

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：32402

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01689

研究課題名(和文) 短時間の間欠的高強度運動が心理状態と脳機能に及ぼす影響

研究課題名(英文) The effect of short-term high intensity interval exercise on psychological state and brain function

研究代表者

麓 正樹 (Fumoto, Masaki)

東京国際大学・人間社会学部・教授

研究者番号：40339180

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：アスリートではない一般健常者や生活習慣病患者の、心血管機能と筋代謝機能の改善をもたらすとされる短時間の間欠的高強度運動が、心理状態と対応する脳機能へ及ぼす影響を調べた。その結果、間欠の全力ペダリング運動直後の、疲労の増加と活気の低下からの回復過程において、一過性に覚醒レベルが低下する可能性が示された。また、運動後に疲労感が増加している期間には皮質脊髄路興奮性の変化も得られた。これらの結果から、間欠の高強度運動を行う際には、運動後に起こる一過性の心理状態の変化と関連する脳機能の変化を考慮して運動を行うことが重要と考えられた。

研究成果の概要(英文)：Recently many studies have reported that high-intensity interval exercise (HIIE) improves the ability of the cardiovascular system and of oxygen utilization in the muscles of sport athletes as well as normal healthy individuals and people with lifestyle-related diseases. In the present study, we investigated the effects of short-term HIIE on the psychological state and brain function. As a result, it was suggested that the HIIE in this study induced a temporal decrease in arousal levels after the HIIE during the recovery phases of decreased vigor and increased fatigue. During the period of increased fatigue sensation after the HIIE, corticospinal tract excitability of lower limb muscles tended to be decreased, while that of the upper limb muscles tended to be increased. Based on these studies, we suggested that the HIIE should be performed taking into consideration a transient change of psychological state and related changes of brain function that occurred after the HIIE.

研究分野：健康スポーツ科学

キーワード：間欠的高強度運動 脳波 気分 覚醒レベル ミスマッチ陰性電位

1. 研究開始当初の背景

アスリートではない一般健常者や生活習慣病の疾患者に対し、短時間の間欠的高強度運動を実施すると、低強度から中強度で行われる持続的な持久性運動と同様の心血管機能と筋代謝機能の改善がもたらされることが報告され(Gibala et al, 2012)、注目を集めていた。しかしながら、短時間の間欠的高強度運動を一般健常者や疾患者に対して行わせることには、心理的な耐性や安全性など解決すべき問題は少なくなかった(Saanijoki T, 2015)。

2. 研究の目的

本研究の目的は短時間の間欠的高強度運動が心理状態の変化と対応する脳機能への影響を明らかにすることであった。

3. 研究の方法

間欠的高強度運動が脳波と気分に及ぼす影響については、自転車エルゴメーターによる全力ペダリング運動 (pedaling exercise (PE)) を被験者に行わせ、その前後に脳波測定と心理テスト (profile of mood state test (POMS)) を実施した。被験者は全力PEを、2分の休憩を挟み3回行った。脳波はPE前とPE直後から60分後にかけて15分間隔で、開眼及び閉眼状態をそれぞれ2分ずつ記録した。得られた脳波のFFT解析結果から、(4-8Hz)、1(8-10Hz)、2(10-13Hz)、1(13-20Hz)、2(20-30Hz)帯域のパワーを求めた。気分はPOMSを用いて全力PE前、直後、30分後および1時間後に評価した。血液中の乳酸レベルもPOMSと同様の時間帯に採血を行って評価した。間欠的全力PE前後の皮質脊髄路興奮性に関して、PE前と、PE後に上肢と下肢から得られた運動誘発電位(Motor Evoked Potential: MEP)の振幅と不応期を調べた。筋電図は、上肢に関しては右の腕橈骨筋(brachioradialis muscle: BR)と第一背側骨間筋(First dorsal interosseous muscle: FDI)から、下肢に関しては右の外側広筋(Vastus lateralis muscle: VL)と大腿直筋(Rectus femoris muscle: RF)から記録された。前者については国際10-20法のC3を基準に、後者については同Czを基準に、最も低い刺激強度でBRとVLにMEPを誘発可能な場所を検索し同定した。刺激強度はMEP誘発閾値の1.2~1.5倍とした。MEPは全力PE前、直後、15分後、30分後、45分後および60分後に誘発された。MEPは、被験者が安静状態と収縮状態のいずれかを維持した状態で、上肢と下肢にそれぞれ5回ずつ誘発された。収縮状況では、BRとVLに、最大筋収縮維持時の筋電図の約7%が得られる弱い筋収縮(weak contraction)が維持された。磁気刺激は3~7秒に1回の間隔でランダムに与えられた。

間欠的高強度運動が無意識的な視覚情報処理と関係する事象関連電位である視覚ミスマッチ陰性電位 (visual mismatch negativity (vMMN)) に及ぼす影響を調べるための基本的な実験を実施した。vMMNの測定は2種類の刺激様式を用いて行った。まず一つは、vMMNの誘発に使われる視覚刺激として、色の変化を用いる測定とその解析を進めた。被験者にはコンピューターの画面上に標準刺激(standard; STD、80%、1600回)、逸脱刺激(deviant; DV、10%、200回)と反応刺激(target; TG、10%、200回)を1秒に1回、ランダムに提示した。TGに対して素早くボタンを押すように、STDとDVについては無視するように指示した。視覚刺激の提示中、被験者には落語を聞かせ、セット間に落語内容について質問した。脳波は、国際10-20法に従って頭皮上12か所から記録した。刺激前100msを基準として、刺激後800msまでのデータを加算平均して事象関連電位を得た。先行研究を参考に、3種類の刺激後約100~300msに表れるP1、N1、P2を、TGに対しては刺激後200~500msに表れるN2、P3を解析の対象とした。vMMNはDVに対するERPからSTDに対するERPを減じて導出し、刺激後150~300msの陰性電位を解析の対象とした。TGに対するボタン押しについては反応時間を測定した。

4. 研究成果

全力PE前後の脳波と気分の変化については、開眼状態における1波パワーはPE15分とPE30分後に有意に増加し、2波パワーは有意に減少した。閉眼状態ではPE15分と30分後に1波パワーが有意に増加し、2波パワーは減少した。POMSの下位項目である疲労の増加と活気の減少は、全力PE直後にピークとなり60分後にはPE前のレベルに回復した。活気の減少と1波パワーの増加には有意な相関があった。以上の結果から、短時間の間欠的全力PE後の気分の回復過程において、一過性に覚醒レベルが低下する可能性が示された。この研究は運動生理学の学術雑誌であるAdvances in Exercise and Sports Physiologyに掲載された。

全力PE前後の安静時のMEP振幅の変化については、BRではPEの直後に増加し、BRとVLではPE直後と15分に減少し、それぞれPE前のレベルに徐々に回復した。弱い収縮中のMEP振幅については変化が得られなかった。MEPに続く筋電図休止期間は、VLについてはPE直後に延長し、BRでは変化しなかった。これらの結果から、短時間の間欠的全力PEは上肢と下肢の皮質脊髄路興奮性に異なる影響を与えることが示唆された。

間欠的高強度運動が無意識的な視覚情報処理と関係する事象関連電位であるvMMNに及ぼす影響を調べる前段階として、先行研究と同様のvMMNが誘発されが誘発されるかどうかを調べた。その結果、P1、N1およびP2については、STDとDVに対して後頭部優位のP1が得られた。N1

潜時は前頭部よりも頭頂部と後頭部において遅延した。N2 と P3 については、TG に対して中心部優位の N2 が得られた。N2 潜時は前頭部と中心部よりも頭頂部と後頭部において短縮した。P3 は頭頂部優位に得られた。vMMN については、DV と STD に伴う ERP の引算波形において、先行研究と同様の時間帯に陰性変動が得られた。この陰性変動のピーク潜時は前頭部と中心部よりも後頭部において短縮した。また、ピーク振幅は後頭部優位となる傾向があり、後頭部内でも右半球優位となる傾向があった。これらの結果から、DV と STD に伴う引算波形における陰性変動は vMMN と考えられた。さらに、vMMN の振幅と TG に対する反応時間との間に負の相関関係があることが確認された。以上のように、DV と STD に伴う ERP の引算波形は、先行研究と同様の潜時、出現の特徴、頭皮上分布であったため vMMN と考えられた。vMMN は反応時間と相関があったため、無意識的な視覚情報処理過程が反応時間の遅速に関係する可能性が示唆された。現在、スポーツ場面により近い状況を想定し、動きを伴う視覚刺激を用いて vMMN を誘発することも試みた。得られた波形が先行研究とほぼ同様であることは確認されたが、色の変化とは異なる点もあった。このような動きを伴う視覚刺激に対して誘発された vMMN の解析を進めると同時に、全力ペダリング運動前後に vMMN を誘発して、vMMN に及ぼす影響を調べようとしている。これまでの研究を合わせて考えると、全力 PE は無意識的な視覚情報処理機能の一部を一過性に低下させる可能性が予想される。

これら一連の研究に基づく、間欠の高強度運動を行う際には、運動後に起こる一過性の心理状態の変化と関連する脳機能の変化を考慮して運動を行うことが重要であり、脳機能に及ぼす影響を調べる更なる研究が必要と考えられた。

<引用文献>

Gibala MJ, Little JP, Macdonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol*. 2012 Mar 1;590(5):1077-84.

Saanijoki T, Nummenmaa L, Eskelinen JJ, Savolainen AM, Vahlberg T, Kalliokoski KK, Hannukainen JC (2015) Affective Responses to Repeated Sessions of High-Intensity Interval Training. *Med Sci Sports Exerc*. Dec;47(12):2604-11.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

Fumoto M, Higashiura T, Usui S. The Effect of High-intensity Interval Exercise on EEG Activity and Mood State *Advances in Exercise and Sports Physiology*, 査読あり, 22(4), p53-61, 2016.

〔学会発表〕(計8件)

Suda, K., Kashiwase, T., Ogura, S., Usui, S., Fumoto, M., Ishiwata, T, EFFECT OF 5-AMINOLEVULINIC ACID (ALA) AND EXERCISE TRAINING ON HEMOGLOBIN MIOGLOBIN AND CYTOCHROME C OXIDASE LEVELS. 2015 European College of Sport Science

麓 正樹、碓井外幸、小宮山伴与志、西平賀昭. 間欠的全力ペダリング運動前後の脳波解析. 第23回日本運動生理学会大会 2015

麓 正樹、碓井外幸、福本寛之、西平賀昭. 無意識的な視覚情報処理過程と反応時間の関係-視覚ミスマッチ陰性電位による検討-. 第24回日本運動生理学会大会 2016

福本寛之、西平賀昭、麓 正樹、碓井外幸. 長期的な運動トレーニングが二重課題遂行時の皮質脊髄路興奮性に及ぼす影響. 第24回日本運動生理学会大会 2016

SUDA, K., TANIGAMI, T., KODERA, T., USUI, S., FUMOTO, M., UMEBAYASHI, K. COMPARISON OF BADMINTON LONG SERVE BETWEEN SKILLED PLAYERS AND BIGGINERS IN PHYSICAL EDUCATION CLASS. 2016 European College of Sport Science

SUDA, K., TANIGAMI, T., KODERA, T., USUI, S., FUMOTO, M., UMEBAYASHI, K. P300 POTENTIAL INDUCED BY BADMINTON SMASH RECEIVE VIDEO CLIP. 2017 European College of Sport Science.

Fukumoto, H., Nishihira, Y., Fumoto, M., Usui, S. Influences of Long-term Motor Training on the Excitability of the Corticospinal Tract during Dual-task. 2017 European College of Sport Science.

Masaki FUMOTO, Kentaro TAI, Hiroya DAITOKU, Tatsuo YAGI. Analysis of electromyographic activity of the lower limb muscles and motion during fumikomi movement in budo athletes. International budo conference. 2017

6. 研究組織

(1)研究代表者

麓 正樹 (FUMOTO, Masaki)

東京国際大学・人間社会学部・教授

研究者番号：40339180

(2) 研究分担者

西平 賀昭 (NISHIHIRA, Yoshiaki)

筑波大学・体育系・名誉教授

研究者番号：20156095

(3) 研究分担者

東浦 拓郎 (HIGASHIURA, Takuro)

亜細亜大学・国際関係学部・講師

研究者番号：50436268

(4) 研究分担者

碓井 外幸 (USUI, Sotoyuki)

東京国際大学・人間社会学部・教授

研究者番号：60389822

(5) 研究分担者

小宮山 伴与志 (KOMIYAMA, Tomoyoshi)

千葉大学・教育学部・教授

研究者番号：70215408