

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 23 日現在

機関番号：32610

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16363

研究課題名(和文) 有酸素運動が運動野可塑性と運動学習に与える影響

研究課題名(英文) Enhancement of motor acquisition and retention before priming of aerobic exercise

研究代表者

大塚 裕之(Hiroyuki, Ohtsuka)

杏林大学・医学部・非常勤講師

研究者番号：70708544

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、中枢神経疾患に対する有酸素運動と運動スキルトレーニングの併用療法の開発を念頭に、運動学習の獲得・保持を促進させる有酸素運動の最適な条件を探索し、その神経基盤について検討した。その結果、低強度・中強度・高強度のいずれの強度の有酸素運動のプライミング刺激により、運動学習の獲得や保持が向上した。さらに運動学習の直後に運動野の興奮性が増大することが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：In this study, we examined the optimal conditions of anaerobic exercise to promote the acquisition and retention of motor learning, with consideration of the development of combination therapy of aerobic exercise and motor skill training for central nervous system disease. As a result, acquisition and retention of motor learning were enhanced by priming of light, moderate, and vigorous intensity of anaerobic exercise, and the excitability of the motor cortex was increased immediately after motor learning.

研究分野：神経科学

キーワード：motor learnig aerobic exercise

1. 研究開始当初の背景

現在、本邦において、骨髄幹細胞を静脈内投与し、脳卒中後に中枢神経の可塑性を強化する治療方法が考案され、医師主導治験の phase2 まで進んでいる(Honmou et al.,2011 Brain)。このため、近い将来の再生医療の実現を見据えた、中枢神経可塑性を促し、機能回復を促進させるためのリハビリテーションプログラムの開発は極めて重要な意味を持つと考えられる。

近年、脳卒中患者に対し、反復経頭蓋磁気刺激を運動野へ与え、神経可塑性を誘導した状態でリハビリテーションを行うことで運動機能回復を高める効果が示されてきている(Khedr et al.,2005 Neurology)。しかし、これらの神経生理学的手法を行うためには、高額な機器、高い技術を持ったオペレーターを要するために、標準的な治療法となっていない。したがって、より簡便で、安価な方法で神経可塑性を促し、脳卒中患者の運動機能回復を促進させるための新たなリハビリテーション法の開発が必要となっている。

脳卒中患者の運動機能回復を促進させるための方法として、有酸素運動と運動学習の併用による運動学習促進効果に着目した。有酸素運動の間接的な影響として、呼吸・循環器系や筋・骨格筋系への効果が良く知られているが、近年、直接的な影響として中枢神経系に対しても様々な影響を与えることが明らかにされつつある。例えば、有酸素運動直後に、BDNF・NT-3 などの脳神経由来神経栄養因子を介した神経可塑性、神経新生、神経保護作用を高める効果が着目されている。この効果により、有酸素運動と運動学習を併用することで、脳卒中患者における運動学習の促進に貢献する可能性が期待されている(Mang et al.,2013 Phys Ther)。しかし、運動学習を促進させる運動強度については未だ議論が残されている。また、有酸素運動後における運動野の可塑性や運動学習との関係性についても明らかにされていない。

2. 研究の目的

本研究は、3 年間の研究期間を設け、運動学習の獲得・保持を促進させる有酸素運動の最適な条件を探索し、その神経基盤を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

被験者は健康成人であった。研究の参加については、ヘルシンキ条約を順守し、実験内容等を説明した後、同意を得た。

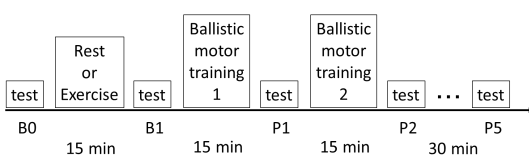


図1 実験スケジュール

(1) 一過性の中強度有酸素運動が ballistic motor training の運動学習に与える影響

< 運動条件 >

被験者は有酸素運動条件 (Exercise) と安静条件 (Rest) をそれぞれ別の日程で実施した。有酸素運動条件では、リカンベント式エルゴメータ (Technogym Recline 600; Gambettola, Italy) を使用し、心拍数を最大心拍数の 64% ~ 76% (中強度有酸素運動) でモニターしながらペダリングの負荷量を調節した。安静条件では、椅坐位にて安静を保持させた。それぞれ、運動学習課題の前に 15 分実施した。

< 運動課題 >

Ballistic motor training と試験課題 (test) は、0.25Hz の音信号を手掛かりに右示指外転運動を行った。右示指先端に加速度センサ (DL-111; S&ME, Tokyo, Japan) を貼付した。右示指外転運動時の加速度のピークを計測し、課題獲得能力の指標とした。

< 運動学習課題 (Ballistic motor training) >

計測された加速度を目の前のモニタにフィードバックし、最初のピークを大きくする様努力させた。15 分間で 225 回の右示指外転運動を行った。各運動条件で 2 セット行った (Ballistic motor training1, Ballistic motor training2)。

< 試験課題 (test) >

加速度をフィードバックせず、可能な限り素早く運動する様指示した。1 分間で 15 回の右示指外転運動を行った。各運動条件で、運動条件前 (B0)、運動条件後 (B1)、Ballistic motor training 1 後 (P1)、Ballistic motor training 2 直後 (P2)、10 分後 (P3)、20 分後 (P4)、30 分後 (P5) に実施した。

(2) 有酸素運動の強度が ballistic motor training の運動学習に与える影響

上記 (1) の運動条件を、低強度 (57~64%) 中強度 (64~76%)、高強度 (76~96%)、安静条件と負荷を変え、それぞれ別の日程で実施した。運動学習課題、試験課題は同様であった。

(3) 有酸素運動後の運動学習が一次運動野の興奮性に与える影響

本研究課題では、一次運動野の興奮性を間接的に計測するために、経頭蓋磁気刺激装置 (TMS) を用いた。TMS は、被験者の頭の表面に置いたコイルから磁場を瞬間的に発生させ、電磁誘導により生体内に渦電流を誘導し、頭蓋骨下の脳皮質の神経細胞を興奮させる方法である。TMS を一次運動野に使用した場合、筋電計 (Electromyography: EMG) によって計測可能な運動誘発電位 (Motor evoked potential: MEP) を引き起こす。

本研究では、右示指外転の主動作筋である右第一背側骨間筋 (First Dorsal Interosseous: FDI) へ記録電極を貼付し、TMS を左一次運動野へ与え MEP を記録し、運動学習前後の一次運動野の興奮性を観察した。

4. 研究成果

(1) 一過性の中強度有酸素運動は運動学習の獲得を促進させる

Ballistic motor training 中の示指外転運動の加速度は、安静条件と比較して中強度有酸素運動条件で漸増した (図2、図3)。同様に、Ballistic motor training 後の示指外転運動の加速度は、安静条件と比較して有酸素運動条件で増大した (図4)。

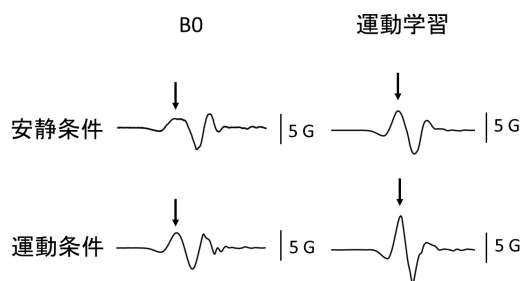


図2 加速度の典型例

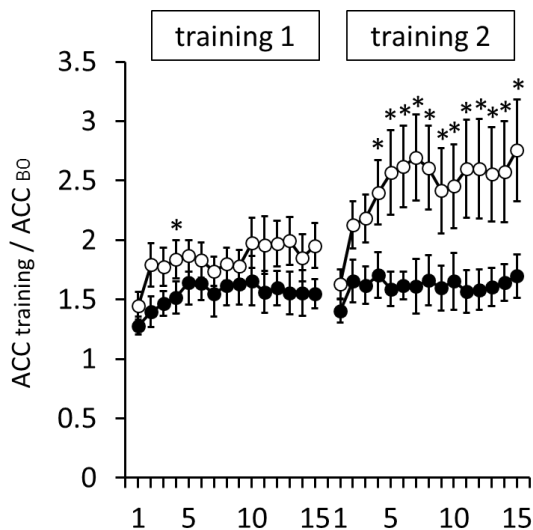


図3 運動学習中の加速度のグループデータ

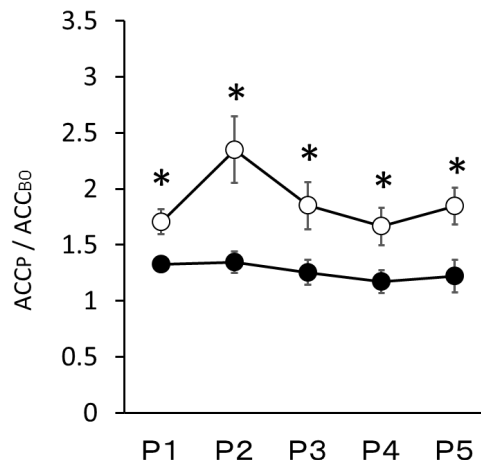


図4 運動学習後の加速度のグループデータ

これらの結果から一過性の中強度有酸素運動においても、運動学習の獲得や保持を促進させることが明らかとなった。

(2) 低強度・中強度・高強度のいずれの有酸素運動でも運動学習の獲得を促進させる

研究課題1で、中強度有酸素運動が運動学習の獲得を促進させることを明らかにした。本研究課題では、運動学習促進効果は有酸素運動の強度に依存するか検討した。

その結果、Ballistic motor training 中の示指外転運動の加速度は、安静条件と比較してすべての有酸素運動条件で漸増することが明らかになった。同様に、Ballistic motor training 後の示指外転運動の加速度は、安静条件と比較してすべての有酸素運動条件で増大した。

これらの結果から有酸素運動は、いずれの強度においても、運動学習の獲得や保持を促進させることが明らかとなった。

(3) 有酸素運動後の運動学習が一次運動野の興奮性に与える影響

有酸素運動条件において運動学習の MEP が増大することが観察された。これらの結果から、有酸素運動後の運動学習の獲得には一次運動野が関わる可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計3件)

大塚裕之、井上恒志郎、泉唯史、吉田晋；有酸素運動の運動学習促進効果は運動強度

に依存しない、第 24 回脳機能とリハビリテーション研究会学術集会(千葉)2017年8月

大塚裕之,井上恒志郎,小島謙一,泉唯史,吉田晋;一過性の中強度有酸素運動はバリスティック運動の学習を促進させる,第71回日本体力医学会(岩手)2016年9月

大塚裕之,井上恒志郎,小島謙一,泉唯史,吉田晋;一過性の中強度有酸素運動は運動学習の獲得を促進させる,第23回脳機能とリハビリテーション研究会学術集会(千葉)2016年4月

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大塚 裕之(OHTTSUKA Hiroyuki)

杏林大学・医学部・非常勤講師

研究者番号:70708544