

氏名（本籍） 邊 垧鎬
 学位の種類 博士（体育科学）
 学位記番号 博甲第 7404 号
 学位授与年月 平成 27 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 ヒトの実行機能は低強度運動で高まるか
 : 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	筑波大学教授	医学博士	大森 肇
副査	筑波大学教授	博士（心理学）	坂入 洋右
副査	筑波大学教授	博士（体育科学）	前田 清司

論文の内容の要旨

（目的）

本研究では、機能的近赤外線分光装置（fNIRS）を用い、ヒトの実行機能は低強度運動で高まるかとその神経基盤を明らかにすることを目的とした。

（対象と方法）

本研究では、健常な若齢成人 25 名および高齢者 30 名を対象とし、2 つの課題、低強度運動で若齢成人の実行機能は高まるか（研究課題 1）、低強度運動は高齢者の実行機能の改善に有効であるか（研究課題 2）を設定した。各研究課題では、まず 10 分間の一過性低強度運動によって増加する皮膚血流などの生理的なパラメーターが安静時レベルまで回復する時間を検討することで、低強度運動後に fNIRS（ETG-7000, Hitachi Medico, Japan）を用いて認知課題中の事象関連脳血流応答を測定可能な実験プロトコルを作成した。その後、低強度運動（30%V(・)02peak）の前後に Color-word matching Stroop 課題（CWST）を行わせ、反応時間のストロープ干渉から実行機能を評価した。課題中は、fNIRS を前額面に装着させ、前頭前野の事象関連局所脳血流応答を測定した。さらに、二次元気分尺度（TDMS）を用い運動による覚醒度と快適度の変化を測定し、課題パフォーマンスおよび脳活動との関係を検討した。

（結果）

研究課題 1 では、fNIRS による事象関連脳血流応答の測定に悪影響を及ぼす循環指標（皮膚血流など）の運動後の回復過程を運動強度別にモニタリングし、低強度の場合、運動後 5 分で fNIRS 測定が可能なことを確認し、低強度運動後に fNIRS 測定するための実験条件を確立、これを用い健常

な若齢成人において一過性の低強度（最高酸素摂取量の 30%）運動が前頭前野の左背外側部や前頭極を活性化することで実行機能を高めること、さらに、その効果が運動時の覚醒レベルの増加と関係することを明らかにした。

研究課題 2 では、健常な高齢者を対象とし、10 分間の低強度運動後における事象関連脳血流応答を fNIRS で測定するための実験条件を検討し、若齢成人と同様に運動 5 分で fNIRS 測定が可能であることを明らかにした。そして、そのプロトコルを用い、高齢者でも若齢成人と同様に、低強度運動により覚醒に関わる前頭前野の左背外側部と前頭極の神経活動が亢進し、実行機能が高まることを明らかにした。

（考察）

本研究により、健常な若齢成人及び高齢者の実行機能は、一過性の低強度運動でも高まること、その神経基盤として運動による覚醒度の増加に関わる前頭前野の左背外側部と前頭極の神経活動の亢進が関係することを初めて明らかにした。また、この効果は高齢者でもみられたことから、加齢や疾病などで体力と実行機能がともに低下している脆弱な人々に対しても実行機能を高める低強度の運動効果が期待できる。

審査の結果の要旨

（批評）

本論文は、運動継続性を担保し、かつ楽しく行える低強度の運動がヒトの高次認知機能である実行機能を高めるのに有効であるかを検証することを目的とし、実行機能の評価課題であるストループ課題と、脳機能向上の詳細な神経基盤を検討できる fNIRS を用いたニューロイメージング研究である。

本研究ではまず、運動によって増加する皮膚血流や中大脳動脈血流などの生理的パラメーターが、認知活動時の脳活動を事象関連脳血流応答として評価する fNIRS 測定のノイズになる可能性を検討した。若齢成人および高齢者において、10 分間の低強度運動後における fNIRS で脳活動を測定可能なタイミングを検討。運動終了 5 分後には生理的パラメーターが安静レベルに戻ることを確認し、実行プロトコルを確立した。その後、確立された実験プロトコルを用い、一過性の低強度運動が健常な若齢成人および高齢者において、前頭前野が司る実行機能向上させるか、さらに、その神経基盤としてストループ課題関連脳部位の神経活動の亢進が関与するかを検討した。その結果、実行機能パフォーマンスは加齢によって低下するが、若齢成人と同様、高齢者においても一過性の低強度運動は、認知的葛藤であるストループ干渉による反応時間を短縮させること、さらに、その機能向上の背景には、ストループ課題関連脳部位である前頭前野の左背外側部と前頭極の脳活動の亢進が関与することが明らかになった。加えて、覚醒度や快適度の変化を数量化する二次元気分尺度 (TDMS) を用い、若齢成人において、運動による覚醒度の増加は実行機能パフォーマンス向上や課題関連脳部位の神経活動の亢進と相関関係があることが明らかとなり、高齢者においては快適な覚醒度を表す活性度の増加が、実行機能向上や脳活動の亢進に関与する可能性が示唆された。すなわち、10 分間の軽い運動で注意・集中、判断能力を司る脳部位の活動が、覚醒の増加とともに高まることが初めて明らかになった。本研究において明らかとなった低強度運動による実行機能向上の脳内機構として、低強度運動誘発性の覚醒システム（コリン作動性神経）の関与が考えられる。今

後の課題として、一過性の低強度運動が実行機能を高める生理メカニズムに前頭前野機能におけるコリン作動性神経の働きが関与するかを、特異的なアセチルコリン受容体の拮抗薬を用いるなどして明らかにする必要がある。

本論文の知見は、だれでも行いやすく、親しみやすい身体文化である東洋的身体技法などをより積極的に生活に取り入れることで、生活の質の向上ひいては認知症予防など、いわゆる脳フィットネスライフの推進に寄与することが期待されることから、該当分野において大きく貢献すると考えられる。

平成27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（ 体育科学 ）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認める。