

軽い運動による瞬き頻度の増減は 実行機能の向上効果の個人差と関連する

軽い運動による瞬き頻度の変化と実行機能（目標に向かって行動を制御する能力）向上効果との関係を調べました。軽運動後の安静時に自発性（無意識の）瞬き頻度は全体として増えませんでした。個人ごとのばらつきに着目すると、その増減が実行機能向上の個人差と関連することが示唆されました。

短時間のスローランニングのような軽い強度であっても、運動をすると、その後一時的に実行機能（目標に向かって行動を制御する能力）が向上することが分かっています。

本研究チームは、齧歯類を用いた実験から、軽運動が脳幹のドーパミン作動性神経やノルアドレナリン作動性神経を活性化させることを明らかにしており、これらの神経回路が脳機能向上に関与しているのではないかと考えています。しかし、技術的な限界もあり、軽運動がヒトの脳内で実際どのような変化を引き起こし、実行機能の促進をもたらしているのかは、いまだに決着をみていません。

「目は口ほどに物を言う」と言われるように、私たちが無意識のうちに行っている瞬き（自発性瞬目、以後は「瞬き」と表記）は、ドーパミン作動性神経の活動に敏感に反応する指標として注目されています。そのため、本研究チームは、運動後に瞬きの頻度が増加し、それが実行機能向上と関連するとの仮説を検証することにしました。具体的には、10分間の軽運動を実施した健常若年成人を対象に行った過去の実験データについて、ここでは瞬きに着目して解析しました。その結果、予想に反し、運動後に瞬き頻度の顕著な増加は確認できませんでした。しかし、個人差に着目すると、興味深いことにそのばらつきが運動後の実行機能の向上効果と関連していることが示唆されました。

今回の研究により、瞬き頻度を運動による脳への有益効果のバイオマーカーとして活用できる可能性が明らかになりました。測定環境の慎重な調整は必要ですが、瞬き頻度は目視やビデオでも簡単に測れるため、本研究チームは今後、運動意欲を重視した運動療法開発への応用を考えています。

研究代表者

筑波大学サイバニクス研究センター

征矢 英昭 客員教授

筑波大学体育系／ヒューマン・ハイ・パフォーマンス先端研究センター（ARIHHP）

桑水 隆多 助教

研究の背景

これまでの研究により、身体活動が脳の健康に有益な効果をもたらすことが示されています。本研究チームは、ストレスフリーで誰もが継続しやすい軽運動により、前頭前野に関連する実行機能^{注1)}が向上することを報告してきました。しかし、その神経回路メカニズムは未解明の部分が多いのが現状です。本研究チームは最近、動物モデルを用いた実験で、軽運動が脳幹のモノアミン作動性神経の一部を活性化することを明らかにしました¹⁾。しかし、ヒトでは方法論的な限界で詳細な検討が難しく、同様の神経機構がヒトの実行機能向上に関与しているかは明らかではありません。

「目は口ほどに物を言う」と言われますが、私たちが意識しないうちに行う瞬き（自発性瞬目^{注2)}、以後は「瞬き」と表記）の頻度は脳の覚醒状態、特にドーパミン作動性神経の活動に影響を受ける指標として注目されています²⁾。本研究チームは過去の横断研究で、安静時の瞬き頻度が高い若齢成人ほど持久力や実行機能が優れている傾向があることを報告しています³⁾。そのため本研究チームは、瞬き頻度がドーパミンと関係を持ち、身体活動効果を反映するバイオマーカーとして活用できるのではないかと考えました。本研究ではその次の段階として、短時間の軽運動が瞬き頻度にどのような影響を及ぼすのか、またその変化が、運動によって高まる実行機能とどのように関連するのかを検証することにしました。

研究内容と成果

本研究では、24人の健常な若年成人を対象に、運動による実行機能の向上効果を評価した過去の実験データ^{注3)}（Kuwamizu et al., 2023）を別視点から分析しました。具体的には、10分間の超低強度強度（最大酸素摂取量^{注4)}の30%）自転車運動と座位安静状態を別々の日に実施し、それぞれの前後の安静時3分間の自発性瞬きの頻度について分析しました（図1）。瞬きに意識がいかって結果に影響することがないように、参加者には瞬きが計測されることは伝えられませんでした。実行機能は、ストループ課題を用い、「ストループ干渉処理能力」（色のついた文字の意味に惑わされず、文字の色を判断する能力）を評価しました（図1）。

結果として、超低強度運動による自発性瞬目率の増加は確認されませんでした（図2A）。これは軽運動で瞬きが一貫して増えるのではないかという、元の仮説の立証に至らなかったことを示します。しかし興味深いことに、運動による瞬目率の個人ごとの変化のばらつきは非常に大きく、個人ごとの増減が運動による実行機能成績向上（ストループ干渉の減少＝認知的葛藤を処理する能力の向上）と有意に相関していることが分かりました（図2B）。このことは、運動によって変化する瞬き頻度から、個々人の実行機能の向上度合いを予測できることを示唆しており、瞬き頻度を非接触・非侵襲で計測できる新しいバイオマーカーとして活用できる可能性があることを示す成果です。

今後の展開

今回の研究では、運動による瞬き頻度の一貫した変化は確認できませんでしたが、瞬き頻度が認知機能向上の予測因子として有望であることが示唆されました。「瞬き」が身心の健康を反映する指標として応用可能となることが期待されます。瞬き頻度の変化に関係している可能性のあるドーパミンは、パーキンソン病や統合失調症に関わる重要な神経伝達物質であり、精神医学・薬理分野で注目されています。軽運動がこのような神経回路を通じて脳機能を高めるのかどうかについては、そのメカニズム研究を通じてより詳細に掘り下げる必要があります。

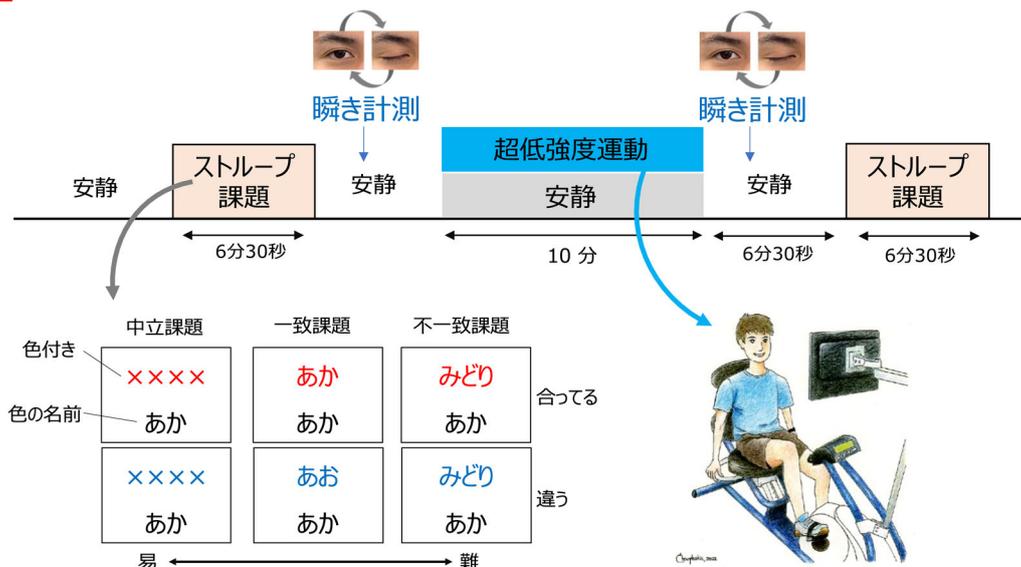


図1. 実験プロトコル

実験参加者は、運動条件と安静条件の実験にそれぞれ別の日に参加した。運動条件は最高酸素摂取水準の30%の自転車漕ぎ運動を10分間行い、安静条件は自転車の上で座位安静を維持した。さらに各条件とも前後にストループ課題を行った。この課題は、スクリーンに表示された下段の色の名前と上段の記号もしくは文字についた色が同じか、異なるかを答えるものである。上段に記号(XXXX)が示される中立課題や色と意味が一致している一致課題と比べて、不一致課題では上段の色とその意味が異なるため認知的な葛藤が生じ、反応時間遅延、正答率低下が起きる。この現象はストループ干渉と呼ばれ、不一致課題と中立課題の成績の差から算出される。この値が小さいほどストループ干渉処理能力(実行機能)が高いと評価した。実行機能が向上したことは報告済みだったが⁴、本研究では安静に座っている時に前の静止画面を見ている時の瞬きの数を詳細に分析した。

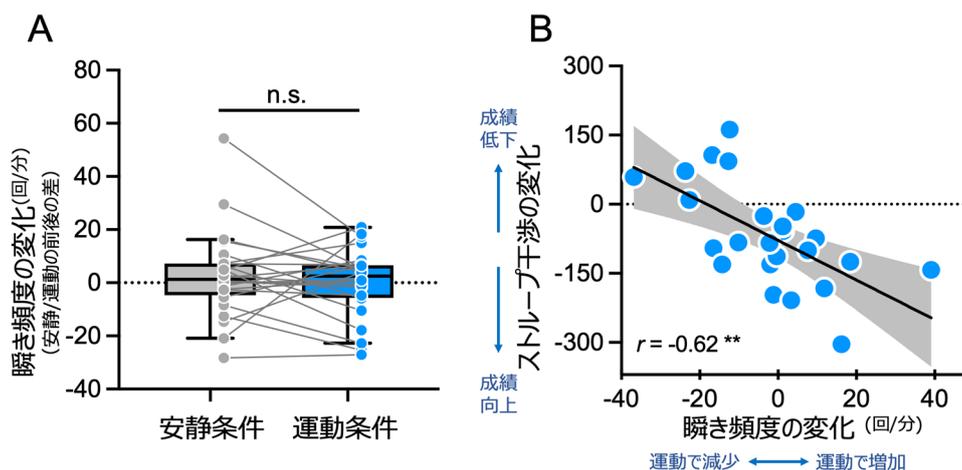


図2. 運動による瞬きの変化およびストループ課題成績との相関

- A. 運動前後と安静前後で有意な差はみられなかった。
- B. しかし、瞬き頻度の変化の個人差に着目し、ストループ干渉の変化との関係性を調べたところ、瞬きが増えた人ほど運動によってストループ干渉が減少(すなわち実行機能が向上)していたことが確認された。

参考文献

1. Hiraga et al. FASEB J, 38: e70215 2024
2. Demiral et al. Commun Biol, 5, 1015, 2022
3. Kuwamizu et al. Med Sci Sports Exerc, 53(7):1425–1433, 2021
4. Kuwamizu et al. NeuroImage, 277:120244, 2023

用語解説

注1) 実行機能

ある目的のために思考や行動、意識をコントロールする認知能力。古くから前頭前野が主に関わることが知られている。

注2) 自発性瞬目

瞬き（瞬目）は、意図的に行う随意性瞬目、外的刺激などによって反射的に起こる反射性瞬目、意識的な制御や外的刺激なしで無意識に行われる自発性瞬目の三つに分類される。安静時には、平均的には1分間に約20-30回程程度の自発性瞬目が行われることが知られている。本稿では自発性瞬目のみを扱い、一貫して瞬きと記述している。

注3) 過去の実験データ (Kuwamizu et al. 2023)

本研究では、先行研究⁴のデータセットの一部を活用し、別視点から検証した。前報では運動実施中の瞳孔動態に焦点を当てたのに対し、本研究では運動後の安静時における瞬き頻度を解析した。瞬きの特性上、瞳孔と測定タイミングが異なることに加え、瞳孔径と瞬き頻度は異なる機能や役割を持ち、別々の神経科学的背景と仮説があることを考慮している。データの二次的利用について明記した上で、掲載誌の「Brief Report」の基準に適合していることを確認した。

注4) 最高酸素摂取量

最大の有酸素運動時に取り込める酸素の最高値で、有酸素運動能力を示す指標である。個々の有酸素運動負荷を相対的に決定する際、この値を100%として、次のように運動強度を分類することができる：超低強度運動（酸素摂取水準の37%未満）、低強度運動（37–45%の酸素摂取水準）、中強度運動（46–63%の酸素摂取水準）、高強度運動（64–90%の酸素摂取水準）、および最大または最大強度に近い運動（酸素摂取水準の91%以上）。

研究資金

本研究は、科学研究費補助金基盤研究A（征矢英昭：21H04858、22H00494、24H00670）、科学研究費補助金特別研究員奨励費（桑水隆多：20J20893、23KJ1169）、若手研究（桑水隆多：24K20598）JST 未来社会創造事業（征矢英昭、JPMJMI19D5）、明治安田体力厚生事業団第34回若手研究者のための健康科学研究助成（桑水隆多）を受けて実施されました。また、本研究は筑波大学の海外研究ユニット招致プログラムの支援を受けました。

掲載論文

【題 名】 Resting-state blink rate does not increase following very-light-intensity exercise, but individual variation predicts executive function enhancement levels (超低強度運動後の安静時瞬目率は増加しないが、個人差が実行機能の向上レベルを予測する)

【著者名】 Ryuta Kuwamizu (桑水隆多/筆頭責任著者)^{1,2*}, Yudai Yamazaki (山崎雄大)¹, Naoki Aoike (青池直樹)^{1,2}, Dongmin Lee (李東旻)^{1,2}, Hideaki Soya (征矢英昭/責任著者)^{1,2*}

1.筑波大学体育系 運動生化学研究室

2.筑波大学体育系ヒューマン・ハイ・パフォーマンス先端研究センター(ARIHHP)

【掲載誌】 Journal of Physiological Anthropology

【掲載日】 2025年4月14日

【DOI】 <https://doi.org/10.1186/s40101-025-00390-x>

問合わせ先

【研究に関すること】

桑水 隆多 (くわみず りゅうた)

筑波大学体育系 助教

征矢 英昭 (そや ひであき)

筑波大学サイバニクス研究センター 客員教授

(研究当時：筑波大学体育系／ヒューマン・ハイ・パフォーマンス先端研究センター (ARIHHP) 教授)

URL: <https://soyalab.taiiku.tsukuba.ac.jp/>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

TEL：029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp