膝蓋腱を用いた前十字靱帯再建術における骨孔作成の工夫

— Rectangular bone tunnel の試み —

福岡大学医学部整形外科

藤 原 明・緒 方 公 介
原 道 也・佐 伯 和 彦
松 浦 一 平・金 宮 毅
毛 利 正 玄・吉 村 一 朗
古 賀 敬

Rectangular Bone Tunnel for Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction using Autogenous Patellar Tendon Graft

Akira Fujiwara, Kosuke Ogata, Michiya Hara,
Kazuhiko Saeki, Ippe Matsuura, Takeshi Kanamiya,
Seigen Mori, Ichiro Yoshimura and Kei Koga

Department of Orthopaedic Surgery, Fukuoka
University School of Medicine

The use of autogenous bone patellar tendon bone graft (BTB) has been well established in anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction.

A round shaped drill hole at the femur and tibia is commonly used for ACL reconstruction. BTB is on the other hand rectangularly shaped. Therefore, a gap forms between BTB and bone tunnels.

In this study, we attempted rectangular bone tunnel (RBT) for ACL reconstruction. Between 1996 and 1997, RBT for ACL reconstruction was carried out in 43 patients (22 males, 21 females).

It suggests that RBT has two advantages, RBT is effective for preventing tunnel enlargement of the tibia, and reproduction of graft rotation is possible by RBT.

Key words : anterior cruciate ligament (前十字靱帯), reconstruction (再建術), bone tunnel (骨孔), autogenous patellar tendon (自家膝蓋腱)

はじめに

骨付き膝蓋腱 (BTB と略す) による前十字靱帯 (ACL と略す) 再建術は移植腱の破断強度が優れ¹⁾, また BTB の骨片が骨孔内壁の海綿骨と早期に安定した癒合が得られるなどの利点を有し, 広く普及した手術法の一つである。

一般に骨孔は, BTB の骨片の幅の長さに合わせた

約 10 mm 径のドリルで作成され, その断面は円形 (Circular bone tunnel, CBT と略す) となり, 短冊状である BTB は円形の骨孔内に移植されることとなる。ゆえに骨孔と BTB との間に間隙が生じる。

我々は BTB の短冊状の形態に合わせた断面が長方形となる rectangular bone tunnel (以下 RBT と略す) による ACL 再建術を試みてきた。その術式と有用性について検討したので報告する。

対象および方法

1996 年以降に RBT で再建し、術後 1 年を経過したのは 43 例（男性 22 例、女性 21 例、平均年齢 23 才）である。

術式を紹介する。BTB は採取幅 9 mm とし両端に 15 mm の骨片付きで採取した。骨片の断面を 9×6 mm に長方形に整形する。骨孔作成には、独自に開発した器具で行う（図 1）。骨孔作成の手順は、まず hole in one guide を用いて径 2.4 mm の K-wire を脛骨と大腿骨それぞれの isometric point に刺入し、その K-wire をガイドとして 6 mm のドリルで開窓後、断面が 7×6 mm 長方形の骨ヤスリを打ち込み、ひき続き 9×6 mm の骨ヤスリを打ち込むことによって完成する。骨孔作成方法は脛骨側は ACL の foot print にあわせ前後方向に長く作成した。大腿骨骨孔は外側顆後方の骨皮質に平行に作成した（図 2）。BTB の設置部位は大腿骨の関節側の骨孔出口に BTB の骨・腱移行部が一致するようにし、その固定方法は大腿骨側は ceramic button で脛骨側は screw post で行った。

術後の脛骨 CT では長方形に作成された骨孔が確認され、また移植された BTB と骨孔間に間隙が生じないのが確認できる。また鏡視所見でも間隙がないのが確認できる（図 3）。

今回、同一条件による後療法をうけ、術後 1 年以上を経過し定期的に X 線による観察が可能であった RBT 群 43 例と CBT 群 74 例（男性 33 例、女性 41 例、平均年齢 24 才）に対し、術後の脛骨骨孔の拡大の有無を比較した。骨孔の評価は再建後 1 年時の脛骨骨孔径が術直後の骨孔径より 2 mm 以上拡大した場合を拡大傾向有りとした。

なお CBT 群の骨孔は直径 9 mm のドリルで作成した。

結 果

骨孔変化の調査結果は、RBT では 43 例中の 5 例（11%）に拡大を認め、5 例とも拡大は 2～3 mm と軽微であった。一方 CBT では 74 例中 22 例（29%）の拡大症例を認め有意に RBT の症例は拡大が少ない傾向にあった（ $P < 0.05$ ）。また拡大した 22 例中には術直後の骨孔径より 5 mm 以上の著明な拡大例を 2 例に認めた（図 4）。

【再建用手術器具】

図 1 独自に開発した再建手術器具

考 察

Rectangular bone tunnel の利点として

1. 骨孔 graft 間の間隙が少ないため、骨孔内での移植腱の micro motion 少なくなり、また脛骨骨孔内へ関節液の侵入が少なくなり、移植腱と骨孔の生着を速め、さらには骨孔拡大を回避できる可能性があること。

2. 骨孔作成の方向を変化させることにより、短冊状である BTB に捻れの効果が期待されること。などが考えられた。

骨孔の拡大は多くの因子が重なって生じると言われているが、トンネル内での靭帯の動きや関節液の侵入が骨孔拡大の一因と考えられている⁸⁾。今回の骨孔変化の調査結果から、RBT により骨孔拡大防止効果がある可能性が示唆された。自家組織を再建材料として

脛骨骨孔

大腿骨骨孔

図2 脛骨骨孔はACLのfoot printに合わせる。大腿骨骨孔は外側顆後方の骨皮質に平行とした。

【再建術後CTおよび関節鏡視所見】

図3 骨孔とgraftの間に間隙を生じない。

用いた場合の骨孔拡大は、必ずしも膝不安定性を生じないとの報告⁴⁾がなされているが、近年の症例数増加

【結果：骨孔拡大の比率】

図4 RBT では拡大が少ない傾向にあり、著明な拡大例は存在しなかった。

に伴い再再建術も行う機会も増加傾向にあり⁶⁾⁷⁾¹⁰⁾、その際骨孔拡大は重要な問題となっている。従ってRBTによって骨孔拡大を防ぐ効果が認められたことは、意義あることと考える。

Cooper²⁾らによって“BTBを90度捻じることにより30%の tensile strength の増加が得られること”が報告され、それ以降 graft の至適捻れの報告が散見されるようになった。Blum¹⁾らは tension isometer を用いた実験結果で graft を大腿骨に対し脛骨側を90°から180°内旋しての固定を推奨しているのに対し、Samuelson⁹⁾らは大腿骨に対し脛骨側を90°外旋した固定がより正常解剖に近い捻れが得られると報告している。また Draganich³⁾らは脛骨側に対し大腿側を180°捻って固定すれば最良の isometricity を得られると報告し、現時点では未だ意見の一致は得られていない。我々の考察した RBT の角度を変化させること

【RBTの設置方向】

新鮮凍結膝を用いてsimulation

図5 BTB の至適捻れを検討

【graft両端にかかるひずみの評価】

図6 大腿骨軸に60度前方回転が最も歪みが少ない

により、移植腱の捻れも再現可能となる。我々はRBTの至適作成方向を決定すべく新鮮死体膝を用いた基礎実験を行い、屈曲伸展時の移植腱の両端にかかる歪みの大きさを様々なRBTの設置方向を仮定して調査している(図5)。その結果、脛骨骨孔をACLのfoot printに合わせ前後方向に長く設置した場合は、大腿骨骨孔は大腿骨軸に対し60度前方回転のパターンである外側顆後方の骨皮質に平行に設置した位置にRBTを設置すると移植腱の両端にかかる歪みは小さい傾向にある結果であった(図6)。この結果から、我々の施行しているRBTの設置方向は、BTBにかかる歪みが少なく、より理想に近いことが確認された。

ま と め

1. 短冊状のBTBの形状に合わせたrectangular bone tunnelによるACL再建術を行った。

2. RBTは骨孔とBTB間の間隙が少なくなり骨孔拡大がCBTに比べ有意に少なかった。

3. 骨孔の作成を考慮することにより、BTB両端の歪みを少なくした移植腱の至適捻れを再現できる可能性が示唆された。

参 考 文 献

- 1) Blum, M. F.: The effect of graft rotation on attachment site separation distances in anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med., 23 : 282-287, 1995.
- 2) Cooper, D. E.: The strength of the central third patellar tendon graft. Am J Sports Med. 21: 818-824, 1993.
- 3) Draganich, L. F.: Strategies for attachment site locations and twist of the intraarticular anterior cruciate ligament graft. Am J Sports Med., 24 : 342-349, 1996.
- 4) Fahey M., Indelicato P. A.: Bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament replacement. Am J Sports Med., 22 : 410-414, 1994.
- 5) 石橋恭之・他: 自家膝蓋腱を用いた鏡下前十字靱帯再建術後の骨トンネル拡大現象について. 臨整外, 31 : 1127-1133, 1996.
- 6) 黒坂昌弘・他: Revision ACL再建術における術前の病態評価. 日整会誌, 72 : 554-1998.
- 7) 守屋秀繁: Revision ACL reconstructionにおける諸問題. 日整会誌, 72 : 558, 1998.
- 8) Noyes, F. R., et al.: Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee-ligament repairs and reconstructions. J Bone and Joint Surg. 66-A : 344-352, 1984.
- 9) Samuelson, T. S.: Anterior cruciate ligament graft rotation. Am J Sports Med., 24 : 67-71, 1996.
- 10) 史野根生他: Revision ACL reconstructionに於ける移植材の選択. 日整会誌, 72 : 555, 1998.