

AMCoR

Asahikawa Medical University Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

北海道整形災害外科学会雑誌（2014.3）第55巻2号:217-222.

【膝前十字靭帯再建手術に関する北海道の現状と課題】
当施設における膝前十字靭帯再建術の現状と課題

能地 仁

膝前十字靭帯再建手術に関する北海道の現状と課題

当施設における膝前十字靭帯再建術の現状と課題

能地 仁

旭川医科大学整形外科学講座

はじめに

二十年前、当科における新鮮膝前十字靭帯 (ACL) 損傷に対する手術適応は限定されており、まずは保存治療を選択するように学んだ。これは、ACL損傷膝の自然経過が不明であったことや当時の手術手技では十分な治療効果が得られなかったことを背景としている⁸⁾。その後、正常ACLの機能解剖や生体力学的な研究に加え、再建靭帯の成熟に関する生物学的研究が報告されるにつれ、関節展開手術が鏡視下手術に代わり、isometric再建からanatomical再建へと変遷を遂げてきた。本稿では、過去10年間に当科で施行したACL再建術 (ACLR) を後ろ向きに調査し、現在当科で行っているACLRと課題を紹介する。

なお本稿では、Lachman testは患側側差2mm程度以内をgrade 1 それ以上をgrade 2 とし、加えてfirm end pointを有する場合はA、end pointがsoftもしくは無いものをBと評価した。Pivot-shift testはInternational Knee Documentation Committeeの評価法 (grade 0 = negative, grade 1 = glide, grade 2 = clunk, grade 3 = gross) を用いた。

手術手技の変遷と術後成績

平成16年4月より平成21年5月までの期間はisometric single-bundleによるACLRが施行されていた。手術は、患肢を外転し手術台に固定した手台より下腿を下垂させた。骨孔はtranstibial法で作製し、大腿骨ソケットは鏡視下にclock face法で1:00~1:30 (10:30~11:00) を狙った。移植腱は半腱様筋腱 (および薄筋腱) を4~6重折りとして太さ6~9mm (平均7.5mm) として、一側にEndoButton[®]/EndoButton-CL (Smith&Nephew) を連結した。膝20度屈曲位で初期固定張力を40N~徒手最大とし、Double spike plate (DSP, Smith&Nephew) もしくはpost screw法で固定し

た。術後は硬性膝装具を装着し、accelerated rehabilitation¹⁰⁾を行った。再再建術と複合靭帯損傷を除く40膝を対象に調査し、術後一年時の経過観察が可能であった34膝 (調査率85.0%) では、Lachman testでgrade 1 Aが16膝、grade 2 Aが17膝、grade 2 B (再断裂例) が1膝であり、pivot-shift testはgrade 0 が11膝、grade 1 が10膝、grade 2 が4膝、grade 3 が3膝であった (記録不備6膝)。術後1年以降に再断裂を生じた例が2膝あり、再断裂率は3/34 (8.8%) であった。当時はroof impingementによる再断裂を回避するために、脛骨の骨孔が後方設置 (現在のPLBの位置に相当) されていた。これが前方制動不良の原因と考え、また回旋制動不良例が少なくなかったことから後外側繊維束 (PLB) 再建の必要性を感じ、平成21年よりanatomical double-bundle ACLRを開始した^{5,14,15)}。

Anatomical double-bundleによる初回ACLRは42膝に施行していた。手術は、患肢を下垂することによる不潔操作の改善と術中の膝角度を一定に保つことを目的に、患肢は手術台に固定した2個の骨盤支持器を用いて膝立ての肢位に変更した。(図1A) 大腿骨孔はtranstibial法でlateral intercondylar ridge後縁を目指して作成した。(図1B, C) 導入初期の移植腱は半腱様筋腱を半切し、各々を二つ折りとして前内側繊維束 (AMB, 5~6mm径) とPLB (5mm径) としていたが、再断裂例を経験してからはAMBで6~8mm径、PLBで5~6mm径が得られるよう薄筋腱も適時採取している。移植腱の初期固定張力は両移植腱共に20Nとし、EndoButton-CL[®] (Smith&Nephew) とSuture Disc[®] (Aesculap) もしくはDSPを用いて膝屈曲20度で内固定した。(図2) 術後は軟性膝装具に変更した。術後早期の荷重歩行と可動域訓練は継続したが、accelerated rehabilitationは中止した。23膝 (調査率82.1%) で術後一年の経過観察が可能であった。非荷重時の膝可動域に制限を残した例は認めず、75%は正座も可能

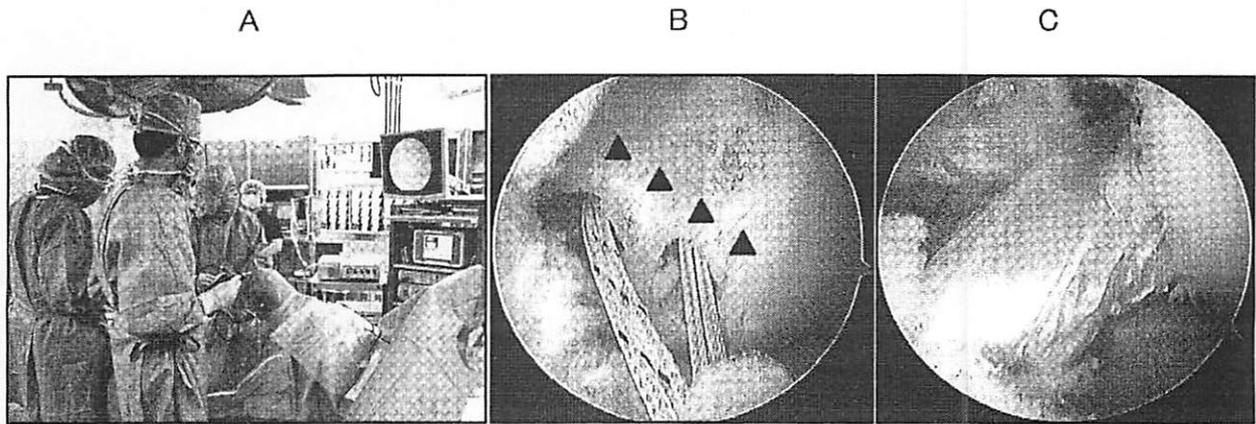


図1：A；左膝手術肢位. B；前内側鏡視による大腿骨孔（▲はlateral intercondylar ridge）. C；再建靭帯（前外側鏡視）.

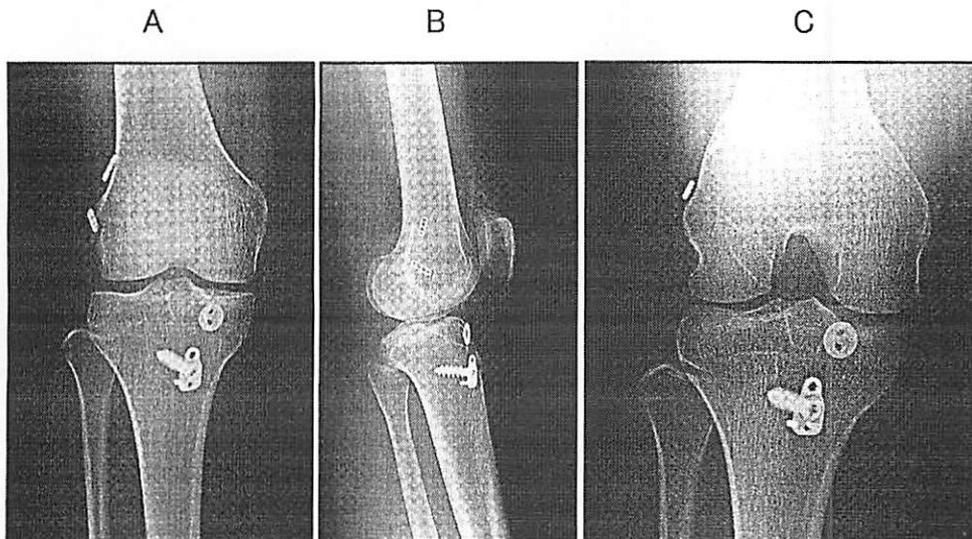


図2：ACLR術後一年時のX線. A；膝正面像. B；完全伸展位膝側面像.（脛骨骨孔の刺入角が浅い）C；顆間撮影（大腿骨ソケットの拡大を認める）.

であった. knee arthrometer (KNEELAX 3[®], Index) (図3 A) による患健側差 (132N) は平均 1.4 ± 2.7 mm, Lachman testのgrade 1 Aが12膝, grade 2 Aが11膝, pivot-shift testのgrade 0が15膝, grade 1が7膝, grade 2が1膝で, Lysholm Knee scoring scaleは平均95.1であった. 尚, pivot-shift test grade 2の1膝はLachman test grade 2 A, Lysholm Knee scoring scale 64点のfailed caseであり再再建術を待機中である. Double-bundle ACLRによって, 回旋不安定性は有意に改善されたが ($p=0.47$, Mann-Whitney's U test), 前方制動性には更なる改善の余地を認めた. そこで, 骨孔位置の定量的評価が必要と考え, 一定期間にdouble-bundle ACLRもしくは2nd lookのために入院した20膝に対して3D-CT^{2,9)}による検証を行った. Quadrant method¹¹⁾ (図4 A, B) による骨孔位置を表1に示す. ACLのfoot printについては諸家により多少ばらつきがあり^{2,12,13,17)}, lateral intercondylar ridgeは様々な形態を

呈することも報告されているが¹⁶⁾, 自験例の脛骨骨孔と大腿骨PLBソケットは解剖学的に妥当な位置に作成されていた. CT像による骨孔評価では, Inoueら⁴⁾が指摘するように画像の回旋も慎重に考慮しなくてはならないが, 大腿骨AMBソケットは明らかに高い位置に作成されていた. Transtibial法での大腿骨ソケット位置は脛骨骨孔に左右される. 大腿骨ソケットを低い位置に作製しようとするとう脛骨骨孔の刺入角は浅くなり (図2 B), 時に軟骨下骨を削る不安がよぎる.

現在の手術手技

以上の経緯を踏まえ, 現在は術前に3D-CTを撮像しlateral intercondylar ridgeの位置情報を確認したうえで, 大腿骨ソケットはフリップカッター (Arthrex) を用いたoutside-in法で作製して解剖学的に正確な再建を心掛けている. また, 散見される骨孔拡大に対して, 移植腱のbungee cord motionを抑制するために大

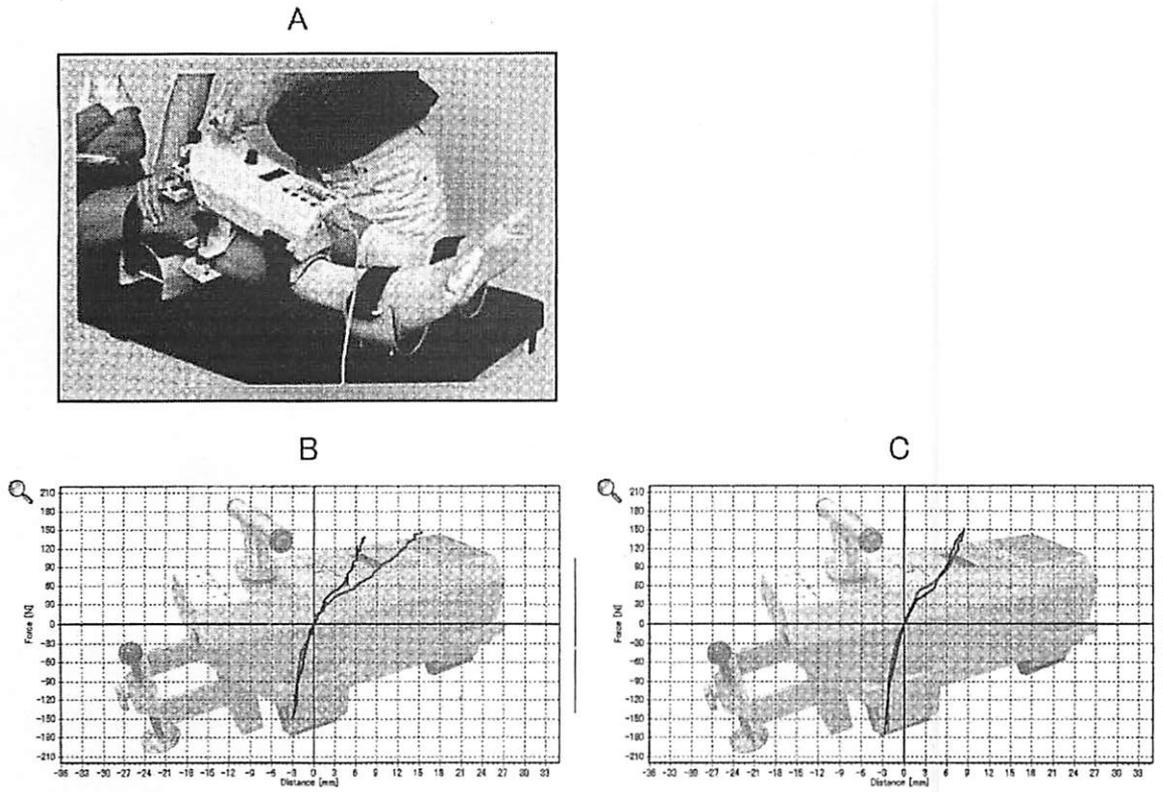


図3：A；KNEELAX 3. B；ACLR術前. C；ACLR術後1年. グラフの緑線が健側，赤線が患側を示す.

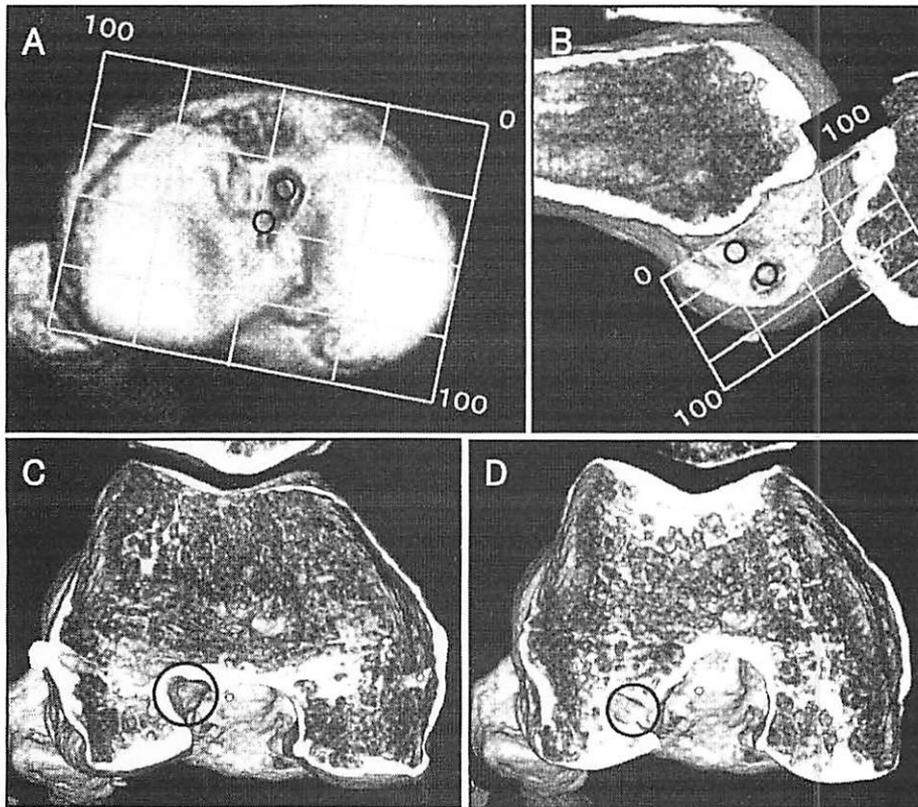


図4：3D-CTと骨孔. A；脛骨関節面. B；大腿骨外側顆の内側壁. C, D；大腿骨横断面. A, Bの黄色枠はquadrant methodを示す. 赤丸はAMB骨孔, 青丸はPLB骨孔を示す.

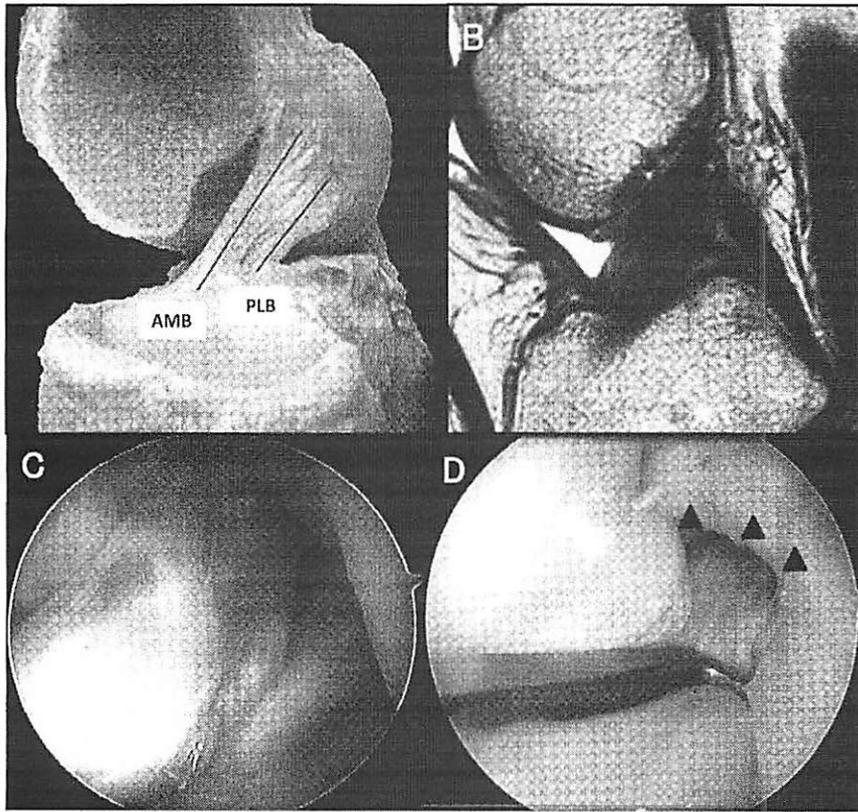


図5：A；cadaverのACL. B；anatomical double bundle ACLR術後1年のMRI. 移植腱はT2強調像で低信号を呈し、Aと同様の解剖学的な走行で再建されている。C；術後24か月の2nd look鏡視像，良好な滑膜被覆が観察できる。D；術後12か月の2nd look鏡視像，滑膜被覆が不十分で大腿骨ソケットと移植腱の間にはspace sign (▲)を認める。

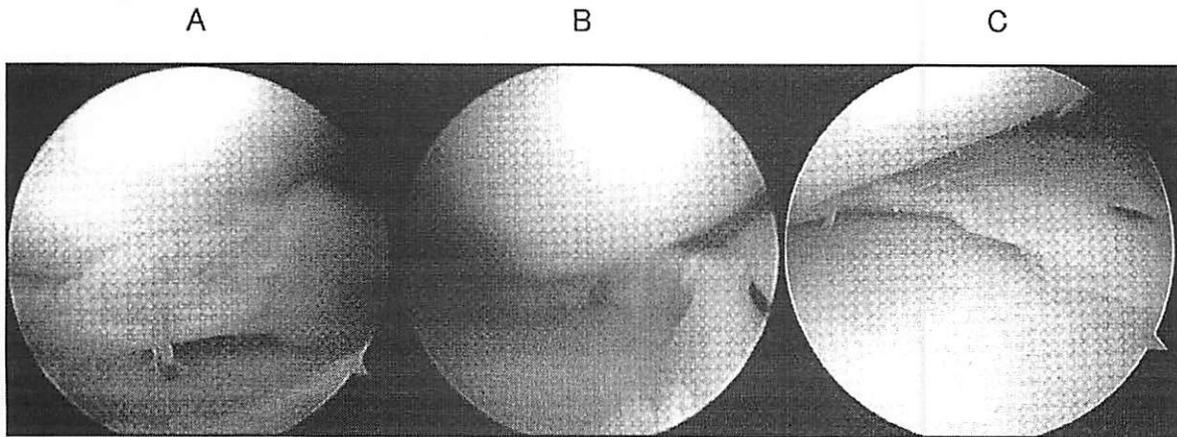


図6：ACL損傷に伴う内側半月バケツ柄断裂の鏡視像。

A；縫合前，断裂した半月が陥頓している。B；修復縫合後。C；術後1年8か月，縫合した半月の治療癒を認める。

腿骨側の内固定金属をEndoButton[®]からTight rope[®] (Arthrex)へ変更した。

手術適応と時期について，ACLR時に処置の必要な半月損傷を合併していた割合を調査した結果，ACLRが受傷後6か月未満では22.4% (11/49膝)であったのに対し受傷後6か月以上では63.3% (19/30膝)と有意に高率であった ($p=0.0003$, χ^2 検定)。半月切除は変形性膝関節症の高い危険因子であるため，現在は

半月温存を重要視して新鮮ACL損傷に対するACLRと半月縫合の手術適応を拡大している (図6)。

その他，再再建術ではbone-patella tendon-bone (BTB)やbone-quadriceps tendonを移植腱としてanatomical rectangular femoral socket¹¹⁾による再建術を (図7)，また骨端線閉鎖前でスポーツ活動を制限できない学童には半月様筋腱を用いたtransphyseal法によるanatomical single-bundle再建術を各々選択している。

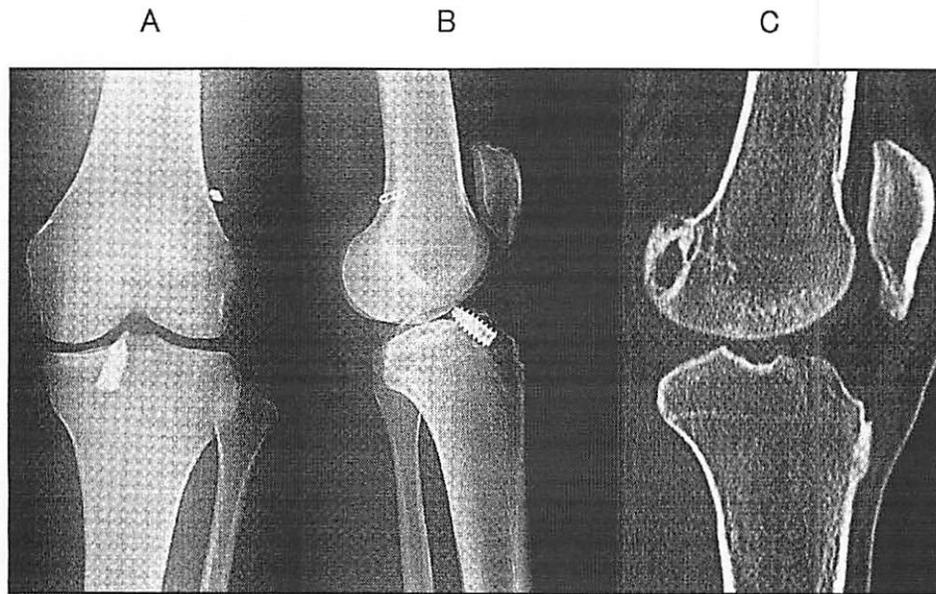


図7：Anatomical rectangular femoral socketによるBTB-ACLR. A；X線膝正面像. B；X線完全伸展位膝側面像. C；CT sagittal像.

表1：Quadrant methodによる骨孔位置.

	脛骨				大腿骨			
	AMB		PLB		AMB		PLB	
	内側から	前方から	内側から	前方から	後方から	上方から	後方から	上方から
自験例	46.7±3.2	32.9±8.3	47.8±4.1	47.0±8.5	27.8±9.3	8.4±6.3	35.1±5.4	41.6±7.9
Tsukadaら ¹³⁾	46.6±3.2	37.6±3.6	51.2±2.4	50.1±5.0	25.9±2.0	17.8±2.9	34.8±2.0	42.1±3.0
Zantopら ¹⁷⁾		30		40	18.5	22.3	29.3	53.6

※数値は平均値±標準偏差(%)

今後の課題

ACLRの目的は日常生活ならびにスポーツ活動への早期復帰と二次性変形性膝関節症の発症予防である。これらの目的を達成するためには、機能的なACLR、半月の温存、筋力の回復が重要と考えている。近年、ACLRの臨床成績は向上しつつあるものの、未解決の課題も少なくなく未だ完成された手術法とは言えない。移植腱の生体内におけるregenerationに伴う力学的特性の変化、初期固定張力と肢位⁶⁾、適切な骨孔位置^{9,12,13,16,17)}と骨孔拡大³⁾などは各々が密接に関連する問題であり早期の解明が必要である。なかでも、術後のリハビリテーションを拡大するうえで律速段階となっているのは移植腱の生物学的な治癒である。即ち、今後取り組むべき最大の課題は、移植腱と骨孔の錨着や移植腱のregenerationといった生物学的な治癒を促進させるbiological augmentationなど⁷⁾の方法を確立することであろうと考える。

参考文献

1. Bernard M, Hertel P, HournungH, et al. Femoral insertion of the ACL. Am J Knee Surgery. 1997 ; 10 (1): 14-22.
2. Ferretti M, Ekdahl M, Shen W, et al. Osseous landmarks of the femoral attachment of the anterior cruciate ligament : An anatomic study. Arthroscopy. 2007 ; 23(11): 1218-1225.
3. Iorio R, Sanzo DV, Vadalìa A, et al. ACL reconstruction with hamstrings : how different technique and fixation devices influence bone tunnel enlargement. Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2013 ; 17(21): 2956-2961.
4. Inoue M, Tokuyasu S, Kuwahara S, et al. Tunnel location intransparent 3-dimentional CT in anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with the trans-tibial tunnel technique. Knee Surg Traumatol Arthrosc. 2010 ; 18 : 1176-1183.
5. Ishibashi Y, Tsuda E, Fukuda A, et al. Intraoperative

- biomechanical evaluation of anatomic anterior cruciate ligament reconstruction using a navigation system. *Am J Sports Med.* 2008 ; 36(10) : 1903-1912.
6. Koga H, Muneta T, Yagishita , et al. Effect of femoral tunnel position on graft tension curves and knee stability in anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013 : 24 ; Epub ahead of print.
 7. Lui P, Zhang P, Chan K, et al. Biology and augmentation of tendon-bone insertion repair. *J Orthop Surg Res.* 2010 ; 5 : 59-72.
 8. Oliestad BE, Engebretsen ML, Storheim K. et al. Knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med.* 2008 ; 37(7) : 1434-1443.
 9. 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.* 2008 ; 36(11) : 2083-2090.
 10. Schelbone KD, NitZ P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1990 ; 18(3) : 292-9.
 11. Shino K, Nakamura N, Toritsuka Y, et al. Anatomically oriented anterior cruciate ligament reconstruction with a bone-patella tendon-bone graft via rectangular socket and tunnel : a snug-fit and impingement free grafting technique. *Arthroscopy.* 2005 ; 21 : 1402 e1-1402e5.
 12. Shino K, Suzuki T, Iwahashi T, et al. The resident's ridge as an arthroscopic landmark for anatomical femoral tunnel drilling in ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010 ; 18 : 1164-1168.
 13. Tsukada H, Ishibashi Y, Tsuda E, et al. Anatomical analysis of the cruciate ligament femoral and tibial footprints. *J Ortop Sci.* 2008 ; 13 : 122-129.
 14. Yagi M, Kuroda R, Nagamune K, et al. Double-bundle ACL reconstruction can improve rotational stability. *Clin Orthop Relat Res.* 2007 ; 454 : 100-107.
 15. Yasuda K, Kondo E, Ichiyama H, et al. Anatomic reconstruction of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament using hamstring tendon graft. *Arthroscopy.* 2004 ; 20(10) : 1015-1025.
 16. 奥田正樹, 高橋成夫, 黒河内和俊ら. 3 D-CTによる resident's ridge の形態学的検討. *JOSKAS.* 2011 : 36 ; 394-399.
 17. Zantop T, Wellman M, Fu FH, et al. Tunnel positioning of anteromedial and posterolateral bundles in anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2008 ; 36 : 65-72.