

マルチタスク運動は女性高齢者の「客観的な睡眠の質」を向上させる

頭を使う認知活動と体を使う身体活動を組み合わせた、いわゆるマルチタスク運動は、女性高齢者に対して、運動後の前頭前野の活性化を介して睡眠の質を改善させることを見いだしました。この知見は、高齢者の睡眠改善を目的とした運動プログラムの開発に資すると考えられます。

深い睡眠中には脳波の振幅が大きくなり、客観的な睡眠の質を定量的に表す指標となる「 δ （デルタ）パワー」が観察され、深い睡眠ほどデルタパワーの出現量が増加します。デルタパワーは、日中に体を動かすことや、頭を使う認知活動によって増加することが知られています。従って、身体活動と認知活動を組み合わせた、いわゆるマルチタスク運動が睡眠改善に更なる効果をもたらすと期待されます。一方、加齢とともに睡眠中のデルタパワーの出現量が減少すること、また、睡眠の質は、ホルモンの変化、特に性別によって影響を受けやすいことから、本研究では、女性高齢者を対象に、マルチタスク運動が睡眠の質に及ぼす効果を検討しました。

つくば市在住の健康な女性高齢者15名について、運動条件として、低強度の①単調な運動、②マルチタスク運動、中高強度の③単調な運動、④マルチタスク運動、そして比較対象としての⑤安静座位、の5つを設定して、それぞれを実施しました。各運動の前後で、脳（前頭前野）の活性度を計測するとともに、睡眠ポリグラフ検査を用いて睡眠段階とデルタパワーの出現量を評価した結果、低強度のマルチタスク運動を行うと、運動直後に前頭前野が活性化し、また、夜間の睡眠中のデルタパワーが増加することが分かりました。

以上のことから、低強度のマルチタスク運動は、高齢者の良好な睡眠獲得のための有効な運動形態であり、新たな運動プログラムの開発に資すると考えられます。

研究代表者

筑波大学体育系／国際統合睡眠医科学研究機構（WPI-IIIS）

大藏 倫博 教授

研究の背景

深い睡眠中には脳波の振幅が大きくなり、 δ （デルタ）パワー^{注1}と呼ばれるゆっくりした波長（0.75Hz~4.00Hz）が観察されます。デルタパワーは、睡眠が深いほど出現量が増加することから、睡眠の質を定量的に表す指標として注目されています。一方、加齢とともに睡眠構造は悪化し、高齢者は、若齢者に比べて深い睡眠（デルタパワーの出現量）の割合が減少します。

睡眠中のデルタパワーの出現量は、体を使う身体活動や頭を使う認知活動によって増強されることが知られています。従って、身体活動と認知活動を組み合わせた、いわゆるマルチタスク運動によって睡眠改善に対するさらなる効果が期待されます。

そこで本研究では、マルチタスク運動が高齢者の睡眠の質に与える影響を単調な運動との比較にて明らかにすることを目的としました。

研究内容と成果

本研究では、睡眠の質は、ホルモンの変化、特に性別によって影響を受けやすいことから、対象者を女性に限定し、医師から運動制限を受けてないこと、睡眠障害と診断されてないこと、睡眠薬を服薬してないこと、65-79歳であること、の条件を満たす茨城県つくば市在住の高齢者15人（平均72.8±3歳）を機縁法により募集しました。対象者は、低強度の①単調な運動、②マルチタスク運動、中強度の③単調な運動、④マルチタスク運動、そして比較対象（コントロール試行）としての⑤安静座位、の計5つの試行条件をランダム順に行う無作為化クロスオーバー試験^{注2}を行いました。各対象者は、全ての試行条件をそれぞれ最低1週間の間隔をおき、約6週間かけて実施しました。単調な運動としては踏み台昇降運動を、マルチタスク運動としてはスクエアステップエクササイズ^{注3}を採用しました。また、低強度は最大心拍数^{注4}の35~40%、中高強度は60~70%と設定しました。運動前後に、前頭前野の活性化^{注5}を計測し、各試行条件による脳の活性化度を比較したところ、低強度のマルチタスク運動後に前頭前野の活性化度が有意に高まることが示されました（図1）。

また、睡眠ポリグラフ検査^{注6}を用いて睡眠中の脳波データを取得し、デルタパワーの出現量を算出した結果、低強度のマルチタスク運動を実施した時に出現量が多くなることを確認しました（図2）。さらに、低強度のマルチタスク運動による前頭前野の活性化が高くなるほど、睡眠中のデルタパワーの出現量も多くなることが分かりました（図3）。

以上のことから、高齢者の睡眠改善策として、マルチタスク運動という新たな形態の運動プログラムの有効性が示されました。

今後の展開

本研究により、高齢者における低強度のマルチタスク運動の実践が、運動後の前頭前野の活性化を介して睡眠中のデルタパワーの出現量を増強することが明らかになりました。しかしながら、この知見は、睡眠の質に対するマルチタスク運動の一過性の効果にとどまっており、今後さらに、長期的な効果の検証が求められます。

参考図

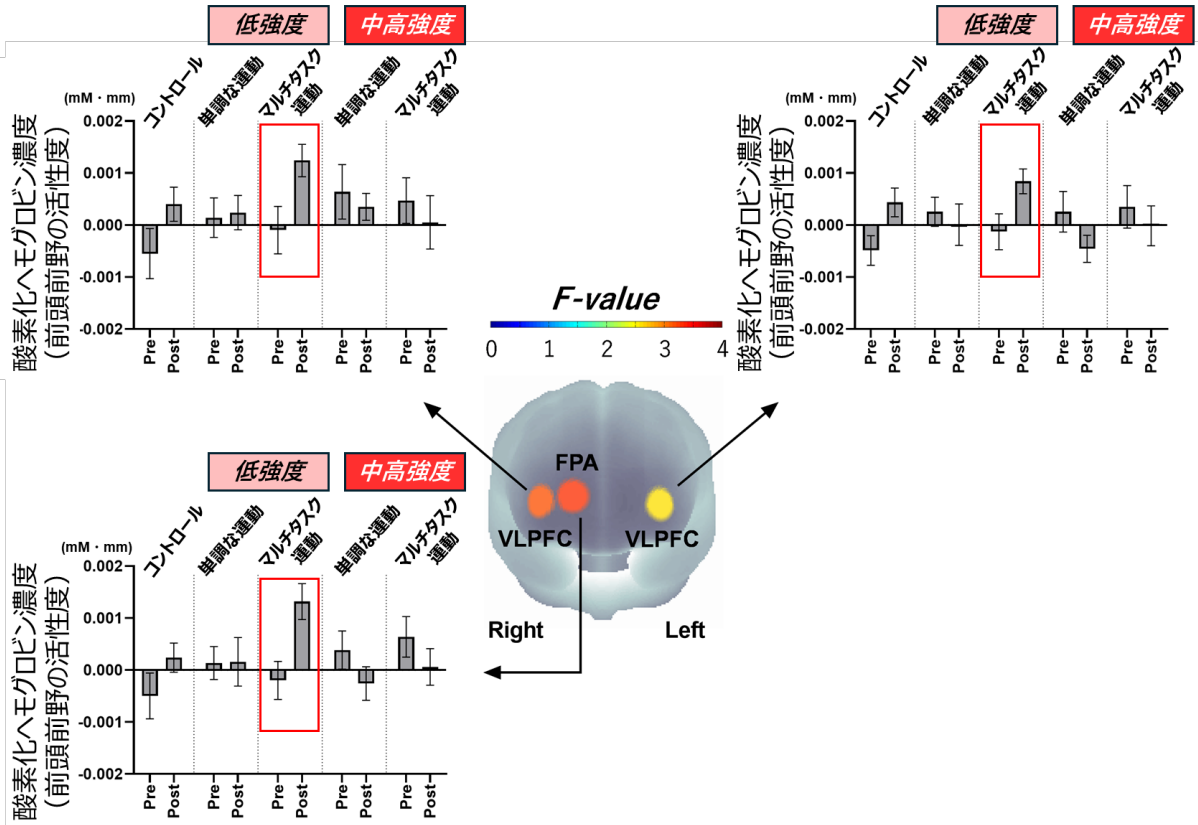


図1 各試行条件における前頭前野の活性化度

各試行前後に前頭前野の血流変化を計測し運動による前頭前野の活性化度を評価した。統計的に有意な活性化が認められた領域を特定するために F-value (データのばらつきを評価する指標) を算出した。この値が大きいほど、異なる試行間での前頭前野の活性化度の違いが顕著であることを示す。低強度のマルチタスク運動を行ったとき、前頭前野の中でも左右両側の VLPFC (腹外側部、上図) と右側の FPA (前頭極、下図) で統計的に有意な活性化が見られた。

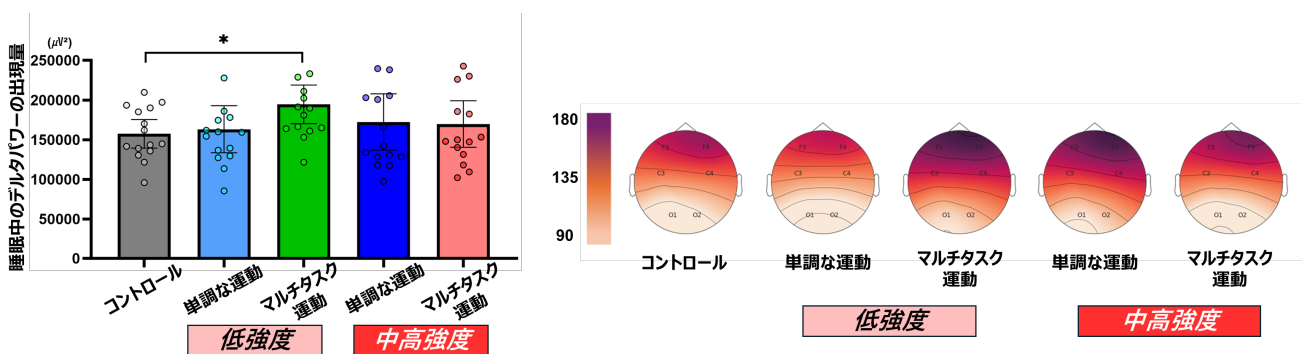


図2 各試行条件ごとの睡眠中のデルタパワーの出現量

左側のグラフは、低強度のマルチタスク運動条件の時に、安静座位のコントロール条件に比べて統計的に有意に睡眠中のデルタパワーの出現量が多かったことを示す。また、右側の図は、睡眠中のデルタパワーの出現の脳内分布で、色が濃いほど出現量が多いことを示す。

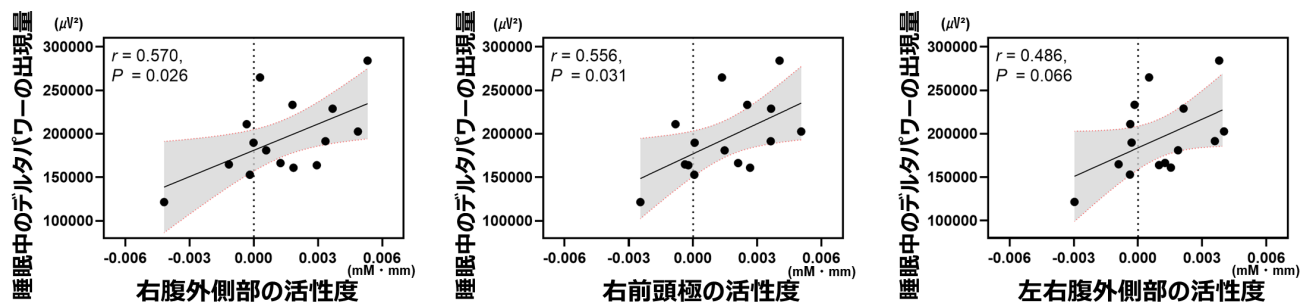


図3 低強度のマルチタスク運動によって有意な活性化が見られた前頭前野の領域（図1参照）の活性化度と睡眠中のデルタパワーの出現量との相関関係

運動直後に前頭前野の活性化が高くなるほど、睡眠中のデルタパワーの出現量も多くなる結果を示す。

用語解説

注1) δ （デルタ）パワー

脳波は、周波数（1秒あたりの波形の数）の違いから、アルファ波、ベータ波、シータ波、デルタ波に分けられる。デルタ波は徐波とも呼ばれ、0.75Hz～4.00Hz（ヘルツ）のゆっくりした大きな波形を示し、睡眠の質の評価に用いられる。

注2) 無作為化クロスオーバー試験（Randomized crossover trial）

参加者がすべての試験条件を一定期間空けてランダム順に行う臨床試験の一種。

注3) スクエアステップエクササイズ（Square-Stepping Exercise、SSE）

25cm四方の枠を横4個、縦10個並べたマット上で、指示されたパターン従って、前後・左右・斜め方向へ連続的にステップしながら全身を移動させる運動。注意力、集中力、記憶力などを駆使し、身体を巧みにコントロールしなければ遂行できないよう工夫されていることから、身体機能だけでなく脳機能へも好ましい効果をもたらすことが期待されている。

注4) 最大心拍数

運動負荷を最大にした時に、1分間に心臓が打つ心拍数のことで、運動強度の目安としてよく使われる。個人の生理的な限界を示し、一般に、年齢とともに低下する。

注5) 前頭前野の活性化

前頭前野は、大脳新皮質の一部である前頭葉の前側半分を占める脳領域で、高度な認知活動を営む部位。認知活動時には活動部位の脳血管が拡張し脳血流が急激に上昇することから、脳血流の動態を確認することで、その部分の活性化が評価できる。

注6) 睡眠ポリグラフ検査（Polysomnography）

睡眠の質や異常を詳しく調べるための検査。睡眠中の脳波や筋電図を記録することで、睡眠の深さやステージ（レム睡眠、ノンレム睡眠など）を判別できる。

研究資金

本研究は、国立研究開発法人科学技術振興機構（JPMJMI19D8, JPMJPF2017）、世界トップレベル研究拠点プログラム（WPI）、日本医療研究開発機構（JP21zf0127005）の支援を受けて実施されました。

掲載論文

【題 名】 Multi-task exercise increases delta power in non-rapid eye movement sleep among older female adults: A randomized crossover trial.

(女性高齢者においてマルチタスク運動はノンレム睡眠中のデルタパワーを増加させる：無作為化クロスオーバー試験)

【著者名】 Jaehee Lee, Koki Nagata, Jaehoon Seol, Kumpei Tokuyama, Masashi Yanagisawa, and Tomohiro Okura

【掲載誌】 *NeuroImage*

【掲載日】 2025年2月27日

【DOI】 10.1016/j.neuroimage.2025.121105

問合わせ先

【研究に関すること】

大藏 倫博 (おおくら ともひろ)

筑波大学 体育系 教授

URL: <https://okuralab.jp/>

【取材・報道に関すること】

筑波大学 国際統合睡眠医科学研究機構 広報担当

E-mail: wpi-iiis-strategy@ml.cc.tsukuba.ac.jp

URL: <https://wpi-iiis.tsukuba.ac.jp/japanese/>