

## 足関節底背屈動作における下腿三頭筋の筋束動態と動作速度依存性

## In vivo fascicle behavior of calf muscle and its frequency dependence during calf raise exercise

佐久間 淳 (Jun Sakuma) 指導：福永 哲夫

## 目的

本研究は、足関節底背屈動作中の腓腹筋内側頭 (MG) とヒラメ筋 (SOL) の筋束動態を比較・検討し、動作速度依存性及び両筋の筋腱相互作用を明らかにすることを目的とした。

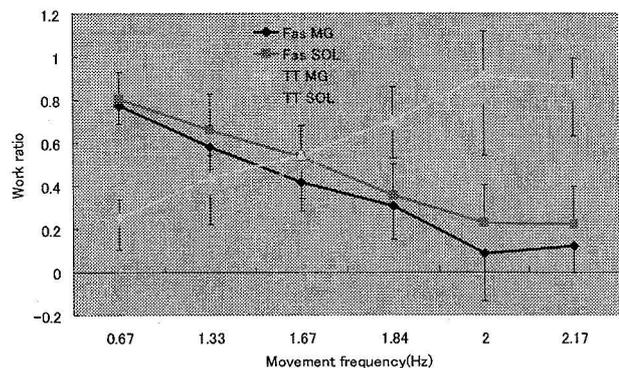
## 方法

14名の被験者は、フォースプレート上に固定された木のブロック上に右足のみで立ち、メトロノームのテンポ (0.67Hz, 1.33Hz, 1.67Hz, 1.84Hz, 2.00Hz, 2.17Hz) に合わせて足関節底背屈動作を6回から15回、各動作速度について2から3セット行った。関節可動域は、最大関節可動域の70%となるよう制限した。同時にMGとSOLの筋束長、羽状角を超音波装置により測定し、筋束、腱組織、筋腱複合体 (MTC) の収縮量、収縮速度、力、機械的パワー、機械的仕事を算出した。また、下腿三頭筋から表面筋電図を導出した。

## 結果および考察

本研究のデータは、0.67Hzから2.00Hzにおいて7名分、2.17Hzにおいては7名の中の5名分の結果が用いられた。筋束長は、MGがSOLより長く、羽状角はSOLがMGより大きかった。動作速度の増大に伴う筋束長変化は減少し、腱組織長変化は増大した。筋束の収縮速度における筋間差は、伸長時に見られたが、短縮時には見られなかった。しかしながら、MGの収縮速度はどの動作速度においてもSOLの収縮速度を上回っていた。このことから両筋の筋束動態は異なることが明らかとなった。しかし、サルコメアレベルでの長さ変化を比較したところ、サルコメアの長さ変化に差は見られなかった。よって、収縮速度の差は直列サルコメア数に起因した。MG・SOL共にMTCの仕事に対する筋束の仕事の割合は、動作速度の増大に伴って有意に減少した。一方、腱組織の割合は有意に増加した。その傾向はMGとSOLで一致していた。その原因として、両筋のMTCの長さ変化に対する筋束、腱組織の長さ変化の割合(相対的な長さ変化)が一致したためと考えられた。また、1.67Hz以外、有意な差は認められないものの、どの動作速度においてもMTCの仕事に対するMGの割合はSOLの割合より低く、両筋の動作速度に対する応答性が異なることを示唆するものと考えられる。2Hz、2.17Hzに着目する

と、MGの筋束の割合は頭打ちを示した一方で、SOLは更に低下を示していた。すなわち、SOLの腱組織は、MGの腱組織と比較して動作速度への応答性が低く、MGの腱組織よりもより速い動作速度において弾性特性を発揮するものと推察される。さらに、背屈動作において筋束の仕事が腱組織の仕事を上回り、腱組織に弾性エネルギーが蓄積されていなかったが、腱組織の仕事が筋束の仕事を上回った。このことから、底屈動作は、腱組織の急激な短縮と等尺性筋活動による力発揮によって支えられていたと考えられる。それと共に、筋活動様式に変化が生じ、筋放電量が変化したものと考えられる。つまり、動作速度の増大と共に伸長性筋活動から等尺性筋活動に移行したことで放電量が増加し、一方、底屈動作において短縮性筋活動から等尺性筋活動に変わったため放電量が減少したと考えられた。本研究において、筋束はどの動作速度においても伸張性筋活動と短縮性筋活動を繰り返しており、腱組織においては十分に伸張されていなかった。それは、腱組織の特性として筋活動によって腱組織のステイフネスが増加することに起因すると考えられた。一方、底屈動作において、腱組織は、あまり伸張されていないにも関わらず、急激な短縮を示したことから、伸張への応答性が高いと考えられる。そして、筋束の伸張性筋活動と短縮性筋活動に腱組織の弾性エネルギーがプラスされて反動動作の効果が増強されたと考えられる。



MG・SOLのMTCの仕事に対する筋束と腱組織の仕事の割合