

前十字靭帯再建術後の膝関節伸展筋群における最大トルクと筋力発揮速度の関係について

医療法人 慈和会 吉田整形外科病院 リハビリテーション科
丹羽雄大 松本 優 松本裕司 近藤秀哉 中宿伸哉
中京大学 スポーツ科学部 スポーツ健康科学科
光山浩人

【はじめに】

前十字靭帯再建術 (以下, ACLR) 後の競技復帰の基準として膝関節の筋力評価がある. その筋力の客観的評価を行う方法に等速性運動を用いた最大トルクの測定が多く用いられている. 過去の報告では, 最大トルクから術側と非術側の比 (以下, 健患比) を求め, この値が 80% 以上になることが競技復帰の指標の一つになっていることが多い. 当院では 85% 以上を競技復帰の目標値としている. しかし実際の競技では, 最大トルクだけでなく, その力を短時間で発揮する能力も必要になる. また, トルクの発揮される速度や, 単位時間あたりに発揮されているトルクを検討した報告は少ない. 今回, ACLR 後の最大トルクと筋力発揮速度の関係を明らかにすることを目的に調査, 検討を行った.

【対象と方法】

2013 年 7 月から 2016 年 2 月までの間に当院にて半腱様筋腱, 薄筋腱による解剖学的二重束再建法を施行し, 術後約 7 ヶ月に筋力測定が可能であった 30 名 30 膝, 男性 15 名, 女性 15 名, 平均年齢 24.3 ± 9.0 歳を対象とした. なお全例初回再建例で, 手術は同一術者によって施行された. 筋力測定には, Biodex System3 (Biodex 社製) を用い, 等速性膝関節伸展運動を角速度 60deg/sec (以下, d/s) および 180d/s で行った. まず 60d/s の最大トルクの健患比を算出した. さらに 60d/s および 180d/s にて測定した項目のうち, 筋力発揮速度に関係する加速時間 (角速

度に達するまでにかかった時間) と 0.18 秒トルク (測定開始から 0.18 秒時点のトルク) を抽出した. そして, 最大トルクに対する 0.18 秒トルクの割合をトルク発揮率として算出した. 統計学的検討には, 解析ソフト R を用いてピアソンの相関係数を求めた. 有意水準は 5% 未満とした.

【結果】

60d/s における術側の最大トルク健患比の平均は $78.3 \pm 19.2\%$ で 85% に達していたのは 8 名であった. 加速時間 (msec) の平均は 60d/s で 45.0 ± 36.3 , 180d/s で 60.0 ± 18.6 であった. トルク発揮率 (%) の平均は 60d/s で 68.2 ± 15.3 , 180d/s で 93.9 ± 6.2 であった (表 1). 相関関係は最大トルクの健患比と加速時間の 180d/s のみ認められ, 弱い負の相関であった ($r = -0.4, p = 0.015$).

【考察】

当院における筋力の目標値は, 最大トルクを体重で除した値の健患比 85% 以上としている. 目標値に達している場合, 徐々に運動復帰していく症例もあるが, トレーニング中のジャンプ動作や着地動作などは最大筋力だけでなく短時間で身体を制御する能力が必要であると考えている. Wilk¹⁾ は, ACLR 後の筋力とホップテストを用いたパフォーマンスの関係を検討しており, 大腿四頭筋のピークトルクとパフォーマンスには相関関係が見られなかったと報告している. また久保ら²⁾ はパフォーマンスの改善には, 大腿四頭筋筋力

Key words: 前十字靭帯再建術 (anterior cruciate ligament reconstruction)
筋力発揮速度 (velocity of muscle contraction), 加速時間 (acceleration time)

加速時間(msec)	平均値	健患比との相関係数(r)	有意差(p)
60d/s	45.0±36.3	0.01	0.528
180d/s	60.0±18.6	-0.40	0.015

トルク発揮率(%)	平均値	健患比との相関係数(r)	有意差(p)
60d/s	68.2±15.3	0.06	0.631
180d/s	93.9±6.2	0.28	0.932

表1：加速時間とトルク発揮率の結果

の回復だけに依存しないことを推察しており、実際の動作を練習する事の重要性を強く示唆している。これらの先行研究からもパフォーマンスの改善には最大トルクだけでなく、様々な要因が影響していることがわかる。今回の結果からも健患比と60d/sの加速時間とトルク発揮率には、いずれも相関関係が認められず、最大トルクと筋力発揮速度の回復は異なることが考えられた。この最大トルクと筋力発揮速度の回復が異なった要因として、受傷から ACLR までの待機期間や術後早期に十分な筋力トレーニングができないことが考えられる。梅津ら³⁾は、大腿四頭筋などタイプ I 線維、タイプ II A・II B 線維が適度に混在する標準的な筋では、タイプ II B 線維の筋萎縮が最も高度であると述べている。当院では術後 12 週で着地動作を開始し、順次ジャンプ動作を行い、16 週でジョギング、20 週以降でアジリティトレーニングを開始するプロトコルを使用している。それまでの時期は、パワーポジションやスクワット、低負荷によるエルゴメータによるトレーニングを中心に実施している。Saleら⁴⁾は、低い運動強度ではタイプ I 線維のみ活性化され、運動強度が増加するにつれてタイプ II 線維が活性化されると述べており、プロトコル前半はタイプ I 線維、後半からタイプ II 線維が動員されていると考えられる。段階的にトレーニングを行うことで、速筋であるタイプ II 線維の強化をさらに行うことができると考えられるが、術後 7 ヶ月前後の段階では最大筋力の改善があっても、筋力発揮速度の改善まで至っていない可能性が考えられた。今回 60d/s の測定ではいずれも有意差が認められなかったが、180d/s の加速時間では、最大トルクの健患比と有意な負の相関関係があった。180d/s の測定は 60d/s と比較すると低負荷で行うことがで

き、かつ速い角速度がもとめられる。そのため 60d/s よりも加速時間に影響したと考えられる。これまで、単位時間あたりの筋収縮の強度や速度を確認する方法としては、筋電図を用いて運動単位の動員と発火頻度を確認することは行われていた。しかし、Biodex などの等速性運動の測定において加速時間や 0.18 秒トルクのような単位時間あたりのトルク発揮の項目を使用した報告は数少ない。今後、最大筋力だけでなく加速時間やトルク発揮率等の筋力発揮速度に関係する要素は、ACLR 後の速筋の回復状況の確認になる可能性が示唆された。

【結語】

Biodex を用いて STG 法による ACLR 後約 7 ヶ月の膝関節伸筋の筋力発揮速度について、60d/s 最大トルクの健患比と 60d/s と 180d/s の加速時間とトルク発揮率の関係を検討した。健患比と相関があったのは、180d/s の加速時間のみであった。最大トルクの改善と筋力発揮速度の改善は別の要素として検討し、筋力発揮速度に着目することで速筋の回復状況の確認になることが考えられた。

【文献】

- 1) Wilk KE, Romaniello WT, Soscia SM, et al. The relationship between subjective knee scores, isokinetic testing, and functional testing in the ACL-reconstructed knee. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;20(2):60-73.
- 2) 久保秀一, 畠中泰彦, 長谷齊, ほか. 前十字靭帯再建術後患者の筋力と片脚着地能力との関係。

- 日本臨床バイオメカニクス学会誌 1997;18:73-76.
- 3) 梅津祐一, 蜂須賀研二. 筋萎縮と筋力の臨床的評価. 総合リハ 1994;22(3):185-190.
 - 4) Sale DG. Influence of exercise and training on motor unit activation. Exercise and sport sciences reviews 1987;15:95-152.
 - 5) 山田英司, 森田伸, 田仲勝一ほか. 前十字靭帯再建術後患者における着地動作時の動的筋電図周波数解析. 四国理学療法士会学会誌 2006;(28)108-109.