

氏名(本籍)	くろ いわ かず お 黒 岩 一 雄 (静岡県)
学位の種類	博 士 (学 術)
学位記番号	博 甲 第 3487 号
学位授与年月日	平成 16 年 3 月 25 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	体育科学研究科
学位論文題目	局所的な高強度筋運動が感覚・運動の中枢処理過程に及ぼす影響

主 査	筑波大学教授	學術博士	西 平 賀 昭
副 査	筑波大学助教授	博士 (心理学)	坂 入 洋 右
副 査	筑波大学講師	理学博士	武 政 徹
		博士 (医学)	
副 査	筑波大学教授	博士 (心身障害学)	前 川 久 男

論 文 の 内 容 の 要 旨

我々の日常生活やスポーツ活動は、自分の意志で判断し骨格筋を収縮させるといった随意運動を介して、自分をとりまく環境に意図的に働きかけることにより成り立っている。一方、運動・スポーツ活動によって我々の身体は影響を受けている。運動による人体への影響は様々な分野で研究されており、心血管系や呼吸器系、骨格筋組成の変化等に関しては詳細に報告されている。さらに近年では運動の中枢神経系への影響にも関心が高まっており、運動が認知機能・情報処理過程に及ぼす影響についても研究が進められている。しかしながら、心血管系や呼吸器系、骨格筋組成等の研究に比べて不十分な点も多い。認知機能・情報処理過程への影響を見た先行研究においては運動に全身性運動を用いているが、運動発現の機序から考えると局所的な運動であっても中枢神経系に影響を及ぼすことが予想される。しかしながら局所的な運動を用いた研究は行われていない。そこで本研究は局所的な高強度筋運動が中枢神経系に及ぼす影響を電気生理学的な指標を用いて検討した。

本研究の運動課題は歪み計が内蔵された握力計を握るというグリップ把持運動であり、40% MVC の力で 6s 間把持運動を維持し、その後 4s 間の休憩を取ることを繰り返し、40% MVC が 2 度続けて維持できなくなるまで行うというものであった。このような運動課題の前後に誘発電位 (EP) や事象関連電位 (ERP) を測定し、局所的な高強度筋運動が情報処理過程に及ぼす影響を明らかにした。

研究課題 1 では、局所的な高強度運動が中枢神経系の中でも最も重要な機能の 1 つである認知機能および情報処理過程に及ぼす影響を ERP を用いて検討した。その結果、運動後には末梢における筋疲労と共に、P300 振幅の減少、P300 潜時・N2 潜時の延長が観察された。このことより局所的な高強度運動は末梢の筋だけでなく中枢神経系の認知機能および情報処理過程にも影響を及ぼし、特に刺激処理過程の機能を低下させたことが考えられた。また運動を制御する要素としては運動遂行のほかに運動抑制が非常に重要となる。研究課題 1 においては運動遂行時における情報処理過程について検討したが、運動抑制時についてはふれなかった。

研究課題2では局所的な高強度筋運動が運動抑制時の情報処理過程に及ぼす影響を運動の抑制を反映するNoGo電位(NoGoP300・NoGoN2)を用いて検討を行った。その結果、運動後には末梢における筋疲労と共に、NoGoP300振幅の減少が観察された。しかしながらNoGoN2振幅、NoGoP300潜時・NoGoN2潜時には変化が見られなかった。このことより、運動遂行に関する情報処理と運動抑制に関する情報処理に対する高強度筋運動の影響の現れ方には違いがみられ、それらの情報処理のメカニズムが異なることが考えられた。

研究課題3では、局所的な高強度筋運動が覚醒水準に及ぼす影響をCNVとS1前の背景脳波(α 波率)を用いて検討した。その結果、運動後にはCNV振幅の低下、 α 波率の増加が観察された。このことより局所的な高強度運動後には覚醒水準が低下することが示唆された。よって運動後に認められたP300成分・NoGoP300成分、N2成分の変動要因の1つに覚醒水準の低下が考えられた。

研究課題4では、視覚誘発電位(VEP)を用いて、高次中枢機能以前の機能または受容器レベルでの影響が存在するかどうかを明らかにした。その結果、VEP成分であるN75、P100、N140の潜時・振幅に運動による変動は観察されなかった。このことより、局所的な高強度筋運動は視覚情報処理過程の初期段階である「刺激を感知するまでの視覚系の伝達段階」に影響を及ぼさないことが明らかとなった。

研究課題5では、局所的な高強度筋運動が体性感覚情報の処理に与える影響を体性感覚誘発電位(SEP)を用いて検討した。その結果、運動課題中、運動課題後共にSEP成分振幅の減少が観察された。このことより運動中の体性感覚入力に運動による筋疲労の発現に伴って減少し、その影響は運動後においても継続することが示唆された。

運動が中枢神経系の情報処理過程に影響を及ぼすことは、Nishihira et al. (1999)の論文をはじめ、Fery et al. (1997)、Nakamura et al. (1999)、Yagi et al. (1999)、Magnie et al. (2000)等の先行研究で観察されている。しかしながら、それらの先行研究で用いている運動負荷はすべて全身性運動であり、局所的な運動を用いて評価した研究はない。よって、本研究で得られた局所的な筋運動であっても中枢神経系の情報処理を担う部分に影響を及ぼすという結果は、新しく興味深い知見である。1890年に発表されたMosso (1890)の中枢性疲労研究、電気刺激を巧みに用いた研究(Bigland-Ritchie et al., 1986)、近年ではTMSを用いた研究(Gandevia, 2001)と運動出力に関しては局所的な運動であっても中枢神経系に影響が及ぶことは報告されている。このことは運動を発現する部位は末梢の筋肉ではなく、脊髄の α 運動ニューロンであり、その上の脳であるということに基づくデータである。しかしながら、中枢神経系の中でも運動出力に関わる部分だけでなく情報処理を担う部分にも影響が及ぶということは報告されていない。ではなぜ情報処理を担う部分にも運動の影響が現れたかという点、これには運動によって活動する中枢神経系内の神経構造物に関係していると考えられる。脳から下りてくる出力の主要な信号源は脳の運動野であるが、運動野と脳幹からの運動出力は脳高次運動野(補足運動野・運動前野・前頭前野)の支配下にある。一方、全身の筋や関節の状態、そして皮膚に接触する物体の情報等は運動の調節に欠かせないが、それは体性感覚情報として脊髄と脳幹そして脳感覚野にも情報が送られる。その他視覚・聴覚・平衡感覚などの情報もそれぞれの経路を伝わって脳感覚野に至る。これらの感覚情報は脳の連合野でまとめられ、統合されて脳の高次運動野に送られる。脳の高次運動野は認知過程で形成された情報や記憶情報などをもとにして、運動野に必要な情報を提供している。また脳基底核と小脳もそれぞれ特有の仕組みで脳の連合野から高次運動野へ、あるいは脳感覚野から運動野への情報転送のなかだちをしたり、運動野の出力調節をするなどして運動制御に関与している(西平・大築, 2004)。

このように運動発現・制御に関わる部位は運動野だけでなく、中枢神経系内の様々な神経構造物であると

いうことになる。本研究における運動課題は最大下の力が維持できなくなるまで繰り返すというものであり、運動を繰り返すことによって、運動野をはじめとした高次運動野、感覚野、小脳、大脳基底核、脳幹等の神経構造物も繰り返し活動したことになる。また局所的な筋運動によって末梢の筋では疲労現象が認められたことから中枢神経系内の神経構造物にも何らかの変化がおきている可能性が考えられる。そして、それらの神経構造物の中に情報処理に関連する部分があったとするのならば、本研究で得られたような情報処理過程の変動も十分に考えられる。しかも、本研究では運動の中枢神経系への影響の現れ方が情報処理過程の時間的な段階や刺激の処理に関わる経路の違い、そして活動の内容によって異なることも明らかとなった。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は局所的な高強度筋運動が中枢神経系に及ぼす影響を電気生理学的な指標を用いて検討した。その結果、運動後には末梢における筋疲労と共に、P300 振幅の減少、P300 潜時・N2 潜時の延長が観察された。また運動後には末梢における筋疲労と共に、NoGoP300 振幅の減少が観察された。しかしながら NoGoN2 振幅、NoGoP300 潜時・NoGoN2 潜時には変化が見られないことも確認されている。さらに局所的な高強度筋運動が体性感覚情報の処理に与える影響を、体性感覚誘発電位 (SEP) を用いて検討した結果、運動課題中、運動課題後共に SEP 成分振幅の減少が観察されている。これらのことから運動中の体性感覚入力に運動による筋疲労の発現に伴って減少し、その影響は運動後においても継続するという興味ある知見を得ている。運動が中枢神経系の情報処理過程に影響を及ぼすことを確認した研究はあるが、それらの先行研究で用いられている運動負荷はすべて全身性運動であり、局所的な運動を用いて評価した研究はない。よって、本研究で得られた局所的な筋運動であっても脳内の情報処理過程に影響を及ぼすという結果は新知見であり、専門委員会でも高く評価された。応用的な側面を考慮にいたった実験デザインがあれば内容がさらに豊かになったと指摘する意見がでたが今後の課題と思われる。

よって、著者は博士（学術）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。