

PCL を含む内側型複合靭帯損傷に対する 脛骨外側 2 ルート PCL 再建術の臨床成績

石川大樹¹・大野拓也¹・栗山節郎²・星田隆彦²

Key words : posterior cruciate ligament (後十字靭帯)
combined ligament injury (複合靭帯損傷)
ligament reconstruction (靭帯再建術)

Clinical results of double-bundle PCL reconstruction using the tibia lateral route to combined ligament injury of PCL and medial structure by Hiroki Ishikawa¹, Takuya Ohno¹, Setsuro Kuriyama², Takahiko Hoshida² : ¹Yokohama Tsurumi Sports and Knee Joint Center, Shadanikuseisha Sasaki Hospital, ²Department of Orthopaedic Surgery, Nippon Kokan Hospital

The clinical results of double-bundle posterior cruciate ligament (PCL) reconstructions using the tibial lateral route, for combined ligament injury of PCL and medial structures were examined. The total of 13 cases included 9 PCL + MCL injuries (the PM group) and 4 PCL + MCL + ACL injuries (the PMA group). The acute injury case received PCL reconstruction after ROM recovery. Three cases of the PMA group received PCL reconstruction first, and performed ACL reconstruction 4-6 weeks after. One example of the PMA group (avulsion fracture type) fixed avulsion fracture of the ACL first, and performed PCL reconstruction after. And one example of the PMA group received the MCL suture before PCL and ACL reconstruction. PCL enforces a double-bundle reconstruction using the tibia lateral route in a hamstring tendon. ACL reconstruction was done by anatomical double-bundle reconstruction using the opposite-side hamstring tendon. The mean postoperative KT-2000 test score was slightly higher in the PMA group. In many cases of combined ligament injury of PCL and medial structure, for the MCL injury, conservative treatment was effective in many cases. For acute injuries in the PM group, postoperative results were good only with PCL reconstruction after ROM was recovered.

【背景】PCL を含む複合靭帯損傷は、高エネルギー外傷ゆえに多彩な損傷パターンが存在するが、症例の蓄積が困難なことから一般的な治療法が確立されているとはいえない。

【目的】PCL を含む複合靭帯損傷のうち内側型(MCL, MCL + ACL 損傷合併例)に対し、手術療法を行った症例の臨床成績を検討した。

¹社団育成社佐々木病院 横浜鶴見スポーツ&膝関節センター

²日本鋼管病院整形外科

別刷請求先

〒230-0012 神奈川県横浜市鶴見区下末吉1-13-8 特定医療法人社団育成社佐々木病院 横浜鶴見スポーツ&膝関節センター

石川大樹 TEL 045-581-3123 FAX 045-581-3115 E-mail hiroki-f-marinos@max.odn.ne.jp

【方法】2003年以降、脛骨外側2ルートPCL再建術を施行した30例のうち、内側型複合靭帯損傷13例(PCL+MCL損傷(PM群)9例、PCL+MCL+ACL損傷(PMA群)4例)を対象とした。新鮮例では硬性膝装具下にROM回復後、PCL再建術を施行した。ACL実質部損傷合併例(3例)にはPCL再建後4~6週でACL再建術を追加した。ACL脛骨付着部骨折合併例(1例)には可及的早期に鏡視下整復固定術を行った。PMA群の1例にはMCL修復術を行った。内訳は男性10例、女性3例、手術時年齢16~43歳(平均28.7歳)、経過観察期間9~35カ月(平均18カ月)。PCL再建術はハムストリング腱を使用した2ルート法で、大腿骨孔は逆行性ドリルを使用して移植腱の方向と極力平行に作製し、脛骨孔は前脛骨筋を一部剥離して外側から作製することで“killer turn”を軽減させた。ACL再建術は反対側ハムストリング腱を使用して解剖学的2ルート再建術を行った。これらの症例に対しKT-2000(70°屈曲位、30lb、A-P total laxity 患健差)、Lysholm score、ROM(最終診察時)、術後残存MCL3度損傷の有無を評価した。

【結果】KT-2000はPM群:+0.8mm(術前+7.8mm)、PMA群:+2.8mm(術前+9.6mm)、Lysholm scoreはPM群:94.7点(術前60.6点)、PMA群:97.8点(術前59.3点)、ROMはPM群:平均0°/149.4°(健側0°/151.1°:正座可能67%)、PMA群:平均0°/147.5°(健側0°/151.3°:正座可能50%)。術後KT-2000の値がPMA群で大きい傾向にあった。術後残存MCL3度損傷はPMA群の1例に存在した。

【結論】PCLを含む内側型複合靭帯損傷の治療は、MCL損傷に対しては大多数の症例で保存療法が有効であった。PM群の新鮮例ではROMの回復を待ってからPCL再建術を行うことで安定した術後成績が得られた。

はじめに

後十字靭帯(PCL)は膝関節の中で最も太く強固な靭帯^{1,2)}であり、その断裂時には膝関節に大きな直達、または介達外力が加わっている。このためPCL損傷は複合靭帯損傷となるケースが多く、高エネルギー外傷ゆえに多彩な損傷パターンが存在する。

また症例数も少なく、他臓器外傷の合併により膝関節の治療が遅れるケースもしばしばあり、症例の蓄積が困難なことから一般的な治療法が確立されているとは言いがたい。

そこで今回われわれは、PCLを含む複合靭帯損傷のうち内側副靭帯(MCL)損傷を合併していた内側型複合靭帯損傷に症例をしばって、臨床成績と治療方法を検討したので報告する。

対象および方法

対象は2003年8月から2007年7月までに脛骨外側2ルートPCL再建術を行った30例のうち、MCL損傷を合併していた内側型13例とした。

内訳はPCL+MCL損傷(PM群)が9例、PCL+MCL+ACL損傷(PMA群)が4例であった。男性10例、女性3例、年齢は16歳~43歳(平均28.7歳)、経過観察期間は9~35カ月(平均18カ

月)であった。

これらの症例に対し、基本的に新鮮例(PM群4例、PMA群3例)の場合は硬性膝装具下に関節可動域(ROM)の回復後、不安定性の残る症例に対してPCL再建術を優先した手術療法を行った。ACL実質部損傷を合併した3例に対しては、PCL再建術後4~6週で反対側ハムストリングを使って解剖学的2ルートACL再建術を追加した。PMA群のうちACL脛骨付着部骨折を合併した1例には可及的早期に鏡視下整復固定術を行った。

また外反動揺性が著明でMRI検査にてMCLの断裂部が反転していたPMA群の1例には、可及的早期にMCL修復術を行った。

術式(脛骨外側2ルートPCL再建術)とその工夫

1) 脛骨骨孔の方向と形状

われわれは“killer turn^{1,2)}”と呼ばれる骨孔入口部での移植腱の強い折れ曲がりやを少なくする工夫として、2001年より従来の脛骨内側から骨孔を作製する手法(内側ルート)から大越ら^{11,12)}の推奨する外側ルート(Fig. 1)に変更し、大腿骨側を2トンネルとしたbi-socket再建術⁹⁾を行ってきた。

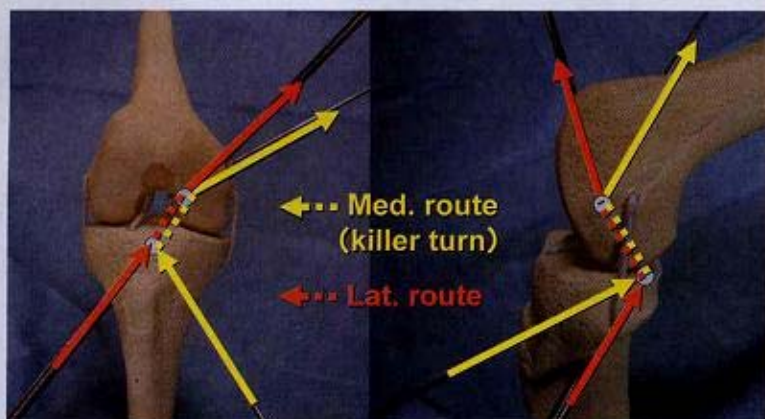


Fig. 1 Bone tunnel direction
Medial route (yellow arrow)
and Lateral route (red arrow)

さらに2003年以降は、移植腱とACLとのインピンジメント回避や脛骨側骨孔にかかるメカニカルストレスの分散を目的として、脛骨側も2トンネルとした解剖学的2ルート法に変更し現在に至っている。脛骨外側ルートは“killer turn”によるメカニカルストレスの軽減のほか、脛骨側骨孔の短縮(骨掘削量の減少)や移植腱挿入時の骨孔通過がスムーズに行えるなど、術中操作がより安全かつ容易になった。

2) 骨孔作製の順番(Femoral first)

骨孔は大腿骨側から先に作製した、PCL再建術の場合、トランスティピアルに行う操作が無いので、脛骨側骨孔を先に作る必要がない。大腿骨のソケット状骨孔から先に作ると骨孔からの水漏れが少なく、関節内の水圧を保ちやすいので、視野の確保や還流液の節約にも優れ、骨孔作製が容易に行えるようになった(Fig. 2)。

3) Ai-drillによる大腿骨側骨孔作製(killer turn回避とエンドボタン固定)

大腿骨側の骨孔作製時に、大腿骨側に皮切を置かないでinside-outに骨孔を作製しエンドボタンで固定する手法(いわゆる1皮切法)を行う場合は、前外側のポータルからドリルを挿入し後内側に向かって大腿骨ソケットを作製する必要があった。この手法は皮膚切開が不要というメリットはあるが、ドリルによる大腿骨外側の軟骨損傷の危険性があり、また深屈曲位を保持したままドリリングするなどの骨孔方向に対する配慮をしないと、大腿骨側骨孔でも“killer turn”による強い折れ曲がりを生じ(Fig. 1)、移植腱の骨孔内後方偏

移や骨孔拡大、移植腱の断裂などの成績不良因子を抱えていた。

しかし、エンドボタンを使用できるソケット状の骨孔を移植腱にストレスのかからない方向(前内側)に作製するためには関節内から逆行性に骨孔を掘る必要があった。

そこで、われわれはAi-drill(アイメディック社、東京; Fig. 3)という逆行性ドリルを改良考案⁹⁾し、大腿骨ソケットの作製に使用した(Fig. 2)。正回転で刃が開き、逆回転で閉じる先端着脱不要の便利なドリルで、小切開で任意の方向に大腿骨ソケットを作製出来るので、“killer turn”の軽減に役立ち、なおかつoutside-inにストレートな骨孔を掘った場合には不可能なエンドボタン固定も可能となった。

4) 外側2ルート用のドリルガイド

ドリルガイドはSmith & Nephew社(マンスフィールド)のPCL Director guideを使用しているが、大腿骨側のガイド先(円型)が欧米人サイズのsingle band再建術用のため、先端径が大きすぎて(9mm ϕ)、小さい膝の場合では前外側枝(AL)の刺入点に置く際に顆間の天井(roof)とぶつかってしまい、最適な位置に置くことが困難であった。

このため、先端径を7mm ϕ にサイズダウンした特注モデル(Fig. 4)を使用している。

これによってALと後内側枝(PM)の打ち分けが容易に行えるようになった。

また、脛骨側も外側ルート用にベンディングした特注モデル(Fig. 4)を使用している。

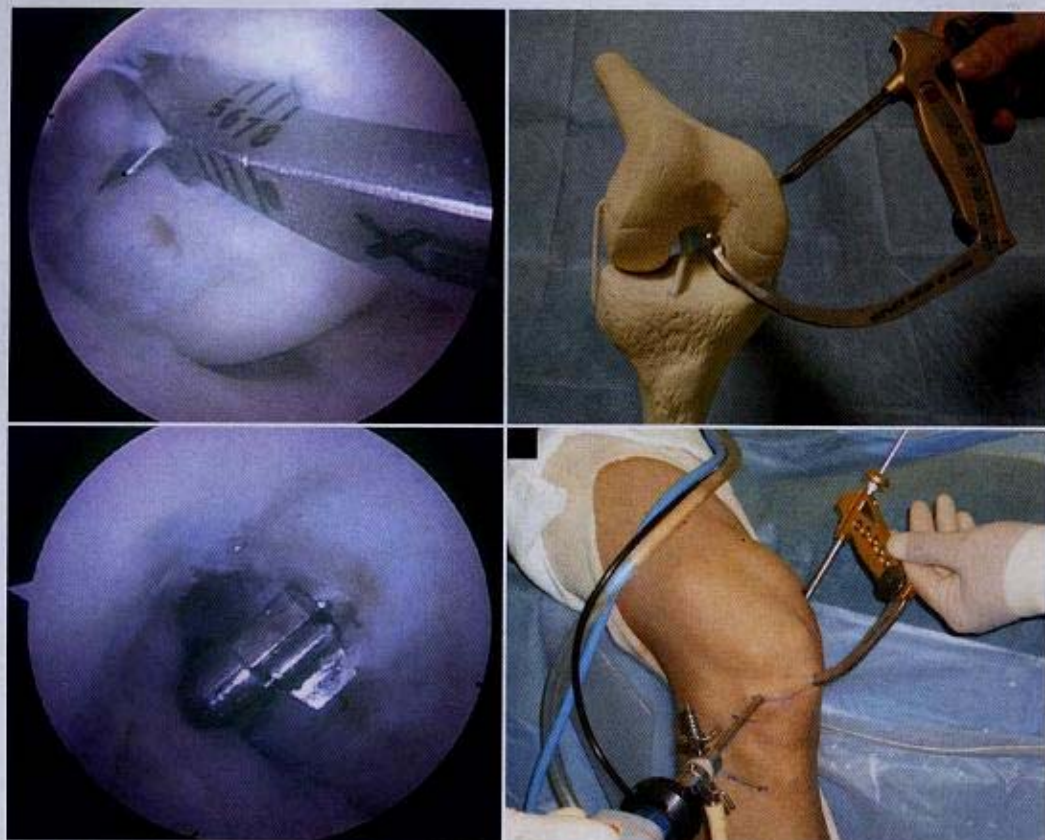


Fig. 2 Femoral first

It is easy to keep an arthroscopic view.

a, b, c: Femoral drill guide d: Ai-drill

a | b
d | c

5) 脛骨側骨孔作製

70°斜視鏡にて前外側ポータルから鏡視すると、PCLの脛骨付着部を全域にわたって確認でき、前内側ポータルからPCL再建術用に湾曲させたVAPR®やシェーバー等を使用すれば、脛骨側の操作を前方ポータルから行うことは十分可能であった(Fig. 5, Fig 7a).

6) ダイレーションシステム⁷⁾の使用

骨孔法によるPCL再建術は、ACL再建術と比べ骨孔入口部での移植腱の折れ曲がりが強いため、骨孔にかかるメカニカルストレス(骨孔拡大の危険因子)が大きい。

われわれの開発したダイレーションシステム(Fig. 6)には骨孔拡大予防効果⁸⁾¹⁰⁾があるため、PCL再建術においても使用可能な脛骨骨孔に対しダイレーションシステムを使用した(Fig. 7b)。

7) 移植腱の固定法

PCL再建術において脛骨側骨孔を外側ルートで作製し、大腿骨ソケットを逆行性ドリル(Ai-drill)で大腿骨内顆前内側方向に作製する手法は、今まで問題とされていたkiller turnの軽減と固定

間距離の短縮を可能にした。しかし、強固な初期固定強度を得るためには条件の悪い部位であった。特に大腿骨内顆前方部分は骨皮質が弱く、術中にエンドボタンが骨髄内へ陥没するトラブルを2例に経験した。このため、エンドボタンの下にそれぞれワッシャーを置いてボタンに掛かるストレスを分散したところ、それ以後は陥没を予防することができた(Fig. 7d)。また、脛骨側のステープリングも骨皮質の弱くカーブした部位に打ち込むため、ダブルステープリング法の折り返し部分にさらにステープルを1個追加して強度を増す工夫をした(Fig. 8)。なお固定はAL, PMとも30°屈曲位、30Nにて行った。

リハビリテーション

PM群, PMA群ともに新鮮例に対しては、硬性膝装具の装着とROMの回復を優先させた術前リハビリを行った。ROMの回復後、不安定性の残存する症例に対してはPCLを優先した手術療法を行ったが、PCL再建術後早期は移植腱の緩みや断裂、骨孔拡大等を考慮してメニューを比較的

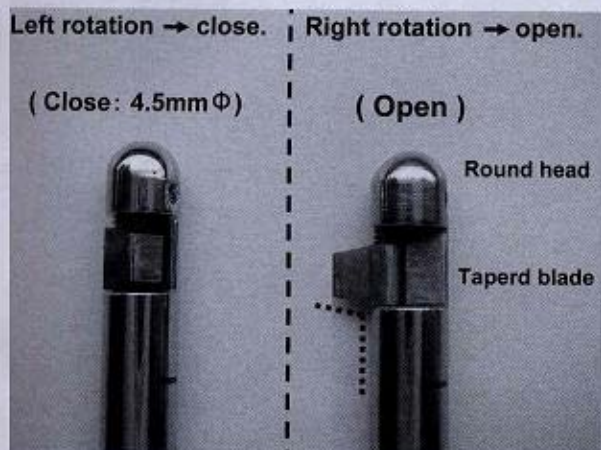


Fig. 3 Ai-drill (Ai-medice Co., Ltd)

Open and close position



Fig. 4 Special drill guide

Making from anterior two portals only!



Fig. 5 Tools for making tibial bone tunnel

ゆっくり行った。荷重は1週で1/6荷重開始。2週で1/3荷重、3週で2/3荷重、4週で全荷重とした。ROMは、4~5週で屈曲90°、伸展0°。

10週で屈曲130°、伸展0°を目安とした。PMA群の場合はPCL再建術後4~6週でACL再建術を行ったが、その後はACL再建術に順ずるリハビリを行った。当院では術後3週で全荷重とし、ROMは術後4~6週で屈曲130°、伸展0°を目安とした。

また、Knee braceは最終手術後3カ月まで使用した。

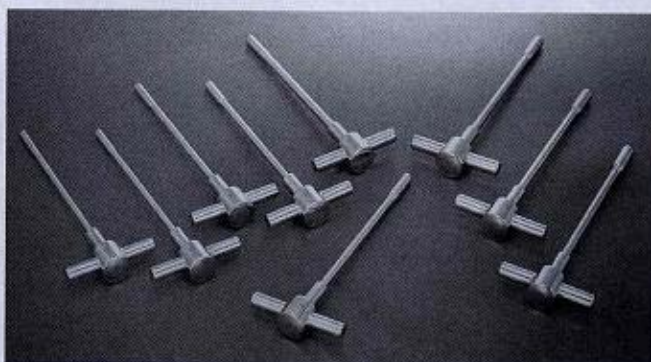


Fig. 6 Dilation system (Ai-medice Co., Ltd)

Composed of fifteen impactors with a diameter increased by 0.5 mm each, from 5 to 12 mm.

Bone tunnel enlargement can be prevented by using these tools.

評価

これらの手術療法を行ったPM群、PMA群に対し、

①KT-2000 (AP total laxity 患健側差)、②Lysholm score、③最終診察時のROM、④手術療法後にMCL3度損傷の残存した症例の有無、

以上の4項目をそれぞれ評価した。

結果

1) 屈曲位70°、30ポンドでのKT-2000 A-P total laxity 患健側差は、PM群 +7.8±2.4 mm



Fig. 7 a: Tibial drill guide
 b: Tibial tunnel dilation
 c: Four strand semitendinosus and gracilis tendon graft
 d: Flat washer is placed under the Endobutton.

| | |
|---|---|
| a | c |
| b | d |

(術前)が、 $+0.8 \pm 0.8$ mm (術後)に、PMA 群 $+9.6 \pm 1.5$ mm (術前)が、 $+2.8 \pm 2.1$ mm (術後)に改善した。

2) Lysholm score は PM 群 60.6 点 (術前平均) が 94.7 点 (術後平均) に、PMA 群 59.3 点 (術前平均) が 97.8 点 (術後平均) に改善した。

3) ROM は、PM 群で平均 (患側: 屈曲 149.4° / 伸展 0° 、健側: 屈曲 151.1° / 伸展 0°)、PMA 群では平均 (患側: 屈曲 147.5° / 伸展 0° 、健側: 屈曲 151.3° / 伸展 0°)、伸展制限は 1 例も無く、正座可能例は PM 群 67%、PMA 群 50% であった。

4) 手術療法後の残存 MCL3 度損傷は PMA 群の 1 例に存在したが、PM 群ではなかった。

考 察

PCL 損傷は ACL と比べると保存療法が有効な症例が多く、単独損傷では手術に至るケースが少ない。また手術を行っても、PCL 再建術は ACL に比べ手術成績が不安定²¹⁾であるとされてきた。これは PCL 再建術に至る症例の多くが複合靭帯損傷であり、再建靭帯にかかる負担が ACL に比べて遥かに大きくなるのが要因の一つであると

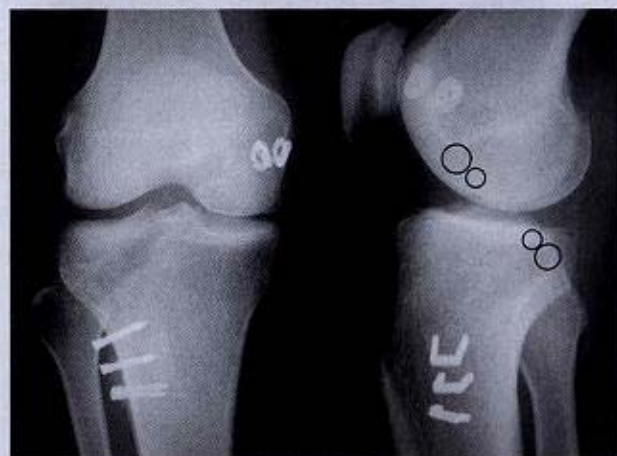


Fig. 8 Postoperative radiographs
 (Double-bundle PCL reconstruction by lateral route)

考えられる。このため PCL 再建術には初期固定力に優れ、なおかつメカニカルストレスに強い術式の選択が重要であると考えている。固定間距離が短く、初期固定力に優れた手術手技には“Tibial inlay 法^{1)~3)}”などもあるが、再建材料が“骨



Fig. 9 Postoperative radiographs
(Double-bundle PCL and ACL reconstruction)

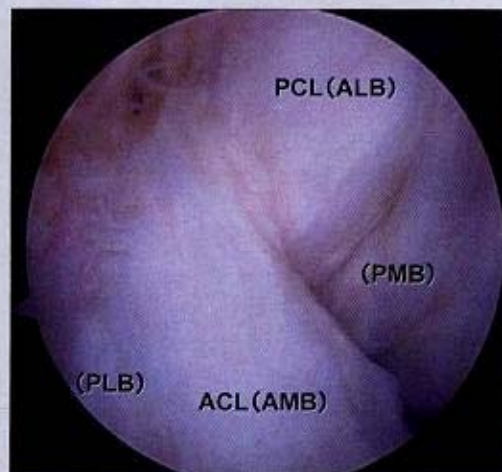


Fig. 10 Second look arthroscopy
(Double-bundle PCL and ACL reconstruction)

付き腱”に限られ、インピンジメント回避に有利な2重束再建手技も困難であり、しかも膝関節後方の広範な展開が必要なため、日本人の生活様式には不向きな術式であると判断した。

従来のハムストリング腱による骨孔法(脛骨内側ルート・1皮切法)の弱点はkiller turn 部位での移植腱の通過困難や骨孔内偏移、術後の再断裂や骨孔拡大などであることから、われわれは骨孔の方向が術後成績に大きく影響する因子と考え、それまでの脛骨内側ルートから2001年以降は外側ルート再建術に変更した。その結果、手術手技が容易になり、しかも手術成績が飛躍的に向上した⁹⁾。術式を変更した当初は、脛骨外側部に新たな3cmの皮切を置き、前脛骨筋の一部を剝離してまで外側ルートで骨孔を作製することに侵襲上の不安を感じたが、鷲足部の皮切は腱採取のみを行うため内側ルートの際の皮切より小さくで

きること、骨孔が短いので骨掘削量も少ないことなどから、必ずしも高侵襲ではなく、術後の疼痛や回復には差を感じなかった⁹⁾。また、現在では移植腱のインピンジメント回避と脛骨側骨孔に掛かるメカニカルストレスの分散を目的として、2ルート再建術に変更しているが、今回の結果が示すようにROMや関節安定性なども良好で術後成績も安定している。またACL合併損傷の場合、PCL再建術を外側ルートで行っておくと、後日ACL再建術を行う際に脛骨側の操作や固定が楽に行えるので、ACL & PCL複合靭帯再建術(Fig. 9, Fig 10)においては特に有効な術式であると考えている。以前はPCLとACLを同時再建していたが、手術侵襲が大きいためROMの回復が悪い症例や、どちらかの移植腱が緩む症例などもあり、また術後のリハビリテーションも相反し煩雑であることから現在は先にPCL再建術を行い、炎症症状の消退とROMの回復がある程度待ってからACL再建術を追加している。またその際にPCL再建術後の膝蓋上囊の癒着などがあれば、その場で剝離術(授動術)なども行えるので、ROMの回復にはさらに有効である。

PCLを含む複合靭帯損傷の治療を考えた場合、外側型に対しては保存療法の治療成績が悪いケースが多く、また外側構成体に対しては修復術の方が再建術より成績が良好なので、受傷早期に手術療法を行い、可及的に修復を試みることに異論はない。しかし、内側型の場合は、早期に手術療法を行うと、術後のROM回復に難渋するケースがしばしばあり、膝の深屈曲を要求される日本人にとっては危険な治療選択であると考えている。

このため我々は、内側型に対しては断裂端の反転したMCL3度損傷などの様な特別な症例以外は、ROMの回復を待ってからPCL再建術を優先した手術療法を行ってきた。

今回の結果から、PM群のような比較的受傷外力の小さい損傷の場合は、MCL損傷に対する手術治療を行わなくてもMCL3度損傷が残存する症例はなく、術後のROMも関節安定性も良好な結果となった。このことから、新鮮例のPM群に対しては、ROMの回復を待ってからPCL単独の再建術を行うことが術後成績の安定につながるのではないかと考えた。これはACL、MCL合併損

傷に対し, ROM の回復を待ってから ACL 再建術のみを行い, MCL に対しては保存療法でよいとする近年の治療傾向⁶⁾¹³⁾¹⁴⁾と似た結果であった。しかし, PMA 群のような受傷外力の強い症例では, ROM と自覚症状は改善するものの関節安定性は必ずしも満足の行くものでは無かったので, MCL を含めたさらなる治療法の検討が必要であると考えた。

結 語

1) PCL を含む内側型複合靭帯損傷の場合, MCL 損傷に対しては, PM 群の大多数の症例では保存療法が有効であった。

2) PM 群の新鮮例に対しては, ROM の回復を待ってから PCL 単独の再建術を行うことで安定した術後成績が得られた。

参考文献

- 1) Berg EE : Posterior cruciate ligament tibial inlay reconstruction. *Arthroscopy* 11 : 69-76, 1995.
- 2) Bergfeld JA, McAllister DR et al : A biomechanical comparison of posterior cruciate ligament reconstruction techniques. *Am J Sport Med* 29 : 129-136, 2001.
- 3) Cooper DE, Stewart D : Posterior cruciate ligament reconstruction using single-bundle patella tendon graft with tibial inlay fixation. 2-to 10-year follow-up. *Am J Sport Med* 32 : 346-360, 2004.
- 4) Girgis FG, Marshall JL et al : The cruciate ligament of the knee joint : Anatomical, functional and experimental analysis. *Clin Orthop* 106 : 216-231, 1975.
- 5) Harner CD, Xerogeanes JW et al : The human posterior cruciate ligament complex : An interdisciplinary study : Ligament morphology and biomechanical evaluation. *Am J Sport Med* 23 : 736-745, 1995.
- 6) Hillard-Sembell D, Daniel DM et al : Combined injuries of the anterior cruciate and medial collateral ligaments of the knee. Effect of treatment on stability and function of the joint. *J Bone Joint Surg Am* 78 : 169-176, 1996.
- 7) 石川大樹, 栗山節郎ほか : ダイレーションシステムを使用した膝前十字靭帯再建術. *整形外科* 53 : 1712-1716, 2002.
- 8) 石川大樹, 栗山節郎ほか : ダイレーションシステムを使用した ACL 再建術 : 骨孔拡大予防効果を中心に. *関節鏡* 28 : 121-125, 2003.
- 9) 石川大樹, 栗山節郎ほか : 後十字靭帯 2 重束再建術における骨孔作製と固定法の工夫. *関節鏡* 30 : 155-160, 2005.
- 10) 石川大樹, 前田慎太郎ほか : ダイレーションによる骨孔拡大予防効果における組織学的検討. *膝* 31 : 13-17, 2006.
- 11) Ohkoshi Y, Nagasaki S et al : Description of a new endoscopic posterior cruciate ligament reconstruction and comparison with a 2-incision techniques. *Arthroscopy* 19 : 825-832, 2003.
- 12) 大越康充 : 至適ランニングルートを目指した鏡視下 PCL 再建術. *新 OS NOW* 24 : 164-172, 2004.
- 13) Selbourne KD, Porter DA : Anterior cruciate ligament-medial collateral ligament injury : nonoperative management of medial collateral ligament tears with anterior cruciate ligament reconstruction. A preliminary report. *Am J Sport Med* 20 : 283-286, 1992.
- 14) Sims WF, Jacobson KE : The posteromedial corner of the knee : Medial-sided injury patterns revisited. *Am J Sports Med* 32 : 337-345, 2004.
- 15) 烏塚之嘉 : PCL 再建術. 方法と近隔成績 ; ハムストリング・二重束. *臨床スポーツ医学* 20 : 663-671, 2003.