

1.1 膝前方部の解剖

大腿四頭筋は大腿直筋、内側広筋、外側広筋、中間広筋から構成され、大腿四頭筋腱となり、膝蓋骨、膝蓋腱を経て脛骨粗面に停止する。

大腿四頭筋は人体最大の筋であり、強力な作用を持つ。膝蓋骨は大腿四頭筋の種子骨として機能し、その作用効率を上げている。膝関節屈曲15°から0°への最終伸展時には、それまでの伸展時と比べ2倍以上の筋力が必要になる。膝蓋骨は大腿四頭筋のモーメントアームを延長することで、膝伸展筋力を増大させている¹。

そのため、大腿四頭筋腱-膝蓋骨、膝蓋骨-膝蓋腱には大きな力が加わることになり、繰り返しの外力により大腿四頭筋腱症、膝蓋腱症、膝蓋骨疲労骨折などが生じ、急性外傷として大腿四頭筋腱断裂、膝蓋腱断裂や脛骨粗面裂離骨折などが生じる。

本項では、膝前方部痛に関連する大腿四頭筋腱・膝蓋骨・膝蓋腱・脛骨粗面、および滑液包、脂肪体の解剖と機能について解説する。

大腿四頭筋の解剖

大腿直筋は下前腸骨棘と寛骨臼上方に、外側広筋は大腿骨粗線外側、内側広筋は大腿骨粗線内側、中間広筋は大腿骨前面に起始し、大腿神経の支配を受けている。これらすべての筋は膝蓋骨の近位5~8cmで大腿四頭筋腱に連続し、膝蓋骨と脛骨粗面に停止する²(図1)。

膝蓋骨は進化の過程で発生した種子骨であることから、大腿四頭筋の停止は脛骨粗面であり、「膝蓋靭帯」ではなく「膝蓋腱」が正確な名称と言える。

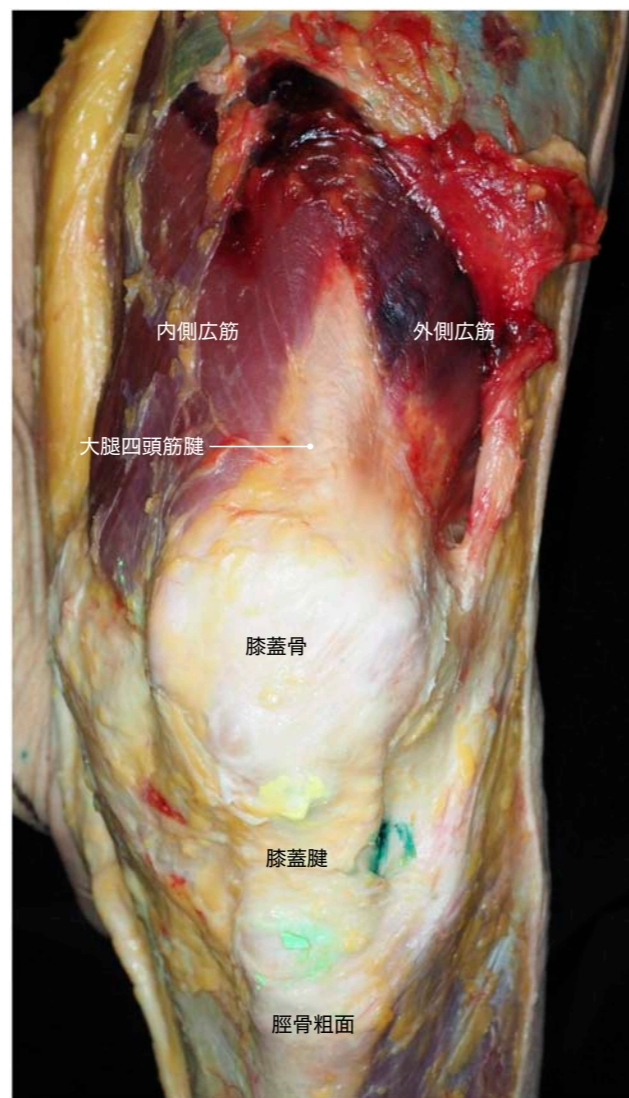


図1 膝関節の伸展機構(左膝)

A: 大腿直筋腱、B: 内側広筋腱と外側広筋腱、C: 中間広筋腱

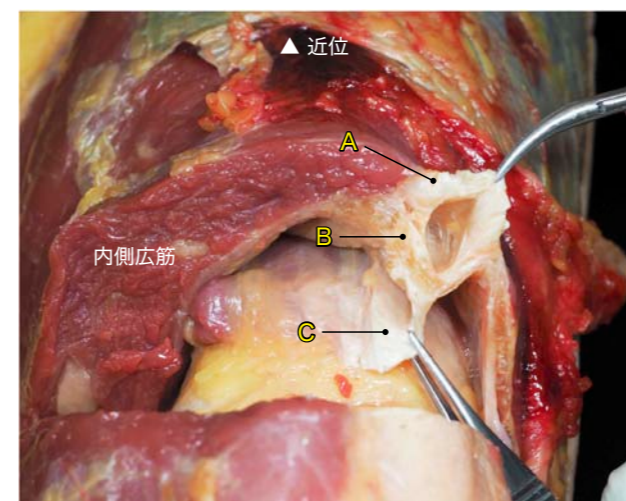


図2 大腿四頭筋腱(膝蓋骨近位2cmで切離)

A: 大腿直筋腱、B: 内側広筋腱と外側広筋腱、C: 中間広筋腱

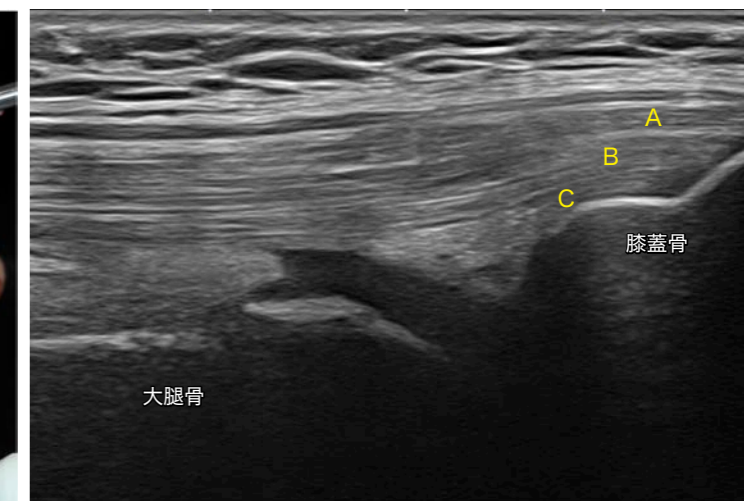


図3 大腿四頭筋腱の3層構造

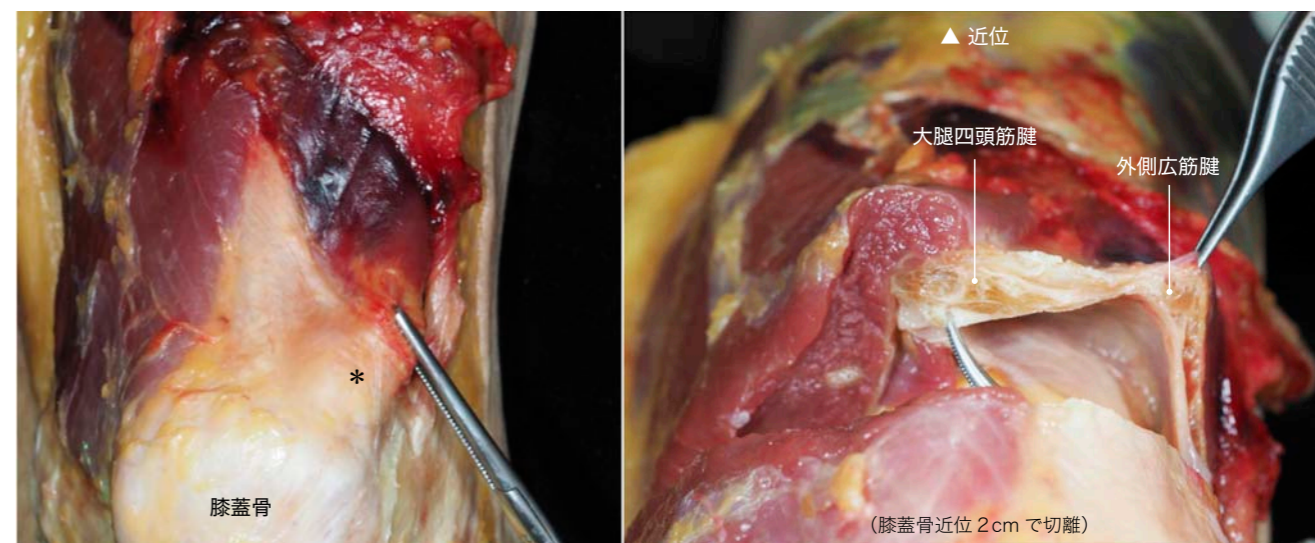
大腿四頭筋腱の表層は大腿直筋、中間層は内側広筋と外側広筋、深層は中間広筋の3層で構成されている³(図2, 3)。近年の文献には tensor vastus intermedius を含めているものもあるが、大腿四頭筋腱が3層構造であることは意見が一致している⁴。

内側広筋は方向の異なる2つの筋線維群、すなわち内側広筋縦走線維(VML: vastus medialis longus)と内側広筋斜走線維(VMO: vastus medialis obliquus)で構成される。VMOの多くの線維は大内転筋腱に起始し、膝蓋骨

内側に停止するとされている⁵。VMLとVMOはその付着角度の違いからそれぞれの機能は分けて考えられていることが多いが⁶、解剖学的には両者の間に明確な fascia はなく、同一神経に支配されていることがわかっている^{7,8}。

一方、外側広筋には独立して膝蓋骨に腱として連続するタイプの vastus lateralis obliquus (図4) が確認されており^{8,9,10}、この存在が有痛性分裂膝蓋骨の発生に関与していると考えられる。

図4 外側広筋腱



(膝蓋骨近位2cmで切離)



図8 膝蓋腱（短軸）

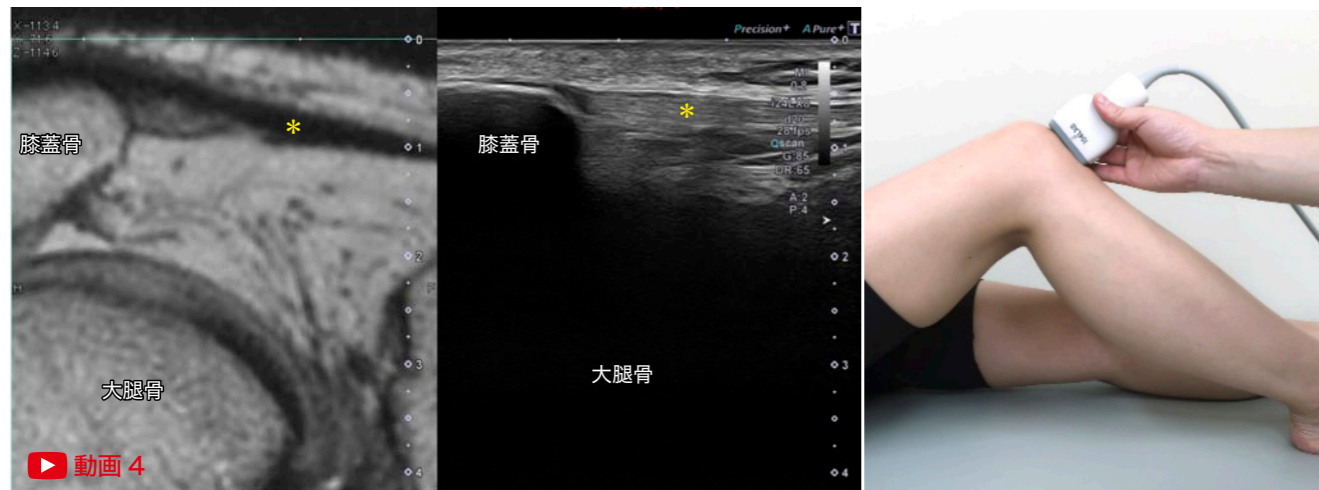


図9 膝蓋腱（長軸）

図10 膝前方の滑液包

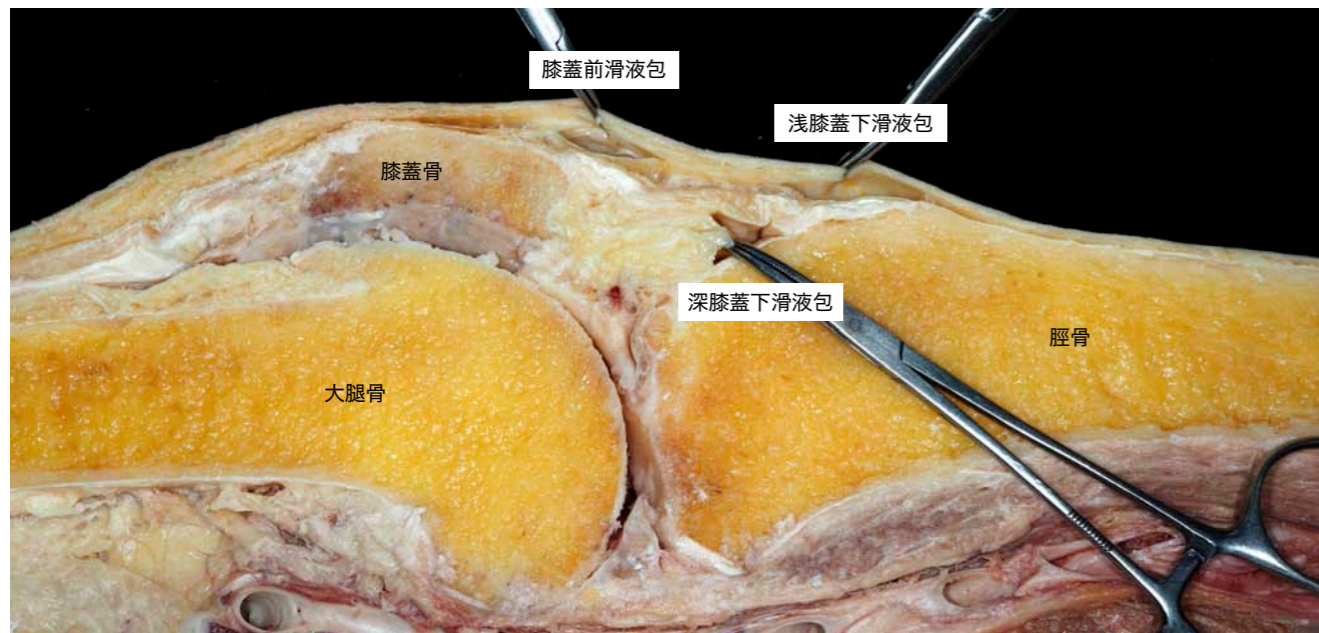


図11 浅膝蓋下滑液包と膝蓋前滑液包

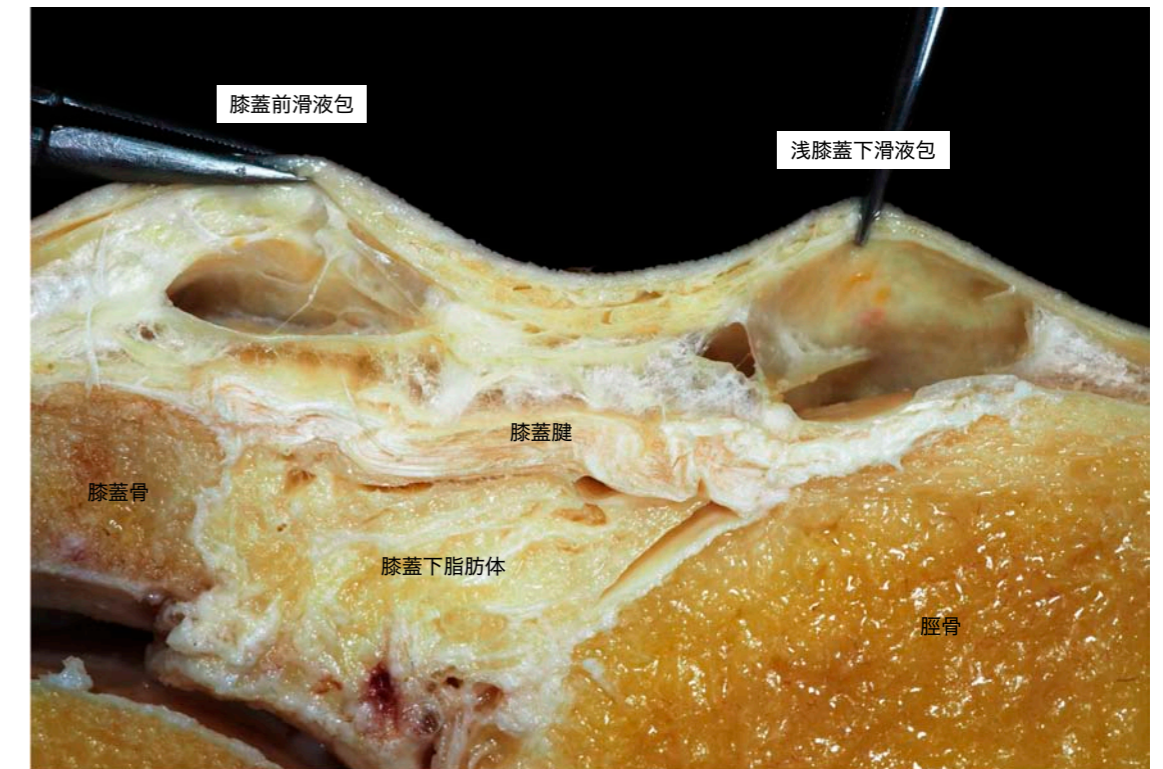
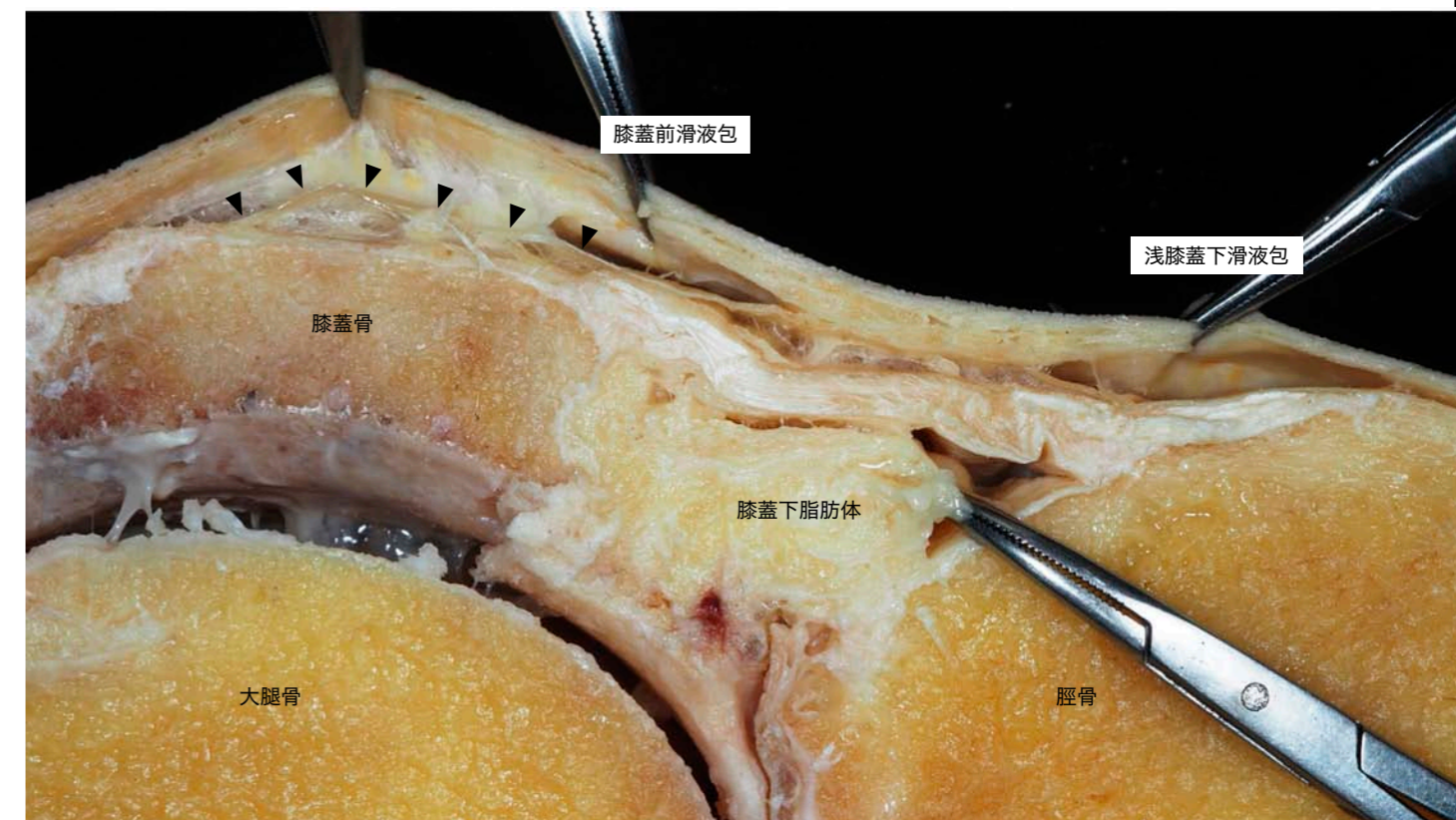


図12 Fascia subcutanea (矢頭)



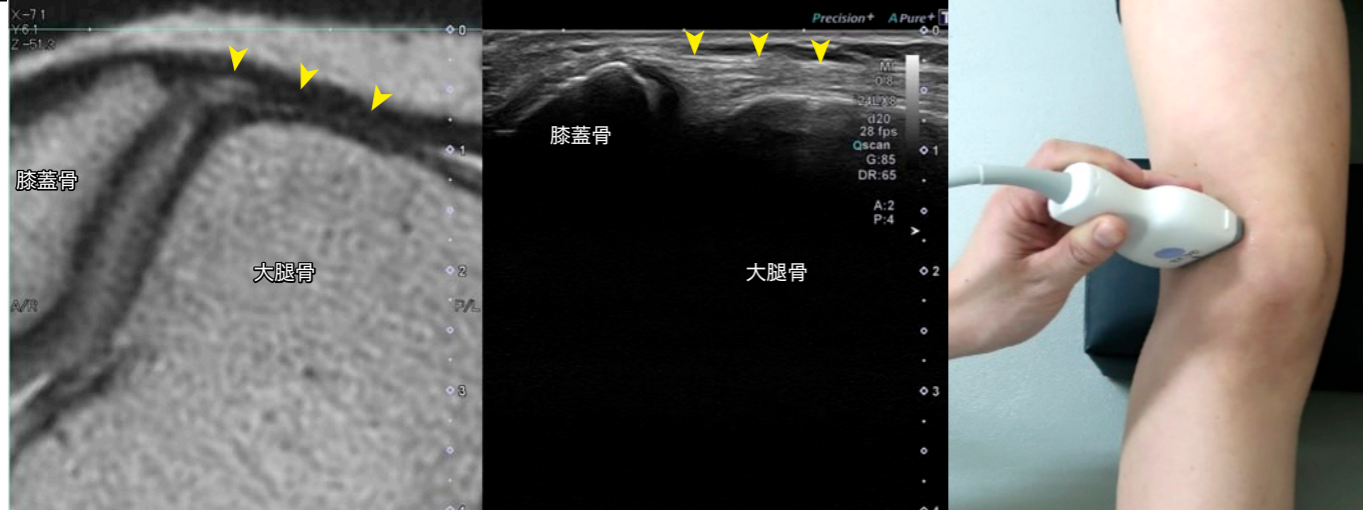


図7 外側膝蓋支帯

図8 外側側副靭帯；大腿骨附着部

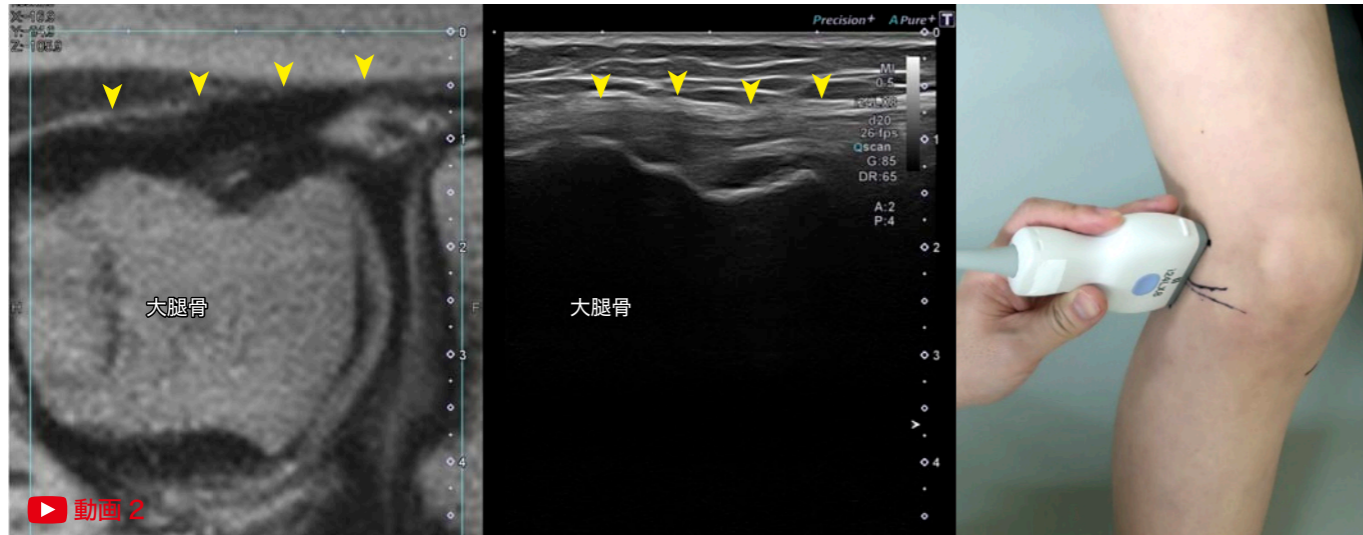
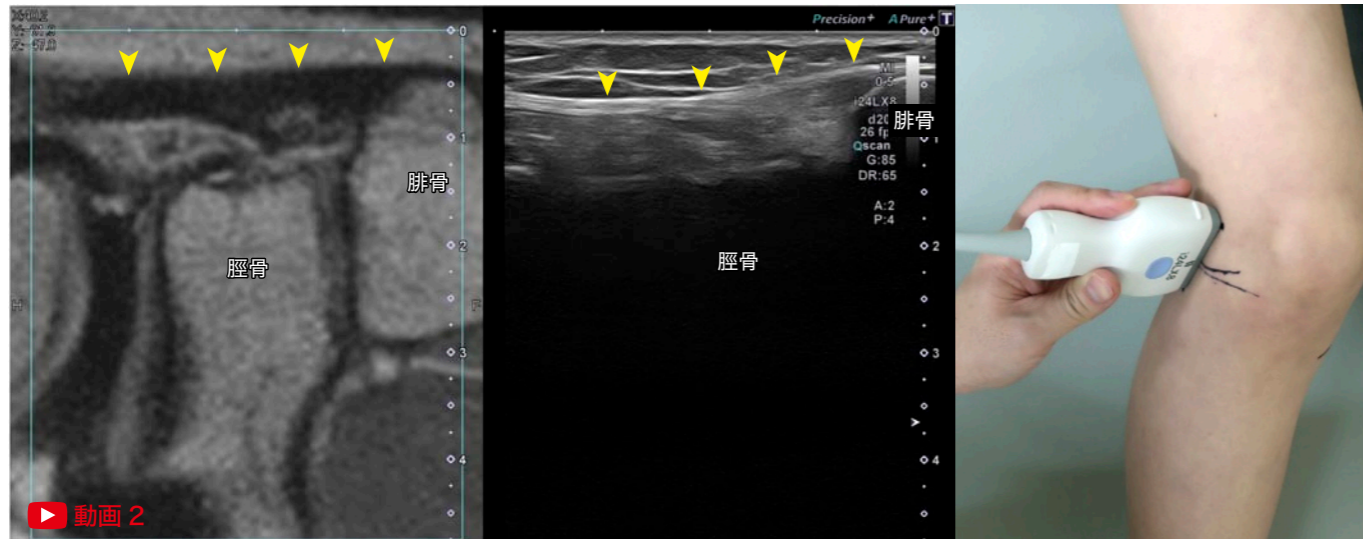


図9 外側側副靭帯；腓骨附着部



外側側副靭帯と関節包

外側関節包は2層に分かれる。表層はいわゆる関節包と外側側副靭帯 (LCL: lateral collateral ligament) とファベラ腓骨靭帯で構成され、深層は冠状靭帯と弓状靭帯で構成される。

外側側副靭帯は大腿骨外側上顆から起始し、腸脛靭帯の深層を通り腓骨頭に停止する⁵ (図8, 9)。

冠状靭帯とは外側半月板の下縁と脛骨の関節縁とを連結する線維のことである。

外側下膝動脈は外側関節包の2層の間を通過するため、超音波で同定するときの指標となる⁶ (図10)。

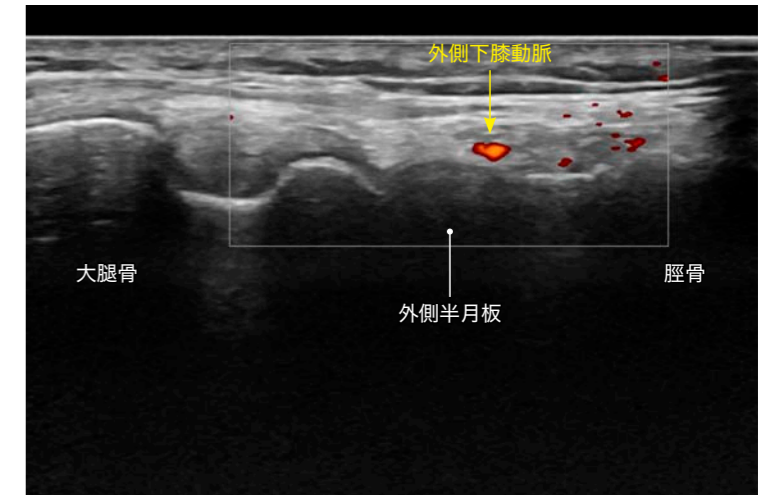
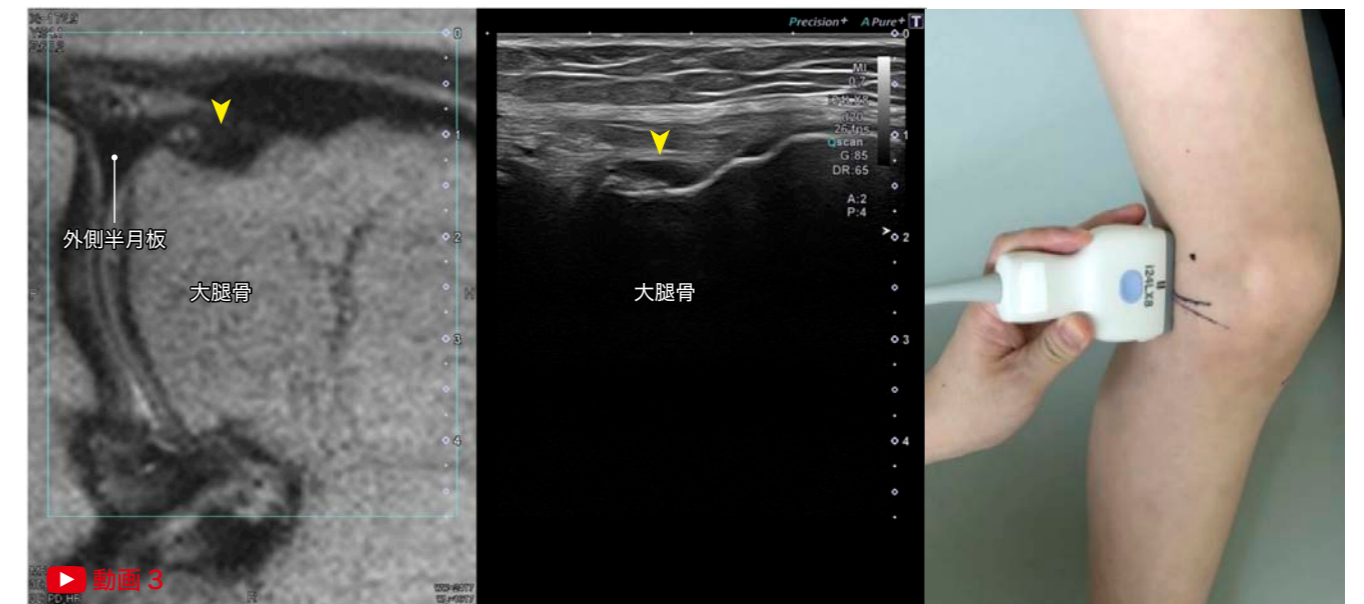


図10 外側下膝動脈

膝窩筋

膝窩筋は大腿骨外側顆の陥凹部から膝窩筋腱として起始する⁷ (図11)。膝窩筋腱附着部障害 (いわゆる膝窩筋腱炎) はスポーツ選手の膝関節外側部痛において鑑別すべき疾患の1つであり、超音波ガイド下注射の良い適応となる。

図11 膝窩筋腱



【観察のポイント】

患者を腹臥位とし、まず膝窩部中央で膝窩動脈の拍動を確認する(図6)。膝窩部内側で最も触診しやすい腱成分は半腱様筋腱で、外側では大腿二頭筋腱である。内側で半腱様筋腱が触診しにくい場合には、患者に膝関節を自動屈曲してもらって触診しやすくなる。

半腱様筋腱の長軸に直交するようにプローブを置くと、図7の画像を得ることができる。半膜様筋の「パイ」の上に、半腱様筋腱の「チェリー」が乗っているように見えることから“cherry on pie”という⁶。

膝窩部の観察ではこの画像を基本とし、内側にプローブを移動させると表層に縫工筋、その深層に薄筋腱を観察でき、外側にプローブを移動させると膝窩動静脈、脛骨神経と総腓骨神経を観察することができる(図8; 動画2)。オリエンテーションを見失った場合には、半腱様筋腱を触診し、その直上にプローブを置いて基本画像に戻ることをお勧めする。

Cherry on pie から半腱様筋腱に沿って遠位にプローブを移動させると半膜様筋の筋成分がなくなり、外側に腓腹筋内側頭が現れる(図9)。

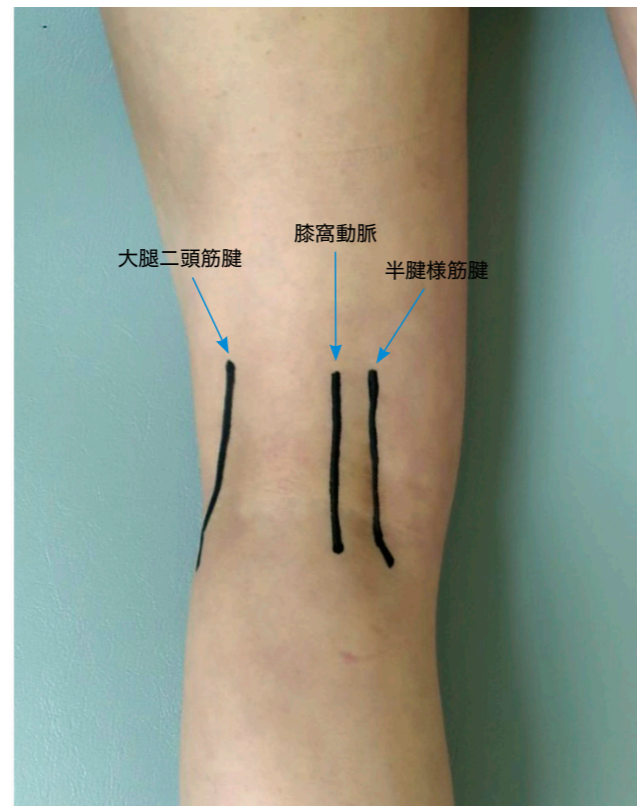


図6 膝窩部のランドマーク

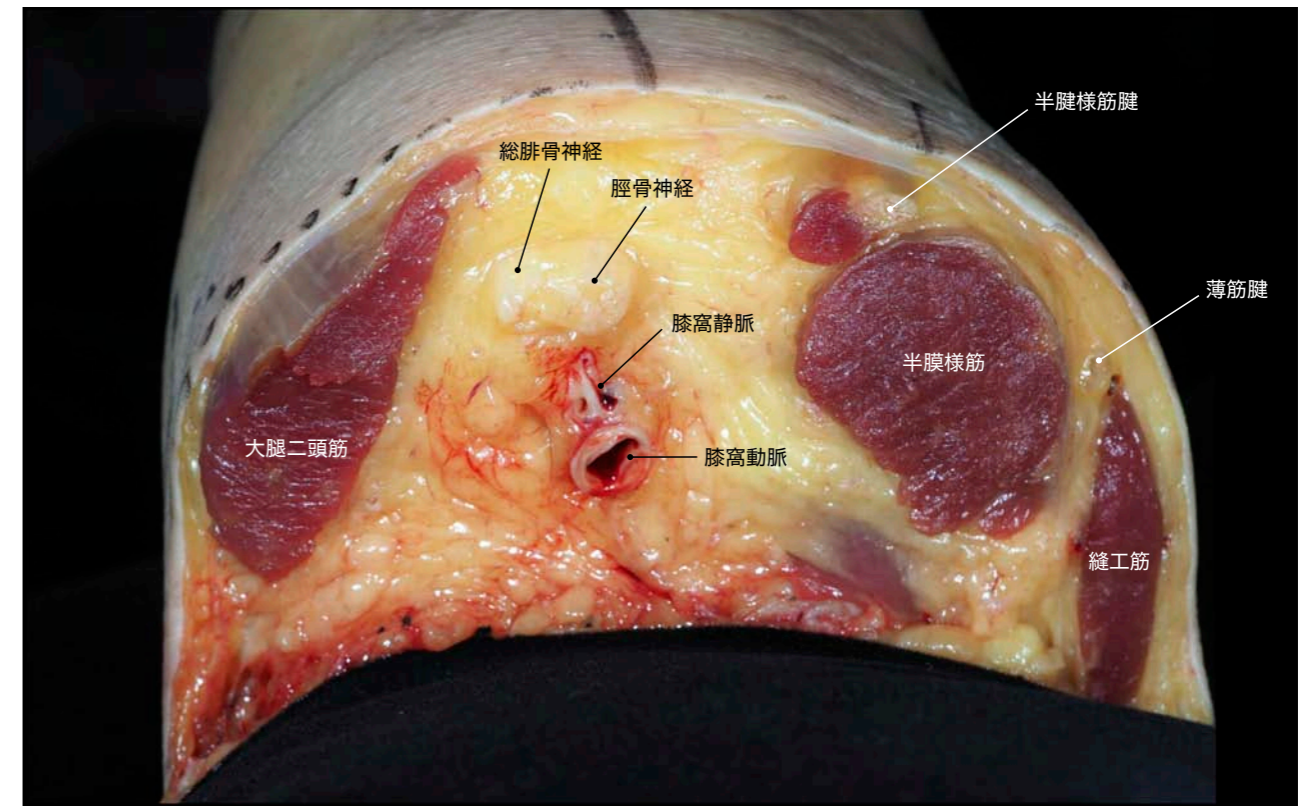
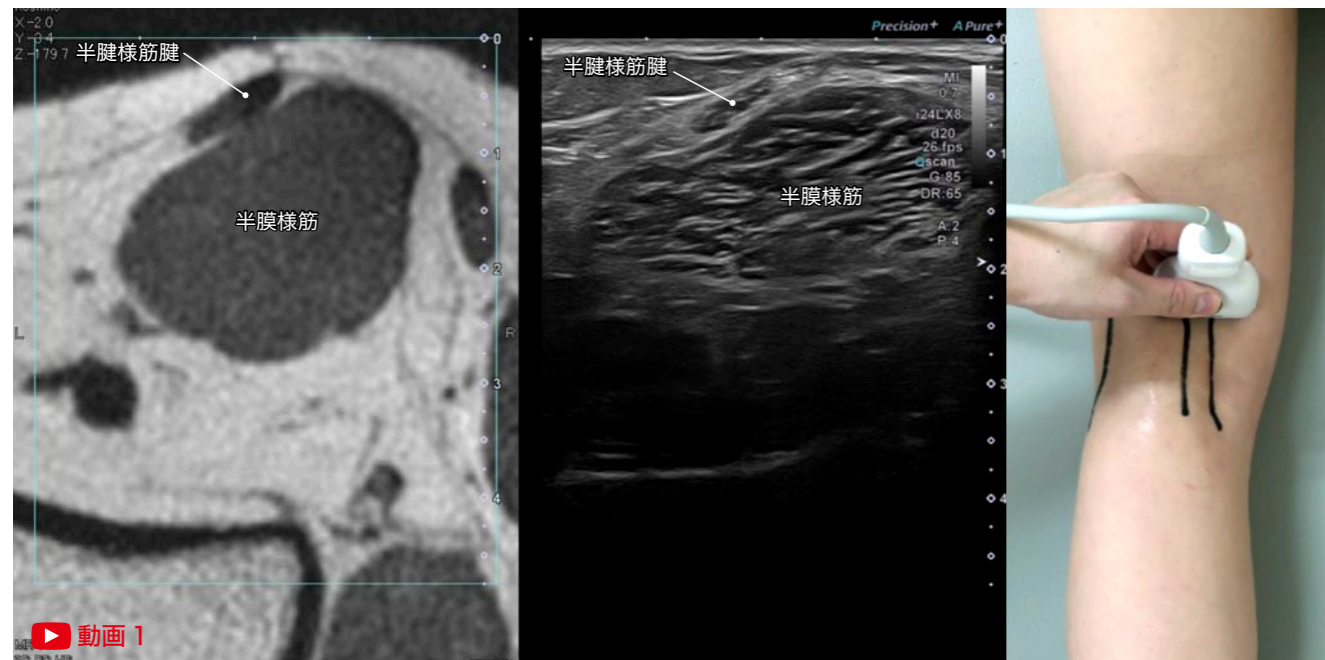


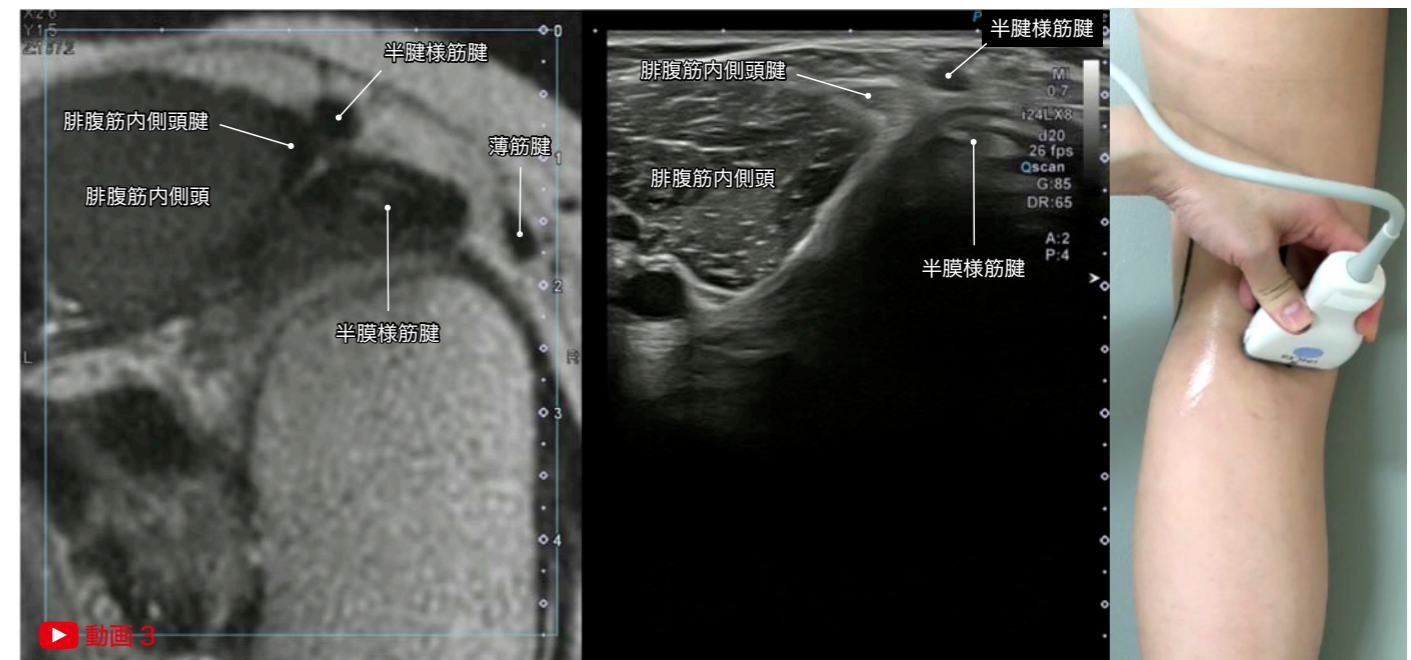
図8 膝窩部の断面

図7 Cherry on pie (半膜様筋と半腱様筋腱)



動画1

図9 膝窩部内側遠位



動画3

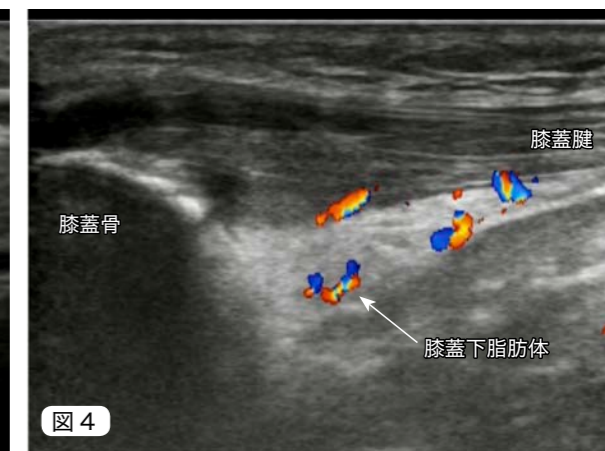
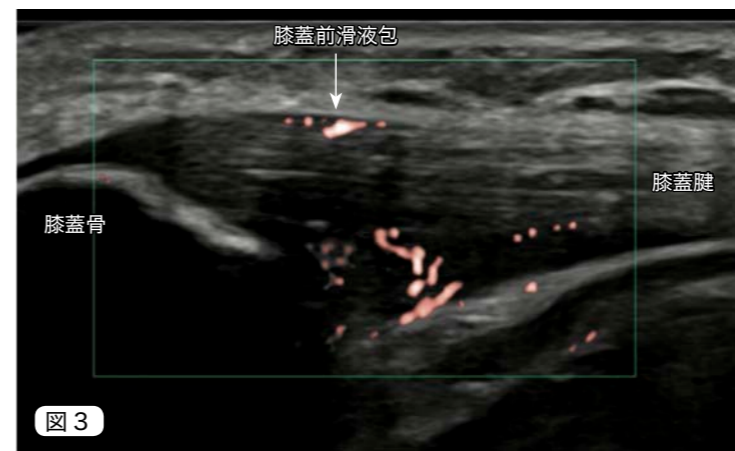
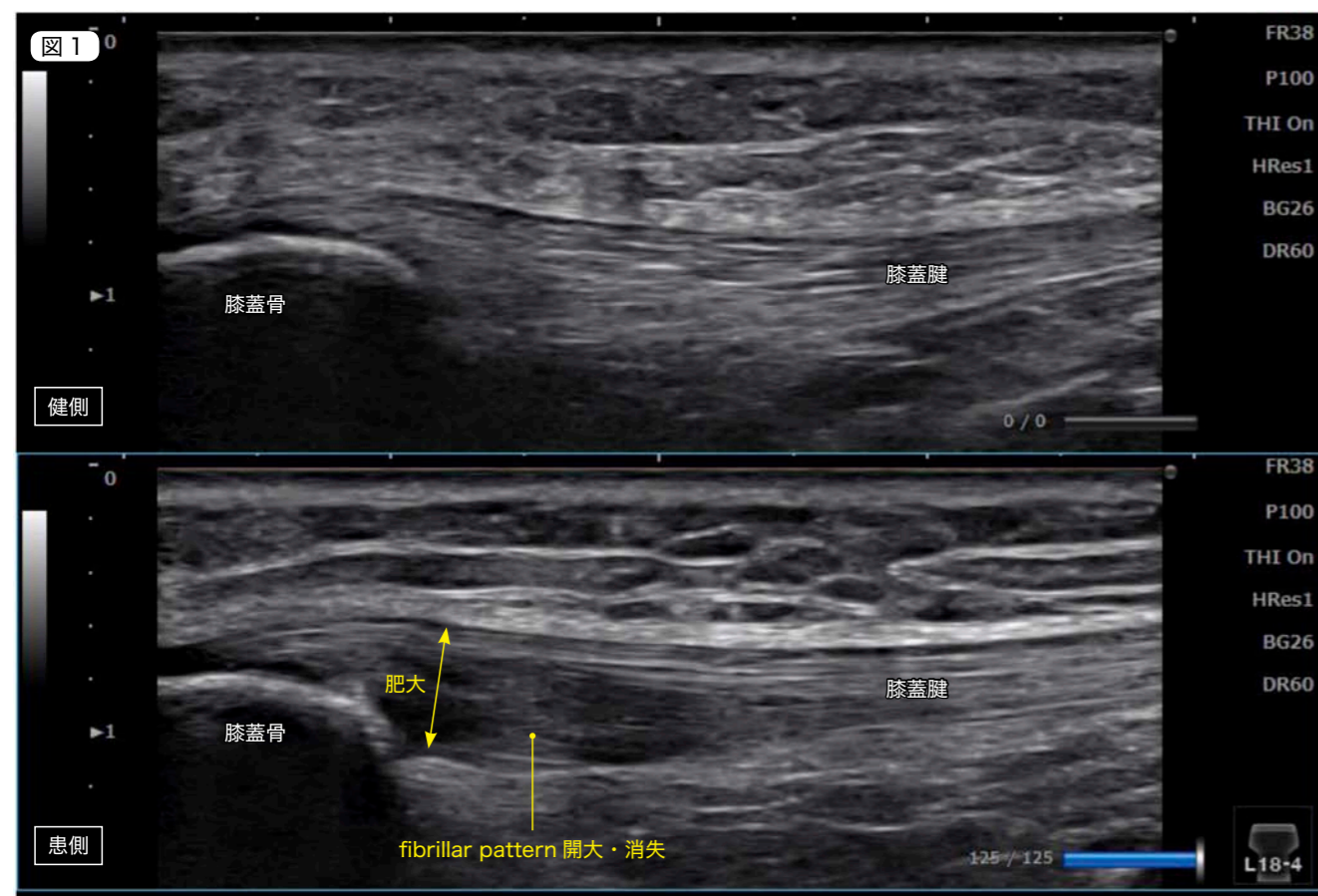
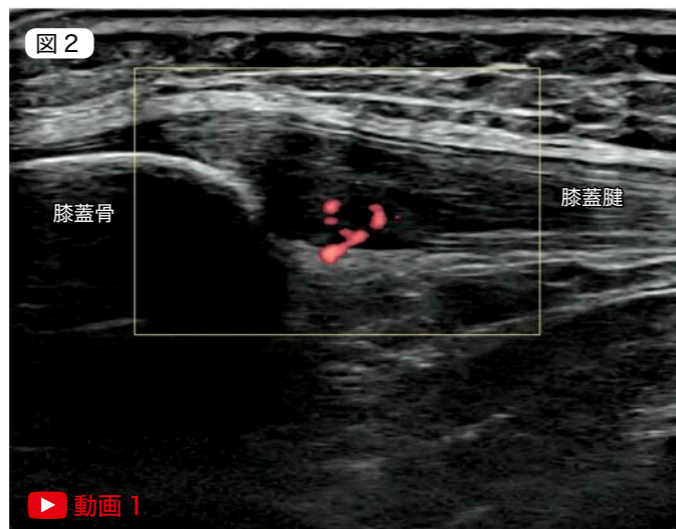
膝前方部痛 9 | 膝蓋腱症 (Jumper's knee)

Bモード長軸像：膝蓋腱が肥大、低輝度化し、fibrillar patternを示す線状高エコー像が開大または消失する(図1)。好発部位は膝蓋腱の近位深層や内側寄りである。

ドプラモード長軸像：病変の周囲に血管新生による血流シグナルの増加を認めることがある(図2)。症状が遷延している症例では膝蓋前滑液包(図3)や膝蓋下脂肪体(図4)の血流シグナルが増加していることもある。

MRI：T2強調像で腱内に高信号領域を伴った膝蓋腱の肥厚像を認める(図5)。

身体所見：膝蓋腱近位付着部に圧痛を認める。診察時には、膝蓋骨近位を圧迫して、膝蓋骨遠位部が浮くようにし

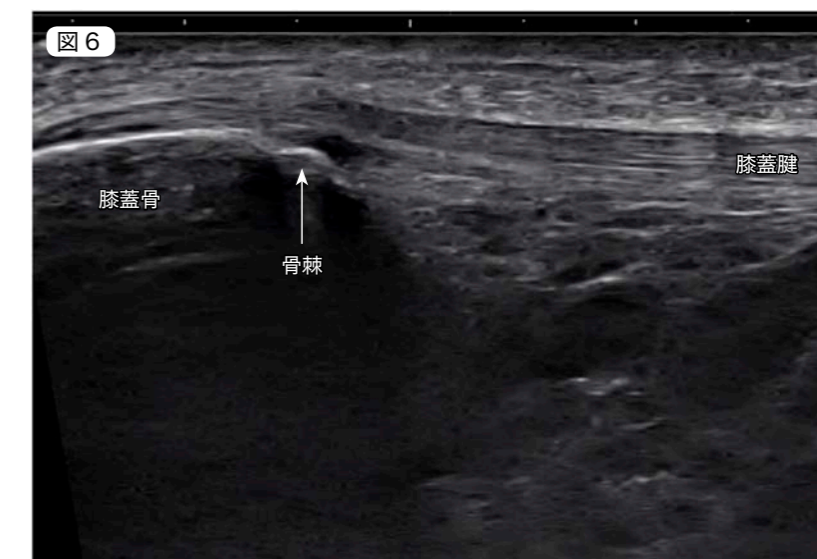


て触診するのがポイントである。スクワット動作など遠心性収縮時に疼痛を訴え、大腿四頭筋のタイトネスの上昇や疼痛のため、腹臥位での膝関節屈曲時に尻上がり現象を呈することがある。

治療：膝蓋腱症の治療の基本は、負荷の軽減や安静を含めた保存療法であるが、いまだに効果的な治療法が少なく、慢性例では治療に難渋することもあり。文献的には6ヵ月以上保存療法に抵抗する例に対しては手術加療が推奨されているが、手術方法や術式に関して一定の見解が得られていないのが現状である^{1,2}。超音波ガイド下治療の詳細は第3章で述べる。

膝前方部痛を呈する患者の中に、膝蓋腱症と非常によく似た訴えをする症例がある。膝蓋骨遠位に骨棘があり、周囲に低エコー域があるものの、膝蓋腱全体は腫脹していないケースである(図6)。このような症例では、低エコー域に1%キシロカイン1mLとケナコルト5mgを超音波ガイド下で注射すると劇的に改善する(動画2)。

一方で、いわゆる膝蓋腱症はスポーツ外来で治療に難渋する疾患の1つである。診断は比較的容易であるが、慢性化してから受診することが多く、様々な保存療法を駆使しても除痛できないことが多い。また、第3章で述べる手術加療を行っても、「切れ味」が悪いことがある。今後、体外衝撃波やTENEX®を含めて新しい治療法が期待される。



膝内側部痛 3 | 変形性膝関節症

変形性膝関節症では様々な場所に疼痛を訴えるが、ここでは内側型変形性膝関節症の超音波所見に限定して説明する。

変形性膝関節症における膝痛の要因

変形性膝関節症による疼痛の多くは、膝関節包内の軟骨変性や滑膜炎に加えて、下肢のアライメント変化による筋・腱の障害も影響していると考えられる(アスリートがオーバーユースによる内側部痛を訴えることもある)。

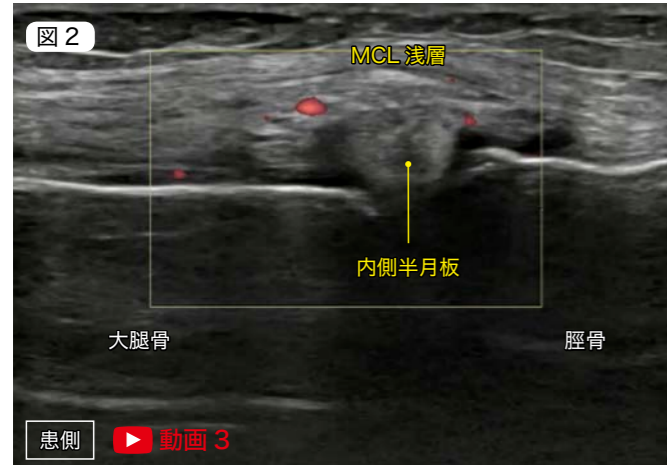
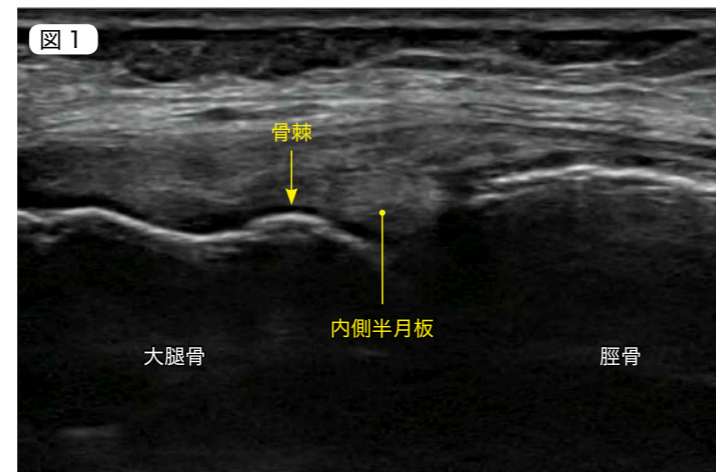
そもそも、膝周囲の疼痛のすべてを膝関節包内の問題で説明しようとするのは無理がある。膝関節外科医は、従来は単純X線像を中心に疼痛を考えてきたが、超音波検査の出現によって圧痛点の下に何があるか瞬時にわかるようになり、その場で注射をすることで「答え合わせ」が可能になった。池内らは、内側型変形性膝関節症患者を対象とした臨床研究において、膝関節包外の疼痛が少なくないと報告している¹⁾。

また、変形性膝関節症に対する伏在神経ブロックは、1999年に関らが世界に先駆けて報告し²⁾、ランドマーク法でのブロック注射でありながら、非常に素晴らしい臨床成

績をあげている。

膝関節痛と伏在神経については、超音波によって伏在神経を可視化できるようになった今、我々が解決すべき問題の1つである。伏在神経障害にはアライメント異常が関係していることが多く、アライメントを変えることが可能な手術(人工関節置換術や骨切り術)で伏在神経に関連した症状が軽快することも経験している。

一方で、保存療法のみで解決できる症状もある。伏在神経障害の保存療法を体系的にまとめ、普及させることで不必要な外科手術を減らすことができるだろう。



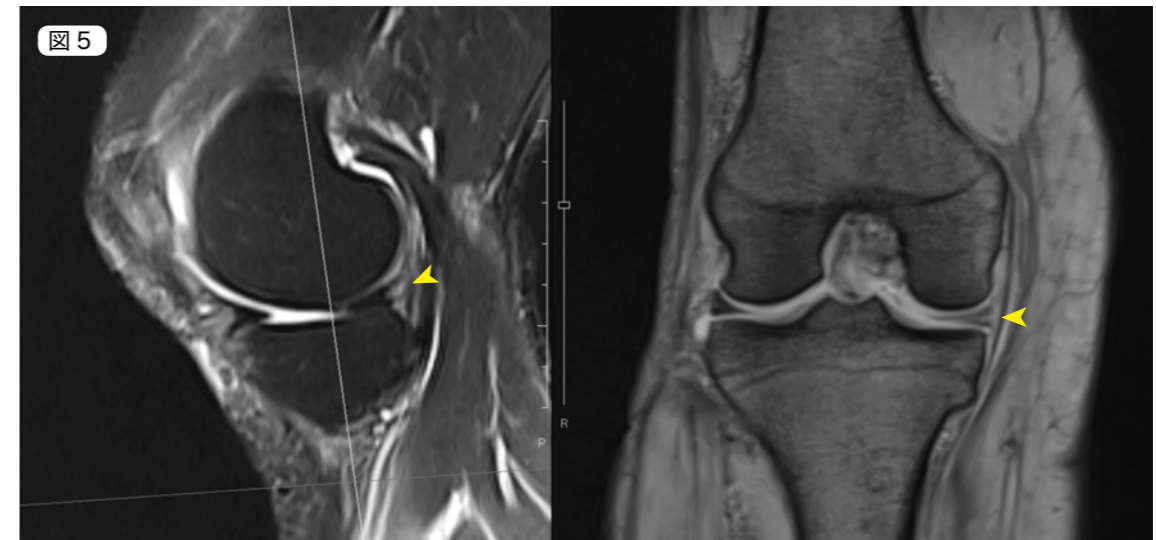
早期変形性膝関節症の画像診断

変形性膝関節症の初期の超音波所見として、内側半月板の逸脱や水平断裂、小さな骨棘を観察することができる(図1)。

加えて、膝関節の屈伸に伴う動き(動画1)や、荷重時の影響(動画2)を動的に観察することができるのは超音波の利点である。筆者らはいわゆる早期変形性膝関節症の画像診断には超音波が最も適していると考え、立位MRIと立位超音波の比較³⁾や膝関節屈伸時の動きについて有用性を報告している⁴⁾。

さらに、膝内側部痛を訴える症例の多くで、内側側副靭帯深層と浅層の間に血流シグナルを観察することができる(図2, 3; 動画3, 4)。そして、同部位に注射を行うと直後に血流シグナルと痛みが消失する(動画5, 6)。この現象は、いわゆる新生血管が浸透圧変化や物理的圧迫により血流が遮断されるためと考えているが、血流シグナルが増加する意味や組織学的変化を含めて精査する必要がある。

図4は図1～3の症例の単純X線像である。下肢全長像でアライメントは良好であり、X線上は関節裂隙の狭小化や骨棘形成は指摘できない。図5は同症例のMRIである。



膝内側部痛 8 | 脛骨内側顆脆弱性骨折

【症例】85歳女性。前日に長距離歩行してから右膝痛が増悪し、歩行困難となって受診した。

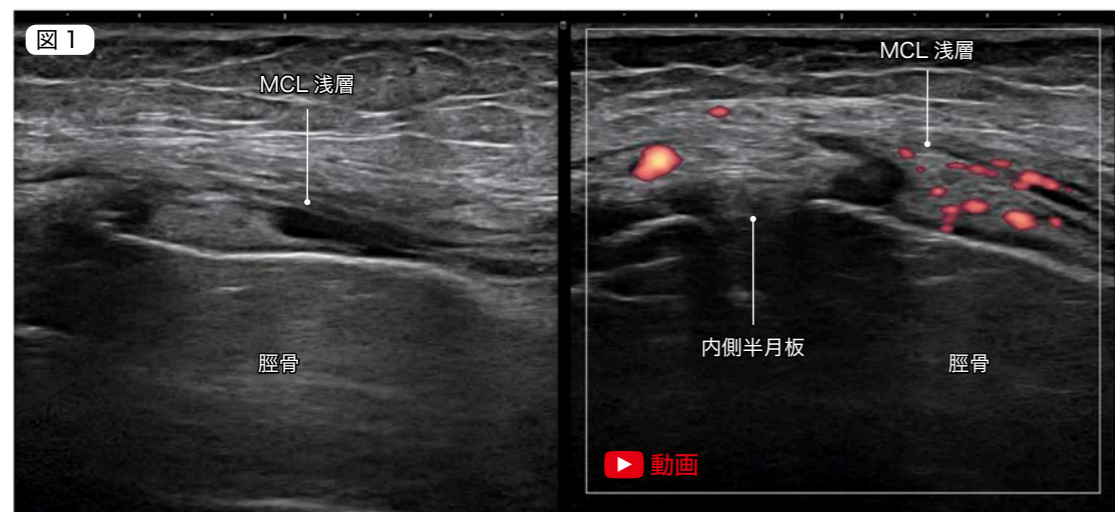
Bモード長軸像：脛骨内側とMCL浅層の間に低エコー域を認める(図1左)。

ドプラモード長軸像：脛骨内側とMCL浅層の間に血流シグナルが増加している(図1右)。

単純X線：正面像で変形性膝関節症を認めるが、膝関節痛が急に増悪した原因は同定できない(図2)。

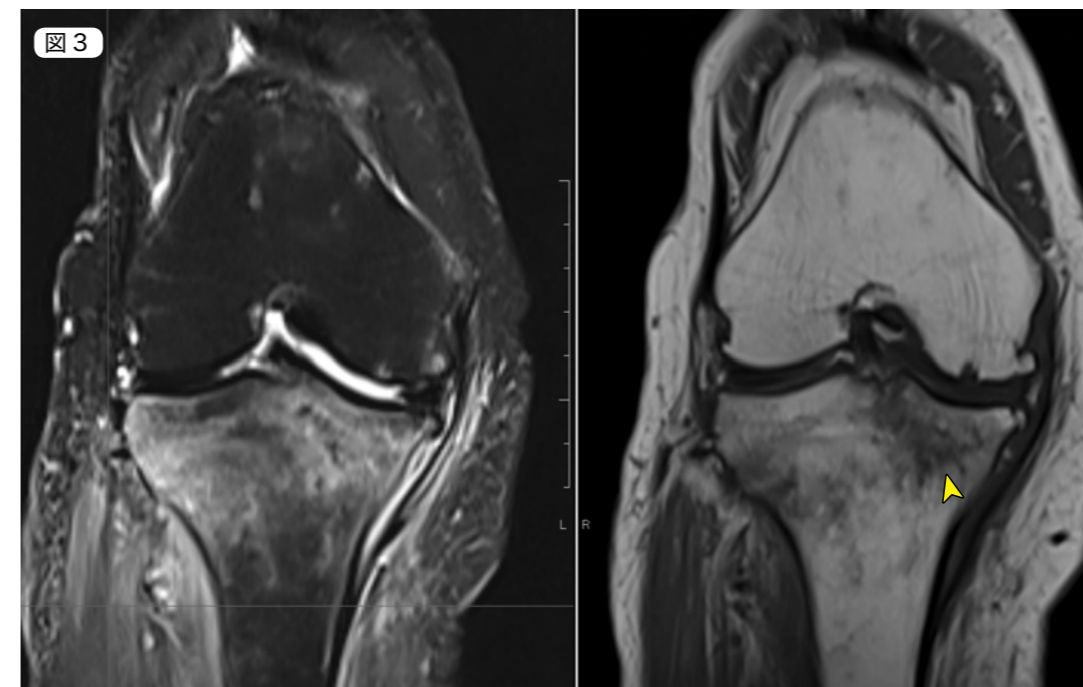
MRI：脛骨内側顆に骨折線および周囲の骨挫傷を認め、脛骨内側顆の脆弱性骨折と診断した(図3)。

身体所見：脛骨内側に熱感と強い圧痛を認めた。安静時痛はないが、荷重時に強い疼痛を認めた。



脛骨内側顆は脆弱性骨折 (fatigue fracture) の好発部位である。図4はウォーキングを開始して2週間で左膝関節内側部痛が出現した39歳女性のMRI像である。脛骨内側顆脆弱性骨折では、膝関節面と平行に骨折線が観察されるのが特徴である。この症例は近医で鷓足炎と診断されてい

た。鷓足炎との鑑別は難しいこともあるが、丁寧に圧痛部位を確認することが重要である。



膝窩部痛 5 | 腓腹筋外側頭滑液包炎

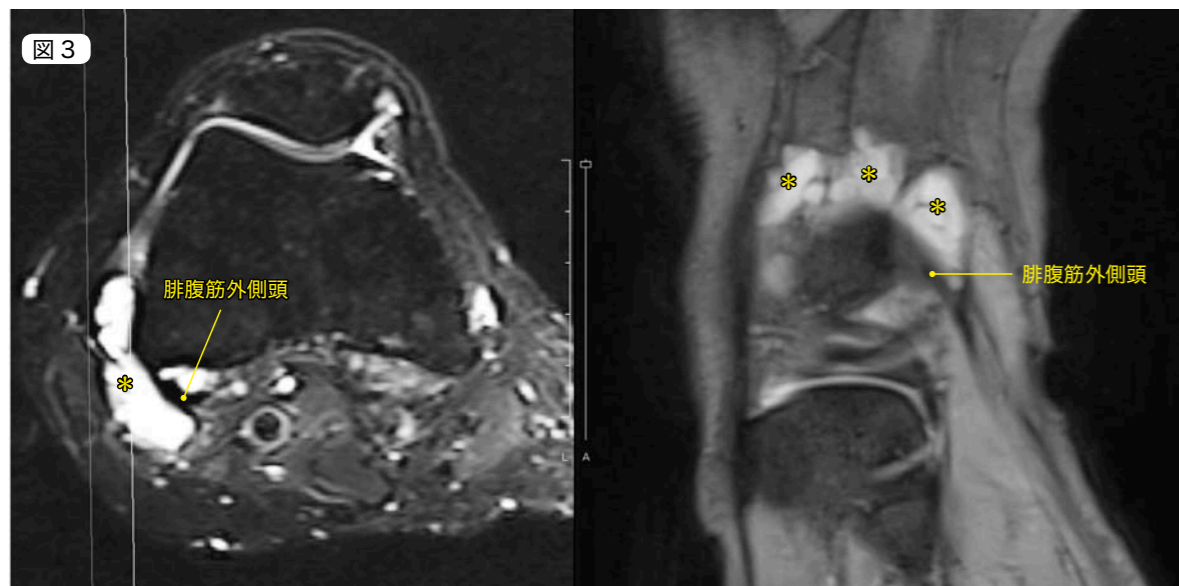
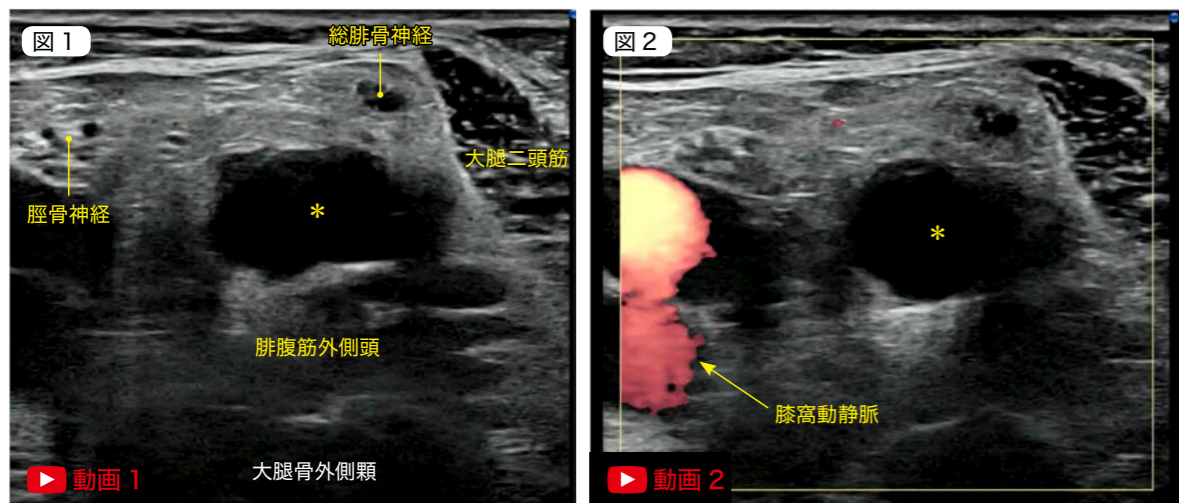
【症例】47歳女性、マラソンランナー。ランニング時の膝窩部痛を主訴に来院した。

Bモード短軸像：腓腹筋外側頭と大腿二頭筋の間に低エコーを示す嚢胞性病変(*)を認める(図1)。同時に総腓骨神経と脛骨神経も確認できる。

ドブラモード短軸像：嚢胞性病変と膝窩動静脈の位置関係を確認できる(図2)。

MRI：腓腹筋外側頭の周囲に嚢胞性病変を認め、矢状断像では嚢胞性病変が多房性であることがわかる(図3)。

治療：超音波ガイド下に嚢腫を吸引したが、ランニング時の膝窩部痛は残存した。総腓骨神経に対するハイドロリリース(第3章参照)を追加したところ、症状は消失した。大腿二頭筋腱と腓腹筋外側頭の摩擦で生じた滑液包炎であるが、症状には総腓骨神経が関連していた。



膝窩部痛 6 | ファベラ症候群

【症例】61歳男性。外傷後、右膝窩外側部痛を主訴に来院した。

Bモード短軸像：ファベラの直上に総腓骨神経を認める。総腓骨神経を触診するとファベラの直上を神経が動き、疼痛が再現された(図1)。

MRI：ファベラ直上を総腓骨神経が走行している(図2)。

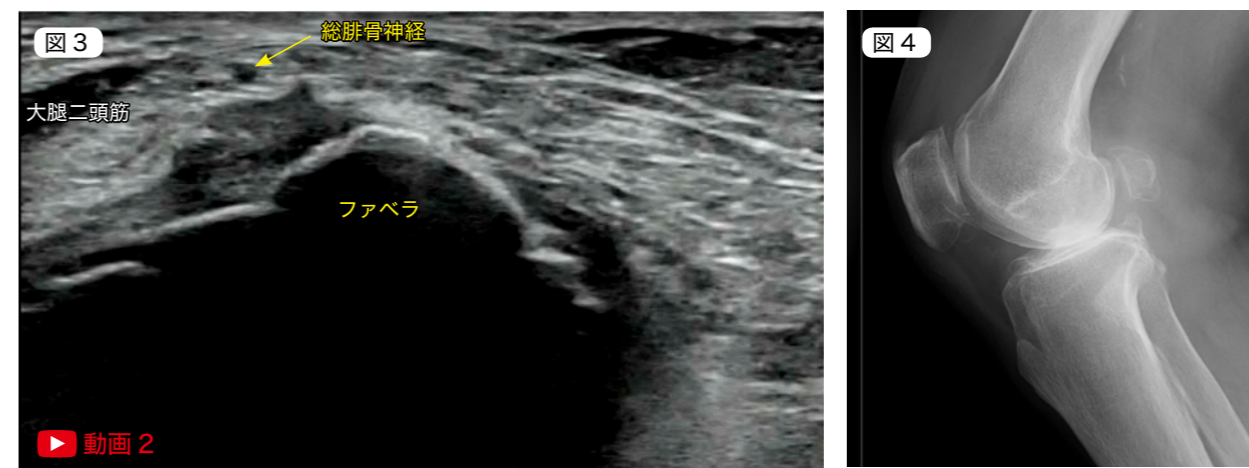
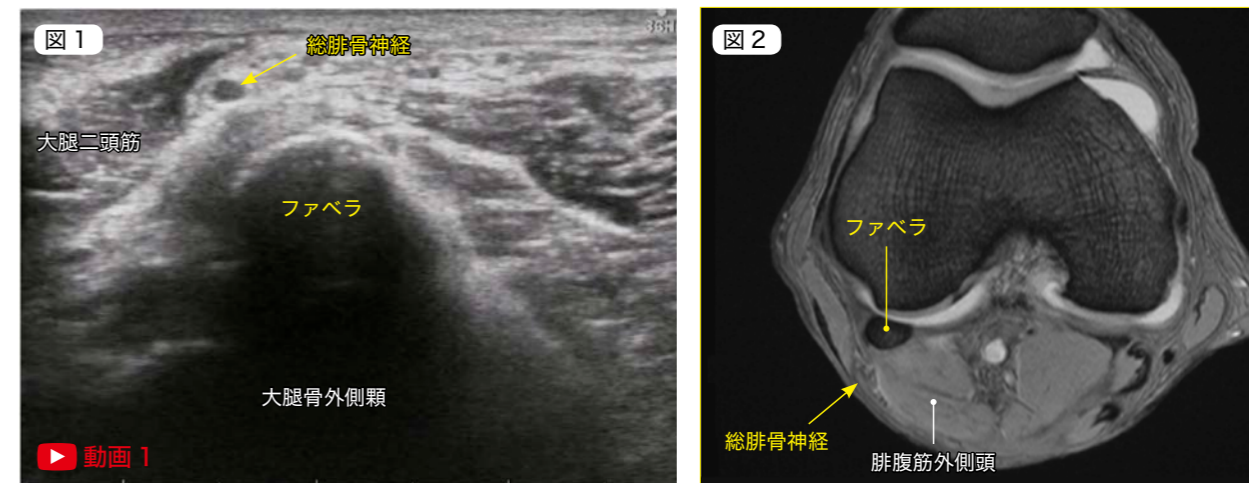
【症例】71歳女性。徐々に増悪する右膝窩外側部痛を主訴に来院した。

Bモード短軸像：ファベラ直上に総腓骨神経を認める(図3)。

単純X線：比較的大きなファベラを認める(図4)。

ファベラ (fabella) は腓腹筋外側頭に存在する種子骨で、10～30%程度の割合で存在する。ファベラ症候群は、①間欠的な膝窩外側部痛、②膝関節完全伸展で増悪する疼痛、③ファベラに局限した圧痛、④切除すると疼痛が軽快する、と報告されている⁵。

治療：超音波で観察しながら診察すると圧痛部位は総腓骨神経直上であり、総腓骨神経をハイドロリリースすることで症状は軽快する。筆者の経験ではファベラ切除に至った症例はなく、ファベラ症候群の多くは大腿骨外側顆とファベラの関節症ではなく、ファベラと総腓骨神経の関連で生じている疾患と理解している。



IPACK (interspace between the popliteal artery and the capsule of the posterior knee) ブロックは、膝関節術後の膝窩部の除痛(脛骨神経関節枝)に有効である。

筆者はかつて前十字靭帯再建術の際、麻酔科医による全身麻酔後に、自ら脛骨神経選択的ブロックを行っていた。しかし、総腓骨神経分岐後の脛骨神経を選択的にブロックしても、術後に麻酔薬の影響で下垂足になる患者が頻発した。Paraneural sheath 内で epineurium 外に局所麻酔薬を注入できた場合は、麻酔薬が sheath 内を近位方向へと流れ、総腓骨神経にまで到達したためと考えている。

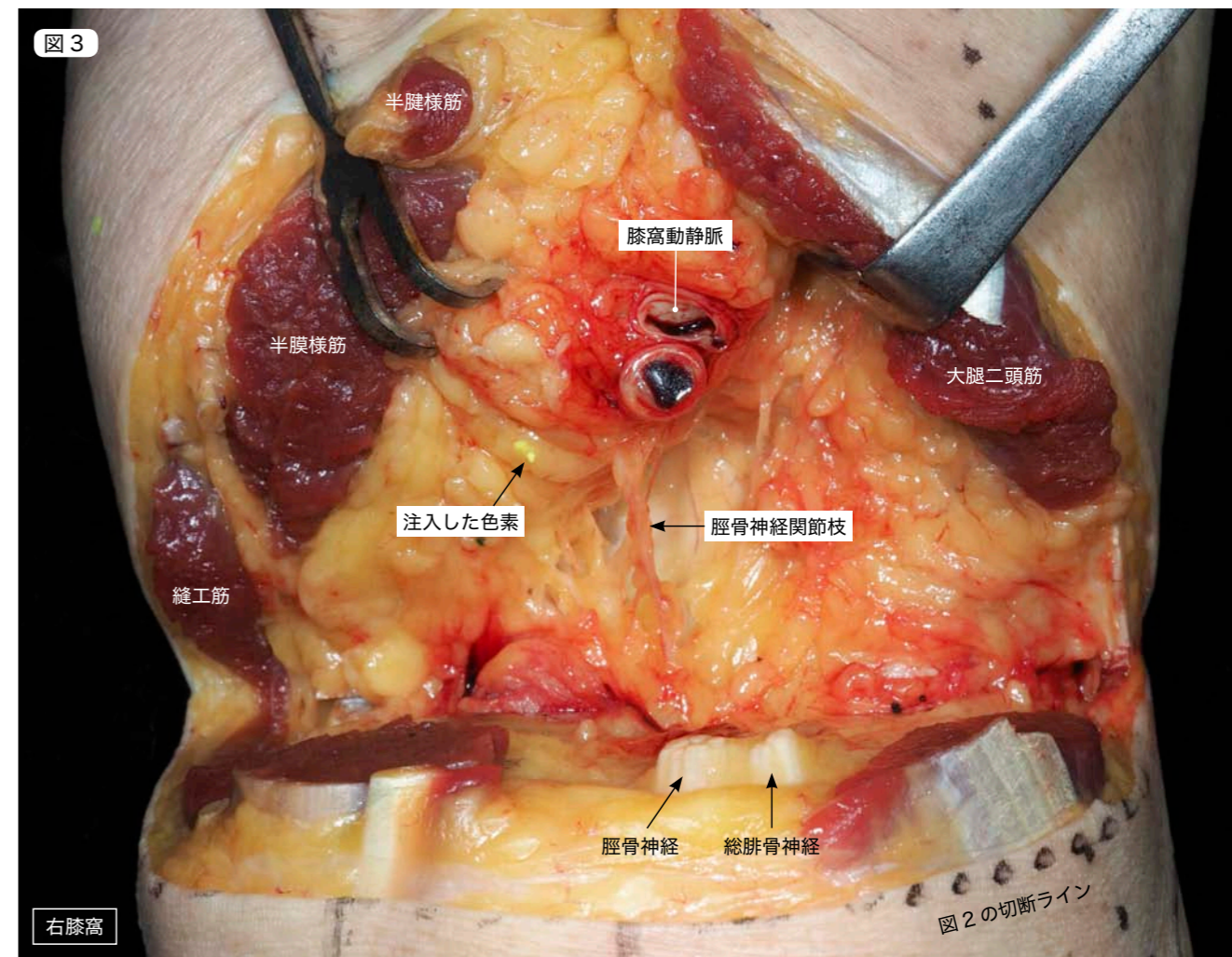
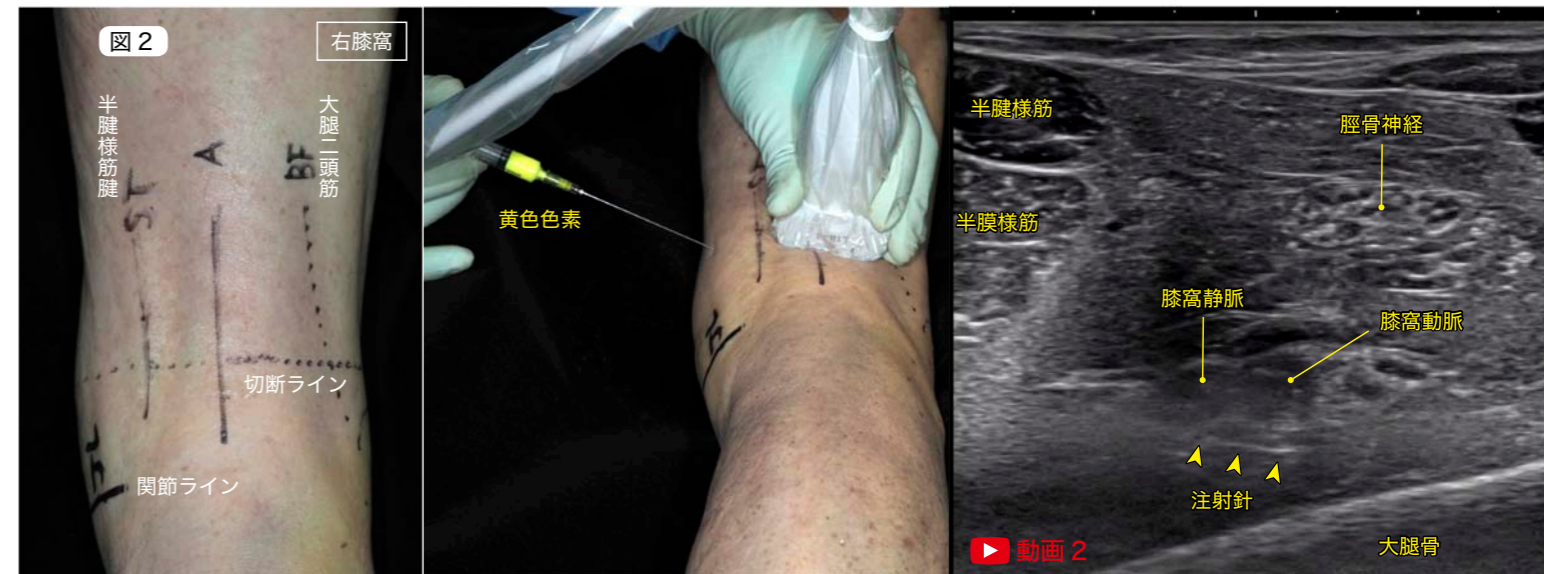
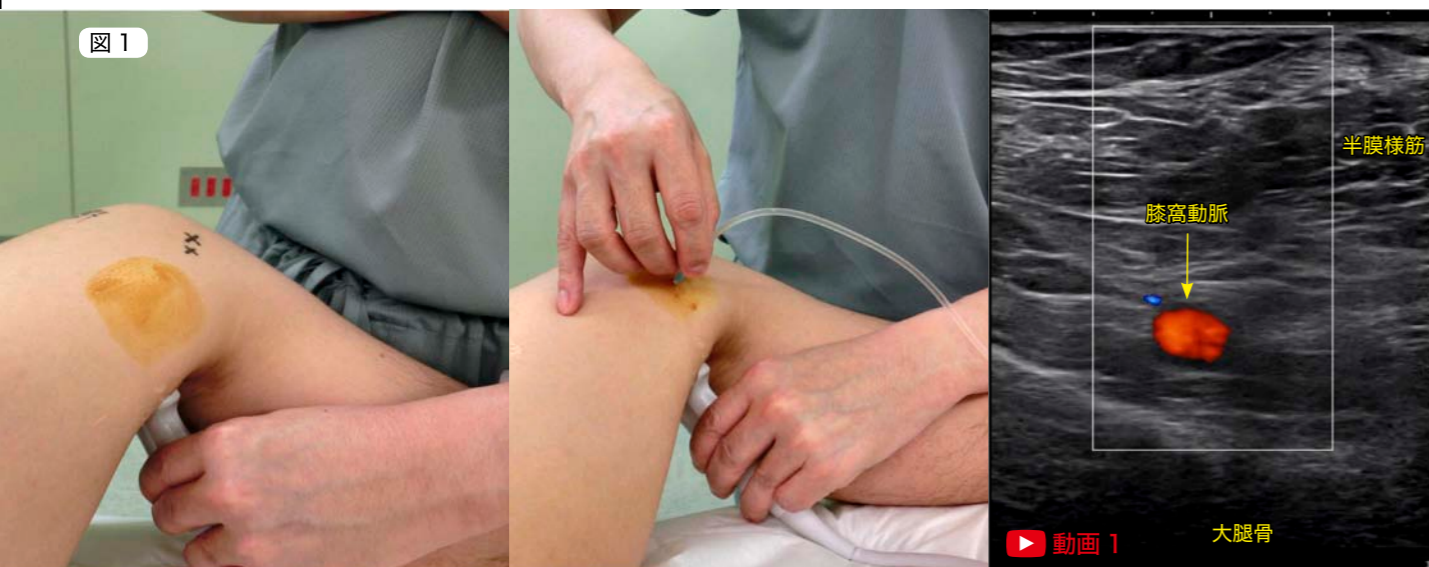
術後数時間で下垂足は回復したが、いかなる手術であっても膝関節術後に足関節の自動背屈運動を確認できないことにストレスを感じ、現在では IPACK ブロックを行っている。通常、前十字靭帯再建術では、全身麻酔後に大腿神経ブロックに 0.75% アナペイン® を 10mL、IPACK ブロックに 0.75% アナペイン® を 5mL 使用している。

全身麻酔後の IPACK ブロックでは、股関節を外旋位、

膝関節を軽度屈曲位とし、膝関節から約3cm近位にプローブをおき、拍動する膝窩動脈と大腿骨を描出する(図1)。23G もしくは 25G カテラン針を用いて、内側から平行法で膝窩動脈と大腿骨の間に針先を誘導する(動画1)。この際、外側からアプローチすると総腓骨神経を誤穿刺する可能性があるため、筆者は必ず内側から刺入している。

IPACK ブロックでは膝窩動脈と大腿骨の間に薬液を注入するが、最も注意すべきことは膝窩動脈への誤注入である。薬液注入時に血液の逆流がないことを確認するとともに、注入中も薬液の広がり必ず確認する。これまで膝関節手術時に IPACK ブロックを追加した症例で、術後に下垂足となった症例はない。

図2は新鮮凍結献体に IPACK ブロックのアプローチで黄色色素を注入しているところである。色素注入後、膝関節の近位3cmで大腿骨まで切断し、展開して確認した(図3)。膝窩動脈と大腿骨の間に、脛骨神経関節枝と注入した黄色色素が確認できる。



深膝蓋下滑液包は、膝関節深屈曲時に膝蓋腱深層と脛骨近位の摩擦を軽減している。変形性膝関節症に伴う膝関節炎、Osgood-Schlatter 病や膝蓋下脂肪体炎などで深膝蓋下滑液包水腫をみることがある。筆者は深膝蓋下滑液包単独で注射療法を行うことは少ないが、浅膝蓋下滑液包あるいは膝蓋下脂肪体と同時に注射をすることがある。

股関節を軽度外旋位、膝関節を軽度屈曲位とする。膝蓋腱の内側からでも外側からでもアプローチ可能であるが、内側には伏在神経膝蓋下枝があるので注意が必要である。

図1は新鮮凍結献体の深膝蓋下滑液包に黄緑色色素を注入しているところである。ここでは交差法で行っているが、正確に深膝蓋下滑液包を狙うときには [動画](#) のように平行法で針の全長を目視しながら行う方がよい。展開して確認すると図2のようであった。

実際の症例では、精製ヒアルロン酸ナトリウム1mLもしくは1%キシロカイン1mLにケナコルト5mgを追加して注射している(174ページ参照)。

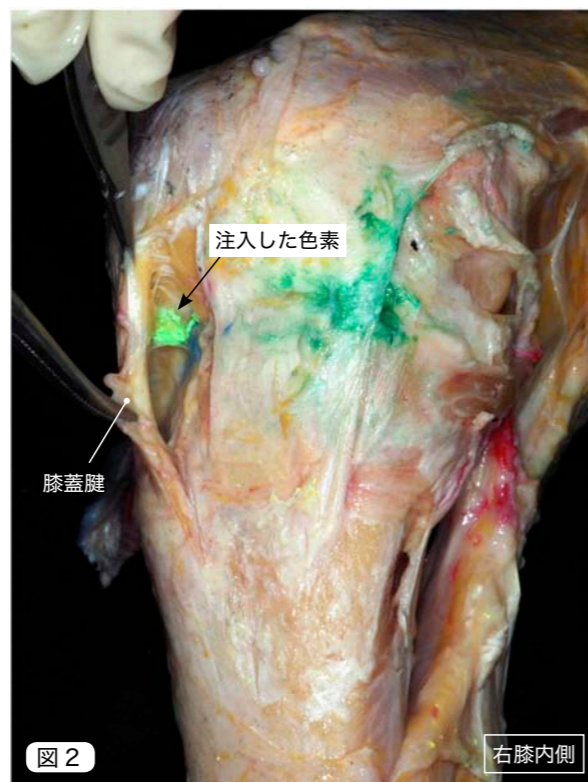


図2

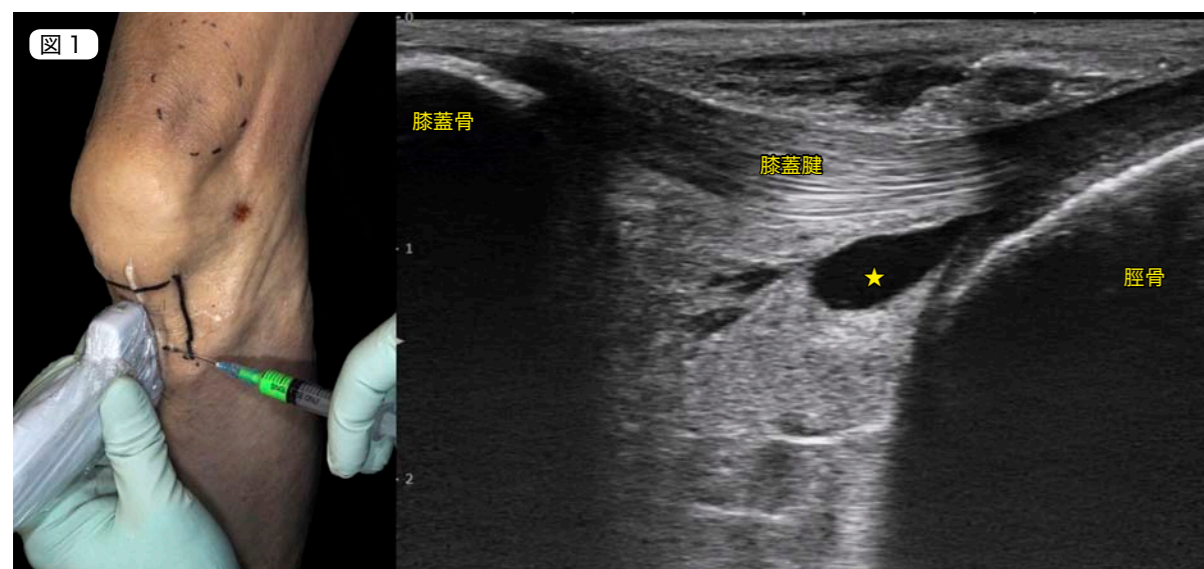


図1

浅膝蓋下滑液包は通常、超音波で観察することはできないが、繰り返しの刺激により滑液包炎や水腫が生じると観察できるようになる(第2章83ページ参照)。第2章では水腫に対する穿刺について説明したので、本項では水腫がない症例に対する注射の方法を説明する。

浅膝蓋下滑液包は脛骨粗面と皮下の摩擦を軽減しているため、注射の場所は脛骨粗面のやや近位となる。伏在神経膝蓋下枝の障害も含まれている可能性がある。

膝関節を屈曲位とし、脛骨粗面にプローブをおく。関節前面から交差法で膝蓋腱の表層に針を進める(図1)。慣れないうちは平行法で行うことをお勧めする。精製ヒアルロン酸ナトリウム1mLもしくは1%キシロカイン1mLにケナコルト5mgを追加して注射する。

図2は新鮮凍結献体の浅膝蓋下滑液包に黄緑色色素を注入した後に、皮下組織を剥離したところである。膝蓋前滑液包(黄色)と浅膝蓋下滑液包(黄緑色)は独立していることがわかる。膝関節を屈曲すると、それぞれが膝蓋骨-膝蓋腱複合体、膝蓋腱-脛骨粗面複合体と皮下組織との間でゆとりを作り、膝関節の大きな可動域を可能にしている。

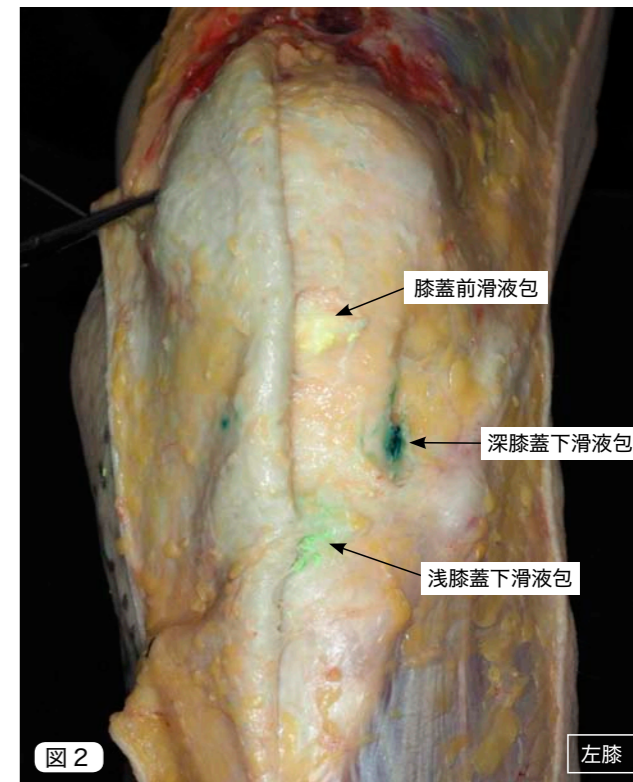


図2



図1

半膜様筋腱付着部 (direct arm) への注射は、使用頻度が高い手技である。変形性膝関節症や関節炎に伴う膝関節伸展制限時には、かなりの頻度で同部位に圧痛を認める。この注射の即時効果は抜群であるが、時間経過とともに痛みが再発することが多いため、膝関節伸展ストレッチや痛點ストレッチを必ず指導している。

膝関節内側関節裂隙から約 1 cm 遠位の脛骨の陥凹が目印になる (図 1)。半膜様筋腱の付着部を同定し、前方から

交差法で注射する (図 2)。

精製ヒアルロン酸ナトリウム 2mL もしくは 1% キシロカイン 2mL を注射し、炎症所見が強い場合にはケナコルト 5mg を追加する。注入時に強い抵抗がある時は、針が腱に刺さっていることが考えられるため、針先を移動させる。半膜様筋腱内ではなく、半膜様筋滑液包内に注入するのがコツである。

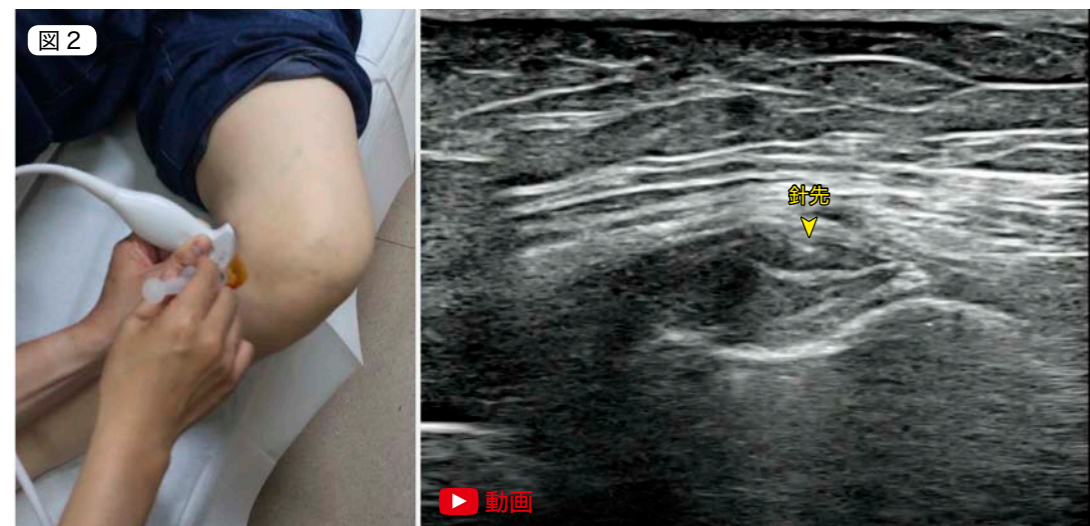
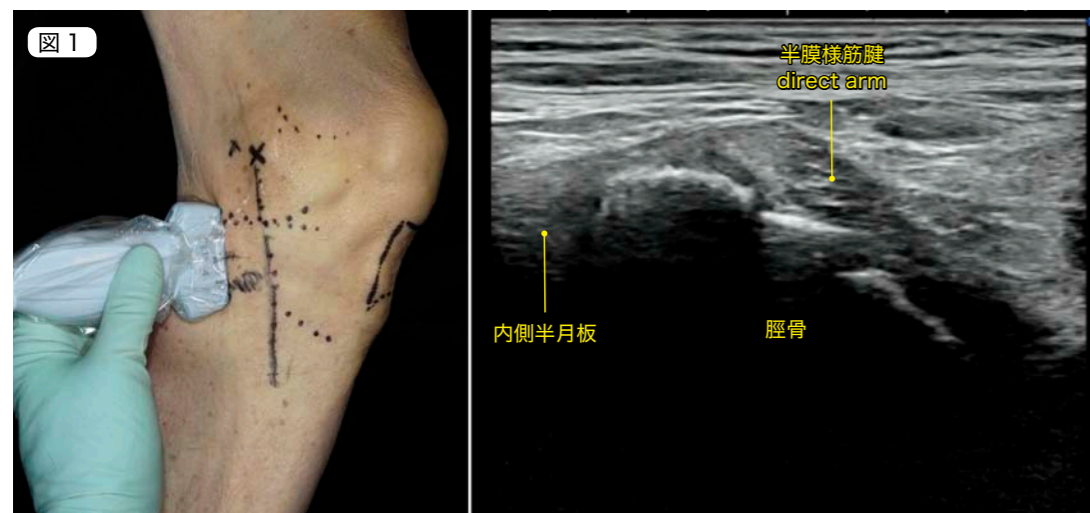


図 3 は新鮮凍結献体の半膜様筋滑液包に黄緑色色素を注入した後、展開して鷺足を翻転したところである。

図 4 は別の献体の半膜様筋滑液包に赤色色素を注入して

展開したところである。半膜様筋腱は腓腹筋内側頭と近接し、滑液包で分離されていることがわかる。

