

## 人間の筋腱特性および筋腱相互作用の個人差：トレーニングへの応用の可能性

川上 泰雄、宮本 直和、若原 卓、光川 眞壽、佐久間 淳、平山 邦明

(早稲田大・スポーツ科学)

### Inter-individual differences in muscle-tendon properties in humans : relevance to training

Yasuo Kawakami, Naokazu Miyamoto, Taku Wakahara, Naotoshi Mitsukawa,

Jun Sakuma and Kuniaki Hirayama

(Fac Sport Sci, Waseda Univ)

今年度は、人間の腱組織の伸長性と発揮筋力の関係およびその能動的なコントロールの可能性について明らかにすることを目的として研究を行った。

#### 1. 最大等尺性足底屈反復時の筋疲労と筋線維動態

7名の成人男性が最大随意等尺性足関節底屈トルク発揮を60回反復した。運動中、ある一定の足関節底屈トルクに対する腓腹筋内側頭(MG)の筋束は長くなったが、ヒラメ筋(SOL)の筋束長は一定のままであった。一方、筋電図は、ある一定の足関節底屈トルクに対する振幅がSOLにおいて増加し、MGでは一定であった。これらの結果は、MVC課題のMGの筋張力の低下が大きく、ある一定の関節トルクに対するSOLの神経-筋活動を増加させていたことを示唆している。この結果から、一定トルクのもとでMGの腱伸長が減少し、SOLでは増加することが予想されたが、SOLの腱伸長に有意な変化はみられなかった。この要因として、MGの腱伸長の減少がSOLの筋腱動態に影響したことが考えられる。この点について、MGだけを収縮・疲労させる実験を行ったところ、各筋の機械的結合が強く示唆される結果が得られた。

#### 2. 疲労を伴う動的運動中の筋腱動態の変化

成人男性8名が、疲労課題として2秒に1回のテンポによるカーブレイズ運動を200回(20回×10セット)行った。最初のセットと最後のセットにおける筋束長および羽状角を計測し、筋束の収縮速度と筋腱複合体長変化に対する筋および腱組織(腱膜を含む)の長さ変化を算出した。疲労課題後、等尺性足関節底屈トルクは有意に低下した。運動中の足関節のトルクおよびパワーは変化しなかった。同一の足関節角度における筋束長が最初のセットに比べて最後のセットで有意に長くなり、筋束の伸長・短縮速度が有意に低下した。

また、筋腱複合体長変化に対する筋長変化および腱長変化の割合は、最後のセットにおいてMGおよびSOLとも高くなる傾向にあり、MGの増加は有意であった。筋電図は、最後のセットの背屈動作前半においてSOLが増加したことを除き、顕著な変化はみられなかった。これらの結果から、疲労課題実施中、腓腹筋とヒラメ筋は筋腱動態を変えることで関節トルクおよびパワーを維持していたことが示唆された。また、最大下の動的運動中の場合、疲労による筋腱動態の変化には、協働筋間差がないことが明らかとなった。

#### 3. 筋腱特性および筋活動が運動パフォーマンスに及ぼす影響

腱弾性、筋力および筋活動の個人差が反動動作による機械的仕事の増加量に及ぼす影響について検討した。21名の運動選手が片足足関節のみを用い、反動あり(CMJ)および反動なし(no-CMJ)のジャンプをスレッジ装置上で行った。足関節によってなされた機械的仕事量を算出し、CMJとno-CMJの差( $\Delta$ Work)を求めた。試行中、下腿三頭筋の筋電図活動(EMG)を記録した。また、筋力計および超音波装置を用いて、最大等尺性底屈トルクとアキレス腱スティフネスも測定した。 $\Delta$ Workと腱スティフネスおよびMVCの間には、相関関係がなかった。一方、CMJ Braking局面のEMG積分値および、Push-off局面のEMG積分値ならびにEMG平均振幅は、 $\Delta$ Workと有意な相関関係にあった。この結果により、 $\Delta$ Workの個人差は、筋腱複合体の力学的特性の個人差ではなく、CMJ中の筋活動、すなわち、主働筋の適切な活動によって腱の弾性エネルギーを効果的に利用する能力の個人差によって生じることが示唆された。