

総説 (2016年度横浜市立大学医学会賞受賞研究)

# 股関節変性疾患に対する安全で正確な手術治療の確立： コンピュータ技術を用いた術前計画・術中支援・ 術後評価と周術期合併症対策

稲 葉 裕

横浜市立大学医学部 整形外科

**要 旨：**近年，手術治療では高度な日常生活動作の改善が望まれ，より安全で正確な低侵襲手技が必要となっている．正確な手術を行うためには，コンピュータ技術を駆使した術前計画・術中支援が行われるようになり，その正確性，有用性については異論のないところである．われわれは，コンピュータ技術を人工股関節手術だけでなく股関節骨切り術にも応用する手法を開発して使用している．また，安全な手術治療を行うためには，代表的な周術期合併症である静脈血栓塞栓症や術後感染の予防や早期発見が必要である．

本稿では，股関節手術に対するコンピュータ技術の応用と周術期合併症対策におけるわれわれの取り組みについて紹介する．

**Key words:** 股関節変性疾患 (Degenerative joint disease of the hip), 手術治療 (Surgical treatment), コンピュータ技術 (Computer technology), 周術期合併症 (Perioperative complications)

## はじめに

近年の医学の進歩，医療技術の向上により骨・関節変性疾患に対する薬物治療，手術治療の成績は向上し，患者の日常生活動作 (ADL) は著明に改善した．特に，手術治療においては高度なADLの改善が望まれ，より安全で正確な低侵襲手技が必要となる．われわれは，一貫して股関節変性疾患に対する安全で正確な手術治療の確立を目指した研究を行ってきた．

正確な手術治療の実施のためには，コンピュータ技術を応用している．コンピュータ技術を駆使した術前計画・術中支援は，整形外科領域では人工股関節置換術 (THA: total hip arthroplasty), 人工膝関節置換術，脊椎手術などで行われている．まだコンピュータ機器を使用できる限られた施設で行われているのが現状であるが，その正確性，有用性については異論のないところである．われわれは，コンピュータ技術の応用を人工関節手術だけでな

く骨切り術にも応用する手法を開発して使用しているが，骨切り術への応用は国内外でもほとんど行われていない．コンピュータナビゲーションを使用することにより小さな術野でも正確な手術を行うことが可能となり，低侵襲手術を行う上での有用性も高い．

また安全な手術治療を行うために，代表的な周術期合併症である静脈血栓塞栓症 (VTE: venous thromboembolism) や術後感染の早期発見，予防に関する研究に取り組んでいる．術後VTEは，THAや人工膝関節置換術後の重篤な合併症の一つであり，死亡に至る例も存在するため，その予防の重要性が認識されている．術後VTEの高リスク症例のスクリーニングではDダイマー値を用いた研究が以前より行われてきたが，その感度，特異度は満足できるものではなかった．われわれは，術後1日目の凝固系マーカーである可溶性フィブリン (SF: soluble fibrin) 値と線溶系マーカーであるプラスミノゲンアンアクチベータインヒビター (PAI-1: plasminogen activator

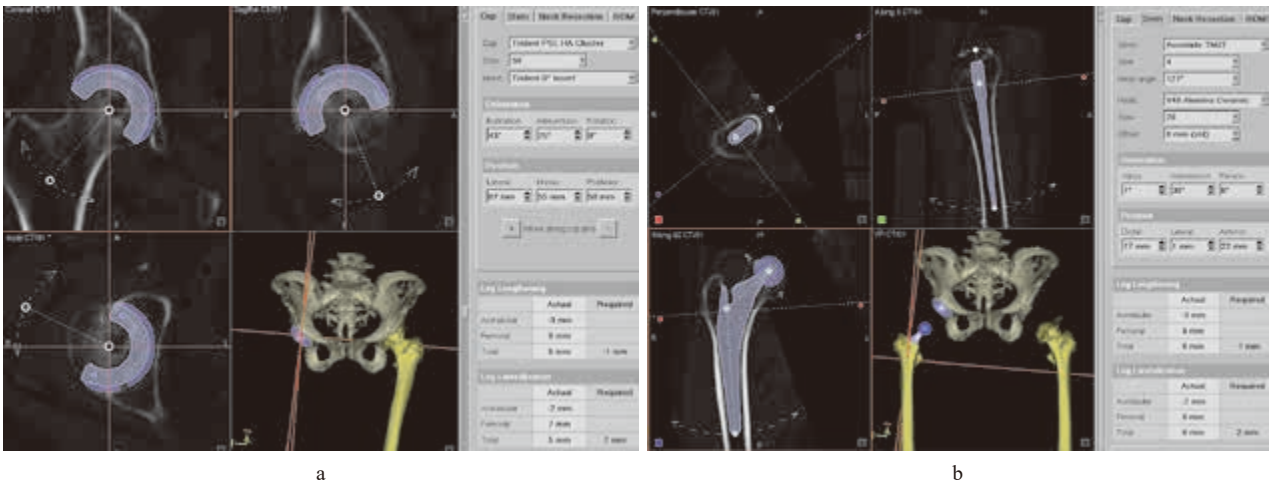


図1 THAにおける3次元術前計画

- a. 寛骨臼カップの計画では、寛骨臼の前後径を参照して適切なカップサイズを選択し、骨盤形状にあわせて設置位置を調整する。
- b. 大腿骨ステムは、症例ごと的大腿骨形状にあわせて適切な設置角度、位置を計画する。

inhibitor-1) 値を組み合わせて高リスク症例のスクリーニングを行い、高リスク症例にのみ抗凝固薬を用いた選択的薬物的予防法を行っている。

術後感染は、特に人工関節置換術後では治療に難渋することが多く、重篤な合併症である。人工関節周囲感染(PJI: periprosthetic joint infection)は、low grade infectionの場合は診断が困難なことが多く、確定診断がつかないまま重症化することも多いため、正確な診断に基づく早期の治療開始が望まれる。われわれは、PJIの正確な診断法として<sup>18</sup>F-fluoride PETやリアルタイムPCR法を使用している。

本稿では、コンピュータ技術を用いた股関節手術の実際と術後合併症予防に対するわれわれの取り組みについて紹介する。

### 股関節手術に対するコンピュータ技術の応用

整形外科医が扱う骨・関節・靭帯・筋肉などの運動器は3次元的な構造物であるが、従来、単純X線像の2方向撮影やCTの横断像から3次元構造を想像するという手法が一般的であった。近年ではコンピュータ技術の進歩により画像の3次元構築が容易となり、様々な画像情報を用いた3次元的な術前計画や手術支援、そして詳細な術後評価を行うことが可能となった<sup>1)</sup>。

股関節外科における代表的な手術としてTHAと骨切り術があるが、THAにおけるコンピュータソフトウェアを用いた3次元術前計画では、日常生活動作で必要な股関節可動域の中で脱臼が生じにくいような人工関節(インプラント)の設置角度や、最適な下肢長などの3次元的な計画が可能である。そして術中支援としてコンピュータナビゲーションを使用することにより、術前計画を正

確に遂行することができる<sup>2, 3)</sup>。股関節骨切り術では、最適な骨切り部位の計画や骨切り位置の術中確認にコンピュータ支援技術は有用であるが、まだ開発段階でありTHAに対するコンピュータ支援技術ほど普及していない。われわれはTHAとともに股関節骨切り術においてコンピュータ支援技術を用いて3次元的な術前計画を行い、その術前計画の実施においてCT-basedコンピュータナビゲーションを使用している<sup>4, 5)</sup>。

### 1. CT-based ナビゲーションを用いた THA

術前に骨盤および大腿骨のCTを1.5mmスライスで撮影し、CTデータをDICOM形式でCT-based Hip Navigation System (Stryker Orthopaedics, Mahwah, NJ, USA) に転送後、同ソフトを用いて術前計画を行う。この術前計画では、症例ごとに骨盤と大腿骨の形態を考慮したインプラントの種類とサイズを選択を行う。3次元画像を確認しながら適切なインプラントサイズ、設置位置、設置角度、大腿骨頸部骨切り位置の術前計画を行うことができる(図1)。術前に骨盤の傾斜が著しい症例や、立位と臥位での姿勢変化によって骨盤傾斜が大きく変化する症例では、症例ごとの骨盤傾斜を考慮した術前計画を行うことができる<sup>6)</sup>。

手術は側臥位で行い、ナビゲーション機器を手術台の頭側に設置する。皮切は7~8cmで、低侵襲手技を用いたTHA(MIS-THA)を行っている<sup>7)</sup>。股関節の展開後、腸骨稜と大腿骨遠位にそれぞれ2本のピンを刺入しセンサーを設置する。センサーが強固に固定されたのを確認後、大腿骨形状、骨盤形状のコンピュータへの登録作業(レジストレーション)を行う。大腿骨、骨盤のレジストレーション終了後は、コンピュータ画面で大腿骨頸部の骨切りラインの確認が可能である。また、コンピュータ

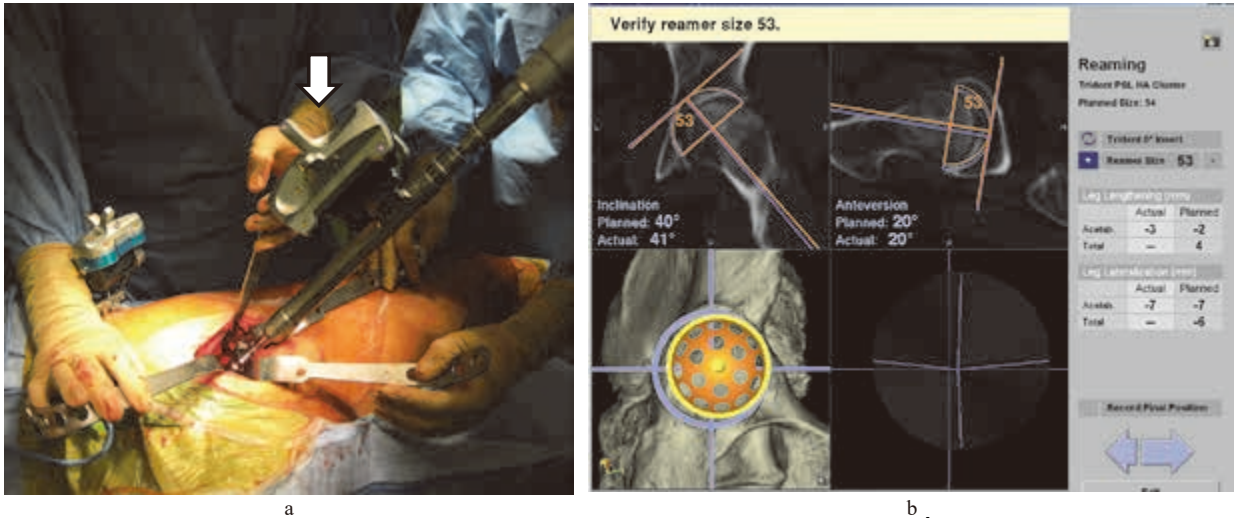


図2 ナビゲーションを用いた寛骨臼リーミング

- a. 寛骨臼リーマーにはセンサー（矢印）を装着する。
- b. コンピュータ画面上でリーマーの位置、角度を確認しながら、術前計画に沿って寛骨臼のリーミングを行う。

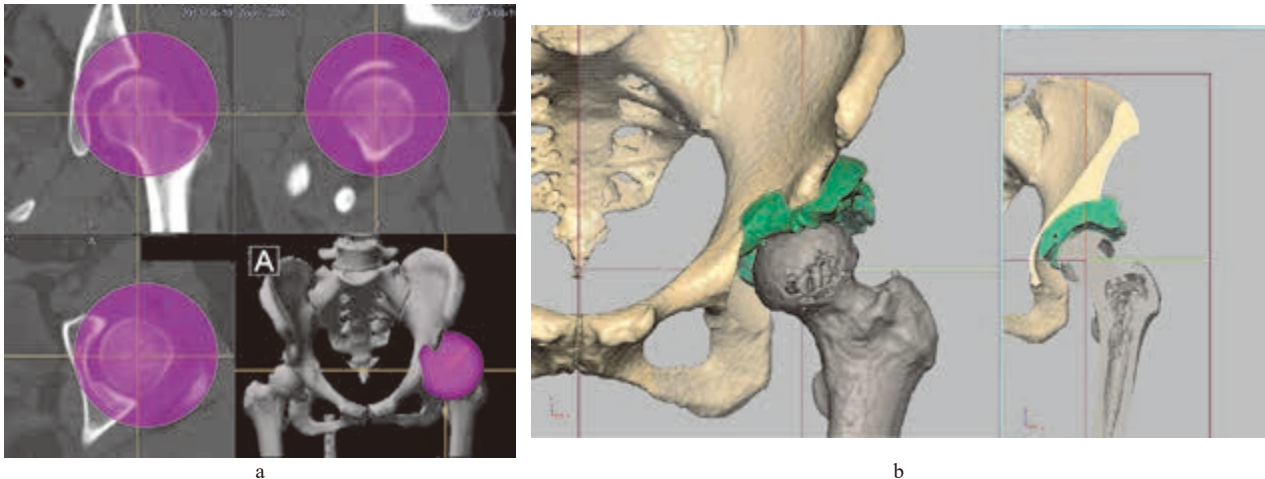


図3 寛骨臼回転骨切り術の術前計画

- a. 骨切りラインの術前計画では、寛骨臼を球状に骨切りするように計画する。
- b. 骨切りした骨片（緑色の部分）は、臼蓋傾斜角が水平となるまで外方に回転させ、前方の被覆も補正する。

画面上でリーマーの位置を確認しながら、術前計画に沿って寛骨臼のリーミングを行う（図2）。次いでカップ設置を行うが、この際もカップの位置、設置角度がリアルタイムに確認可能である。その後大腿骨側においてもインプラント挿入角度を確認しながらラスピング、ステム設置を行う。

## 2. CT-based ナビゲーションを用いた股関節骨切り術<sup>5)</sup>

股関節骨切り術の術前計画では、CTデータをDICOM形式で三次元テンプレートソフトウェア ZedHip (LEXI Co., Tokyo, Japan) に転送し、同ソフトを用いて骨3次元形状データをSTL形式に変換する。そのSTLデータをモデリングソフトウェア FreeForm (Sensable, Wilmington,

MA, USA) に転送して、FreeForm上で術前計画を行う。手術支援のために、FreeFormで作成した術前計画を OrthoMap 3D Navigation System (Stryker Orthopaedics, Mahwah, NJ, USA) にSTL形式で転送する。

寛骨臼回転骨切り術の術前計画では、寛骨臼を球状に骨切りするよう計画している。骨切りした寛骨臼骨片の回転量は、臼蓋傾斜角が水平となるまで外方に回転させ、骨頭の前被覆が不十分な症例ではそれを補正するように計画している（図3）。

大腿骨骨切り術の術前計画でも同様に、骨切り位置や骨切り後の最適な矯正位置を計画することが可能である。また内固定材の設置位置やスクリューの刺入位置や方向、長さの術前計画も可能である（図4）。大腿骨と寛骨臼が

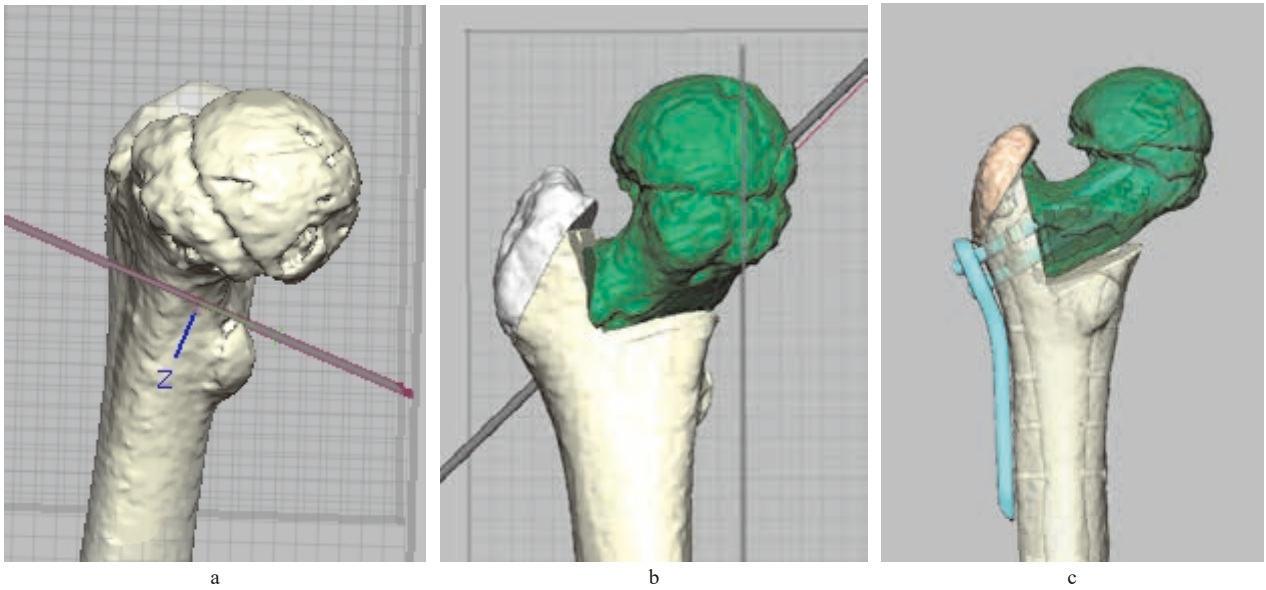


図4 大腿骨頭回転骨切り術の術前計画

大腿骨頭すべり症 (a) に対する大腿骨頭回転骨切り術の術前計画では、回転後の骨端部の位置 (b) や内固定材の挿入位置 (c) が計画できる。

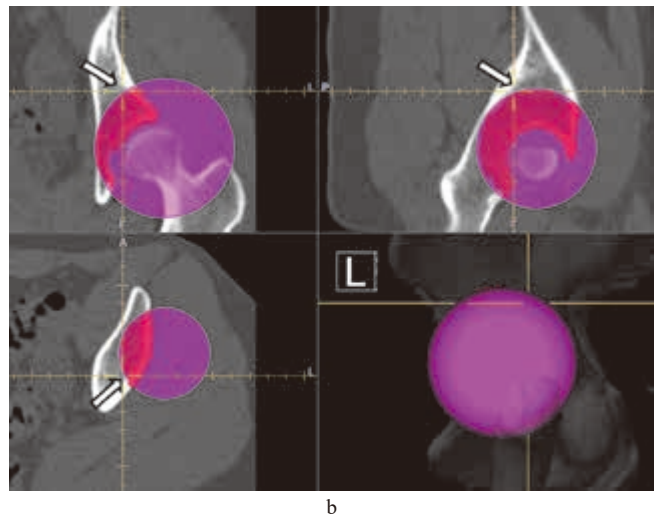
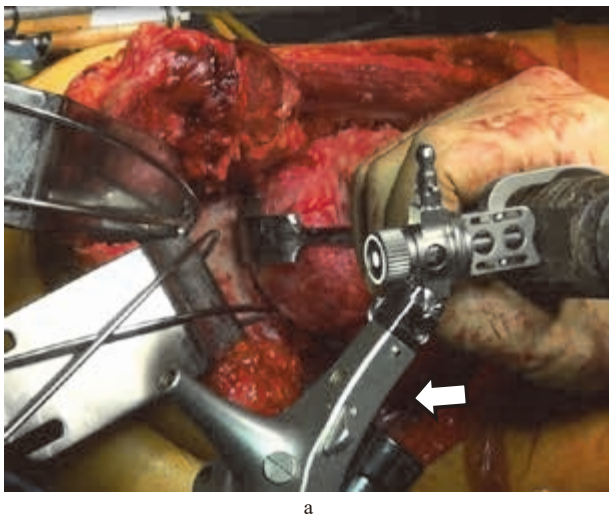


図5 弯曲ノミを用いた骨切り

- a. 弯曲ノミにはセンサー (矢印) を装着する。
- b. 術中に弯曲ノミの先端の位置がモニター画面上で確認できる (矢印: 2つの直線の交点)。術前計画に沿ってノミの先端の位置を確認しながら骨切りを行う。

衝突 (インピンジメント) する病態においても、コンピュータソフトウェアを用いた動作解析でインピンジメント部位が確認でき、インピンジメント部位の切除量、切除範囲の計画が可能である。

寛骨臼回転骨切り術の術中支援では、股関節周囲の展開後、腸骨稜に2本のピンを刺入しセンサーを設置する。THAと同様に骨盤のレジストレーションを行う。次に、サージエアトムにセンサーを装着し、サージエアトム先端のレジストレーションを行う。コンピュータ画面で先端の位置を確認しながら、サージエアトムを用い

て術前計画に沿った骨切りラインのマーキングを行う。次いで弯曲ノミの先端のレジストレーションを行い、コンピュータ画面上で弯曲ノミの先端の位置を確認しながら、術前計画に沿って海綿骨および腸骨内板の骨切りを行う (図5)。骨切り終了後の切離した回転骨片の位置はリアルタイムには確認することができないため、われわれは回転骨片を仮固定した後に、回転した骨片の表面をポインターで触れることにより、骨切り後の骨片の移動位置が術前計画と同じであることを確認している。

大腿骨骨切り術においても、大腿骨のレジストレーショ

ン後、骨切り位置、内固定材の挿入位置、スクリューの刺入位置・刺入方向をコンピュータ画面上で確認しながら手術を行う。インピンジメント部位の切除では、術中に切除部位がリアルタイムにナビゲーション画面で確認でき、術前計画通りの切除が可能である。

### 3. MIS-THAにおけるCT-basedナビゲーションシステムの精度

ナビゲーションシステムの臨床的な精度調査は、術後CTでインプラントの設置角度や位置を計測して、それを術中にナビゲーションが示した値と比較することで可能である。術中ナビゲーション値と術後CT計測値の差の絶対値を誤差として計測すると、MIS-THAにおいてカップ傾斜角の誤差は $2.2 \pm 2.1^\circ$ 、カップ前方開角は $1.9 \pm 1.9^\circ$ 、ステム前捻角は $3.4 \pm 2.4^\circ$ であった。また、術中ナビゲーション値と術後CT計測値の差の絶対値が $5^\circ$ 以上の外れ値 (outlier) は、カップ傾斜角で11.1%、カップ前方開角で9.3%、ステム前捻角で15.7%に認められたが、誤差が $10^\circ$ 以上の症例は認めなかった。上記の結果より、われわれのインプラント設置におけるナビゲーションの誤差は $2 \sim 3^\circ$ であり、現在までに報告されているCT-basedナビゲーションのカップの誤差 $3 \sim 4^\circ$ <sup>8)</sup>、ステムの誤差 $4 \sim 5^\circ$ <sup>9)</sup>と比較すると良好な値である。このように術後CTを用いてインプラントの設置角度を正確に計測できるTHAにおいてはナビゲーションの精度調査が可能であるが、骨切り術においては正確な精度調査は難しいため、今後、精度調査手法の開発が必要である。

## 周術期合併症の早期発見、予防

### 1. 静脈血栓塞栓症 (VTE)

VTEは、THA後の重篤な合併症の一つである。日本整形外科学会VTE予防ガイドライン<sup>10)</sup>ではTHAは高リスクとして位置付けられており、術後の予防法として間欠的空気圧迫法 (IPC: intermittent pneumatic compression) あるいは抗凝固療法が推奨されている。海外のガイドラインでは、全例に対して抗凝固療法を用いた予防法が推奨されてきたが、近年は抗凝固薬の副作用である出血が問題視され、症例ごとのリスクを評価して適切な予防法を選択することが推奨されている。

術後VTEは致死的な合併症であるため、血液凝固線溶系マーカーを用いた術後早期診断に関する研究が行われている。現在までに術後VTEとの関連が報告されたマーカーはDダイマーがあるが、術後数日を経過してから有意差を認める報告が多く、カットオフ値もばらつきが大きい。われわれは、術後1日目のSF値とPAI-1値を用いて術後VTEの高リスク症例のスクリーニングが可能であることを報告した<sup>11)</sup>。われわれの結果では、術後1日目

のSFが $19.8 \mu\text{g/ml}$ 以上またはPAI-1が $53.5 \text{ ng/ml}$ 以上で術後VTE発生に対する感度が100%、特異度が67%という結果であったため、THA術後1日目のSFとPAI-1値を用いて術後VTEの発生リスクが高い症例にのみ選択的に薬物的予防法を行っている<sup>12)</sup>。

選択的な薬物的VTE予防法では、術後1日目のSFが $19.8 \mu\text{g/ml}$ 以上またはPAI-1が $53.5 \text{ ng/ml}$ 以上であれば術後VTEの発生リスクが高く抗凝固療法を行う「薬物的予防群」とし、SFとPAI-1の両者がカットオフ値よりも低値であればVTEのリスクが低く抗凝固療法を行わない「非薬物的予防群」とした。術後VTE予防法として、薬物的予防群では術後1日目からXa阻害薬 (フォンダパリヌクス (FPX)  $2.5 \text{ mg/日}$ もしくはエドキサパン (EDX)  $30 \text{ mg/日}$ ) を10日間投与し、非薬物的予防群では理学的予防法のみを施行した。理学的予防法は両群に対して行い、術後1日目の全荷重歩行訓練開始後までIPCを施行し、弾性ストッキングを退院時まで着用した。術後7日目に64列造影Multi Detector-row Computed Tomography (MDCT) を施行し、VTEの有無を確認した。現在までに選択的な薬物的VTE予防法を施行した初回THA 247例では、134例 (54%) が高リスクでXa阻害薬が投与され、113例 (46%) が非薬物的予防群でIPCのみ施行した。VTE発生は薬物的予防群で9例 (7%)、非薬物的予防群で7例 (6%) に認められたが、全て無症候性VTEであった。術後有害事象である出血については、術後1日目と比べてヘモグロビン値の低下が $2 \text{ g/dl}$ 以上進行したBleeding Index $>2$ などのmajor bleeding eventが薬物的予防群で4例 (3%)、非薬物的予防群で1例 (1%) に認められた。

これまでのわれわれの先行研究では、まず初回THAを施行した69例に対して全例IPCのみを行う理学的予防を施行し、術後VTEを17例 (25%) と高頻度に認めた<sup>11)</sup>。そのため、その後、初回THA 117例全例に対してXa阻害薬 (FPX $2.5 \text{ mg/日}$ ) を術後1日目より投与する薬物的予防を施行したところ、術後VTEの発生率が8例 (7%) に低下したが、薬物的予防法の有害事象である出血がIPCのみを行った場合の2例 (3%) から7例 (6%) に上昇した<sup>13)</sup>。今回、VTEのリスクが高い症例にのみXa阻害薬を選択的に投与する予防法を行うことで、術後VTE発生率は全例にXa阻害薬を投与した時と同等となり、出血事象においては、全例に理学的予防法を行った時と同等に抑えられた。この結果により、THA症例では薬物的予防法が必要な症例と必ずしも必要でない症例が存在し、リスクが高い症例にのみ薬物的予防法を施行することにより全例に施行した場合と同等の予防効果を得ることができたと考える。しかしVTEの病因は多因子であるためSFやPAI-1値のみでは捉えられない症例も存在することは留意しなければならず、現在は先天性素因の影響についても調査している。

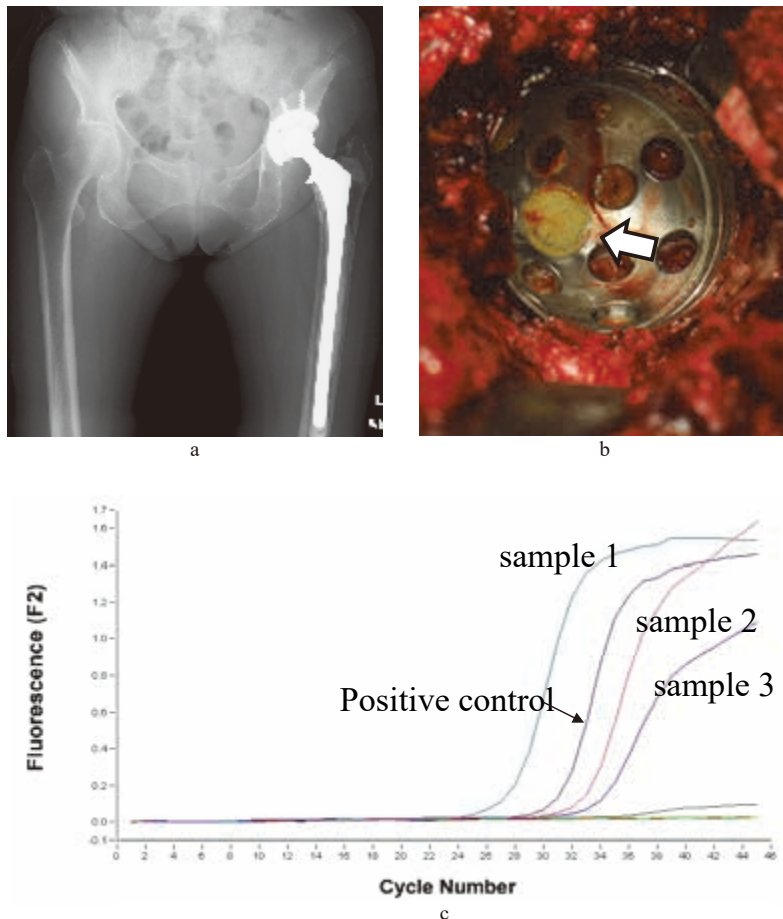


図6 リアルタイムPCRを用いた人工関節周囲感染の診断

65歳の女性で、術前単純X線像(a)では明らかな異常所見は認めない。術中所見(b)では、カップ周囲に膿性の組織を認める。リアルタイムPCR(c)では複数のサンプルで陽性所見を認め、特にカップ周囲の組織(Sample 1)はpositive controlより早い立ち上がりを認める。細菌培養検査では、1週間後にメチシリン耐性ブドウ球菌が陽性となり、左人工関節周囲感染であった。

## 2. 人工関節周囲感染 (PJI)

PJIの診断はこれまで、創部や関節液の性状などの肉眼所見や細菌培養検査による起炎菌の同定によって行われることが多かった。しかし、関節液の肉眼所見による判断は主観に左右されることが多いため非特異的であり、細菌培養検査はコンタミネーションによる偽陽性や、抗菌薬の使用による偽陰性が多いことが課題であった。また、以前はPJIの診断基準が明確ではなかったため、施設ごとまたは医師ごとに診断が行われており客観性に乏しいことも課題であった。これらの課題をうけて、2011年にPJIの診断を行うための診断基準がMusculoskeletal Infection Societyから提唱された<sup>14)</sup>。この診断基準は2013年に行われたInternational Consensus Meeting on Periprosthetic Joint Infectionで若干の改訂が加えられて、2014年にCDC/NHSNからもPJIの診断基準として提唱されている<sup>15)</sup>。この診断基準では、大項目として、(1)人工関節周囲からの採取検体中2検体以上における細菌培養検査の陽性、(2)人工関節と交通する瘻孔形成の2つがあげられており、小項目として、①血液炎症反応陽性(血清CRP

値、赤血球沈降速度)、②関節液中白血球数の上昇、③関節液中好中球数の上昇、④病理組織検査陽性、⑤1検体のみの細菌培養検査陽性があげられている。この診断基準では、大項目の1つ以上、もしくは小項目の3つ以上を満たせばPJIと診断する。そのため、従来感染と診断される傾向にあった1検体のみの細菌培養検査陽性例は感染と診断するには不十分であることや、特異度が低いと考えられていた赤血球沈降速度の高値や本邦では施行される機会の少なかった関節液中の白血球数および好中球数の定量評価が、診断の小項目に入っていることに留意する必要がある。

このように、これまで不明確であったPJIの診断は、蓄積されたエビデンスに基づき画一化されてきたが、まだいくつかの課題が残されている。まず、治療法の選択に重要である起炎菌の同定に関しては、依然として細菌培養検査に頼っていることである。実際に、PJIでは前述の診断基準を満たす場合でも細菌培養検査が陰性となることも多く、起炎菌の同定に難渋することが多い。この問題に対して、われわれは起炎菌同定にPCR (polymerase

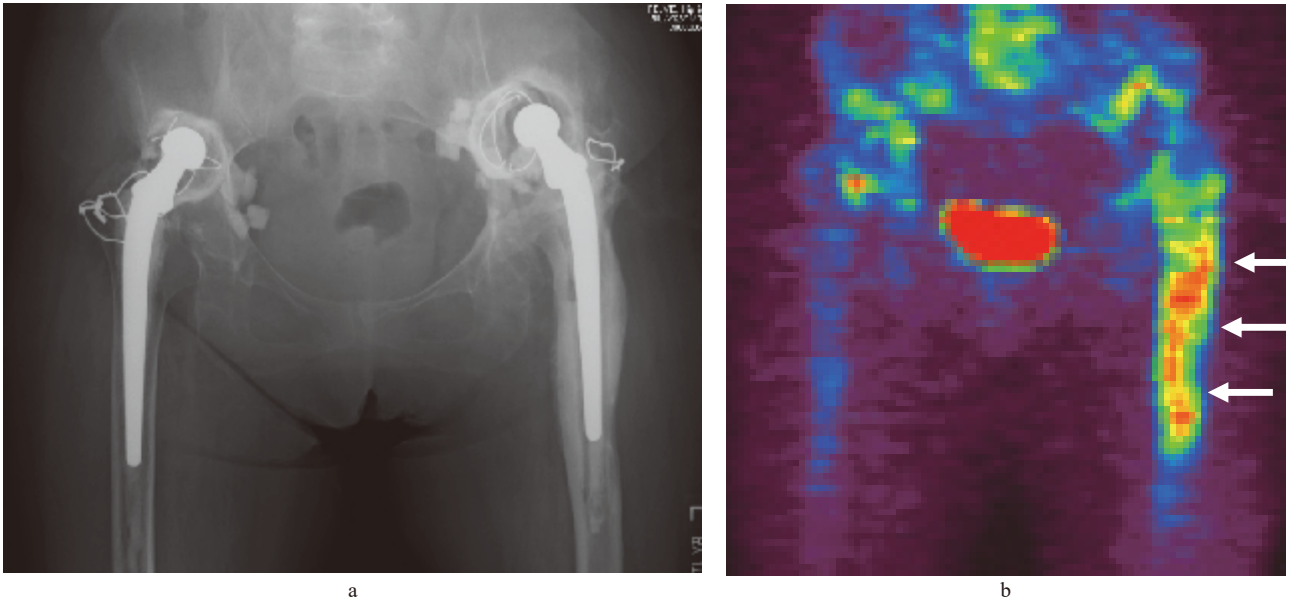


図7 人工関節周囲感染の<sup>18</sup>F-fluoride PET 所見

63歳の女性で、27年前に両側人工股関節置換術を受け、1カ月前より左股関節痛が出現した。初診時単純X線像(a)では、左大腿骨に皮質骨の肥厚、硬化像を認めるが、感染に特異的所見とは言えない。<sup>18</sup>F-fluoride PET(b)では左大腿骨にのみ高度の集積を認め(矢印)、感染を強く疑うため手術を行い、左人工関節周囲感染であった。

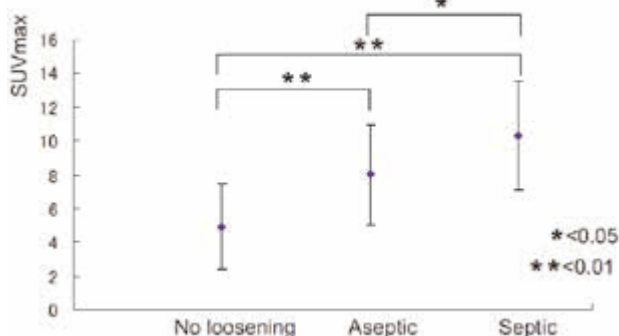


図8 各病態における<sup>18</sup>F-fluoride PETのSUVmax

SUVmaxは、人工関節の感染性ゆるみで最も高値で、無菌性ゆるみ、ゆるみなしの順に低値であり、感染で集積が高いことがわかる。われわれのデータから感染診断におけるSUVmaxのカットオフ値は6.9で、感度83%、特異度74%である。

chain reaction)による細菌性DNAである16srRNA遺伝子やメチシリン耐性遺伝子の同定による有用性を報告してきた<sup>16, 17)</sup>。本方法では、細菌培養検査陰性例でも細菌性DNAの同定が可能であり、起炎菌の菌種も判別可能であることから抗菌薬の選択にも有用であるが、一方で高すぎる感度による偽陽性の問題や煩雑さ、高いコストなどが臨床における実用化への課題である(図6)。

またもう一つの課題として、PJIの診断基準に画像検査が入っていないことがあげられる。これはPJIの画像診断にはエビデンスが確立された方法がないことが理由であるが、実臨床では、感染の術前診断として画像診断は重

要である。われわれは、この問題を解決する目的で、PET(positron emission tomography)を用いた術前診断を試みており、PJIの術前診断として良好な結果を得ている。主に使用している<sup>18</sup>F-fluoride PETは、骨代謝に伴うフッ素のヒドロキシアパタイトへの取り込みを集積として捕らえるものである。これまでの研究では骨腫瘍や骨代謝異常を伴う疾患に対する有用性についての報告がほとんどである<sup>18)</sup>が、われわれは<sup>18</sup>F-fluoride PETをTHA症例に初めて施行し、高集積が感染と関連することを報告した(図7)<sup>19)</sup>。集積の定量的な指標として使用されるmaximum standardized uptake value(SUV<sub>max</sub>)も感染性ゆるみにおいて有意に高値を示し(図8)、<sup>18</sup>F-fluoride PETは、人工関節の感染診断に有用であると考えられる。また、<sup>18</sup>F-fluoride PETの有用性として、感染性か無菌性かの鑑別のほかに、主感染巣の部位の同定があげられる。PJIの確実な診断のためには、術中採取組織に対する各種検査が重要であるため、適切な部位から検体採取を行うことが重要であり、術中検体採取部位の術前計画においても<sup>18</sup>F-fluoride PETは有用な画像診断法といえる<sup>20)</sup>。しかし、まだエビデンスが十分ではないことや、患者被曝やコストが高いこと、施行可能である施設が限られていることが汎用化への課題であるといえる。

### おわりに

われわれは、股関節変性疾患に対する正確な手術治療の確立のためにコンピュータ技術を応用した手法を開発

してきた。コンピュータ技術を用いることにより、THAだけではなく股関節骨切り術においても詳細な3次元計画に則った正確な手術が行えるようになった。また安全な手術治療を行うためには、術後VTEのリスクが高い症例を早期にスクリーニングして適切な予防を行う試みや、リアルタイムPCRやPETを用いた術後感染の正確な診断法の確立を行った。これらの試みは、股関節変性疾患に対する手術治療において大きな変革をもたらしたと考えるが、まだ解決すべき課題があり、今後、さらなる研究、開発が必要である。

## 謝 辞

本研究に際して多大なご指導、ご協力をいただいた横浜市立大学医学部整形外科の齋藤知行教授と股関節グループの諸先生方に心より感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) Mavrogenis AF, Savvidou OD, Mimidis G, et al: Computer-assisted navigation in orthopedic surgery. *Orthopedics*, **36**: 631–642, 2013.
- 2) Kennedy JG, Rogers WB, Soffe KE, Sullivan RJ, Griffen DG, Sheehan LJ: Effect of acetabular component orientation on recurrent dislocation, pelvic osteolysis, polyethylene wear, and component migration. *J Arthroplasty*, **13**: 530–534, 1998.
- 3) Stulberg SD, Loan P, Sarin V: Computer-assisted navigation in total knee replacement: results of an initial experience in thirty-five patients. *J Bone Joint Surg Am*, **84-A (Suppl 2)** : 90–98, 2002.
- 4) Inaba Y, Kobayashi N, Ike H, Kubota S, Saito T: Instructional Lecture. The current status and future prospects of computer-assisted hip surgery. *J Orthop Sci*, **21**: 107–115, 2016.
- 5) Inaba Y, Kobayashi N, Ike H, Kubota S, Saito T: Computer-assisted rotational acetabular osteotomy for patients with acetabular dysplasia. *Clin Orthop Surg*, **8**: 99–105, 2016.
- 6) Inaba Y, Kobayashi N, Suzuki H, Ike H, Kubota S, Saito T: Preoperative planning for implant placement with consideration of pelvic tilt in total hip arthroplasty: Postoperative efficacy evaluation. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **17**: 280, 2016.
- 7) Inaba Y, Kobayashi N, Yukizawa Y, Ishida T, Iwamoto N, Saito T: Little clinical advantage of modified Watson-Jones approach over modified mini-incision direct lateral approach in primary total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*, **26**: 1117–1122, 2011.
- 8) Digioia AM 3rd, Jaramaz B, Plakseychuk AY, et al: Comparison of a mechanical acetabular alignment guide with computer placement of the socket. *J Arthroplasty*, **17**: 359–364, 2002.
- 9) Kitada M, Nakamura N, Iwana D, Kakimoto A, Nishii T, Sugano N: Evaluation of the accuracy of computed tomography-based navigation for femoral stem orientation and leg length discrepancy. *J Arthroplasty*, **26**: 674–679, 2011.
- 10) 日本整形外科学会肺血栓塞栓症／深部静脈血栓症(静脈血栓塞栓症) 予防ガイドライン改訂委員会: 日本整形外科学会静脈血栓塞栓症予防ガイドライン, 南江堂, 東京, 2008.
- 11) Yukizawa Y, Inaba Y, Watanabe S, et al: Association between venous thromboembolism and plasma levels of both soluble fibrin and plasminogen-activator inhibitor 1 in 170 patients undergoing total hip arthroplasty. *Acta Orthopaedica*, **83**: 14–21, 2012.
- 12) Yukizawa Y, Inaba Y, Kobayashi N, et al: Selective pharmacological prophylaxis based on individual risk assessment using plasma levels of soluble fibrin and plasminogen-activator inhibitor-1 following total hip arthroplasty. *Mod Rheumatol*, **24**: 835–839, 2014.
- 13) Yukizawa Y, Inaba Y, Watanabe S, et al: Plasma accumulation of fondaparinux 2.5mg in patients after total hip arthroplasty. *J Thromb Thrombolysis*, **34**: 526–532, 2012.
- 14) Parvizi J, Zmistowski B, Berbari EF, et al: New definition for periprosthetic joint infection: from the Workgroup of the Musculoskeletal Infection Society. *Clin Orthop Relat Res*, **469**: 2992-2994, 2011.
- 15) Center for Disease Control and Prevention (CDC) / National Healthcare Safety Network (NHSN) . Available at : <http://www.cdc.gov/nhsn/>
- 16) Kobayashi N, Inaba Y, Choe H, et al: Simultaneous intraoperative detection of methicillin-resistant Staphylococcus and pan-bacterial infection during revision surgery: use of simple DNA release by ultrasonication and real-time polymerase chain reaction. *J Bone Joint Surg Am*, **91**: 2896–2902, 2009.
- 17) Kobayashi N, Inaba Y, Choe H, et al: Rapid and sensitive detection of methicillin-resistant Staphylococcus periprosthetic infections using real-time polymerase chain reaction. *Diagn Microbiol Infect Dis*, **64**: 172–176, 2009.
- 18) Grant FD, Fahey FH, Packard AB, et al: Skeletal PET with <sup>18</sup>F-fluoride: applying new technology to an old tracer. *J*



- Nucl Med, **49**: 68 – 78, 2008.
- 19) Kobayashi N, Inaba Y, Choe H, et al: Use of F-18 fluoride PET to differentiate septic from aseptic loosening in total hip arthroplasty patients. *Clinical Nuclear Medicine*, **36**: e156 – e161, 2011
- 20) Choe H, Inaba Y, Kobayashi N, et al: Use of 18F-fluoride PET to determine the appropriate tissue sampling region for improved sensitivity of tissue examinations in cases of suspected periprosthetic infection after total hip arthroplasty. *Acta Orthopaedica*, **82**: 427 – 432, 2011.

### Abstract

#### ESTABLISHMENT OF SAFE AND PRECISE SURGICAL PROCEDURE FOR DEGENERATIVE JOINT DISEASE OF THE HIP: PREOPERATIVE PLANNING, INTRAOPERATIVE ASSISTANCE AND POSTOPERATIVE EVALUATION USING COMPUTER TECHNOLOGY AND COUNTERMEASURES FOR PERIOPERATIVE COMPLICATIONS

Yutaka INABA

*Department of Orthopaedic Surgery, Yokohama City University*

In recent years, safe and precise surgical procedures that significantly improve activities of daily living are needed. Advances in computer technology have enabled precise three-dimensional preoperative planning and intraoperative assistance, and there is no objection to accuracy and efficacy of computer-assisted surgical procedures. We have applied computer technology to hip osteotomy and total hip arthroplasty in order to perform precise surgery. To perform safe surgery, prevention and early treatment of perioperative complications such as venous thromboembolism and infection are necessary.

In this paper, we introduce our approach to computer-assisted surgical procedures for patients with degenerative joint disease of the hip and countermeasures for perioperative complications.

