

知って得する“気になる技術”

平成23年2月19日(土)

(再放送 2月21日(月))

— 第2回 —

整形外科医療を支える工学技術

医療を支える工学技術—変形性膝関節症と人工膝関節置換術

大森 豪

I. 関節とは？

私たちの身体には約 200 の骨があり、さらに「骨と骨の継ぎ目」として関節があります。私たちが立ったり座ったり、歩いたり走ったり、物を持ったり置いたりすることができるのはこの関節のおかげです。

例えば、「ひざ（膝）」は、太ももの骨（大腿骨）とすねの骨（脛骨）の継ぎ目として立ち座りや歩行動作の重要な役割を果たしています。ひざの機能を大別すると 2 つあります。1 つ目は曲げ伸ばしで、角度にすると伸展 0 度から屈曲 150 度くらいになります。2 つ目の機能は体重を支えることで、歩いている時は体重の約 2 倍、走っている時や階段の昇り降りでは 3～4 倍近い重さを支えています。また、ひざの中にはクッションの役目を果たす半月板や軟骨、さらにひざの周りには力を伝える筋肉や腱、関節を安定化させる靭帯があります。



図 1

ひざ関節の機能と構造

ひざはどんな働きをしているの？

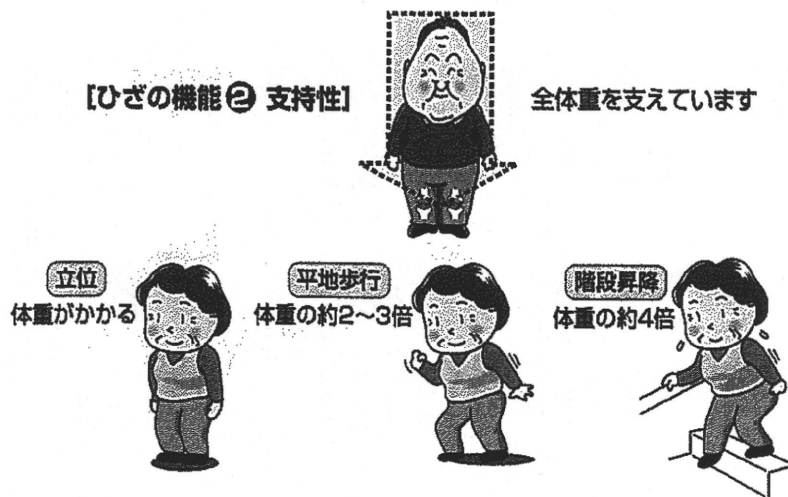


図 2

ひざ関節の機能と構造

ひざの構造はどうなっているの？

(骨・軟骨・半月板)

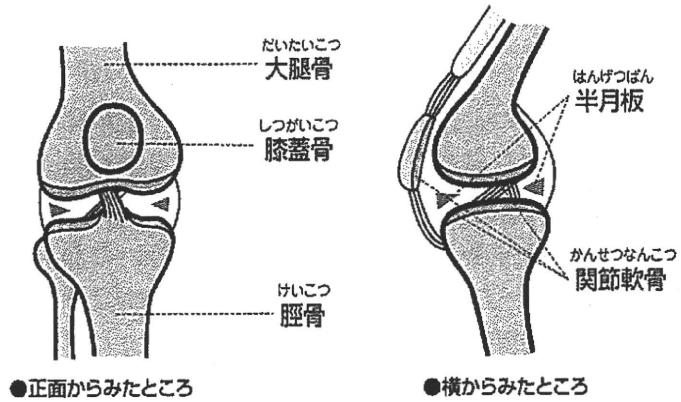


図 3

変形性ひざ関節症とは？

ひざの軟骨がすり減り、関節の変形が生じて
炎症を起こし、痛みが起こる病気です

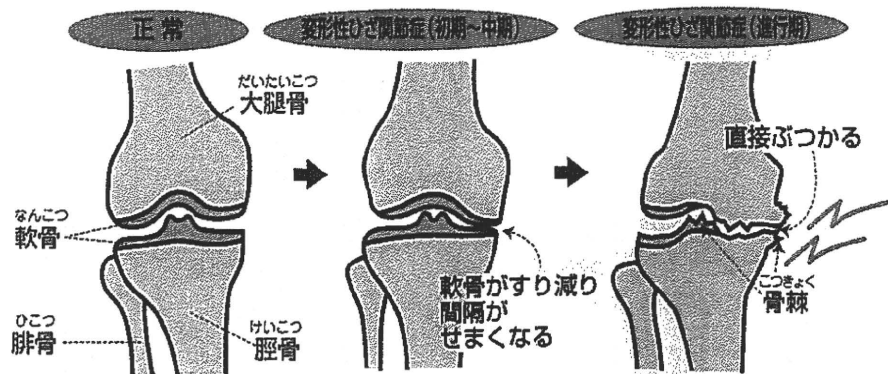


図 4

Ⅱ. 齢をとるとひざはどうなる？：変形性膝関節症

私たちの身体は、年齢とともにその機能が低下していきます。加齢とともにひざにおこる変化は軟骨の磨耗や変性、骨の変形などで、これらは結果的にひざの痛みや腫れ、曲げ伸ばしの制限といった症状として現れ、私たちの日常生活（ADL）や生活の質（QOL）に影響を与えるようになります。これが変形性膝関節症という病気です。ですから、変形性膝関節症は誰にでもおこる「ひざの老化」の延長上にある病気と考える事ができます。

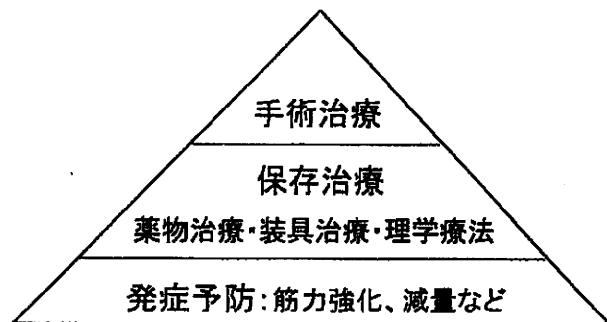
変形性膝関節症の診断は、ひざのレントゲン検査によって判断されるので、私たちの周りにはひざに痛みや腫れなどの症状が全く無くても変形性膝関節症と診断される人たちがたくさんいます。我々が行った住民検診（松代ひざ検診）では、変形性膝関節症は40歳以降年齢とともに増え、現在の日本には変形性膝関節症と診断される人たちが約1700万人いると推定されます。

このように変形性膝関節症はある意味「国民病」とも言える病気ですが、他の病気と同じようになりやすい人となりにくい人があり、それに影響する条件は危険因子（リスクファクター）と言われています。それらは、年齢、女性、肥満、膝内反変形（凹脚）、ひざの怪我などで、複数の因子が重なるとさらに病気の発症や進行の程度が高まると言われています。変形性膝関節症の発症は、40歳代以降年齢と共に加速度的に増加すると言いましたが、病気の進行も加速度的と言うわけではありません。私たちの行った松代ひざ検診では、変形性膝関節症の進行は比較的穏やかであり、この事は変形性膝関節症の治療に対する考え方の基本となっています。

Ⅲ. ひざの痛みはどうやって治すの？—変形性膝関節症の治療

変形性膝関節症の特徴的な症状は、動作時のひざ痛、曲げ伸ばしの制限（可動域制限）、関節の腫れの3つで、これらの症状は病気の進行に伴い徐々に強くなります。したがって、変形性膝関節症の治療は患者さん自身が症状によりどの位苦しんでいるかによって内容が選択されます。

変形性膝関節症の治療は、まず発症予防としての筋力強化や減量に続いて、軽度から中等度の場合には、内服薬や貼り薬、関節内の注射、リハビリテーションや装具など各種の保存的治療を単独もしくは組み合わせて行います。しかし、中等度から高度の変形性膝関節症になると保存的治療では患者さんの満足するような結果が得られにくくなり、場合によっては手術治療が選択されます。



変形性膝関節症の治療ピラミッド

図 5

Ⅳ. 変形性膝関節症の手術治療—人工膝関節

人工膝関節とは変形性膝関節症の手術治療のひとつで、高度に変形した関節を金属やプラスチックなどの人工的な部品を用いて置き換えることにより、痛みを無くしさらに可動性や

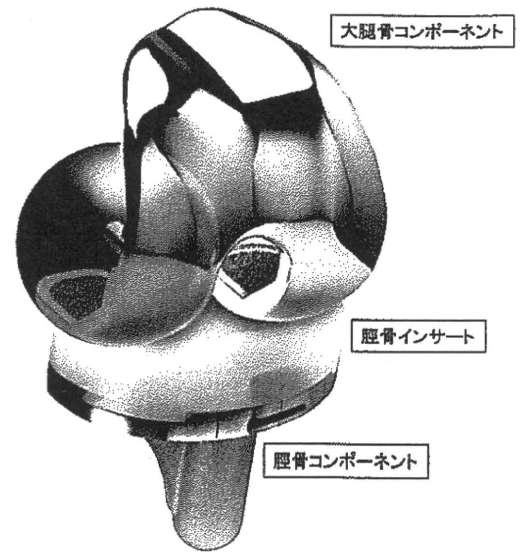
支持性といった関節の機能を獲得しようとする手術です。人工膝関節は人工股関節とともに現在世界中で最も多く行われている人工関節手術です。

現在、主に使用されている人工膝関節は表面置換型と言われており、大腿骨と脛骨用の金属部品（大腿骨コンポーネント、脛骨コンポーネント）、その間のクッションとなる脛骨インサート、さらに膝蓋骨コンポーネントから成り立っています。

人工膝関節の手術を受ける人は、ひざの変形が高度で保存的な治療では十分な効果が得られない人が対象となります。手術を受ける人の年齢は60歳代後半から70歳代が最も多いですが、近年80歳代も増加しています。手術時間は平均1時間半程度で手術後は、翌日からひざの曲げ伸ばしや起立歩行訓練が開始され、3週間程度の入院後大半の患者さんが杖を使って歩いて退院します。

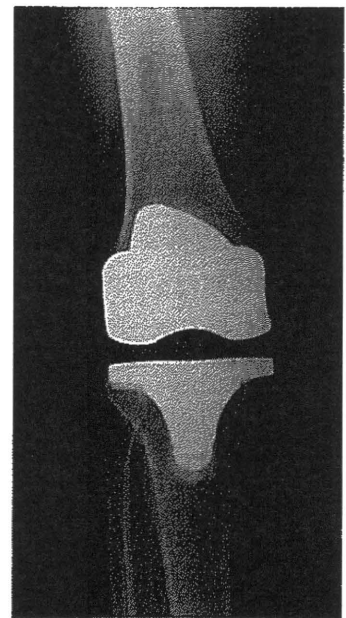
人工膝関節置換術は、近年安定した治療成績が得られるようになりました。そして、ひざの高度の変形による痛みのために立って歩くことさえできなかった人が、人工膝関節置換術により再びしっかりとした足取りで歩けるようになるなどこの治療によりADLが改善しQOLが向上した人はたくさんいます。

しかし、人工膝関節置換術には将来に向けた課題も残されています。大きな課題は、長期にわたる耐久性の向上と大きな屈曲角度の獲得です。例えば人工膝関節の耐久性が30年、40年と向上すれば、1度の手術で一生安心して過ごす事が可能となり、さらに、ジョギングやゴルフ、テニスなどの運動も思う存分楽しめるようになるかもしれません。また、膝の曲がりに関しても現在の人工膝関節では正座習慣のある日本人にとって十分とはいえません。ですから、もし、人工膝関節置換術により正座が可能となればその利便性も一段と向上します。そして、この2つの課題の解決には人工膝関節の手術技術向上や材質、構造の改良など工学的側面からの協力が重要です。



人工膝関節の基本構造

図 6



人工膝関節置換術後のレントゲン写真

図 7

■ TKA 感染

人工膝関節置換術手術部位感染に対する新予防プロトコールとその薬物動態

榎本宏之¹, 大野恵子², 岸野吏志², 二木康夫¹, 松本秀男³, 大谷俊郎⁴, 戸山芳昭¹, 須田康文¹¹ 慶應義塾大学整形外科² 明治薬科大学薬剤情報解析学³ 慶應義塾大学スポーツ医学総合センター⁴ 慶應義塾大学看護医療学部

はじめに

人工膝関節置換術 (TKA) における手術部位感染 (SSI) の発症率は約 1~3% と報告されている^{1,2)}。しかし, TKA の臨床成績が向上するに伴い, その適応が高齢者に拡大したこと, 糖尿病や透析患者が増大していること, SSI 起因菌が多剤耐性化していること, などを背景に TKA 後 SSI の発症リスクの潜在的な増大が危惧される。当科では, 1996 年以降の 8 年間で TKA 後 SSI の発症は皆無であったが, 2004 年以降の 5 年間で 264 症例中 8 例の SSI が発症し, その起因菌はすべて多剤耐性ブドウ球菌であった³⁾。これら現状をふまえて, 2006 年 11 月以降に当科で施行している抗 MRSA 薬を用いた TKA 後 SSI の新予防プロトコールを紹介し, その薬物動態も解析したので報告する。

対象と方法

2006 年以降に当科で TKA を施行した 187 症例に適応した。術直前にテイコプラニン (TEIC) 400 mg とフロモキシセフナトリウム (FMOX) 1 g を 30 分以上かけて点滴静注し, 約 12 時間後に再投与する。以後は抗菌薬をいっさい投与しない (図 1)。本プロトコールは当大学感染専門委員会と倫理委員会の承認を得て施行している。今回, 加刀時 (TEIC 点滴静注開始約 1~2 時間後) の滑膜組織中および 2 回目の静脈投与直前の血漿中 TEIC 濃度につき電気化学検出器を装着した HPLC⁴⁾ により測定した。

結 果

新プロトコールに変更後, 現在までに TKA を施行した 187 症例で SSI は発症していない。有害事象として, 1 例に軽度の喉頭浮腫によると推測される嘔声を認めたが, ただちに投与を中止すると症状は消失した。加刀時の滑膜組織中 TEIC 濃度は平均で $3.00 \pm 1.51 \mu\text{g/g tissue}$ であった (表 1)。

一方, 術当日 2 回目の抗菌薬投与直前の血漿中 TEIC 濃度は $6.08 \pm 0.75 \mu\text{g/ml}$ であった (表 2)。

考 察

近年, TKA 後 SSI の主要な起因菌であるブドウ球菌が多剤耐性化しており, 米国内感染サーベイランスによれば, 表皮ブドウ球菌の約 90%, 黄色ブドウ球菌の約 60% が多剤耐性株であると報告されている¹⁾。2006 年における当院微生物検査室の統計でも同様の傾向であった³⁾。米国では TKA 時の抗菌薬予防プロトコールとして, セファゾリンナトリウムまたは塩酸バンコマイシン (ペニシリンまたはセフェムのアレルギー歴がある場合) の投与が推奨されており, 米国 Hospital Infection Control Practice Advisory Committee によれば MRSA による SSI の発症が多い施設では抗 MRSA 薬の周術期予防投与を考慮すべきであると勧告されている⁵⁾。

今回の検討で, TEIC 初回投与 12 時間後の血漿中トラフ値が平均 $6.08 \mu\text{g/ml}$, 加刀時の滑膜組織中 TEIC 濃度が平均 $3.00 \mu\text{g/g tissue}$ と, いずれも MRSA に対する MIC90 ($1.56 \mu\text{g/ml}$)⁶⁾ 以上であったこと, また, 新プロトコールへ変更後に SSI が発症していないことから, 多剤耐性ブドウ球菌による TKA 後 SSI に対する予防プロトコールとして有効であると考えられる。一方で, TEIC は他の抗菌薬に比してコストが非常に高いため, 将来的には適切な Criteria に基づき設定した SSI の高リスク患者に適応を限定して投与することが望ましい。しかし, Lidwell らは SSI を 1 症例減少させるのに, コストが最も低い方法は適切な抗菌薬の予防投与であると報告しており⁷⁾, 多剤耐性ブドウ球菌による TKA 後 SSI が比較的多く発症している施設では, 少なくとも SSI 発症頻度が低下するまで抗 MRSA 薬を必要最小限の

出棟時

テイコプラニン (TEIC; タゴシッド®) 400 mg
フロモキシセフナトリウム (FMOX; フルマリン®) 1 g



その 12 時間後に再度投与
(以後は経静脈・経口とも抗菌薬投与しない)

図 1 当科における TKA 後 SSI に対する新予防プロトコール

表1 加刀時の滑膜組織中 TEIC 濃度

年齢	性別	疾患	TEIC濃度(μg/g tissue)
55	F	RA	2.65
62	M	OA	2.98
77	F	OA	1.97
80	F	OA	1.99
81	F	RA	2.71
76	F	OA	6.36
80	M	OA	1.67
82	F	OA	3.72
平均±S.D.			3.00±1.51

表2 手術当日2回目投与直前の血漿中 TEIC 濃度

年齢	性別	疾患	TEIC濃度(μg/ml)
55	F	RA	5.16
62	M	OA	6.06
77	F	OA	6.57
80	F	OA	5.31
76	F	OA	6.25
82	F	OA	7.13
平均±S.D.			6.08±0.75

範囲で予防的抗菌薬として使用することを躊躇すべきでないと考えらる。

まとめ

多剤耐性ブドウ球菌を標的にした TKA 後 SSI の新予防プロトコールと薬物動態につき報告した。

文献

- 1) NNIS System: National Nosocomial Infections Surveillance (NNIS) System Report, Am J Infect Control, 32: 470-485, 2004.
- 2) Barnes S, et al.: An enhanced benchmark for prosthetic joint replacement infection rates. Am J Infect Control, 34: 669-672, 2006.
- 3) 榎本宏之, 他: 多剤耐性コアグララーゼ陰性ブドウ球菌による人工関節置換術後手術部位感染症例の検討. 日本骨・関節感染症学会雑誌, 21: 1-3, 2007.

- 4) Mochizuki N, et al.: Quantitative determination of individual teicoplanin components in human plasma and cerebrospinal fluid by high-performance liquid chromatography with electrochemical detection. J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci, 847: 78-81, 2007.
- 5) Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. Infect Control Hosp Epidemiol, 20: 250-278, 1999.
- 6) 井上松久, 他: グラム陽性球菌に対する Teicoplanin の抗菌力とその基礎的検討. 日本化学療法学会雑誌, 41(Suppl. 2): 47-55, 1993.
- 7) Lidwell OM: The cost implications of clean air systems and antibiotic prophylaxis in operations for total joint replacement. Infect Control, 5: 36-37, 1984.



特集／変形性膝関節症のリハビリテーション

MIS 人工膝関節置換術後の リハビリテーション

松本秀男*¹ 岩本 潤*²

Abstract 人工膝関節置換術(TKA)は安定した成績が得られる手術法であるが、高齢者に対する手術としては侵襲が大きく、できるだけ低侵襲で行う方法として、MIS-TKAが開発された。皮膚切開が約7~10 cmと小さく、大腿四頭筋に対する侵襲が少ないことが特長である。さらに早期のリハビリテーションが可能な大腿神経と坐骨神経ブロックを併用する麻酔方法も開発されている。MIS-TKAはMid-Vastus, Sub-Vastus, QSのいずれのアプローチを用いても美的に優れていることや術後の疼痛を緩和できる長所ばかりでなく、早期の機能回復訓練や社会復帰が期待できる。しかし、一方で手術時間が長くなることや、learning curveが強いことなどの欠点も存在する。MIS-TKAは未だ完成された手術ではなく、今後、麻酔方法、手術方法、リハビリテーション等についても新たな開発が必要である。

Key words : 膝関節(knee joint), 人工膝関節置換術(total knee arthroplasty; TKA), 最小侵襲手術(minimum invasive surgery; MIS), リハビリテーション(rehabilitation), 麻酔(anesthesia)

はじめに

人工膝関節置換術(TKA)は極めて安定した成績が得られる手術法であり、高度の変形を伴う変形性膝関節症(OA)や関節リウマチ(RA)に対して、現在では必要不可欠な手術法になっている。しかし、大きな皮膚切開や広範囲に及ぶ大腿四頭筋の展開を要し、高齢者に対する手術としては、侵襲が大きいことが欠点の1つであった。近年、このTKAをできるだけ低侵襲で行う方法として、MIS(minimum invasive surgery)-TKAが開発された^{1)~5)}。MIS-TKAは美的に優れていることや術後の疼痛を緩和できる長所ばかりでなく、早期の機能回復訓練や社会復帰が期待できる。しかし、一方で手術時間が長くなることや、learning curveが強いことなどの欠点も存在す

る^{6)~8)}。本稿ではこのMIS-TKAの長所と欠点を検討し、術後のリハビリテーション(以下、リハ)について解説する。

MIS-TKAの手術方法

MIS-TKAは従来のTKAに比べ手術侵襲をできるだけ小さくすることが目的である。しかし、実際に挿入する人工膝関節のコンポーネントそのものの大きさや形は従来のものとほぼ同じであり、骨切りや人工膝関節の挿入手技自体の手術侵襲を小さくすることはできない。したがって、従来のTKAとの最も大きな相違点は、皮膚切開を小さくすることと大腿四頭筋に対する侵襲をできるだけ抑えることである。さらにMIS-TKAの長所を最大限生かすべく、早期のリハが可能な麻酔方法も開発されている。

1. 麻酔方法

通常の全身麻酔でも手術はもちろん可能であるが、麻酔に工夫を凝らすことにより、より早期のリハが可能となる。まず、電気刺激装置またはエ

*¹ Hideo MATSUMOTO, 〒160-8582 東京都新宿区信濃町35 慶應義塾大学スポーツ医学総合センター, 教授

*² Jun IWAMOTO, 同センター

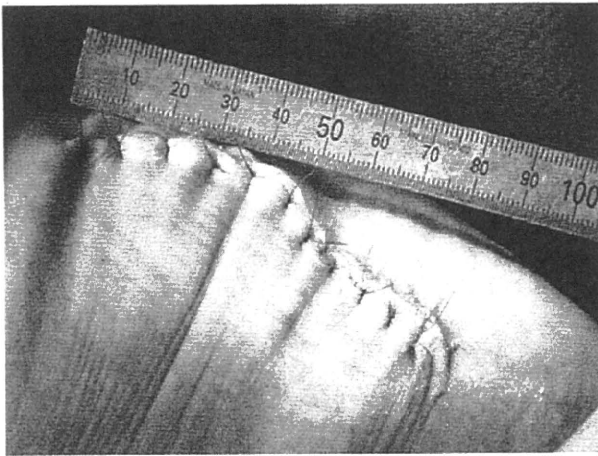


図 1. 皮膚切開

通常の TKA と同様の傍膝蓋内側皮切であるが、皮切長は約 7~10 cm である。

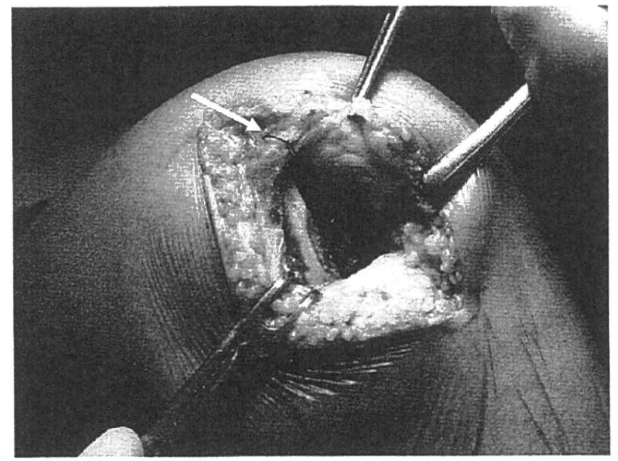


図 2. Mini mid-vastus アプローチ

術中に内側広筋が裂けることがあることが欠点である。

コーを用いて大腿神経と坐骨神経を同定し、それぞれの神経ブロックを行った後、カテーテルを留置する。これにより、患肢の運動神経をある程度残したまま、知覚神経を遮断することができる。さらに術中は腰椎麻酔または硬膜外麻酔、必要により全身麻酔を追加し、必要によりセデーションを行う。術後 2 日間はカテーテルから麻酔薬を注入することにより鎮痛を行う。運動神経はほとんど遮断されないため、除痛が得られた状態で、術直後からのリハビリが可能になる。

2. 皮膚切開

皮膚切開は通常の TKA と同様に傍膝蓋内側皮切を用いる。しかし、一般の TKA では皮切長が 12~20 cm 程度であるのに対し、MIS-TKA では膝蓋骨の上縁付近から関節裂隙の末梢 2 cm 程度まで、約 7~10 cm である(図 1)。

3. 大腿四頭筋の展開

内側関節包の切開は通常の TKA と同様に皮切の直下で行うが、その中枢部で大腿四頭筋に如何に侵襲を加えずに膝関節を展開するかが MIS-TKA の重要なポイントである。同じ MIS-TKA でも大腿四頭筋への様々なアプローチが開発されている。それぞれ展開に長所と欠点があるが、どのアプローチを選択するかは変形の程度、術中必要な処置や使用する機種などによっても異なる。

1) Mid-vastus アプローチ

通常の TKA で用いる mid-vastus アプローチと同様、内側関節包を内側広筋の大腿直筋付着部

まで展開し、ここからさらに内側広筋筋腹の線維の走行方向に沿って展開する。通常の TKA では内側広筋の展開は数 cm 必要であるが、MIS-TKA では 2 cm 程度で良い(mini mid-vastus アプローチと呼ばれる)。内側広筋そのものを展開するため、ある程度、筋組織の損傷が避けられないことと、術中に内側広筋が裂けることがあることが欠点であるが(図 2)、わずかな展開で、比較的良好な視野が得られるのが長所である。Mini mid-vastus のほうが mini sub-vastus に比べ、同じだけの膝蓋骨の外側へのシフト量を得るための切開は小さくて済む。また、その際に筋膜をできるだけ温存すると、その後の手術操作中に内側広筋がさらに裂けるのを予防できる。

2) Sub-vastus アプローチ

通常の sub-vastus アプローチと同様、内側関節包の切開を内側広筋筋腹下縁に沿って後方に展開する。通常の TKA よりは切開が小さくて済むが(mini sub-vastus アプローチと呼ばれる)、mini mid-vastus に比べると膝蓋骨の外側へのシフト量は少ない。しかし、内側広筋の筋線維そのものには手術操作を加えないため、筋組織の損傷は小さい。特に MIS-TKA 用に開発された内側広筋の下縁を持ち上げて、関節包は大腿直筋のすぐ内縁から進入する方法(sub-rectus approach と命名されている)は侵襲が小さいわりに良い展開が得られ、膝蓋骨を外側に反転する必要のない MIS-TKA では極めて有用な展開方法である⁹⁾。

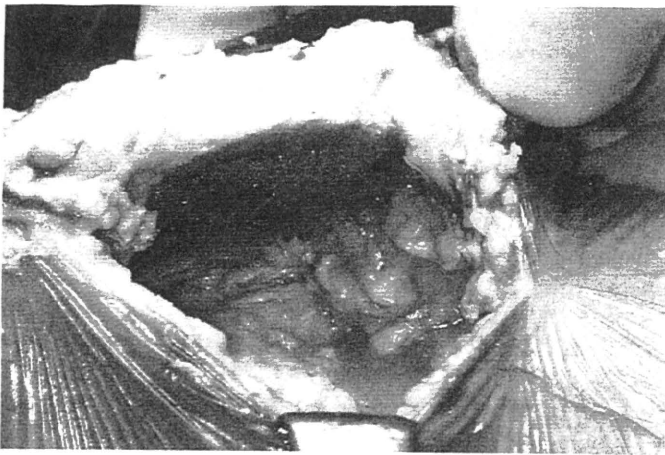


図 3. Quadriceps sparing アプローチ
 大腿四頭筋には切開を加えずに行う方法であるが、術野が極めて狭い。

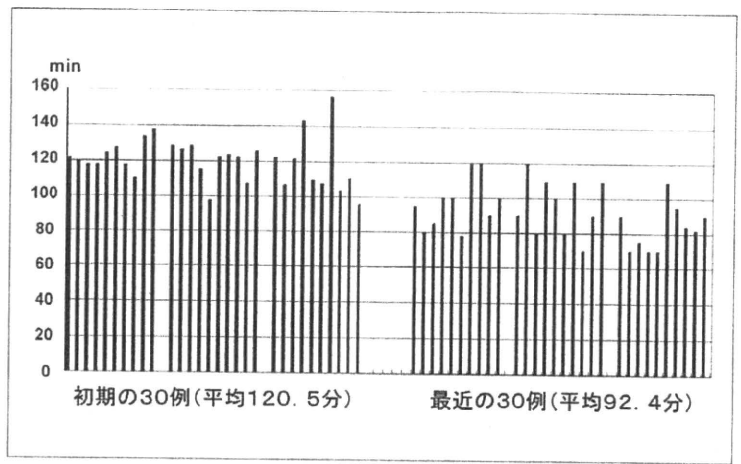


図 4. Learning curve(手術時間)
 初期の30例では最近の30例に比べ、より長い手術時間を要した。

3) Quadriceps-sparing(QS)アプローチ

QSは、内側広筋の大腿直筋付着部より末梢部の関節包を切開した後、大腿四頭筋には切開を加えずに行う方法である(図3)。QSで術野の十分な展開が可能であれば、手術侵襲は最も小さいが、解剖学的にQSが可能な症例は少ない。これは内側広筋の付着部位に様々なタイプがあるためで、内側広筋が遠位に付着するものでは膝蓋骨の中央部付近にまで及ぶものもあり、これを切開しないと関節内の十分な手術操作ができない。このような症例では、はじめから mini mid-vastus または mini sub-vastus で展開する必要がある。特に日本人は欧米人に比べ、内側広筋が末梢、すなわち膝蓋骨中央部にまで付着していることが多く、QSの適応は欧米人よりも限られる。渡邊らはMD-CTを用いた研究で、日本人の85%は内側広筋が膝蓋骨に付着していると報告している¹⁰⁾。また、我々の検討でもQSのアプローチで最後まで手術が可能であったのは、わずか10%であった。したがって、関節包を切開した段階で十分な展開が得られない場合には、QSにこだわらず、mid-vastus または sub-vastus で展開する必要がある。

4) その他のアプローチ

以上のアプローチの他、通常の大腿直筋と内側広筋間をある程度切開して関節内に入力する方法も行われている。また、外側型OAやRAなどに対して、外側傍膝蓋皮切で進入し、外側関節包を展開する方法も考案されているが、症例は少ない。

MIS-TKA の長所

これまでのTKAは大腿四頭筋への侵襲が大きく、これが術後の機能回復訓練のスケジュールに大きく影響してきた。したがって、この大腿四頭筋への侵襲を最小限に抑えられれば、術後の疼痛を緩和できるばかりでなく、早期の機能回復訓練や社会復帰が可能になる。MIS-TKAはmid-vastus, sub-vastus, QSのいずれのアプローチを用いても、通常のTKAに比べて大腿四頭筋への侵襲が明らかに小さい。特にQSが可能な症例では、大腿四頭筋には全く侵襲を加えずに済む。このため、MIS-TKAで従来のTKAと同等の手術成績を得ることができれば、疼痛軽減に極めて有利であり、患者にとっても極めて有意義である。また術後の疼痛が緩和されるばかりでなく、術翌日からSLRが可能な症例が多く早期のリハビリに極めて有利である。特に、麻酔方法として大腿神経ブロックと坐骨神経ブロックを併用すると、術直後から運動神経はほとんど遮断されない状態で除痛が得られるので、早期のリハビリが可能になる。

さらに、皮切長は従来のTKAに比べて、約1/2である。TKAの適応は女性に圧倒的に多いため、美容上の問題も無視できない。また、皮膚切開が小さいことにより、術直後の疼痛を緩和できるため、早期のリハビリに有利である。

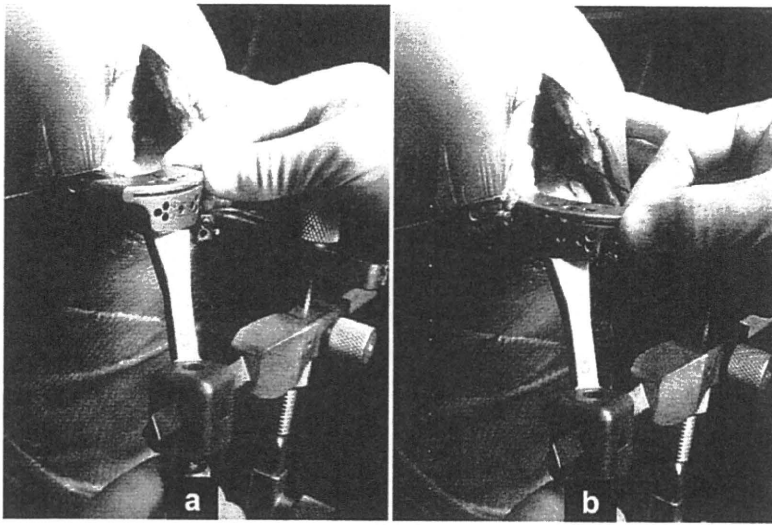


図 5.
手術器械の改良1：脛骨近位の骨切りガイド
自由度が高くなるようにスリットが移動できる(a, b).

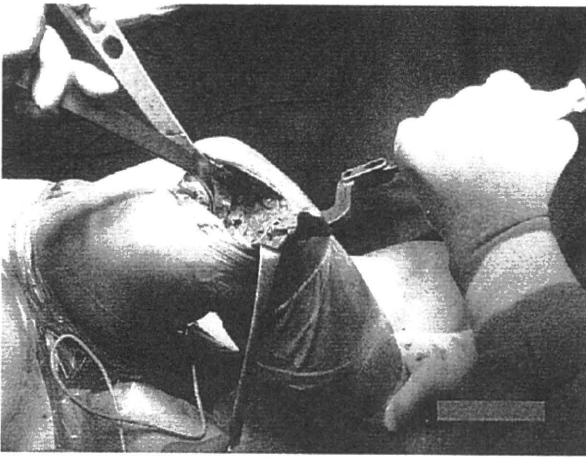


図 6. 手術器械の改良2：脛骨のサイジングガイド
膝蓋腱を避けるようにオフセットをつけている。

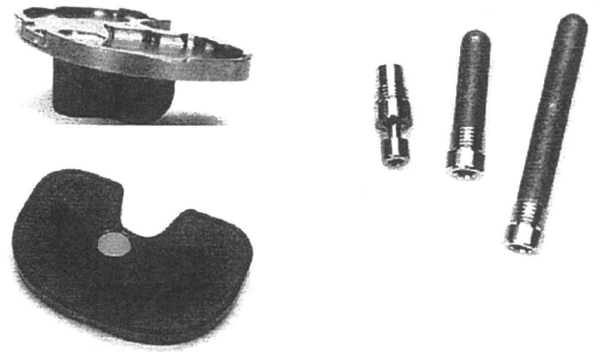


図 7. インプラントの改良
小さな切開から操作できるように、脛骨プレートを挿入後にステムを装着する。

MIS-TKA の欠点

MIS-TKA の欠点の1つは手術時間が通常のTKA に比べて長いことである。これは狭い術野で手術を行うため、1つひとつの操作に慎重を要するためである。しかし、手術においては正確な手術操作が最も重要であり、ある程度の手術時間は惜しむべきではない。

さらに MIS-TKA の欠点として learning curve が強いことが挙げられる。我々も初期の症例では、より長い手術時間を要し(図4)、様々な不測の合併症も経験した。現在は、これらの経験をもとに手術方法の改善や手術器械の改良を行い(図5, 6)、いくつかの問題点は解決しつつある。今後、手術手技の進歩、手術器械の更なる改良やインプラントそのものの改良(図7)などにより、手術成

績をさらに向上させることが急務である。MIS-TKA は未だ完成された手術ではなく、通常のTKA に比べ技術的にはかなりの熟練を要するため、初心者が安易に行うべきものではない。また、ある程度TKA の経験のある術者も MIS-TKA の長所と短所を理解し、十分なトレーニングを積んでから行う必要がある。

MIS-TKA のリハ

麻酔に大腿神経ブロックと坐骨神経ブロックを併用した場合には、術後運動神経が保たれているため、術直後から可動域訓練等が可能ではあるが、過度の早期リハは出血による腫脹をきたすなど、かえって回復を遅らせることになる。通常は、術当日帰室後はフットポンプを用いて血栓予防に努める。患者の意欲があれば患肢挙上訓練、足関節

の運動訓練等は開始する。また、非手術側の足関節、膝関節の運動訓練は、血栓予防にも有効であり、筋力低下や拘縮予防に有用なので可能な限り行う。

術翌日より大腿四頭筋訓練とCPM装置を用いた可動域訓練を開始する。大腿四頭筋訓練はまずSLRから開始するが、MIS-TKAでは、翌日はほとんどの症例でSLRが可能である。可動域訓練はCPM装置を用いて行うが、通常は20~40°程度から開始し、疼痛を見ながら増加する。また、ドレーンからの出血量の増加にも十分注意を要する。患者の意欲がある場合にはベッド上でも自力での可動域訓練を奨励する。ドレーンは出血量を見ながら術後48時間位で抜去する。

ドレーンが抜去できたら関節の腫脹に注意しながら、荷重起立、歩行訓練を開始する。平行棒歩行訓練または歩行器歩行訓練からはじめ、徐々にT-cane歩行にもっていく。平地歩行訓練、階段昇降訓練と進め、関節可動域と筋力等を見ながら、希望があれば自転車乗車訓練も行う。早ければ10日前後、通常2~3週で退院とする。

おわりに

手術成績が同じなら、手術侵襲は小さいほうが良い。しかし、MIS-TKAは未だ完成された手術ではなく、今後、麻酔方法、手術方法、リハ等についても新たな開発が必要である。

文献

- 1) Tria AJ, et al : Minimal incision total knee arthroplasty : early experience. *Clin Orthop*, 416 : 185-190, 2003.
- 2) Tria AJ, et al : Minimally invasive total knee arthroplasty : importance of instrumentation. *Orthop Clin North Am*, 35 : 227-234, 2004.
- 3) Bonutti PM, et al : Minimally invasive total knee arthroplasty. A 10-feature evolutionary approach. *Orthop Clin North Am*, 35 : 217-226, 2004.
- 4) Laskin RS, et al : Minimally invasive total knee replacement through a mini-midvastus incision : an outcome study. *Clin Orthop*, 428 : 74-81, 2004.
- 5) 松本秀男 : 第13章 最新の手術手技 3) MIS-TKA, 松野誠夫ほか(編), 人工膝関節置換術—基礎と臨床—, 386-389, 文光堂, 2005.
- 6) 松本秀男ほか : 大腿四頭筋温存型人工膝関節—手術技法と問題点. *整形外科*, 57(1) : 84-88, 2006.
- 7) 松本秀男 : 特集 最小侵襲の人工膝関節置換術 最小侵襲人工膝関節置換術の手術手技と pitfall. *整・災外*, 49(2) : 101-107, 2006.
- 8) 松本秀男ほか : 特集 変形性関節症の保存療法と MIS II 大腿四頭筋温存型 MIS-TKA. *関節外科 基礎と臨床*, 25(5) : 53-58, 2006.
- 9) 杉本和隆ほか : MIS-TKA における Sub-rectus Approach の有用性. 第38回人工関節学会, 2008.
- 10) Watanabe N, et al : Anatomical assessment of the vastus medialis oblique in patients with osteoarthritis of the knee. *J Arthroplasty*, 23(2) : 287-292, 2008.

下肢のスポーツ障害

松本秀男 慶應義塾大学スポーツ医学総合センター

リハビリテーションのポイント

- 1: 下肢には、スポーツ動作により、走行、ジャンプ、捻りなど大きく複雑な外力が加わる。
- 2: 下肢の関節は荷重と可動域の両方の機能を維持することが大切である。
- 3: 下肢の新鮮外傷では、損傷を広げないようにしながら、関節可動域と筋力を維持する。
- 4: 下肢のオーバーユース障害では、局所の安静を保ちながら、ほかの機能を維持することが大切である。

代表的なスポーツ外傷と障害

膝関節靭帯損傷

【リハビリテーション①～③が適応(本稿後述「リハビリテーションの実際」参照)】

膝関節には内側側副靭帯(MCL)、外側側副靭帯(LCL)、前十字靭帯(ACL)、後十字靭帯(PCL)の4本の主要な靭帯があり、これらの損傷はスポーツ活動に大きな影響を及ぼす(図1)。

MCLの新鮮損傷(図2)では縫合術を行った後、2～3週間ギプス固定が行われることがある。またギプス固定だけで一次修復を期待する場合もある。ギプス固定中は著しい筋力低下を招くので、この間の筋力訓練が大切である¹⁾。MCL以外の新鮮損傷では、通常急性期炎症の鎮静化を目的に、装具固定が行われる(図3)。装具固定中は可動域訓練とともに筋力訓練を行う。

一方、陳旧性の膝関節靭帯損傷に対して、膝関節周囲の筋力で関節不安定性を代償することを目的とした筋力訓練が行われる。ACL損傷ではスポーツ活動に支障を残すことが多いが、MCL損傷やPCL損傷では筋力訓練によりある程度自覚的な関節安定感が得られる。関節不安定性が強い場合には靭帯再建術の適応になる(図4)。術後療法は再建材料の種類によって異なるが、通常は術直後から筋力訓練と可動域訓練を開始し、術後約1週から装具を装着して荷重歩行を許可する。

図1 膝関節靭帯の解剖

a: 正面像。b: 背面像。

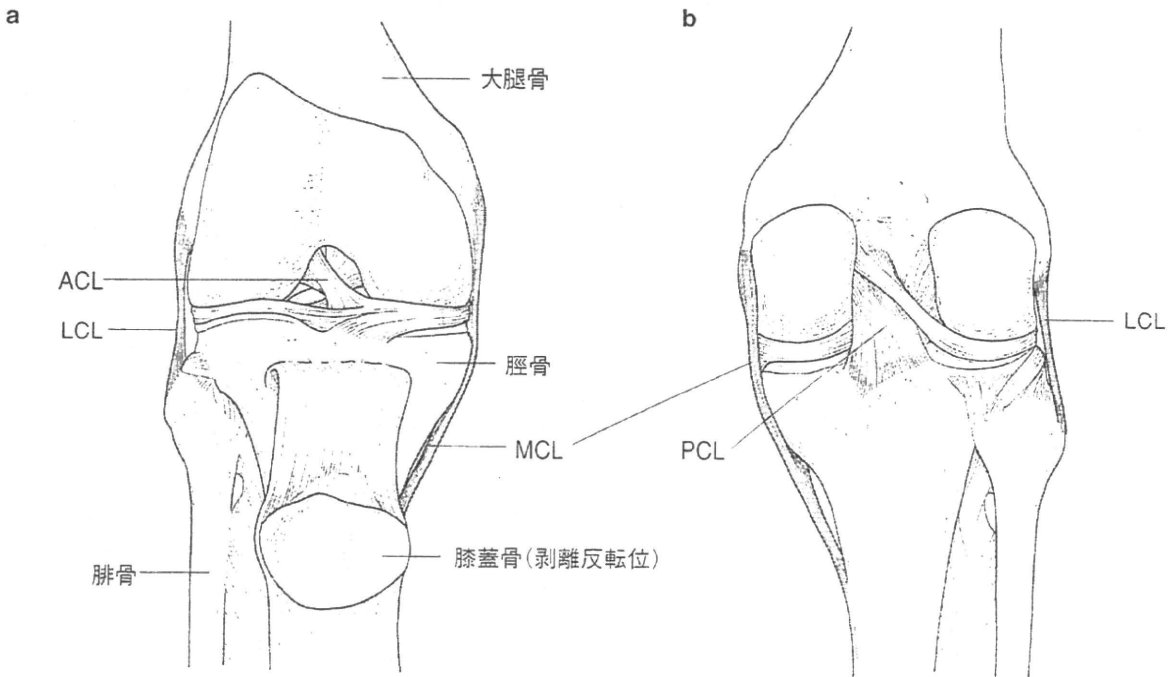


図2 新鮮MCL損傷(矢印)のMRI所見

a: 前方部。b: 後方部。

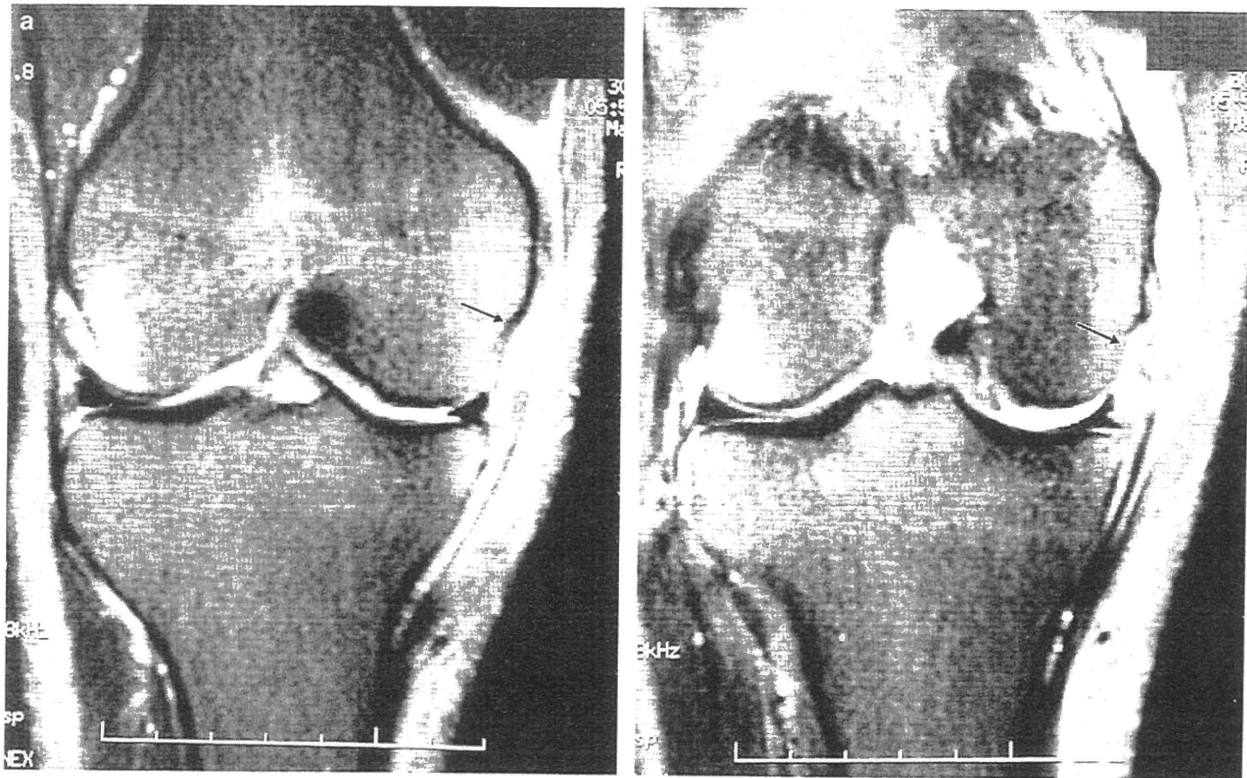


図3 膝関節靭帯損傷に用いられる装具
(支柱付きサポーター)

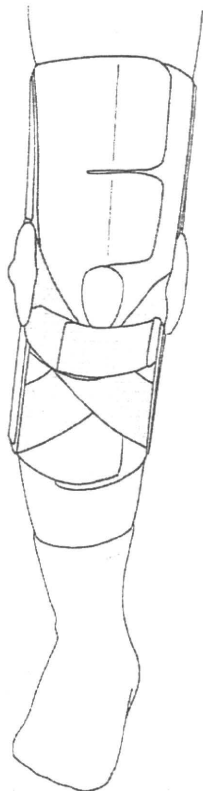


図5 内側半月板損傷の関節鏡所見
(バケツ柄断裂, 矢印)

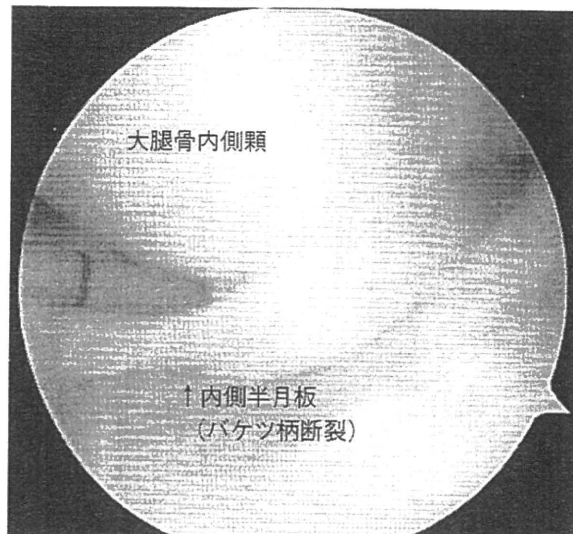
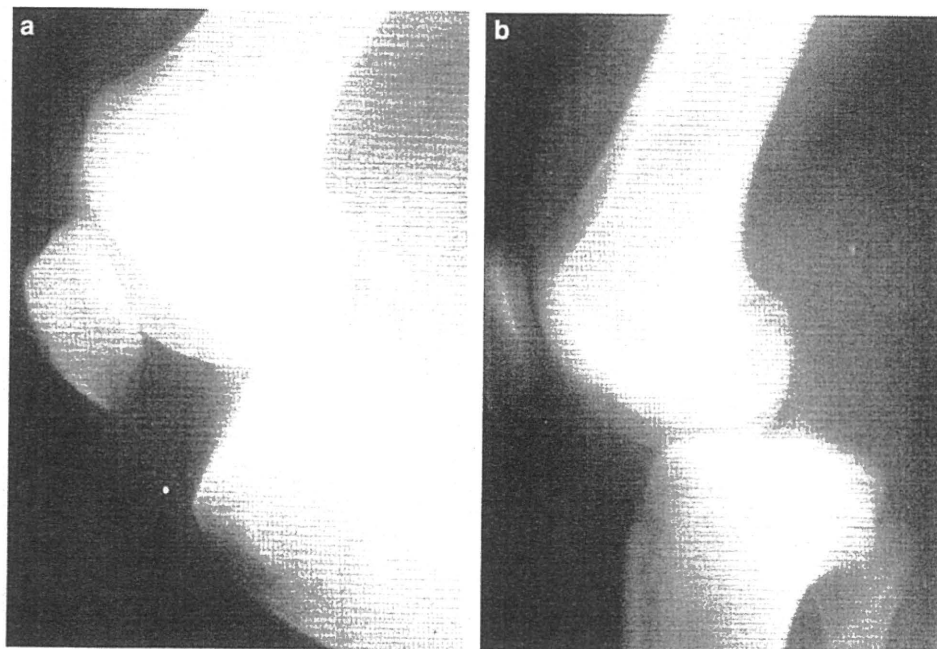


図4 十字靭帯損傷のストレスX線所見

- a: ACL損傷。脛骨は大腿骨に対し前方に変位している。
- b: PCL損傷。脛骨は大腿骨に対し後方に変位している。



膝関節半月板損傷

【リハビリテーション①～③が適応】

半月板損傷もスポーツで生じやすい損傷であるが、スポーツ選手では半月板変性を伴っていることが多く、症状の軽いものでは筋力訓練などで経過を観察する。可動域制限を呈するもの、スポーツに支障をきたすもの、二次的に関節軟骨の損傷が危惧されるものなどが手術適応である(図5)。可能であれば縫合術を行うが切除術を行わざるをえないことも多い。通常、術直後から可動域訓練を行い、術後1～3日程度で荷重歩行を許可する。術前・後をとおして筋力訓練を行うことも大切である。

足関節靭帯損傷

【リハビリテーション①～③が適応】

足関節の靭帯は外側には前距腓靭帯(ATFL)と踵腓靭帯(CFL)、内側には三角靭帯があるが、外側の靭帯損傷の頻度が高い。新鮮損傷では一次縫合術が行われることがあり、術後2～3週間のギプス固定が行われる。保存的にはギプスまたは装具固定が行われるが、腫脹が強い場合には患肢免荷が必要であり、その間の筋力低下を防ぐことが重要である。

アキレス腱断裂

【リハビリテーション①～③が適応】

アキレス腱断裂も急性期に手術療法が行われる場合と保存療法が行われる場合とがある。手術療法では術後2週程度尖足位でギプス固定を行い、その後中間位に変更する。このギプス固定期間中に下肢の筋力が著しく落ちるので、下肢全体、とくに下腿三頭筋筋力を維持することが大切である。一方、保存療法では通常4週程度尖足位でギプス固定を行うため、可動域訓練にさらに長期を要することが多い。固定期間中や免荷期間中に筋力低下を防ぐことも重要である。

下腿の疲労骨折

【リハビリテーション①～③が適応】

脛骨の中枢部および末梢部などが疲労骨折の好発部位である²⁾(図6)。長距離走など同一運動を繰り返す種目で生じやすい。通常ギプス固定は行わず、松葉杖による免荷程度で快方に向かうが、この間の筋力維持が大切である。

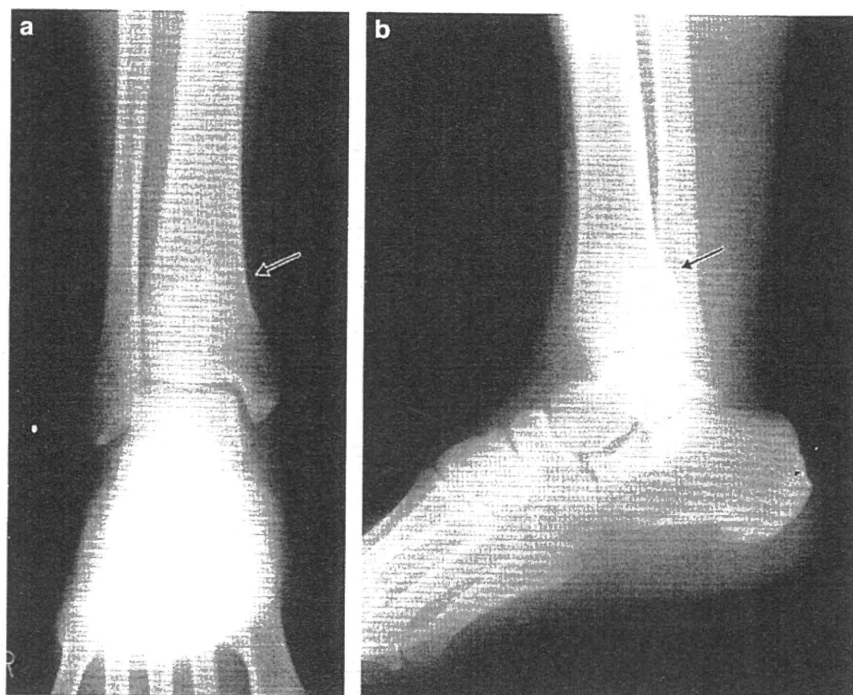
肉離れ

【リハビリテーション①～③が適応】

スポーツ活動中に筋線維の過牽引により出血や部分断裂などを生じたもので、通常は安静、アイシングなどで軽快する。大腿四頭筋、内・外側ハムストリングス、下腿三頭筋など、下肢のいずれの筋にも生じうる。腫脹が強い場合には、短期間のギプス固定を行ったり、松葉杖を処方して患肢免荷とする。急性期の可動

図6 脛骨遠位部に生じた疲労骨折(矢印)のX線所見

a: 正面像。b: 側面像。



域訓練はかえって局所の出血を増長し、回復を遅らせる。通常受傷後2~3日から徐々に関節の可動域訓練，筋力訓練などを開始するが，この時期にも慎重に等尺性訓練から行う。腫脹や疼痛の程度により，通常2~3週でジョギング，その後徐々に元のスポーツに復帰させる。

下肢のオーバーユース障害

【リハビリテーション①~③が適応】

単一の外傷ではなく，同じスポーツ動作を繰り返すことにより，腱の骨付着部や関節軟骨などに障害が起こることをオーバーユース障害とよぶ³⁾。

ジャンプや着地などの急激な動作により，膝蓋腱実質部やその膝蓋骨付着部に障害が発生したものをジャンパー膝とよぶ(図7)。同様の機序で骨端線閉鎖前の脛骨粗面の骨端が障害されるものがOsgood-Schlatter病である(図8)。膝関節伸展機構への負荷を減らすことが重要であり，大腿四頭筋ストレッチ，深屈曲動作の回避などを行う。炎症の強い時期には筋力訓練もハムストリングス中心のメニューに変える。

腸脛靭帯が膝関節の屈伸に伴って，大腿骨外側顆の機械的摩擦により炎症を起こし，運動時痛を生じるのが腸脛靭帯炎である。長距離ランナーに多く発症することからランナー膝とよばれる。靴の工夫，走行フォームの変更などがよいとする意見もある。対症療法として運動後のアイシングも行われる。

内側ハムストリングスの脛骨付着部が膝関節の屈伸に伴う機械的摩擦により炎症を起こすものは鵞足炎とよばれる。また同様に膝窩筋腱の付着部が炎症を起こ

すものは膝窩筋腱炎とよばれる。さらに膝関節周囲には多くの腱、靭帯の付着部や滑液包があり、これらが過度の負荷により炎症を起こすことが多い。多くは一過性であり、安静により軽快するが、いずれも局所の安静期間中に全身の筋力を維持することが大切である。

図7 ジャンパー膝のMRI所見

膝蓋腱膝蓋骨付着部の高信号と腫脹像(矢印)を認める。

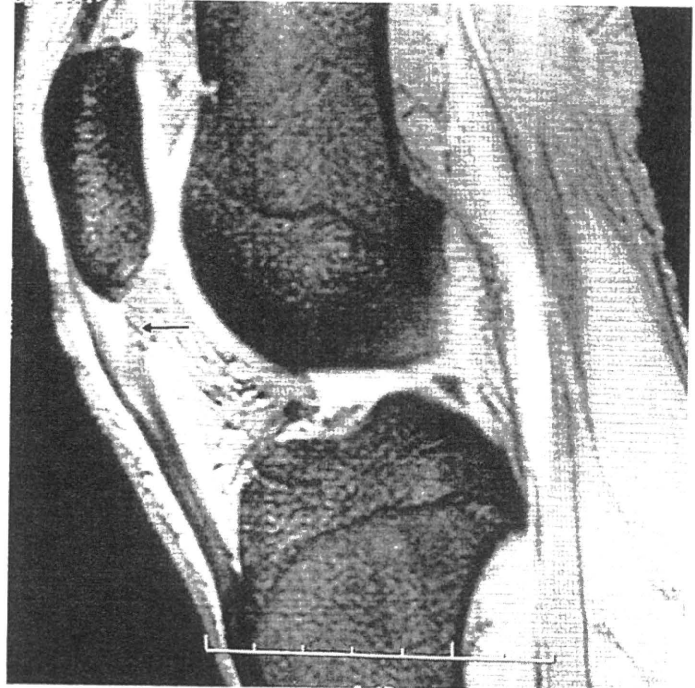
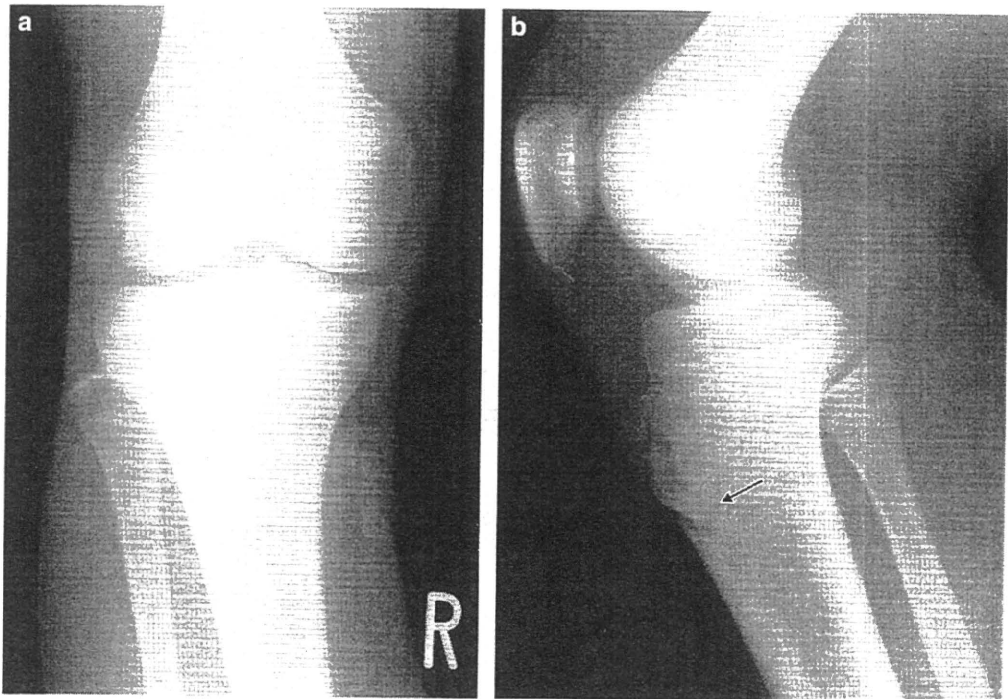


図8 Osgood-Schlatter病の単純X線所見

a : 正面像。
b : 側面像。脛骨粗面に荒れを認める(矢印)。



ランニングなどの繰り返し負荷が下腿に加わって、脛骨前面の疼痛を訴えるものをシンスプリントとよぶ。その多くは前脛骨筋などの脛骨付着部に生じる骨膜炎の炎症であるとされている。炎症が強い場合には走行距離を落とすなどして、炎症の鎮静化を待つ。運動前に前脛骨筋、長母趾伸筋などの足関節周囲の筋群のストレッチを行う。靴底の改良などにより衝撃吸収に工夫をする。

単純X線所見で、膝蓋骨が複数の骨片で構成されるものを分裂膝蓋骨とよび、分裂部に負荷が加わって疼痛を生じたものを有痛性分裂膝蓋骨とよぶ(図9)。疼痛が強い場合には競技レベルを落とし、炎症の鎮静化を待つ。とくにジャンプと着地は分裂部に加わる負荷が大きいので、できるだけ避ける。運動前には大腿四頭筋の十分なストレッチを行う。疼痛のために高度の運動制限を認める症例では手術療法が選択されることもある。

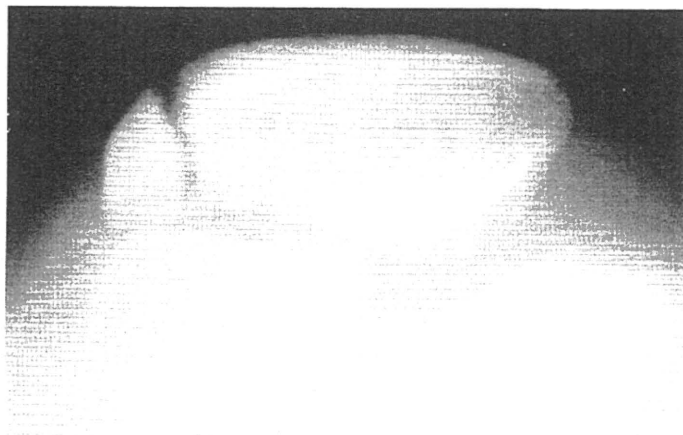
その他のスポーツ外傷と障害

【リハビリテーション①～③が適応】

その他にも下肢にはスポーツ活動中にさまざまな外傷や障害が生じる。膝関節では脛骨高原骨折、骨軟骨骨折、女性アスリートに多い膝蓋骨脱臼、タナ障害などである。足関節や足部では足関節脱臼骨折、足部や足趾の骨折や脱臼、腓骨筋腱脱臼などがある。いずれも手術療法が選択される場合と保存療法が選択される場合があるが、最も大切なことは治療中も筋力を落とさず、それぞれの関節可動域制限をきたさないように注意することである。

図9 分裂膝蓋骨の単純X線所見

軸射像。



リハビリテーション①：関節可動域訓練

関節可動域制限の原因は一様でなく、訓練によって回復が可能なもの、不可能なもの、かえって悪化するものなどさまざまである。したがって、その原因を十分に検討して、その適応や方法を決定することが大切である。

関節可動域制限の最も大きな原因は疼痛である。可動域を維持することは関節軟骨の栄養確保の面からも重要で、疼痛による可動域制限では、その原因を検索するとともに可能な限り疼痛を与えない工夫をしながら可動域を確保する必要がある。

関節内遊離体や膝関節の半月板損傷ではlockingにより可動域が物理的に障害されることがある。これらの場合には他動的な、とくに荷重を伴う可動域訓練は関節軟骨を損傷することがあり、非荷重の状態でも可能な範囲の可動域を確保しながら原疾患の治療を行う。

外傷や手術後に生じる関節内の線維化や癒着も関節可動域制限の原因となる。また、ほかの原因による可動域制限が長期間続いても、関節内癒着が生じることもある。線維化が高度な場合には手術療法も選択されるが、軽度な場合には可動域訓練が有効である。

可動域訓練は自家筋力を用いて自動で行うもの、器械やほかの人の助けを借りて他動で行うものがある。通常、現在の可動域を維持するために行う訓練は、自家筋力の維持も同時に行うため自動運動で行うことが多い。一方、失われた可動域の獲得をめざす場合には、現有の可動域を超える外力を要するため、他動的に行うことが多い。他動的な可動域訓練は疼痛を伴わないように、また不必要な筋緊張を起こさないように行うことが大切である。自家筋力の影響をできるだけ排除し、持続的に他動的関節運動訓練が行える装置としてCPM装置が開発されている⁴⁾ (図10)。

図10 膝関節用CPM装置

膝関節の他動的な可動域訓練を行う装置で、屈曲角度、スピードなどがコントロールできる。

