

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 13 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500606

研究課題名（和文） 脳・運動神経系を鍛えるための運動処方開発

研究課題名（英文） Development of an exercise prescription to train the brain and motor nervous system

研究代表者

西平 賀昭（NISHIHIRA YOSHIAKI）

筑波大学・体育系・教授

研究者番号：20156095

研究成果の概要（和文）：本研究では長期の運動が脳機能、脊髄運動神経に及ぼす影響を及ぼすかを正確に捉え、脳機能や脊髄運動神経機能を鍛えるための運動処方開発を提案することを目的とした。その結果、有酸素運動群、レジスタンス運動群において認知機能に関連する P300 電位の潜伏時間が有意に短縮し振幅も増加した。従って脳機能、脊髄運動神経機能を鍛えるための運動は週 6 日の有酸素運動 60 分、そのうち 4 日は中強度運動、2 日は高強度運動を短めにするこことであると推察される。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study was to accurately identify the influence of long-term exercise on the brain function and spinal motor nerves, and propose an exercise prescription to train the functions based on the basic data obtained. The latency of the P300 potential, which is associated with the perception processing speed, was significantly shortened in the aerobic and resistance exercise groups, and the amplitude was also increased. In the high-intensity resistance exercise group, changes in the P300 potential occurred within a relatively short period, increasing the perception function. In conclusion, an exercise program to train the brain and spinal motor nerve functions comprising 60-minute aerobic exercise 6 days a week made up of 4-day moderate-intensity exercise and 2-day short-term high-intensity exercise was suggested to be effective.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：運動生理学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学、スポーツ科学

キーワード：中強度運動、高強度運動、P300 電位、認知機能、運動神経伝導速度、脳機能を

鍛える、運動神経を鍛える

1. 研究開始当初の背景

運動は脳機能、脊髄運動神経機能を最善にする最強の手段であるという大きな考えが現在の世界の運動科学、神経科学の底流にある。2007年 Pereira らは3ヶ月間運動をさせた被験者の fMRI で画像分析して血管新生とニューロン新生を発見したが、現在どのような運動が脳機能、運動神経系を強化するために必要かその答えは未だ見出されていない。過去の研究報告によれば運動は成長し完成した脳機能・運動神経機能・形態に影響を与えないという考えが定説であったが、最近の神経科学、運動生理学、スポーツ科学の研究の成果も、運動は運動野、小脳、感覚野、大脳基底核、脊髄運動神経に大きな変化を生じさせていることを報告している。例えば運動すれば運動細胞が増加し、神経細胞の枝である樹状突起が伸び神経細胞同士のシナプスの数が増加することが報告され、それに伴って電気生理学的に脳機能を表示する事象関連電位も変化を示すことが知られている。また運動すれば運動神経線維の髄鞘が増加する可能性が報告され、それに伴って運動神経伝導速度が変化する可能性も近年報告されている。また運動すれば筋の血液中や脳内にインシュリン様成長因子 (IGF-1)、血管内皮細胞成長因子 (VEGF)、線維芽細胞成長因子 (FGF) や脳由来神経栄養因子 (BDNF) が放出され神経細胞新生に関与することが知られている (Kramer and Erickson, *TRENDS in Cognitive Sciences*, 2007)。しかしながら今日までの運動と脳機能、脊髄運動神経に関する研究報告は一過性の運動に関するものが多い。申請者も以前の研究において $V_{O2max}50\%$ 、 60% の軽運動、中等度運動を30分程度行わせれば脳機能の効率を高め脳の健康によいことを確認し、 $V_{O2max}80\%$ のよう

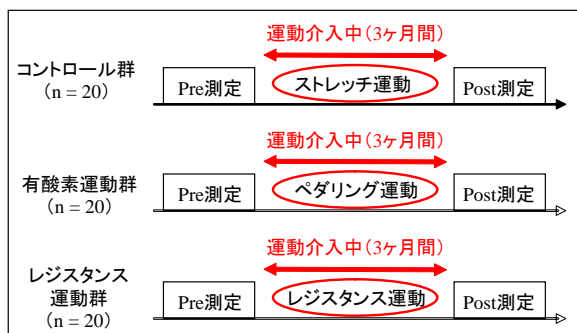
な高強度運動は脳機能の効率、処理様式が悪く脳の健康には好ましくないと結論づけている。しかしこれらはいずれも一過性の短時間の運動であるので、その運動様式では真に運動が脳機能、脊髄運動神経にいかなる影響を及ぼすかを明らかにすることはできないと考える。また長期的な高強度運動が真に脳機能、脊髄運動神経に悪影響を及ぼしているという明確な根拠も未だ提示されていない。

2. 研究の目的

本研究では自転車エルゴメータを用い20分間の運動強度 $V_{O2max}60\%$ 、の中等度運動と10分間のレジスタンス運動、15分間の $V_{O2max}75\%$ 程度の高強度運動と15分間のレジスタンス運動を3ヶ月にわたり行わせ、比較的長期間介入実験を行い(本研究で自転車エルゴメータ運動と10分間のレジスタンス運動を用いているのは同じ運動を用いるよりは異なった運動を用いた方が多くの新たな脳のニューロンを機能させることができるからである)その介入期間中の脳機能の変化を、電気生理学指標である運動関連脳電位、P300電位、脊髄運動神経の指標としてH反射と Collision 法を用いての運動神経伝導速度分布を測定した。さらに最終的には機能的各磁気共鳴画像(fMRI)を用いて、長期運動が脳と運動神経にどのような変容をもたらすか、また高強度運動が真に脳機能、脊髄運動神経に悪影響を及ぼしているかを調べこれらの基礎資料に基づいて脳機能や脊髄運動神経機能を鍛えるための運動処方開発を提案することが本研究の目的である。

3. 研究の方法

(1) 実験1: P300 電位、脊髄運動神経機能 (H 反射、運動神経伝導速度・分布) 等を比較し考察した。3 ヶ月間にわたる中等度強度の運動介入期間前後の脳機能 (運動関連脳電位, P300 電位)、脊髄運動神経機能 (H 反射、運動神経伝導速度・分布) を比較した。参加者&運動内容: 運動習慣がなく、精神疾患や神経疾患等の既往歴のない健康な大学生・大学院生 60 名。なお、参加者は 3 ヶ月間の運動介入期間中の運動様式により以下の 3 群に分けられる。①コントロール群 (20 名): 30 分間の下肢を中心としたストレッチ運動。②有酸素運動群 (20 名): 20 分間の 60%V02max の自転車ペダリング運動。*主運動の前後に 5 分間のウォーミングアップおよびクールダウン (30W の負荷での自転車ペダリング運動) を行った。③レジスタンス運動群 (20 名): 10 分間の下肢を中心としたレジスタンス運動 (負荷: 50% 1RM)。*主運動の前後に 10 分間のウォーミングアップおよびクールダウン (下肢を中心としたストレッチ運動) を行った。手順 (下図): まず、運動介入実施前に各群の脳機能 (運動関連脳電位, P300 電位) と脊髄運動神経機能 (H 反射、運動神経伝導速度・分布) を測定した。その後、各群に対して 1 日 30 分間、週 3 日の運動介入を 3 ヶ月実施した。そして、運動介入終了後にも運動介入実施前に行った各種測定を行った。



運動関連脳電位: 自己ペース (5-10 秒) によ

る右足首の底屈動作を行わせ、動作遂行中の脳波 (運動関連脳電位) をエレクトロキャップより記録した。P300 電位: 3×4 列に配置された 12 個の四角形のうちランダムに 2 個 (記憶負荷小条件) あるいは 6 個 (記憶負荷大条件) の四角形的位置を標的刺激として記憶させ、標的刺激が光った際には素早いボタン押し動作を、非標的刺激が光った際には無視をする空間記憶・認知課題を実施し、課題遂行中の脳波 (P300 電位) をエレクトロキャップより記録した。

(2) 実験2: 3 ヶ月間にわたる高強度の運動介入期間前後の脳機能 (運動関連脳電位、P300 電位)、脊髄運動神経機能 (H 反射、運動神経伝導速度・分布) を比較した。参加者&運動内容: 運動習慣がなく、精神疾患や神経疾患等の既往歴のない健康な大学生・大学院生 60 名。なお、参加者は 3 ヶ月間の介入期間中の運動様式により以下の 3 群に分けられた。①コントロール群 (20 名): 30 分間の下肢を中心としたストレッチ運動。②有酸素運動群 (20 名): 15 分間の 80%V02max の自転車ペダリング運動③レジスタンス運動群 (20 名): 15 分間の下肢を中心としたレジスタンス運動 (負荷: 80% 1RM)。

(3) 実験3: これまでの研究で得られた最適な運動条件を選択し、3 ヶ月間にわたる運動介入期間前後で機能的、構造的変化が生じる脳部位について検討した。参加者&運動内容: 運動習慣がなく、精神疾患や神経疾患等の既往歴のない健康な大学生・大学院生 10 名。参加者は 3 ヶ月間の介入期間中の運動内容により 3 群に分けられた。①コントロール群 (20 名): 30 分間の下肢を中心としたストレッチ運動。②有酸素運動群 (20 名): 15 分間の 80%V02max の自転車ペダリング運動。③レジス

ダンス運動群 (20名) : 15分間の下肢を中心としたレジスタンス運動(負荷:80% 1RM)。P300電位 : 3×4列に配置された12個の四角形のうちランダムに2個 (記憶負荷小条件) あるいは6個 (記憶負荷大条件) の四角形の位置を標的刺激として記憶させ、標的刺激が光った際には素早いボタン押し動作を、非標的刺激が光った際には無視をする空間記憶・認知課題を実施し、課題遂行中の脳波 (P300電位) をエレクトロキャップより記録した。

4. 研究成果

1 (1) 上肢を中心に長期間にわたるとトレーニングを行っている運動群とコントロール群の MCV と DMCV peak を collision 法を用いて上肢の正中神経と尺骨神経を検討し以下の結果を得た。コントロール群に比べ運動群の尺骨神経と正中神経の MCV (末梢運動神経伝導速度), DMCVpeak (末梢運動神経伝導速度の分布) が速い値を示した (図 1)。また P300 電位もコントロール群に比べ運動群の方が潜時が短く、振幅が高い傾向にあった。以上のことから、長期間にわたる有酸素性と無酸素性、さらにパワー系の複合的なトレーニングによって MCV 及び DMCVpeak に変化を生じさせている可能性があると考えら

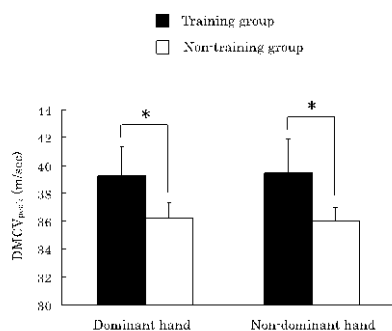


図 1

れる。(2) コントロール比べて 15 分間の 80%V02max の自転車ペダリング運動後では P300 潜時の短縮と P300 電位の振幅の増大が認められた。また 15 分間の下肢を中心としたレジスタンス運動 (負荷 : 80% 1RM) の場

合においても P300 の潜時が短縮し振幅は増大する傾向にあった。運動強度と事象関連電位は逆U字型を示す傾向にあると報告されているが、本結果では高強度の運動でも P300 の潜時が短縮し振幅は増大を示し (図 2), 認知機能の促進を示す場合もあることがわかった。最近の研究報告においてもインターバルトレーニングによっても学習能力が向上した, すなわち脳機能の向上があったことから高強度運動であるということから認知機能の低下が起こるとは限らず, 本実験によってもかえって認知機能の向上が見られた。さらに脊髄運動神経機能 (H 反射、運動神経伝導速度・分布) においても有酸素運動群は機能的に向上を示した。またレジスタンス運動群においても必ずしも脊髄機能の低下を示す結果は得られなかった。

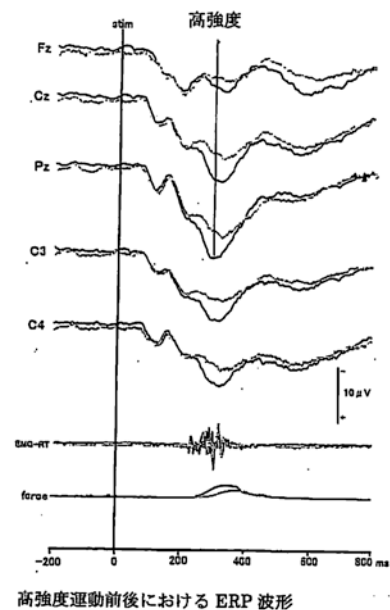


図 2

(3) 有酸素運動群, レジスタンス運動群において認知処理速度に関連するP300電位の潜時が有意に短縮し振幅も増加した。また高度のレジスタンス運動群においては比較的短期間P300電位に変化が生じ認知機能が高まる傾向にあった。脊髄運動神経伝導速度も長期間,

高強度運動を持続したほうが、運動神経伝導速度が速くなり、運動神経も肥大傾向にあることが本研究の全体的な結果から推察された。従って脳機能、脊髄運動神経機能を鍛えるための運動は週6日の有酸素運動60分、そのうち4日は中強度運動、2日は高強度運動を短めにするのである。

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 7 件)

- 1) Kida T, Kaneda T, Nishihira Y: Somatic-motor regulation just before an imperative signal. *Advances in Exercise and Sports Physiology*, 査読有, 17, 111-116, 2012.
- 2) Kida T, Kaneda T, Nishihira Y: Modulation of somatosensory processing in dual task: an event-related brain potential study. *Experimental Brain Research*, 査読有, 216, 575-584, 2012.
- 3) Kida T, Kaneda T, Nishihira Y: Dual task repetition alters event-related brain potentials and task performance. *Clinical Neurophysiology*, 査読有, 123, 1123-1130, 2012.
- 4) Suzuki K, Imanaka K: Visual and motor information processing underlying the facilitation of motor responses in a backward masking paradigm. *Advances in Exercise and Sports Physiology*, 査読有, 17, 87-97, 2012.
- 5) Kida T, Nishihira Y: Effects of a single session of walking on physiological and psychological stress in elderly adults: a pilot study. *Advances in Exercise and Sports Physiology*, 査読有, 16, 109-115, 2011.
- 6) 東浦拓郎, 西平賀昭, 八田有洋: 中強度の全身運動後における運動関連脳電位の変化. *臨床神経生理学*, 査読有, 38, 385-391, 2010.
- 7) 今中國泰. 知覚・運動・行動における非意識性の多様な理解. *スポーツ心理学研究*, 査読有, 37, 113-121, 2010.

[学会発表] (計 10 件)

- 1) 東浦拓郎, 西平賀昭: 高強度運動が脳内の干渉制御能に及ぼす影響. 第155回日

本体力医学会関東地方会, 2012/7/7, 横浜薬科大学 (神奈川県)

- 2) 木田哲夫, 金田健史, 西平賀昭: 二重課題遂行時の触覚情報処理: 事象関連電位を用いて. 第20回日本運動生理学会大会, 2012/7/28, 筑波大学 (茨城県)
- 3) 東浦拓郎, 西平賀昭: 脳機能に対する高強度運動の影響は機能的選択的に生じるのか?. 第20回日本運動生理学会大会, 2012/7/28, 筑波大学 (茨城県)
- 4) 東浦拓郎, 西平賀昭, 林久仁則, 八田有洋: サッカー競技者の体性感覚情報処理の特徴—事象関連電位による検討—. 第66回日本体力医学会大会, 2011/9/16, 海峡メッセ下関 (山口県)
- 5) 荒木秀夫, 西平賀昭: 反応動作における感覚Modalityへの定位性脳電位変動. 第19回日本運動生理学会大会, 2011/8/25, 徳島大学 (徳島県)
- 6) 東浦拓郎, 西平賀昭, 林久仁則, 林悠佳, 八田有洋: 疲労困憊に至る高強度運動が脳内の無意識的な刺激検出過程に及ぼす影響. 第19回日本運動生理学会大会, 2011/8/25, 徳島大学 (徳島県)
- 7) Fumoto M, Sasada S, Komiyama T, Nishihira Y: Effects of fatiguing pedaling exercise at maximal effort on electroencephalographic activity and mood. 40th Annual meeting, Neuroscience, 2010/11/14, San Diego, (USA)
- 8) 東浦拓郎, 北田由香子, 西平賀昭, 林久仁則, 林悠佳, 尾崎慶子, 八田有洋: スポーツ競技者と非競技者の視空間認知課題パフォーマンスの違い. 第18回日本運動生理学会大会, 2010/8/1, 鹿児島大学 (鹿児島県)
- 9) 北田由香子, 西平賀昭, 東浦拓郎, 林久仁則, 林悠佳, 尾崎慶子: 長期運動トレーニングおよび競技種目特性の違いによる事象関連電位変動. 第18回日本運動生理学会大会, 2010/7/31, 鹿児島大学 (鹿児島県)
- 10) Hatta A, Nishihira Y, Higashiura T, Kuwahara H: Effects of physical activity on physiological and psychological stress in healthy adults. 第87回日本生理学会大会, 2010/5/19, 盛岡市民文化ホール (岩手県)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西平 賀昭 (NISHIHIRA YOSHIAKI)
筑波大学・体育系・教授
研究者番号: 20156095

(2) 研究分担者

今中 國泰 (IMANAKA KUNIYASU)
首都大学東京・人間健康科学研究科・教授
研究者番号：90100891