

I. 緒言

我々の随意運動は脳の運動中枢から発せられた指令が、種々の経路を経て運動発現における最終共通路(Sherrington,1906)である脊髄の α 運動ニューロンに到達し、その支配下にある骨格筋を収縮させることによって発現する。随意運動は我々の日常生活における生活行為からスポーツ場面に見られる複雑巧緻な身体運動に至るまで広範である。いずれにしても、我々はその運動を行おうという意欲の元にその運動の目的を認識し、特定の動作を行おうとする意志を発動させ、外界の状況を認知・判断し、適切な時刻に適切な筋を適切な強さで収縮させる必要がある(大築,1996)。従って、我々の身体運動の正しい理解、スポーツ場面におけるスキルやトレーニング効果の向上、さらには疾患者の身体機能の改善等に対して、随意運動の発現過程に関係する知見を集約することは重要な意義を有すると考えられる。

我々の日常生活やスポーツ場面に見られるような複雑巧緻な動作は動物の日常動作とは大きく異なる。例えば、言語使用はヒト独特の機能であり、心の中の動きに関する情報などは被験者からの報告なしには知り得ない。また、スポーツ場面においては、それぞれの動作が直接的に生存を目的とせず、他の人とルールを共有し、それに関わる動作を習熟させることができる。これらは、ヒトの随意運動が動物の主として生存を目的とする行為とは大きく異なった文化的側面を持つことを意味する。このため、随意運動を研究する上でヒトを対象とした研究の持つ意義は大きい。しかしながら、健常なヒトに対して頭蓋骨を切開して脳に電極を埋め込むといったような動物実験的手法の使用は不可能である。し

たがって、ヒトの随意運動に関与する中枢神経系の働きを知る第一歩は、非侵襲的な方法を用いて自然な動作遂行中の生理現象を記録することである。そして、動物実験等によって得られた知見を参照しながら、中枢神経系の働きを推定することが最も妥当な方法と考えられる。

本研究は、随意運動の発現過程のなかでも、運動開始前の準備期に焦点を当てる。我々のスポーツ場面において、例えばある信号に対して反応する場合、反応信号（RS）に先行して警告信号（WS）が提示される状況では、提示されない状況よりも反応時間（RT）が短縮することは周知の事実である。このことは、運動開始に向けて、反応信号（RS）前から準備状態が構築されていることを推測させる。この機能を運動皮質の錐体路細胞において初めて実体的に示したのは Tanji and Evarts, 1976 であった。彼らは警告信号（WS）の後の反応信号（RS）に対して、サルにレバーを押すかもしくは引く課題を学習させ、運動野錐体路細胞の活動を記録した。その結果、‘レバーを引け’という警告信号（WS）の後約 300ms から活動性を上昇させる細胞を発見した。しかもその細胞は‘レバーを押せ’という警告信号（WS）後には活動性を減少させた。このことは、行われる運動パターンに特異的な準備状態が大腦皮質レベルにおいて形成される可能性を示す重要な証拠であった。近年、実験動物を用いたフィールド電位の記録に関する知見は運動皮質のみならず、他の皮質領野、さらには大腦基底核や視床等の皮質下領域にも及んでいる。

ヒトにおける随意運動開始前の準備状態に関する研究は、電気生理学的な手法によって、大腦皮質レベルから脊髄運動細胞及び末梢の感覚器に至るまで広範に行われてきた。大腦皮質の細胞に

における準備的な活動性の変化は脳波を加工することにより，Walter et al,1964そして Kornhuber and Deecke,1965 によって相次いで発見された。それ以来，高い時間的分解能と非侵襲性を有する脳波により，ヒトの運動準備状態に関する多数の研究が行われ，様々な知見が集約されつつある。また近年では，皮質下の各領域に疾患を有する患者を被験者として，あるいは Positron emission tomography (PET) や Magnetic resonance imaging (MRI) のような脳機能を画像化する実験機器の発達により健常者を対象として，小脳や大脳基底核，視床といった皮質下組織の準備状態に関する活動性の変化を調べることも可能となってきた。しかしながらこれまでのところ，これらの指標は脳波と比べると空間分解能は優れるものの，時間分解能に乏しく，被験者の運動に関する自由度にも制約が多い（奥畑と田中,1994）。一方脊髄レベルでは，脊髄前角の運動細胞に反射中枢を有する種々の脊髄反射の利得を調べることにより，運動開始前の準備期における脊髄運動ニューロンの興奮性変化あるいは反射経路の調節が調べられてきた。

これらの報告には未だ議論の一致を見ないものが多数存在するが，いずれも運動開始前の中枢神経系における何らかの活動性の変化を示唆している。しかしながら，ほとんどの報告はそれぞれの指標を個別に調べたものであり，複数の指標を同時に記録して他の神経組織との関連性に言及したものは少ない。運動の開始に向けた生体内の各神経組織の準備状態がどのように関係しているのかを明らかにすることは，随意運動の理解を深める上でも重要な課題と思われる。

運動開始前の準備状態は結果として生じる運動の成績に大きく

関係する。例えば、反応時間 (RT)、運動の大きさ、力、速度、正確性などは重要な要素である。これらの諸要素と運動開始前の準備状態に関わる神経生理学的指標との関係について近年多くの知見が集約されつつある。しかしながら、解決しなければならない問題は多く残されているように思われる。例えば、これまでの運動の準備状態に関する研究のほとんどにおいて、運動開始前の被験者の状況は安静状態であった。我々の運動場面を想起した場合、反応信号 (RS) 前に全くの安静状態から動作が行われる状況はほとんどないように思われる。

以上の背景をもとに本研究では、随意運動の開始に向けた準備状態に焦点を当て、大脳皮質レベルと脊髄レベルにおける神経系の活動性及び両者の関係、またそれらに対して目的とする運動を開始する前の予備的な筋活動がどのように影響するのかを調べた。