

「Forgotten Joint」を目指すロボット支援 THA・TKA

2021 年 9 月 24 日

※本コンテンツは、医師の方を対象とし、当医療機関についての理解を深めていただけるよう作成しているものであり、一般の方を対象とする宣伝・広告等を目的としたものではありません。

記事をお読みいただきありがとうございます。

NTT 東日本関東病院 人工関節センター長の大嶋 浩文（おおしま ひろふみ）と申します。

本日は当院で新たに導入した Robotic-Arm Assisted Surgery Mako®システムを用いた、人工股関節・膝関節全置換術についてご紹介します。患者さんが手術後に快適な日常生活を送るための手術を実現する最先端のツールです。



大嶋 浩文
整形外科
人工関節センター長

また、当院は地域の先生方との連携の形として、連携登録を積極的に進めております。こちらにご登録いただいた方については、定期的に診療に役立つ資料の送付や当院の診療科・医師紹介資料をお送りしておりますので、是非お気軽にご登録ください。以下の URL よりダウンロードいただき送付ください。

ぜひ最後までご覧いただき、アンケート回答をいただけますと幸いです。

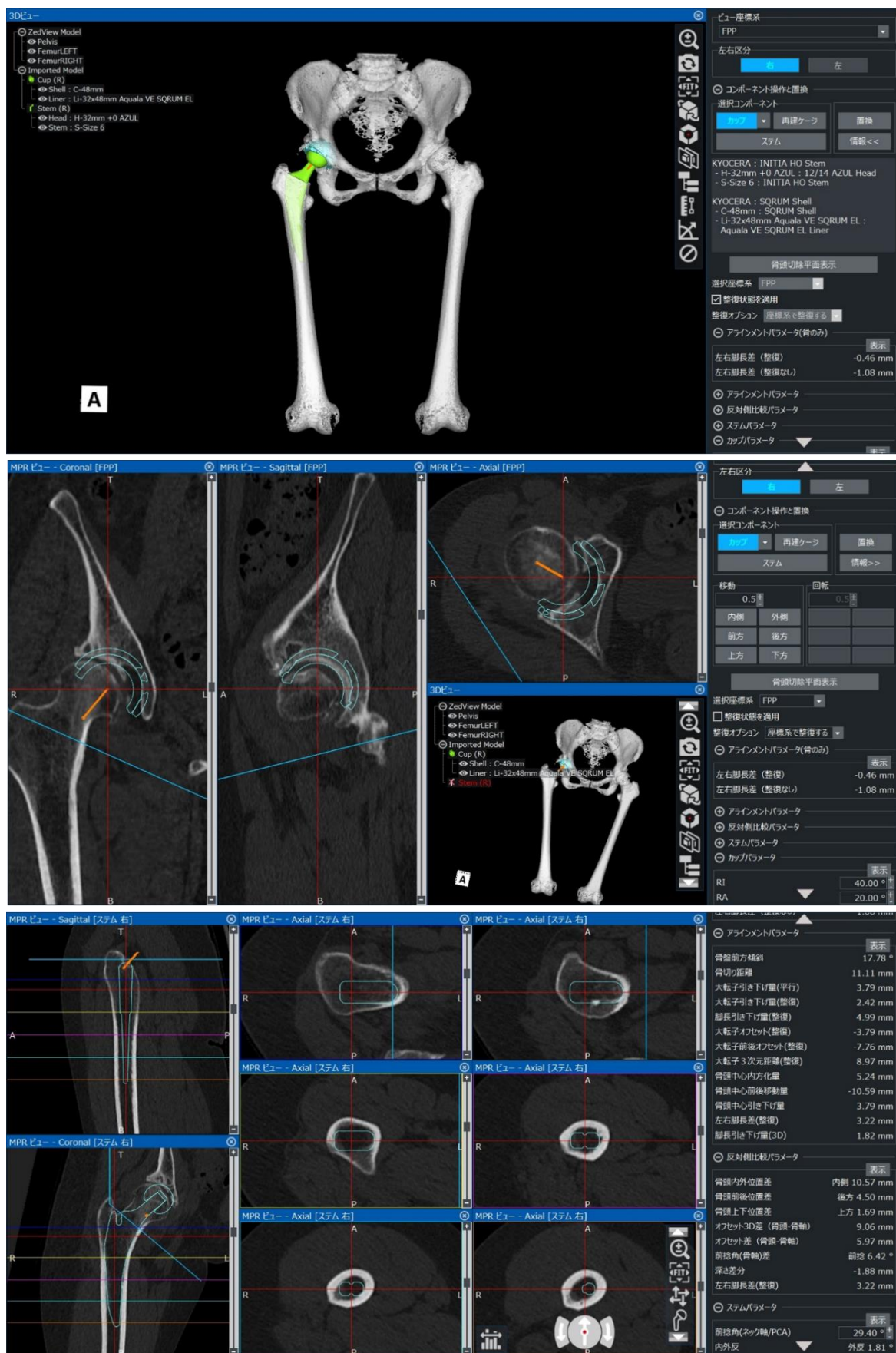
連携医登録にご協力をお願いします

ロボット支援人工股関節全置換術について

変形性股関節症、特発性大腿骨頭壊死症、大腿骨頭軟骨下脆弱性骨折などに対する有効な治療法として人工股関節全置換術（以下 THA）は良く知られています。近年、インプラントの改良は目覚ましく、**早期回復、術後の脱臼率の低下、中長期の安定した臨床成績**などが数多く報告されています。もちろん、適切な保存療法が優先されるのは言うまでもありませんが、**以前と比較すると、比較的若い世代での、また病期の早い段階での手術適応が一般的**となりつつあります。

一方で、執刀医に依存する要素も多くあります。以前は、レントゲン像を参考に二次元のテンプレートで術前計画を立てていましたが、現在は CT 像を基に三次元テンプレート（図 1）が当たり前となりました。

図 1. 三次元テンプレート (ZedHip®)



これにより様々な検証がなされ、単純な THA だけではなく、脊椎の変性や固定術後など脊椎アライメントや骨盤傾斜を考慮した術前計画がトピックスとなっています。すなわち、各患者個人に設置位置の **safe zone** があるという考え方で、この背景として、CT-Based Navigation の存在があります。様々な術中支援デバイスの登場によって、術前計画を忠実に再現することが可能になり、術前計画に置かれる比重が大きくなったと考えられます。このように、日々進化する **Computer Assisted Surgery (CAS)** の中で、最新の技術が **Robotic-Arm Assisted Surgery** です。

MAKO® System

Robotic-Arm Assisted Surgery の代表格が、Stryker 社製の Mako®システム（以下 Mako）です（図 2）。

図 2. Mako® システム

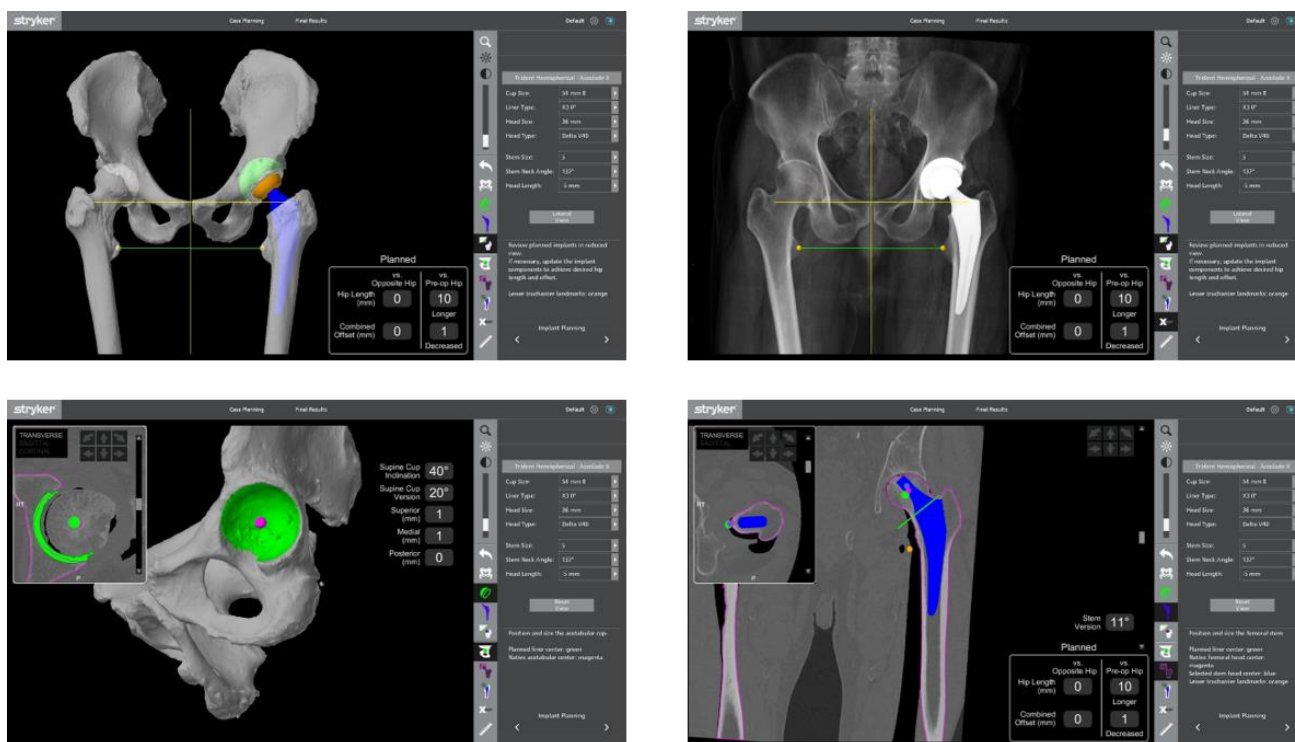


Mako は、従来の CT-Based Navigation に加えて、**Robotic-Arm が掘削やインプランテーションを制御**します。術前計画どおりの設置角度、深度に導かれ、逸脱すると強制的に器械が停止しますので、きわめて正確に、また安全に手術を行うことができます。

術前準備

手術の 3 週間前までに Mako 専用の撮影方法で CT 撮影を行います。**撮影範囲は従来の三次元テンプレートで必要な CT 画像より限局的で、最大限被爆に考慮されています。**この CT データを安全性が担保された方法で米国 Stryker 社に転送し術前計画を行います。手術の 1 週間前に出来上がった術前計画を執刀医が確認、修正して術前計画が完成します（図 3）。手術当日は、専門の研修を受けた Stryker 社の担当者（Mako Product Specialist）が術野外からサポートします。

図 3. Mako 術前計画



手術手順

①通常の手術と同様の麻酔方法、体位で行います。

①事前に Mako の Robotic-Arm をメインシステムに認識させます(図 4-左)。

②骨盤の腸骨稜に 4mm のピンを 3 本打ち、骨盤トラッカーを装着します(図 4-右)。

大腿骨側は手術時間や侵襲を考慮し、Full Navigation の Enhanced ワークフローではなく、脚長と各種オフセットが確認できる Express ワークフローを採用しているため、トラッカーは装着せず、大腿骨皮質ネジを設置します。

図 4

Robotic-Armの認識



骨盤トラッカー



③通常の手術と同様に展開を進めていきます。

④骨盤の表面、寛骨臼内部を数十箇所レジストレーション（図 5）し骨盤の形態、位置情報をメインシステムが認識します。

図 5 レジストレーション



⑤精度検証後、Robotic-Arm に制御されたリーマーで掘削（図 6 左）し、同様にインプランテーションを行います（図 6 右）。

図 6 リーミングとインプランテーション

⑤リーミング



インプランテーション



⑥大腿骨側のラスピング終了後、試験整復すると 3 次元画像とともに、脚長と各種オフセットが術前からの変化量、対側との比較として表示されるため（図 7）、その数値を参考にステムのオフセットとネック長を決定します。

図7 トライアル

右側に術前からの脚延長量とオフセット変化量
左側に対側との脚長差とオフセット差が表示される



エビデンス

Mako は、国内では 2017 年に薬事承認され、2019 年 6 月 1 日付で保険適応になりました。国内では承認直後であり導入はこれからではありますが、すでに米国では全 THA の 10~20% が Mako で行われているとの報告があります。このように諸外国では導入が進んでおり、設置精度や臨床成績などが複数報告されています。設置精度に関しては圧倒的で、CT-Based Navigation よりも高い精度で設置可能となります。臨床成績に関しては、早期機能回復、脚長差、周術期合併症は従来の THA と差がない、もしくは若干よいとする報告が多いようです。一方で、最新の技術であるがゆえ、長期臨床成績、インプラント生存率、再置換率、ライナー摩耗などに関する報告はまだありません。しかし、これまでインプラントの設置位置とこれら長期成績に関する報告は多数あり、Mako による適切な設置が、良好な長期成績につながることは明白です。

デメリット

CT-Based Navigation でも言われていることですが、やはり導入コストの問題があります。そもそも高額である上に、Mako を使った THA は、手術手技料としてはナビゲーション加算しか認められないため、数居の高い医療機器であることは間違いありません。

術中の手技が増えますので、手術時間が延長します。しかし、Mako は従来の THA のように小さいサイズのリーマーから段階的に広げていくのではなく、最終サイズのリーマーのみで一度に完了します。また、術中にリーミングの位置や深度、プレスフィットに悩むことはありません。このように短縮できる部分もあるため、通常の THA より 10～15 分程度と過度に手術時間が延長することはありません。

現時点の Mako を使った THA では、術前の CT 画像を一旦米国 Stryker 社に転送し術前計画を行うというプロセスを必ず行わなければなりません。最短でも 3 週間程度かかりますので、この間に股関節破壊が急速に進行するような症例では、実際の手術時と術前計画を行った際の股関節形状に相違が生じ、精度に影響します。また当院では、症例を限定して大腿骨頸部骨折に対して THA を選択しますが、同様の理由で Mako は使えません。

ロボット支援人工膝関節全置換術

当院では、人工膝関節全置換術（以下 TKA）でも Mako を使用します。TKA では、特に軟部組織バランスが重要ですが、Mako では、リアルタイムで軟部組織バランスの評価が可能であり、1mm/1°の追加骨切りも正確にできますので、より生理的な膝関節機能を目指した手術が可能です。また、Mako 最大の特徴である制御機能が非常に有用で、予定骨切り領域を超えると器械が停止しますので、骨近傍にある重要な組織（神経血管束、内外側側副靱帯）などを損傷することなく、安全に骨切りができます。軟部組織を損傷する心配がないため、必要以上の展開が不要となり、早期回復には有利と報告されています。現時点では、国内では人工膝関節単顆置換術（UKA）には使用できませんが、近い将来承認予定です。当院でも早期からの導入を予定しています（図 8）。

図8 Mako®システム（左 UKA / 中央 THA / 右 TKA ）



我々の目指すもの

人工関節を専門とする整形外科医が目指すところは、「Forgotten Joint」です。すなわち、**普段手術をしたことを忘れ、気にせず生活することができる関節**です。このためには、無痛であること、正常可動域を有すること、正常の歩容と歩行能力を有することが必須になります。こういった症例を増やしていくためには、インプラントを最適な場所へ正確に設置することが近道になり、これを最も実現可能とさせる Mako システムは、整形外科領域の CAS を大きく発展させるツールとして期待されています。

また、実際に使用してみると、本当に「術前計画どおりに入ってしまう」というイメージです。したがって、術前計画の重要性がますます高まるとともに、どのように臨床経過に影響するかの評価が可能となります。これまで多く議論されてきたインプラントの設置位置が、本当に理想の計画であったのかの検証が可能になると考えおり、当院でも様々な検証を行っていきたいと思っています。



大嶋 浩文（おおしま ひろふみ）

整形外科 人工関節センター長

■得意な分野

- ・整形外科全般
- ・股関節外科
- ・人工関節

■取得専門医・認定医

- ・日本整形外科学会 整形外科専門医
- ・認定運動器リハビリテーション医
- ・認定リウマチ医
- ・日本体育協会公認スポーツドクター

■主な経歴

- ・弘前大学医学部（2004 年）
- ・JR 東京総合病院
- ・心身障害児総合医療療育センター
- ・東京都立広尾病院

- ・東京通信病院
- ・東京大学医学部附属病院

お問い合わせ先



NTT 東日本関東病院 医療連携室

TEL:03-3448-6192 平日 8:30~17:00 まで

FAX:03-3448-6071

メールアドレス nmct_renkei-ml@east.ntt.co.jp

ホームページ <https://www.nmct.ntt-east.co.jp/>