

外傷性膝伸展機構の損傷に対して人工靭帯と FiberWire を用いて補強修復を行った 2 例

佐藤 亮祐¹⁾
成瀬 章¹⁾

小川 貴之¹⁾
湊 省¹⁾

藤井 幸治¹⁾
谷 義彦²⁾

武田 芳嗣¹⁾
浦岡 秀行³⁾

- 1) 徳島赤十字病院 整形外科
2) 谷医院
3) 徳島県立海部病院 整形外科

要 旨

外傷性膝伸展機構の損傷に対し人工靭帯を用いた Fujikawa らの方法に FiberWire を追加して修復を行ったので報告する。症例 1. 55歳, 女性. 15年前より慢性腎不全で血液透析を受けている. 階段を降りている時に膝最大屈曲位で床について受傷した. 膝伸展制限と右大腿四頭筋腱部にギャップと圧痛を認めた. 大腿四頭筋腱断裂にて人工靭帯及び FiberWire を用いて修復術を施行した. 術後翌日より可動域訓練を開始し, 術後 1 年で屈曲 0° 伸展 150° である. 症例 2. 32歳, 男性. 車を運転中に対向車と正面衝突し右膝蓋骨粉碎骨折, 多発外傷を受傷. 右脛骨開放骨折を合併していたため受傷後 10 日で手術を施行した. 1 週間後に可動域訓練を開始した. 膝拘縮のため受傷後 6 ヶ月で関節授動術施行し, 施行後 6 ヶ月で屈曲 0° 伸展 120° である. 本方法の長所は方法が簡便であること, 十分な補強が得られることの 2 つであり, 術後早期からの可動域訓練が行え機能障害を来たしにくいと考えられる.

キーワード：外傷性膝伸展機構, 人工靭帯, FiberWire, 早期可動域訓練

これらの方法で治療した 2 例の経過について報告する.

はじめに

膝伸展機構は大腿四頭筋, 大腿四頭筋腱, 膝蓋骨, 膝蓋腱および脛骨結節からなり, 下肢の機能にとって最も重要な組織であり, それだけに非常に大きな負荷がかかる. 大腿四頭筋腱断裂や膝蓋腱断裂の治療には新鮮例では修復術を, 陳旧例で修復不能例に対しては自家腱や人工靭帯を用いた再建術が行われる. しかし従来より行われている修復術や自家腱を用いた再建術では, 手術手技が難しかったり, 力学的強度の問題から長期の外固定を要する等の難点があった. これらの方法に対し Fujikawa らは腱修復に加え, Leeds-Keio 人工靭帯で補強することにより力学的強度の問題を解決し, 早期可動域訓練や荷重歩行を可能とした. われわれは人工靭帯を用いた補強術に加え polyblend 糸 (商品名: FiberWire) 付の suture anchor (図 1) を使用して右大腿四頭筋腱断裂や右膝蓋骨粉碎骨折に対し修復術を行うことにより (図 2), より強固にかつ簡便に手術が行えるようにしている. 本研究ではこ

対象および方法

症例 1 : 55歳, 女性.

主 訴 : 右膝自動伸展不能, 右膝痛.

既往歴 : 15年前より慢性腎不全にて血液透析を受けている.

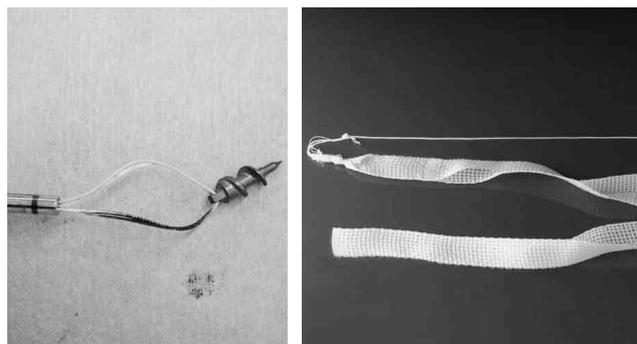


図 1

FiberWire 付 suture anchor (Fastak Corkscrew) (左) と Leeds-Keio 人工靭帯 (右)

現病歴：2004年12月に自宅の階段を下りているときに転倒し膝最大屈曲位で右膝を床についた。受傷直後より右大腿遠位に痛みを生じ、膝自動伸展不能となり、歩行できなくなった。近医にて右大腿四頭筋腱断裂と診断され、手術目的で当科に紹介された。

初診時現症：膝自動伸展は不能であったが他動的には可動域制限は認めなかった。大腿四頭筋腱付着部に圧痛と gap 形成を認めた (図3)。

血液生化学所見：PTHは測定していなかったが、BUN、クレアチニンは高値、カルシウムは軽度低値、リンは高値と続発性上皮小体機能亢進症が示唆された (表1)。

画像所見：単純X線上、膝蓋骨低位及び膝蓋骨骨折は認めなかった (図4)。

手術所見：膝蓋骨上極より約5cm近位から膝蓋骨下縁に至る縦切開を加え、損傷部を展開した。大腿四頭筋腱の内側は膝蓋骨上極より33mm近位の実質部での

断裂しており、外側に向かうにしたがい断裂部は遠位に向かい、外側端では腱付着部で断裂していた。断端部には結合組織と線維性組織が混在していた (図5)。Telos 人工靭帯 (300×1×10mm) (テロスジャパン 107-0052 東京都港区赤坂2-21-12江沢ビル7F) を

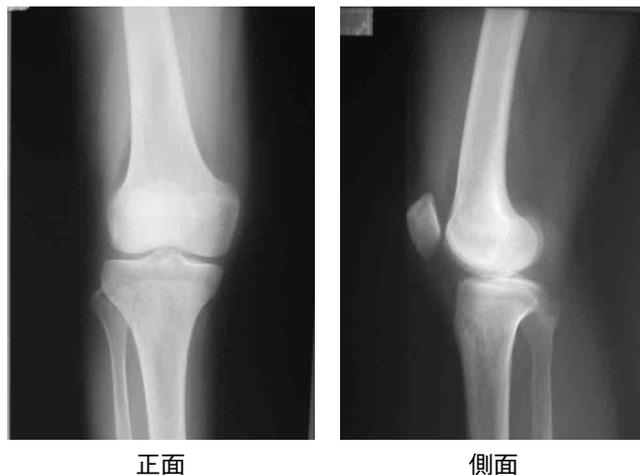


図4 初診時X線

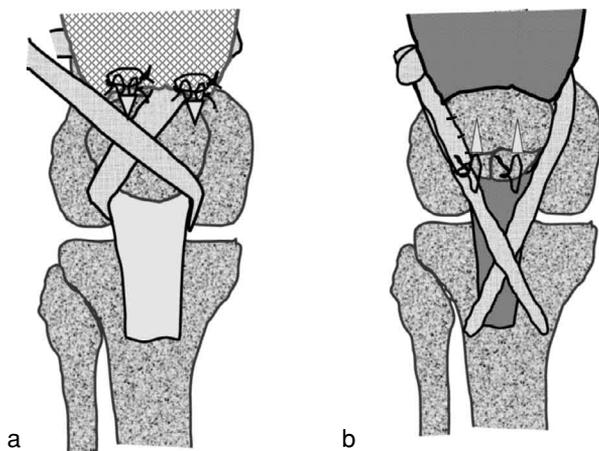


図2 当科で施行された手術
a：大腿四頭筋腱断裂に対する手術
b：膝蓋骨粉碎骨折に対する手術



図3 初診時、身体所見

RBC	337 ($\times 10^4/\mu\text{l}$)
Hb	11.5 (g/dl)
Ht	31.8 (%)
WBC	46 ($\times 10^2/\mu\text{l}$)
Na	137 (mg/dl)
K	4.3 (mg/dl)
Cl	102 (mg/dl)
Ca	8.6 (mg/dl)
P	5.5 (mg/dl)
BUN	62 (mg/dl)
CRN	10.1 (mg/dl)



図5 術中所見1

膝蓋骨下極に通し、膝蓋骨前面でクロスさせ、そのまま近位側腱断端に通して、腱の前方へ引き抜いた。さらに内側の人工靭帯を腱の内側から外側へ通しておいた。膝蓋骨近位端にそれぞれ FiberWire が2本装着された5.0mm の Fastak の Corkscrew (Arthrex 1370 creekside Blvd Naples, Florida 34108 USA) を2本投入し FiberWire を近位腱断端に通し右膝伸展位で modified Mason-Allen stitch により縫合した。さらに人工靭帯をたるみがないようにしっかりと右膝伸展位で引っ張り出して結んだ。修復後膝屈曲は140°まで可能で断端部の離開は認めなかった (図6)。

組織所見：非特異的な炎症反応を主体とする肉芽組織であり、骨の付着部には変性した腱組織が認められた。アミロイドは認めなかった (図7)。

術後経過：術後翌日より CPM を用いて他動的可動域訓練を開始した。術後4日で免荷にて歩行器を用いて歩行訓練、術後3週で体重の1/3で部分荷重、術後

4週で全荷重にて歩行訓練を開始した。可動域は、術後4日で自動的可動域が伸展0°、屈曲80°、術後5週で伸展0°、屈曲108°、術後6ヶ月で伸展0°(左0°)、屈曲145°(左155°)であった。術後7週で装具をはずして歩行でき、12週より階段昇降も可能となった。術後1年で可動域は屈曲150°、伸展0°、主筋力テストは伸展筋群、屈曲筋群ともに5である。

症例2：32歳、男性。右膝蓋骨粉碎骨折。

合併損傷：右股関節後方脱臼骨折、右脛骨腓骨遠位骨幹部開放骨折、左脛骨高原骨折、左膝前十字靭帯断裂。

現病歴：平成17年1月17日に普通自動車を運転中にトラックと正面衝突し受傷された。県立海部病院に搬送され、全身麻酔下に右股関節脱臼の整復および開放骨折部の洗浄され、当科へ紹介された。

X線所見：右膝蓋骨は下極が粉碎していた (図8)。

入院経過：右股関節の安静および感染を否定するために安静で経過観察の後、1月28日に手術を行った。

手術所見：膝蓋骨は下極で粉碎しており骨折部で腱の断裂を認め、また脛骨の外顆外縁で軟骨欠損が認められた。まず骨折部断面を新鮮化し、脛骨結節より1cm遠位に骨孔を作成し、人工靭帯を通した。人工靭帯を膝蓋腱の前面でクロスさせた。FiberWire付 suture anchor を膝蓋骨骨折面に2個挿入し、内側の



図6 術中所見2

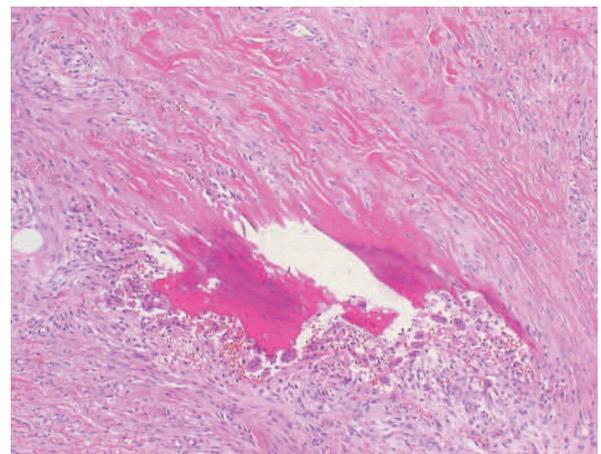
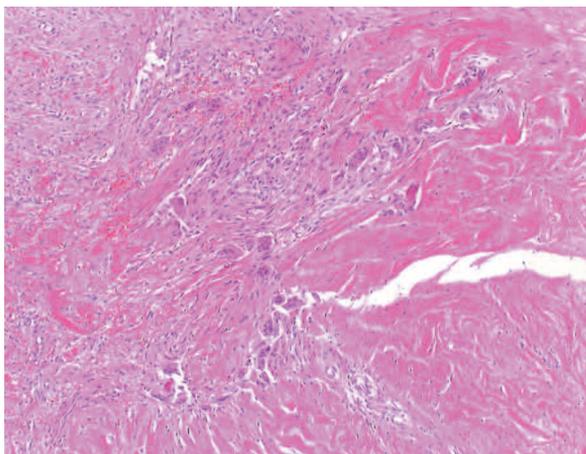


図7 顕微鏡所見 (×40) a: 腱実質部での断裂 b: 外側端の腱付着部での断裂



図8 初診時X線

Corkscrew からの FiberWire は遠位骨片を通し，膝伸展位で結び，外側の Corkscrew からの FiberWire は1本は遠位骨片を通し，もう1本は断裂していた膝蓋腱に通し，縫合した．Leeds-Keio 人工靭帯（600×1×16mm）（ユフ精器 113-8691 東京都文京区湯島2丁目31-20）を内側から外側へ四頭筋腱下に通し，屈曲30°で外側で結んだ．屈曲30°～90°で人工靭帯に良好な緊張がかかり，修復した膝蓋骨には大きな緊張はかからなかった（図9）．同時に他の部位の骨接合術も行った．右脛骨遠位骨幹部骨折および左脛骨高原骨折には anatomical plate を用いて観血的骨接合術を行った．右股関節の骨頭骨折だが，非荷重面で生じており，荷重面には及んでいなかったため経過観察とした．

術後経過：右脛骨・腓骨骨折を合併していたため，術

後10日より CPM にて他動的可動域訓練を開始し，術後5週で自動運動，7週より部分荷重，10週より全荷重を開始した．可動域は術後10日で屈曲30°，伸展-10°，16週で屈曲80°，伸展-10°と拘縮による可動域制限強いため，6月13日に関節鏡下関節授動術を施行した．膝関節内は suprapatellar pouch は膝蓋大腿関節面のすぐ近位で完全に癒着で塞がっていたため，筋線維が見えるようになるまで剥離した．術後の可動域は屈曲95°（左140°）と改善は軽度であったがスムーズに自動屈曲できるようになった．授動術施行後4ヶ月時には，歩行を含めた日常生活には支障なく，右膝の可動域は伸展-10°，屈曲120°となっている．

考 察

膝伸展機構は大腿四頭筋，大腿四頭筋腱，膝蓋骨，膝蓋腱および脛骨結節からなり，このいずれが破綻しても膝の伸展障害が生じる．健全人では，大腿四頭筋腱，膝蓋腱は各々約9000N¹⁾の強度を有している．また膝伸展機構全体で考えるとその破綻を招くには体重の約17.5倍の力を要する．等尺性運動における大腿四頭筋腱および膝蓋腱に発生する最大張力は各々3200N，2800Nであり，大腿四頭筋腱や膝蓋腱の断裂は特殊な状況下（膝屈曲下での急激な筋収縮）やステロイド長期投与，腎疾患，全身性エリテマトーデス，関節リウマチ，糖尿病，痛風，上皮小体機能亢進症などの全身性疾患による膝伸展機構の脆弱化によって発生する．慢性腎不全による腱の断裂の原因に関しては腎不全による慢性アシドーシスによる腱の脆弱化，二次性上皮小体機能亢進症による腱附着部での fibrocartilagenous junction の脆弱化，アミロイド沈着による腱の脆弱化等いろいろな説がある²⁾³⁾．慢性腎不全を有



図9 術中所見

する大腿四頭筋腱断裂では腱付着部での断裂が圧倒的に多いが、基礎疾患を有さない大腿四頭筋腱断裂も腱付着部に多く⁴⁾、また病理組織標本でアミロイド沈着を認める症例が少ないことから、どれをとっても決め手に欠ける。今回我々の症例においてもアミロイド沈着は認めず、内側は腱実質部、外側は腱付着部での断裂であった。

膝伸展機構の損傷に対しては、従来より急性期の損傷には膝蓋骨に骨孔を作成し断端腱に非吸収糸をかけて糸を骨孔に通して縫着する方法や断端部を吻合し中枢側の筋膜を剥離・翻転し縫合部を補強する Scuderi 法、また陳旧性の損傷で断端部を合わせることができない場合は筋腱部を三角状に切離し伸展機構を延長して縫合する Codivilla 法などさまざまな補強修復術や再建術がある⁵⁾。また膝蓋腱の損傷では断端腱を縫着したり強度が不十分な場合は薄筋腱や半腱様筋腱を用いた補強術や再建術がある。しかしいずれの手術法においても十分な繰り返しの負荷に対する強度や十分な抗張力を得られないため⁶⁾、術後に長期間の外固定を必要とする上に、自家組織を犠牲にしたり、手術手技が煩雑であるなどの欠点があり、可動域や筋力の回復の遅れにつながる。これに対して Fujikawa らは Leeds-Keio 人工靭帯を補強術として使用し、伸展機構損傷を修復した18例の成績を報告している⁷⁾。術後1日目より可動域訓練を開始し、大腿四頭筋腱断裂では術後4週で部分荷重、6週で全荷重、膝蓋腱断裂では術後2週で部分荷重、3週で全荷重を許可し、18症例中4例に10°未満の伸展ラグを認めたものの平均146°の可動域を獲得できたと報告している。Leeds-Keio 人工靭帯は scaffold 型の人工靭帯でポリエステル製のメッシュ構造であり、引っ張り強度が約2200N、長さが50~60cm と十分な強度と長さがあるため、膝伸展機構補強後の早期可動域訓練に対し十分に耐えることができる。我々の症例でも慢性腎不全を合併した膝伸展機構損傷に対しては術後早期からの可動域訓練が行え、良好な成績を得た。膝蓋骨粉碎骨折の症例に関しては患側の股関節脱臼骨折、右下腿骨開放骨折を合併し早期可動域訓練を行うことができなかったことよって膝の可動域制限が残ってしまったと考えられる。しかしいずれの症例においても膝伸展機構の再破綻をきたすことはなかった。

今回我々は人工靭帯を使用した補強に加え、FiberWire 付 suture anchor を用いることで、より強

固にかつ簡便に腱修復が行えた。FiberWire はポリエチレン糸を軸にしてポリエステル糸とポリエチレン糸を編みこんだ構造をしており、エチボンド糸と比較し約2倍の強度、約10倍の疲労強度および伸びにくい性質を有している。また今回の症例のように腱付着部での剥離や粉碎骨折では、従来、骨孔を作成して糸を通す必要があり、手間が煩雑であった。これに対し、suture anchor を用いれば容易に糸を骨に固定することができ、時間も著しく短縮できる。ただ膝蓋骨に suture anchor を投入した場合、肩の腱板修復に用いる場合と異なり、anchor の長軸方向に力が加わるようになるため、骨孔作成した場合と異なり、容易に引き抜かれてしまうのではないかと危惧がある。しかし Barber らは引き伸ばし試験によれば、Ethibond 糸だけでなく、FiberWire 付 suture anchor でも全て、anchor が引き抜かれる前に糸が切れていたと報告されている⁸⁾。したがって万が一、過度の力が加わり修復部が破断するとしても anchor を使用したことが原因とはならず、あえて骨孔作成にこだわる必要はないと考えている。膝伸展機構の修復術における早期可動域訓練において重要なのは、断裂腱が自己修復するまでの間、膝可動域訓練に十分に耐えうる抗張力や繰り返し負荷に対する強度を有すること、断裂部の離開が生じないことであり、人工靭帯と FiberWire 付 suture anchor を用いた修復術はこれら全てを兼ね備えている。

近年、透析患者の長期生存が可能になってきており、さまざまな透析に伴う整形外科的合併症が報告されるようになってきた。膝伸展機構の損傷はその1つであり、今後その発生頻度は増加していき、修復術の頻度も増加すると考えられる。また膝伸展機構の破綻を伴う外傷に対しても容易な手技で十分な強度が得られる。本方法は専門家による特別な手技を要することなく、よい成績を得られると考えられる。

文 献

- 1) 吉矢晋一：筋腱損傷（大腿四頭筋腱、膝蓋腱）。NEW MOOK. 整形外科 7：74-79, 1999
- 2) 久保村達也, 星野雅洋, 長尾聡哉, 他：血液透析患者に発生した伸展膝両側機構損傷の2例。東日本整災会誌 13：437-443, 2001
- 3) 下林幹夫, 島岡宏行, 榊田義英, 他：長期透析患者に発症した大腿四頭筋腱断裂の2例。整形外科

- 53 : 557–560, 2002
- 4) 飛田祐一, 宮 秀俊, 川北晃平, 他 : 基礎疾患のない大腿四頭筋腱断裂の1例. 整形外科 54 : 56–59, 2003
- 5) Giles R. Scuderi, Mark E. Easley : Quadriceps and patellar tendon disruptions. In Surgery of the knee 3rd ed, P1074–1086, Livingstone, USA, 2001
- 6) Ravalin RV, Mazzocca AD, Graby-Benson JC et al : Biomechanical comparison of patellar tendon repair in a cadaver model. Am J Sports Med 30 : 469–473, 2002
- 7) Fujikawa K, Ohtani T, Matsumoto H et al : Reconstruction of the extensor apparatus of the knee with the Leeds-Keio ligament. J Bone Joint Surg. 76–B : 200–203, 1994
- 8) Barber FA, Herbert MA, Richards DP : Sutures and suture anchors : update 2003. Arthroscopy 19 : 985–990, 2003

Two Cases of Reconstruction Using Artificial Ligaments and FiberWire for Traumatic disruption to the Knee Extensor Mechanism

Ryosuke SATO¹⁾, Takayuki OGAWA¹⁾, Koji FUJII¹⁾, Yoshitsugu TAKEDA¹⁾, Akira NARUSE¹⁾, Akira MINATO¹⁾, Yoshihiko TANI²⁾, Hideyuki URAOKA³⁾

1) Division of Orthopaedic Surgery, Tokushima Red Cross Hospital

2) Tani clinic

3) Division of Orthopaedic Surgery, Tokushima Prefectural Kaifu Hospital

Cases of traumatic disruption to the knee extensor mechanism were treated with a combination of the method using artificial ligaments of Fujigawa et al. with FiberWire. Case 1 was a 55-year-old woman who had been receiving hemodialysis for 15 years because of chronic renal failure. While going downstairs, she fell to the floor with the knee in maximum flexion. Following that injury, she showed restricted knee extension and a gap and tenderness in the right femoral quadriceps tendon. On a diagnosis of rupture of the quadriceps tendon, she underwent surgical repair using an artificial ligament and FiberWire. ROM (range of motion) exercise started on the day following surgery. ROM was 0 degrees for flexion and 150 degrees for extension when evaluated a year after surgery. Case 2 was a 32-year-old man. While driving, his car collided with a car coming towards him. He sustained comminuted fracture of the right patella and multiple traumas. Because he additionally suffered an open fracture of the right tibia, he underwent surgery 10 days after injury. ROM exercise was started one week later. Because of knee contracture, the ROM was 0 degrees for flexion and 120 degrees for extension six months after surgery (knee joint mobilization). This operative technique has the advantages of being easy and capable of providing adequate support to the site of injury. Since patients can start ROM training soon after surgery with this procedure, postoperative dysfunction may be minimized.

Key words : disruption of the extensor mechanism, artificial ligament, FiberWire

Tokushima Red Cross Hospital Medical Journal 11 : 45–50, 2006
