

氏 名 ダムロンタイ チョーパカ
学位の種類 博士（健康スポーツ科学）
学位記番号 博甲第 10335 号
学位授与年月 令和 4 年 3 月 25 日
学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当
審査研究科 人間総合科学研究科
学位論文題目 The Acute Effect of Slow Running on Executive
Function: An fNIRS Study

（一過性のスローランニングが実行機能に及ぼす効果：
fNIRS を用いたニューロイメージング研究）

主査	筑波大学教授	医学博士	征矢 英昭
副査	筑波大学准教授	理学博士	足立 和隆
副査	筑波大学教授	医学博士	大森 肇
副査	筑波大学准教授	博士（医学）	根本 清貴

論文の内容の要旨

ダムロンタイ氏の博士学位論文は、超低強度の運動であるスローランニングが、気分、実行機能（認知機能の一種）並びにその神経基盤に及ぼすポジティブな一過性効果を明らかにしている。その要旨は以下のとおりである。

【背景と目的】

近年、ランニングへの関心が高まり「ランニングブーム」といった現象が世界中で巻き起こっている。ランニングは、心理的な気分や認知機能を改善する効果をもつとされるが、その神経基盤については不明の点が多い。とりわけ、ストレスフリーな超低強度のスローランニングがどのように神経活性化を引き起こし、気分や実行機能を向上させるのかについてはほとんど報告がない。ランニングは、身体バランス保持や頭部への振動等によって、認知制御や気分調節に関与する前頭前野への上行性投射を調節する脳幹網様体賦活系を活性化し、これが覚醒を誘導、ひいては認知機能を高める可能性がある。

そこで本論文では、一過性のスローランニングが、気分、実行機能並びにその神経基盤に対してどのような影響を及ぼすかを明らかにすることを目的とし、2つの研究課題を設けて研究を行っている。研究課題1では、ランニングの気分、実行機能とその神経基盤に対する一過性の効果を検証するための運動モデル確立を目指している。先行研究では、中強度ペダリングが実行機能、前頭前野の活性化に対して有益な効果を及ぼすなどの報告があることから、運動モデルとして中強度ランニングにおける実験を設定し、これらの項目に対する運動効果を調べている。研究課題2では、この運動モデルをもとにスローランニング条件を設定。これが気分、実行機能並びにその神経基盤に及ぼす影響、更にそれらの相互連関を明らかにしている。その際、青斑核を中心とした脳幹網様体賦活系の活動を間接的に示す指標である瞳孔径と、脳に対する物理的な刺激を反映する頭部の加速度も測定し、脳における神経基盤に対する考察を深めている。

本研究では最終的に、スローランニングが気分や抑制制御に関与する前頭前野の下位領域を刺激することにより、気分や実行機能を高めるといった仮説を検証している。

【対象と方法】

研究課題 1 において著者は、運動モデル確立のため、26 名を対象として 50% $\dot{V}O_2\text{peak}$ で 10 分間の中強度ランニングと、その対照の 10 分間の安静を無作為の順序で実験を実施。その際、実行機能はストループ課題により、気分は二次元気分尺度により、両実験の前後で評価している。ストループ課題実施中の前頭前野の活動変化は機能的近赤外分光分析法 (fNIRS) を用いて解析している。研究課題 2 においては、この運動モデルをもとに、25 名の被験者を対象とし、35% $\dot{V}O_2\text{peak}$ で 10 分間のスローランニングと、その対照の 10 分間の安静時群を無作為の順序で実施している。10 分間のランニング時及び安静時の瞳孔径を計測。ランニング実験終了後に再度ランニングを実施し、頭部加速度を計測している。

【結果】

研究課題 1 では、著者は中強度のランニングが安静と比較し覚醒度を高め、ストループ干渉反応時間を短縮させること、更にこれまでのペダリング研究では報告がなかった快適度の向上並びに両側前頭前野の活性化を明らかにしている。研究課題 2 では、著者はスローランニングが対照の安静群と比較し、覚醒度や快適度を高め、実行機能の指標であるストループ干渉反応時間の短縮を確認。つまりスローランニングが、抑制的制御や気分制御に関与する左前頭前野下位領域を刺激することを明らかにしている。また、脳幹網様体賦活系の指標となる瞳孔径を増加させることに加え、脳神経機能に影響を及ぼすとされる頭部加速度変化の増加を明らかにしている。

【考察】

本研究では、10 分間のスローランニングが、抑制的制御と気分の調節に関与する前頭前野の下位領域を刺激することにより、気分と実行機能を高めるとする仮説が検証されている。そこでは、実行機能を担う前頭前野外側部の活性化パターンが、先行研究における超低強度のペダリングのパターンと類似していたが、快適度の向上にはスローランニングが有効であることを明らかにしている。

本論文では、全身運動であるスローランニングの特性について、脚を主導筋とするペダリングと比較し、前頭葉一辺縁系に関連した気分調節並びに実行機能に関連した脳領域の神経調節などをより効果的に誘導できる可能性を示唆している。また、頭部加速度と快適度との間に有意な相関を認めたことを踏まえ、スローランニングが快適度の増加を促す運動形態であることに加え、その要因としてランニング時の頭部振動の可能性を論じている。

本研究で得られた知見から、スローランニングは、幅広い年齢層にとって安全かつ身近で実用的であることなどから、人々の身体的・精神的な活動を奨励するという点で有意義とする見解を述べている。

最終的に著者は、スローランニングが気分や抑制制御に関与する前頭前野の下位領域の活動を高め、気分や実行機能を高めるとする仮説が証明されたと結論づけている。

審査の結果の要旨

(批評)

本論文は、先端的ニューロイメジング技術である fNIRS を用い、ヒトの運動とりわけスローランニングに特化した脳精神機能への有益性として実行機能の増進並びに快適気分の獲得を見出すとともに、実行機能促進と快適気分を同時に産み出す効果の背景として、左前頭前野外側部の活性化を提案した点に高い独自性が認められる。そして、スローランニングが気分や抑制制御に関与する前頭前野の下位領域を刺激することにより、気分や実行機能を高めるとする仮説を証明した点が高く評価できる。この知見はまた、昨今のスローランニングブームの背景を脳科学的に説明する点からも重要といえる。ただし著者は、運動効果とその神経基盤の直接的な関係性は未だ不明である点に留意すべきとする意見が出された。

令和 4 年 1 月 28 日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもと論文について説明を求め、関連事項について質疑応答を行い、最終試験を行った。その結果、審査委員全員が合格と判定した。

よって、著者は博士 (健康スポーツ科学) の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認める。