

筋疲労が伸張性収縮中の大腿二頭筋長頭腱の 収縮動態に及ぼす影響

Effect of muscle fatigue on biceps femoris tendon behavior in eccentric contraction in vivo

スポーツ医科学研究領域

5012A046-1

福留 千弥

研究指導教員：福林 徹 教授

【諸言】

肉離れはハムストリングに多く発生し、特に大腿二頭筋長頭(BFI)に好発する。肉離れは伸張性収縮中に筋腱移行部で生じると考えられており、筋線維と腱組織のいずれかあるいは双方が肉離れの発生に関わっている可能性があるが、弾性体として機能する腱組織の伸長動態が肉離れの発生に大きな影響を与えるものと考えられる。

また、肉離れのリスクファクターの一つとして筋疲労が挙げられている。筋疲労が生じた筋は伸長に抗する能力が低下しており、より肉離れが生じやすい状態であると報告されている。このことは、腱組織の伸長動態を変化させる可能性がある。

そこで、本研究では、1) 伸張性収縮中の BFI の腱の伸長動態を明らかにすること、2) 筋疲労と BFI の腱伸長動態との関係を検討することを目的として実験を行った。

実験 1 では、伸張性収縮中の BFI の腱の伸長動態の特徴を明らかにするために、等尺性収縮中の腱の伸長動態との比較を行った。実験 2 では筋疲労が伸張性収縮中の収縮動態に与える影響を明らかにするために、疲労課題の前後で伸張性収縮中の腱の伸張動態を比較した。

【実験 1】

【方法】

健康な男子大学生 7 名を対象とした。BIODEX System3(BIODEX Medical Systems)を用い、膝関節屈曲 45 度での等尺性収縮(ISO 課題)および、膝関節屈曲 100 度から 0 度における角速度 60°/sec での伸張性収縮(ECC 課題)を実施した。各課題で膝関節屈曲トルク、超音波診断装置(EUB-7500,日立メディコ,日本)による BFI の超音波縦断画像を撮像を行っ

た。屈曲トルクから腱張力を推定した。超音波画像から筋線維長、羽状角を計測し、腱組織長の変化を推定した。ISO 課題では最大随意収縮(MVC)を 100% として 10%MVC ごとに、ECC 課題では膝関節角度 100 度から 10 度まで 10 度毎にこれらの値を算出し、長さ-力曲線を作成した。また、20~100%MVC 時の傾きをスティフネスとして算出した。

【結果】

ISO 課題では筋線維は発揮トルクに比例して短縮し、腱組織長と腱張力はトルクに比例して増加する傾向を示した。ECC 課題では筋線維長、腱張力は膝関節の伸展に伴い増加したが、腱組織の伸長は動作初期では増加したが、後半では変化が小さかった。ISO 課題と ECC 課題のスティフネスはそれぞれ、 $56.97(\pm 30.17)\text{N/mm}$ 、 $11.76(\pm 5.78)\text{N/mm}$ であり、ISO 課題よりも ECC 課題で有意に低値を示した。(図 1)。しかし、ECC 課題において 100%MVC を超える張力レベルでは腱組織のスティフネスはそれ以下のスティフネスよりも大きい傾向を示した。

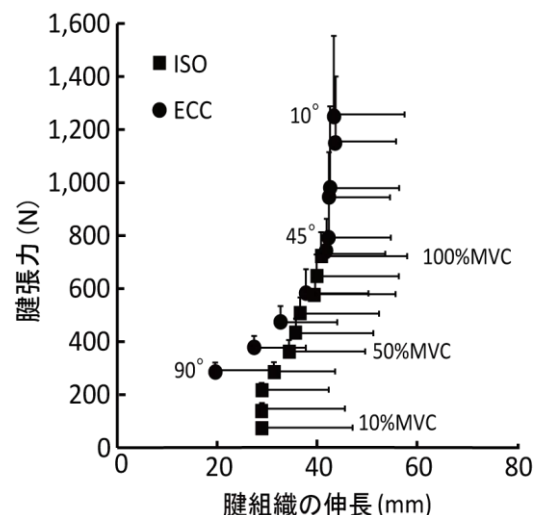


図 1. ISO 課題と ECC 課題における腱組織の長さ-力曲線

【考察】

ECC 課題のスティフネスが ISO 課題よりも有意に低値を示したことは、20~100%MVC の範囲内では、BFl の腱組織はより柔らかいバネとして機能することを示している。このことは、伸張性収縮中には、外部より供給される力学的エネルギーを腱組織の弾性エネルギーの形で貯蔵する能力が高まることを示唆するものである。

【実験 2】

【方法】

健康な男子大学生 7 名を対象とした。BIODEX System3 を用い、疲労課題を実施した。疲労課題は膝関節屈曲 100 度から 0 度の可動域における、角速度 60°/sec での短縮性収縮および伸張性収縮を 5 回×10 セット実施した。セット間には 30 秒の休息を設けた。疲労課題の前後で実験 1 と同様の方法で MVC の測定と ECC 課題を実施した。MVC の測定および ECC 課題で膝関節屈曲トルク、BFl の筋活動量を測定し、ECC 課題でのみ BFl の超音波画像を撮像した。解析項目は実験 1 と同じとした。ECC 課題で測定した筋活動量は膝関節屈曲 80 度から 10 度における積分筋電位を算出し積分時間で除し、単位時間当たりの筋放電量(ARV)として算出した。ARV 値は疲労課題前の MVC の値で正規化した。

【結果】

疲労課題前後の MVC の膝関節屈曲トルクはそれぞれ 63.10(±9.39) N/m、47.00(±4.66)N/m であり、疲労課題後が有意に低値を示した($p<0.01$)。しかし、疲労課題前後の ECC 課題中の ARV 値はそれぞれ 81.40(±23.20)%、89.15(±30.63)%であり、有意差は認めなかった。疲労課題前後のスティフネスについても 11.76(±5.78)N/m、11.42(±6.55)N/m であり、有意差を認めなかった(図 2)。

【考察】

疲労課題後の膝関節屈曲トルクの低下から、本実験で用いた疲労課題によって BFl を含むハムストリングには筋疲労が生じていたことが明らかである。しかし、BFl の腱のスティフネスには差が認められなかった。これには腱の組織学的な変化によって反復収縮による腱へのストレスが抑えられたため、変化が生じなかった可能性が考えられる。また、ARV 値に変化が認められなかったことから、BFl には中枢性の疲労が生じていなかったとも考えられる。

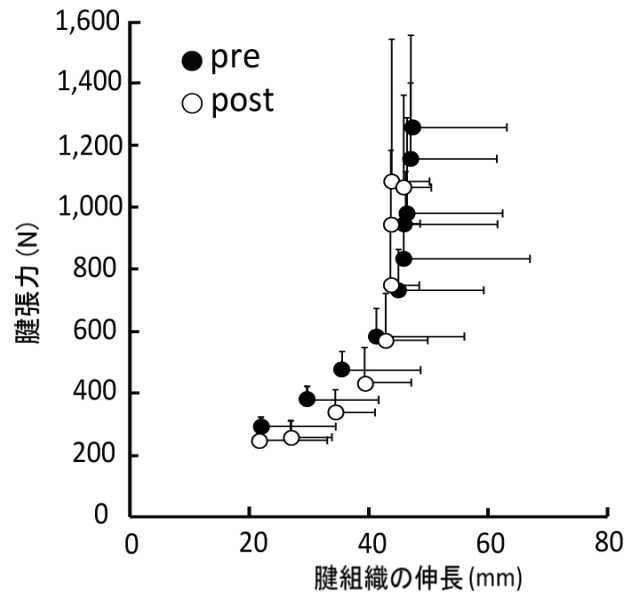


図 2. 疲労課題の前後の腱組織の長さ-力曲線

【総合考察】

実験 1 にて伸張性収縮中のスティフネスが等尺性収縮中のスティフネスよりも低値を示したことから、伸張性収縮中においては腱組織の伸長性が高く、筋腱複合体の伸長を腱組織が担うことによって筋部分に生じる肉離れの可能性が低く抑えられると考えられる。一方、MVC を超える張力レベルではスティフネスの増加により筋線維の過伸張を抑制することが出来ず、その結果、肉離れが生じる可能性が示唆された。

実験 2 では筋疲労は BFl の腱組織の伸長性には影響を及ぼさない可能性が示唆された。しかし、個人差やハムストリングの他の筋との差については考慮することが出来ていないため、筋疲労が肉離れ発生に与える影響については今後より詳細な検討を進めていく必要があると言える。

【結語】

伸張性収縮中の BFl の腱のスティフネスは等尺性収縮よりも有意に低値を示した。

- ・疲労課題によってハムストリングに筋疲労が生じていたが、伸張性収縮中の BFl の腱組織の伸長性には変化が生じなかった。

- ・伸張性収縮および筋疲労が腱組織に与える影響について今後より詳細な検討が必要である。