

膝伸展機構損傷

大腿四頭筋, 膝蓋腱断裂

防衛医科大学校整形外科教授
富士川恭輔

防衛医科大学校整形外科
小林龍生

慶應義塾大学整形外科
松本秀男

慶應義塾大学整形外科
川久保 誠

大腿四頭筋断裂

大腿四頭筋断裂は直達外力, 介達外力により発生し, 筋腹部, 筋腱移行部で損傷することが多いが, 近年は慢性腎不全により長期間透析を受けているなど基礎疾患を有する患者が, つまづく程度の小外傷により腱骨移行部(enthesis)で損傷する症例も散見されるようになった。臨床的には筋腹部, 筋腱移行部の損傷は筋の膨隆と陥凹が, 腱骨移行部の損傷では膝関節伸展障害がみられるので診断は容易であるが, 治療はなかなか困難である。

■手術適応

新鮮例では, 筋の損傷が広範囲で, 大きな膨隆や陥凹を触れる場合, 筋腱移行部, 腱骨移行部損傷は可及的早期に手術療法の適応となる。通常一時修復術が行われるが, 筋腹部断裂はしばしばmop-end tearとなるので, 一次修復術は困難なため補強術を併用することが多い。また基礎疾患のある腱骨移行部損傷はアミロイド変性などすでに脆弱化しており, 一次修復術のみでは再断裂をきたすことがあるので補強術または一次再建術が行われることが多い。

陳旧例では, 膝関節の伸展力伝達の十分な回復と美容的な2つの面から, 手術療法が適応となる。Smillieは, 陳旧性大腿直筋断裂は十分な縫合を行っても不成功に終わることが多く機能障害はほとんどないので, 美容的な目的のみに手術適応があるとしている。大腿直筋が完全に断裂しているにもかかわらず, まったく不自由なくスポーツ活動を行っている例もある。

陳旧性筋腱移行部, 腱骨移行部断裂に対しては, 断端部を新鮮化し端端吻合をした後に, 中枢側の筋膜を剝離し末梢側に翻転し縫合部を補強する法(Codivilla-Scuderi法), 筋腱部を三角状に切離し伸展機構を延長してから縫合を行う法(Codivilla法)などがある(図1, 2)。これらの方法はいずれも術後膝関節伸展位で4~6週程度の外固定を要するという大きな欠点がある。

補強再建材料には一般に半腱様筋腱など自家組織が用いられるが, われわれはscaffold型人工靱帯(Leeds-

Keio: L-K靱帯)を利用している。L-K靱帯(LK-DT)は, ポリエステル製でメッシュ構造を有し, 長さや強度が十分なため手術操作が簡便であるのみならず, 外固定が不要で術後ADLへの早期復帰を可能にする。さらに自家組織を犠牲にしないなどの利点もある。

■手術手技

大腿四頭筋腹部断裂

筋腹部断裂は新鮮例でも手術適応のある例は補強修復術を要する(図3)。

筋断裂部を中心に外側凸の緩い弓状切開を加え断裂部を展開する。新鮮例では断裂部に血液凝塊が充満しているので, 郭清するとmop-end状の断端が現れる。陳旧例では断端部は塊状となり中枢側は短縮している。大腿直筋のみが断裂している場合と, 内外側広筋と中間筋の一部または全部が断裂している場合がある。

末梢側は腱部まで展開する。膝関節を70~90°屈曲位とし腱部にL-K靱帯を横に通し, 8字型に大腿直筋内を通す(図3)。筋に短縮があればL-K靱帯を牽引しながら少しずつ筋を引き下ろした後, 断端部が十分に接触していることを確認した後, 靱帯どうしを筋とともに縫着する(図4)。この際, L-K靱帯の8字型の各コーナー部を筋に確実に縫着する。とくに中枢側は断裂部より十分中枢部に靱帯を通すことが重要である。

損傷部は細かく結節縫合を行い可及的に修復する。さらにL-K靱帯シート型メッシュで損傷部を覆い, 縫着して補強する。シート型メッシュの代わりにfascia lataを用いてもよい。

陳旧例も同様に補強修復術を行うが, 断端部を十分に新鮮化する必要がある(図5)。

大腿四頭筋腱移行部断裂

新鮮例, 陳旧例ともに一次縫合術が可能である。断裂部を中心に外側凸の緩い弓状切開を加え局所を展開する。

陳旧例では断端部を新鮮化した後に, 膝関節60~70°屈曲位で十分に端端縫合を行い, さらに中枢側の筋膜を全層剝離し, 末梢側に翻転し縫合部を覆うように補強縫着

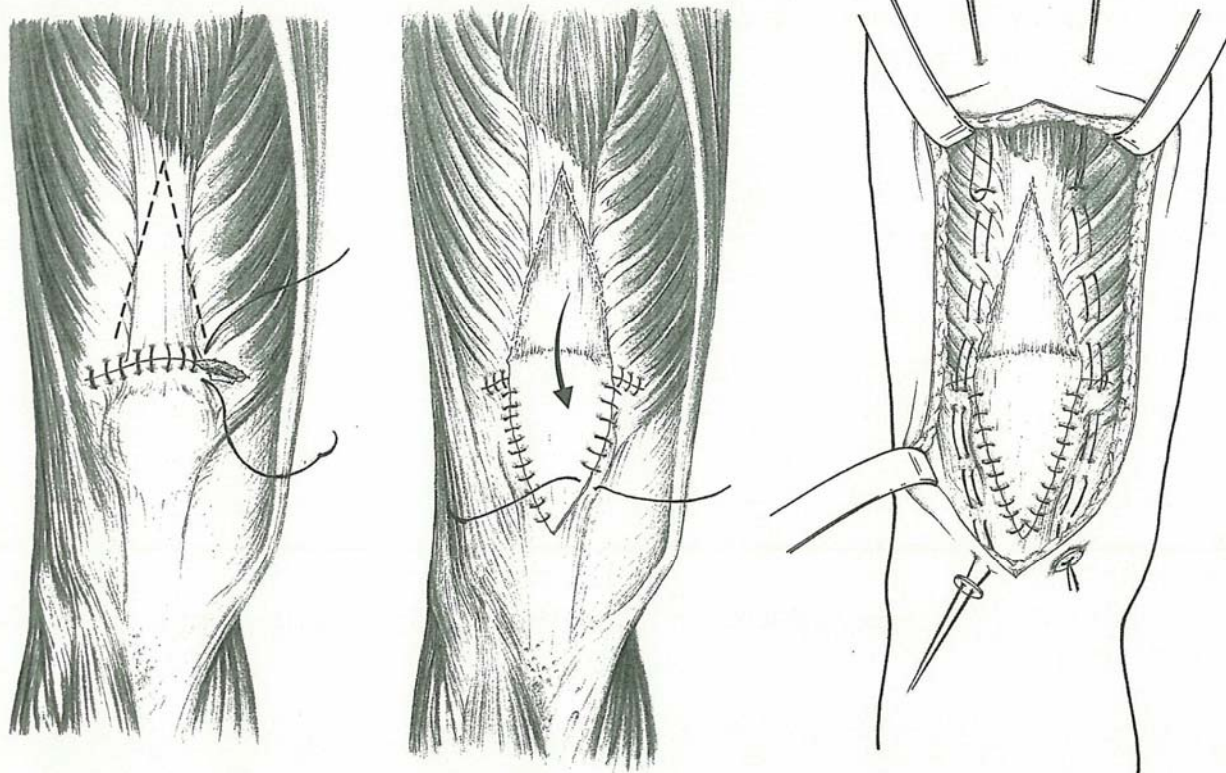


図1 大腿四頭筋腱損傷に対する修復補強法(Scuderi法)

(Scuderi, G. R. : Extensor Mechanism Injury : Treatment, Ligament and Extensor Mechanism Injuries (ed, Scott, W. N.), pp183-193, Mosby-Year Book, 1991. より改変引用)

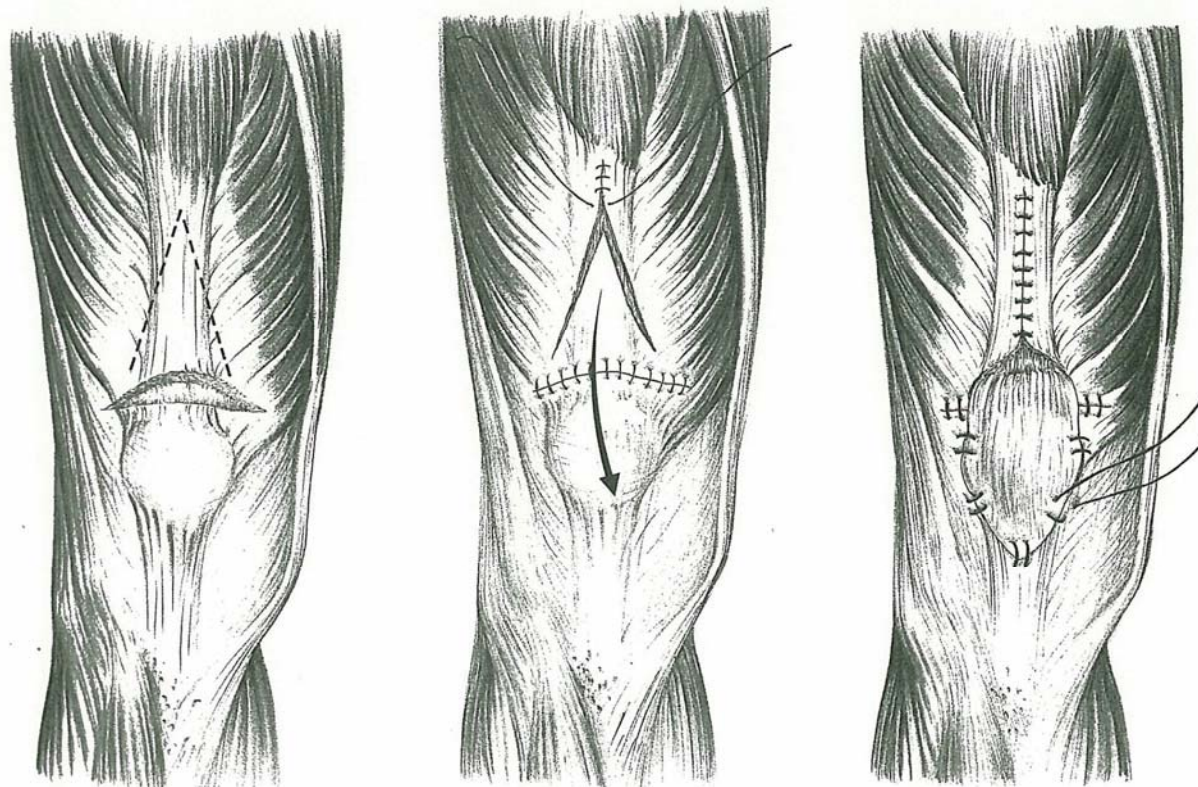


図2 陳旧性大腿四頭筋腱損傷に対する腱延長修復法(Codivilla法)

(Scuderi, G. R. : Quadriceps and Patellar tendon disruption. The knee (ed. Scott, N.), pp469-478, Mosby-Year Book Inc. 1994. より改変引用)

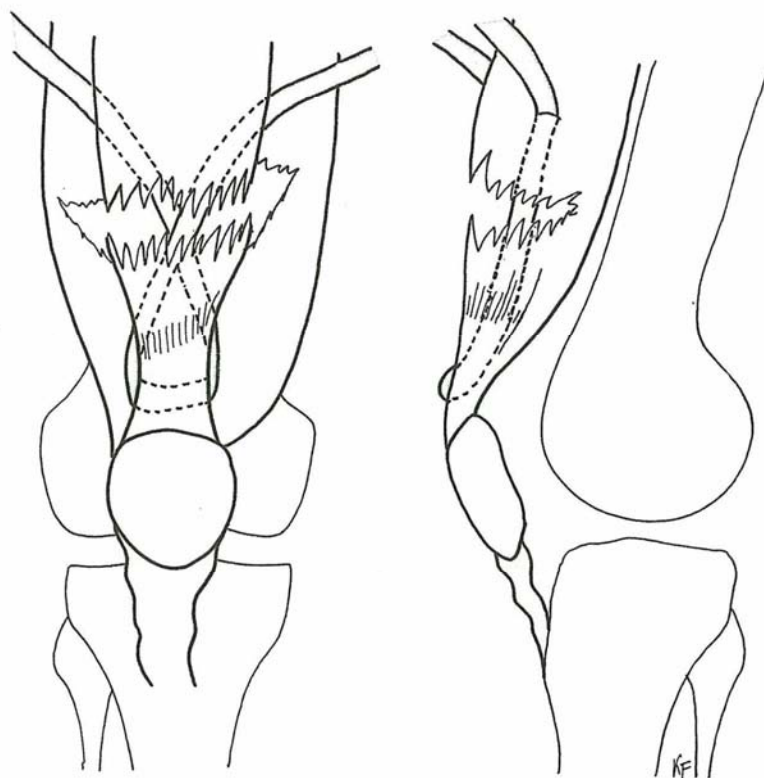


図3 大腿四頭筋断裂手術法(1)

L-K靱帯を大腿四頭筋腱部に横に通した後、大腿直筋内を8字型に交差するように通す。

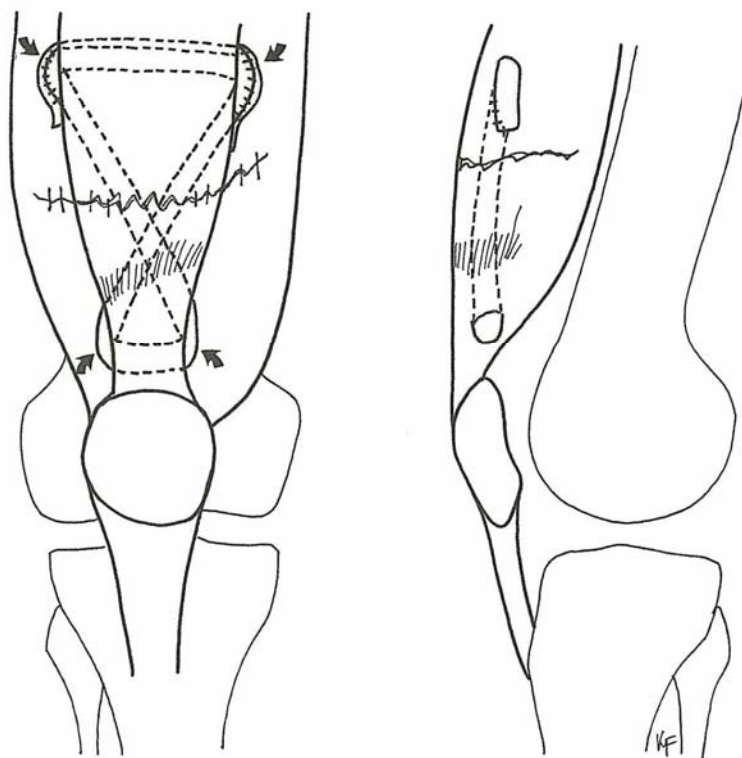


図4 大腿四頭筋断裂手術法(2)

大腿直筋中枢側も筋内を通し、断裂部より約15cm中枢側で両側に出す。靱帯どうしを強固に縫合した後、さらに矢印の部で筋に十分に縫着する。

する(Codivilla-Scuderi法)。伸展機構に短縮がある場合には、筋腱移行部を末梢側に底辺をもつ三角状に剥離し、伸展機構を延長してから膝関節50～60°屈曲位で密に縫合し、さらに中枢側の筋膜を翻転させて縫合部を補強する(Codivilla法)。

早期社会復帰を要する場合や基礎疾患により易損傷性がある場合は、次に述べる補強修復術を行う。

大腿四頭筋腱骨移行部断裂

膝関節伸展機構がentheses部で損傷する場合は、通常慢性腎不全などの基礎疾患があり、同部の変性により小外傷で断裂を起こすので新鮮例であっても再断裂を避けるために修復補強術が望ましい(図6)。

膝蓋骨上縁を中心に外側凸の緩い弓状切開を加え、断裂部位および膝蓋骨下縁を展開する。L-K靱帯を膝蓋骨下縁に接するように冠状に膝蓋腱内を通し、中枢側に翻転させ膝蓋骨の前面で交差させ、大腿四頭筋腱内を8字状に通した後、膝関節70～90°屈曲位で靱帯の両端を緊張下に縫合し腱に縫着する。さらに損傷部を十分に縫合修

復する。

■後療法

大腿四頭筋筋力はきわめて大きいので、後療法には細かい配慮が必要である。不注意な後療法により縫合不全や再断裂を起こすことはまれではない。

新鮮例でも陈旧例でも一次修復術またはこれに準ずるものは、術後4～5週膝関節伸展位で外固定(着脱可能なスプリントでもよい)を行った後、可動域(ROM)制限付き装具を着用して膝関節可動域訓練および大腿四頭筋強化訓練を開始する。術後6～8週で部分荷重から荷重を許可する。経時的に単純X線写真検査を行い膝蓋骨の位置変化のないことを確認する。

L-K靱帯で補強修復術を行った場合には、外固定は不要で、手術翌日よりCPM装置を用いてROM訓練(0～90°)、大腿四頭筋強化訓練を開始し、1週間後はROM制限は解除する。術後2週から装具(0～90°)を装着し荷重歩行を許可する。大腿四頭筋筋腹断裂の場合は後療法を多少遅らせる。

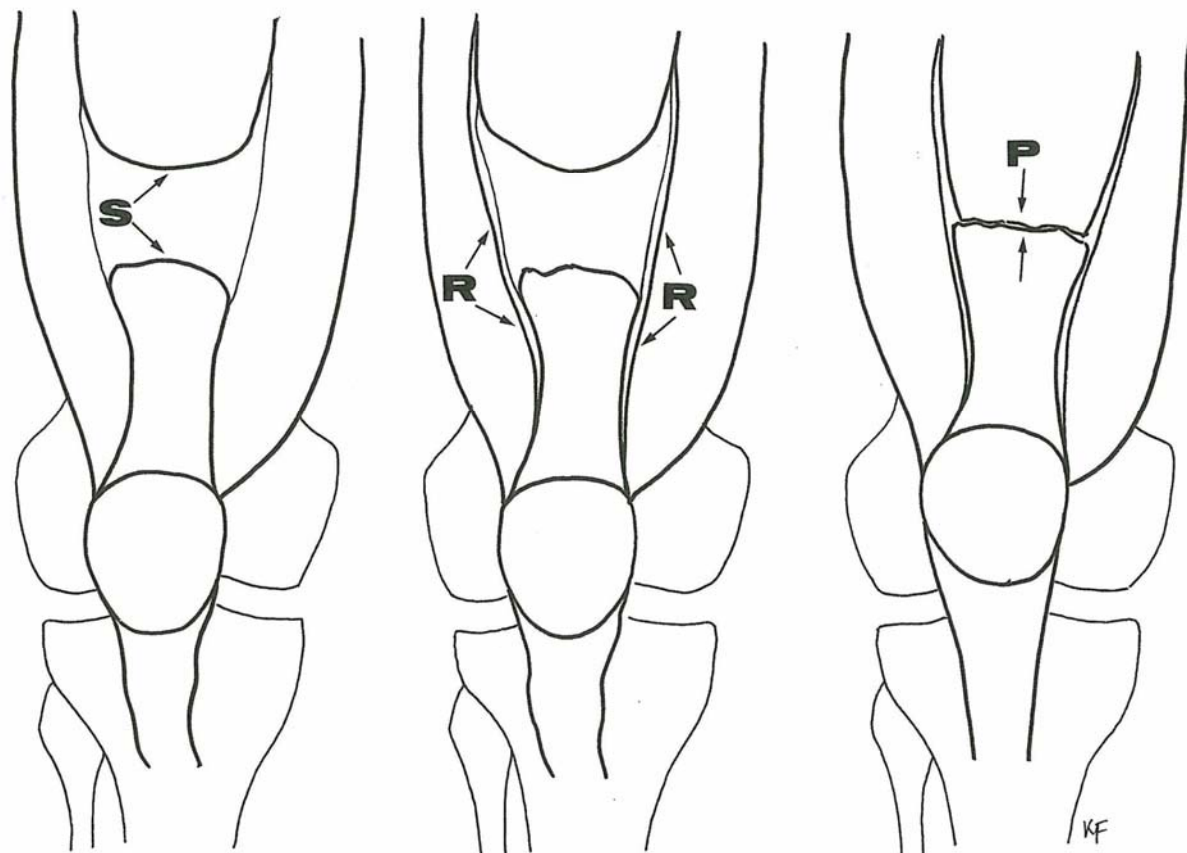


図5 陈旧性大腿四頭筋断裂手術法

大腿直筋中枢側断端が褪縮している場合(S)は、大腿直筋(腱)内外側を広筋より完全に切離すると(R)、褪縮していた大腿直筋を比較的容易に引き下ろすことができる(P)。

膝蓋腱断裂

膝蓋腱断裂は直達外力、介達外力が原因となるほかに慢性腎不全など基礎疾患や慢性炎症に対するステロイド局所注射による変性、スポーツなどによる繰り返しの負荷による部分損傷が基礎にあり、わずかな外傷により断裂するなど病態は複雑であるが、診断は容易なので陈旧化することは少ない。しかし、損傷部位や損傷形態または基礎疾患の有無によっては必ずしも一次修復術で解決するわけではない。また膝蓋腱断裂は、大腿四頭筋断裂とは異なり再建時の再建材料のrunning route, その固定時の緊張度や膝関節角度の設定など多くの難しい問題がある。

■手術適応

いかなる膝蓋腱断裂も手術適応となる。

新鮮例では一次修復術を行うが、mop-end tear, 基礎疾患があり一次修復術を行っても再断裂が危惧される例、陈旧例などには補強修復術や一次再建術が適応となる。

■手術手技

膝蓋骨上縁内側より脛骨結節内側末梢部に至る切開を加え、遺残膝蓋腱を可及的に温存しつつ損傷部位を展開する。通常膝蓋骨は中枢側に大きく転位し、とくに陈旧例では膝蓋骨を正常の位置に引き下げられないことがある。このような場合には膝蓋腱は線維化、短縮し、その断端は瘢痕内に埋没していることもある。大腿四頭筋腱から内側、外側広筋、内側、外側膝蓋支帯を切離すると膝蓋骨の引き下げは容易となる。

大腿四頭筋腱末梢部に膝蓋骨上縁に接して冠状にL-K靱帯を通し、膝蓋骨前面に引き出し8字状に交差させて、膝蓋腱の遺残がある場合には可及的にその中を通すようにし、脛骨結節下縁後方に横走する骨トンネルを穿ち、靱帯をその骨トンネルに通しその両端を脛骨にdouble stapling法により固定する。遺残する膝蓋腱や周囲の瘢痕組織を可及的にL-K靱帯を覆うように縫着する(図7, 8)。L-K靱帯が膝蓋下部で関節内に露呈しないように膝蓋下脂肪体を温存することはきわめて重要である。

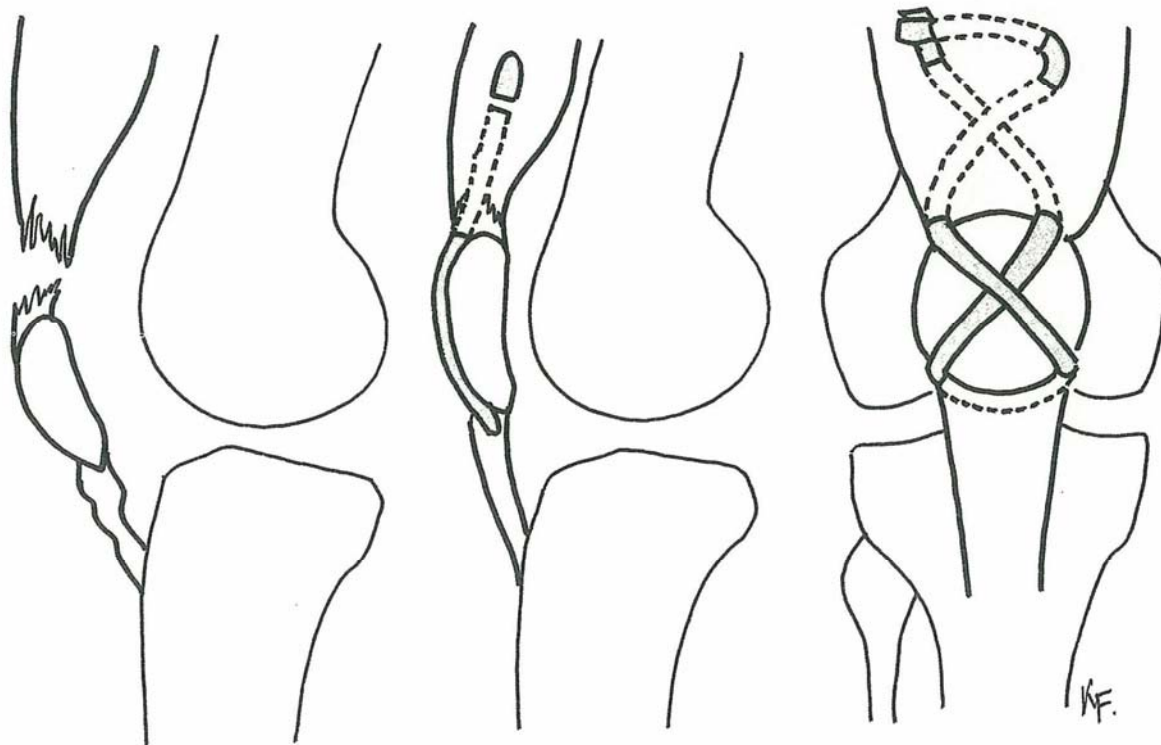


図6 大腿四頭筋腱移行部、骨付着部(enthesis)断裂手術法

L-K靱帯を、膝蓋骨下縁に沿うように膝蓋腱の中を通し、負荷は膝蓋骨全体にかかるようにする。靱帯を交差するように膝蓋骨前面を通すと解剖学的なrunning routeで補強修復することができる。

固定時の膝関節角度は約 20° とし、大腿骨の膝蓋関節面の最上部に膝蓋骨の関節面の最下部が接触する位置で靱帯は過緊張気味とする。膝関節の屈伸を行い、関節の可動域、膝蓋骨の位置、膝蓋腱の緊張度を確認する。

■後療法

外固定は不要である。手術翌日よりCPM装置を用いて関節可動域訓練、大腿四頭筋強化訓練を開始する。とく

に可動域を制限する必要はない。手術侵襲による局所の腫脹がとれ、関節可動域が 90° に達する術後10日ごろより徐々に荷重を許可する。術後2～3週で全過重歩行が可能となる。

術後は定期的に単純X線写真を撮影し、膝蓋骨の位置を確認する。再建膝蓋腱に緩みが出ると膝蓋骨は高位をとるようになる。

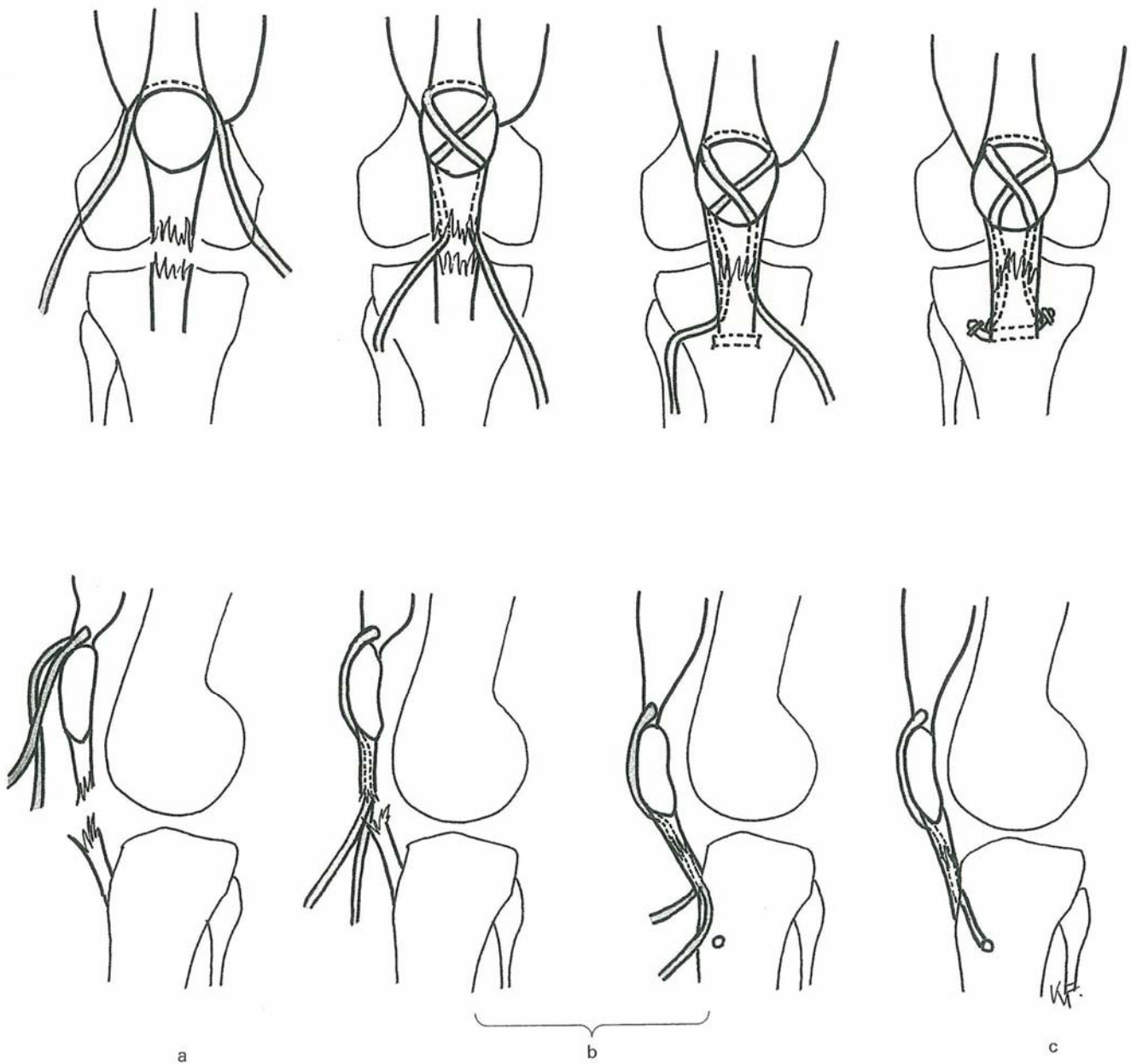
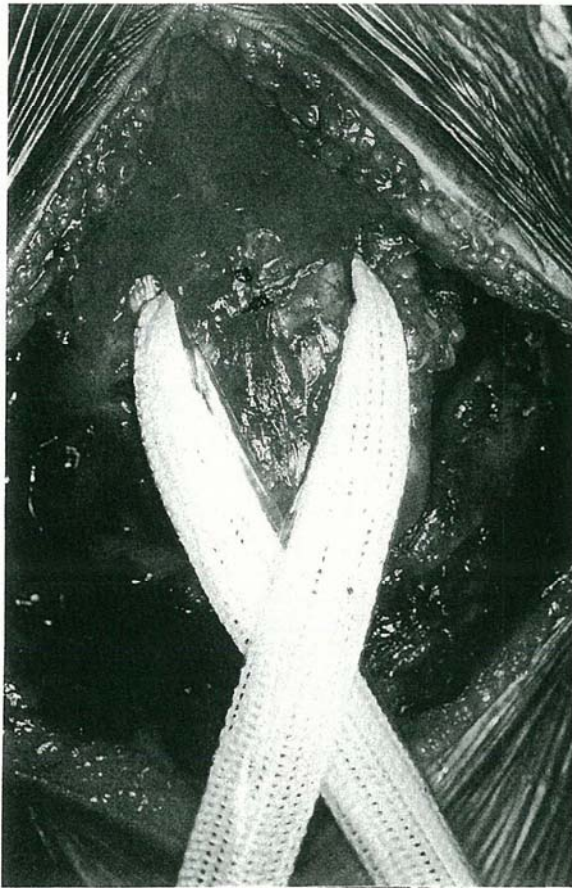
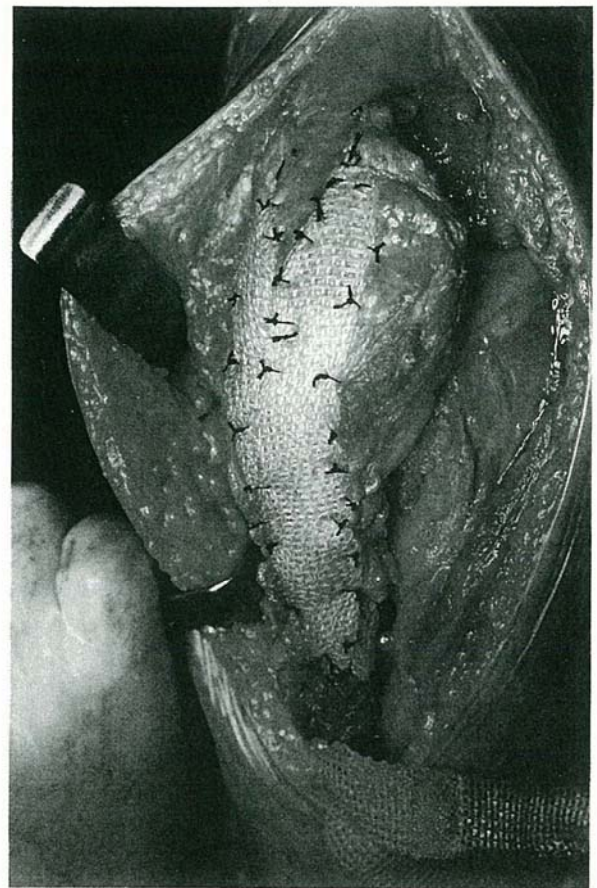


図7 膝蓋腱補強修復術，再建術

- L-K靱帯を、膝蓋骨上縁に沿うように冠状に大腿四頭筋腱内を通す。
- 靱帯を交差するように膝蓋骨の前面を通し、膝蓋腱の遺残がある場合にはその中を通す。
- 脛骨結節下縁高位に穿った骨トンネルを通し、double stapling法により脛骨へ固定する。残存する瘢痕組織を可及的にL-K靱帯に縫着する。



a



b



c

図8 膝蓋腱補強修復術，再建術（術中所見）

- a. L-K靱帯を膝蓋骨上縁に沿って大腿四頭筋腱内を通し，膝蓋骨前面で交差させる。
- b. 膝蓋腱の再建。
- c. 膝蓋腱再建後，膝関節の可動域，膝蓋骨の位置，膝蓋腱の緊張性を確認する。

考察

大腿四頭筋筋腹部での断裂は、腱や骨のようにL-K靱帯をしっかりと固定できないため術後緩みが出て機能不全を生じやすいので、後療法には十分注意を要する。その反面、筋自体に弾力性があるため、補強修復時に靱帯の緊張度はそれほど重要ではない。

一方、膝蓋腱補強修復術、再建術においては、L-K靱帯の緊張度をどのように定めるかはきわめて重要である。緊張が不足すると膝蓋骨は高位をとり、術後膝関節伸展機能不全を残し手術を行った意味がなくなる。一方緊張が強すぎると、膝関節の屈曲制限を招くばかりではなく、膝蓋骨が下垂し大腿膝蓋関節の不適合を招き接触圧が増強するために、大腿膝蓋関節の二次性変形性変化を惹起することもある。さらに、再建膝蓋腱の緊張度は最終的に膝蓋腱が完成した時点で適当でなければならず、自家組織を用いると再建材料自体に術後に緩みが出る可能性があるため、その緊張度を術中に定めるのはきわめて困難である。膝蓋大腿関節は、膝関節最大伸展位では膝蓋骨は大腿骨膝蓋関節面の上方に位置し、膝関節

屈曲15~20°で初めて両関節面が膝蓋骨は末梢側より、大腿骨は中枢側より接触を開始する。L-K靱帯を用いるとこの機能解剖学的事実に基づき膝蓋骨の位置を自由に調整し、固定することが可能である。

多くの教科書には、膝蓋腱再建時に膝蓋骨の末梢部に横走る骨トンネルを穿ち、これに再建(補強)材料を通して記載されているが、陳旧例では膝蓋骨が萎縮していることが多く、再建材料の強度が十分であるとcheese cutting現象が起こり、後療法中に骨トンネルはしだいに末梢側に拡大し、最終的には再建(補強)材料が弛緩するか膝蓋骨から逸脱する可能性がある(図9)。これを防止するために骨トンネルを膝蓋骨の中央部または中枢側に穿つと、膝蓋骨下極面前方に跳ね上がり膝蓋大腿関節の適合性が損なわれる。前述のように、膝蓋骨に骨トンネルを貫通せずに、再建(補強)材料をその上縁に接するように大腿四頭筋筋の中を通し、膝蓋骨前面で交差させて脛骨結節に固定するrunning routeは、膝蓋骨にcheese cutting現象を起こすことなく、膝蓋骨下極の前方跳ね上がり現象を防止することができ、さらに再建された膝蓋骨伸展機構が膝蓋骨の前面を通り解剖学的走行

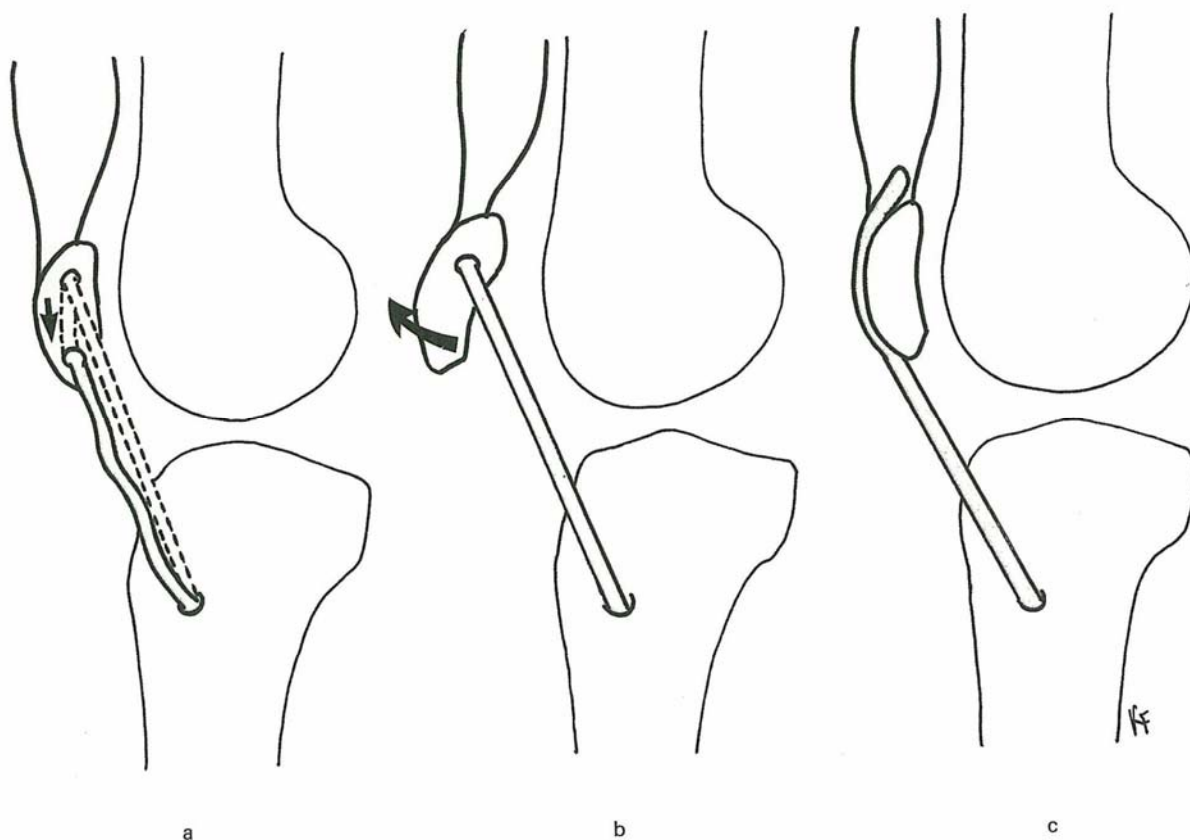


図9 膝蓋腱補強修復術、再建術後のトラブル

- 再建材料による膝蓋骨骨孔のloosening。
- 膝蓋骨下極の前方跳ね上がり現象。
- 解剖学的running routeに一致した再建法。

に一致させることができる。ただしこの手術法には、再建(補強)材料が十分な強度と長さを有し、膝蓋骨前面通過時には偏平化するが他の部位ではある程度の容量を示すものでなくてはならず、自家組織でこの条件を満足させるのは困難である。

今までの多くの報告はこれらの損傷に対し一次修復術、自家組織による補強術などが行われ、また陳旧性大腿四頭筋断裂で中枢側が短縮している例には、膝蓋骨にKirschner鋼線を通しこれをワイヤーで引き下ろし stress shieldingを図るために、いずれも術後6週にも及ぶ長期間の外固定を必要としている。

L-K靱帯は組織親和性にも優れており、これらの条件を満たすのみならず、強度、長さも十分なため手術手技が簡便で、機能解剖学的に一致した補強修復、再建術を

行うことができ、さらに術後外固定が不要でありきわめて有用である(図10, 11)。

●文献

- 1) Scuderi, C., et al. : Ruptures of quadriceps tendon : Study of twenty tendon ruptures. Am. J. Surg., 95 : 626-635, 1958.
- 2) Scuderi, C. : Quadriceps and patellar tendon disruption. pp469-478, The Knee (ed. Scott, N.), Mosby-Year Book Inc. 1994.
- 3) Fujikawa, K., et al. : Biomechanics of the patello-femoral joint. Part-1 A study of the contact and congruity of the patello-femoral compartment and movement of the patella. Eng. Med., 12 : 3-21, 1983.
- 4) Fujikawa, K., et al. : The Leeds-Keio ligament. pp173-207, Intra-articular reconstruction of the anterior cruciate ligament (ed. Strover, A. E.), Butterworth-Heinemann Ltd., 1993.
- 5) 富士川恭輔 : 人工靱帯. pp248-259, 図説整形外科学講座15, 人

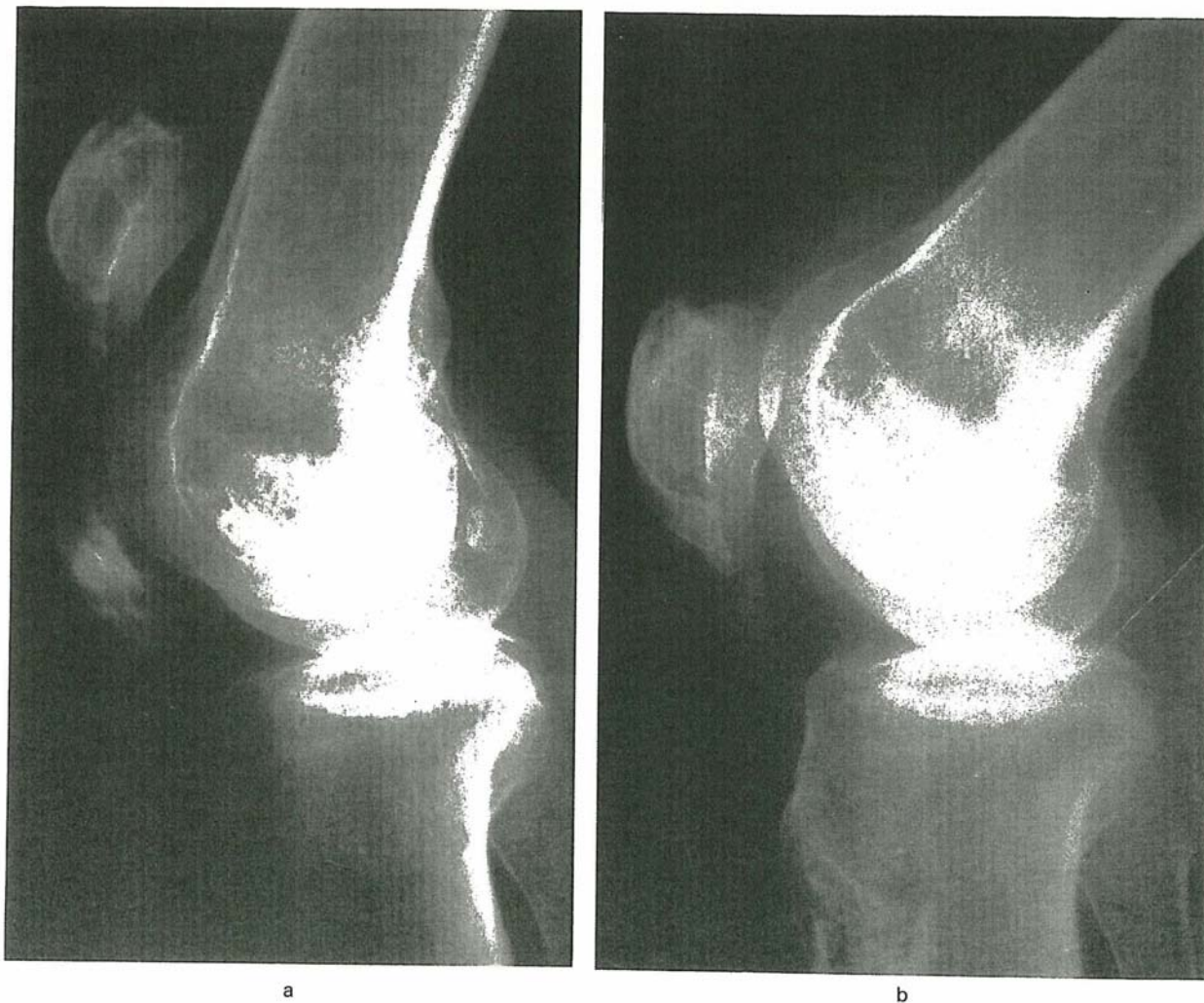


図10 膝蓋骨下極のavulsion fractureと膝蓋腱断裂(陳旧性)

- a. 術前X線写真。膝蓋骨は著明に高位をとる。
- b. 術後X線写真。膝蓋骨は正常位置を確保している。

- 工関節・バイオマテリアル(岡 正典編), メジカルビュー社, 1990.
- 6) Fujikawa, K., et al. : Reconstruction of the extensor apparatus of the knee with the Leeds-Keio ligament. J. Bone Joint Surg., 76-B : 200-203, 1994.
- 7) 富士川恭輔 : 筋・腱断裂. pp167-175, ヴォアラ膝(小林 晶,

鳥巢岳彦編), 南江堂, 1989.

- 8) 松本秀男, ほか : Leeds-Keio人工靱帯における膝蓋靱帯再建術. 臨床整形外科, 20 : 977-983, 1985.
- 9) 大谷俊郎, ほか : 重度離開陳旧性膝蓋骨折による膝伸展機構障害に対する膝蓋靱帯再建術の試み, 東京膝関節研究会誌, 6 : 63-72, 1986.

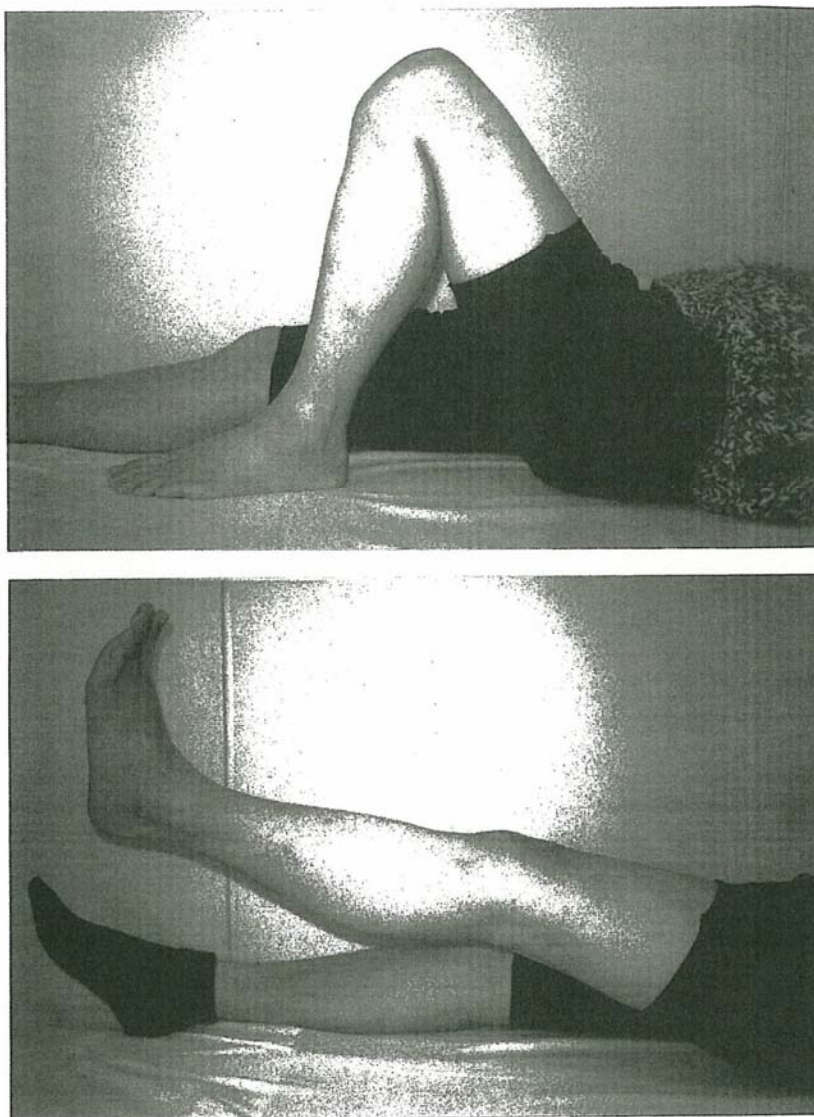


図11 陳旧性膝蓋腱断裂術後関節可動域

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〕



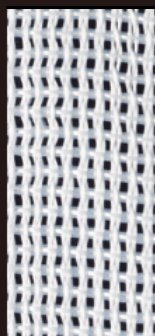
LK2-30

〔30×500mm〕



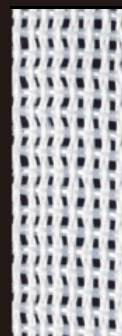
LK2-20

〔20×500mm〕



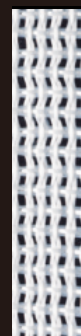
LK2-15

〔15×500mm〕



LK2-10

〔10×500mm〕



LK2-7

〔7×600mm〕



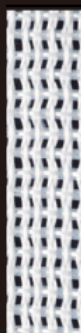
LK2-5

〔5×600mm〕



LK2-10-80

〔10×800mm〕

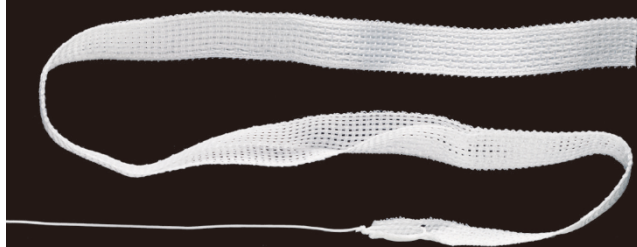


LK2-7-SA

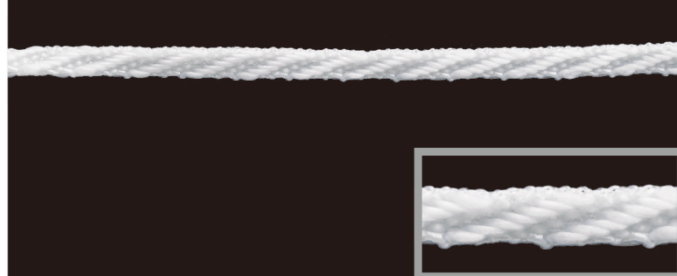
〔7×800mm〕



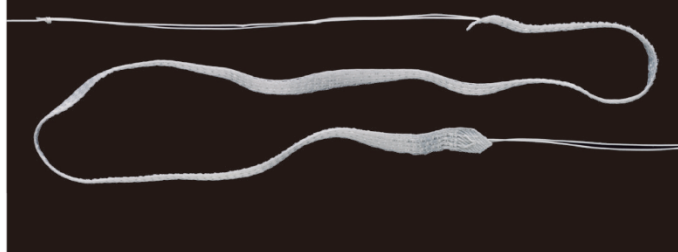
LK2-DT 〔筒状 16×600mm〕



LK2-3-D 〔タイトシート状 3×600mm〕



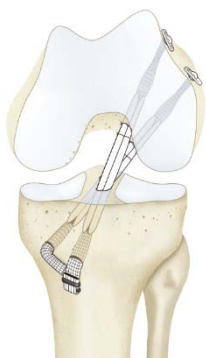
LK2-5T 〔筒状 8×500mm〕



〈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%

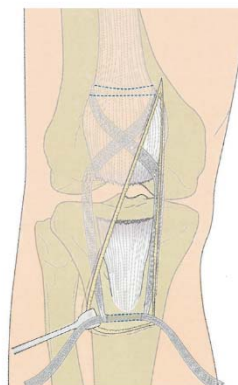
- 「筒状」、「シート状」、「タイトシート状」の三種類のタイプ
- 人工靱帯周囲に自家組織を誘導し、靱帯としての機能を再建・維持する、いわゆるscaffold typeの人工靱帯です。
- 平織りのため張力はすべて縦糸が受け持つようにできています。
- 放射線による滅菌処理を行っております。



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]



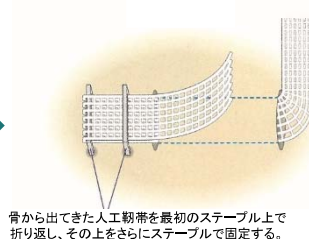
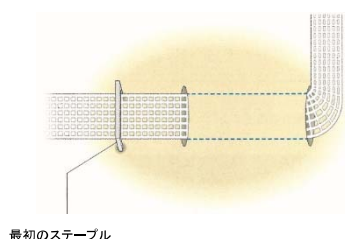
〈医療機器承認番号 20300BZZ01257000〉
製造販売業者 高砂医科工業株式会社

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



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

ステープルピンデングター



〈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

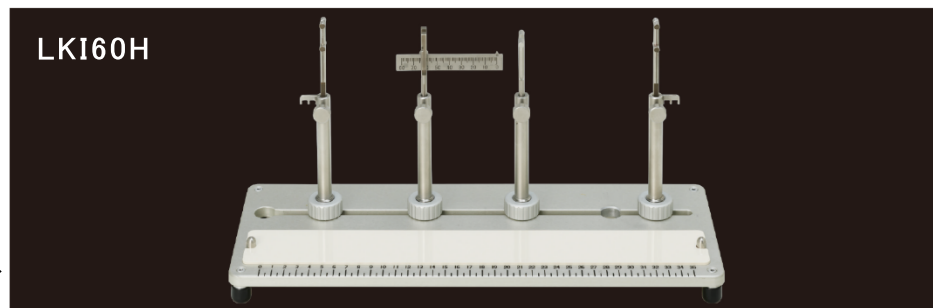


※ ガイドピンとしてキルシュナー鋼線2.0mmを使用する。 〈医療機器製造販売届出番号 13B1X00249SK0005〉
製造販売業者 ユフ精器株式会社

DENCHU グラフト作製器 ファッショナー

1060-RIL

DENCHU専用 滅菌ケース



〈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

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)

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