

氏名(本籍)	麓	正	樹(鹿児島県)
学位の種類	博士(学術)		
学位記番号	博甲第2702号		
学位授与年月日	平成13年3月23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	随意運動開始前の持続的筋収縮が脳・脊髄神経系の準備状態に及ぼす影響		
主査	筑波大学教授	理学博士	岡田守彦
副査	筑波大学助教授	学術博士	西平賀昭
副査	筑波大学助教授	博士(心理学)	吉田茂
副査	筑波大学教授	農学博士	鈴木正成
副査	筑波大学教授	医学博士	宮本信也

論文の内容の要旨

1. 目的

ヒトの随意運動の円滑な遂行は運動開始前の中枢神経系の準備状態に大きく影響される。この準備状態に関する研究はH反射、脳電位などの電気生理学的な手法を用いて盛んに行われてきた。しかしながら、その詳細な理解に重要と思われる以下の問題について検討した報告は少ない。すなわち、中枢神経系の準備状態を反映する複数の指標を同時に記録して関係を調べた報告、および目的とする運動の準備状態に持続的筋収縮がおよぼす影響を調べた報告である。特に後者に関しては、これまでの報告のほとんどが安静状態での準備状態を調べているため、我々の身近な運動やスポーツ場面で頻繁に目にする予備的な活動に続いて動作が重畳する状況に関しては不明な点が多い。そこで本研究では、脳・脊髄神経系の準備状態を反映する複数の指標(脳電位成分である随伴性陰性変動(CNV)、準備電位(RP)、体性感覚誘発電位(SEP)、H反射、反応時間(RT))を可能な限り同時に記録してその関係を調べる、および持続的筋収縮が運動開始前の中枢神経系の準備状態にどのように影響するか調べることを目的とした。

2. 方法と結果

研究課題1. 警告信号(WS)と反応信号(RS)の間の準備期(PP)に得られる随伴性陰性変動(CNV)とH反射の時系列的な変化、および筋電図反応時間(EMG RT)が持続的筋収縮にどのように影響されるかを健康成人11名を用いて調べた。被験者は安静(安静条件)か最大力の5%の力を維持した状態(収縮条件)からできるだけ素早い右手関節の等尺性屈曲運動を行った。その結果、CNV後期成分は安静条件より収縮条件において減少した。準備期(PP)後半のH反射は安静条件ではコントロールより増大したが、収縮条件ではコントロールより減少傾向にあった。また、筋電図反応時間(EMG RT)は安静条件よりも収縮条件において短縮した。これらの結果から、脊髄とより上位の中枢の反応信号(RS)に対する準備状態が、持続的筋収縮の影響を受けて変化したと考えられた。また、CNV後期成分の減少時に筋電図反応時間(EMG RT)が短縮するという状況の存在も明らかとなった。

研究課題2. 異なる大きさの持続的筋収縮が準備期(PP)のCNVとH反射の時系列的な変化、および筋電図反

応時間 (EMG RT) にどのように影響するかを健常成人 10 名を用いて調べた。被験者は安静、軽度および中程度の収縮のいずれかの条件から研究課題 1 と同様の反応動作を行った。その結果、Fz から得られた CNV 後期成分は安静条件よりも中程度の収縮条件において増大した。H 反射は軽度と中程度の収縮条件ではコントロールから減少傾向にあった。また、筋電図反応時間 (EMG RT) は軽度の収縮条件ではほぼ全被験者において安静条件より短縮し、中程度の収縮条件では軽度の収縮条件より延長する被験者が多かった。以上の結果から、持続的筋収縮の大きさの違いによって、脊髄上の中樞神経系の準備状態には異なる変化が現れ、脊髄レベルに関しては同様の変化が現れることが示された。

研究課題 3. 持続的筋収縮が自己ペース運動の準備状態を反映する準備電位 (RP) におよぼす影響を調べ、CNV 後期成分の変化との対応を 10 名の健常成人を用いて調べた。RP 課題では被験者は研究課題 2 と同様の動作を自発的に行い、CNV 課題では警告信号 (WS) と反応信号 (RS) が与えられ、被験者は RP 課題と同様の反応動作を行った。その結果、RP の早期成分である BP 成分 (準備電位早期成分) と CNV 後期成分は安静条件よりも収縮条件において減少した。また、BP 成分 (準備電位早期成分) の方が減少はより顕著であった。CNV 課題の収縮条件では安静条件と比べて、反応動作の力の軌跡におけるピーク振幅は増大し、筋電図反応時間 (EMG RT) は短縮した。RP 課題では条件間の差は得られなかった。これらの結果から、CNV 後期成分の減少はその構成要素である RP の減少と関係すること、および持続的筋収縮は運動の準備的な過程に影響していると考えられた。

研究課題 4. 研究課題 1～3 までの結果を確認するとともに、反応信号 (RS) 前に体性感覚誘発電位 (SEP) を誘発し、持続的筋収縮条件下での体性感覚系の活動状態を 9 名の健常成人を用いて検討した。テスト試行では、反応信号 (RS) の 200msec 前に正中神経を経皮的に電気刺激することによって、安静条件と収縮条件における SEP が得られた。コントロール試行では被験者が反応動作を行わず、安静か収縮のいずれかを維持した状況において SEP が得られた。その結果、SEP の N25 成分は安静条件ではコントロールよりテスト試行において減少したが、収縮条件では変化しなかった。H 反射は、収縮条件ではコントロールよりテスト試行において減少傾向にあった。また、CNV 後期成分は安静条件より収縮条件において減少傾向にあり、筋電図反応時間 (EMG RT) は短縮した。これらの結果により、研究課題 1～3 までに得られた CNV と H 反射および筋電図反応時間 (EMG RT) の安静条件と収縮条件における違いが再確認された。そして、反応信号 (RS) に向けた準備状態に体性感覚系の活動を抑制する役割が含まれること、およびこの抑制機序が安静条件と収縮条件では異なることが示唆された。また、その違いは CNV 後期成分や RP の減少と関係すると考えられた。

3. 結論

以上の実験により、動作前に適度な持続的筋収縮を行った場合には、行わなかった場合に比べ、随伴性陰性変動 (CNV) 後期成分が減少し、準備電位 (RP) の早期成分である BP 成分 (準備電位早期成分) はさらに顕著に減少すること、H 反射も減少し、筋電図反応時間 (EMG RT) は短縮することが明らかになった。また、準備期後半に誘発される体性感覚誘発電位 (SEP) の早期成分は動作開始前に減少するが、動作の前に適度な持続的筋収縮を行った場合には、このような変化が見られなかった。これらの結果から、目的とする運動の準備期に持続的筋収縮が行われる状況では、脊髄および脊髄上の中樞神経系への体性感覚入力制限され、このことが随伴性陰性変動 (CNV) 後期成分や準備電位 (RP) の減少と関連している可能性が示唆された。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究はヒトの随意運動開始前の中樞神経系の準備的過程のメカニズムを複数の指標を用いて検討するとともに、持続的な筋収縮が随意運動開始前の中樞神経系の準備的な過程にいかなる影響を及ぼしているかを明らかにすることを目的としている。その結果として、1) 適度な持続的筋収縮条件では安静条件より CNV (随伴性陰性

変動) 後期成分が減少し、とくに RP (準備電位) の早期成分である BP は CNV 後期成分よりも顕著に減少すること、2) 運動準備期後半に誘発された H 反射は持続的な筋収縮条件下では安静条件と比べて減少することを明らかにした。さらに 3) CNV 後期成分は適度な持続的な筋収縮条件下では安静条件と比べて減少し、筋電図反応時間は短縮することを見出し、4) 運動準備期後半に誘発された SEP (体性感覚誘発電位) の早期成分は反応動作開始前には減少するが、持続的な収縮条件下では変化しないことを明らかにした。

とくに CNV (随伴性陰性変動) の振幅が増加すれば筋電図反応時間が短縮するという従来知見に加えて、適度な持続的な筋収縮条件下では安静状態より CNV (随伴性陰性変動) 後期成分が減少し、筋電図反応時間がさらに短縮することや、RP (準備電位) の早期成分である BP (準備電位の早期成分) は CNV 後期成分よりも顕著に減少することを明らかにし、運動を遂行する時、その準備期に持続的な筋収縮が行われると脊髄を含む中枢神経系への余分な感覚入力が制限され、運動が円滑に行われるように脳・脊髄神経系の準備状態が形成されることを考察した点は専門委員会でも高く評価された。

他方個体差の解釈の問題、刺激の予測問題などいくつかの問題点が指摘されたが、これはいずれも本研究の重要性をそこなう弱点ではなく、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。