

中における力変動は、その対象動作に主にかかわる筋（主働筋）の数によって大きく異なる。たとえば、若齢者を対象とし5% MVCを目標値とした力調節試行における力変動を変動係数で評価した場合、単一筋収縮モデルの典型である第一背側骨間筋収縮は2.6~4.3%^{5,6)}である。それに対し、主に協働筋が3つ存在する足関節底屈動作では1.6~2.6%^{9,21)}、また、協働筋が主に4つ存在する膝伸展動作では1.1~2.1%^{8,9)}と非常に低い値を示す。したがって、協働筋収縮の場合は、各筋が発揮する力の変動が、お互いの変動を打ち消す(cancellation効果)ことにより力変動が少なくなっている可能性が考えられ、このような協働筋間の相互作用が、若齢者と高齢者の力変動の差を消滅させているのかもしれない。

外部に働く力は、協働筋における各筋の力の

和(summation)であるため、解析対象となる力変動は各筋の活動様相の影響を強く受ける。たとえば、20日間のベッドレスト前後に等尺性足関節底屈動作の力調節試行を行うと、対象者が若齢者にもかかわらず力変動は増加する。加えて、力変動の増加には、協働筋の1つである腓腹筋(内側頭)から得た筋電図振幅値の顕著な増加が伴う⁹⁾。この知見を基に、著者らは協働筋内の筋活動比が力変動を規定していると仮説を立て、腓腹筋が2関節筋であることを利用し、膝関節角度を変えて腓腹筋のみの活動量を増減させ、力変動の変化を明らかにすることを試みた。結果はベッドレスト実験とは逆に、腓腹筋活動量が高い方が足関節底屈力の力変動が小さい結果を得た²²⁾。これらの結果により、協働筋収縮の力変動に関して、各筋の活動量ではなく、**図5**に示すように各筋の活動リズムが大

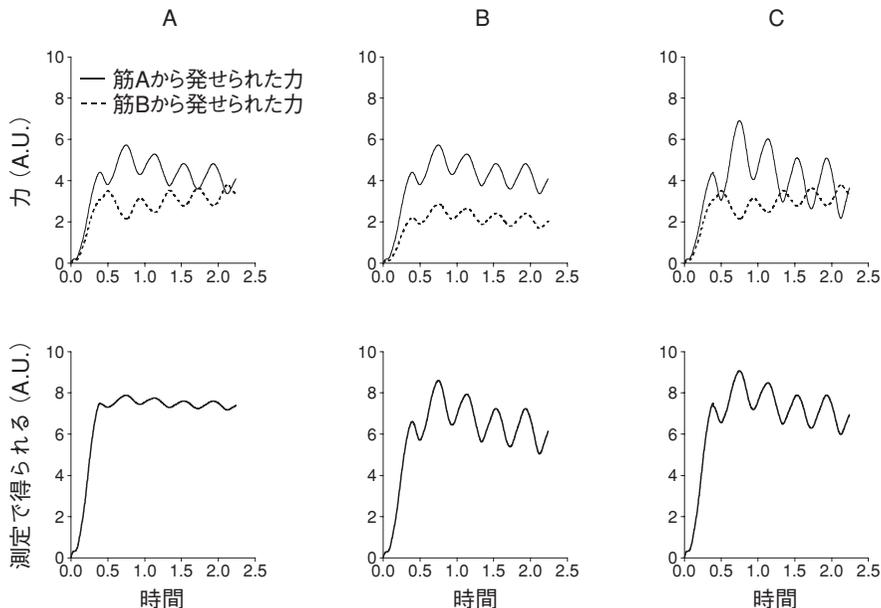


図5 協働筋収縮における各筋の力変動(上)様相が実際に測定で得られる力変動(下)に対する影響の模式図

A: 各筋の力の増減が逆位相の場合は、その合力の変動は小さい。B: 各筋の力の増減が同位相の場合は、その合力の変動は大きい。C: 各筋の力の増減が同位相であったとしても、1つの筋の力変動が大きければ、その合力の変動も大きくなる。

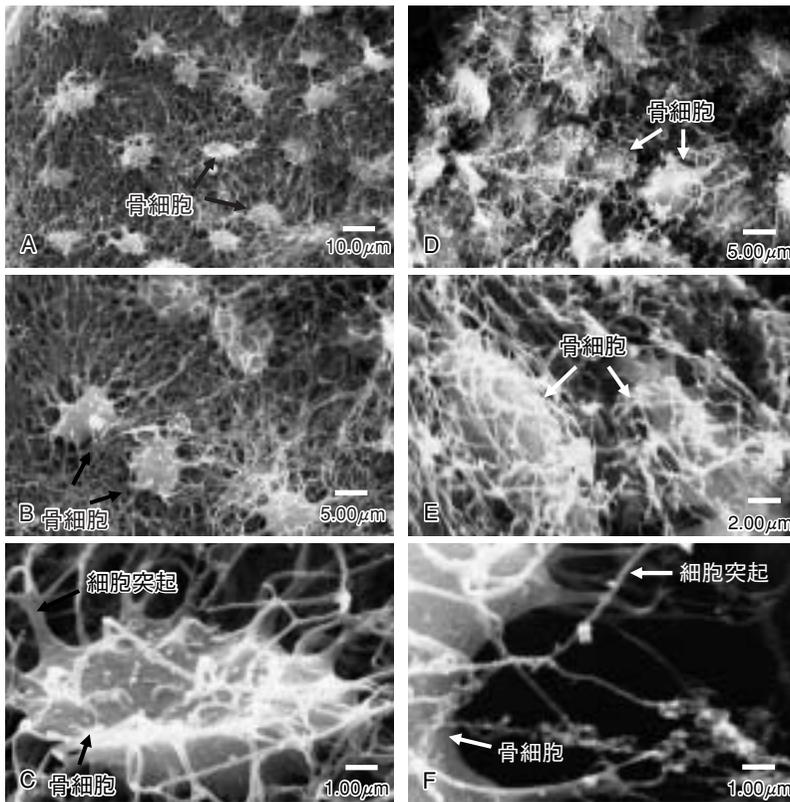


図2 ジャンプ運動負荷後のラットおよび OVX ラットの大腿骨遠位骨端部の骨細胞像

ジャンプ運動負荷後のラットの骨細胞 (A : 10.0 μm , B : 5.00 μm , C : 1.00 μm)
 OVX ラットの骨細胞 (D : 5.00 μm , E : 2.00 μm , F : 1.00 μm)

II 骨細胞の分化と機能

未分化間葉系細胞が骨芽細胞から骨細胞へ分化する過程には多くの成長因子がかかわり、BMP (bone morphogenetic protein) や TGF- β (transforming growth factor- β), IGF (insulin-like growth factor) を始めとする多くのサイトカインの働きにより骨細胞の分化が成し遂げられる。そして、骨芽細胞の一部は、自らが産生した骨基質内 (コラーゲン) に骨細胞として埋没

する。骨基質のコラーゲン線維間には多数の骨細胞が存在し、骨細胞由来の基質小胞から石灰化が開始され、ヒドロキシアパタイト結晶はコラーゲン線維上に沈着し、石灰化され骨形成が完了する⁶⁾。

骨細胞は、細胞体から細胞突起を伸ばして骨細胞同士が密接に連絡する。骨表面の骨芽細胞とも細胞突起を介したネットワークを形成し、骨組織の形態や骨量の増加、減少を規定するメカノセンサーとして機能する細胞と考えられる。

力学的環境に応じてさまざまなサイトカインや遺伝子発現が生じることも明らかにされてき