

膝蓋腱断裂に対する再建術

慶應義塾大学医学部スポーツ医学総合センター教授 松本秀男

適応

保存療法か手術療法か

大腿四頭筋の強大な筋力を伝達する膝蓋腱が断裂すると、膝関節の伸展が不能になるため、保存療法では対処できず、修復術または再建術などなんらかの手術療法が必要になる。

治療方針

新鮮例では、修復術が行われることが多いが、膝関節の屈伸に伴って膝蓋腱修復部に強大な張力が加わるため、単純な縫合だけでは十分な強度が得られず、なんらかの補強術がしばしば併用される。ワイヤー、縫合糸、人工靱帯などが用いられる。

一方、陳旧例では膝蓋骨は中枢に転位し、膝蓋腱が瘢痕化しているため、膝蓋骨を整復して膝蓋腱再建術を行う必要がある。膝蓋腱再建術の再建材料として、屈筋腱を用いる方法と人工靱帯を用いる方法が一般的である。

屈筋腱は自家組織であり、安全性の面では有利であるが、初期強度の確保やその後の経時的強度劣化、組織採取の影響などが問題点である。人工靱帯は強度の面では有利であるが、周囲組織の炎症反応、感染のリスクなどが問題点である。症例によってそれぞれの長所と短所を考慮して再建材料を決定する。本項ではLeeds-Keio人工靱帯を用いる膝蓋腱再建術を解説する。

検査

視診・触診

膝蓋腱の断裂は、腎不全で長期透析を行っている場合や全身性エリテマトーデス(systemic lupus erythematosus : SLE)の基礎疾患を有する場合、ステロイド薬の局所注射を受けている場合などでは、軽微な外力で容易に発生し、靱帯が骨から剥離する形で断裂することが多い。しかし基礎疾患を有さず、一度の外力で断裂するスポーツ外傷などの場合には、通常、腱実質部で断裂する。

新鮮例では受傷直後から疼痛も強く、歩行不能であることが多い。膝蓋腱部を中心に腫脹を認め、断裂部に一致して圧痛を認める。膝蓋骨は大腿四頭筋に牽引されて中枢に転位するが(図1)、腫脹と疼痛のために視診上は十分に確認できないことが多い。膝関節の屈曲は疼痛のために著しく制限される。最も特徴的な所見は膝関節の自動伸展が不能になる

ことである。大腿四頭筋腱断裂も膝関節の自動伸展が不能になるが、疼痛部位、膝蓋骨の位置などで鑑別できる。

膝蓋腱断裂は通常は新鮮時に治療されており、陳旧例となることはまれである。陳旧例では歩行時の振り出し歩行と膝崩れが主訴となる。炎症所見はあまりないが、膝蓋骨が中枢に転位する。膝蓋骨の位置は左右差を確認するとよい。関節可動域は正常なことが多いが、自動伸展が著しく制限される。ただし、周囲の瘢痕組織による連続などによってある程度の自動伸展が可能なこともあるが、extension lagの残存は明らかである。

画像診断

◆単純X線像

正面像では判定は難しいが、側面像で膝蓋骨は中枢に転位する(図2)。剥離骨折を伴う場合には骨片の転位を確認する。

図1 診察所見

膝蓋骨は大腿四頭筋に牽引されて中枢に転位する。



図2 単純X線像

側面像で膝蓋骨は中枢に転位する。



(文献1より)

図3 MRI

新鮮例では，側面像で膝蓋腱の不連続性を認め(矢印)，周囲組織の腫脹等の炎症所見を認める。



◆MRI

新鮮例では，側面像で膝蓋腱の不連続性を認め，周囲組織の腫脹等の炎症所見を認める(図3)。通常は膝蓋骨付着部での断裂が多く，断裂部に一致して腱は高信号化を呈する。膝蓋骨は中枢に転位し，膝蓋腱の緊張は失われている。陈旧例では，断裂部は瘢痕組織で置換され，膝蓋腱が連続しているようにみえることもあるが，膝蓋骨は明らかに中枢に転位している。

手術手技

麻酔，体位

全身麻酔，腰椎麻酔，硬膜外麻酔いずれでも可能であるが，大腿四頭筋の十分な筋弛緩が得られることが必要である。仰臥位とし，術中に膝関節の屈伸ができることを確認する。

血栓症のリスクが高い症例等，特別な場合を除いては駆血帯を用いる。

再建材料

再建材料にはLeeds-Keio人工靱帯(LKDT)を用いる(図4)。LKDTは約30mm幅の人工靱帯を筒状にアレンジしたもので，その最大破断強度は約2,000Nである。

先端に誘導用のヒモがついており，本体はビニールチューブで覆われている。ビニールチューブは，これを付けたままにしておくと，骨トンネルや組織内に人工靱帯をスムーズに通すことができる。人工靱帯を通した後，このビニールチューブだけを抜き取る。

皮切および展開

◆皮切

膝蓋腱断裂部を中心に膝蓋骨上縁から脛骨粗面部まで縦切開を行う。皮切を中央に置くと術後kneeling動作などで，皮膚切開部の疼痛を訴えることがあるので，やや内側または外側にずらす。皮膚の血行を考慮して，皮下組織はできるだけ皮膚側に残すようにする(図5a)。

◆膝蓋腱の露出

膝蓋骨の前面を露出し、その末梢で膝蓋腱の断裂部を展開する。新鮮例では断裂部に血液の貯留がみられる。これを除去して、膝蓋腱の断裂部の状態を十分に確認する(図5b)。陳旧例では膝蓋腱は消失していることが多いが、線維性の瘢痕組織の残存を認めることもある。

図4 Leeds-Keio人工靱帯(LKDT)

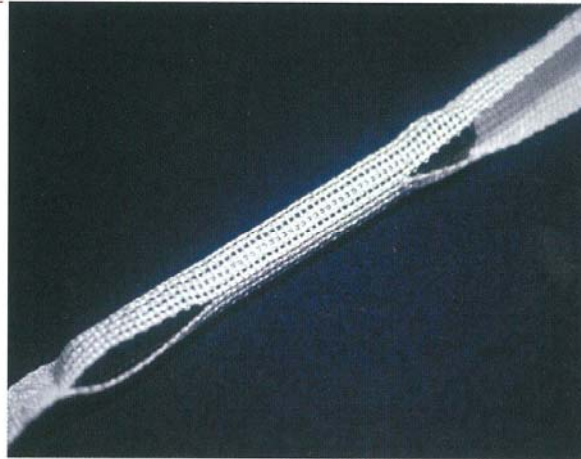


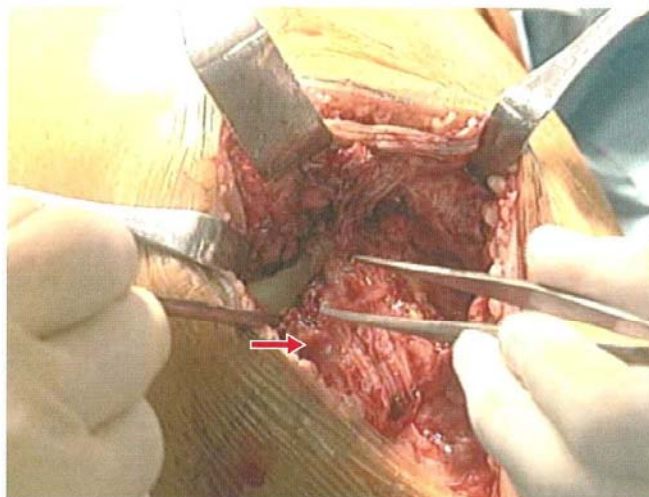
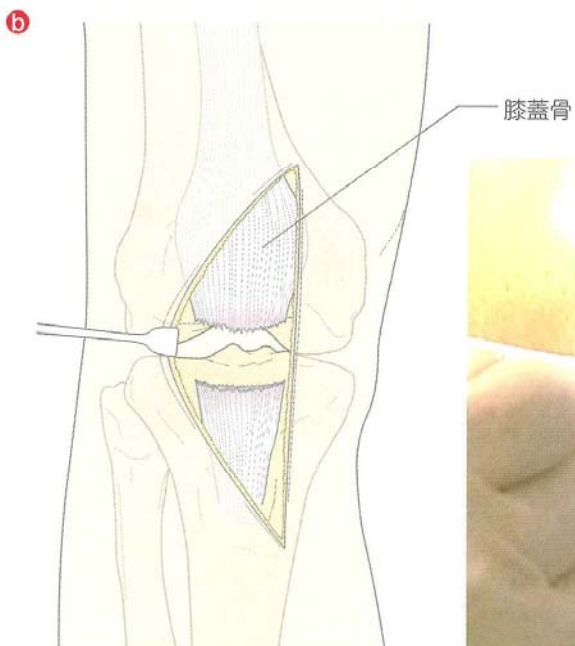
図5 皮切および展開

a : 皮切

仰臥位とする。膝蓋腱断裂部を中心に膝蓋骨上縁から脛骨粗面部までやや内側または外側にずらした縦切開を行う。

b : 膝蓋腱断裂部の確認

膝蓋骨の末梢で膝蓋腱の断裂部(矢印)を展開する。



◆膝蓋腱の展開

膝蓋腱の断裂状態を確認したら、中枢方向は後に大腿四頭筋腱の膝蓋骨付着部に人工靱帯を横走するように通すため、膝蓋骨の上端まで露出しておく。末梢方向は脛骨粗面に骨トンネルを開けて人工靱帯を通すので、膝蓋腱付着部まで展開する。脛骨粗面外側部の前脛骨筋はラスパトリウムを用いて剥離し、骨トンネルの出口がみえるように展開しておく(図6)。

再建手技

◆人工靱帯の引き抜き

まず、先に展開した大腿四頭筋腱の膝蓋骨付着部を露出し、膝蓋骨の上縁で大腿四頭筋腱の裏側に、ケリー鉗子を用いてLeeds-Keio人工靱帯を通す(図7)。人工靱帯がビニールチューブに入った状態で通し、通過後にビニールだけを引き抜くと操作が容易である。

人工靱帯を交差させながら膝蓋骨前面を這うように末梢に引き抜くが(図8)、その際にできるだけ皮下に露出しないように、膝蓋支帯の下部を剥離しその後面を通す(図9)。一度人工靱帯を末梢方向に徒手的に牽引して、人工靱帯が確実に大腿四頭筋腱に固定されていることを確認する(図10)。

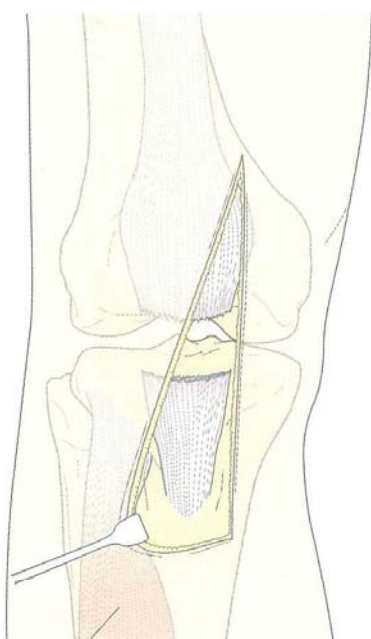
◆骨トンネルの作製

次いで、脛骨粗面部の膝蓋腱付着部後方に横走する骨トンネルを作製する(図11)。トンネルの位置が浅くなり過ぎると骨がチーズカットして破損しやすく、また深くなり過ぎると膝蓋腱の走行方向が変わってしまうので、脛骨粗面の表面から厚さおよそ8mmの部位に骨トンネルを作製する。

図6 脛骨粗面外側部の展開

前脛骨筋を剥離し、骨トンネルの出口を展開する。

→：断裂した膝蓋腱、*：脛骨粗面



前脛骨筋

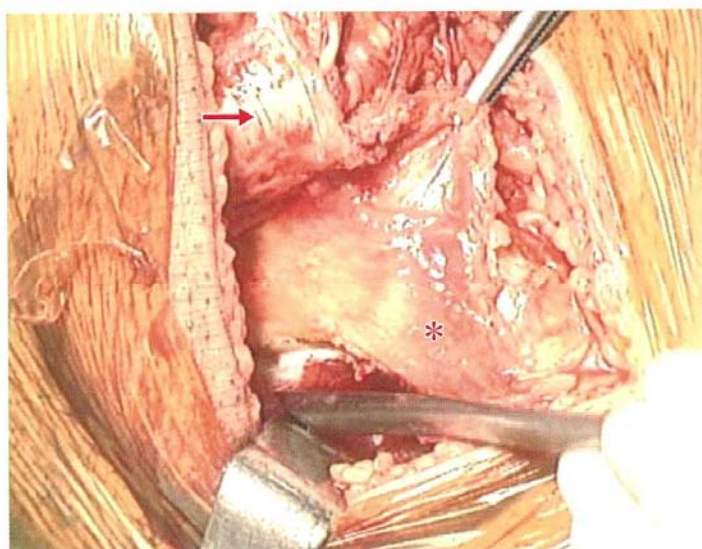


図7 大腿四頭筋腱内への人工靱帯の誘導

膝蓋骨の上縁で大腿四頭筋腱の裏側に、Leeds-Keio人工靱帯を通す。

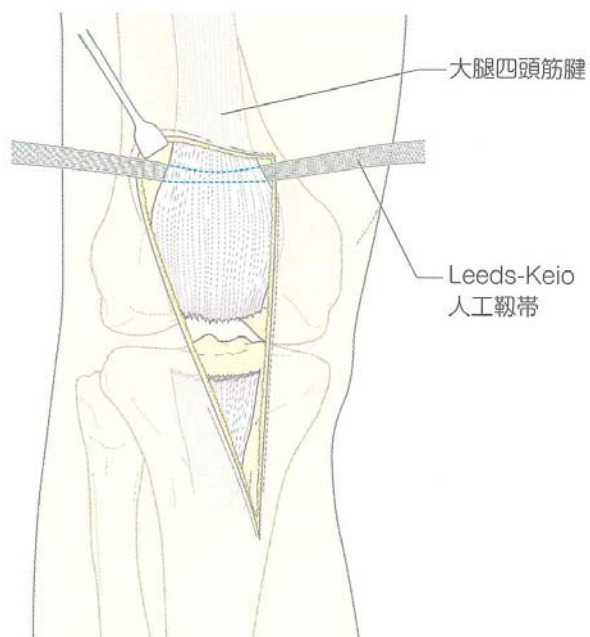


図8 人工靱帯の末梢への誘導

人工靱帯を交差させながら膝蓋骨前面を這うように末梢に引き抜く。

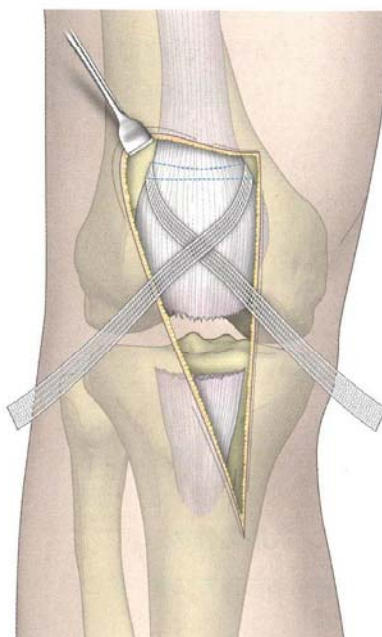


図9 膝蓋支帯での被覆

人工靱帯を露出しないように膝蓋支帯の後面を通す。

*：人工靱帯



図10 人工靱帯と大腿四頭筋腱の固定の確認

人工靱帯を末梢方向に徒手的に牽引して確認する。

→：膝蓋骨，＊：人工靱帯

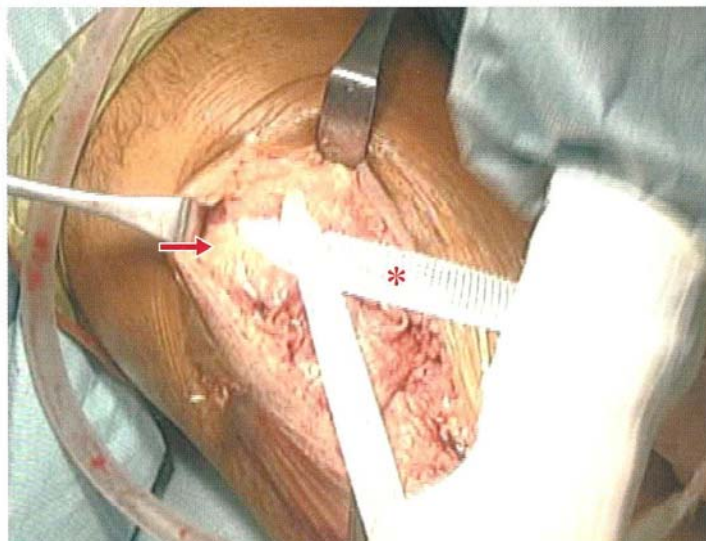
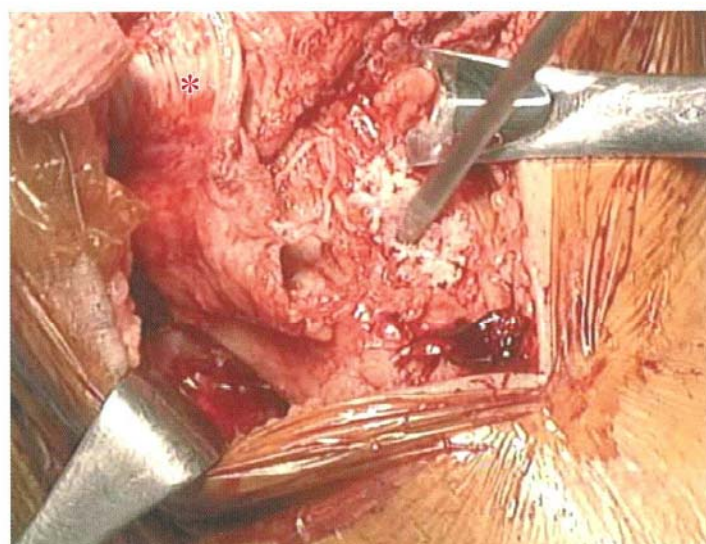
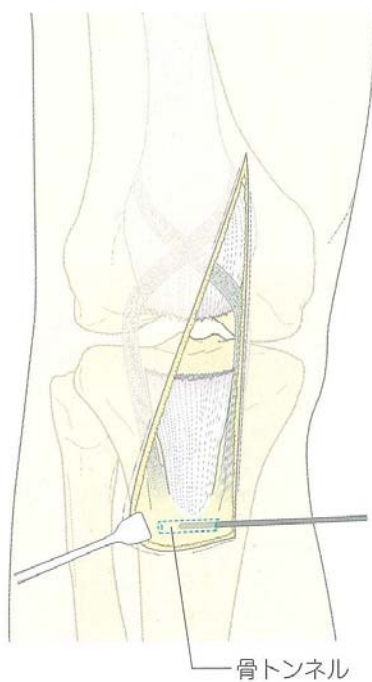


図11 脛骨骨トンネルの作製

脛骨粗面部の膝蓋腱付着部後方に横走する骨トンネルを作製する。

＊：断裂した膝蓋腱



◆人工靱帯の骨トンネル誘導

ワイヤーを用いて骨トンネルに人工靱帯を通す。先に膝蓋骨前面に沿って末梢に誘導した人工靱帯の両端を、内側からきた人工靱帯は外側へ、外側からきた人工靱帯は内側へとトンネルを通して8の字を描くようにする(図12)。人工靱帯が重なる部分で、通過しにくい場合には、トンネルの穴を拡大する。

◆仮固定および膝蓋骨の高さの確認

骨トンネルの内・外側から出てきた人工靱帯をコッヘル等で仮固定して膝を屈伸させ、人工靱帯の緊張度と膝関節の動きを確認する(図13)。緊張が強すぎると、最大屈曲ができない。通常、伸展位で人工靱帯が少し緩くなる程度を目指すといよい。

人工靱帯の緊張度がある程度決まったら、仮固定したまま膝関節約60°屈曲位で側面X線撮影を行い、膝蓋骨の高さを確認する。同じ屈曲角度で撮影した健常側の側面像における膝蓋骨の高さを参考に決定するとよい。

図12 骨トンネルへの人工靱帯の通過

内側からきた人工靱帯は外側へ、外側からきた人工靱帯は内側へとトンネルを通して8の字を描く。

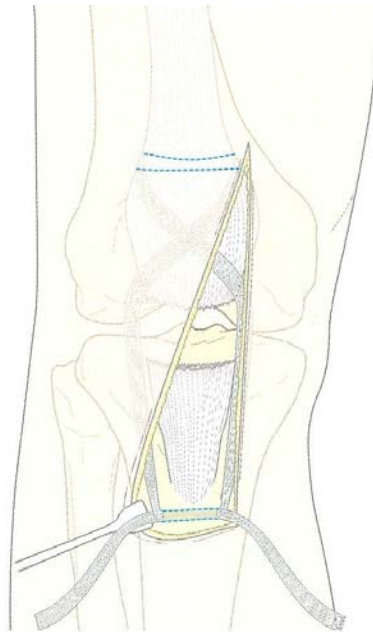
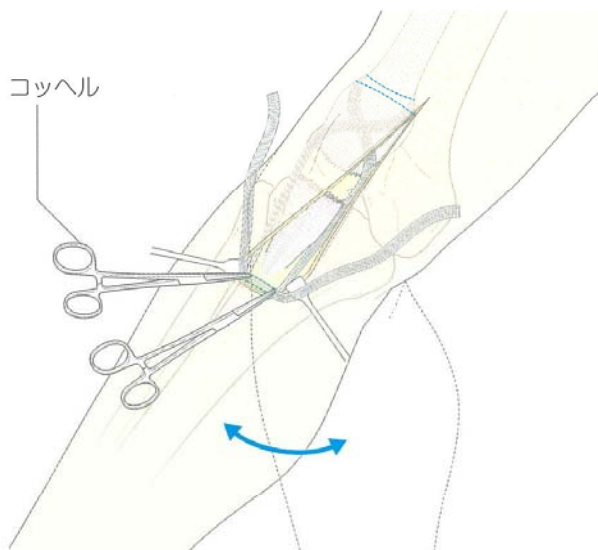


図13 人工靱帯の緊張度の確認

人工靱帯をコッヘル等で仮固定して膝を屈伸させ、人工靱帯の緊張度と膝関節の動きを確認する。

→：コッヘルによる仮固定，※：人工靱帯



◆ダブルステープリング固定

人工靱帯の緊張度が決定したら、内・外側骨トンネルの両方の出口で人工靱帯をダブルステープリング法で固定する(図14)。まず骨トンネルに入っていく人工靱帯と、骨から出てきた人工靱帯を両方留める。次に、骨から出てきた人工靱帯を最初のステープル上で折り返し、その上をさらにステープルで固定する。

ステープリングは、骨に対して直角に打つのがポイントであるが、内側のステープリングに比べて、外側のステープリングは骨面の傾斜が強いため打ち込みにくく、注意を要する。両側のステープリング終了後に再度屈伸を行い、可動域や人工靱帯の緊張性を確認する。

◆余剰人工靱帯の切除および軟部組織の縫着

最後に、人工靱帯の余分な部分を切り落とす。短く切りすぎるとステープルから脱落する可能性があるため、十分な長さを残す。

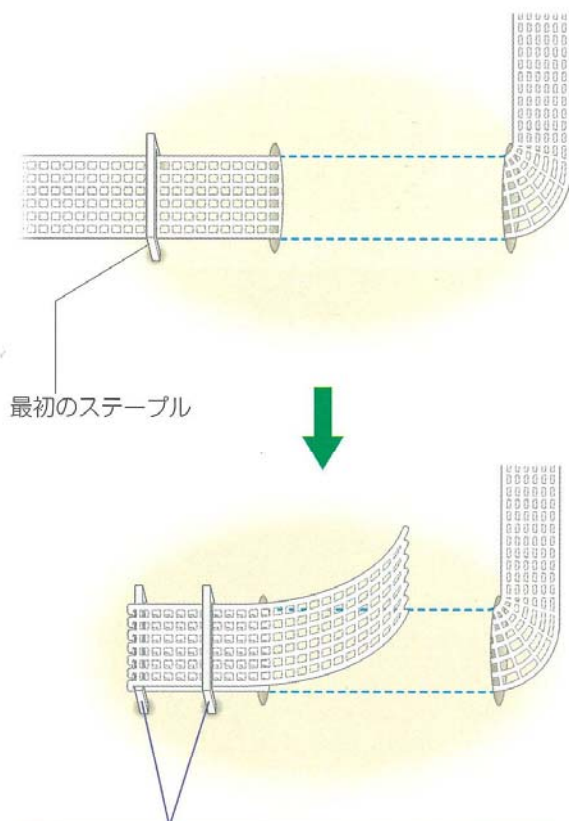
人工靱帯による膝蓋腱の再建が完成したら、人工靱帯をできるだけ皮下に露出させないように周囲の軟部組織を人工靱帯に縫着していく(図15)。脛骨外側部の前脛骨筋を剥離した部分は、ステープルを覆いながら縫合していく。切開した膝蓋支帯を人工靱帯そのものになるべく皮下に露出しないよう覆いながら縫合する。

ドレーンを再建した膝蓋腱の前面に留置する。閉創中も、何度か膝関節の屈伸を行い、軟部組織の緊張を確認することが重要である。皮下組織、皮膚を縫合して手術を終了する。

図14 人工靱帯の固定

骨トンネルの両方の出口で人工靱帯をダブルステープリング法で固定する。

→：ダブルステープリング、*：人工靱帯



骨から出てきた人工靱帯を最初のステープル上で折り返し、その上をさらにステープルで固定する。

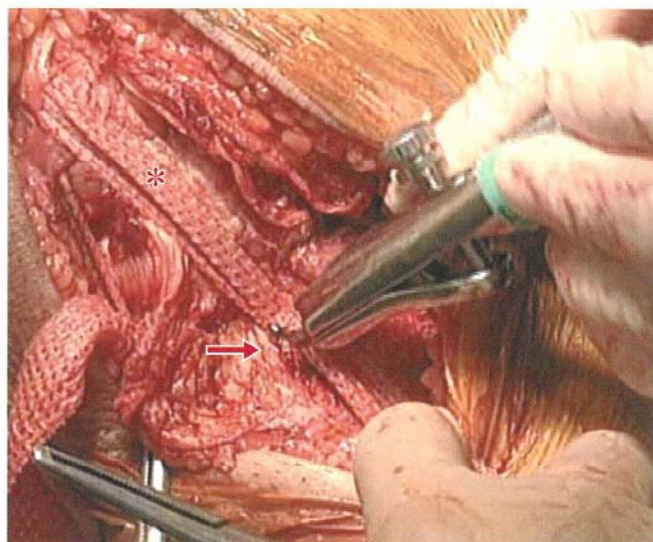


図15 周囲軟部組織による被覆

人工靱帯をできるだけ皮下に露出させないように周囲の軟部組織を人工靱帯に縫着する。

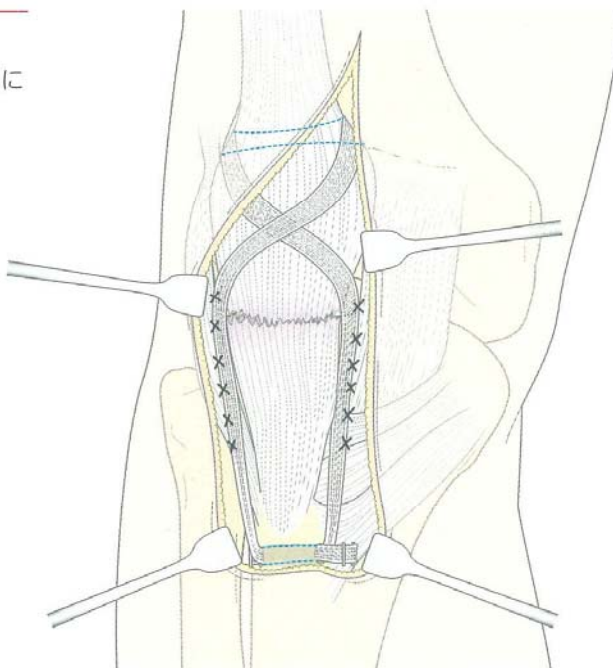


図16 術前・後単純X線像

膝蓋骨の位置が正常の位置に復している。



術前



術後

(文献1より)

後療法

術後は外固定を行わず、翌日よりCPM装置を用いて関節可動域訓練を開始する。SLRも疼痛をみながら徐々に開始する。荷重歩行は大腿四頭筋の筋力の回復をみながら開始するが、通常術後2～3日で松葉杖歩行を開始し、徐々に荷重を上げていく。通常1～2週で荷重歩行が安定したら退院とする。

退院後は定期的に局所所見、膝関節可動域、大腿四頭筋筋力の回復を確認し、X線撮影を行って、膝蓋骨の位置、異所性骨化の出現などに注意しながら経過を観察する(図16)。

図17 スポーツ活動への復帰

術後3カ月のラグビー選手。疼痛，腫脹，筋力の回復をみながら，ADLへの復帰，スポーツ活動への復帰を進めていき，術後3～6カ月でのスポーツ復帰を目指す。



(文献1より)

人工靱帯による膝蓋腱再建術は人工靱帯自体が十分な強度を有するため，膝蓋腱の組織修復による強度の回復を待つ必要はなく，疼痛，腫脹，筋力の回復を見ながら，ADLへの復帰，スポーツ活動への復帰を進めていき，術後3～6カ月でのスポーツ復帰を目指す(図17)。

文献

- 1) 松本秀男: Leeds-Keio人工靱帯を用いた膝蓋腱再建術，新私の奥義シリーズ，久光製薬整形外科手術手技 No.18(DVD)，2010.

人工靱帯

Leeds-Keio 補強用メッシュⅡ

〈補綴用ファブリック〉



人工靱帯

Leeds-Keio 補強用メッシュⅡ 〈補綴用ファブリック〉

保険医療材料請求分類

靱帯・F8

LK2-40

〔シート状 40×500mm〕



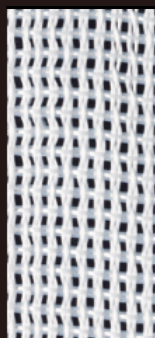
LK2-30

〔30×500mm〕



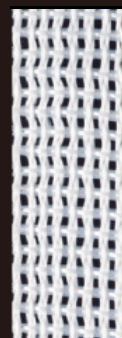
LK2-20

〔20×500mm〕



LK2-15

〔15×500mm〕



LK2-10

〔10×500mm〕



LK2-7

〔7×600mm〕



LK2-5

〔5×600mm〕



LK2-10-80

〔10×800mm〕

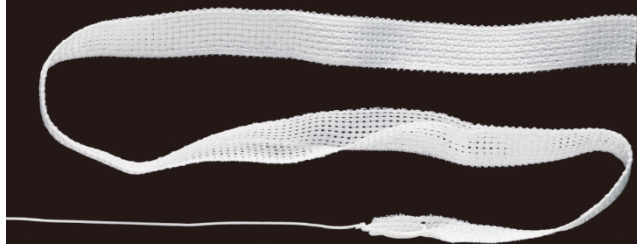


LK2-7-SA

〔7×800mm〕



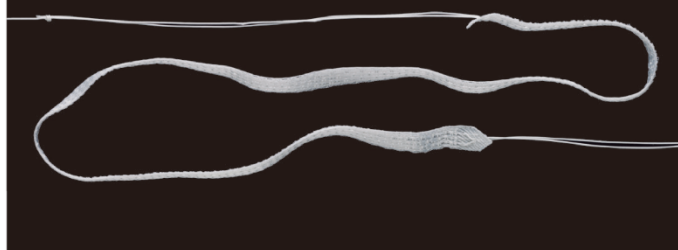
LK2-DT 〔筒状 16×600mm〕



LK2-3-D 〔タイトシート状 3×600mm〕



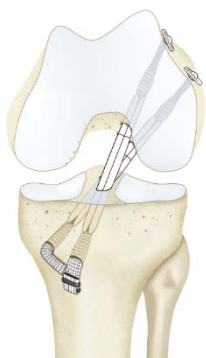
LK2-5T 〔筒状 8×500mm〕



〈承認番号 21300BZY00032000〉

“Leeds-Keio 補強用メッシュ II” の素材は、ポリエステル 100%

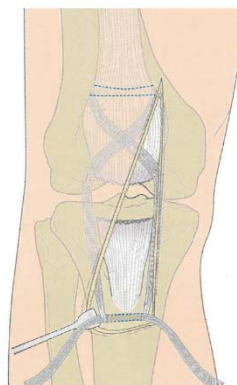
- 「筒状」、「シート状」、「タイトシート状」の三種類のタイプ
- 人工靱帯周囲に自家組織を誘導し、靱帯としての機能を再建・維持する、いわゆるscaffold typeの人工靱帯です。
- 平織りのため張力はすべて縦糸が受け持つようにできています。
- 放射線による滅菌処理を行っております。



ACL 鏡視下再建術

解剖学的2束再建ACL再建術

〈承認番号21300BZY00032000〉



書籍名: 膝靱帯手術のすべて
文献タイトル: 膝蓋腱断裂に対する再建術 松本秀男 先生
ページ数: P351
発行年: 2013年
出版社名: 株式会社メジカルビュー社

固定釘(1) 平面型

保険医療材料請求分類

固定釘・F5-a

チタン製スパイク付きステープル

[未滅菌]



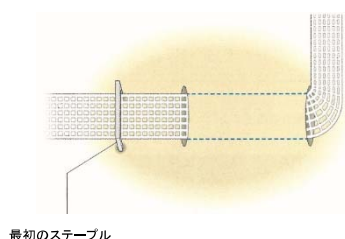
〈医療機器承認番号 20300BZZ01257000〉
製造販売業者 高砂医科工業株式会社

ステープルY(チタン製ステープル)

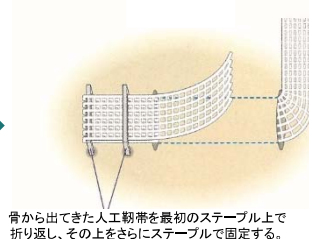
[滅菌済]



〈医療機器承認番号 30500BZX00053000〉
製造販売業者 株式会社 オーミック



最初のステープル



骨から出てきた人工靱帯を最初のステープル上で折り返し、その上をさらにステープルで固定する。

書籍名: 膝靱帯手術のすべて
文献タイトル: 膝蓋腱断裂に対する再建術 松本秀男 先生
ページ数: P352
発行年: 2013年
出版社名: 株式会社メジカルビュー社

ステープル打込器



〈医療機器製造販売届出番号 13B1X00249SX0003〉 製造販売業者 ユフ精器株式会社

ステープル抜去器



〈医療機器製造販売届出番号 13B1X00249SK0001〉 製造販売業者 ユフ精器株式会社

ステープルピンデндラー



〈医療機器製造販売届出番号 13B1X00249SK0009〉 製造販売業者 ユフ精器株式会社

テンションメーター



〈医療機器製造販売届出番号 13B1X00249SX0003〉 製造販売業者 ユフ精器株式会社

LK 靱帯再建用 誘導ワイヤー



〈医療機器製造販売届出番号 13B1X00249SK0007〉

製造販売業者 ユフ精器株式会社

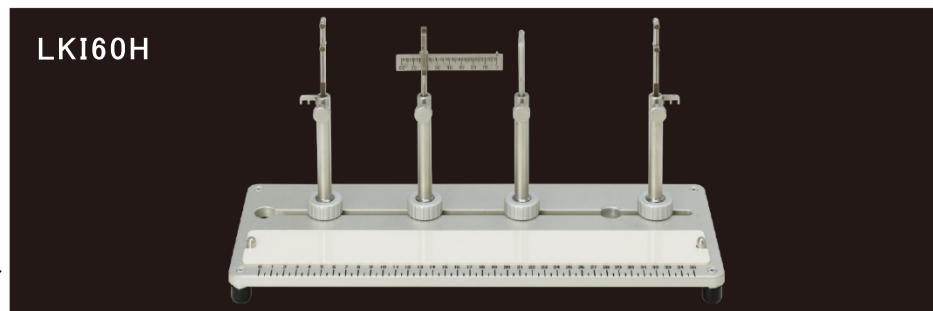
LK 膝蓋腱 中空ドリルセット



※ ガイドピンとしてキルシュナー鋼線2.0mmを使用する。 〈医療機器製造販売届出番号 13B1X00249SK0005〉

製造販売業者 ユフ精器株式会社

DENCHU グラフト作製器 ファッショナー



〈医療機器製造販売届出番号 13B1X00249SY0012〉

製造販売業者 ユフ精器株式会社

1060-RIL

DENCHU専用 滅菌ケース

国内総販売元

Yufu ユフ精器株式会社
YUFU ITONAGA CO.,LTD.

〒113-0034 東京都文京区湯島2丁目31番20号

TEL.03-3811-1131 (代表)

オルソ事業部 TEL.03-3811-3001 (ダイヤルイン)

FAX.03-3811-5155 (ダイヤルイン)

札幌 埼玉 横浜 大阪 福岡

注文先

埼玉商品管理センター

TEL. 048-875-1137

FAX. 048-875-8077

<https://www.yufu.co.jp/>



20231013