

膝前十字靱帯再建術後の半腱様筋腱再生及び再建靱帯再形成過程の検討 ～血流制限下トレーニングを用いて～

Regeneration of the Semitendinosus Tendon and Remodeling of human hamstring autografts after anterior cruciate ligament reconstruction ～Combined with the blood flow restricted rehabilitation～

スポーツ医科学研究領域

5010A021-5 勝又 翔太

研究指導教員：福林 徹 教授

【緒言】膝前十字靱帯(ACL)損傷後、膝関節の安定性を保つことが困難となるため、日常生活やスポーツ復帰を目指し、靱帯再建手術を行う場合が多い。近年、国内では、半腱様筋(ST)の腱を用いた靱帯再建術(ST法)が主流となっている。採取したST腱は約80%の確率で再生し、腱の再生過程は術後2～3ヶ月の時点でピークを迎え、その後徐々に成熟していくことが示唆されている。また、腱再生と筋形態が機能とも関連することが示唆されており、術後リハビリテーションにおいて再生を促す試みが有効であると考えられている。さらに、再建ACLの治癒過程に関する研究も成されており、靱帯化のプロセスを経て正常ACLに近似した組織に置き換わるものの、まったく同じ組織特性にはならないと考えられている。

そこで、血流制限下トレーニングに着目し、血流制限下トレーニングを用いたリハビリテーションの再生ST腱の成熟・肥大に対する効果(研究1)と再建ACLの縦断的成熟度評価(研究2)を検討する目的で研究を行った。

研究1-実験1

【目的】ACL再建術後の血流制限下トレーニングの再生ST腱の成熟・肥大を検証する目的で実験を行った。

【方法】片側ACL再建術(ST法)を受けた男女46名を対象とし、男女それぞれを対照群(通常のリハビリテーション)と血流制限下群(通常のリハビリテーションと血流制限下トレーニング)に分けた。血流制限下群は、週2回、術後4週目から16週

目まで血流制限下トレーニングを導入した。術後1～5ヶ月まで毎月MRI撮像を実施し、再生ST腱の有無、筋腱移行部の位置、再生ST腱の横断面積、腱の成熟度を表すT2値を評価した。

【結果】男性血流制限下群13例中12例(92%)、男性対照群10例中10例(100%)、女性血流制限下群10例中8例(80%)、女性対照群13例中10例(77%)が再生した。筋腱移行部の位置は、男女ともに両群間で有意差は認められず、経時的な変化も見られなかった。再生ST腱の横断面積は、男性血流制限下群が男性対照群と比較して、術後2,4,5ヶ月において有意に増大していた(図1)。女性の群間比較では、有意な差は認められなかった。T2値は、男女両群ともに、術後1ヶ月から術後5ヶ月にかけて、減少していく傾向が見られたものの、男女ともに両群間で有意な差は認められなかった。

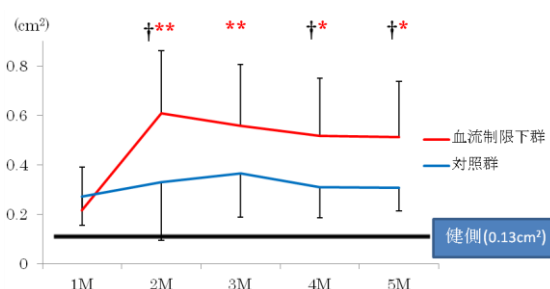


図1 再生ST腱の横断面積の経時的変化(男性)

†p<0.05 血流制限下群 vs 対照群, *p<0.05, **p<0.01 vs 1M

研究1-実験2

【目的】ACL再建術後の大腿部における筋形態及び筋機能を検証する目的で実験を行った。

【方法】片側ACL再建術(ST法)を受けた男女を

対象とした。MRI による術後 6 ヶ月の ST の筋体積と再生 ST 腱の横断面積、BIO DEX による等速性膝屈曲筋最大トルクを算出し、それぞれの相関関係を検討した。

【結果】再生 ST 腱の横断面積と ST 筋体積の間と、ST 筋体積と膝屈曲筋最大トルクの間には、男女ともに相関関係が認められた(図 2,3)。再生 ST 腱の横断面積と膝屈曲筋最大トルクの間には、男性で相関関係が認められ、女性では認められなかった。

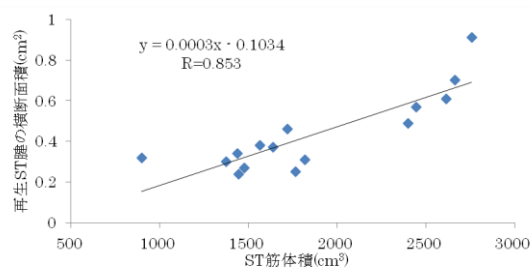


図 2 再生 ST 腱の横断面積と ST 筋体積(男性)

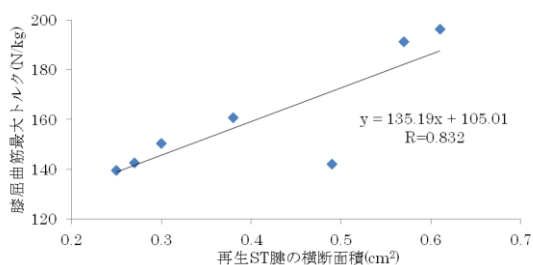


図 3 膝屈曲筋最大トルクと再生 ST 腱の横断面積(男性)

【考察】再生 ST 腱の横断面積の結果より、男性において、血流制限下トレーニングが再生 ST 腱の肥大になんらかの影響を及ぼしたことが考えられる。一方で、女性に有意差が認められなかったことから、血流制限下トレーニングの影響に性差があることが考えられ、その原因として、身体組成やトレーニング強度、ホルモン因子の違いが挙げられる。今後、男女の筋に対する負荷の検討や個人に適した圧設定が必要となることが考えられる。さらに、男性において、再生 ST 腱と ST 筋体積及び膝屈曲筋最大トルクの間には有意な相関関係が認められたことから、再生 ST 腱の横断面積の増大が筋機能に対し、良い影響を与えることが示唆された。

実験 2

【目的】再建 ACL の成熟度を表す T2 値の変化を縦断的に検討する目的で実験を行った。

【方法】片側 ACL 再建術(ST 法)を受けた女性 13 名を対象とした。術後 1 ヶ月から術後 6 ヶ月まで毎月 MRI 撮像を実施し、T2 値を算出した。計測部位は再建 ACL の AMband とした。

【結果】再建 ACL の T2 値が術後 2 ヶ月から術後 6 ヶ月にかけて有意に減少していった(図 4)。

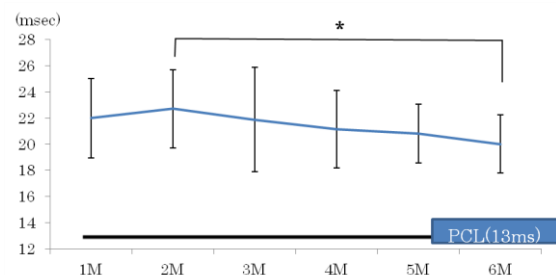


図 4 再建 ACL の T2 値の経時的変化* $p < 0.05$

【考察】本研究における T2 値の経時的な変化は再生 ST 腱のそれと傾向が異なることが示唆された。また、再建 ACL は再生 ST 腱と比較して、成熟過程が遅いことがいえる。その原因として、関節内の再建 ACL は血行に乏しいため、再生 ST 腱と比較して、成熟過程が遅くなったと推察される。術直後は腱としての機能を持ち続けていることが考えられ、T2 値も術後 1 ヶ月と比較すると低いことが考えられる。そのため、術直後から術後 1 ヶ月にかけて、組織のリモデリングが急激に行われ、水分含有量を示す T2 値が上昇したことが考えられる。この T2 値の上昇の要因として、解析対象とする再建 ACL に関節液が侵入し、水分含有量を示す T2 値が高くなったと推測できる。また、再建 ACL は均一な再形成過程をたどらず、正確な T2 値を算出できなかったことも考えられる。

【結語】男性において、血流制限下トレーニングが再生 ST 腱の肥大を促し、筋機能に対しても良好な影響を及ぼすことが示唆された。再生 ST 腱と再建 ACL の成熟過程は異なり、再建 ACL は再生 ST 腱と比較して、成熟が遅い傾向があることが示唆された。