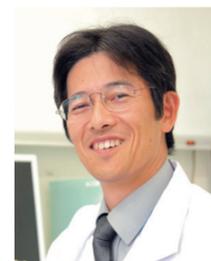


# 人工股関節全置換術におけるARナビゲーション導入の意義と効力



社会福祉法人京都社会事業財団 西陣病院 副院長兼整形外科主任部長

牧之段 淳

要旨…人工股関節全置換術では、脱臼などの合併症を減少させるために、正確なインプラントの設置が求められる。西陣病院では「AR Hip Navigation System」を導入したが、Cupの設置精度が高く、効力を感じている。

## 西陣病院の歴史と同院整形外科の概要

社会福祉法人京都社会事業財団 西陣病院（以下、当院）は、1934年に大報恩寺（千本釈迦堂）の境内に開設された「西陣診療所」に始まります。当時は西陣機業地区の低所得者層を主対象として軽費減免診療を行い、地域医療に貢献していました。さらに1936年には、収容医療のため「西陣診療所」を併設、1950年に診療所と救療所を併合して「西陣病院」へ改称し、今日に至っています。

現在の病床数は300床であり、内科、外科、整形外科、泌尿器科、眼科、皮膚科、麻酔科及び放射線科の常勤医が合わせて41名在職しています。当院の活動において特筆すべきは、泌尿器科が血液透析を受け持ち、京都で3番目に多い380名ほどの透析患者の治療に当たる透析センターを有していることです。

このように当院は、京都市北西部の中核病院として、地域に根ざした高度な医療と良質な福祉を提供すべく、日々精進しています。病棟に関しては、急性期病棟のみならず地域包括ケア病棟及び障害者病棟を有し、1人の患者を急性期から回復期、慢性期に至るまで一貫通貫で診ることができると特徴的です（図1）。

整形外科は常勤4名で、うち3名は日本整形外科学会の専門医です。手術件数は年間460件ほどであり、骨折以外の慢性疾患の手術においては脊椎、末梢神経及び人工関節に力を入れています。人工関

は、短期的には脱臼、長期的には摺動面の摩耗などの合併症と関連し、良好な術後関節可動域を獲得するためにも重要です。そのため術者には、インプラントの正確な設置が求められます。インプラント

正確に設置するため、これまでさまざまな取り組みが行われてきましたが、術者の経験と勘による要素が少なからずありました。

整形外科では、主に高齢者に発生する大腿骨頸部骨折に対する人工骨頭挿入術が多く行われていますが、大腿骨側のインプラント（Stem）設置は、整形外科医であれば股関節を専門としない医師にとっても必須の技術です。人工骨頭挿入術においては、骨盤側は正常であり骨盤に手術操作を加える必要はほとんどなく大腿骨側のみの操作であるのに対し、人工股関節全置換術は骨盤側（寛骨臼）の掘削及びCup設置の操作が加わります。

我が国では、臼蓋形成不全による亜脱臼性股関節症が多く変形した寛骨臼のどこにCupを設置し、初期固定を得るかを見極める必要があります。特に側臥位で人工股関節全置換術を行う場合は、手術に先立ち骨盤をしっかり固定することが重要ですが、手術中の操作で骨盤がさまざまな方向に傾くため、術中に想定していた角度通りにCupが設置されない事例も珍しくありませんでした。

## 人工股関節全置換術でのナビゲーション

近年、人工関節手術においてナビゲーションやロボット支援手術が行われるようになっており、術者の経験や勘に頼ることなくインプラントを正確に設置することが可能となっています。整形外科手術で使用さ

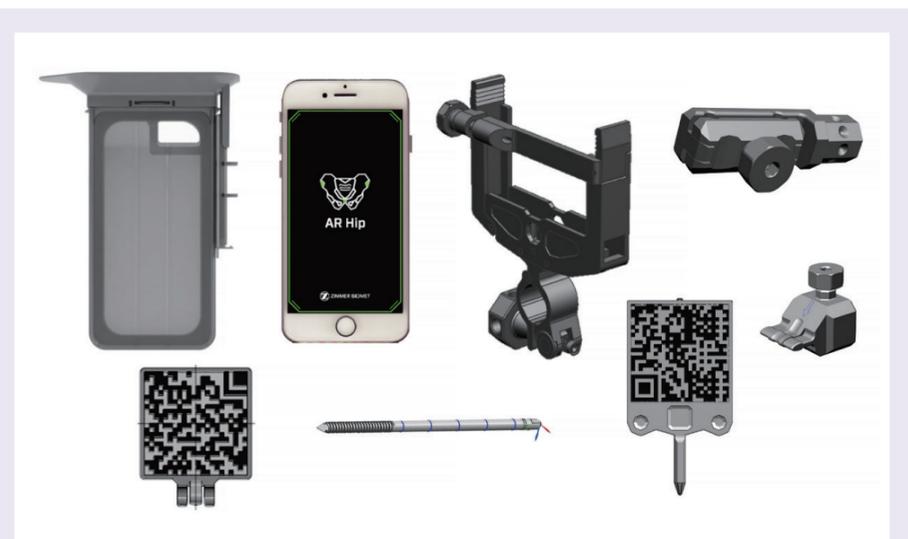


図2 AR Hip Navigation Systemの専用器械と消耗品 (Zimmer Biomet社)

節手術は年間30件ほどで、本稿の対象である人工股関節全置換術は年間15件程度ですが、人工膝関節全置換術と比較しても除痛に優れた患者の満足度が高い手術であり、今後、さらに増やしていきたいと考えています。

## 従来の人工股関節全置換術

人工股関節は、素材の改良などにより現在では術後20年程度もつとされており、成績が向上しています。一方で、少数ながら脱臼、感染、深部静脈血栓症・肺梗塞及び骨折などの合併症がみられます。骨盤側インプラント（Cup）の設置位置と設置角



図1 社会福祉法人京都社会事業財団 西陣病院の外観

れているナビゲーションやロボットは、術前画像情報を活用しないシステムと、術前に撮影したCT画像や術中に撮影するX線画像を用いるシステムに大別されます。

2012年に三次元画像を用いたナビゲーション手術が人工関節全置換術で保険の適用となり、2000点の保険点数が付与されたものの、ナビゲーション導入に際してはコストが大きな障害となります。このコストの問題を解決するために新たに開発されている装置が、ポータブルナビゲーションシステムです。同システムは大きな装置を必要とせずに、単回使用のコンパクトなデバイスを用いるシステムで、簡便に使用することができます。

昨今、ナビゲーションも低コスト化、ポータブル化が進んでおり、人工関節登録制度の年次報告によると、我が国での初回人工股関節全置換術におけるナビゲーション使用率は、2013年度の6・4%から2020年度には19%と増加の一途をたどっています。

## 拡張現実 (Augmented Reality: AR) 技術の手術ナビゲーションへの応用

現在はARの手術ナビゲーションへの応用も行われています。我が国で開発された人工股関節全置換術用「AR Hip Navigation System」(Zimmer Biomet社)が、2021年2月に薬機法で承認されました。これは、スマートフォンの専用アプリによる拡張現実を使用することで術前画像情報を用いないナビゲーションシステムです（図2）。以下に、AR Hip Navigation Systemの運用方法について記します（図3）。

仰臥位で手術側の骨盤の腸骨稜に経皮的にピンを



図3 側臥位人工股関節全置換術でのAR Hip Navigationの手順



図4 カップ打ち込み器に取り付けたスマートフォンに表示されるCupの角度

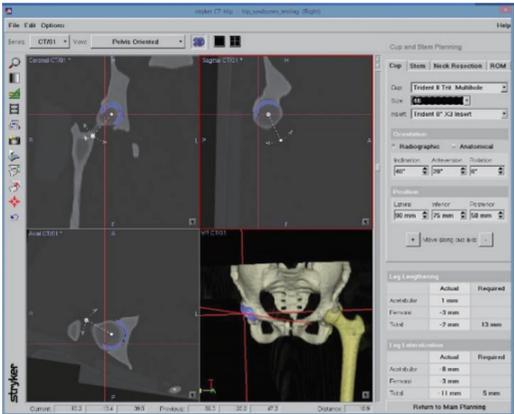


図5 CT-based Hip Navigation System (日本Stryker社) での術前3Dプランニング

2本刺入、2本のピンをペルビックベースで把持し、続いてマーカーホルダーを連結しQRマーカーを取り付けます。このQRマーカーと上前腸骨棘に当てたQRマーカーを、専用のアプリケーションがインストールされたiPhoneのカメラで撮影し、レジストレーションを行います。これを左右の上前腸骨棘で行い、続いて恥骨結節に当てたQRマーカーもiPhoneのカメラで撮影し、レジストレーションを行います。するとiPhoneの画面内にARで骨盤平

面が表示されます。このレジストレーション操作の後、側臥位に体位変換します。臼蓋側Cupを設置する際、Cup打ち込み器にiPhoneを固定して腸骨棘に設置したQRマーカーをiPhoneのカメラで捉えると、iPhoneの画面にリアルタイムで角度(外方開角と前方開角)が表示されます。術中骨盤が傾いても骨盤に対する正確な角度を表示してくれるため、正確にCupを設置することができます(図4)。

え、専用のセンサーや赤外線機器を用いるため、その費用がかかってしまいます。一方、ARを用いたナビゲーションは、カメラとマーカーさえあれば可能な技術です。

Zimmer Biomet社SAR Hip Navigation Systemは、骨盤に設置するピン2本、QRマーカー及びスマートフォンを格納するケースは単回使用で2本のピンを連結するペルビックベース、マーカーホルダー及び角度を表示するスマートフォンなど専用の機器一式は準備されるため、同システムの使用による病院の持ち出し費用は、ナビゲーション加算料(2000点)を加味すると少額で済みます。初期投資がなく、保管する場所が不要で毎回のコストが小さいことが決め手となり、当院では2022年1月に導入しました。

当院では現在まで、25件の人工股関節全置換術でAR Hip Navigation Systemを使用してきました。術中スマートフォンに表示された外方開角及び前方開角と、術後CTで計測した外方開角及び前方開角(前方開角は換算式で換算した角度)を比較すると、誤差は外方開角で平均2.3度、前方開角で平均2.2度と十分信頼できるものでした。また、臨床的にもAR Hip Navigation Systemを使用した症例で脱臼は生じておらず、効力を実感しています。

今後の課題と展望

Zimmer Biomet社SAR Hip Navigation System

は、iPhoneにリアルタイムで表示される角度に従うことで、Cupを骨盤側に狙った3次元の角度(外方開角と前方開角)で設置することが可能です。しかしながら、変形した骨盤(寛骨臼)のどこをどの方向にどの深さまで掘削するかは術者に委ねられます。それ故、使用者はある程度経験を積んだ術者であることが求められます。

これに対して、術前に撮影したCT画像を用いる「CT-based Hip Navigation System」(日本Stryker社)は、骨盤の掘削する部位や深さもリアルタイムに表示されるため、術前計画通りの部位に狙った3次元の角度でCupを設置することが可能です。

近年、3Dテンプレートと呼ばれる三次元で術前計画を行う画像ソフトがあり、導入している施設も少なくありません。AR Hip Navigation Systemでは、この3Dテンプレートを導入しない限り、手術計画は従来と同様、股関節X線画像と股関節CT画像から主に二次元でCupや大腿骨側インプラント(Stem)のテンプレートを当てて行うこととなります。当院では、術前CT画像で大腿骨を除いた寛骨臼のみを3D画像を構成し、Cupを変形した寛骨臼のどこに設置するかを術前にイメージしておくことから、寛骨臼の掘削を行っています。

一方、CT-based Hip Navigation Systemでは、術前撮影したCTデータをソフトに読み込むことにより、Cupの設置部位を三次元で術前に計画することができ(図5)。術前に三次元で手術計画を行い、加えて手術中に術前計画通りにCupの設置が

できるため、導入コストは大きくなりますが、導入を検討する価値があると思います。

まとめ

本稿では、当院がAR Hip Navigation Systemの導入に至った経緯とその効力について述べました。また、導入コストはかかりますが、術前計画から術中三次元での画像情報が得られるCT-based Hip Navigation Systemについても言及しました。人工股関節全置換術に対するナビゲーションシステムは、精度が高く満足いく先進機器であり、導入する施設は今後も増加の一途をたどっていくと思われます。

※ ※  
**牧之段 淳** (まきの だん・あつし) ●65年京都府生まれ。91年金沢大学医学部卒業。同年京都府立医科大学 整形外科教室入局、京都第一赤十字病院、西陣健康会 堀川病院、済生会滋賀県病院、京都府立医科大学附属病院を経て、99年西陣病院 整形外科、07年同部長、20年同副院長兼整形外科主任部長。日本整形外科学会 専門医・指導医、日本整形外科学会 認定リウマチ医、日本整形外科学会 認定脊椎脊髄病医、日本リハビリテーション学会 認定臨床医、京都府立医科大学 整形外科 客員講師、医学博士。

