

# 主 論 文

## Location of the Tibial Tunnel Aperture Affects Extrusion of the Lateral Meniscus Following Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament

(前十字靭帯再建において脛骨骨孔位置は外側半月板逸脱に影響を及ぼす)

### 【緒言】

前十字靭帯 (anterior cruciate ligament, ACL) 断裂において靭帯再建術を行う際、脛骨骨孔の作製は大腿骨骨孔の作製に比べると標準的な手技は確立していない。これまで、われわれは ACL footprint 内に脛骨骨孔を作製してきた。しかし、正確な位置を把握して再現性のある脛骨骨孔を作製することは困難であった。近年、ACL 脛骨付着部の解剖学的な解析がなされ、さらに術後の膝安定性を獲得するためには大腿骨のみならず脛骨においても骨孔位置の重要性が報告されている。また、ACL 脛骨付着部の近傍に存在する外側半月板 (lateral meniscus, LM) の前角 (anterior root, AR) は、ACL 脛骨付着部と周辺軟部組織を共有することが知られている。我々は、ACL 脛骨付着部中央に脛骨骨孔を作製してしまうと、LMAR を損傷してしまう可能性があるのではないかと考えた。そこで、MRI 画像における LM の逸脱 (LM extrusion, LME) の術前後での変化量、3D-CT における脛骨骨孔の位置を評価した。本研究の目的は、ACL 断裂と診断され半月板損傷を伴わない症例において、脛骨骨孔の位置が ACL 再建後の LME 増加と関連しているかを検討することである。

### 【対象と方法】

#### 対象

2011 年から 2014 年までに ACL 再建手術を行った 128 症例のうち、手術時に半月板損傷を伴わない ACL 単独損傷に対して再建術を施行した 26 膝を対象とした。男性 14 例 (14 膝)、女性 11 例 (12 膝) であった。手術時平均年齢は 21 歳 (17-38 歳) であった。身長・体重・body mass index (BMI) の平均は、それぞれ 1.68 m, 71.1 kg, 24.9 kg/m<sup>2</sup> であった。

#### 手術手技

ACL 再建は半腱様筋腱、または膝蓋腱を用いた 1 束再建術、もしくは解剖学的 2 重束再建術を施行した。半腱様筋腱を用いた 1 束再建術は身長の高い女性に対して選択、膝蓋腱はコンタクトスポーツの多い症例に対して選択、その他の症例は解剖学的 2 重束再建術を選択した。

#### 術後リハビリテーション

すべての症例において同一のプロトコールで行った。手術後 1 週間は knee brace を着用し伸展位固定とした。その後 2 週目より歩行訓練、膝可動域訓練を段階的に行った。術後 5 か月でランニ

ングを許可し、スポーツ復帰は8か月とした。

#### 画像評価(three-dimensional reconstructed computed tomography : CT, magnetic resonance images: MRI)

術後1週に全症例においてCTを撮影した。脛骨骨孔の位置は過去に報告されたbody markをもとに、3D-CTを用いて検討した。前後はanterior ridgeからintertubercular fossaまで、内外側はmedial intercondylar ridgeからlateral intercondylar tubercleの長方形を作成し、外側辺の midpoint (参照点, reference point) から脛骨骨孔までの最短距離をreference point-to-tibial tunnel distance (RTD) として測定した。二重束再建であれば前内側(anteromedial, AM)の脛骨骨孔までの最短距離を計測した。MRIは術後3か月で撮像し、術前のMRIと比較した。MRI 冠状断にて半月板の幅が最小となるスライスでLMを評価した。外側の脛骨高原から外側に逸脱した半月板の距離をLMEとし、術前後でその増加量を評価した。計測にはPACS softwareを用いた。RTDとLMEは10年以上の経験を有する整形外科医2名にて行い、4か月後に同様の計測を再度行った。

#### 統計解析

RTDとLMEの相関関係はスピアマンの順位相関係数を使用し、LMEが最小となるRTDのカットオフ値は受信者操作特性曲線 (ROC 曲線) を用いて選択した。RTDカットオフ値で選別された2群間の比較はマン-ホイットニーのU検定を使用し、 $P < 0.05$ を有意差ありとした。

#### **【結果】**

##### 術後 LME は RTD に依存する

術前 LME は平均 0.31 mm であり、術後 LME は平均 1.19 mm であった。術後 LME の増加量は 0~2.7 mm (平均 0.93 mm) であり、RTD は 2.69~7.89 mm (平均 5.14 mm) であった。LME 増加量と RTD は高い負の相関関係 ( $R^2 = 0.64$ ) にあり、脛骨骨孔が後方外側に作成されるほど LME が増加する傾向にあった。

##### RTD ≤ 5mm は LME の高リスクである

ROC 曲線で選択したカットオフ値は 5.01mm であり、LME に対する RTD のカットオフ値の感度、特異度はそれぞれ 83%, 93% であった。RTD ≤ 5mm の LME は 1.40mm であったのに対し、RTD > 5mm の LME は 0.4mm であった。

#### **【考察】**

本研究において、ACL 再建手術後に脛骨骨孔の位置が後方外側に作製されるほど術後 LME が増加した。この結果から、ACL 脛骨付着部中央に大きな脛骨骨孔を作製、もしくは ACL 脛骨付着部の後方外側に骨孔を作製すると、LMAR を損傷してしまい LME が増加する可能性が高くなることが示唆された。LMAR は ACL 脛骨付着部と約 60% の線維を共有するとともに、周辺軟部組織と連結することが報告されており、これらの線維は LMAR の接合強度に重要であることが指摘されている。それ故、本研究における LME の明らかな増大をきたした症例においては LMAR が付着部している軟骨下骨ごと損傷した結果である可能性が高い。解剖学的研究において ACL 脛骨

付着部の中央部分は LMAR から 7.5mm の距離に位置するとされており, さらに LMAR の脛骨への接合強度に重要な線維は LMAR の中央から 5mm の位置に存在するとされている. これらの研究は, 我々の提示した RTD のカットオフ値 (5.01mm) を支持するものである.

本研究では脛骨表面の新機軸を作製するとともに, reference point の設定を新たに報告した. 新機軸と reference point は ACL 再建術後の脛骨骨孔と LME に特化した評価方法であり, reference point 設定についても信頼性における参照点であることを証明した. このことは, RTD が CT では判断できない半月板を考慮した脛骨骨孔位置を評価できることを示している.

本研究では ACL 再建手術における新たな概念を提示したが, 症例が少なく, 経過観察期間が短いため ACL 再建術後の LME が後の変形性膝関節症に進展するかは不明である. 今後は症例数を増やし長期間の経過観察が必要である.

#### 【結論】

ACL 再建術において脛骨骨孔の後方外側への作成は RTD を減少させ, 術後の LME を増加させる.