

氏名(本籍)	紙上敬太(福岡県)		
学位の種類	博士(体育科学)		
学位記番号	博甲第4115号		
学位授与年月日	平成18年3月24日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	人間総合科学研究科		
学位論文題目	運動強度が脳内刺激弁別過程に及ぼす影響		
主査	筑波大学教授	学術博士	西平賀昭
副査	筑波大学助教授	博士(体育科学)	木塚朝博
副査	筑波大学助教授	理学博士	武政徹
		博士(医学)	
副査	筑波大学教授	教育学博士	田中喜代次

論文の内容の要旨

ヒトの日常動作やスポーツ動作は随意運動からなり、随意運動の直接的な原動力は骨格筋の収縮である。しかしながら、その背景には脳を含めた複雑な神経系が関与していることは周知の事実である。随意運動は脳の運動中枢から発せられた指令が種々の経路を経て、その支配下にある骨格筋を収縮させることにより発現する。これらの事実からも、運動制御における中枢神経系の重要性は高く、多くの研究者が「脳」というブラックボックスの解明に力を注いでいる。現在、「運動と脳」というこの壮大なテーマに関しては、心理学、医学、工学、そして体育・スポーツ科学等の様々な分野の研究者が、運動学習、リハビリテーション応用、2足歩行ロボット開発、運動処方等の立場から研究に取り組んでおり、その成果は少しずつ実を結んでいる。「運動と脳」というテーマの中で、本研究は、体育・スポーツ科学分野から、脳機能を促進させる運動処方の確立を将来の目標とし、運動効果の理論的根拠を解明する立場をとっている。

脳内情報処理過程に関する研究では、反応時間(reaction time: RT)がその指標として盛んに用いられてきた。RTは簡易に測定できるという利点がある反面、様々な末梢要因を含み、上位中枢における情報処理過程のみを検討するには限界があった。今日では、電気生理学的技術の発展に伴い、RTの指標としての限界を克服するため、脳内情報処理過程を実体的に評価する指標として注目されている事象関連電位(event-related-potentials: ERP)を用いて運動が脳内情報処理過程に及ぼす影響を徹底的に明らかにすることを試みている。そこで本論文では、脳内情報処理過程を反映する事象関連電位(event-related-potentials: ERP)の中でも刺激弁別過程を反映する指標としてP300、覚醒水準を反映する指標として随伴陰性変動(contingent negative variation: CNV)を用い、運動処方に特に重要であると考えられる運動強度に焦点を当て、運動強度と脳内情報処理過程、特に刺激弁別過程との関係について多角的に検討することを目的としている。

前述の目的を達成するため、本研究では以下の5つの研究課題を設定して調査を行った。

研究課題1では、運動強度とP300、CNVが逆U字関係にあるのかをgo/no-go反応時間課題を用いて検討し、以下の結果を得た。

1) 高強度運動後のP300振幅は、コントロール、中強度運動後に比べ低下した。また、その中でも高強

度運動後との差がもっとも顕著であったのは中強度運動後であった。

- 2) 高強度運動後の早期 CNV 振幅は、低、中強度運動後に比べ低下した。また、その中でも高強度運動後との差がもっとも顕著であったのは中強度運動後であった。
 - 3) 中、高強度運動後の α 波率はコントロールに比べ増加した。特に、それは高強度運動後に顕著であった。
- 以上のことから、運動強度の違いによって P300, CNV は逆 U 字型の変化を示すことが示唆された。また、運動による P300 の変化は、覚醒水準の影響を受けていることと考察している。

研究課題 2 では、RPE が 11「楽である」と感じる運動、13「ややきつい」と感じる運動、15「きつい」と感じる運動を設け、運動強度の違いが脳内情報処理過程に及ぼす影響を EMG-RT, ERP によって詳細に検討し、以下の結果を得た。

- 1) RPE13 運動後の EMG-RT は他のすべての条件に比べ短縮し、RPE11 運動後の EMG-RT はコントロールに比べ短縮した。しかし、RPE15 運動後には変化が認められなかった。
 - 2) RPE13 運動後の P300 振幅はコントロール、RPE15 運動後に比べ増大し、RPE11 運動後の P300 振幅はコントロールに比べ増大した。しかし、RPE15 運動後には変化が認められなかった。
- 以上のことから、RPE11 - 15 程度の強度幅であっても、運動強度の違いは脳内情報処理過程に異なる影響を及ぼすことが示唆された。また、RPE13 程度の運動が P300 の反映する認知機能をもっとも促進させ、RPE11 程度の比較的低い強度の運動でもその効果がみられることを確認している。

研究課題 3：課題の難易度の違いが脳内情報処理過程に及ぼす影響

研究課題 3 では、Eriksen flankers 課題によって課題の難易度を操作し、課題の難易度の違いが脳内情報処理過程に及ぼす影響を EMG-RT, P300 によって検討し、以下の結果を得た。

- 1) 両刺激において EMG-RT は、コントロールに比べすべての強度の運動後に短縮した。
 - 2) 不一致刺激ではコントロールに比べ RPE13 運動後だけではなく、RPE11, 15 運動後にも潜時の短縮や振幅の増大が認められた。
 - 3) 中性刺激ではコントロールに比べ RPE13 運動後にのみ P300 潜時の短縮、振幅の増大が認められた。
- 以上のことから、課題の難易度の違いによって脳内情報処理過程に対する運動の影響度は異なるが、RPE13 程度の中等度強度の運動は、課題の難易度に関係なく常に至適レベルに近いことが示唆されている。

研究課題 4：身体活動量の違いが脳内情報処理過程に及ぼす影響

研究課題 4 では、IPAQ を用いて参加者を運動群と非運動群に分類し、身体活動量の違いによって脳内情報処理過程に対する運動強度の影響が異なるのかを ERP によって検討し、以下の結果を得た。

- 1) P300 振幅、no-go P300 振幅ともに、 α -RPE13 は非運動群においてのみ α -RPE15 よりも大きかった。
 - 2) no-go P300 振幅における α -RPE15 が、非運動群よりも運動群で大きかった。
- 以上のことから、非運動群は運動群に比べ、運動強度の変化に対してより敏感に反応し、RPE が 15 程度の強度に達すると非運動群においてのみ運動の促進効果は打ち消されることが示唆された。換言すれば、日常的に身体運動を行っている者ほど運動による身体的ストレスへの耐性が高いことを確認している。

研究課題 5：自己選択した運動強度が脳内情報処理過程に及ぼす影響

研究課題 5 では、自己選択した運動強度が脳内情報処理過程に及ぼす影響を ERP によって検討し、以下の結果を得た。

- 1) 自己選択運動後、指定運動後に P300 振幅は増大し、特にそれは自己選択運動後に顕著であった。
- 2) 早期 CNV 振幅は自己選択運動、指定運動の影響を受けなかった。

以上のことから、自己選択運動後にみられた P300 振幅の変化は覚醒水準などの生理学的影響よりも、快適感などの心理学的影響を強く受けたことが考えられた。運動の強度、時間が同じであっても運動後に得られる快適感の違いによって脳内情報処理過程への影響は異なることが示唆されている。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文では、先行研究の矛盾点に関連する4つの方法論的要因（心理学的課題の性質、参加者の体力、運動の強度や時間、心理学的課題を行わせるタイミング）を個別に調査することによって、脳内情報処理過程に対する運動強度の影響を詳細に検討している。その結果、脳内情報処理過程における至適運動強度は RPE が 13（ややきつい）、HR が 130 bpm 程度であることが明らかになっている。また、ERP を誘発する心理学的課題の性質や参加者の日常的な身体活動量の違いによって運動の影響度は異なるが、RPE が 13 程度の中等度強度の運動は課題の性質、参加者の身体活動量に左右されず常に認知機能を促進させることが明らかとなった。さらに、客観的な運動強度のみが脳内情報処理過程に影響を及ぼすわけではなく、自己選択運動のように運動後に快適感をもたらすような運動は、運動強度がやや低くても認知機能に促進効果をもたらすことが明らかにしている。

本論文は、一連の研究課題を通じて一過性の運動が脳機能に影響を与えるという知見を提供し、さらには運動の強度や方法の違いによって機能の促進、もしくは低下の程度が異なるという結果に対して実験的根拠を示した点が学位論文審査委員会において高く評価された。

しかし運動は変化があってこそ楽しいし、あまり運動を客観的に規定するのは少し問題があるので工夫を要するのではないか、また運動を low, medium, high などに分類するのは無理があるのでは、など論議があったが今後の問題であり本論文の価値を少しも損なうものではないということが確認された。

よって、著者は博士（体育科学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。