

機関番号：12102

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20700473

研究課題名（和文） ヒトの脳内情報処理過程に対する一過性の運動効果の解明

研究課題名（英文） The effects of acute exercise on information processing in the central nervous system.

研究代表者

東浦 拓郎 (HIGASHIUR TAKURO)

筑波大学・大学院人間総合科学研究科・準研究員

研究者番号：50436268

研究成果の概要（和文）：

本研究はヒトの脳内情報処理過程に対する一過性の運動効果の解明を目的として、以下の研究成果を得た—（1）30分間の中強度運動直後には運動準備過程に関わる皮質運動関連領域（運動野、運動前野、補足運動野など）の神経活動が賦活した。（2）刺激の認知処理過程と反応準備過程で一過性運動の効果の持続時間が異なった。（3）中強度運動中には覚醒水準の変動や前頭葉の賦活に伴い、無意識的な刺激処理過程に関わる神経活動が高まった。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this study was to resolve the effects of acute exercise on information processing in the central nervous system. There were three major findings in this study. First, a bout of moderate exercise activated brain areas related to motor preparation such as primary motor area, pre-motor are, and supplementary motor are. Secondly, the duration of the effects of a bout of moderate exercise differed between cognitive processes and response preparation in the central nervous system. Lastly, there were increased in neural activation related to automatic detection during moderate exercise. due to changes in arousal level and activation of frontal lobe during moderate exercise.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康スポーツ科学・身体教育学

キーワード：一過性の運動、脳内情報処理過程、脳内運動準備過程、知覚—認知処理過程

1. 研究開始当初の背景

身体運動と認知障害の関係を調査した疫学的研究では、規則的な身体運動を長期間行うことにより、認知失調症の発症を遅らせる、あるいは加齢に伴う認知機能の低下を軽減すると論じられ（Abbot et al. 2004; Larson

et al. 2006; Podewils et al. 2005; Weuve et al. 2004）、脳内情報処理過程の機能改善をもたらす運動プログラムの開発が求められている。長期間の身体運動は一過性の身体運動の繰り返しであり、脳内情報処理過程の機能改善を目的とする運動プログラムの開発を

行うためには、まず、一過性の運動が脳内情報処理過程に及ぼす影響を明らかにしなければならない。

2. 研究の目的

前項の背景をもとに、本研究では「一過性の全身性運動がヒトの脳内情報処理過程に及ぼす影響」について解明することを目的とした。具体的には、以下の3つの課題について明らかにすることとした。

- (1) 一過性の運動が脳内の運動準備過程に及ぼす影響
- (2) 脳内情報処理過程に対する一過性運動の効果の持続時間
- (3) 運動強度の違いが運動中の無意識的な刺激処理過程に及ぼす影響

3. 研究の方法

(1) 一過性の運動が脳内の運動準備過程に及ぼす影響を明らかにするため、30分間の中強度運動前・運動直後・運動終了後30分の時点で運動関連脳電位 (movement-related cortical potentials: MRCPs) を記録した。運動には自転車エルゴメーターを用い、事前に測定した各参加者の最大心拍数の65%に相当する負荷で30分間実施した。MRCPsを誘発するための動作課題として、最大随意収縮の30%に相当するグリップ把持運動が行われた。

(2) 脳内情報処理過程に対する一過性運動の効果の持続時間を明らかにするため、30分間の中強度運動前・運動直後・運動終了後30分の時点で事象関連脳電位

(event-related brain potentials: ERPs) を記録した。運動には自転車エルゴメーターを用い、事前に測定した各参加者の最大心拍数の65%に相当する負荷で30分間実施した。ERPsを誘発するため認知課題として、警告刺激と反応刺激からなるGo/NoGo反応時間課題が行われた。

(3) 運動強度の違いが運動中の無意識的な刺激処理過程に及ぼす影響を明らかにするため、運動中のミスマッチ陰性電位

(mismatch negativity: MMN) を記録した。運動には自転車エルゴメーターを用い、事前に測定した各参加者の心拍数予備能 (HRR) の20%及び40%に相当する負荷で自転車ペダリング運動を実施した。MMNの誘発には聴覚刺激を用い、ヘッドホンを通じて500 Hz (80%) と750 Hz (20%) の音刺激がランダムに提示された。

4. 研究成果

(1) 図1にはコントロール条件 (A) と運動条件 (B) における各セッションのMRCP総加算波形を示した。コントロール条件ではセッション間で変化が認められなかったが、運動条件ではセッション1 (運動前) に比べてセッション2 (運動直後) で準備電位 ($BP_{-600\text{ to }-500}$) 及び運動電位 ($MP_{-100\text{ to }0}$) の振幅が増大した (図2、図3)。本研究で計測した $BP_{-600\text{ to }-500}$ は自発運動の一般的な準備に関わる初期成分を、 $MP_{-100\text{ to }0}$ は運動準備に関わる後期成分を反映するとされている (Slobounov et al. 2004)。このことから、30分間の中強度運動直後には $BP_{-600\text{ to }-500}$ や $MP_{-100\text{ to }0}$ 発生源と考えられている皮質運動関連領域 (運動野、運動前野、補足運動野など)、皮質下 (小脳、大脳基底核、視床) の広範な部位で神経活動の賦活が生じることが示唆された。

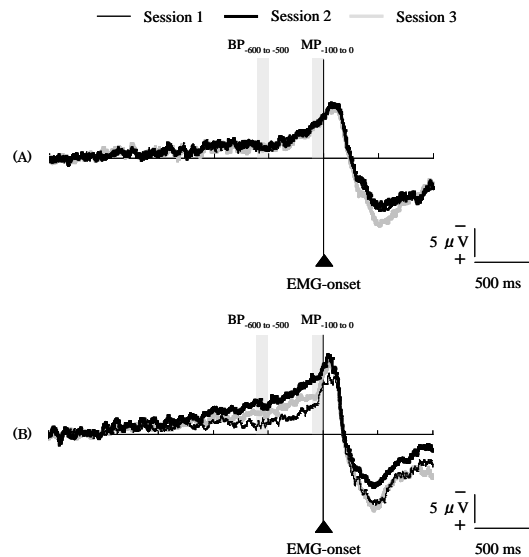


図1. (A) コントロール条件、(B) 運動条件におけるMRCP総加算波形。

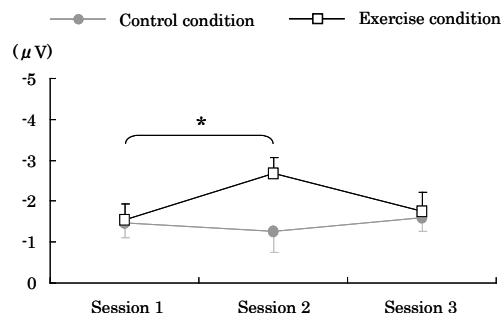


図2. コントロール条件及び運動条件の各セッションにおける $BP_{-600\text{ to }-500}$ 振幅。

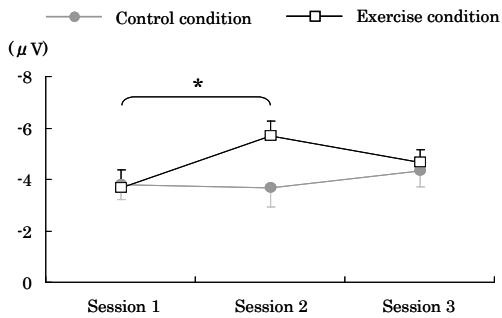


図3. コントロール条件及び運動条件の各セッションにおけるMP_{-100 to -0}振幅。

(2) 図4には運動条件における各セッションの随伴陰性変動 (contingent negative variation: CNV) (A) 及び Go/NoGo P3 (B) 総加算波形を示した。

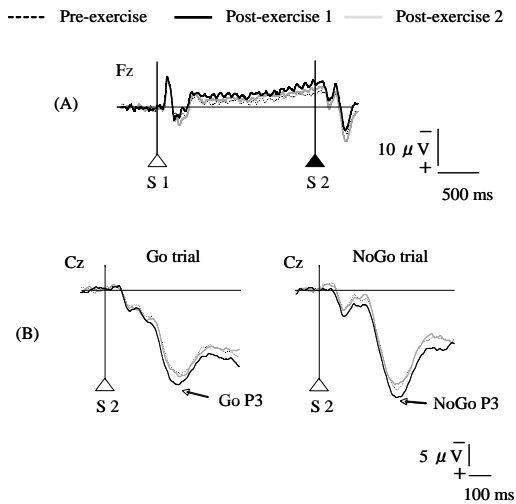


図4. 運動条件における各セッションの (A) CNV 総加算波形、(B) Go/NoGo P3 波形。

早期 CNV 振幅 (S1 後 500~1000 ms 区間) は Pre-exercise (運動前) に比べ Post-exercise 1 (運動直後) で有意に増大した。後期 CNV 振幅 (S1 後 1500 ms~2000 ms 区間) は Pre-exercise に比べ Post-exercise 1、Post-exercise 2 (運動終了後約 27 分) で有意に増大した。また、Go P3 振幅は早期 CNV 振幅と同様に Pre-exercise に比べ Post-exercise 1 で有意に増大し、NoGo P3 振幅は Pre-exercise 及び Post-exercise 2 に比べ Post-exercise 1 (運動直後) で有意に増大した。本研究で実施した 30 分の中強度運動は覚醒水準に影響を及ぼし、それに伴って刺激に対する認知処理過程や反応抑制、反応準備に関わる神経活動を賦活させたと考えられる。また、後期 CNV 振幅については運動直後のみならず、運動終了後約 30 分の時

点においても高振幅を示し、刺激の認知処理過程と反応準備過程で一過性の運動に対する影響の現れ方が異なる可能性も示唆された。運動遂行には皮質運動関連領域 (運動野、運動前野、補足運動野など) に加えて小脳、大脳基底核、小脳などの皮質下部位も広汎に賦活する。これらの脳部位は後期 CNV の発生にも貢献しており、一過性の運動の影響をより強く受けたのかもしれない。

(3) 図5には各条件における MMN 総加算波形を示した。前頭部 (Fz、F4) 及び中心部 (C4) から導出された MMN 振幅はコントロール条件、20% HRR 条件に比べ 40% HRR 条件で有意に増大した (図6)。

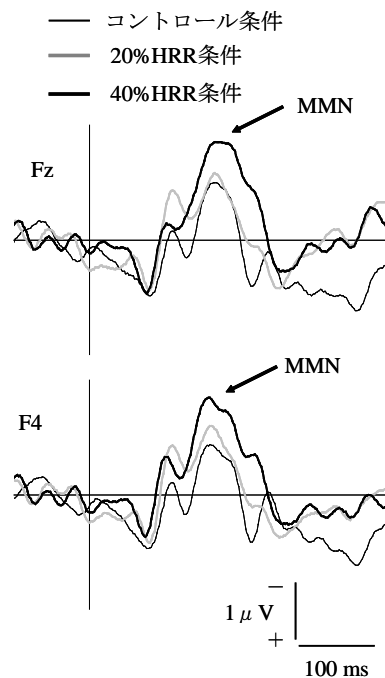


図5. 各条件における MMN 総加算波形。

本研究における 40% HRR 条件のような中強度運動は至的覚醒水準に達することが報告されている (Higashiura et al. 2009; Kamiyo et al. 2004)。また、全身性の運動中には前頭葉の賦活 (局所血流量の増加) も認められている (Ide et al. 1999; Suzuki et al. 2004)。MMN の発生源の一つとして前頭葉が挙げられており、自転車ペダリング運動による至的覚醒水準へのシフトや前頭葉の賦活に伴い MMN 振幅が増大した可能性が考えられる。

以上の結果より、中強度運動は覚醒水準の変動 (至的覚醒水準へのシフト) や皮質、皮質下の広範な脳部位の神経活動の賦活を促し、刺激の知覚-認知処理や反応準備・実行、さらに反応抑制など、脳内情報処理過程における様々な機能を高めることが示唆された。ま

た、皮質運動関連領野（運動野、運動前野、補足運動野など）や運動に関わる皮質下部位（小脳、大脳基底核など）に関しては、刺激の知覚—認知処理に関わる脳部位に比べ一過性運動の効果の持続時間が長く、運動に対する感受性が高い可能性が考えられた。近年、運動と脳内情報処理過程との関係を調査した研究が盛んに行われている。上述の通り、本研究は“一過性の運動が脳内運動準備過程に及ぼす影響”、“脳内情報処理過程に対する一過性運動の効果の持続時間”、“一過性の運動が無意識的な刺激処理過程に及ぼす影響”に関する知見を提供した。本研究の成果は、先行研究で明らかにされていないものであり、運動と脳内情報処理過程との関係に関する研究の前進に寄与したと考える。本研究では、30分間の中強度運動が脳内情報処理過程の機能を促進させることを示した。しかしながら、本研究は一過性運動の効果を立て証したにすぎず、本研究の知見を基に長期的に運動を行うことにより、脳内情報処理過程の恒常的な機能促進が見られるかは不明である。長期間の運動が脳内情報処理過程に及ぼす影響に関しては、高齢者を対象に運動介入実験を行ったものがいくつか報告されている。Kramer et al. (1999) は高齢者を対象に6ヶ月間の運動介入（ウォーキング）を行い、前頭前野の遂行機能が促進することを報告している。一部相反する結果が報告されているもの（Blumenthal and Madden 1988; Madden et al. 1989）、高齢者を対象にした運動介入実験の多くは、長期的な有酸素運動により RT が短縮するという点で一致している（Dustman et al. 1984; Fabre et al. 2002; Hawkins et al. 1992; Kara et al. 2005; Kramer et al. 1999; Rikli and Edwards 1991）。これらの研究では、有酸素能の改善に伴う脳血流量の増加や身体運動による脳由来神経栄養因子の生成が脳内情報処理過程の促進に貢献しているのではないかと推察されている。一方、若年者を対象とした運動介入実験に関しては一致した見解が得られていない。Harada et al. (2004) は12週間のジョギングが前頭前野の遂行機能を改善させるとしているが、Paas et al. (1994) は10ヶ月間の有酸素トレーニングがRTに影響を及ぼさないことを報告している。長期間の運動の影響は運動強度や時間のみならず、頻度、期間、対象の体力水準など、様々な要因により影響の現れ方が異なることが考えられる。したがって、上記の要因についても考慮したうえで、本研究の成果から推奨される運動条件を長期間行うことにより、脳内情報処理過程の機能促進が見られるかについて今後検証する必要がある。

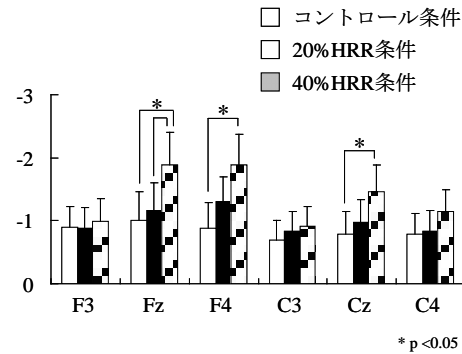


図6. 各条件における MMN 振幅

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 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巻、2010、379 - 384
- ② Higashiura T、Nishihira Y、Kim SR、Hayashi K、Hayashi Y、Hatta A、Kuroiwa K、Changes in cognitive function、response preparation、and arousal level following moderate exercise、Advances in Exercise and Sports Physiology、査読有、15巻、2009、9 - 15
- ③ 紙上敬太、西平賀昭、東浦拓郎、運動強度と身体活動量が認知・脳機能に与える影響、体力科学、査読有、58巻、2009、63-72

[学会発表] (計12件)

- ① 東浦拓郎、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年8月1日、鹿児島大学、鹿児島
- ② 東浦拓郎、長期運動がヒトの脳機能に及ぼす影響—事象関連電位による検討—、第147回日本体力医学会関東地方会シンポジウム、2009年12月5日、東京工業大学、東京
- ③ 東浦拓郎、自転車ペダリング運動中のミスマッチ陰性電位の変動、第17回日本運動生理学会大会、2009年7月26日、東京慈恵会医科大学、東京

[その他]

ホームページ等

http://seiri.taiiku.tsukuba.ac.jp/?page_id=159

6. 研究組織

(1) 研究代表者

東浦 拓郎 (HIGASHIURA TAKURO)

筑波大学・大学院人間総合科学研究科・準
研究員

研究者番号：50436268