

論文審査結果の要旨

論文提出者氏名 若山章信

論文題目： ダイナミックな身体運動における筋腱複合体の役割  
－肘屈曲における負荷重量と予備緊張の影響－

重力場における身体運動では、一般に、筋は最大下での予備緊張状態から収縮を開始する。この状況下において、筋腱複合体のパフォーマンスに及ぼす予備緊張の影響として、正の効果である中枢神経系からの刺激および活動水準の高揚、そして直列弾性要素の貢献、負の効果である筋の短縮(筋長の変化)に由来する筋出力の低下等が考えられる。しかし、筋の収縮特性の研究において、これまで予備緊張という概念は定性的に考慮されても、その効果を定量した研究は少ない。また、筋腱複合体のパフォーマンスは伸張・短縮といった筋自体の収縮条件からは深く研究されているが、負荷重量の違いが筋腱複合体の特に直列弾性要素の挙動に及ぼす影響が明らかにされているわけではない。本論文は、予備緊張および負荷重量が短縮性肘屈曲運動における筋腱複合体(MTC)の仕事とパワーに及ぼす影響を、MTCを収縮要素(CC)と直列弾性要素(SEC)に分けた逆ダイナミクスモデルから検討した研究成果をまとめたものである。論文の構成は、第1章：筋収縮の研究小史、第2章：逆ダイナミクスモデルの構築、第3章～第5章：実験結果、第6章：総括論議としてまとめられている。

第3章(実験1)では、1kgwから5kgwまでの重量負荷について、CC不活動状態から急激な短縮性肘屈曲を行わせ、負荷重量の違いがMTC、CCおよびSECのパワーおよび仕事量に及ぼす影響を検討した。その結果、MTCパワーに対するSECの相対的貢献率は、すべての重量負荷において約7%で差が認められなかった。しかし、CCとSECの仕事量の絶対値に関しては、負荷重量の増加に対しMTC・CCおよび再利用されたSECの仕事は正の、貯蔵されたSECの仕事は負の、有意な相関関係を示した。すなわち、負荷重量が大きくなるほど、再利用されるSECの仕事と比べ貯蔵されるSECの仕事の割合が多くなり、CCの仕事がMTC

の仕事に反映されない内的仕事（SEC を伸張させる仕事）に消失されたといえる。ただし、MTC の仕事量に対する相対的貢献率は CC 約 110%と SEC 約-10%で、やはり負荷重量の違いによる差はなかった。

第 4・5 章（実験 2・3）では、最大等尺性収縮の 0%～100%までの予備緊張状態から、最大等尺性収縮および最大パワー発揮負荷での短縮性収縮を行わせ、予備緊張の影響について検討した。等尺性収縮での実験は、予備緊張局面の筋放電スペクトル解析と張力の立ち上がり速度やピーク張力を検討することが目的であり、短縮性収縮での検討は実際の運動で起こり得る現象の究明が目的であった。その結果、これまでに指摘されてきた SEC の役割（弾性エネルギーの放出）は MTC のパワーに対し短縮性収縮のごく初期にのみ正の効果があり、逆に、予備緊張は CC に対して負の効果を示した。負の効果が見られる原因として考えられる①CC の長さ-力関係、②運動単位の動員数および動員される運動単位の種類、③神経系の抑制については等尺性・短縮性の両条件で関係なく、CC の短縮履歴による張力の減衰が考えられた。

本論文では、これまで摘出筋を中心に定量され生体筋（身体運動）においては概念的に用いられてきた筋の予備緊張や、重量負荷の影響について、詳細な逆ダイナミクスモデルを用いることで、より実際の運動に近い条件下で定量したものである。その成果として、単関節レベルでの短縮性収縮において MTC パワーに対する SEC の貢献が、負荷重量にかかわらず 7%程度であること、また、予備緊張が CC に対し負の効果（張力、パワー、仕事の減衰）をもたらすという新たな知見を得ている。また、生体筋において CC 長とその短縮速度を統一した実験を行うことは困難であるが、現象論に終始せず、CC 長・CC 短縮速度-力曲線や運動単位の動員等、生体筋にて非観血的に実施し得る多くの検討を加えた点で評価できる。よって本審査委員会は、本論文は博士（学術）の学位を授与するにふさわしいものと認定する。