

機関番号：37119

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2010

課題番号：19500622

研究課題名（和文）有酸素運動が脳神経機能に及ぼす効果の持続性

－ERP-P3の単一施行解析法－

研究課題名（英文）Duration of effects by aerobic exercise on cerebral nerve function

－Single trial analysis of ERP-P3－

研究代表者

八木 康夫（YAGI YASUO）

西南女学院大学・保健福祉学部・教授

研究者番号：80200476

研究成果の概要（和文）：平成19年度に有酸素運動が脳の情報処理過程を短縮する効果を持つことを確認した。平成20年度には、有酸素運動後に認知に関わる事象関連電位ERP-P3振幅増加が少なくとも2日以上持続したことから、有酸素運動の脳神経機能に対する効果は持続性を持ち、トレーニング効果を持つ可能性を報告した。平成21年度において、非運動高齢者群の内、運動を開始し継続した高齢者群が、運動開始前値よりERP-P3の各成分の潜時の短縮、振幅の増加を示したことから、運動が脳神経機能低下を抑制することを明確にした。平成22年度より運動を中止した高齢者のERP-P3の検討を開始し、運動が脳神経機能に及ぼす効果のさらなる検討を進めている。

研究成果の概要（英文）：In 2007, we confirmed that aerobic exercise has the effect of shortening the information processing processes of the brain. In 2008, we reported that there is a possibility that the effects of aerobic exercise on the cerebral nerve function is sustainable as the exhibited training effect since event-related potential ERP-P3 amplitude after aerobic exercise lasted more than two days. In 2009, we found that non-exercising older adults who started doing regular aerobic exercises showed latencies and amplitude in ERP-P3 were shortened and increased. It became clear that exercising repressed their cerebral nerve hypo-function. Since 2010, we began examining the ERP-P3 of older adults who gave up exercising and continued further examination of the effect which exercise has on cerebral nerve functions.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2008年度	600,000	180,000	780,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
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・応用健康科学

キーワード：運動、ERP、反応時間、単一試行解析、持続性、高齢者、加齢、脳神経機能

## 1. 研究開始当初の背景

運動が及ぼす脳高次精神機能への影響に関して、Chumuraら（1994）やYagiら（1998）は

中程度の有酸素運動で反応時間が運動の負荷に伴い短縮することから、脳神経機能が運動により影響を受けることを報告した。このメ

カニズムに関して、Yagi ら (1999) は、運動中の反応時間 (RT) と事象関連電位 P300 (ERP-P3) を用いて、RT と P3 潜時の短縮と P3 振幅の減少を報告し、エラー試行の存在から、運動遂行への注意の分散が見られるが、運動は脳の活性を引き起こすことを報告した。

さらに、Yagi ら (2003) は、運動中の RT と ERP-P3 の単一試行解析法 (Simono, 1996) を用いて、最適な運動中の 0.5°C の体温上昇に対する N1 潜時の短縮が反応速度係数 Q10 に合致したことから、運動由来の体温上昇が N1 潜時を短縮し、このことが課題のパラダイムに依存した変化を示す N2 と P3 潜時および RT を更に短縮させ、運動が神経伝導・伝達の速通と中枢神経系の覚醒を促すと報告した。

(1) この運動の脳神経機能に対する効果の持続性について、Polich ら (1997) が運動習慣者の運動頻度が高いほど P3 振幅が高くなることや、Nakamura ら (1999) が運動 30 分後において聴覚 P3 振幅が運動前の値より有意に高かったこと、Magnie ら (2000) が運動後に体温が安静の値に戻った後でさえも P3 振幅の有意な増加と P3 潜時が有意に減少したことを報告している。これらのことから、運動の効果の消失まである程度の時間を要し、またこの消失前に運動を行うことが P3 振幅を有意に大きくし、運動によるトレンナビリティの可能性も推察された。これらの運動の脳神経機能に及ぼす持続性を詳細に検討することは、ヒトの加齢に伴う脳神経機能の低下に対する運動の予防効果を検討する上で重要と考えた。

(2) 高齢者の脳神経機能に対する持続的運動の効果に関して、McDowell ら (2003) は運動している高齢者よりも運動していない高齢者の単純な作業課題の P3 が小さかったことを報告しており、Hatta ら (2005) の報告では運動を定期的に行っている高齢者は反応時間が早く、P3 振幅も大きいと異なる結果を報告しているが、まだ報告も少なく議論は十分ではない。

(3) 従来の事象関連電位の解析は、P3 は選択反応課題提示後の脳波を加算する加算平均法がとられてきたが、選択反応課題中の高次情報処理過程は刻一刻と変化し、反応時間も変化するので加算平均することには問題が多く含まれると考えた。本研究では単一試行毎の脳波上に現れる P3 電位を解析する単一施行解析法 (Shimono, 1996) を用い、運動負荷後の感覚刺激に対する単一試行毎の P3 を反応時間との関連で解析し、運動の効果の持続性が情報処理のどの過程でどのようにあるか明らかにする。単一施行解析法の詳細な解析は本研究の特徴の一つである。

## 2. 研究の目的

(1) 本研究の目的は、有酸素運動が脳神経機能に及ぼす効果の持続性を検討することにある。脳神経機能の情報処理過程を反映する事象関連電位 ERP-P3 の P3 成分及び反応時間 (RT) は、有酸素運動後に短縮するという報告がある (Yagi, 2003)。しかし、その効果の持続性を検討した報告は見当たらない。本研究は有酸素運動後に、聴覚オドボール課題に対する RT と、標的刺激毎に発生する P3 成分を単一施行毎に解析し、運動後の反応時間の短縮と P3 潜時の短縮および振幅増大を確認した上で、その効果の持続性を検証する。

更に一般非運動群と運動群の RT、P3 の比較から、日常的運動の効果を検討する。

(2) 第二に、習慣的運動が高齢者の認知機能に及ぼす効果を検討する。65 歳以上の痴呆の出現率は 7.9% であり、50 歳以上の成人の 40% 以上が認知症に強い懸念を持っていると言われ、高齢者の健康にとって認知症の改善や遅延は重要な課題と考える。このことに関して、高齢者の習慣的運動が痴呆とアルツハイマー病の発現を 40% 遅らせたという報告 (Larson, 2006) がある。本研究では習慣的に運動を遂行する高齢者の聴覚オドボール課題に対する RT (反応時間) と、標的刺激毎に発生する事象関連電位 P300 の N1, N2, P3 成分を単一施行毎に解析し、運動の効果を生理学的に検討する。

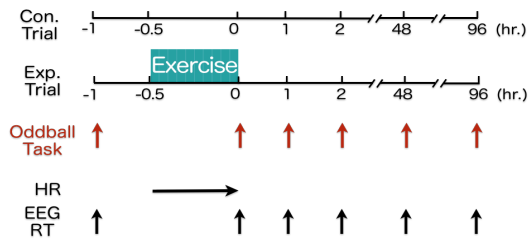
(3) 第三に、習慣的運動が高齢者の脳精神機能低下に及ぼす抑制効果について生理学的に検討する。本研究では、2 カ年にわたり (2007 年度から 2009 年度)、ヒトの認知機能を直接的に評価しうる事象関連電位 ERP-P3 の検査を用いて、習慣的に実施している運動の実態から非運動群、軽運動開始群、軽運動継続群、強運動継続群に分けて検討を行う。これらの結果を総括し、高齢者の脳神経機能低下に及ぼす習慣的運動の効果を明確にする。本研究は、高齢者における脳精神機能の改善のための運動処方基礎研究とすることを目的とする。

## 3. 研究の方法

(1) 健康な一般女子大生 22 名、平均年齢 21.8±0.4 歳、右利き (内運動部女子大生 7 名、21.1±0.4 歳、右利き) を本研究の対象とした。被験者は、有酸素運動 (自転車エルゴメータ運動作業: 心拍数 120 拍/分) を 30 分行った。運動前をコントロールとし、および運動終了直後、1 時間後、2 時間後、2 日

後、4日後に、安静状態で15分間の聴覚オドボール課題（標的2000Hz音20%、非標的1000Hz音80%）を行わせた。

### プロトコル



さらに、次の実験では、運動習慣の無い一般女子大生7名と運動部女子大生7名の反応時間およびP3成分を測定した。解析はoff-lineで行い、P3はEEG上にEOGアーティファクトが混入した施行を排除した加算平均P3波形を参照し、EEG上のP3を同定し、各成分のピーク潜時と振幅、RTを解析した。

(2) 健常な前期高齢者(65~74歳;WHO定義)29名(年齢 $67.6 \pm 3.2$ 歳)の内、運動群(12名、 $67.0 \pm 3.8$ 歳)を本研究の対象とした。運動群は厚生労働省の「健康づくりのための身体活動量」の目標値「週23エクササイズ」を達成する者であり、一般コントロール群(17名、 $68.1 \pm 2.8$ 歳)はその目標値に満たない者とした。

対象者は安静状態で15分間の聴覚オドボール課題(標的2000Hz音20%、非標的1000Hz音80%)を行い、同時に脳波を測定した。解析はoff-lineで行い、P3はEEG上にEOGアーティファクトが混入した施行を排除した加算平均P300波形を参照し、EEG上のN1、N2、P3を同定し、各成分のピーク潜時および振幅とRTを解析した。

(3) 健常な前期高齢者(65~74歳)31名(年齢 $68.7 \pm 3.7$ 歳)のうち、非運動群(5名、 $69.0 \pm 3.7$ 歳)、軽運動開始群(10名、 $67.7$ 歳)、軽運動継続群(6名、 $66.0 \pm 1.4$ 歳)、強運動継続群(10名、 $68.9 \pm 4.6$ 歳)を本研究の対象とした。

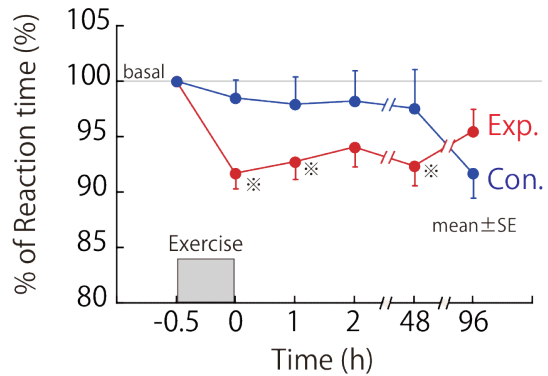
対象者は、2007年と2010年に、安静状態で15分間の聴覚オドボール課題(標的2000Hz音20%、非標的1000Hz音80%)を行い、同時に脳波を測定した。脳波は両耳を基準電極とし、頭皮上のFz、Cz、Pzを記録解析した。

## 4. 研究成果

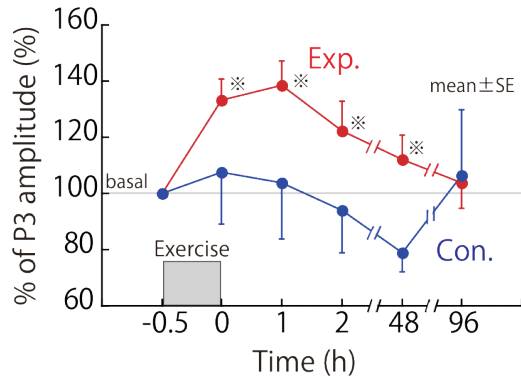
(1) 安静コントロール値に比べて、有酸素運動直後のRT短縮とP3潜時短縮、P3振幅増大は有意( $p < 0.05$ )であった。その運動の効果は、

運動直後をピークに、RT短縮とP3振幅増大は少なくとも2日以上有意に持続した。一般群に比べ、運動群はRTとP3潜時が有意に短く、P3振幅が有意に高かった。

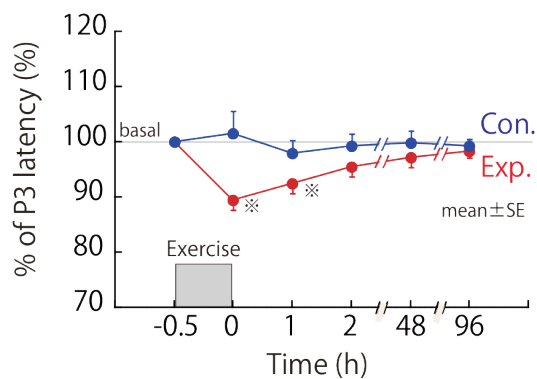
### 反応時間の継時変化(相対値)



### P3振幅の継時変化(相対値)



### P3潜時の継時変化(相対値)



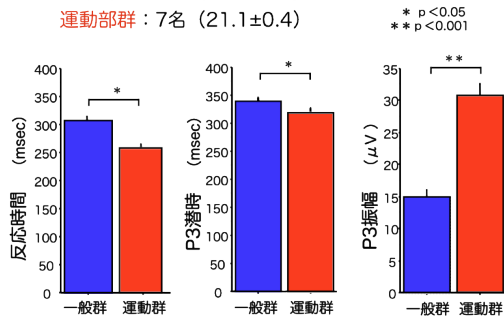
これらのことから、有酸素運動は、情報処理の速度を一過性に加速し、内因性ファクターである注意集中や覚醒レベルを上昇させる。その内因性ファクターのレベルの上昇は、有酸素運動後少なくとも2日以上持続する可能性があると考えられる。

## 女子大生運動部群のRTとP3

対象者：健康女子大生

一般群：7名 (21.9±0.4)

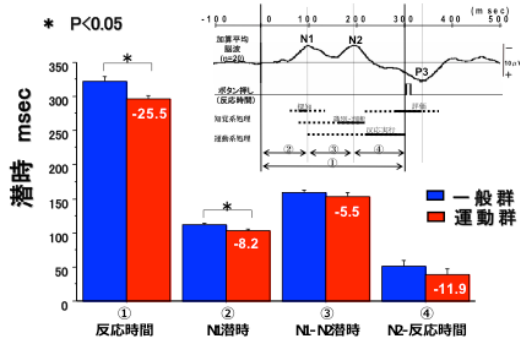
運動部群：7名 (21.1±0.4)



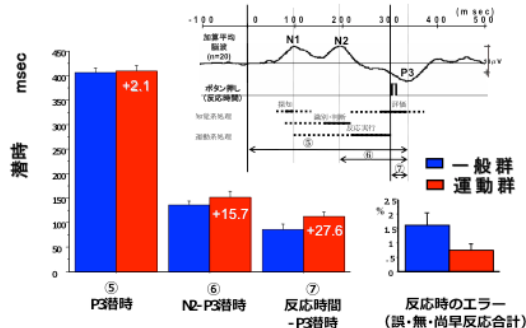
また、日常的に運動を行うことは、脳神経機能における情報処理過程の促進を持続させる可能性がある。さらに、日常の運動は中枢神経系の活性化を持続させ強化する可能性があると考えられる。

(2) 反応時間は運動部群が一般群に比べ有意 (p<0.05) に短かった。各成分間の潜時の差では、運動部群ではN1の短縮、N1-N2間の短縮、N2-反応時間までの短縮、N2-P3間の延長、反応時間-P3間の延長が示された。P3潜時は一般と運動部群間に有意な関係が見られなかった。

### 各成分間の潜時の比較



### P3と反応時間、N2間の潜時の比較



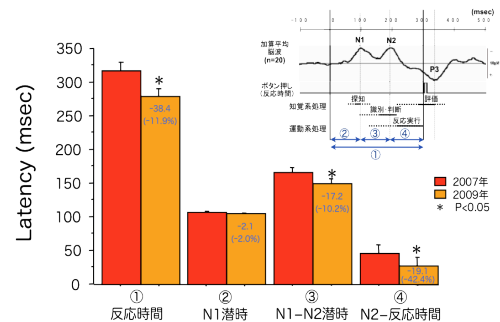
運動部群が一般群より刺激の伝達が速く、認知の過程の処理時間が短く、反応の過程の処理時間も速く反応行動に至ったこと意味している。また、一般群のP3潜時は短くなっ

ていたが反応ミスも多く見られたことから、評価時間が十分でない可能性があり、運動部群は正確性が高いことからより評価に十分な時間をかけていると推察される。

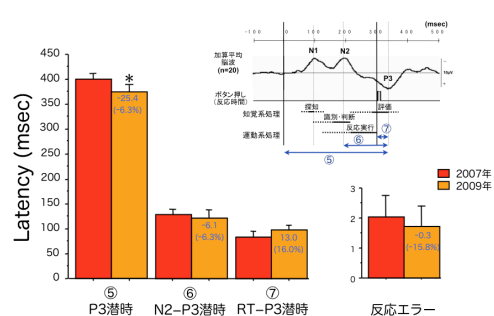
運動部群は一般群に比し反応時間が短縮し、それは情報処理過程における刺激の入力の過程の短縮、認知の過程の短縮、反応実行の過程の短縮の結果であり、加えて、認知の評価の過程が十分に働いたためと考える。習慣的運動は高齢者において、神経系、筋系の機能を維持するだけでなく、認知機能をも維持するのに役立つ可能性があると考えられる。

(3) 非運動部群では、2カ年で有意なP3潜時の延長がみられ、P3振幅の減少、エラーの増加を伴っていたことから、反応時間は変わらないものの、加齢による覚醒度の減退と認知過程の機能的後退が覗かれた。軽運動開始群、軽運動継続群、強運動継続群では、いずれの群も反応時間の短縮、P3潜時の短縮、P3振幅の増加、エラーの減少から、運動を習慣的に行うことは、認知の機能を高レベルまでに改善し、維持すると考えられる。特に、軽運動開始群では、N1潜時の短縮、N1-N2間の有意な短縮、N2-RT間の有意な短縮、N2-P3間の延長、RT-P3間の延長が認められ、有意に振幅が増加していたことから、運動の効果は、神経信号伝達速度の加速も推測されるが、脳内の刺激識別時間の有意な短縮と、反応実行系の時間短縮と、認知の評価に十分な時間を与えること、脳の覚醒レベルを上昇させることが示唆された。

### 軽運動開始群のP3、N2、RT間潜時の増減



### 軽運動開始群のN2、RT、P3間潜時の増減



高齢者にとって習慣的な運動は、刺激入力から認知の過程を短縮し、評価の程度を高め、認知機能を改善し、それを維持すると考える。また、習慣的運動は、脳の覚醒の程度を上昇させ、維持させる効果を持つと考える。

これらのことから、運動は、高齢者の脳神経機能低下に抑制効果を持ち、さらに機能の維持改善に有効である可能性がある。

以上をまとめると、①有酸素性運動は、情報処理のスピードを加速し、中枢神経系を活性化する。この脳神経機能に対する効果は少なくとも2日以上持続性を持つ。②高齢者において、日常の習慣的運動は中枢神経系の活性化を持続させ強化する可能性がある。③習慣的で有酸素性の運動は高齢者の脳神経機能低下に抑制効果を持ち、さらに機能の維持改善に有効である可能性がある。

#### 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2件)

- ① Yasuo YAGI, Mitsuharu INAKI, Yuko ISHIMOTO, Chihiro KAWANO, Rie ISHIZAWA; Attenuating effects of habitual exercise on the decline in cerebral cognitive functions in the elderly. *Advances in Exercise and Sports Physiology (The Proceedings of the 18<sup>th</sup> Annual Meetings of Japan Society of Exercise and Sports Physiology, July 31 August 1-2)*. 査読, 2010年. Vol.16; No2, P73.
- ② Yasuo YAGI, Chihiro KAWANO, Rie ISHIZAWA, Yuko ISHIMOTO, Mitsuharu INAKI; Duration of effects by aerobic exercise on cerebral nerve function. *Advances in Exercise and Sports Physiology (The Proceedings of the 16<sup>th</sup> Annual Meetings of Japan Society of Exercise and Sports Physiology, August 2-3)*. 査読, 2008年, Vol.14; No.2: p122.

[学会発表] (計2件)

- ① 習慣的運動が高齢者の脳神経機能低下に及ぼす抑制効果の検討; 八木康夫, 稲木光晴, 石本祐子, 河野千尋, 石澤里枝. 第18回日本運動生理学会, 2010.8.1.鹿児島. (大会賞受賞)

- ② 運動が脳神経機能に及ぼす効果の持続性; 八木康夫, 河野千尋, 石澤里枝, 石本祐子, 稲木光晴. 第16回日本運動生理学会, 2008, 8.3. 奈良

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

八木 康夫 (YAGI YASUO)  
西南女学院大学・保健福祉学部・教授  
研究者番号: 80200476

##### (2) 研究分担者

林田 嘉朗 (HAYASHIDA YOSHIAKI)  
四天王寺国際仏教大学・教育学部・教授  
研究者番号: 40047204  
(H19-H20: 研究分担者)

##### (3) 連携研究者

なし

##### (4) 研究協力者

稲木 光晴 (INAKI MITSUHARU)  
西南女学院大学・保健福祉学部・教授  
研究者番号: 20261787