

膝前十字靭帯再建術後の半腱様筋腱の再生と膝関節屈曲機能 Regeneration of the Semitendinosus Tendon and the Knee Flexion Strength after ACL Reconstruction.

スポーツ医科学研究領域
5007A050-0 野村由実

研究指導教員： 福林徹教授

序論

膝前十字靭帯(ACL)損傷は、損傷による膝関節の動揺性が日常生活や競技に与える影響が大きい。ため、再建術を施行する機会が多い。現在、半腱様筋(ST)の腱を使用した解剖学的二重束靭帯再建術が主流となっている。先行研究では、ST腱採取後にST腱は再生するものの、STの筋短縮や筋萎縮、膝関節深屈曲トルクの低下が生じることが報告されている。本研究では、ST腱の再生過程および膝関節屈曲機能について検討を行い、ST腱採取を考慮したハムストリングのリハビリテーション・プログラムを構築することを目的とした。

実験1. 半腱様筋腱の再生過程の縦断的検討

【目的】 ST腱の詳細な再生過程を明らかにすることを目的とした。

【方法】 ACL再建患者14名(男性6名、女性8名)を対象とし、術後1-24か月までMRI撮像を行った。ST腱の再生の有無および遠位付着部位、筋腱移行部の位置について確認した。再生ST腱の遠位部(膝関節裂隙)、中間部(膝関節裂隙より24mm近位)のT2値を算出し、横断面積は近位部(筋腱移行部)の計

測も行った。4名(男性3名、女性1名)を対象として、術後1-9か月まで、マイクロスコープコイルを用いたMR画像による定性評価を行った。

【結果および考察】

横断面積およびT2値は、約1-3ヶ月で高値を示し、術後4-24か月にかけて減少傾向を示した。また、3箇所(近位部、中間部、遠位部)の計測部位で同様の経時変化をたどった(Fig. 1)。患側の横断面積は各月において健側よりも有意に増大していた。定性評価では、高輝度の膜状の組織に囲われた不均一な腱様組織が、時間経過とともに連続性のある低輝度な組織に変化していた。以上より、ST腱の再生は腱が元あった

スペースに沿って均一に生じ、術後3ヶ月までに急速な変化は終了し、徐々に成熟していくことが示唆された。また、筋腱移行部の健側比は術後1か月(25mm)から術後24か月(32mm)まで変化がなかったことから、ST腱採取時に位決定が成され、有意に近位移動することが分かった。これらの結果より、ST腱の再生が最盛期を迎える術後3か月までは、ST腱への負荷を避けるために、STの単独収縮を引き起こす腹臥位・膝関節深屈曲位での運動は控えるべきである。

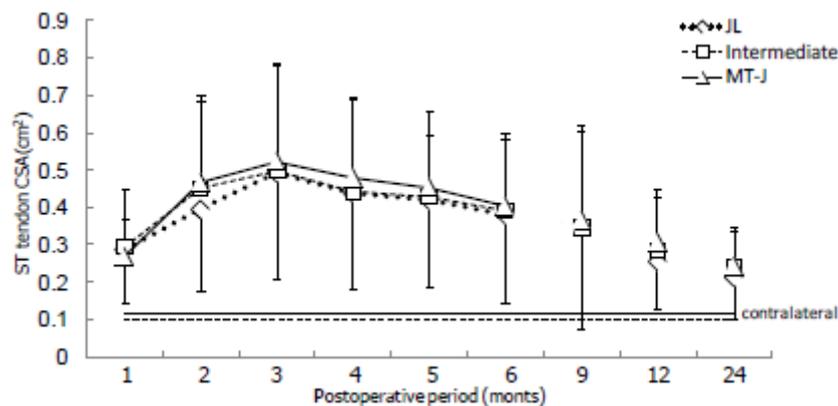


Fig. 1 Cross-sectional area in the ST tendon

実験2. 半腱様筋の形態と膝関節屈曲機能

【目的】 ST腱採取後のSTの形態と膝関節屈曲機能との関連性を明らかにすることを目的とした。

【方法】 ACL再建術後12か月以上経過した24名(男性14名, 女性10名)を対象とした。MRIを用いて, 再生ST腱の横断面積, STの筋長を算出し, ST・薄筋(G)・半膜様筋(SM)・大腿二頭筋長頭(BFI)・大腿二頭筋短頭(BFs)の筋体積を計測した。等尺性最大随意収縮時の膝関節屈曲トルク, およびST・SM・BFIの表面筋電位を測定した。

【結果および考察】

再生ST腱の横断面積は健側比で約2.5倍であった。患側のSTの筋長は, 健側よりも約3.4cm近位に短縮していた。ハムストリングの筋体積は, STのみに健側比75%の有意な減少がみられた。また, STの筋長と筋体積との間に相関関係が認められた。等尺性膝関節屈曲トルクは, 膝関節60, 90, 105°において有意な低下を示した。膝関節深屈曲位において, ST

の放電量は SMおよびBFIの値と比較して健側では高値を示したが, 患側では三筋の放電量の間有意差はなく, STが本来担うべき膝関節深屈曲位での機能が欠落していた。

Table 1.はST腱の再生の有無, および STの筋長が健側に比べ短縮しているか否によって対象を3群に分けたものである。ST腱が再生し, STの筋長を維持していたGroup1は他の群と比較して, STの筋体積および膝関節屈曲トルクの低下率が少ない傾向にあった。本来の状態よりも筋線維が短縮すれば長さ-力関係が上行脚へとシフトし, 筋紡錘からのフィードバックが低下する可能性があり, STは機能的にも変化する可能性がある。さらにST腱が未再生の場合は, 筋による発揮張力を脛骨に伝える機能も低下してしまう。したがって, ST腱採取によるSTの形態的变化(腱再生・筋短縮・筋萎縮)が, 膝関節深屈曲位の機能低下の要因となることが示唆された。

Table1. Muscle volume of the ST and knee-flexion torque in each of the 3 morphology-based groups

(%contralateral)	Group 1 (N = 8)	Group 2 (N = 13)	Group 3 (N = 3)
Regenerated ST tendon	○	○	×
Muscle length of the ST	Stay 100.2±5.4	Shorter 84.0±6.7	Shorter 70.3±10.7
Muscle volume of the ST	86.4±10.7**	71.3±11.6*	52.6±3.3
Knee-flexion torque at 30°	100.2±31.9	88.3±12.9	78.5±3.2
Knee-flexion torque at 90°	74.6±29.5	69.8±20.5	47.0±5.3

実験3. Nordic hamstrings trainingが膝関節屈曲機能に及ぼす効果

【目的】 実験2の結果に基づき, 膝関節深屈曲筋力低下の要因であるSTの筋萎縮の改善策として, Nordic hamstrings training(以下NHT)が膝関節屈曲機能に及ぼす効果について検討した。

【方法】 ACL再建術後6か月以上経過した12名(男性7名, 女性5名)を対象とし, NH群とControl群に分

けた。トレーニングは週2, 3回×8週, 計22セッション実施した。実験2と同様にハムストリングの筋体積および放電量, 等尺性膝関節屈曲トルクをPre, Postの計2回測定した。

【結果および考察】

Control群では, 全ての項目においてPre-Post間の有意差はみられなかった。NH群のハムストリングの筋体積は, 健側のST・G・BFI・BFs, 患側のST・G・

BFsにおいて、Pre-Post間で有意に増大した(Fig. 2). 等尺性膝関節屈曲トルクは、健側の45, 60, 90°, 患側の30, 45, 90, 105°において有意に増大し、NHTの可動範囲の膝の貢献度が高い膝関節深屈曲位でのトルク増大が生じたと考えられる。ハムストリングの放電量は健側、患側ともに、30°に対して、PreではSMは90, 105°で、BFは105°において低値を示し、PostではSMは60, 90, 105°で、BFは90,

105°において低値を示した。STではPre-Post間の変化がみられなかった。両側とも、膝関節角度の増加にともなうBFI・SMの放電量の低下が膝関節浅屈曲位にシフトし、STの放電量は変化しなかったことから、膝関節深屈曲位におけるSTの優位性が改善傾向に転じたことが考えられる。以上より、NHTによって、ACL再建術後に生じる膝関節深屈曲位の機能低下およびSTの筋萎縮が改善することが明らかとなった。

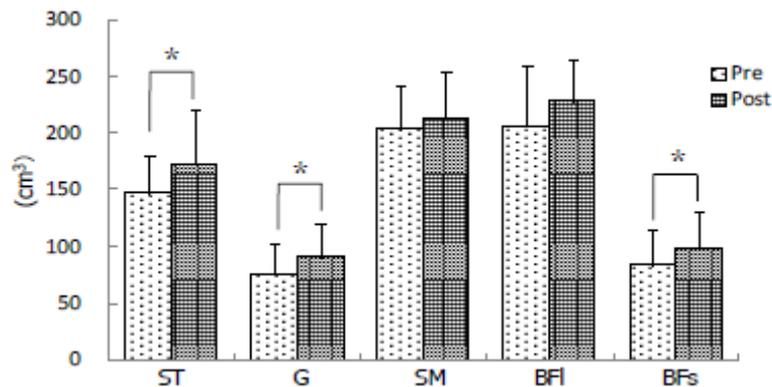


Fig. 2 Muscle volume of the hamstrings on reconstruction limb.

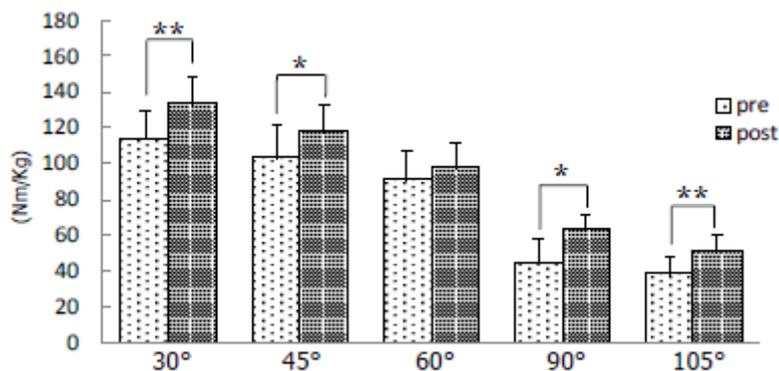


Fig. 3 Knee-flexion torque on reconstruction limb.

結語

ACL再建術後のリハビリテーションにおいて、ST腱の再生過程が最盛期となる術後3か月までは、STの単独収縮をともなう運動は控えることが望まし

い。アスレティック・リハビリテーション後期より、膝関節屈曲機能低下の予防策として、Nordic hamstrings等のSTの筋萎縮改善を目的としたトレーニングを行うことが有用であると考えられる。