

| | |
|---------|---|
| 氏名 | 権藤 雄一 |
| 学位の種類 | 博士（体育学） |
| 学位記番号 | 第5号 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第2項該当 |
| 学位授与年月日 | 平成21年6月22日 |
| 学位論文題目 | Effects of aerobic exercise training on brain structure and psychological well-being in young adults (J. Sports Med. Phys. Fitness, in press) |
| 論文審査委員 | 主査 教授 竹倉 宏明 副査 教授 齋藤 和人 副査 准教授 濱岡 隆文 |

論文概要

There is convergent evidence that exercise increases psychological well-being; however, the mechanism of this psychological effect of exercise is not yet completely understood. Structural changes in the brain have been reported among psychiatric patients such as those who suffer from major depression and posttraumatic stress disorder (PTSD). These structural differences are predominantly found in the limbic and paralimbic systems including the insula and basal ganglia. Since these regions are involved in generation and regulation of emotional states, they appear to play roles in the pathogenesis of some psychiatric diseases. In addition, recent studies have revealed that adult brain structure changes in response to learning and environmental demands. Furthermore, animal studies have reported that voluntary exercise promotes cell proliferation in the hippocampus, and that hippocampal neurogenesis was associated with antidepressant effects of exercise. It may thus be that the brain structural changes caused by exercise contribute to its psychological benefits. The purpose of the present study was to examine the effects of aerobic exercise training on brain structure and psychological well-being in young adults. The hypothesis of this study was that the limbic and paralimbic structural changes are related to the effect of exercise in improving mental health.

University students who had not regularly exercised were divided into training group (n=15) and control group (n=15). The training group performed a total 30 periods of aerobic exercise training, while the control group did not perform. Whole-brain magnetic resonance imaging scans and mental health questionnaire examinations were performed before and after the exercise training period for all of the participants. A voxel-based morphometry (VBM) analysis was used to compare the changes in gray matter volumes in the two groups. VBM is an objective whole-brain technique for characterization of regional cerebral volume and tissue concentration differences in structural magnetic resonance images.

The results of VBM analysis revealed no change in gray matter volume in the training group, although the gray matter volume of the left insula was significantly decreased in the control group after the exercise training period. The training group exhibited significant improvement in some scores on the mental health questionnaire after the exercise training period, compared with the control group.

The insula is a region involved in fundamental multimodal sensory integration and linked with the limbic system, and plays a role in the generation of affective states in response to emotional stimulation. One morphometric study demonstrated that abnormalities in the insula were present in patients with schizophrenia in the early stages of illness. This abnormality was also related to the severity of psychotic symptoms in schizophrenia. In addition, meditation has been reported to be associated with increase in the cortical thickness of the insula in human brain. Some previous studies demonstrated that regular practice of meditation reduces anxiety and has positive effects on practitioners. This region thus appears to be important in sustaining psychological well-being. Maintenance of insula gray matter volume by exercise may be related to the psychological effects of exercise.

In addition, Williamson *et al.*(1997) found that the left insula is activa

ted during transient exercise and related to autonomic regulation. Autonomic function is closely related to mental state, and transient exercise is known to improve mood. Therefore, the activation of the insula induced by exercise may also be associated with improvement of mood. It is speculated based on our findings that transient activation of the insula and improvement of mood after exercise training may prevent loss of gray matter volume.

These findings suggest that aerobic exercise training may inhibit gray matter volume loss in the insula, and that a relationship may exist between preservation of insula gray matter and improvement of psychological well-being by aerobic exercise training.

論文概要（和訳）

運動が精神的健康度を高めるという証拠が報告されている。この効果のメカニズムには不明な点が多く、詳細は不明である。脳の構造的変化が、鬱病や心的外傷後ストレス障害（PTSD）を患っているような精神病患者の間で報告されている。精神病患者に特異的な構造的な相違は、主に島と基底核を含む大脳辺縁系と傍辺縁系において観察されている。これらの脳領域は、感情の状態の生成と調整に関与していることから、数種類の精神的疾患の原因に関係があると考えられる。最近の研究では、大人の脳構造が学習や環境の要求に応じて変化することが報告されている。また、動物実験の結果、自発的な運動が海馬において細胞増殖を促進し、海馬の神経発生が運動の抗鬱薬効果と関係していることが報告されている。従って、運動に起因する脳構造の変化は、その精神的利益に貢献する可能性は否定できない。本研究は、若年者を対象として、有酸素運動トレーニングが脳構造と精神的健康に及ぼす影響を検討し、大脳辺縁系と傍辺縁系の変化がメンタルヘルスの改善における運動の効果と関連している可能性を明らかにすることを目的とした。

定期的な運動をしていない大学生を、トレーニング群（n=15）とコントロール群（n=15）に分類した。トレーニング群には、1回60分の有酸素運動トレーニングを全部で30回行わせ、コントロール群には特別なトレーニングを行わせなかった。脳全体の磁気共鳴画像（MRI）の撮影とメンタルヘルスアンケートの検査は、参加者全員に運動トレーニング期間の前後に実施した。2つのグループの灰白質量の変化を比較するために、voxel-based morphometry（VBM）法を用いた。VBMは、形態の異なる

各個人の脳のMRIを、それぞれ標準脳とよばれるテンプレートに当てはめて標準化し、標準化したそれぞれの脳を灰白質と白質に分け、部位ごとの灰白質量を比較するための方法である。

トレーニング群において灰白質量は変化を示さなかったが、コントロール群において左島の灰白質量が、実験期間後に有意に減少した。トレーニング群では、運動トレーニング期間後に、メンタルヘルスアンケートのいくつかのスコアにおいて有意な改善を示した。

トレーニング群とコントロール群の間で変化の違いが見られた島は、多様な感覚の統合に関与しており、辺縁系と関連した領域であるとされている。さらに、感情を生み出す領域としても役割を果たしている。統合失調症の初期段階の患者においては、健常者と比較して島の皮質表面のサイズと灰白質量の有意な減少が観察され、統合失調症の症状が重篤なほど、島の皮質表面のサイズや灰白質量の減少がみられるという報告がある。更に、瞑想の実施は人間の脳の島の皮質厚の増大と関係しており、瞑想の定期的な実施は不安を軽減し、熟練者においてはポジティブな影響をもたらすことが報告されている。すなわち、島は精神的健康を維持するために重要であり、運動による島灰白質量の維持は、運動の精神的効果の改善に関連があると考えられる。またウィリアムソンらは、左島は一時的な運動中に活性化され、自律的な調整に関係があることを報告している。自律的機能は精神状態に密接に関連しており、一時的な運動は気分を改善することが知られている。従って、運動によって引き起こされる島の活性化は、気分の改善に関係している可能性が考えられる。このことから本研究のトレーニング群は、運動トレーニングによって島の活性化を引き起こし、灰白質量の減少を抑え、気分の改善をもたらしたのかもしれない。

本研究は、有酸素運動トレーニングは島の灰白質量の減少を抑制し、灰白質の維持と精神的健康の改善の間に何らかの関係がある可能性を示唆している。

論文審査の要旨

学位論文は、若年者を対象として、有酸素運動トレーニングが脳構造と精神的健康に及ぼす影響を検討し、脳構造の形態変化がメンタルヘルスの改善における運動の効果と関連している可能性を明らかにすることを目的としている。トレーニング群において灰白質量は変化を示さなかったが、コントロール群において左島の灰白質量が、実験期間後に有意に減少した。トレーニング群では、運動トレーニング期間後に、メンタルヘルスアンケートのいくつかのスコアにおいて有意な改善を示した。本

研究は、有酸素運動トレーニングは島の灰白質量の減少を抑制し、灰白質の維持と精神的健康の改善の間に何らかの関係がある可能性を示唆している。審査会においては、研究内容及び関連する研究について発表が行われ、続いて発表に対する質疑応答が行われた。