

後十字靭帯再建膝に対するハムストリングの筋力トレーニング ～X線透視画像による脛骨後方変位量の計測～

四條畷学園大学 リハビリテーション学部

境 隆弘

大阪電気通信大学 医療福祉工学部

小柳 磨毅

行岡病院 リハビリテーション部

松尾 高行

大阪大学医学部附属病院 医療技術部リハビリ部門

佐藤 睦美

大阪大学医学部附属病院 医療技術部放射線部門

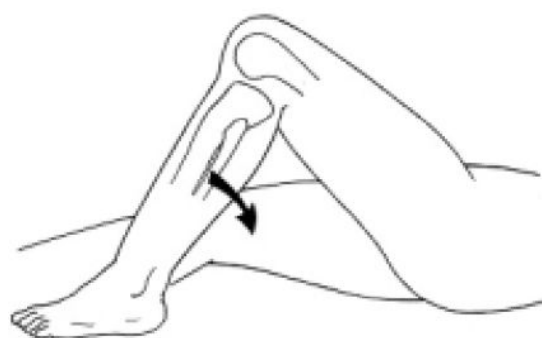
日高 国幸

大阪大学大学院医学系研究科 器官制御外科学(整形外科)

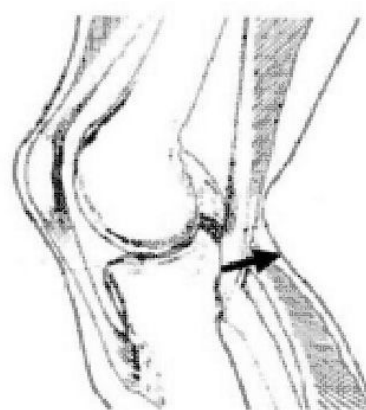
中田 研

はじめに

後十字靭帯(以下、PCL)損傷は、膝屈曲位で下腿前面に外力が加わり、膝関節に後方剪断力が作用して発生することが多い。また下腿に作用する重力やハムストリングの収縮力(内力)も膝関節への後方剪断力の収縮力(内力)も膝関節への後方剪断力拮抗関係がある(図1)。



a. 重力 (posterior sagging)



b. ハムストリングの収縮力の分力

図1 : PCL への力学的ストレス

このため、PCL再建術後には再建靭帯の力学的強度が回復するまでの期間、仰臥位でおこなうブリッジ(以下NB, 図2a)は、重力の作用やハムストリングの強い収縮を伴うため実施できなかった。

そこで我々はPCL再建膝に対し、下腿の近位後面を牽引して股関節伸展によりハムストリングの筋力トレーニングを行うスリングブリッジ(以下SB, 図2b)を考案した。今回、SB中の下腿近位への前方牽引力と、X線画像による脛骨の後方変位量を計測し、その安全性を検証した。



a. NB



b. SB

図2：ブリッジトレーニング

NB：通常のブリッジ SB：スリングブリッジ

矢印：デジタルフォースゲージ

対象

32歳の男性（身長174cm，体重80kg）であり，17年前にサッカー中に転倒，左PCL損傷を受傷した．posterior saggingは陽性，日常生活に支障はなく，レクリエーションレベルでのスポーツも可能であった．

方法

SBおよびNB中の膝関節X線側面像を，血管造影X線診断装置（フィリップス社製Allura Xper FD20）にて撮影した．ブリッジ中の膝屈曲角度はいずれも60°に設定した．SBでは，スリングに取り付けたデジタルフォースゲージ

にて，下腿近位への前方牽引力を計測した．脛骨の後方変位量は，撮影画像からShinoら¹⁾によるGravity Sag View法を参考に作図し，脛骨と大腿骨の相対的な位置関係を表すstep-off（以下，SO）値を計測した（図3）．

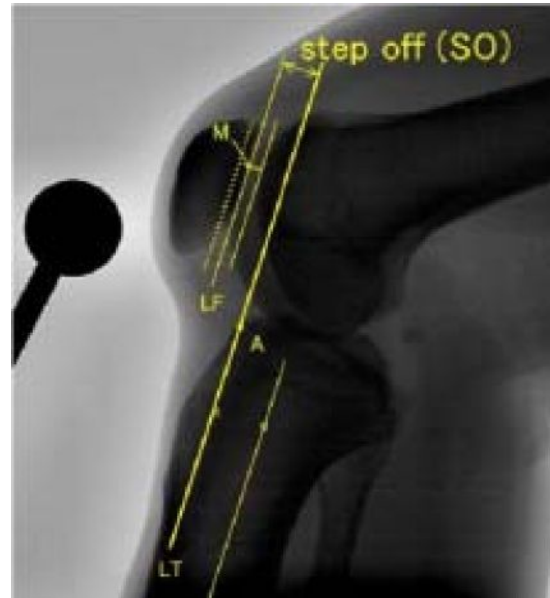


図3：脛骨後方変位量の計測¹⁾

M：大腿骨外側顆を示す線と内側顆を示す線の midpoint

A：脛骨プラトーの前縁

LT：Aを通り、脛骨軸と平行な線

LF：Mを通り、LTと平行な線

SO：LTとLF間の距離

脛骨-大腿骨のstep-off値

結果

SO値はそれぞれ，損傷側のSBIが1.9mm，NBIでは5.5mmであり，健常側のSBUが1.7mm，NBUでは2.1mmであった．

SB中の下腿近位への前方牽引力は346Nであった．（図4）

考察

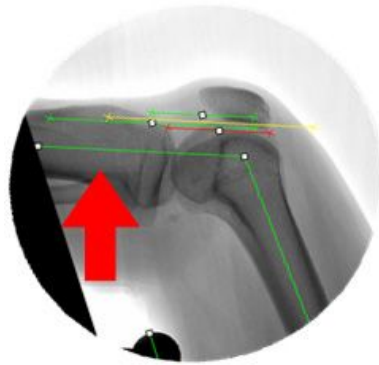
本研究で行ったNBIは、①膝深屈曲位であり、後方剪断力に拮抗するPCLへの依存度が高い^{2, 3)}、②重力によりposterior saggingが生じた、③ハムストリング収縮力の分力として膝関節の後方剪断力が発生したことにより、S0値が最も大きくなったと考えられた。

一方、SBIのS0値はNBIと比較して減少した。SB中の下腿近位に発生した346Nの前方牽引力が整復力として作用したと考えられた。また、SBの膝関節屈曲のレバーアームはNBと比較して短いため、ハムストリング収縮力の分力として発生する膝関節への後方剪断力も減少したと考えられた。SBIのS0値はSBUやNBUの値に近似したことから、PCLへの力学的ストレスは小さい可能性が示唆された。

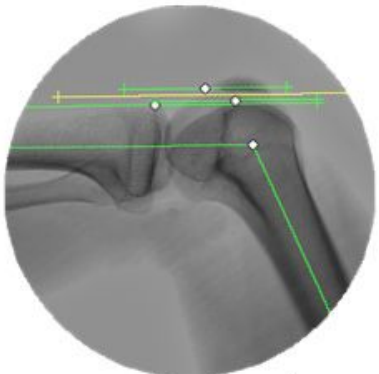
また我々の先行研究⁴⁾では、膝屈曲70°でのSBにおけるハムストリングの筋活動は健常人で60%以上の%MVCを示しており、筋力が低下している症例には筋力強化トレーニングとしての十分な強度を有していると考えられた。

以上の結果から、SBはPCL再建膝に対して、安全かつ効果的なハムストリングの筋力強化トレーニングである可能性が示唆された。

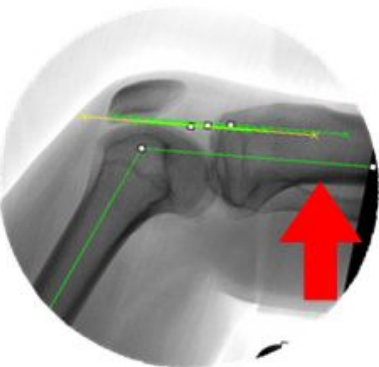
今後、症例数を重ね、膝屈曲角度や牽引位置等と後方不安定性の関係について、検討を進めていきたい。



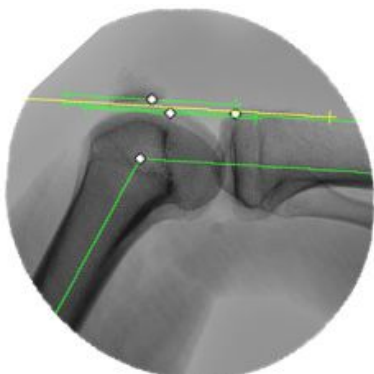
a. SBI (S01.9mm)



b. NBI (S05.5mm)



c. SBU (S01.7mm)



d. NBU (S02.1mm)

図4：各運動課題における計測結果

NB：ノーマルブリッジ SB：スリングブリッジ I：損傷側U：健常側 矢印：下腿の前方牽引力（346N）

結語

SB における下腿近位への前方牽引力とX線透視画像による脛骨の後方変位量を計測し、PCL 再建膝の筋力トレーニングとしての安全性を検証した。

- ・ SBI は下腿近位に 346N の前方牽引力が発生していた。
- ・ SBIのSO値はNBIと比較して減少し、SBUやNBUと近似したことから筋力トレーニングとしての安全性が示唆された。

謝辞

本稿を終えるにあたり、ご指導をいただきました大阪府立大学総合リハビリテーション学部教授 史野根生先生に深謝いたします。

参考文献

- 1) Shino K, Mitsuoka T, Horibe S, et al. The Gravity Sag View:A Simple Radiographic Technique to Show Posterior Laxity of the Knee. Arthroscopy 2000 ; Sep16(6):670-2.
- 2) Girgis FG, Marshall JL, Monajem A. The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis. Clin Orthop Relat Res 1975 ; Jan-Feb(106) : 216-31.
- 3) Fox RJ, Harner CD, Sakane M, et al. Determination of the in situ forces in the human posterior cruciate ligament using robotic technology. A cadaveric study. Am J Sports Med 1998 ; May-Jun26(3) :395-401.

- 4) 中川章子, 小柳磨毅, 境 隆弘他. 片脚ブリッジ運動における下肢の筋活動. 大阪府理学療法学会大会学会誌 2004 ; Vol. 15: 52.