シンポジウムII-1

運動野と運動指令

丹 治 順 （東北大学医学部）

Studies on Central Nervous Control of Voluntary Movement

Jun Tanji

Tohoku University School of Medicine

随意運動をもたらすためには、脳のどの部位の、どのような活動が必要なのであろうか。運動の行われる場面や状況、個体の状態は多種多様であり、運動の目的も千差万別であることを考えると、それらにうまく対応するための脳のしくみは途方もなく複雑であろうことは想像に難くない。いったい、どのような研究を行えば、そのしくみが理解されるのであろうか。まず考えられるのは、運動の発現・調節の諸段階に関与するのが、脳内のどの部位かを知ることである。まず現在知られていることの概略を図示してみよう。脳内の多数の部位が、有機的に連絡しつつ、運動の企画からその構成・組立て、そしてその遂行のための出力段階へと進行する過程を概念的に示すと図1のようになる。

運動の発現および調節に関する脳の中核と情報の流れ

図 1

生理学を中心とする脳科学のこれまでの発展によって、図の右側、すなわち運動遂行の過程における調節機構はかなり明らかになってきた。それに反し左側の過程、運動の目標を設定し、

それに適合した運動を企画し、構成する過程に関する研究は未だごく初期的段階にある。しかしこの過程こそは、意図された運動が実際の運動実現をもたらす活動へと変換される、運動意志の発現に対応した過程といえるものである。

大脳皮質のうち、運動の発現・調節に特に重要な役割を有するのは、前頭葉に位置する運動野・補足運動野・運動前野の3領野である。それらの所在部位を図2に示すが、補足運動野は運動野の前方で半球内側面に、運動前野は外側面に位置する。これらの3領野は、脳の広汎な部位から多様な情報を受け取ることが、その機能の前提となるから、その意味では運動に関わる脳の部位は実に広範におよぶといえる。脳の運動系のはたらき方を考えるにあたり、まず運動の発現がどのような状況や局面で、

どのように行われるかを、図3を中心として考察してみよう。自己をとりまく周囲の状況変化を感覚系によってとらえ、それに反応しようとする誘因や、飢え、渇き、性欲や内臓痛といった体内情報、または既に脳に蓄えられている記憶情報にもとづく要素が、時に応じ、様々な組合せで運動の発現をうながすことになる。

このような体外・体内情報や記憶情報は、生のままではなく、個体にとり意味のある情報としてまとめられてから、運動系に送られてくる必要があるが、それは大脳連合野を中心としてなされると思われる。これらの

① 6野の半球外側面

② 線維投射による脳内の回路

図 2

図 3

情報は、運動の開始を促すのみならずその発現の様々な段階で必要とされる。すなわち行おうとする運動の目標を設定し、そのための運動の手順や動作の種類を選択し、そしてどのように運動を時間的・空間的に組立てるかという過程のそれぞれにおいて必要である。このような情報をもとに、運動の選択・企画・構成を行い、それを実行可能な運動の情報として変換する過程はどこで行われるのであろうか。

ここで注目されるのは、補足運動野と運動前野の入出力である。両野は連合野から広汎な入力を受取り、また大脳基底核と小脳からの入力を、視床経由で受け取っており、その出力は運動野に送られる。

大脳運動野は、脊髄や脳幹に著明な線維投射を送り、その神経活動を解析すると、筋肉の活動や運動によって発生する力と強い相関関係のみられることから、運動指令が大脳から出力される部位と考えられている。一方補足運動野は、連合野で統合処理された外界・体内・記憶情報

を受けるとともに、運動の組立てや構成に関する情報を、基底核と小脳から受け取っている可能性がある。このような観点から図2と3を見ると、補足運動野と運動前野は、運動の選択・企画・構成に関与して、入力情報を運動出力情報に変換する過程すなわちインターフェースとしての機能を行うのに好都合な位置にあると見てとれる。上記の推論は、組織学的知見や生理学的知見にもとづき、階層構造論的に脳の運動系を考察したものである。ここでは補足運動野・運動前野と運動野が、いわば高位・低位の関係としてとらえられているが、これらの機能は必ずしもその図式にあてはまらず、少なくとも一部はパラレルに行われている面もあると思われる。しかしながら、補足運動野と運動前野の細胞活動についての最近の研究では、運動の準備状態の設定や行おうとする運動方向の予測、さらには意図した動作から運動出力への変換過程に相当する活動が、実際の運動遂行に伴って観察されるに至っている。