

脊椎脊髄治療をより安全・精緻に、横浜労災の更なる進歩 - 最新の手術室用移動型CT装置を導入しました -

2023年6月30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。

こんにちは、横浜労災病院 整形外科・脊椎脊髄外科の竹下 祐次郎(たけした ゆうじろう)です。

当院では、これからの脊椎手術の安全性や精度を飛躍的に向上させることが期待される「最新の手術室用移動型CT装置“Airo®TruCT”(以下Airo®)」を脊椎外科手術ハイボリュームセンターとしては全国に先駆けて導入し、2023年5月より運用を開始いたしました。今回は、この強力な手術支援装置を活用することで患者さんへの治療がどのように変わるのか、ご紹介いたします。



竹下 祐次郎
整形外科
脊椎脊髄外科 副部長

当院の脊椎脊髄外科の紹介

当院の脊椎外科では、地域の先生方から毎年たくさんの患者さんをご紹介いただき、年間500件以上の手術件数を維持しており、地域の医療に貢献させていただいています。また、その手術の内容においても、頸椎症性脊髄症や腰部脊柱管狭窄症、腰椎椎間板ヘルニアといった頻度の高い変性疾患に対する従来の術式から、内視鏡や経皮的な脊椎固定術、BKPといった近年発達した低侵襲手術、あるいは大掛かりな脊柱変形矯正手術、脊髄腫瘍や小児・先天性疾患などの稀少疾患に対する手術など、あらゆる脊椎手術に対応しており、全国の大学病院にも決して引けを取らないレベルの脊椎外科医療の提供に努めています。

過去3年間の疾患別手術件数

項目	令和2年	令和3年	令和4年
整形外科年間総手術件数	1,769	1,857	1,975
脊椎脊髄外科	518	527	530
頸椎	143	111	115
胸椎	30	33	29
腰椎	374	381	386
靱帯骨化症	16	12	16
脊髄・脊髄腫瘍	19	23	26
側弯症・脊柱変形	48	47	53
脊椎外傷	30	42	33
脊椎内視鏡手術	48	56	69

近年の脊椎外科の進歩

近年の脊椎脊髄外科の進歩は目覚ましいものがあります。以前には考えられなかったような治療法が次々に開発され、しかもあっという間に普及していきます。振り返ってみても、私が当院へ赴任した10年前と今とでは、手術適応・方法、成績、低侵襲性などは大きく変化・向上しており、隔世の感があります。そうした中で、私たちは常に知識をアップデートして、良いものを取り入れていかないとすぐに時代遅れになってしまう、そうした危機感をもって日々の診療にあたっています。

進化し続ける脊椎外科医療にキャッチアップしていくため、私たちは、日々の診療・手術で「腕」を磨き続けるだけでなく、学会や勉強会に参加して新しいものにアンテナを張り、患者さんのためになると思われる治療法は本質を見極めたうえで積極的に導入を図るよう努力しています。その一方で、最新の脊椎手術は、高度な手術支援機器の進歩によって実現されているという側面もあり、医療者側の努力「だけ」では実現できない部分もあります。すなわち、ハード面での充実も、提供できる医療のレベルの向上・進歩には欠かせないと言えます。

今回当院で導入した手術室用移動型CT装置“Airo®”は、最新のナビゲーションシステムと連動させることで脊椎手術の安全性や精度を飛躍的に向上させることが期待される、最新の術中画像支援装置です。これまで不可能であった医療を実現できる、強力なハードと言えるものです。本邦において、本機器を有する脊椎手術実施施設はまだほとんどなく、当院が全国に先駆けて導入いたしました。以下に、この強力な手術支援装置について、ご紹介したいと思います。それにあたり、なぜ「ナビゲーションシステムと連動した手術室用移動型CTが有用か」の背景について述べさせていただきます。

脊椎手術におけるナビゲーションシステム

麻痺や痛み、脊椎の変形などで困っている脊椎疾患の患者さんたちの症状を確実に改善させ、かつ合併症を生じることなく安全に手術を遂行するためには、高度な精緻さ、正確性が要求されます。そのため脊椎手術では、従来から手術中の画像支援装置が利用されてきました。

なかでも脊椎手術の歴史において画期的だったのは、ナビゲーションシステムの登場です。これは、自動車におけるナビ同様、手術中の現在地をリアルタイムで示してくれる、とても心強い支援装置です。特に、頚椎の椎弓根スクリューを設置する際など、コンマ何ミリのズレが重大な合併症につながるような精緻な手術において利用価値が最も高くなります。ただ、当院でも採用していた従来のナビゲーションシステムは、術前に撮像したCTデータをもとに「地図」を作成し、術中はこれと実際の術野を照合させマッピング(=レジストレーション)させることで精度を確保する、「術前画像」ベースのナビゲーションでした。

ここで問題になるのは、その「術前の画像」と「実際の術野」が、必ずしも完全に一致していないことです。これは、術前のCT撮像時と手術中では、椎体の形などは変わらないとしても、脊柱の配列が体位などにより微妙に変化していることに起因しています。そのため、実際のレジストレーション(照合操作)は、手術野全体では行わず、部分ごとに細かく分けて行う必要がありました(頚椎では1椎体ずつ、胸腰椎では3〜4椎体ずつ、など)。さらには、このレジストレーション操作そのものが、結構煩雑で時間を要する操作であるため、頚椎の広範囲固定や、側弯症を代表とする脊柱変形手術など広範囲にナビゲーションを行う場合は、その操作だけでもかなりの時間を要するという問題がありました。

脊椎手術におけるCTの役割

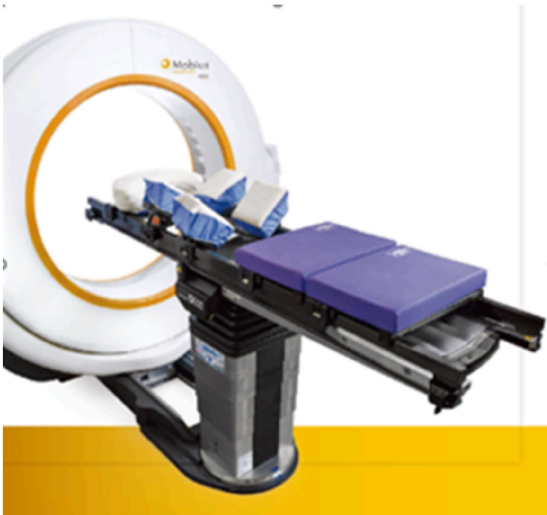
脊椎の手術では、インプラントを用いた固定術においてスクリューや椎体間ケージなどのインプラントが計画通りの的確な位置に設置できているか、あるいは神経除圧のための骨切除が適切に行われているかなどの確認のため、術後にCTを行うことがあります。もちろん手術中にも、肉眼での確認に加えてレントゲンや術中透視で確認して適切な手術実施の判断をしているのですが、現実としては3次元的な解像度の格段に高いCTによって初めてわかることは非常に多く、CTは計画通りに手術が遂行できているかの確認のために重要な画像検査という位置づけになります。

そうした中で、稀に手術中にはしっかり椎体内に入っていると思っていたスクリューが術後のCTで初めて逸脱していることが判明して、後日追加の処置が必要になることもあります(通常は手術の1、2日後以降になります)。このような場合には、手術室内で、しかも手術終了前にこれがわかっていれば、患者さんに余計な負担をかけることなく手術中に修正できていたのに、と悔やまれることもあります。

今回導入したAiro®とは？

今回当院が導入した移動型CT装置 Airo®とは、どのような機器でしょうか。

1. 移動式
2. 手術台と一体化した完全なCT装置
3. 最新のナビゲーションシステムと連携し、その場で取得した画像でレジストレーション可能



1. 文字通り、Airo®は移動が可能なCT装置です。これまでも手術室でのCT撮像は一部の病院では可能でしたが、これは手術室に備え付けのCT、逆に言えば「CT装置付きの手術室(Hybrid 手術室)」を保有することで実現していました。「移動式CT装置」であるAiro®は、これとは一線を画します。透視装置(Cアーム)と同じように移動式なので、手術室を選びません。また、その「移動」も電動モーターを駆動させて行うため、スタッフ一人で容易に行えます。

2. 従来あった3D画像が取得可能な手術室用の移動式透視装置とは異なる、完全なCT装置です。手術台と一体化しており、レールの上を大きな開口部を有した32列のCTスキャナーがスライドしながら画像を取得しますので、最大で1mの範囲で撮像が可能です(通常のCT室では固定されたCTスキャナーの中を検査台がスライドしますが、逆の仕組みです)。従来の3Dイメージングシステムと比較しても、一度に撮像できる範囲、画質ともに飛躍的に向上しており、CT室で撮像されたものと変わらない、広範囲で高解像度のCT画像を手術室で撮像することができます。

3. 我々脊椎外科医にとって非常にありがたいのは、最新のナビゲーションシステムと連動することで、手術中に撮像した画像で、広範囲の精度の高いナビゲーションが可能となります。これは、先ほど述べた、レジストレーション操作(術前CT画像と実際の術野を照合する作業)が省略できる、オートレジストレーション機能を有している、ということを意味します。

手術中の撮像風景



脊椎手術にどのように活用できるのか

この最新の機器の導入で、私たちの脊椎手術は以下のような恩恵を受けることが期待できます。

1. 手術室で即座にCT画像の確認が可能
2. 画像取得後、即座に高精度で広範囲のナビゲーション使用が可能
3. 医療者の術中被曝の低減

これまで、手術後に行っていたCT検査を、手術中に行うことが可能となったため、「スクリューなどのインプラントが正確に設置できているか、適切な除圧が行われているか」などの確認を、麻酔覚醒前に即座に行えるようになりました。特に椎体の変形や回旋の強い脊柱変形症例におけるインストルメンテーション手術や、重篤な脊柱靱帯骨化症における除圧などにおいて、確実に手術が遂行できていることが確認できるのは術者、患者さんにとって非常に大きな恩恵です。CT画像の確認後、必要に応じて手術手技の追加を行う判断も可能になります。

また、手術中の体位で撮像したCT画像から即座にナビゲーションが使用できるため、レジストレーション操作（CT画像と術野の照合操作）が省略でき、手術時間が短縮します。特に、広範囲のインストルメンテーション操作を要する脊柱変形症例において、圧倒的な時間短縮効果があります。連動するナビゲーションシステムも最新のものを使用することにより操作性も向上し、手術の正確性・安全性・確実性が高まるとともに、手術時間の短縮は出血量の低減にもつながり、総合的に患者さんの手術侵襲の低減効果が期待できます。

また、CT画像を取得する際は、術者を含めた手術室スタッフは手術室の外で待機しますので、その間に被曝することはありません。これまで術中透視が必要であった手技では、放射線防護を行いつつも医療者被曝を完全にゼロにできないものもありましたが、Airo®の導入によって、より低減できるものも出てきました。例えば、経皮的な椎弓根スクリュー（PPS）設置は、Airo®とナビゲーションの導入によって、術者は全く被曝せずに行えるようになりました（重たい放射線防護服も着ていません）。

なぜAiro®なのか

画質と撮像可能範囲が圧倒的に優れているから

ここまでの話だと、「10年ほど前から一部の脊椎ハイボリュームセンターを中心に普及してきた従来の3Dイメージングシステムと何が違うのか」と思われる先生もいらっしゃるかもしれません。実は両者には大きな違いがあります。従来のものは、CT同様の画像が取得できるといっても、CTではありません。あくまで3D再構成画像を描出する透視装置であり、同様な機能の透視装置は増えています。

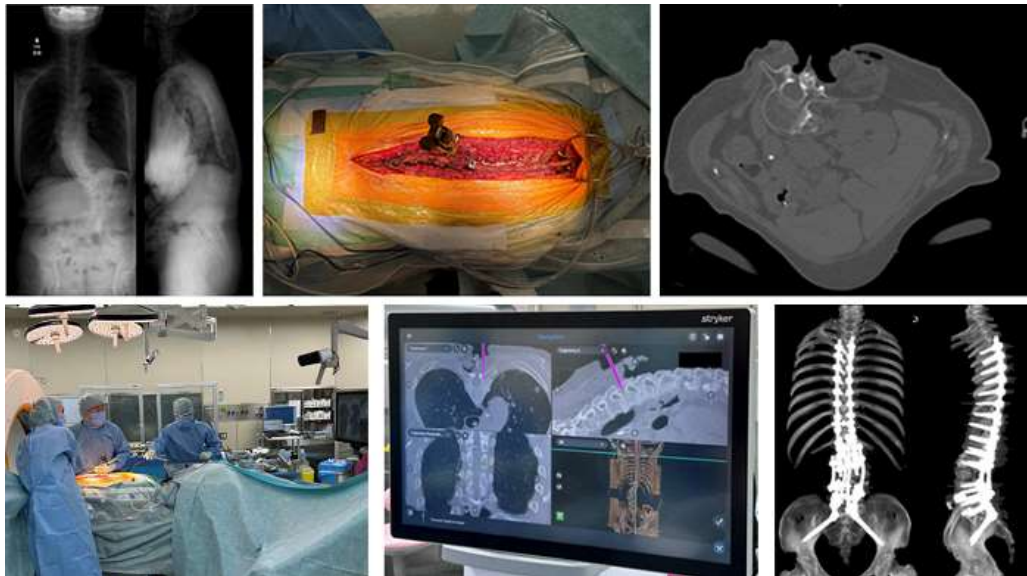
一方で、Airo®は完全なCTですので、撮像できる画質についてはこれらの3D透視装置とは一線を画した、高解像度の「本物のCT画像」が取得できます。また、従来の3Dイメージングシステムはそれ自体が撮像中に移動しませんが、長軸方向の撮像範囲が限られていたため（約35cm）、側弯症などの広範囲の撮像やナビゲーション時の利用には、複数回の撮像が必要でした。Airo®は手術台と一体化したCTスキャナーがレール上を移動しながら撮影するため、一度に撮像可能な範囲は約1mとなっており、ほぼすべての脊椎術野を、一度で、しかも短時間の撮像でカバーできるため、圧倒的に優れていると言えます。

実際の症例を紹介します

まだ導入から間もないですが、当科で実際にAiro®をナビゲーションと組み合わせて使用した症例をご紹介します。

症例1：成人脊柱変形症例に対する後方矯正固定術

術野を展開し、一度に術野をすべてCT撮像。椎体の著明な回旋がみとれる。ナビゲーション下にスクリュー設置して矯正固定。T3から骨盤(SAI)まですべてのスクリューは至適位置に設置され、良好な矯正が行えている。



やはり広範囲(T2からL3まで)を一度に撮像し、ナビゲーション下にスクリー設置。回旋した細い椎弓根にも正確にスクリーが設置されている。



3椎間、計8本の経皮的椎弓根スクリューを、Airo®の術中CTとナビゲーションのみですべて正確に設置した。術中に透視は使用しておらず、術者は全く被曝していない。



また、脳外科手術では、従来は手術終了後に挿管したままCT室まで移動して行っていた頭部CTが、手術室で迅速に行えるようになるなど、様々な有効利用が拡大されています。

地域の先生方へのメッセージ

今回、当院では全国に先駆けて最新の手術画像支援機器を導入し、これまで以上に安全・確実で精度の高い脊椎手術の実施が期待されています。私たちはその利点を最大限に活かすべく、引き続き研鑽に励み、地域の脊椎疾患の患者さんに今後も貢献し続けてまいりたいと考えております。お困りの患者さんがおられましたらお気軽にご紹介ください。今後ともよろしくお願いいたします。



竹下 祐次郎(たけした ゆうじろう)

整形外科

脊椎脊髄外科 副部長

■卒業年次

平成14年

■専門分野

脊椎・脊髄外科、小児脊椎・側弯、脊柱変形

■学会専門医・認定医

日本整形外科学会専門医

日本脊椎脊髄病学会認定指導医

日本脊椎脊髄病学会・日本脊髄外科学会認定脊椎脊髄外科専門医

日本整形外科学会認定脊椎脊髄病医

お問い合わせ先



独立行政法人 労働者健康安全機構 横浜労災病院 地域医療連携室

TEL:045-474-8111 平日 8時15分～17時00分

FAX:045-474-8323

ホームページ:<https://yokohamah.johas.go.jp>