

## 1. 膝関節温存治療

### — 骨切り術・関節鏡手術 —

関節グループでは、膝関節疾患に対し、人工関節置換術のみならず、患者さんご自身の関節を可能な限り温存し、より高い活動性と生活の質を維持する治療に注力しています。

変形性膝関節症、スポーツ外傷、膝蓋骨不安定症、半月板損傷など、多岐にわたる膝疾患に対して、正確な診断、高度な手術技術、専門的リハビリテーション、そして基礎と臨床研究を融合させた包括的医療を提供しています。

#### (1) 高位脛骨骨切り術 (HTO)

高位脛骨骨切り術 (High Tibial Osteotomy: HTO) は、O脚変形に伴う内側型変形性膝関節症や内側半月板損傷、軟骨損傷に対して行う代表的な関節温存手術です。

脛骨近位部を骨切りし、楔状人工骨を補填したうえでロッキングプレートにて内固定を行います (図 1)。下肢アライメントを矯正することで、膝関節内側に集中した荷重を中央よりやや外側へ再分配し、疼痛軽減と機能改善を図ります (図 2)。自身の膝関節を温存できる点が大きな特徴であり、比較的若年者や活動性の高い患者さんに適した治療法です。

当科では、単なる骨切りによる矯正にとどまらず、損傷した半月板の温存治療 (関節鏡視下での半月板縫合術や制動術) や軟骨治療 (骨穿孔術や自家骨軟骨移植術) を併用することでアライメントのみでなく関節内の治療を可能な限り行うことで、さらなる関節温存を目指しています。比較的若年の患者さんが多く、早期社会復帰を目指した追加スクリーンの有用性やバイオメカニクス研究などの基礎的検証も推進しています。

- ・術前画像を用いた精密なアライメント計画
- ・関節適合性や靭帯バランスを考慮した骨切りデザイン
- ・膝蓋大腿関節への影響評価
- ・半月板損傷・軟骨病変への同時治療
- ・早期社会復帰を目指した術後リハビリテーション

を重視し、患者さん一人ひとりに個別化した最適な治療を実践しています。



図 1 HTO 用ロックングプレート

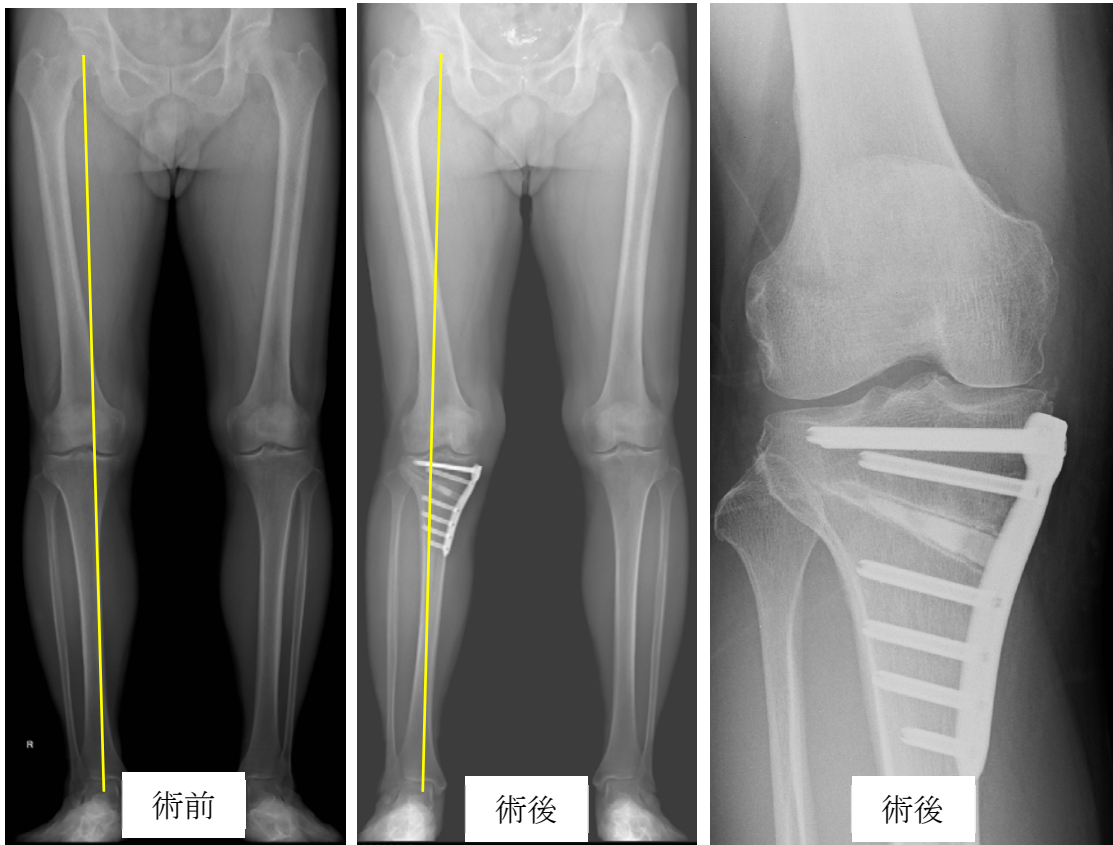


図 2 HTO 術前術後 X 線画像

## (2) 三次元脛骨粗面移動術

反復性膝蓋骨脱臼や膝蓋骨不安定症では、膝蓋骨の外側偏位のみならず、膝蓋骨高位 (patella alta)、脛骨粗面外側化、滑車形成不全、下肢アライメント異常など、様々な解剖学的因子が複合的に関与します。とくに膝蓋骨高位を伴う症例では、膝蓋骨が屈曲初期に大腿骨滑車に接さず、不安定性や再脱臼の主要因になります。

こうした複雑な病態に対し、当科で独自に考案した治療法のひとつとして Otsuki らは、脛骨粗面を前方かつ内方、遠位へ同時に移動させる三次元脛骨粗面移動術を公表しました

(Otsuki S, Nakajima M, Oda S, et al. Three-dimensional transfer of the tibial tuberosity for patellar instability with patella alta. *J Orthop Sci.* 2013)。これは、諸家らによる脛骨粗面内方移動術単独では解決できなかった膝蓋骨高位や膝蓋大腿関節内圧の上昇等の問題を網羅的に補正することを可能とした術式です (図 3)。

本術式の理論は以下の 3 要素です。脛骨粗面の

1. 内方移動：TT-TG 距離を改善し、膝蓋骨の外側偏位を是正
2. 遠位化：Insall-Salvati ratio や Caton-Deschamps index を改善し、膝蓋骨高位を補正
3. 前方移動：膝蓋大腿関節反力を減少させ、疼痛や軟骨障害の進行を抑制

我々は、膝蓋骨高位を伴う不安定症に対して、本術式により画像的指標 (TT-TG 距離、膝蓋骨高位指数) の有意な改善と、再脱臼のない良好な臨床成績を報告しました (図 4)。また、膝蓋骨の整復位獲得と膝前面痛の改善が得られ、膝蓋大腿関節症の予防という観点からも有用性が期待できると考えています。

当科では、CT・MRI・長下肢 X 線を用いた詳細な術前評価を行い、患者さんごとの病態に応じて移動方向・移動量を個々に検討しています。必要に応じて MPFL 再建術や軟骨治療を併用し、解剖学的整復と中長期にわたる関節温存の両立を目指した治療を実践しています。

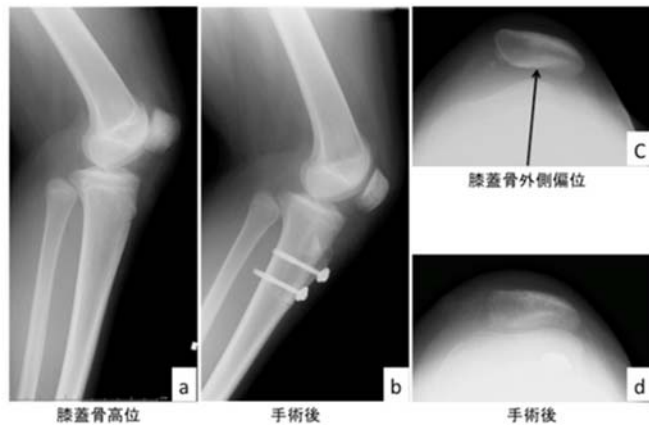


図3 三次元脛骨粗面移動術 (3-D transfer)

術後 X 線画像：膝蓋骨は整復され、高位も改善されています。

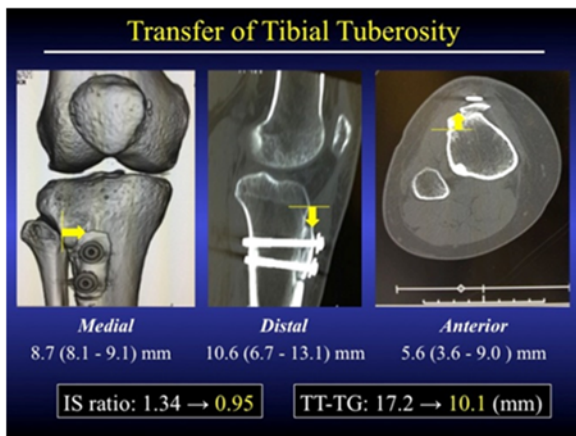


図4 三次元脛骨粗面移動術 (3-D transfer)

脛骨粗面は前方に移動し、IS (Insall Salvati) ratio、脛骨粗面滑車間距離 (TT-TG) とともに改善しています。

### (3) 前十字靭帯再建術

前十字靭帯（ACL）は、膝関節の前方安定性および回旋安定性を担う重要な靭帯であり、ジャンプ着地、急停止、方向転換、接触外傷などを契機に損傷します。ACL 損傷後は膝くずれや不安定感を生じるだけでなく、半月板損傷や関節軟骨障害を併発し、将来的な変形性膝関節症のリスクに繋がることが知られています。そのため、活動性の高い患者さんやスポーツ復帰を希望される患者さんに対しては、手術による機能再建が重要な治療選択肢となると考えています。

当院では、患者さんの年齢や競技レベル、受傷機転、関節弛緩性、合併損傷などを総合的に評価し、それぞれの特徴や病態に応じた ACL 再建術を行っています。

#### ・第一選択：ハムストリング腱を用いた解剖学的二重束再建術（図 5）

当院では、半腱様筋腱を主体としたハムストリング腱を再建材料とする解剖学的二重束再建術を幅広く行っています。ACL は本来、前内側束（AM bundle）と後外側束（PL bundle）から成る複雑な構造を有し、それぞれ膝関節の屈伸に伴い異なる張力パターンを示します。二重束再建術はこの解剖学的構造を再現することで、従来の一重束再建と比較して、より生理的な前方・回旋安定性の獲得が期待できます。当科では、正確な骨孔作製と安定した初期固定を重視し、術後のスポーツ復帰率向上と再断裂予防を目指しています。

#### ・第二選択：膝蓋腱を用いた再建術（再再建術・高度不安定性症例など）

再断裂例や再再建術、骨孔拡大例などの難易度の高い症例では、膝蓋腱（Bone Tendon Bone: BTB）グラフトを選択しています。BTB グラフトは骨片付き移植腱であるため骨孔内での早期の骨癒合が期待でき、初期固定性に優れる点が特徴です。とくに再建靭帯に高い強度が求められる症例において有用と考え、再手術症例に対しても安定した成績を目指した治療を行っています。

#### ・症例に応じた追加制動術（LEAP など）

高度な回旋不安定性、pivot shift 陽性例、ハイレベルアスリート、過伸展膝などの再断裂ハイリスク症例などでは、ACL 再建単独では不十分となる場合があり、追加補強の検討を要す例があります。

そのため当院では、症例に応じて LEAP（Lateral Extra-Articular Procedure）などの外側追加制動術を併用しています。ACL 再建に加えて外側支持機構を補強することで、回旋安定性のさらなる向上と再受傷リスク低減を図っています。

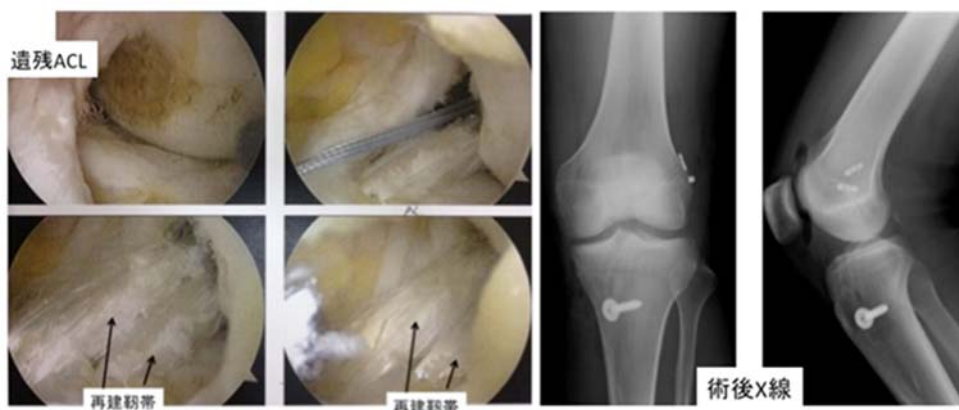


図 5 ACL 再建術の関節鏡写真と術後 X 線画像

#### (4) 半月板治療

半月板は、膝関節における荷重分散、衝撃吸収、関節安定化、潤滑機能、軟骨保護を担う極めて重要な組織です。半月板機能が失われると、関節軟骨への負荷が増大し、将来的な変形性膝関節症に繋がるということが知られています。一昔前までは半月板損傷に対する治療は切除術が一般的でした。しかし上記理由から半月板切除後の変形性膝関節症への進行が起こりうること、また手術技術や医療機器の進歩もあり、近年では半月板を「切除する治療」から「可能な限り温存し、再建する治療」(Save the Meniscus)へと大きく変化しています。当院では、損傷形態、年齢、活動性、変性の程度、アライメント異常の有無を総合的に評価し、患者さんの特徴に応じた最適な半月板治療を行っています。

##### ・半月板縫合術 — 可能な限り残す治療

若年者の外傷性断裂や修復可能な病変に対しては、積極的に半月板縫合術を適応しています。関節鏡視下に各種縫合デバイスを用い、断裂部位や形態に応じた最良の修復方法を選択しています(図6)。半月板を温存することで、将来的な軟骨変性の抑制とスポーツ復帰の質向上を目指します。

##### ・部分切除術 — 必要最小限の切除

著しい変性断裂や修復困難例では部分切除術を選択することがありますが、切除範囲を最小限にとどめ、残存半月板機能を最大限温存することを原則としています。

##### ・半月板再生医療と人工半月板の臨床応用への挑戦

半月板欠損や高度変性断裂に対しては、従来の治療のみでは十分な機能回復が困難な場合があります。そこで当院では、次世代治療として人工半月板 scaffold (足場材) を用いた再生医療の研究・開発に取り組んでいます(図7)。

現在、半月板の組織再生を目指した新規半月板 scaffold の臨床応用と社会実装に向けた展開を進めており、膝関節疾患における新たな選択肢となることが期待されています。

文責 池田 (2026年4月)

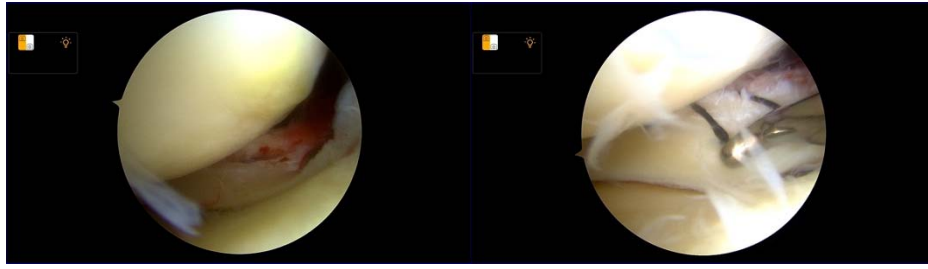


図 6 半月板縫合の関節鏡写真

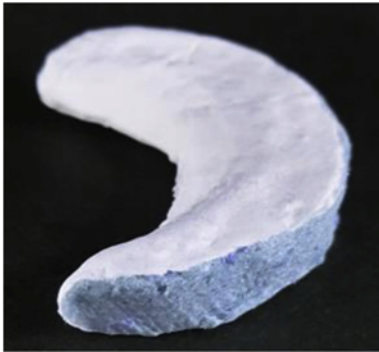


図 7 Otsuki らが開発した人工半月板

## 2. 人工膝関節全置換術：個々の膝に合わせた最適な治療戦略

病期の進行した変形性膝関節症に対する人工膝関節置換術 (Total Knee Arthroplasty : TKA) は、近年の技術的革新により高い安全性と安定した臨床成績に繋がる標準的治療となっています。一方、日本には正座や胡座、跪き動作など膝に大きな屈伸角度が求められる独自の生活様式があり、単に痛みを和らげるだけでなく、より自然な動きとともに高機能な膝の再建が不可欠と考えられています。以上のことから TKA を単一の手術手技として捉えるのではなく、患者さんの背景や骨形態に応じた「個別化治療」の必要性が重要視されています。このような多様化した要求に応えるため、我々は主に以下の 2 つの戦略を症例ごとに使い分けています。

### ■ Mechanical Alignment (MA) TKA

歴史的に幅広く行われ、大腿骨と脛骨に於ける内外側の骨切除量を調整することで変形を矯正し、下肢機能軸の正常化とともにインプラントの長期耐久性が報告されています。(図 1)。同時に、関節として相応しい安定感を高めるため、膝の内外に於ける軟部組織 (骨以外の靭帯や筋肉など) の緊張度が可能な限り整うようにバランスの術中評価を併用し、より安定した機能獲得を目指しています。(Okayoshi T, et al. The flexion-extension gap is predictive of patient-reported outcome measures after cruciate-retaining total knee arthroplasty. *Knee*. 2023)。当院では重度の内反変形膝(O 脚)や中等度以上の外反膝(X 脚)に対する適応します。

### ■ Kinematic Alignment TKA

患者さん本来の関節形状や靭帯バランスの維持を最優先し、膝に具わる生理的な動体の再現を目的とします。MA TKA と比較して違和感の少ない機能再建が期待でき、近年注目されています(図 2)。適応は、変形が中等度までの症例に限定しています。

当科では TKA を画一的な手術としての位置づけではなく、術前の変形の重症度や軟部組織バランス、患者さんの活動性や生活様式などに応じた総合的評価とともに、最適なアプローチを提唱しています。

### ■ インプラント選択と機能再建

TKA 術後に膝が「よく曲がること」は極めて重要な要素と考えられ、後十字靭帯 (PCL) の処置を中心とした様々な議論が深められています。症例の特徴を考慮して、我々は PCL を温存する CR 型(Okamoto Y, et al. Low-constraint insert with a medial pivot design as a potential predictor of favourable outcomes in cruciate-retaining total knee arthroplasty: A propensity score-matched analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2025)と、切除してその機能をインプラント形状で代用する PS 型(Okamoto Y, et al. Capsular release around the intercondylar notch increases the extension gap in posterior-stabilized rotating-platform total knee arthroplasty. *Knee*. 2016)を選択します。

### 3. 単顆型人工膝関節（UKA）への積極的取り組み

内側または外側の一部に変形の限局した症例に対しては、人工膝関節単顆置換術（Unicompartmental Knee Arthroplasty：UKA）も積極的に行っています。UKAには、

- 低侵襲、入院期間の短縮、早期社会復帰を目指す
- 靭帯機能を温存
- より自然な膝の動きとともに正座できるほどの屈曲角度を獲得できることもある

等々の利点があり、適応を厳格に選択することで一層高い満足度が得られます(図 3)。患者さんの状態によっては両側同日手術も可能です(図 4)。

#### ■ 臨床と研究の融合

当科では、より自然な膝機能の再現と長期耐久性の向上を目標に、バイオメカニクス研究を積極的に行っています。人工膝関節の動態解析や術中の部品間圧縮力計測(Okamoto Y, et al. Dynamic variation of tibiofemoral compression force during total knee arthroplasty: Implications for soft tissue balance and functional outcomes. *Knee*. 2025)などを通じて、インプラント設計や手術手技の最適化に取り組んできました。研究成果を継続的に臨床へ還元することで、基礎から臨床への橋渡し研究とともにより質の高い医療の実践と社会貢献を目指します。

文責 石谷（2026年5月）

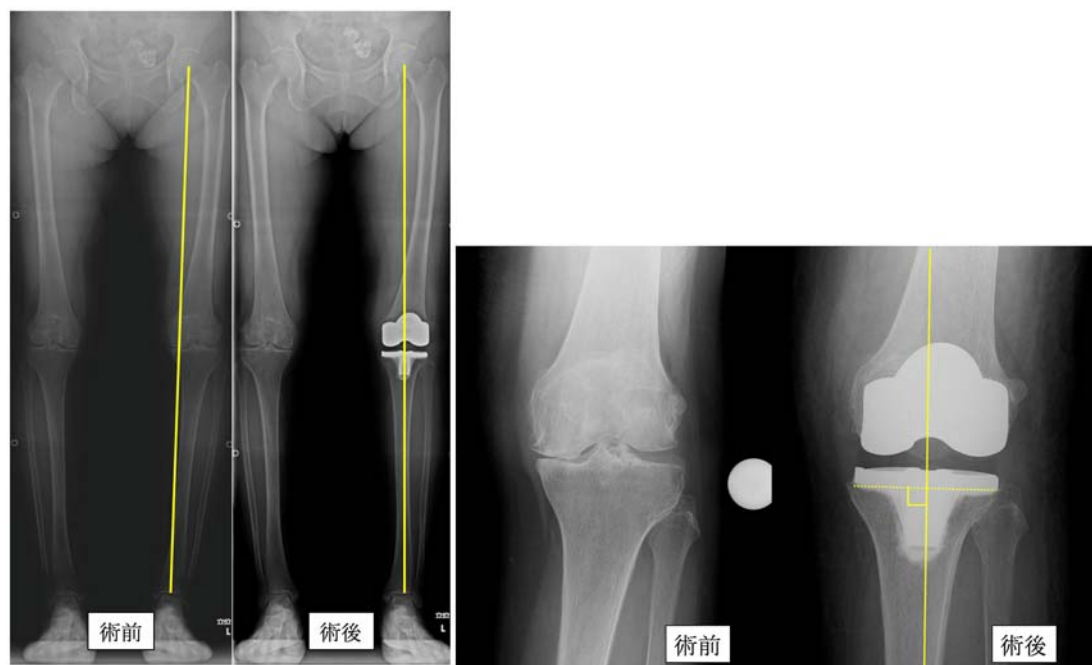


図 1 Mechanical Alignment TKA

内側荷重(O脚)となっていた下肢をまっすぐになるように矯正を加えて人工膝関節に置換されています。

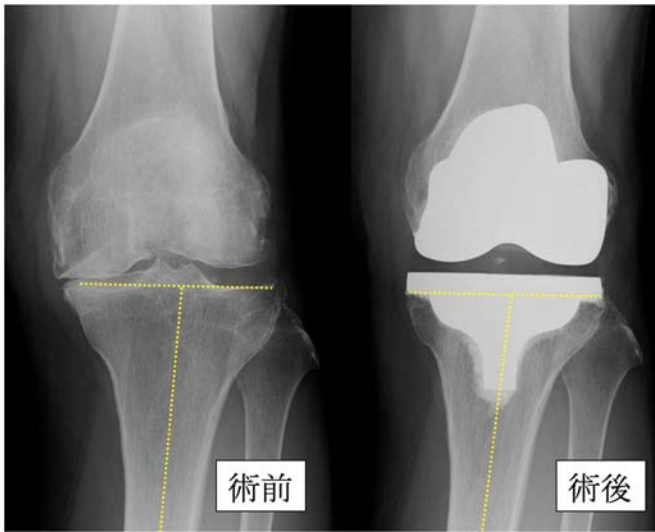


図2 Kinematic alignment TKA

患者さん本来の関節傾斜を温存した形で人工膝関節に置換されています。

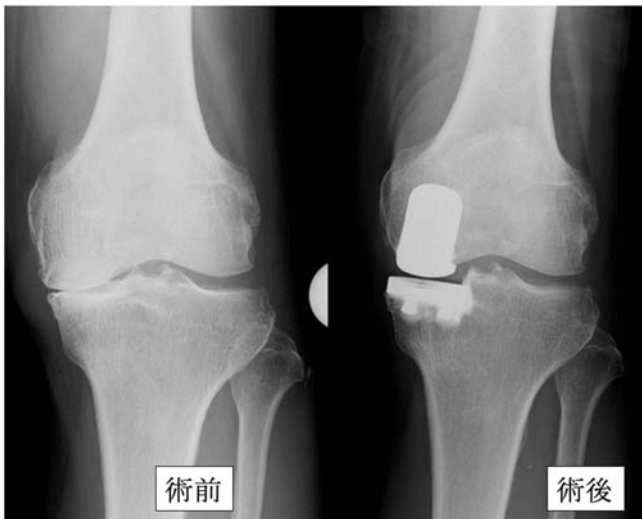


図3 人工膝関節単顆置換術(UKA)

膝関節の内側区画のみ人工関節に置換されています。



図4 UKA 両側同時手術症例

症例によっては両側同日手術も積極的に行っております。