

前十字靭帯二重束再建術の臨床成績 ～一重束再建術との前向き比較～

岩目 敏幸 高砂 智哉 浜田 大輔
藤井 幸治 武田 芳嗣 成瀬 章

徳島赤十字病院 整形外科

要 旨

我々の行っている解剖学的二重束再建術 (DB) の臨床成績を, 一重束再建術 (SB) との比較にて前向きに検討した. 対象は1年以上経過観察できた片側 ACL 損傷40症例で, DB と SB は各20症例であった. 性別以外の年齢, スポーツレベル, 平均経過観察期間等に両群間で有意差はなかった. 移植腱は半腱様筋腱と薄筋腱を使用し, DB は安田らに準じて骨孔を作成し, SB は脛骨側を ACL stump 中央, 大腿骨側を2時(10時)に骨孔を作成した. 固定には Endobutton-CL と Graft tension system を使用し, 後療法は同様に行った. 評価は徒手テスト, KT2000, 等速性筋力, IKDC score, Lysholm score で行った. 結果は KT2000 での患側側差は SB で平均1.9mm であったのに対し, DB で0.7と有意に小さかった. Pivot shift test の陽性率は DB の方が低かったが統計学的に有意差は生じなかった. その他に関しては有意差を認めなかった. 今回の前向き調査で, 解剖学的二重束再建術は一重束再建術に比べて有意に前方制動性に優れていた.

キーワード: 前十字靭帯, 解剖学的二重束再建術, 臨床成績

はじめに

前十字靭帯 (ACL) は解剖学的に前内側束 (AMB) と後外側束 (PLB) に分かれる. 従来の一重束再建術では主に前内側束の再建を行ってきたが, 後外側束が伸展位での前方制動性および回旋安定性に重要な役割を果たしていることが知られるにつれ^{1), 2)}, より解剖学的な前十字靭帯再建を目指して解剖学的二重束再建術が行われるようになってきた³⁾⁻⁵⁾. Yasuda ら⁶⁾ は, 従来の一重束再建術, Rosenberg が報告した非解剖学的二重束再建術, および Yasuda らが開発した半腱様筋腱, 薄筋腱を用いた解剖学的二重束再建術の臨床成績を前向きに検討し, 解剖学的二重束再建術が一重束再建術に比べて, 前方制動性に関して優れていたと報告した. Muneta ら⁷⁾ も4重折り半腱様筋腱を用いた両者間のランダム化比較試験 (RCT) を行い, 二重束再建術の方が一重束再建術よりも前方制動性および回旋安定性において優れていたと報告している. Yagi ら⁸⁾ は, 三次元電磁センサーを用い, pivot shift 整復時の脛骨の加速度を客観的に数値化することで, 二重束再建術と一重束再建術の回旋安定性について客

観的評価を行い, 二重束再建術の方が一重束再建術より有意に優れていたと報告した. このように二重束再建の優位性を報告した質の高い臨床研究が散見されるようになったが, 二重束再建といっても, 手術術式, たとえば移植腱材料, 骨孔の位置, 骨孔の作成方法, 固定材料, 固定角度, 固定時の緊張度等は術者によって様々であり, 現時点でゴールドスタンダードと考えられる方法は確立されていない. したがって, ひとつの解剖学的二重束再建術の臨床成績が優れているといっても, すべての二重束再建術が一重束再建術よりも優れているとは限らず, 個々の術式について検討する必要がある. 本研究の目的は, 現在当科で行っている解剖学的二重束再建術の臨床成績について一重束再建術と前向き比較調査を行い, その有用性について検討することである.

対象および方法

対象

対象は2004年3月から2006年9月にかけて ACL 再建術を行い, 1年以上経過観察できた40名で, 二重束再建術 (DB) および一重束再建術 (SB) 共に20名ずつ

であった。両群への振り分けは、基本的に無作為としたが、両術式についての説明後に別の術式を希望した場合などには他群への移行は自由としたため、完全な無作為化試験とはなっていない。経過観察期間はDB群で平均16.3ヶ月(12.0~25.7), SB群は平均15.8ヶ月(12.0~29.0)であった。性別を除くと、年齢、スポーツレベル等で両群間に有意差は認めなかった(表1)。

表1 対象

	DB	SB
症例数	20	20
年齢	25.7(16~46)	23.8(14~42)
性別	男16女4	男8女12
スポーツレベル	競技9 レクリエーション11	競技11 レクリエーション8 ADL 1
合併手術		
半月板切除術	10	7
半月板修復術	1	2
経過観察期間(月)	16.3(12.0~25.7)	15.8(12.0~29.0)

手術術式

二重束再建術

移植腱には半腱様筋と薄筋腱を用いた。いずれも2重もしくは4重折りとし、半腱様筋腱をAMBに、薄筋腱をPLBとして使用した。骨孔はYasudaら⁶⁾の方法に準じて作成した。PLB脛骨骨孔は、ガイド先を後十字靭帯脛骨付着部の約5mm前方におき、ガイド先の延長がPLB大腿骨付着部中央に向くようにした。AMB脛骨骨孔中心は、先に刺入したPLB脛骨骨孔用キルシュナー鋼線の約7mm前方においた。大腿骨孔はtranstibialに作成した。まず5mm off setの大腿骨用ドリルガイドを10時半(1時半)に設置し、AMB用ソケットを作成した。症例によってはtranstibialに作成することが困難であり、その場合はfar anteromedial portalより作成した。PLB用ソケットは、footprintが残っている場合はその中心としたが、多くの場合、90度屈曲位で最下点の軟骨境界部より約5~8mm上方(解剖学的には前方)に作成した。移植腱が最低15mmは大腿骨孔内に収まるようにEndobutton-CL(Smith&Nephew Endoscopy Inc, Andover, Mass)の長さを

調節した。先にPLBを関節内に誘導し、Endobuttonをフリップして大腿骨側を固定し、続いてAMBの大腿骨側を固定した。20回の屈伸を行った後、PLB, AMBの順に脛骨側をGraft tension system(Smith&Nephew Endoscopy Inc, Andover, Mass)⁹⁾により固定した。固定角度は膝20度屈曲位で、AMB40N, PLB30Nの初期張力を加えた。

一重束再建術

移植腱は、二重束再建と同様に半腱様筋腱と薄筋腱を4~6重折りとして使用した。脛骨側の骨孔はfoot print中央とし、大腿骨側は10時もしくは2時の位置に5~6mm off set大腿骨用ガイドを設置した。固定材料は二重束再建術と同様で、膝20度屈曲位で60~80Nの初期張力を約2分間加えた後固定した。

後療法は両群ともに全く同じプログラムで行った。詳細は別紙¹⁰⁾に述べているが、簡単に述べると、術後10日間は膝伸展位で固定し、2日目よりCPMを開始した。3~4日目より部分荷重を行い、4週末で全荷重とした。術後10日目にfunctional braceに変更し、術後3ヶ月間装着した。3~4ヶ月目よりjoggingを開始し、5~6ヶ月より個々のスポーツを許可した。試合復帰は8~10ヶ月を目標とした。

検討項目

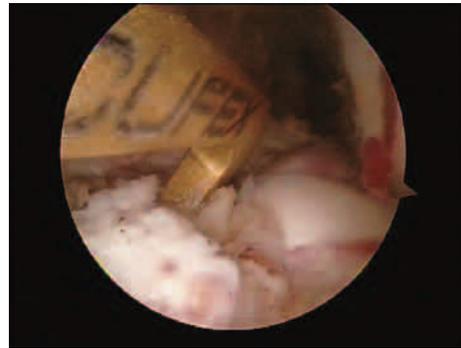
術後12ヶ月の時点で、徒手試験(Lachman test, Pivot-shift test, Anterior Drawer test), 最大前方引き出しによるKT2000の患健側差, 等速性筋力(60°/s平均ピークトルク値)の健側比, IKDC objective score, Lysholm scoreを評価した。統計学的検討はUnpaired t-testおよびChi-square testを用い、5%以下を有意とした。

結 果

Lachman testの陰性率はSB群, DB群共に94%, またAnterior Drawer testの陰性率はSB群78%, DB群94%と有意差を認めなかったが、最大前方引き出しによるKT2000の患健側差はSB群が 1.9 ± 1.6 mmであったのに対し、DB群は 0.7 ± 1.2 mmと有意に小さかった($p=0.009$)(図1)。Pivot-shift testの陰性率はSB群が56%であったのに対しDB群は81%で



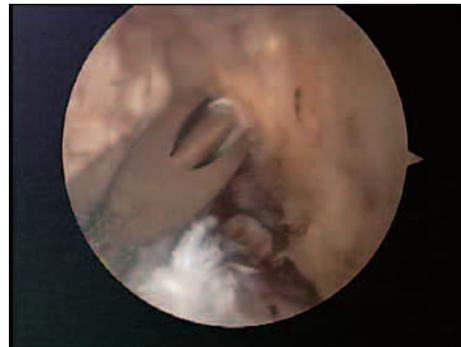
1-a: PLB 大腿骨ソケット作成のために PLB 大腿骨付着部の remnant を一部残しておく。



1-b: PLB 脛骨骨孔を作成するために脛骨用ドリルガイドを後十字靭帯付着部の約 5 mm 前方に設置する。



1-c: PLB 脛骨骨孔用キルシュナー鋼線の約 7 mm 前方にドリルガイドを設置し, AMB 脛骨骨孔を作成する。



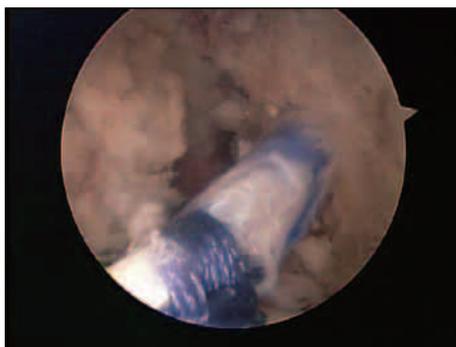
1-d: 5 mm off set の大腿骨用ドリルガイドを 1 時半の位置に設置し, AMB ソケットを作成する。



2-a: 膝90度屈曲位にて最下点の軟骨境界部より約 5 ~ 8 mm 上方 (解剖学的には前方) に, キルシュナー鋼線を刺入し, PLB ソケットを作成する。



2-b: AMB および PLB ソケット. 両ソケット間は約 2 mm の間隔がある。



2-c: 先に PLB から関節内に誘導し, Endobutton-CL で大腿骨側を固定する。



2-d: 二重束再建後。

あったが、統計学的に有意差は認めなかった(図2). 等速性筋力の健側比は屈曲では共に88%であり、伸展ではSB群が87%, DB群が91%と有意差は認めなかった. IKDC objective scoreではDB群はA10例, B8例, C2例であり, SB群A7例B12例C1例であった(図3). Lysholm scoreはSB群が98.5点, DB群

が98.1点であり有意差は認めなかった.

考 察

Maeら¹¹⁾, Yagiら¹²⁾がRoboticsとUniversal Force-moment sensorを使用しておこなった屍体膝での生体力学的研究において、二重束再建術が一重束再建術よりも、より正常に近いキネマティクスを再現できることを報告して以来、日本を中心に解剖学的二重束再建術が臨床応用されるようになってきた. 当初は懐疑的であった欧米においても、質の高いランダム化比較試験が報告されるにつれ^{6)~8),13)}徐々に広まりつつある. しかし、一口に解剖学的二重束再建術といっても実にさまざまな手術術式が行われている. PittsburghのZantopら¹⁴⁾は、二重束再建術を行っているアジアおよび欧米の整形外科医22名に対し、使用する移植腱の種類、作成する骨孔の位置と作成方法、腱の固定材料と固定方法などについて調査を行った. その結果、ほぼ意見の一致をみた項目もあるが、多くは術者によってかなり異なっており、特にPLB骨孔の位置、脛骨側の固定材料および固定時の膝屈曲角度に関しては術者間でのばらつきが著しかったと報告している. したがって、各々の手術術式について臨床成績を検討する必要があると考え、本研究を行った.

表2, 3は代表的な臨床報告と本研究の結果について比較したものである. 屈曲20°での前方制動性については、KT-2000の患健側差による評価で、いずれもSB群に比べDB群の方が小さく、Yagi⁸⁾らの報告以外は我々の報告を含め有意差を認めている. これはPLBが伸展位でより前方制動に貢献するという解剖学的事実を反映しているといえる.

回旋安定性に関するPivot shift testの安定性に関しても、SB群が50%台であるのに対しDB群は、我々の報告を含め80%台と高く、回旋安定性に関しても二重束再建術が有利であることが示されている. 本研究では有意差を認めなかったが、陰性率は他の報告と遜色はなく、おそらくはサンプルサイズが小さいためであろうと考えた.

また本研究では、等速性筋力や、IKDC objective score, Lysholm scoreなどには両群間で差はなかったが、これも、他施設の報告と同様であり、今回の研究から、当施設で行っている二重束再建術は、他施設からの報告と同様に、伸展位での前方制動性および回旋

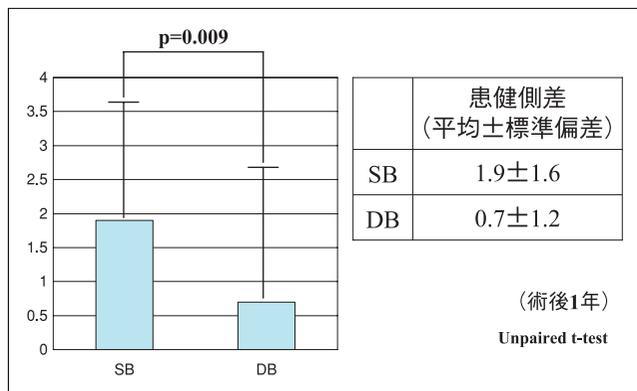


図1 KT-2000による患健側差

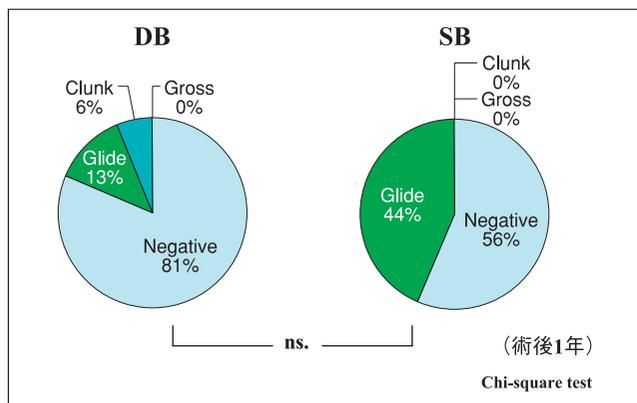


図2 Pivot Shift Test

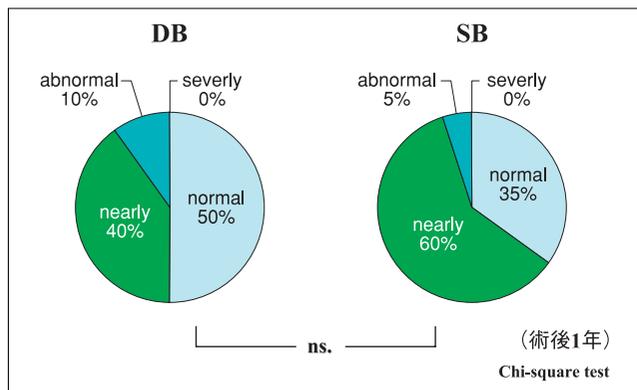


図3 IKDC分類

表2 KTを用いた前方制動性についての比較

著者	雑誌	SB	DB	p
Yasuda	Arthroscopy 2006	2.8±1.9	1.1±1.5	0.002
Yagi	CORR 2007	AMBR;1.9±1.6 PMBR;1.7±1.7	1.3±1.2	ns
Muneta	Arthroscopy 2007	2.4±1.4	1.4±1.4	<0.05
Aglietti	CORR 2007	2.4	1.6(1 incision) 1.4(2 incision)	<0.05
著者	EOA2007	1.9±1.6	0.7±1.2	0.009

表3 pivot shift testを用いた回旋安定性についての比較

著者	雑誌	SB (陰性率%)	DB (陰性率%)	P
Yasuda	Arthroscopy 2006	50%	87%	0.002
Yagi	CORR 2007	AMBR ; 75% PMBR ; 80%	85%	ns
Muneta	Arthroscopy 2007	59%	85%	<0.05
Aglietti	CORR 2007	58%	84% (1 incision) 76% (2 incision)	<0.05
著者	EOA2007	56%	81%	ns

安定性の獲得に関し、一重束再建術よりも有効であることが証明された。

しかし Harner ら¹⁵⁾が指摘したように、二重束再建術は一重束再建術にくらべ技術的に難度が高く、特に症例によっては意図した位置に骨孔を作成することが困難な場合がある。多くの報告では、PLB 骨孔の作成がより困難であると指摘しているが、著者らの経験では、脛骨骨孔径が小さいために、transtibial に大腿骨用ガイドを使用して意図した部位に AMB 用ソケットを作成することにより困難を感じるが多い。

また固定材料は当然のことながら 2 セット必要となり、固定材料費も 2 倍となる。我々の使用している固定材料は 1 セットで約 18 万円であるので、2 重束再建では約 36 万円かかることになる。これらの材料は保険請求できることから、直接患者や医療施設に負担がかかるものではないが、現在の日本における厳しい医療

財政を考慮すると、そのコストパフォーマンスについても常に考慮しておく必要がある。

したがって現在当科では、二重束再建術の利点と欠点を十分に考慮し、本法は競技レベルのスポーツを行っている者と、不安定性、特に Pivot shift test で認められる回旋不安定性の著しいものに原則として適応している。

まとめ

前十字靭帯損傷膝に対して現在当科で行われている解剖学的二重束再建術と一重束再建術の臨床成績について前向き研究を行った。KT-2000 による患健側差は二重束再建術が有意に小さく、また Pivot shift test の陰性率も大きい傾向にあった。しかし本術式は、いまだ完成された術式とはいいがたく、現時点では症例毎に適応を検討する必要があると考えている。

文 献

- 1) Amis AA, Dawkins GP: Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. Fiber bundle actions related to ligament replacements and injuries. J Bone Joint Surg Br 73: 260-267, 1991
- 2) Gabriel MT, Wong EK, Woo SL et al: Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotatory loads. J Orthop Res 22: 85-89, 2004
- 3) Yasuda K, Kondo E, Ichiyama H et al: Anatomic reconstruction of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament using hamstring tendon grafts. Anatomic and clinical studies. Arthroscopy 20: 1015-1025, 2004
- 4) Muneta T, Koga H, Morino T et al: A retrospective study of the midterm outcome of tow-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using quadrupled semitendinosus tendon in comparison with one-bundle reconstruction. Arthroscopy 22: 252-258, 2006
- 5) Cha PS, Brucker PU, West RV et al: Arthroscopic double-bundle anterior cruciate liga-

- ment reconstruction: An anatomic approach. *Arthroscopy* 21 : 1275.e1 – 1277.e8, 2005
- 6) Yasuda K, Kondo E, Ichiyama H et al: Clinical evaluation of anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction procedure using hamstring tendon grafts: Comparison among 3 different procedures. *Arthroscopy* 22 : 240–251, 2006
- 7) Muneta T, Koga H, Mochizuki T et al: A Prospective Randomized Study of 4-strand Semitendinosus Tendon Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Comparing Single-Bundle and Double-Bundle Techniques. *Arthroscopy* 23 : 618–628, 20
- 8) Yagi M, Kuroda R, Nagamune K et al: Double-bundle ACL Reconstruction Can Improve Rotational Stability. *Clin Orthop Relat Res* 454 : 100–107, 2006
- 9) Shino K, Mae T, Maeda A et al: Graft Fixation With Predetermined Tension Using a New Device, the Double Spike Plate. *Arthroscopy* 18 : 908–911, 2002
- 10) 武田芳嗣, 湊 省, 成瀬 章, 他: ホームエクササイズによる前十字靭帯再建術後のリハビリテーション. *リハビリテーション医学* 43 : 668–674, 2006
- 11) Mae T, Shino K, Miyama T et al: Single-Versus Two-Femoral Socket Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Technique: Biomechanical Analysis Using a Robotic Simulator. *Arthroscopy* 17 : 708–716, 2001
- 12) Yagi M, Wong EK, Kanamori A et al: Biomechanical analysis of an anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 30 : 660–666, 2002
- 13) Aglietti P, Giron F, Cuomo P et al: Single-and Double-incision Double-bundle ACL Reconstruction. *Clin Orthop Relat Res* 454 : 108–113, 2007
- 14) Zantop T, Kubo S, Petersen W et al: Current Techniques in Anatomic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy* 23 : 938–947, 2007
- 15) Harner CD, Poehling GG: Double Bundle or Double Trouble? *Arthroscopy* 20 : 1013–1014, 2004

Clinical Results of Double-Bundle Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament : Prospective Comparison with the Outcome of Single-Bundle Reconstruction

Toshiyuki IWAME, Tomoya TAKASAGO, Daisuke HAMADA,
Koji FUJII, Yoshitsugu TAKEDA, Akira NARUSE

Division of Orthopaedic Surgery, Tokushima Red Cross Hospital

Clinical results of anatomical double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction (DB), conducted at our facility, were compared with the outcome of single-bundle reconstruction (SB) in a prospective manner. The subjects of this study were 40 patients with unilateral injury of the anterior cruciate ligament (ACL) followed up for one year or more (20 treated with DB and 20 with SB). Other than male-to-female ratio, no background variables (age, sports level, mean follow-up period, etc.) differed significantly between the DB group and the SB group. Gracilis tendon and semitendinosus tendon served as tendon grafts. For DB, bone tunnels were created according to the method reported by Yasuda et al. For SB, bone tunnels were created at the center of the ACL stump on the tibial side and at a 2 o'clock (10 o'clock) position on the femoral side. Endobutton CL and Graft Tension System were employed for fixation. Post operative rehabilitation was conducted similarly for both groups. Outcome was evaluated on the basis of manual test, KT 2000, isokinetic muscle strength, IKDC classification and Lysholm score. In the KT 2000 measurement, the side to side difference was significantly smaller in the DB group (0.7 mm on average) than in the SB group (1.9 mm on average). The pivot shift test positive rate was lower in the DB group than in the SB group, although this difference was not statistically significant. There was no significantly inter-group difference in any other parameter. These results of this prospective study indicate that anatomical double-bundle reconstruction of ACL allows significantly better anterior and rotational stability than single-bundle reconstruction.

Key words: anterior cruciate ligament, anatomic double-bundle reconstruction, clinical outcome

Tokushima Red Cross Hospital Medical Journal 13:15-21, 2008
