



TOPICS

コンピューター支援前十字靭帯再建術

信州大学運動機能学講座

天 正 恵 治

I はじめに

前十字靭帯 (ACL) は膝関節における脛骨の前方・内旋方向へのストレスに対する1次性支持機構である。この靭帯はスポーツなどで高頻度に損傷を生じる。放置した場合膝の不安定性が持続し、半月板・軟骨損傷・変形性関節症などを併発するため通常では手術治療を要することが多い。歴史的に靭帯の縫合術・修復術の成績は不良であり、従来から大腿骨・脛骨内に骨トンネル (骨孔) を作成し他の部位より採取した自家組織を移植する手術: ACL再建術が広く行われてきた。また ACL は機能的に異なる2本の線維束 (前内側線維束: AMB, 後外側線維束: PLB) からなり、靭帯本来の機能を忠実に再現するために2本の靭帯を再建する方法 (解剖学的2重束 ACL再建術) が最近では行われるようになってきている。この方法は良好な成績が報告されているものの¹⁾、従来の方法と比して手術手技が煩雑でより高い技術が要求される。我々は本手術をより安全に正確に行うため手術中にナビゲーションシステムを導入している²⁾。今回我々のグループが行っているコンピューター支援前十字靭帯再建術の詳細について紹介する。

II 術前準備

我々はソファモア・ダネック社製 TREON system を使用している。術前準備として膝関節周囲に表面マーカーを10個貼る。このマーカーは中央に穴が開いておりここから皮膚にマーキングができるようになっていく (図1)。この状態でCTを撮影、DICOMデータをナビゲーション本体に読み込ませ専用ソフト上で骨のMPR+3D画像を作成、これらの画像上で骨孔 (トンネルをあける位置=靭帯が移植される位置) の仮想プランを決定する (図2)。2本の靭帯を作成するため大腿骨・脛骨それぞれに2つの骨孔を作成するが、前十字靭帯附着部に開口するように位置・角度を調整する。また作成した軟部条件での3D画像上で表

面マーカーの中央部を設定しておく。

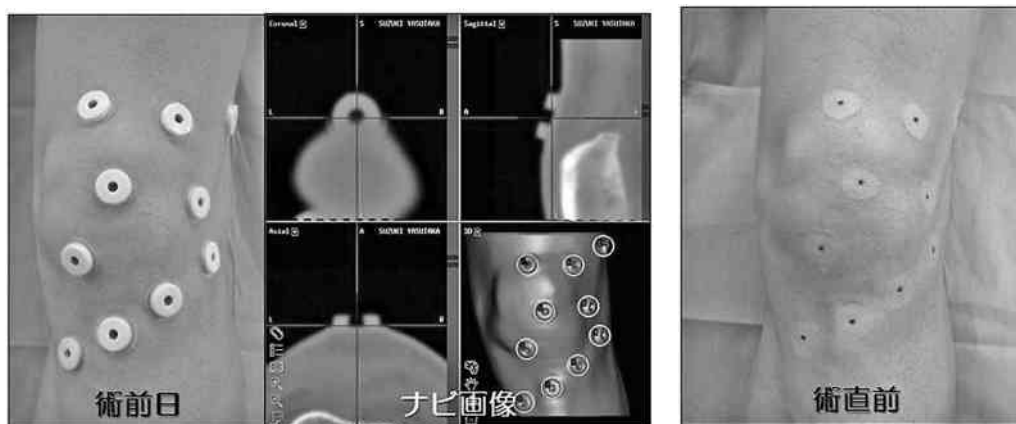
III 実際の手術での使用

患肢を消毒した後、大腿骨と脛骨にピンを刺入しトランスミッターを設置する。また、トランスミッターを装着したポインター・脛骨ガイド・大腿骨オウルをナビゲーションに登録する。手術中にはナビゲーション本体の赤外線カメラでこのトランスミッターの3次元的な動きを追跡・捕捉し、骨・機器の位置情報を受信する。術前に皮膚にマーキングしたマーカーの中央点を専用のポインターを用いてレジストレーション (位置合わせ) を行い、これで1mm以下の精度が出たところでナビゲーションの設定が終了する。

手術ではまず移植用の自家組織を採取する。採取する組織にはハムストリング (半腱様筋・薄筋) 腱を使用する。腱を採取後関節鏡操作に移り、残存した断裂靭帯の廓清を行い、骨孔作成にとりかかる。まず脛骨側の附着部にトランスミッターを装着した脛骨ガイドを固定、ナビゲーション画像を見ながら術前作成したプランに合わせてトンネルの位置方向を調整し、ガイドピンを刺入する (図3)。これをAMB・PLBそれぞれに行う。ピンの位置や方向に問題ないことをナビ下で再確認し移植腱と同一のサイズのドリルで骨孔を広げる。大腿骨はポインターを用いて各線維束の附着部を3D画像下に確認しながら骨表面にマーキングを行う (図3)。マーキング部にガイドピンを刺入し、再度ナビで開口位置に問題がないことを確認し脛骨同様骨孔を作成する。その後移植腱を骨孔内に誘導し大腿骨・脛骨表面で固定して手術を終了する。

IV 考 察

現在手術ナビゲーションは様々な分野で広く汎用されており、整形外科領域でも脊椎や人工関節の分野などで使用が一般化している。前十字靭帯再建術においてもミリ単位の精度での正確な位置への骨孔作成が要求され、位置不良は術後成績に直結することからこの



マーカーを皮膚表面に貼布
 (膝周りに10個)
 ↓
 CTを撮影しデータを
 ナビゲーション本体に読み込ませる
 ↓
 ナビゲーション上で中央点を登録

中央の穴から
 皮膚にマーキング
 ↓
 マーカーを剥がして消毒
 ↓
 マーキングした点をポイント

図1 術前準備

術前プラン

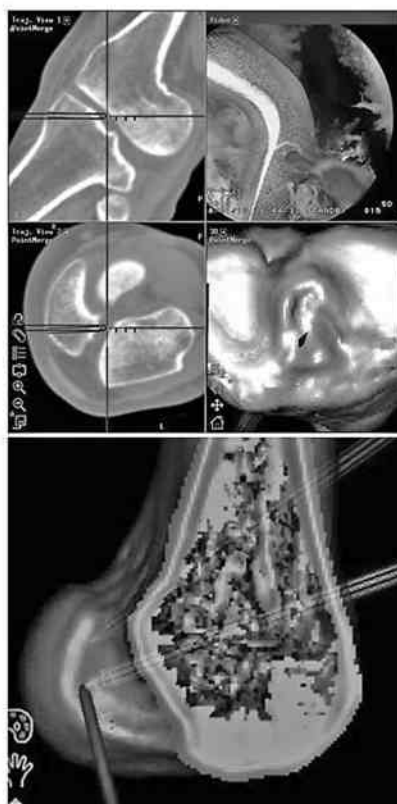


図2 骨孔のプラン

術中
ナビゲーション

脛骨側

大腿骨側



先端の位置/方向
がプランに一致するように
調節しガイドピンを挿入

プランした大腿骨付着部に
大腿骨オウルを用いて
マーキング

図3 術中のナビゲーション画面

ような手術支援システムが必要とされている。しかし、当手術においては、患部が手術台に固定されておらず、切開部位が小さく直接骨を触ってポイント出来る点が少ないため、十分なレジストレーション精度を出すことが困難であり、その使用に関する報告は稀である。我々はこの問題点を解決するため耳鼻科・脳外科領域で用いられている表面マーカを用いたレジストレーション法を本手術に応用し良好な精度が得られることを報告している。また、近年の前十字靭帯付着部に対する詳細な研究により、靭帯付着部周囲の微細な骨形態 (bony landmark) を元に骨孔位置を決定すること

が一般化しており³⁾、CT 画像上の bony landmark を確認しながらナビゲーションを使用出来ることも我々の方法における大きなメリットであると考えられる。しかし、高額な機器を必要とし、機器の設定にも時間がかかるなどの問題点もあり、また、レジストレーションやトランスミッターに起因する精度低下などのトラブルも経験している。より本方法を一般化するためには同手術に最適化した機器の改良が必要であり、術者はその使用方法を熟知しトラブルが生じた場合も通常の手技に移行できるよう再建術に精通している必要があるものと考えられる。

文 献

- 1) Aglietti P, Giron F, Losco M, Cuomo P, Ciardullo A, Mondanelli N : Comparison between single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction : a prospective, randomized, single-blinded clinical trial. Am J Sports Med 38 : 25-34, 2010
- 2) Tensho K, Kodaira H, Yasuda G, Yoshimura Y, Narita N, Morioka S, Kato H, Saito N : Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction, using CT-based navigation and fiducial markers. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc : 19 : 378-383, 2011
- 3) Purnell ML, Larson AI, Clancy W : Anterior cruciate ligament insertions on the tibia and femur and their relationships to critical bony landmarks using high-resolution volume-rendering computed tomography. Am J Sports Med 36 : 2083-2090, 2008