

膝前十字靱帯再建者の視覚刺激に対する下肢筋機能の特性

Responses of lower limb muscles to visual stimulation in subjects with anterior cruciate ligament reconstruction

スポーツ医科学研究領域

5012A023-1 小平 綾乃

研究指導教員：福林 徹 教授

【緒言】

完全断裂した膝前十字靱帯（ACL）は、自己治癒力による回復が見込めず、修復には外科的な再建術が必要とされる。しかし、再建術後、競技復帰した選手においてパフォーマンスの低下や、再受傷リスクの増加が報告されている。その要因として神経筋機能やバイオメカニクス的变化が挙げられ、術後数年にわたり残存することが明らかにされている。一方、スポーツ場面では、非予測的な動きへの反応能力が求められる。したがって、外部刺激に対する瞬間的な筋の収縮は、高い活動レベルで活躍する選手にとって不可欠な能力であるため、パフォーマンス及び再受傷予防の観点から術後の筋機能を評価する必要がある。

そこで本研究では、ACL 再建者の視覚刺激に対する最大等尺性膝屈伸動作時の反応時間と筋トルクを測定し、ACL 再建者の筋機能の特性を明らかにすることを目的とした。

【方法】

対象は、ACL 再建群 7 名（男性 3 名、女性 4 名、 21 ± 1.4 歳、術後経過期間 12 ± 1.6 ヶ月）、健常群 7 名（男性 4 名、女性 3 名、 20 ± 0.6 歳）とした。なお、ACL 再建群は、同一整形外科医による自家半腱様筋腱を用いた二重束再建術を受け（左脚 3 名、右脚 4 名）、同一の施設にて標準的な早期リハビリ

テーションを等しく施行した。

運動課題は、ランプ刺激を運動開始合図とする最大等尺性膝屈伸動作とした。測定は座位で行い、膝関節 30° 及び 90° 屈曲位（膝関節完全伸展位を膝関節 0° ）の条件下において各 4 試行実施した。対象者には、LED ランプの瞬間的な点灯に対し「できるだけ速く、強く」最大努力で膝を伸展または屈曲するよう指示した。その際、表面筋電計 ME6000（MEGA Electronics Ltd, Finland）と BIODEX System 3（BIODEX Medical System, USA）を用いて、筋反応時間と筋トルクを測定した。被検筋は、大腿直筋（RF）、内側広筋（VM）、大腿二頭筋（BF）、半腱様筋（ST）とした。

反応時間に関しては、視覚刺激から筋活動開始までの潜時を「前運動時間（premotor time : PMT）」、筋活動開始から関節運動開始までの潜時を「電気力学的遅延（electromechanical delay : EMD）」と定義し、それぞれの時間を算出した。筋トルクに関しては、力発生率（ $\Delta \text{moment} / \Delta \text{time}$ ）と最大トルク、H/Q 比を算出した。なお、トルクは、対象者の体重で除した筋力値（Nm/kg）を採用した。すべての結果は、4 試行の平均値を解析対象とした。

また、磁気共鳴映像法・MRI（1.5-T, SIGNA EXICITE XI, GE, Healthcare, Japan）を用いて T1 強調画像を撮像し、大腿部の筋横断面積（ cm^2 ）を算出した。

【結果】

EMD は、RF において患側が有意に遅延し、膝伸展筋では 30°の方が 90°よりも遅延した (図 1)．力発生率は、膝伸展筋では 30°で、膝屈曲筋では 90°で、患側が有意に低い値を示した．

最大トルクは、膝伸展・屈曲筋ともに 30°・90°の両角度において患側で有意に低い値を示した．膝伸展筋では 30°の方が 90°よりも患側が有意に低値を示した (図 2)．

筋横断面積は、ST において患側で有意に小さい値を示し、他の筋に関しては、健・患側間に有意な差はみられなかった．

【考察】

大腿四頭筋において筋横断面積の大小に関わらず、反応時間 (EMD) の遅延や最大トルクが患側で低下することが認められた．したがって、筋萎縮以外の要因が、ACL 再建者の筋機能低下に影響を及ぼすことが示唆された．先行研究において、大腿四頭筋の筋力低下は、ACL の機械受容器の機能喪失による神経系の機能破綻が原因だと結論づけている．本研究の対象者に関しても、同様の現象がみられたものと推察する．

また、膝軽度屈曲位において、大腿四頭筋の反応時間の遅延、力発生率・最大トルクの低下が示された．スポーツ場面では、膝軽度屈曲位における素早い動作が要求される．したがって、膝軽度屈曲位において膝関節の安定性に寄与する大腿四頭筋の機能低下は、パフォーマンスと傷害予防の両観点において負の影響をおよぼす可能性が考えられる．したがって、膝軽度屈曲位において、外部刺激に対する素早い力発揮を考慮したトレーニングの重要性が示唆された．

【結論】

本研究では、ACL 再建群の患側において、RF の EMD が遅延し、膝伸展・屈曲筋の力発生率および最大トルクが低下した．特に筋長が短縮位において、ACL 再建者の患側の機能低下が顕著になることが示された．

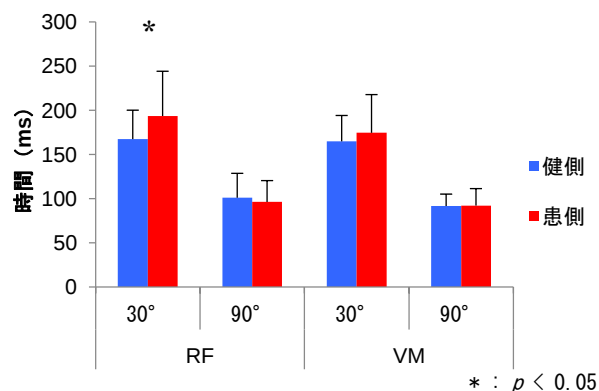


図 1 ACL 再建群の EMD

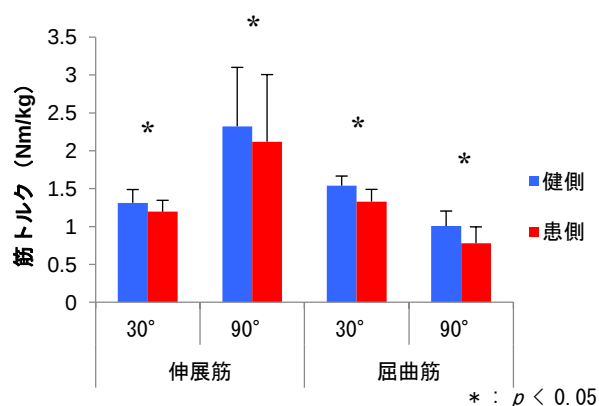


図 2 ACL 再建群の最大トルク

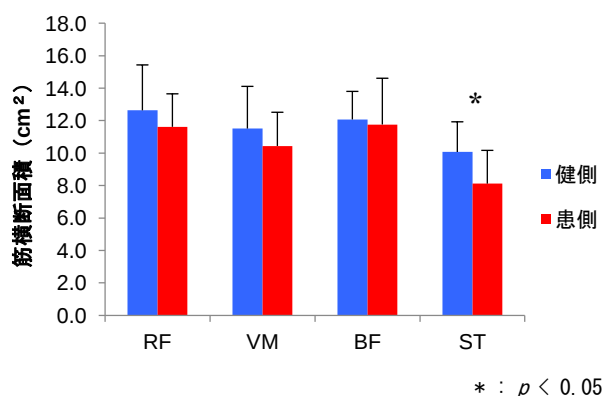


図 3 ACL 再建群の筋横断面積