



博士（人間科学）学位論文 概要書

ヒトの伸張性筋活動における神経制御機序

2002年1月

早稲田大学大学院人間科学研究科

関口 浩文

指導教授 鈴木秀次

日常生活における種々の身体運動は、筋の活動によって産み出される。その筋活動の仕方には、大きく分けて 3 種類がある。すなわち筋長の変化を伴わず張力を発揮する等尺性筋活動と、筋を短縮させながら張力を発揮する短縮性筋活動と、筋を伸張させながら張力を発揮する伸張性筋活動である。具体的には、買い物袋を保持する手の筋は等尺性筋活動をしており、階段を上るときの大腿四頭筋は短縮性筋活動、降りるときのそれは伸張性筋活動をしている。

しかしながら、高齢になると、この伸張性筋活動の円滑な遂行が難しくなるという報告がある(Laidlaw et al. 1996)。日常生活において、高齢者は階段を降りるとき、手すりにつかまるなどしてゆっくりと脚を一段一段降ろす。これらは単なる筋力の低下によるものであろうか？筋力の低い子どもにおいて、そのような場面を目にすることはない。また加齢に伴い、等尺性筋活動や短縮性筋活動では、最大随意筋力が若年者に比べ、有意な低下を示すのに対し、伸張性筋活動では有意な差のないことが報告されている(Poulin et al. 1992)。したがって、伸張性筋活動を円滑に遂行できなくなる原因として、単なる筋力の低下ではない神経制御の変化が示唆される。

1980 年代末から、伸張性筋活動時の運動単位の活動や(Nardone et al. 1989, Kossev and Christova 1998)、誘発電位の大きさ(Romano and Schieppati 1987, Abbruzzese et al. 1994)など、他の筋活動様式とは神経制御が異なるとする結果が示されるようになり、伸張性筋活動に関して、独特な神経制御機序の存在が示唆されるようになった(Enoka 1996)。例えば、H 反射や大脳刺激の結果から、伸張性筋活動中、脊髄運動ニューロンプールの興奮性は、他の筋活動様式に比べ有意に低下することが示されている。しかしながら、これらの結果は方法論的に神経制御機序の側面しか捉えていないこと、その機序に対する上位中枢神経の関与については未だ明らかとなっていないことなど、伸張性筋活動の神経制御機序の解明には、さらなる詳細な研究を要する。

そこで本論文では、この上位中枢の関与を明らかにすることを目的とし、4 種類の実験を行った。まず実験 1 として、肘屈筋群における伸張性及び短縮性筋活動中の皮質脊髄路の興奮性を比較するため、経頭蓋磁気刺激の刺激強度を多様に変化させ、筋から導出される応答の変化を観察した。これは入力刺激に対する、出力応答の關係に他ならず、皮質脊髄路の入出力特性を示すものである(Devanne et al. 1997, Capaday 1997)。この上肢筋における入出力特性を伸張性及び短縮性筋活動間で比較した結果、皮質脊髄路の経路が伸張性筋活動時には、活性化されにくい状態にあることが示唆された。

実験 2 では、実験 1 の上肢筋における結果が、下肢筋にもいえることなのか否かを検討した。ヒトにおいては、進化の過程で上肢筋が抗重力機能から開放されたことから、下肢筋においても同様な結果が得られるか否かを検討する必要がある。その結果、筋活動様式に依存した皮質脊髄路の入出力特性の変化に関して、上肢筋と下肢筋の間に差は認められなかった。

実験 3 では、脊髄運動ニューロンプールの興奮性が、筋活動様式に依存して異なるのか

否かを調べるために、後脛骨神経への電気刺激強度を多様に変化させ、ヒラメ筋から導出される単シナプス反射(H反射)応答の変化を観察した。いわゆる H-M 動員曲線である。その結果、伸張性筋活動時には、運動ニューロンが活性化されにくい状態にあることが示唆された。

実験 1, 2, 3 の結果から、伸張性筋活動時には脊髄レベルの興奮性が低く調節され、運動ニューロンが活性化されにくい状態にあることが示唆されたが、その調節の起源が末梢にあるのか上位中枢にあるのかは依然不明であった。したがって、実験 4 では、閾値下の経頭蓋磁気刺激をヒラメ筋 H 反射に条件刺激することで、実験 3 の結果に対する皮質の関与の有無を調べた。その結果、条件刺激により、伸張性筋活動時の H 反射は大きく抑制された。

このことから、伸張性筋活動時には、上位中枢からの下行性指令が抑制性の介在ニューロンを介すことで、積極的に脊髄運動ニューロンプールの興奮性を低下させていると考えられ、この神経制御機序には、伸張性筋活動時の高頻度な Ia 求心性入力(Burke et al. 1978)を抑制し、反射の亢進を抑えることで円滑に、そして精緻な筋伸張を可能にするという機能的意義があると考えられた。

よって、高齢者の伸張性筋活動を円滑に行う能力の低下は、この神経制御機序の機能低下に起因する可能性が示唆された。