

平衡機能を要するレクリエーション活動による重心動揺改善の可能性

研究代表者 財津 将嘉 産業医科大学 高年齢労働者産業保健研究センター

研究要旨

【目的】重心動揺計により測定される重心動揺総軌跡長は、転倒リスクを反映する平衡機能評価指標の一つである。本研究では、平衡機能を要するレクリエーション活動の実施が重心動揺に及ぼす影響について、既存データを用いて後方視的に縦断評価した。

【方法】当センターにおいて収集された、レクリエーション活動実施期間中の重心動揺測定データを用いた後方視的観察研究を実施した。対象は、Glice®樹脂製人工アイスパネル上でアイスホッケーを実施した未経験の健康成人6名（平均年齢29±12歳）およびロングボードによるサーフィンを実施した未経験の健康成人4名（平均年齢39±6歳）であった。観察期間中に、開眼および閉眼条件下で30秒間の重心動揺を測定し、総軌跡長を評価した。レクリエーション活動実施前後の総軌跡長の変化は対応のあるt検定により比較した。また、実施回数に対する総軌跡長の縦断的变化を、ランダム切片およびランダムスロープを含む線形混合効果モデルにより評価した。さらに、対照群として、企業等の体力測定会で収集された228名の重心動揺測定データを用い、観察期間中の変化を比較した。

【結果】アイスホッケー活動の観察期間は34±6.8日、実施回数は11±2.4回、累積実施時間は10±2.9時間であった。閉眼時総軌跡長は初回実施前264.2±78.0mmから最終回実施後214.7±78.1mmへ低下し（ $P=0.002$ ）、実施回数に対して線形な減少傾向を認めた（ $\beta = -4.65$ ；95%信頼区間 -6.77, -2.54）。サーフィン活動の観察期間は36±22.3日、実施回数は5±1.7回、累積実施時間は5±2.9時間であった。開眼時総軌跡長は初回実施前240.0±30.6mmから最終回実施後174.7±17.9mmへ低下し（ $P=0.003$ ）、実施回数に対して線形な減少傾向を認めた（ $\beta = -6.53$ ；95%信頼区間 -12.0, -1.08）。一方で、対照群は観察期間平均248±153.7日間において、開眼および閉眼の重心動揺総軌跡長に変化は見られなかった。

【結論】平衡機能を要するレクリエーション活動は、比較的短期間で重心動揺を改善しうる可能性が示唆された。今後は前向き研究により、職場の転倒予防プログラムとしての有効性を検証する必要がある。

A. 研究目的

職場における転倒は、労働災害の中でも頻度が高く、とくに高年齢労働者の増加に伴い、休業、骨折、生活機能低下につながる重要な課題である。転倒予防には、作業環境の改善だけでなく、労働者個人の身体機能、とくに姿勢制御や平衡機能の維持・向上を支援する取組が求められる。

重心動揺、とくに閉眼条件での重心動揺は、視覚情報に依存しない固有感覚および前庭感覚を含む姿勢制御機能を反映する客観的指標として用いられている[1, 2]。また、重心動揺総軌跡長は、静止立位時の姿勢制御の安定性を示す指標であり、平衡機能評価や転倒リスク評価に用いられている。平衡機能の低下は転倒リスクと関連することから、職場で実施可能な身体活

動を通じて重心動揺を改善できれば、転倒予防に資する可能性がある。

従来のバランストレーニングは単調になりやすく、忙しい労働者にとって継続が難しい場合がある。一方で、レクリエーションスポーツは、楽しさを伴いながら平衡機能を高める代替的なアプローチとなる可能性がある[3, 4]。例えば、スケートやアイスホッケーは、低摩擦面上での連続的な姿勢調整、荷重移動、方向転換を伴うため、姿勢制御機能に対する多面的な刺激となり得る。さらに、樹脂製人工アイスパネルを用いれば、冷却設備を要さず屋内で実施できるため、職場や研究施設など非伝統的な環境にも導入しやすい。

また、東京 2020 オリンピック競技大会で正式種目に採用されたサーフィンは、動的な平衡機能を要するマリンスポーツであり、身体活動量、平衡機能、柔軟性および心理社会的側面に関連するレクリエーション活動として注目されている[5]。このような平衡機能の要求の高いレクリエーション活動は、従来型の運動指導とは異なり、楽しさや継続性を伴った職場転倒予防プログラムの新たな選択肢となる可能性がある。

そこで本研究では、平衡機能を要するレクリエーション活動としてアイスホッケーおよびサーフィンに着目し、これらの活動が重心動揺総軌跡長の縦断的变化と関連するかを、既存データを用いて後方視的に検討した。さらに、対照群における重心動揺の変化と比較することで、職場における転倒予防プログラムとしての応用可能性を探索的に明らかにすることを目的とした。

B. 研究方法

1. 研究デザイン

本研究は、当センターにおいて収集されたレクリエーション活動実施期間中の重心動揺測定データ、および企業等の体力測定会で収集された重心動揺測定データを用いた後方視的観察研

究である。

研究の実施にあたっては、ヘルシンキ宣言に準拠し、産業医科大学倫理委員会の承認を得た（承認番号：R4-054）。レクリエーション活動参加者については、参加および測定データの研究利用に関する書面による同意を得た。また、企業等の体力測定会で収集された既存データについては、研究実施に関する情報公開を行い、オプトアウトの機会を設けた。

2. 対象者

レクリエーション活動群の対象者は、日常的な研究室活動の中で重心動揺測定を受けた健康成人ボランティアである。解析対象者はいずれも既知の基礎疾患を有さず、アイススケートまたはアイスホッケーの経験がない者 6 名、およびサーフィンの経験がない者 4 名とした。

対照群は、ヒストリカルコントロール群として、企業等の体力測定会において重心動揺測定を受けた者のうち、観察期間中に同一条件で複数回の測定データが得られた者とした。

3. アイスホッケーおよびサーフィン活動

アイスホッケー活動は、2023 年から 2025 年の間に、Glice®樹脂製人工アイスパネル (Glice AG, Switzerland) 上で実施した。メインリンクは 3 m×8 m、補助リンクは 4.8 m×3 m で構成した。1 回の活動時間は平均約 53 分であり、対象者は週平均約 2 回参加した。

活動内容は、基礎的な滑走、クロスステップ、クロスオーバー、バックハンドリング、パス、シュート練習などで構成した。初回はアイスホッケーインストラクターによる基本的な滑走指導を行い、その後は必要に応じてバック操作やシュート動作の助言を行った。参加はレクリエーション目的であり、競技的な負荷設定や厳格なコーチングは行わなかった。対象者はヘルメット、肘・膝パッド等の保護具を装着し、安全に配慮した。

サーフィン活動は、2023 年から 2025 年の秋から冬にかけて、北九州市近郊の日本海側に位置するビーチブレイクポイントで実施した。実施場所は、初心者が安全に練習できるよう、足のつく水深の浅い海岸を選定した。1 回の活動時間は平均約 64 分であり、対象者は週平均約 1 回参加した。参加者はセミドライスーツ、ウェットキャップ、グローブを着用し、体格に合わせて 9~10 フィートの浮力のあるロングボードを使用した。

活動内容は、初回はサーフィンインストラクターの指導のもと、波に押されながらサーフボード上に立ち上がるテイクオフの練習を行った。その後は、安全に配慮しながらサーフィン経験者とともに参加者グループで入水し、必要に応じて助言を受けながら、ロングボードによるサーフィン練習を実施した。なお、波の高さや海面状況は自然条件に左右されるため一定ではないが、原則として膝から腿程度、すなわち概ね 0.5 m 前後の小波で、初心者に適した穏やかな条件下で実施した。

4. アウトカム

主要アウトカムは、開眼および閉眼条件下で測定された重心動揺総軌跡長とした。重心動揺は、重心動揺計 (T. K. K. 5810、SANKA Co., Ltd., Niigata, Japan) を用いて評価した。測定は 30 秒間、サンプリング周波数 20 Hz で行い、開眼条件および閉眼条件の各 1 回を測定した。後方視的観察研究であるため、測定時点および測定頻度は対象者ごとに異なった。

対照群のアウトカムは、レクリエーション活動群と同様に、開眼および閉眼条件下で測定された重心動揺総軌跡長を用いた。

5. 統計解析

レクリエーション活動群および対照群について、初回測定時および最終測定時の重心動揺総軌跡長を、対応のある t 検定により比較した。

また、レクリエーション活動群においては、実施回数に対する総軌跡長の縦断的变化を、反復測定が個人内にネストされた 2 階層構造を考慮し、ランダム切片およびランダムスロープを含む線形混合効果モデルにより評価した。結果は回帰係数 β および 95%信頼区間で示し、有意水準は両側 5%とした。性・年齢で調整した感度分析も追加した。

統計解析には STATA/MP 17 (StataCorp LLC, College Station, TX, USA) を用いた。

C. 研究結果

レクリエーション活動群および対照群の背景を表 1 に示す。レクリエーション活動群における実施回数に対する総軌跡長の縦断的变化を図 1、2 に示す。

アイスホッケー活動参加者の年齢は平均 29 歳で女性が 50%であった。アイスホッケー活動の観察期間は 34 ± 6.8 日、実施回数は 11 ± 2.4 回、累積実施時間は 10 ± 2.9 時間であった。閉眼時の重心動揺総軌跡長は、初回実施前 264.2 ± 78.0 mm から最終回実施後 214.7 ± 78.1 mm へ低下した ($P=0.002$)。

サーフィン活動参加者の年齢は平均 39 歳で女性が 50%であった。サーフィン活動の観察期間は 36 ± 22.3 日、実施回数は 5 ± 1.7 回、累積実施時間は 5 ± 2.9 時間であった。開眼時の重心動揺総軌跡長は、初回実施前 240.0 ± 30.6 mm から最終回実施後 174.7 ± 17.9 mm へ低下した ($P=0.002$)。

一方で、対照群は観察期間平均 248 ± 153.7 日間において、開眼および閉眼の重心動揺総軌跡長に変化は見られなかった (表 1)。

ランダム切片およびランダムスロープを含む線形混合効果モデルの結果を表 2 に示す。アイスホッケー活動参加者において、開眼および閉眼重心動揺総軌跡長は実施回数に対して線形な減少傾向を認め、特に閉眼重心動揺総軌跡長への効果が大きかった ($\beta=-4.65$)。性、年齢を追

加で調整しても同様であった。

サーフィン活動参加者において、閉眼重心動揺総軌跡長は統計学的に有意な変化を認めなかったものの、開眼重心動揺総軌跡長は、実施回数に対して線形な減少傾向を認めた ($\beta = -6.53$)。性・年齢を追加で調整しても同様であった。

D. 考察

本研究は、アイススポーツ経験のない健康成人を対象に、樹脂製人工アイスパネル上でのレクリエーションとしてのアイスホッケー活動と重心動揺の縦断的变化、およびマリンスポーツ経験のない健康成人を対象に、ロングボードを利用したレクリエーションとしてのサーフィン活動と重心動揺の縦断的变化をそれぞれ探索的に検討した。その結果、アイスホッケー活動では、観察期間中に開眼および閉眼条件下の重心動揺総軌跡長が低下し、特に閉眼条件でより大きな改善が認められた。サーフィン活動では、開眼条件下の重心動揺総軌跡長が低下した。一方、一般的な労働者集団から構成される対照群では、より長い観察期間にもかかわらず、開眼および閉眼条件下の重心動揺総軌跡長に明らかな変化は認められなかった。これらは、平衡機能を要するレクリエーション活動が、短期間で姿勢制御機能の改善と関連する可能性を示唆している。

重心動揺総軌跡長の低下は、静止立位時の身体動揺が少なくなり、姿勢制御が効率化したことを示す [6, 7]。アイスホッケーでは、低摩擦面上での滑走、方向転換、停止、パック操作などにより、支持基底面が不安定な状況で連続的に姿勢を調整する必要がある。このような課題は、視覚、前庭感覚、体性感覚の統合および重みづけの再構築を促し、予測的およびフィードバック型の姿勢制御を刺激すると考えられる。特に、閉眼条件で改善が大きかった点は、職場転倒予防の観点から重要である。実際の職場で

は、照度の低下、足元の視認性不良、作業対象への注意集中などにより、視覚情報が十分に利用できない状況が生じうる。視覚に頼らない姿勢制御を高める活動は、環境整備のみでは対応しきれない個人の身体機能面からの転倒予防策となる可能性がある。

サーフィン活動では、開眼条件で重心動揺総軌跡長の改善が認められた。サーフィンでは、波の動き、ボードの揺れ、進行方向、周囲の海面状況を視覚的に把握しながら、ボード上で姿勢を保持し、立ち上がり動作や荷重移動を行う必要がある。そのため、サーフンは視覚情報を活用した動的姿勢制御を強く刺激する活動であると考えられる。健康成人を対象とした横断研究においても、サーフィン実施者は非実施者と比較してバランス能力が良好であることが報告されており、サーフィンが平衡機能と関連する身体活動であることを支持している [5]。一方で、サーフィン競技には視覚に依存しない静的・動的バランス能力も重要であり、サスペンショントレーニングや従来型バランストレーニングによってこれらの能力が改善することも報告されている [8]。したがって、サーフンは視覚情報を用いた姿勢制御に加え、体性感覚・前庭感覚を含む非視覚依存性の姿勢制御も要求する複合的なバランス活動であると考えられる。本研究で開眼条件下の総軌跡長が改善したことは、初心者が波、ボード、進行方向などの視覚情報を利用しながら姿勢を調整するという、サーフィン特有の課題特性を反映している可能性がある。

また、サーフンは自然環境下で行われる活動であり、波の高さ、周期、海面状況などが一定でない。この不規則な外的環境に応じて、参加者は瞬時に重心位置を調整し、下肢・体幹を協調的に働かせる必要がある。特にロングボードは浮力が高く初心者にも使用しやすい一方で、ボード上での立位保持や方向制御には継続的な姿勢調整を要する。したがって、初心者に適し

た膝から腿程度の穏やかな小波であっても、サーフィン活動は平衡機能に対して十分な刺激を与える可能性がある。

アイスホッケーとサーフィンで改善が目立った条件が異なった点は、活動特性の違いを反映している可能性がある。アイスホッケーでは、低摩擦面上での滑走や方向転換を通じて、視覚情報に依存しない固有感覚・前庭感覚を含む姿勢制御が刺激されやすい。一方、サーフィンでは、波や進行方向を見ながら姿勢を調整するため、視覚情報を利用した姿勢制御がより強く刺激された可能性がある。このように、同じく平衡機能を要するレクリエーション活動であっても、活動特性に応じて改善しやすい平衡機能の側面が異なる可能性が示唆された。

職場実装の観点からは、樹脂製人工アイスパネルは冷却設備を必要とせず、屋内に比較的小規模なスペースを確保すれば実施可能である。従来の氷上リンクと比較して導入場所の制約が少なく、職場の健康増進イベント、研究施設内の運動プログラム、福利厚生活動などに応用しやすい。さらに、パスやシュートなどゲーム性のある要素を取り入れることで、単調なバランストレーニングに比べて参加者の動機づけを高め、ナッジを用いた身体活動促進策として展開できる可能性がある。

一方、サーフィンは自然環境に依存するため、日常的な職場内プログラムとして実施するには制約がある。しかし、サーフィンで要求される視覚情報を用いた姿勢制御、下肢・体幹の協調、動的バランス保持といった要素は、職場で実施可能なサーフィン型バランス運動、バランスボード、VR、室内型レクリエーション運動へ応用できる可能性がある。また、サーフィンおよび自然環境への曝露は、心理的ウェルビーイングにも関連する可能性が報告されており[9]、身体機能面だけでなくメンタルヘルス面を含めた健康増進プログラムとしての発展も期待される。したがって、サーフィン活動そのものだけ

でなく、その運動特性や心理社会的要素を抽出した職場実装型プログラムの開発にもつながる知見と考えられる。

本研究にはいくつかの限界がある。まず、後方視的観察研究であり、ヒストリカルコントロール群を用いたものの、同時対照群を設定した研究ではないため、因果関係を断定することはできない。次に、サンプル数が少なく、健康成人を対象としているため、高年齢労働者や転倒高リスク者への一般化には限界がある。また、測定間隔や活動内容は標準化されておらず、活動以外の生活習慣の影響や[11]、測定への慣れの影響を除外できない。さらに、アウトカムは重心動揺指標であり、転倒リスクとの関連は知られているものの[12, 13]、実際の転倒発生や労働災害の減少を直接評価したものではないため、結果の解釈には注意が必要である。

しかしながら、本研究の強みとして、アイスホッケーおよびサーフィン活動という、楽しさを伴うレクリエーション活動が、短期間で客観的な平衡機能指標の改善と関連する可能性を示した点が挙げられる。特に、アイスホッケーでは閉眼条件、サーフィンでは開眼条件で改善が認められたことから、活動特性に応じて異なる姿勢制御機能を刺激しうる可能性が示された。また、本研究の知見は、労働者が自発的かつ継続的に参加しやすい身体活動を設計するうえで、ナッジ等の行動経済学的アプローチによる労働災害防止の取組促進に資する可能性がある。

E. 結論

本研究により、平衡機能を要するレクリエーション活動は、比較的短期間で重心動揺を改善しうる可能性、および活動特性に応じて異なる姿勢制御機能を刺激する可能性が示された。今後は、より大規模な前向き研究により、職場の転倒予防プログラムとしての有効性と実装可能性を検証する必要がある。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

Zaitzu M, Watanabe K, Yajima M. Recreational Ice Hockey Activities on Synthetic Ice Panels May Improve Postural Sway: A Pilot Study. 24th Asian Congress On Occupational Health 2026 (2026年8月ク
チン, マレーシア. 発表予定)

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

文献

1. Kozinc Ž, Löfler S, Hofer C, Carraro U, Šarabon N. Diagnostic Balance Tests for Assessing Risk of Falls and Distinguishing Older Adult Fallers and Non-Fallers: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Diagnostics* (Basel). 2020;10(9):667.
2. Lai YR, Chiu WC, Ting CP, Chiang YF, Lin TY, Chiang HC, Huang CC, Lu CH. Postural sway serves as a predictive biomarker in balance and gait assessments for diabetic peripheral neuropathy screening: a community-based study. *J Neuroeng Rehabil*. 2025;22:123.
3. Kozinc Ž, Žura E, Brecl Jakob G.

Postural sway in multiple sclerosis patients: interaction of vision, surface, and fatigue effects. *Front Hum Neurosci*. 2025;19:1624969.

4. Zemková E, Kováčiková Z. Sport-specific training induced adaptations in postural control and their relationship with athletic performance. *Front Hum Neurosci*. 2023;16:1007804.
5. De Castro-Maqueda G, Rosety-Rodríguez MÁ, Rivero-Vila M, Del Rosario Fernández-Santos J, Abiko T. Surf's Up for Postural Stability: A Descriptive Study of Physical Activity, Balance, Flexibility, and Self-Esteem in Healthy Adults. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2025;10(3):290.
6. Kiefer AW, Armitano-Lago CN, Cone BL, Bonnette S, Rhea CK, Cummins-Sebree S, Riley MA. Postural control development from late childhood through young adulthood. *Gait Posture*. 2021;86:169-173.
7. Sullivan EV, Rose J, Rohlfing T, Pfefferbaum A. Postural sway reduction in aging men and women: relation to brain structure, cognitive status, and stabilizing factors. *Neurobiol Aging*. 2009;30(5):793-807.
8. Wang Z, Zhou J, Ma Y, Guo Z, Jia M, Zheng W. Effect of suspension training on the balance ability of surfers without relying on vision. *Front Physiol*. 2025;16:1594228.
9. Qawqzeh Y, Shraah AA, Rizwan A, Sánchez-Chero M, More LAV, Shabaz M. Exploring the effectiveness of virtual reality-based training for sustainable health and occupational safety in industry 4.0.

Sci Rep. 2025;15(1):28930.

10. Caddick N, Smith B, Phoenix C. The effects of surfing and the natural environment on the well-being of combat veterans. Qual Health Res. 2015 Jan;25(1):76-86.
11. Tsushima S, Watanabe K, Hirohashi S, et al. Occupational fall incidence associated with heated tobacco product use and lifestyle behaviors in Japan. Sci Rep. 2025;15:20035.
12. 財津 將嘉. 加齢の生理学① 高年齢労働者と生理学. 産業医学ジャーナル. 2026;49(1): 73-76.
https://doi.org/10.34354/ohpfjrn1.49.1_73
13. 財津 將嘉. 特集 高年齢労働者と労働災害(第5回・最終回)エイジフレンドリーな職場のこれから. ろうさい. 2026;68:6-11

表1 レクリエーション活動群および対照群の背景および特徴

変数	平均値（標準偏差）または n(%)		P 値 ^a
アイスホッケー， n=6			
女性	3（50%）		
年齢， 歳	29（12.0）		
観察期間， 日	34（6.8）		
実施回数， 回	11（2.4）		
1 回の平均値実施時間， 分	53（6.5）		
1 週間の平均実施回数， 回	2（0.2）		
累計実施時間， 時間	10（2.9）		
重心動揺測定	初回実施前	最終回実施後	
開眼総軌跡長， mm/30 秒間	178.1（41.6）	163.6（16.0）	0.37
閉眼総軌跡長， mm/30 秒間	264.2（78.0）	214.7（78.1）	0.002
サーフィン， n=4			
女性	2（50%）		
年齢， 歳	39（5.6）		
観察期間， 日	36（22.3）		
実施回数， 回	5（1.7）		
1 回の平均値実施時間， 分	65（17.5）		
1 週間の平均実施回数， 回	1（0.2）		
累計実施時間， 時間	5（2.9）		
重心動揺測定	初回実施前	最終回実施後	
開眼総軌跡長， mm/30 秒間	240（30.6）	175（17.9）	0.003
閉眼総軌跡長， mm/30 秒間	381（108.0）	308（60.7）	0.11
対照群， n=228			
女性	93（41%）		
年齢， 歳	47（13.8）		
観察期間， 日	248（153.7）		
重心動揺測定	初回	観察終了時	
開眼総軌跡長， mm/30 秒間	265.3（74.3）	263.9（80.3）	0.74
閉眼総軌跡長， mm/30 秒間	361.5（125.8）	357.5（146.7）	0.61

^a 対応のある t-検定

表2 重心動揺総軌跡長とレクリエーション実施回数の関連

変数	回帰係数 β (95%信頼区間) ^a	
	単変量	性・年齢調整
アイスホッケー		
開眼重心動揺総軌跡長		
実施回数	-1.72 (-3.15, -0.29)	-1.80 (-3.24, -0.36)
女性		15.8 (-0.123, 31.7)
年齢		-0.37 (-1.18, 0.44)
閉眼重心動揺総軌跡長		
実施回数	-4.65 (-6.77, -2.54)	-4.57 (-6.69, -2.45)
女性		48.7 (8.98, 88.4)
年齢		2.09 (0.21, 3.97)
サーフィン		
開眼重心動揺総軌跡長		
実施回数	-6.53 (-12.0, -1.08)	-8.71 (-16.8, -0.60)
女性		50.9 (23.4, 78.4)
年齢		-4.44 (-7.35, -1.54)
閉眼重心動揺総軌跡長		
実施回数	-5.70 (-17.2, 5.80)	-7.58 (-21.4, 6.27)
女性		162.3 (115.5, 209.0)
年齢		-3.24 (-8.18, 1.70)

^a回帰係数および95%信頼区間は、重心動揺の反復測定値が個人内にネストされた2階層構造を考慮し、ランダム切片およびランダムスロープを含む線形混合効果モデルにより推定

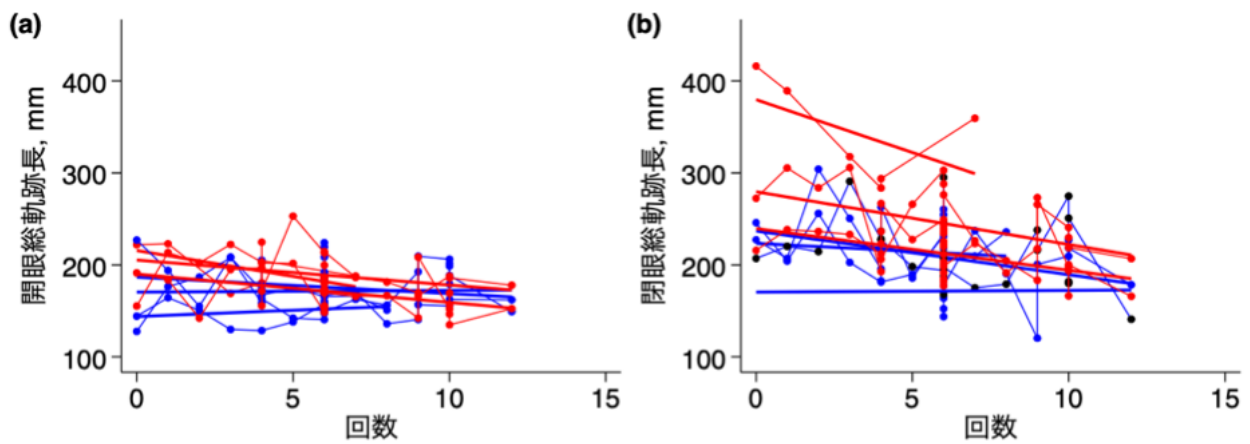


図1 レクリエーション活動で実施した Glice®樹脂製人工アイスパネル上でアイスホッケーの回数と (a) 開眼および (b) 閉眼条件下での 30 秒間重心動揺総軌跡長の推移. 参加者 (赤, 女性; 青, 男性) の測定値 (点) および回帰直線 (太線) を示す.

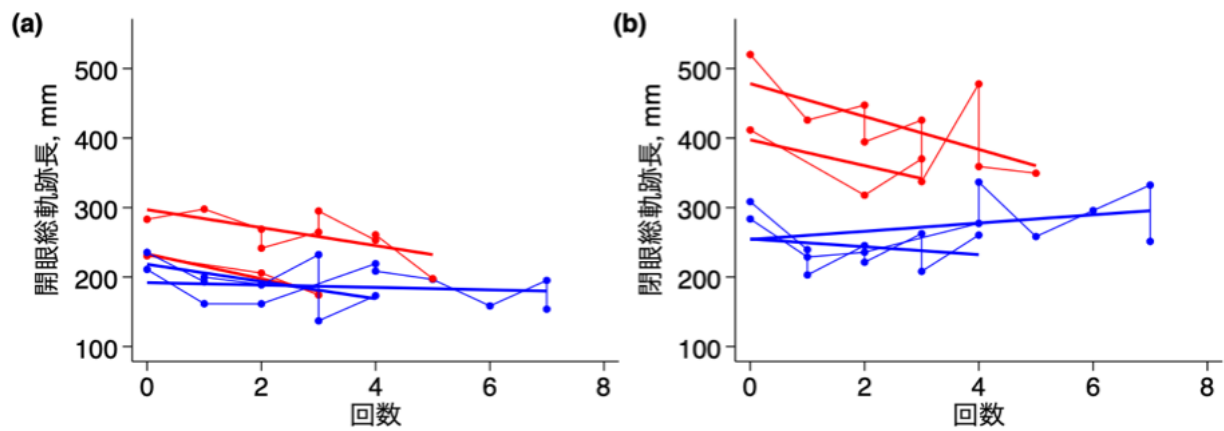


図2 レクリエーション活動で実施したロングボードのサーフィン回数と (a) 開眼および (b) 閉眼条件下での 30 秒間重心動揺総軌跡長の推移. 参加者 (赤, 女性; 青, 男性) の測定値 (点) および回帰直線 (太線) を示す.