

【課程内】

博士（人間科学）学位論文 概要書

膝関節角度の異なる姿勢における腓腹筋の筋束動態

Fascicle behavior of the gastrocnemius muscle
at different knee joint positions

2008年1月

早稲田大学大学院 人間科学研究科

若原 卓

Wakahara, Taku

研究指導教員： 福永 哲夫 教授

研究背景と目的

腓腹筋は膝関節と足関節に跨る二関節筋である。そのため、腓腹筋の筋線維(筋束)は両関節角度の影響を受けながら力を発揮する。筋束の動態(長さおよび速度)は、筋束の力発揮ポテンシャルの決定因子であることから、これまでに様々な運動中の腓腹筋の筋束動態が研究され、主に腓腹筋の筋束動態と足関節における出力との関連が検討されてきた。しかしながら、二関節筋である腓腹筋の形状(Kawakami et al. 1998)および筋活動(Cresswell et al. 1995)は、膝関節角度によって大きく変化する。したがって、腓腹筋の筋束動態に及ぼす膝関節角度の影響について詳細に検討することは、二関節筋である腓腹筋の力発揮特性を考える上で非常に重要である。

そこで本研究は、腓腹筋の筋束動態が膝関節角度によってどのように変化するのか、また、その変化が腓腹筋の発揮する力に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。この目的を達成するため、まず安静時の膝関節角度変化が腓腹筋の形状(筋束長、羽状角および外部腱長)に与える影響を検討した(実験 1)。さらに、膝関節角度が静的および動的(短縮性・伸張性)筋活動中の腓腹筋の筋束動態に与える影響について検討した(実験 2 および 3)。

研究内容と主な知見

[実験 1]

膝関節および足関節角度を受動的に変化させた際の腓腹筋内側頭(medial gastrocnemius: MG)の筋束長、羽状角および遠位外部腱長の変化を、超音波法により測定した。その結果、筋腱複合体長変化に対する筋束長の変化は、足関節角度を変化させた時と比べ、膝関節角度を変化させた場合の方が大きかった。遠位外部腱長は受動的な足関節底屈で短縮した。しかし、膝関節角度変化は遠位外部腱長変化をもたらさなかった。

これらの結果は、MG の遠位外部腱が単関節筋であるヒラメ筋の腱組織と結合している(Bojsen-Moller et al. 2004)ことに起因すると考えられた。

[実験 2]

被検者に静的および短縮性足底屈筋力発揮を、膝関節完全伸展位および 45 度屈曲位にて行わせた。このときの MG の筋束長および羽状角を測定した。また、下腿三頭筋の各筋ならびに前脛骨筋から表面筋電図を導出した。静的筋活動中の腱張力のピーク値は、膝関節屈曲位より膝関節伸展位で高かった。一方、短縮性筋活動中の腱張力のピーク値には、膝関節伸展位と屈曲位との間に差が認められなかった。腱張力がピークに達した時点の MG の筋束長および羽状角は、膝関節伸展位と屈曲位との間に差が認められた。また、高速度の短縮性筋活動において、MG の筋束短縮速度は膝関節伸展位よりも膝関節屈曲位で低かった。短縮性筋活動中の MG の筋電図は、膝関節伸展位よりも屈曲位で低い値であった。

実験 2 の結果、短縮性筋活動中の腱張力は、必ずしも膝関節屈曲により減少するとは限らないことが示

された。この理由として、MG の筋束の長さおよび速度に関連する力発揮ポテンシャルが膝関節伸展位よりも屈曲位で高いことが考えられた。

[実験 3] 被検者に静的および伸張性足底屈筋力発揮を、膝関節完全伸展位および 90 度屈曲位にて行わせた。このときの MG の筋束長および羽状角を測定した。下腿三頭筋の各筋および前脛骨筋から表面筋電図を記録した。いずれの試行においても、膝関節伸展位における腱張力は、膝関節屈曲位におけるそれよりも高かった。膝関節伸展位では伸張性足底屈動作中に MG の筋束が伸長し、羽状角が減少したものの、膝関節屈曲位では MG の筋束長および羽状角に変化がみられなかった。高速度の伸張性筋活動では、膝関節伸展位と屈曲位との間に筋束の伸長速度の差がみられた。伸張性筋活動中の MG の筋電図は、膝関節伸展位より屈曲位で低い値であった。

伸張性筋活動中の腱張力が膝関節屈曲により低下した要因として、MG の筋束長、羽状角および筋電図における膝関節伸展位－屈曲位間の差が考えられた。また、膝関節伸展位と屈曲位との間にみられた MG の筋束動態の差は、腱組織のたるみあるいは力の増大に伴う非線形の変形に起因していると考えられた。

結論

本研究の結果、腓腹筋の筋束動態は膝関節角度に強く影響されることが示された。膝関節屈曲に伴い腓腹筋の筋束長は短縮するが、そのことが腓腹筋の発揮張力に及ぼす影響は筋の活動様式により異なった。また、短縮性・伸張性筋活動のいずれにおいても腓腹筋の筋束速度は膝関節屈曲に伴い低下するが、筋束速度の低下が腓腹筋の発揮張力に与える影響は筋の活動様式によって大きく異なることが示された。