

## VIII章. 討論

本研究で明らかになった主な知見は以下の通りである。1) 適度な持続的筋収縮状況では安静状況より CNV 後期成分が減少し、RP の早期成分である BP は CNV 後期成分よりも減少が顕著であった。2) 準備期 (PP) 後半に誘発された H 反射は、反応動作開始前が安静の時はコントロールからの変化は規則的でなかったが、持続的筋収縮状況ではコントロールからの変化は減少傾向にあった。3) 異なる大きさの持続的筋収縮は H 反射の経時的変化には同様の影響を与えたが、CNV 後期成分には異なる影響を与えた。4) CNV 後期成分は適度な持続的筋収縮状況では安静状況より減少し、筋電図反応時間 (EMG RT) は短縮傾向にあった。5) 本研究の反応動作及び主動作に伴う力の軌跡に関する諸要素の変化は、CNV や RP の減少と直接的に関係しなかった。6) 準備期 (PP) 後半に誘発された SEP の比較的早期の成分は、反応動作開始前が安静の時はコントロールと比べて減少するが、適度な持続的筋収縮を課したときはコントロールと同様だった。

日常動作あるいはスポーツ場面において、動作を開始する前の準備状態が結果として行われる随意運動の成績を大きく左右するのは周知の事実である。反応時間 (RT) の遅速によって神経系の活動状態を推測する試みから、反応時間 (RT) 課題と生理学的な指標を組み合わせることによって、随意運動の準備状態についての神経生理学的な背景が続々と明らかにされてきた。しかしながら、未解決の問題は多く残されていると思われる。本研究ではこれまで個別に調べられていた複数の指標を可能な限り同時に記録して関連性について調べ、さらにそれらに対して、報告が少なく

かつ運動学的にも重要な運動開始前の持続的筋収縮（予備的筋緊張）が及ぼす影響についても検討を加えた。以下、本研究で得られた結果について考察する。

CNV 後期成分と H 反射の変化の方向性は研究課題 I における全被験者の結果からは同様と見なされ得る。しかしながら、研究課題 I における個々の被験者の傾向、研究課題 II における全被験者の結果及び個々の被験者の傾向から、変化の方向性が異なることは明らかであった。CNV と H 反射の関連性に関してはまず、Brunia,1980 が CNV 後期成分と H 反射が同様の時系列的変化を示すことを報告した。彼はこの結果を、CNV に反映される皮質活動に脊髄運動ニューロンが影響され、H 反射も同様の変化を示したと考察した。これに対し、Papakostopoulos et al,1973 も CNV と H 反射の時系列的な変化を調べた。彼らは CNV がピークに達する時点と H 反射の時系列的な変化がピークに達する時点が異なることから、両指標に因果関係がないことを主張した。その後 Papakostopoulos and Cooper,1978 は CNV が持続的な筋収縮の影響を受けて減少するのに対し H 反射は増大する結果から、両者に因果関係がないことをさらに強調した。上記の本研究の結果もまた両指標に因果関係がないことを支持する結果と考えられる。さらに、研究課題 II の 2 つの持続的筋収縮状況において、H 反射の変化は同様だったが CNV は異なった変化の傾向を示した。この両指標の変化は脊髄とより上位の中枢における準備的な過程の役割の違いを反映したものと考えられる。

研究課題 III では CNV 後期成分と RP を同一実験内で記録した。その結果、研究課題 I で得られた CNV 後期成分の減少は、CNV 後期成分を構成する要素の中でも運動の準備に関係する成分

(RP) に持続収縮が影響したためと考えられた。さらに、RP の減少はより早期の成分である BP に顕著であった。BP は行われる運動の一般的な準備状態を反映すると考えられてきたが

(Shibasaki et al,1980 : Neshige et al,1988), 具体的な内容に関してはこれまでの報告では明らかでなかった。研究課題Ⅲの結果から、BP に影響を及ぼす要因の 1 つとして持続的筋収縮の存在が明らかとなった。

本研究で得られた持続的筋収縮に伴う CNV 後期成分の減少及び筋電図反応時間 (EMG RT) の短縮に注目する。随意運動開始前の準備状態を対象とした研究において、CNV を用いた研究のほとんどは反応信号 (RS) に対する動作の成績との関係を正と報告してきた (Low and McSherry,1968 : Rebert et al,1967 : Loveless and Sanford,1974 : Gaillard et al,1980)。また、本研究の適度な持続的筋収縮状況では、筋電図反応時間 (EMG RT) の短縮 (研究課題 I ~IV) とともに反応運動に伴う力の大きさの増大 (研究課題Ⅲ) も得られた。これらの結果は、これまでの報告に基づく CNV 後期成分の増大を予想させるが、本研究の CNV 後期成分は逆に減少した。したがって本研究の結果は、CNV 後期成分が減少しても筋電図反応時間 (EMG RT) が短縮する状況が存在することを示した重要な知見であると考えられる。

Schmidt and Stull,1970 は、筋電図反応時間 (EMG RT) の短縮は持続収縮の大きさに依存せず、比較的軽度の場合に最も短縮することを示した。彼らは、この結果から彼ら自身が設定した仮説を否定した。すなわち、持続的な筋収縮を反応動作プログラムの部分的な放出と見なし、反応動作プログラムの複雑さが減少して筋電図反応時間 (EMG RT) が短縮するという考えであった。

さらに彼らはもう一つの仮説として、持続的筋収縮にともなう末梢からのフィードバック入力による、覚醒水準の上昇が関与する可能性を指摘した。しかしながら、この仮説に関しても比較的軽度の収縮状況で最も筋電図反応時間 (EMG RT) が短縮することを説明できなかった。本研究の研究課題Ⅱの結果も、筋電図反応時間 (EMG RT) の短縮傾向は軽度の収縮状況に顕著であり、中程度の収縮状況における筋電図反応時間 (EMG RT) の安静及び軽度の収縮状況との違いは上記の仮説では説明されないと考えられた。

Schmidt,1991 は 2 つの異なる情報処理課題が実行されると、両方の課題が乱されるが、いずれか一方の過程が自動的に行われれば他方の処理課題が乱されない可能性を指摘している。本実験の持続的筋収縮状況下では収縮の維持と反応信号 (RS) に対する準備的な過程の形成の両者が並列して進行すると考えられる。この仮説と前段の仮説をあわせて考えると、本研究の筋電図反応時間 (EMG RT) の変化を説明できる可能性がある。すなわち、研究課題Ⅱの軽度の収縮状況において (研究課題Ⅰ,Ⅲ,Ⅳの収縮状況に相当)、持続的筋収縮が自動的に行われ、これに反応動作プログラムの部分的な放出が加われば、安静状況よりも軽度の収縮状況において筋電図反応時間 (EMG RT) が短縮する傾向を説明できる可能性がある。また、中程度の収縮状況では、反応動作プログラムが部分的に放出されても、筋収縮の維持が意識的に行われ、反応動作プログラムの機能を乱すように働けば、軽度より中程度の収縮状況において筋電図反応時間 (EMG RT) が延長傾向にあったことを説明できる可能性がある。さらに、意識的な課題の処理に前頭連合野が関係する可能性が、サル学習過程における大脳

皮質活動の記録から明らかにされ (Sasaki and Gemba,1982), 研究課題Ⅱの中程度の収縮状況における CNV 後期成分の増大が前頭部で得られたことと対応し得る。

CNV 記録時に得られた H 反射の変化は収縮状況においてコントロールよりも減少傾向であった (研究課題Ⅱ, IV)。また, 持続的筋収縮の大きさが異なっても減少傾向は同様だった (研究課題Ⅱ)。ヒラメ筋 H 反射を個別に調べた先行研究では, 準備期 (PP) 後半に振幅の時系列的な変化がコントロールより減少する場合, その機能的な意義は動作の円滑な遂行を妨げないための, 予期しない末梢の感覚性入力に対する構え (set) を反映するというものであった (Requin,1969)。持続的な筋収縮はそれ自身が求心性の入力を発生させる (Hagbarth and Vallbo,1968)。これらの入力は自身が発揮する力の大きさや位置, 筋の長さなどの情報を得るためのフィードバック入力として重要と考えられる (Staines et al,1997a)。しかしながら, 次に目的的な動作を控えている場合, それらの入力は動作遂行に必要な中枢の準備状態に不必要となる場合も少なくない。このことは, 運動開始前に収縮を課したときは課さないときよりも, より脊髄レベルへの求心性入力が制限される可能性が大きいことを予想させる。本研究の収縮条件における H 反射の減少傾向はこの予想を裏付ける結果と考えられる。しかしながら, 若干ではあるが増大傾向を示す被験者も存在した。この理由は, 安静状態の準備期 (PP) において H 反射を用いた研究によって提示された, 被験者の反応信号 (RS) に対する構え (set) の違いが収縮状況においてもなお存在する可能性があるためと考えられた。

前段において反応運動の準備的な過程に脊髄への体性感覚入力

の調節が含まれる可能性を指摘したが、より上位の中枢に向かう入力に対してはどうか？研究課題IVでは、安静状況においてSEPの早期成分であるN25成分はコントロールと比べて選択的に減少したが、収縮状況では減少しなかった。SEP早期成分が反応信号(RS)前に減少することはこれまでに報告されてこなかった。本研究により、反応信号(RS)前の準備的な過程に、脊髄上へ向かう体性感覚系の調節的な要素が含まれる可能性が明らかとなった。

運動中に大脳皮質への体性感覚入力を調節する機序は大きく2つに分けられる。すなわち、運動自身が伴う末梢からの求心性入力と、上位中枢からの遠心性入力である(Nishihira et al,1997a,b;Morita et al,1998;Staines et al,1997a)。準備期(PP)が安静の時は、末梢からの求心性入力は発生しないので、上位中枢への体性感覚入力は中枢遠心性に調節される必要がある。しかしながら、持続的筋収縮がある場合は上位中枢への体性感覚入力の調節は末梢からの求心性入力によっても行われ得る。従って、持続的筋収縮状況において上位中枢は、感覚経路を中枢遠心性に調節する必要性が少ないと考えられる。おそらく、準備期(PP)における中枢遠心性の体性感覚入力の調節機能はCNV後期成分の反映する準備的な過程に含まれると考えられる。そうすると、持続的筋収縮状況では末梢からの求心性入力がこの機能を代替するため、CNV後期成分に反映される運動準備の要素を軽減させ、CNV後期成分が減少する可能性が考えられる。