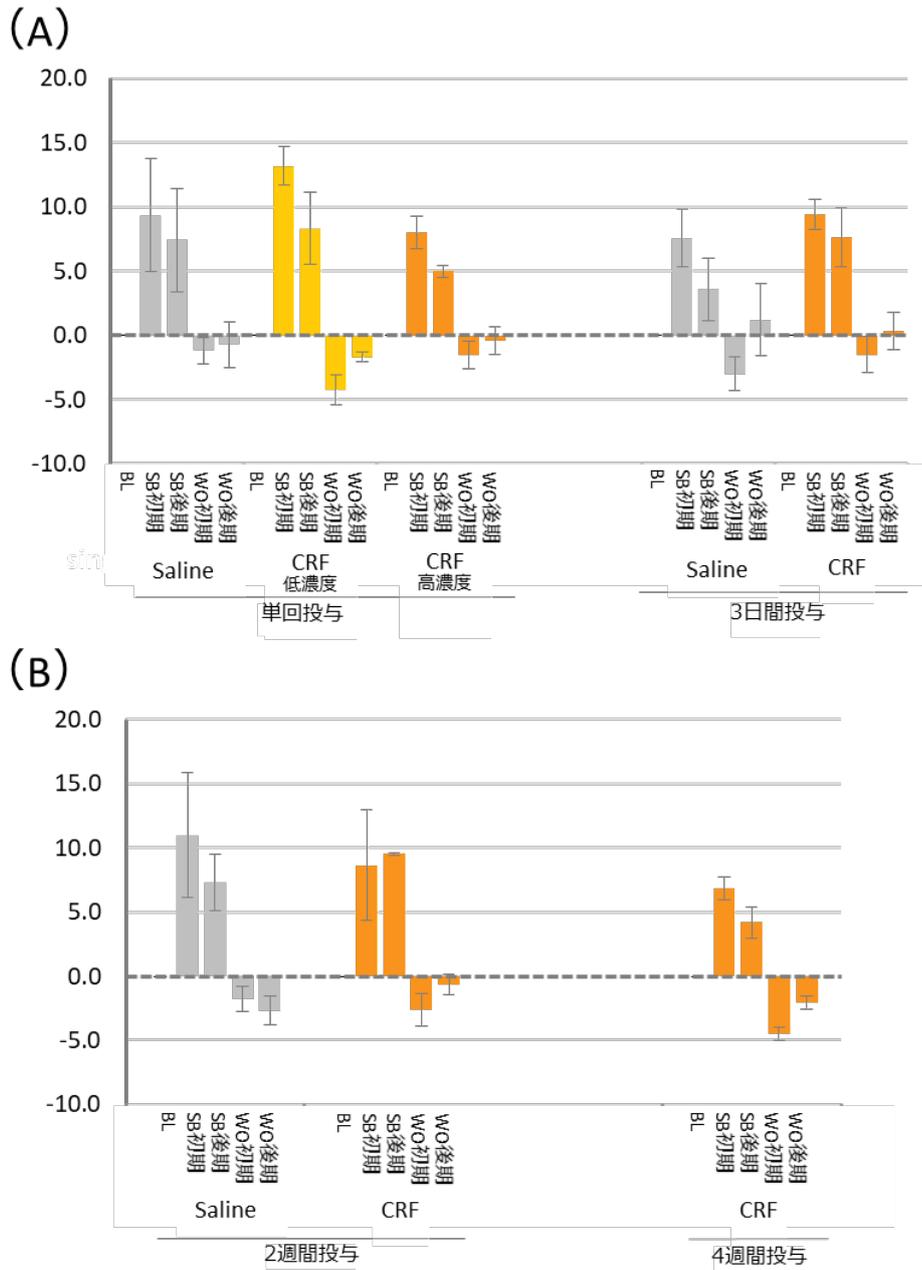


図3 スプリットベルトトレッドミル歩行適応学習試験中の両脚支持相持続時間の割合の変化

3. 運動系

3.1. 目的

運動系領域では、脳・神経系領域での仮説に基づき、スランプ状態あるいは通常状態での筋変位の時系列データ(筋肉の状態変化)の違いを分析する。そこで、本研究では、スポーツ実施時やトレーニング時のユーザの筋変位の時系列データを取得し、「ユーザのコンディション」によって「筋変位の時系列データの特徴量」に差が生じるどうかを分析した。

3.2. 実験結果

14チャンネルの光学式筋変位センサを用いて複数の筋肉の膨らみ(筋変位)を読み取るデバイスであるFirstVR [2]を用いて計測し、スランプ状態あるいは通常状態での筋変位の時系列データ(筋肉の状態変化)の違いを分析した。従来研究では、動作時の筋肉の状態をリアルタイムで計測するには、筋電(図あるいは計測)が用いられていた。しかし、筋電は増幅された神経信号であり、実際の筋肉の状態に及ぼす作用は個人差が大きい。そこで、本研究では、近赤外光の反射率で筋肉の状態(膨らみ)である筋変位を計測する光学式筋変位センサを用いた。過剰学習によるスランプ状態あるいはスランプ直前は、ランダム性が高い動作に対応できないという仮説を立て、筋変位の時系列データの解析を実施した。

今回、スランプの定義には「直近3か月で主観的にパフォーマンス低下を自覚している。かつ、試合成績の伸び悩みがあるもの」とした。

スランプ群と非スランプ群の被験者に対して、ランダムな手押し相撲と、規則的なリズムの手押し相撲を行ってもらい、対戦相手との筋変位データの相関を確認した結果を図4に示す。規則的な手押し相撲ではどちらも対応できているのに対し、ランダムな手押し相撲ではスランプ群の対戦相手との相関が小さく、スランプ群はランダムな動きに対応できないことが分かった。

[2] Emi Tamaki, Satoshi Hosono, and Ken Iwasaki. 2019. FirstVR: A Muscle Deformation Sensors Array Device to Detect Finger Gestures and Noise Reduction Case. In Proceedings of the 2019 2Nd International Conference on Electronics, Communications and Control Engineering(ICECC 2019). ACM, New York, NY, USA, 21-24

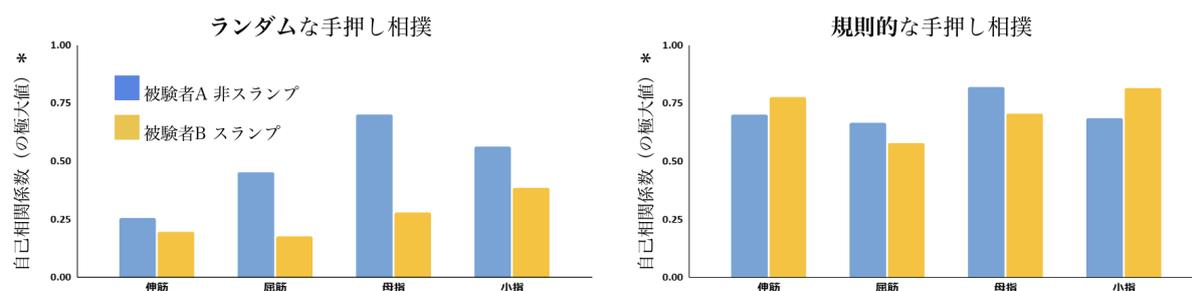


図4 対戦相手との筋変位データの相関(対応性)

更に、スランプ群と非スランプ群の被験者（計 22 名）に対して、動作にランダム性を有する新聞紙トレーニング中の、筋変位のランダム性（筋変位の自己相関係数の極大値。小さいほどランダム性が高い）を解析した。図 5 に示す通り、非スランプ群（左：青色箱ヒゲ）とスランプ群（右：橙色箱ヒゲ）の間で、筋変位のランダム性（筋変位の自己相関係数の極大値：縦軸）について差がある傾向が確認された。自己相関係数の極大値はデータの周期性を示す指標であり、この値が大きいほど周期性が高いこと（小さいほどランダム性が高い）を意味する。スランプ群の方が、非スランプ群よりも筋変位のランダム性が低く（筋変位の自己相関係数の極大値が高い）、ランダム性の高いトレーニングに対応できていない傾向であった。この結果から、筋変位の自己相関係数のランダム性が低い場合は、非スランプ群である可能性が推察される。

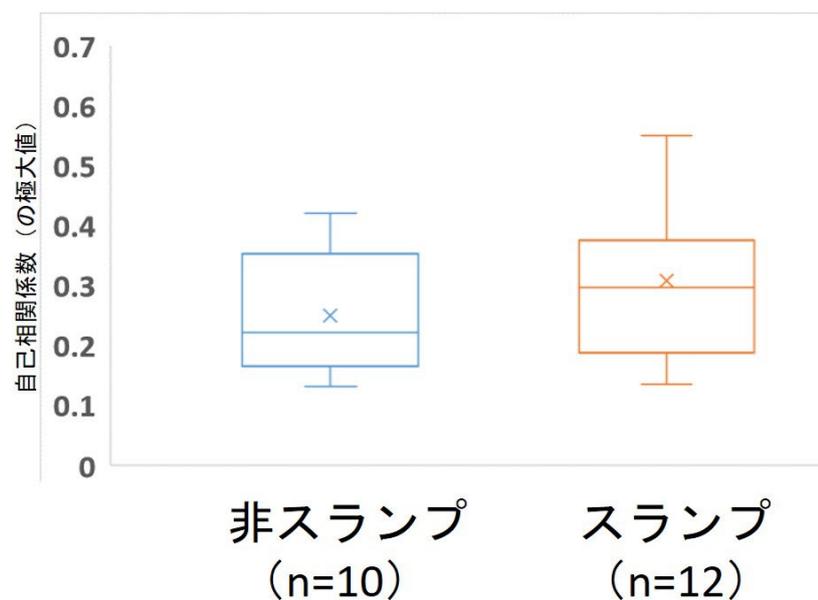


図 5 新聞紙トレーニングの屈筋の筋変位

4. 心理系

4.1. 目的

脳・神経系領域の仮説に基づき、スランプに関するヒアリングやインタビュー調査を実施するとともに、運動系領域の仮説に基づきメンタル負荷量とスランプ状態の相関状態について検証する。

本研究では、スポーツ選手のスランプ予兆やメンタル負荷を推定し、それらから来るスランプを回避することを目的とする。スランプに関するアンケート、ヒアリングやインタビュー調査から、メンタル負荷量とスランプ状態の相関状態について検証する。

4.2. 実験結果

心理系領域では、心電図（LF/HF 比）とアンケートからメンタル負荷量を取得し、ランダム性の高いトレーニングと低いトレーニング（周期性がある）で光学式筋変位センサアレイによって取得された筋変位の自己相関係数との相関を算出した。

対象者は、長期間主観的にコンディショニングが不良であったアマチュアアスリート 21 名を対象に実施した。対象者は、上肢を使用するスポーツを 5 年以上経験があることとした。

対象者から取得したメンタル負荷量は、まず心電図（LF/HF）である。続いてアンケートは、疲労感に関するアンケートや抑うつと不安を聴取できる K6 での調査、質的アンケートを実施した。

トレーニングについては、Miyake ら[3]の報告を参考に以下のように分類した（図 6）。ランダム性の高いトレーニングは、新聞紙を丸める課題、手押し相撲のランダム刺激とした。ランダム性の低いトレーニングは、グリップ、合掌、紙風船、手押し相撲のリズム刺激ありとした。

スランプ状態あるいは心理的ストレス負荷が高い状況では、ランダム性の高いトレーニングは対応が固定化し、ランダム性の低いトレーニングに関しては、一定の対応が困難になると仮説を立てた。

[3] Miyake, Tamon, et al. "Optical Myography-Based Sensing Methodology of Application of Random Loads to Muscles during Hand-Gripping Training." *Sensors* 24.4 (2024): 1108.



図6 実施したトレーニングの種類

トレーニングごとに心電図 (LF/HF) の結果をまとめたものを図7に示す。非スランプ群に比較してスランプ群はストレス (LF/HF 比) の変動が大きい傾向である。しかし、今回有意な差は認められなかった。

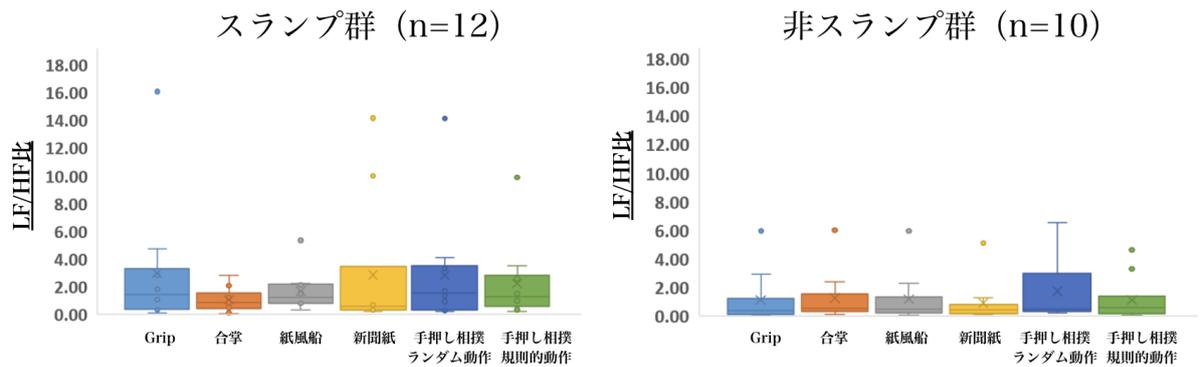


図7 トレーニングごとの LF/HF 比

伸筋と屈筋の筋変位の自己相関係数と K6 の相関の結果を図8に示す。不安や抑うつを抽出する K6 と筋変位の自己相関係数との相関を認めた。不安や抑うつが強い場合、ランダム性の高いトレーニングへの対応が固定化してしまい、ランダム性の低いトレーニングでは一定の対応が困難になることが示唆された。

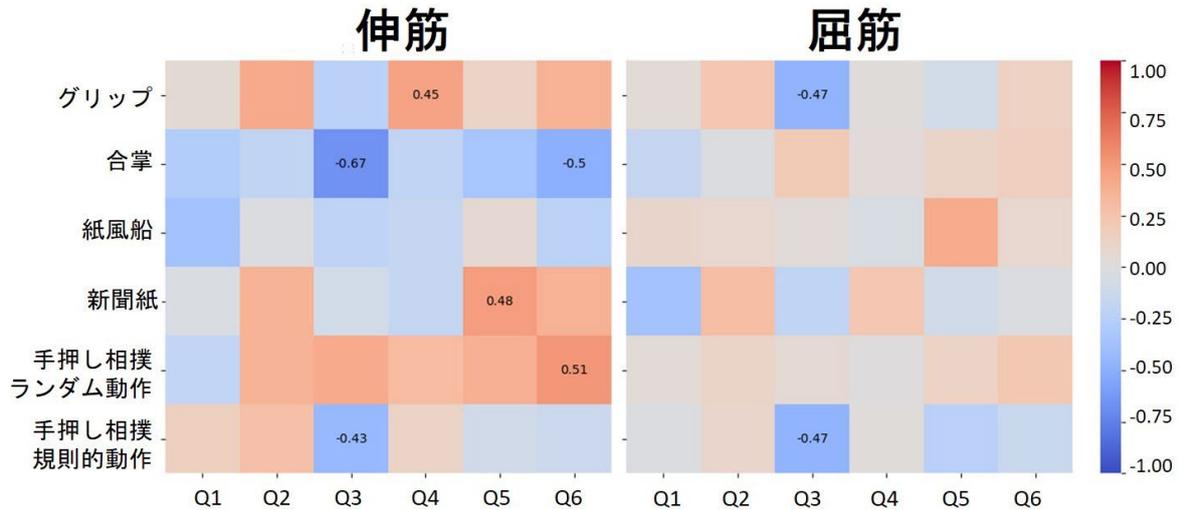


図8 伸筋と屈筋の筋変位の自己相関係数とK6の相関

スポーツあるいはスポーツに付随するトレーニングを一定期間以上実施している成人を対象に質的アンケートを行い、52名の回答を得た。アンケート回答結果に関しては、因子分析を行うことでアンケート全体の共通因子を探るとともに、因子分析によって得られた結果からアンケート回答者を3つのクラスターにクラスターリングし、各クラスターの傾向および各クラスターに影響を与える項目について調査した。

クラスターリングした結果を図9に示す。クラスター2がスランプおよびイップス割合が比較的高いことが分かる。また、因子分析の結果からクラスター2は「モチベーションやメンタル負荷」といった因子の影響が大きいことが分かっており、このことから、モチベーションやプレッシャーなどのメンタル負荷がスランプやイップスを引き起こす可能性が示唆された。

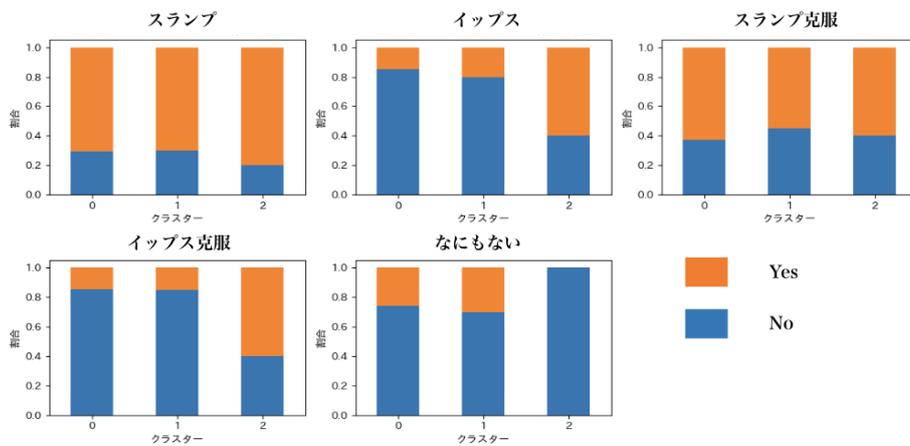


図9 クラスターごとのスランプおよびイップス割合

5. 知見統合

5.1. 目的

「脳・神経系」「運動系」「心理系」の3分野における知見を統合し、スランプ状態から脱する方法を提案するとともに、その効果について検証する。

5.2. 実験方法

対象者は4名の野球実施者とした。対象者の内訳は、野手2名、投手2名であった。それぞれスランプ1名、非スランプ1名で構成されている。方法は、対象者がランダム性のあるトレーニングである手押し相撲を一定期間実施した。トレーニングの回数は一日300回以上期間中実施した。実験の期間は、トレーニング期間の前後にトレーニング未実施の期間を設け、各期間は3週間と設定した。

トレーニング後の結果については、ランダム刺激のある手押し相撲の課題、対象者のパフォーマンス、ストレスの変化から検証した。

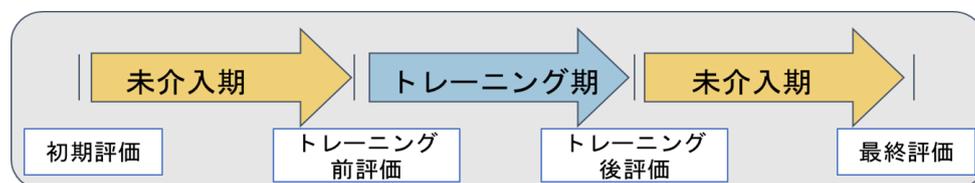


図10 介入プロトコル

5.3. 実験結果と考察

ランダム刺激のある手押し相撲の変化については、対象者の筋変位の自己相関係数を比較した。この結果、スランプ、非スランプに関係なく一定期間の手押し相撲トレーニングによって筋変位の自己相関係数が増加し対戦相手への対応性が向上することが示唆された（図11）。非スランプでは、トレーニング実施前、および最終評価時も筋変位の自己相関係数の値が増加している。このことは、学習効果による影響も加味する必要がある。しかし、スランプでは、初期評価とトレーニング前において変化は認めないものの、トレーニング後評価の筋変位の自己相関係数は増加している。このことは、トレーニングによる効果と推察できると考える。

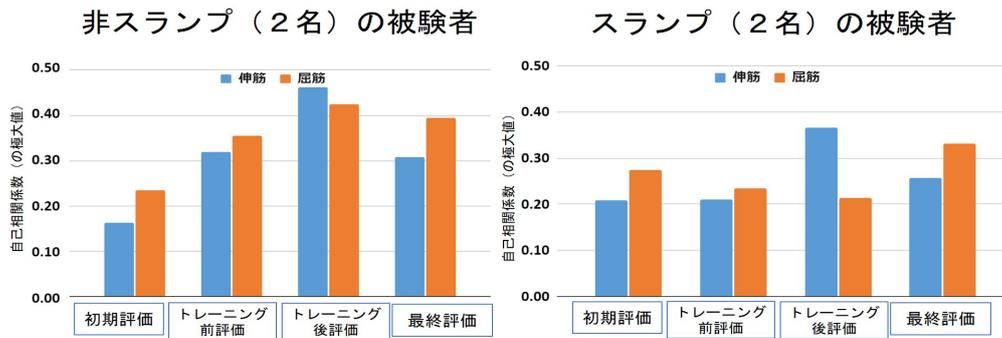


図 11 トレーニング実施前後の手押し相撲の結果

パフォーマンスの変化は、野手はバッティングフォーム、投手はピッチングフォームで確認した (図 12)。野手、投手ともにランダム性が高いトレーニングの練習によってフォームが安定した。今回は、筋変位の自己相関係数からパフォーマンスの変化を捉えることができた。ランダム性が高いトレーニングの継続がパフォーマンス安定に寄与する可能性がある。

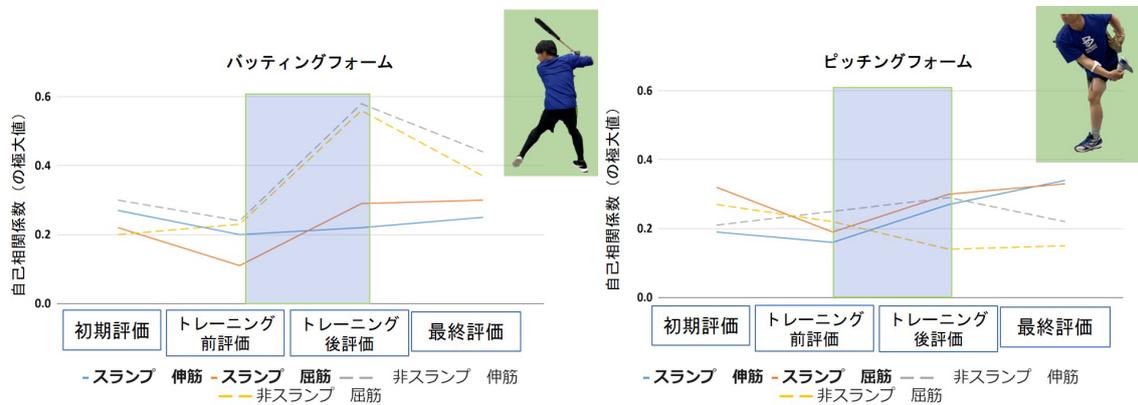
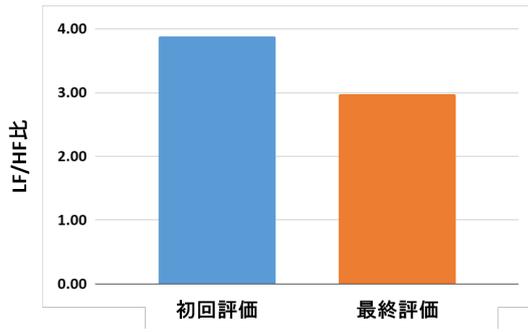


図 12 トレーニング実施前後のパフォーマンスの変化

ストレスの変化は、ランダム性が高いトレーニングの練習により、トレーニング直後の疲労ストレス (LF/HF 比) は減少した。主観的なメンタル負荷に関しては、K6 の不安項目、抑うつ項目についても改善の傾向を認めた。ランダム性が高いトレーニングが、ストレスの耐性に影響を与える可能性がある。

疲労ストレスの変化（新聞紙トレーニング直後）



主観的なメンタル負荷（不安、抑うつ）

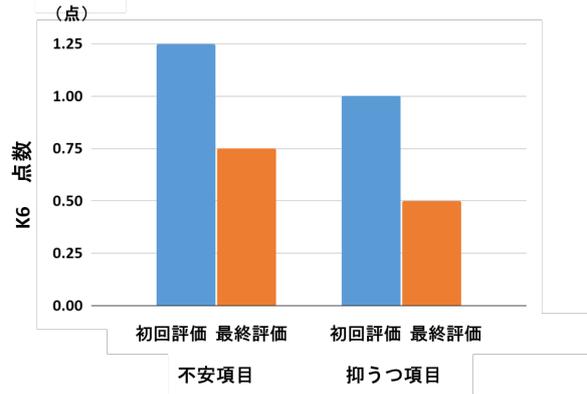


図 13 トレーニング前後のストレスの変化

6. まとめ

6.1. 本研究の成果と活用

本研究により、手押し相撲のようなランダム性の高い動きがスランプ脱却やスランプ予防に繋がることが示唆された。

日常生活においてスランプを感じる場面（たとえば、学業や仕事における成績低迷）やマンネリ化を感じる場面において、ランダム性の高い動きを実施することで、状況の打開に繋がる可能性がある。あるいは、工場において長時間同一作業を実施することによる注意力低下の防止、引いては、それに付随する労災防止のために、同一作業の合間にランダム性の高い動きを組み込むことも効果的であると考えられる。

6.2. 今後の展望

本研究における成果を、アスリートから労働者まで、スランプの予防や対策の知見として、広く還元していくことを目指す。さらに、本研究で得られた知見は、工場での生産性向上、教育分野での学習効率向上、健康寿命の延伸など、日常生活へ活用できる可能性があるため、日常生活への活用検討も目指していきたい。