



博士 (人間科学) 学位論文 概要書

ヒラメ筋 H 反射からみた脊髄反射性調節機構

—運動生理学的考察—

2001 年 1 月

早稲田大学大学院人間科学研究科

田中さくら

指導教授 加藤清忠

運動は随意的なものとは関係なく起こり、意識的制御のできないものである。不随意的な運動の中で、外部からの刺激によって誘発されるものを反射と呼び、これらは中枢神経系の機能的特徴のひとつとして主に脊髄レベルで観察されている。このような中枢神経系による様々な調節機構を観察する手段として反射反応の記録があり、運動生理学や体育学の分野でも用いられている。そして、運動と最も関連の深い反射活動に伸張反射があり、これを観察する方法としてH反射がある。H反射は脊髄反射弓の活動、運動ニューロン・プールの興奮性をあらわす指標となると考えられている。

本研究ではこのヒラメ筋 H 反射を用いて、運動課題遂行中や直立姿勢保持中などの脊髄における反射活動を観察し、その波形・振幅の変化から神経回路網の構造的・機能的な解析を試みる。そして中枢神経系における調節機構を探索し、これらの現象の持つ運動生理学的及び体育学的意義を検証し、今後その知見をどのような場面で応用していけるのか検討することを目的とした。

まず、足関節のスタティックな運動により合目的な運動を遂行する際の脊髄反射弓の活動をヒラメ筋 H 反射から観察した。足関節底屈運動の強度が低い場合、ヒラメ筋 H 反射は抑制される傾向がみられ、強度が高くヒラメ筋の収縮が強くなると H 反射は増大した。このことから、運動強度が低い場合は、運動ニューロンの興奮性が抑えられ、これが発揮される微妙な張力の安定化に貢献していると推察された。また、筋収縮の強い場合は脊髄運動ニューロン・プールに促進が生じ、興奮性が増加することが示唆された。異なる強度で運動を行う際には、脊髄においてその状況に応じた調節が行われているといえ、要求されるタスクに応じた適切な

トレーニングを行うことによって、よりスムーズに運動を遂行することが可能となると考えられる。

続いてダイナミックな運動による促通効果を検討するために、全身を使った運動を行い、ヒラメ筋 H 反射によってその影響を観察した。筋収縮と刺激・記録部位が同側であった場合、H 反射の顕著な増大がみられた。これは、被験筋であるヒラメ筋や腰背部などその他多くの筋群の活動により抑制現象が低下し、運動ニューロン・プールの興奮性の増大が生じたものと考えられる。また、持続的な随意運動終了後の回復時の H 反射波形を周波数解析し、各条件間で比較した結果、高周波数帯域にピークがみられた。持続的な筋収縮による運動ニューロンの時間的促通によって、その興奮が回復時においても持続されていたのではないかと推察された。このことから、促通を引き起こすこのような運動形態をウォーミングアップやトレーニングに応用することによって、主運動でのパフォーマンス向上に貢献できるであろう。

次に、運動と密接に関連する姿勢制御について、特に安静時と運動後の変化について検討するために、立位・座位・腹臥位のヒラメ筋 H 反射から姿勢変化の反射性調節機構を観察した。H 反射は安静時において立位で小さく、腹臥位で大きかった。ペダリング運動直後の H 反射も同様の結果を示したが、安静時ほど顕著な変化ではなく、相対的に H 反射の低下がみられた。疲労の影響はみられないものの、安静時と比較すると運動後には何らかの抑制が起こっているものと示唆され、これが運動後の姿勢の不安定性を抑えているのではないかと推察された。

さらに、ヒラメ筋 H 反射の変動を引き起こす要因を検討するために、立位と仰臥位で連続記録を行い、振幅変動を観察した。連続刺激によって誘発された H 反射の振幅変動は、仰臥位より立位で顕著であった。周

波数解析によってその変動を時系列的に解析した結果、仰臥位と比較して立位では自律神経系活動の影響に加えて、姿勢保持のために上位中枢からの下行性の影響を受けていることが推察された。その結果、脊髄において反射ゲインが調節され、H反射の変動を引き起こしているものと示唆された。さらに、立位時の重心動揺や筋活動を同時に記録することによって、体性神経系の活動を観察することができ、今後は姿勢変化に伴う体性神経系の影響や自律神経系と体性神経系の関係を検証することができると考えられる。

以上の結果から、脊髄における反射活動はヒラメ筋H反射で観察することが可能であり、この振幅・波形変化から、脊髄運動ニューロンが上位中枢の制御によって抑制や促進といった調節を受け、状況に応じた適度な反射出力があり、これによってスムーズな運動の遂行あるいは姿勢の保持が可能となることが示唆された。

このことから、今後はアスリートや高齢者を対象として一般被験者と比較することで、その神経制御システムを検証し、スポーツ科学や健康科学分野へ貢献することができるであろう。