

成育医療センター病院における 手術室内 Open MRI システムの使用経験

Initial Experience of Open MRI system in the Operating room of
NCCHD (National Center for Child Health and Development).

岡田 良行 Yoshiyuki Okada
宮崎 治 Osamu Miyazaki
堤 義之 Yoshiyuki Tsutsumi
鹿島 恭子 Kyoko Kashima
春日 美和 Miwa Kasuga

野坂 俊介 Syunsuke Nosaka
北村 正幸 Masayuki Kitamura
宮坂実木子 Mikiko Miyasaka
柳原 知子 Satoko Yanagihara
正木 英一 Hidekazu Masaki

国立成育医療センター 放射線診療部

手術室内に Open MRI 装置を設置する場合の最大の問題点は、生体モニタなどの麻酔関連機器や多くの電子診療録などの端末をいかに安全にかつ検査の妨げにならない状態で共存させるかということにある。われわれの施設での3カ月間の初期経験をもとに今後の問題点と理想的な手術室内のMRI装置設置の環境を考察した。

In operating room with MRI system, many life monitoring devices and HIS(Hospital information System) terminals should be installed without electrical noise that is affected by MR imaging. We demonstrate our experience of Open MRI system(AIRIS -II) in the operating room of NCCHD for initial 3-months, and try to show how to make ideal environment of operating room with MRI system in future.

Key Words: Open MRI, Operating room

1. はじめに

今春3月1日に開院した成育医療センター病院(図1)では、手術室に最新鋭の Open MRI(AIRIS -II)が導入された。病院の性格上、小児および周産期症例を主たる対象とするた



図1 : 成育医療センター外観とシンボルマーク(左下)

め、全身麻酔下での検査、さらには将来的にIVRや胎児手術を含めた全身麻酔下術中での使用を想定して手術室への導入を行った。導入したMRIシステムの通常と異なる点として強調すべきは、病院が完全な電子カルテシステムで運用されている中へ組み込んだことであり、この面も含め手術室内でのMRI稼働約3カ月の現状報告と問題点を紹介し、さらに将来的な手術室におけるMRI装置のあるべき姿を考えてみることにする。

2. 成育医療センター病院のインフラストラクチャ

成育医療センターは今春3月に国立小児病院・国立大蔵病院の統合により、21世紀最初のナショナルセンターとして設立された。「成育」とは聞き慣れない言葉ではあるが、その目指すものは胎児から小児、思春期を経て出産にいたるまでのリプロダクションサイクルを対象とした総合的かつ継続的医療を目指すものである。この理念を実現するための1つの必須インフラストラクチャがいわゆる「電子診療録」と呼ばれるものである。

われわれの構築した病院情報システムは、単にコスト削減・業務効率化のみが目的ではなく、子供から成人に至るまでの画像を含む医療情報を単一の診療科の枠を越え長期間にわたり多くの医療従事者間で共有するという「成育医療」のための必須要件を実現させることを目的としている。

「電子診療録」とはなにか。これは各人様々な定義がなされるものではあるが、現場サイドからいえば単に「カルテがパソコンのモニタに映るもの」ではなく、電子的な記述入力、それも極端なほどの現場即入力主義の徹底に本質があると思われる。カルテに記述をすれば、その記載者、記述時間、記述場所などは自動的にカルテの中に記録される。逆に記載者の誤り、記述の遅延、記述場所の変更などは一切許されず、そのような事態が起きていればそれは即記述の信頼性を損なうものとなるのである。

このようなことを長々と述べる筆者の意図を疑問に感ずる向きも多いかと思うが、診療録記述に関する問題は、一度

「電子診療録」を導入した病院の中では、たとえMRIという特殊な検査機器の導入されている手術室内でも例外とはなり得ない。ここに「手術室にMRIを設置しました」だけでは済まない、大きな壁が存在するのである。

3 . Open MRI室の概要

成育医療センター病院ではOpen MRI装置は4階の手術エリアに設置されている。

4階の構成は中央に手術室がならび、その左右に張り出すウイングにICU、NICUが設置される構成になっている(図2)。

患者の多くが小児であるという病院の性格上、手術だけでなく、放射線・生理・内視鏡などの検査における麻酔科医の役割は大きく、この4階のエリアは麻酔科医のヘッドクォーターとなっており、Open MRIだけでなく手術専用のヘリカルCT、血管造影装置もこのエリアに設置している。

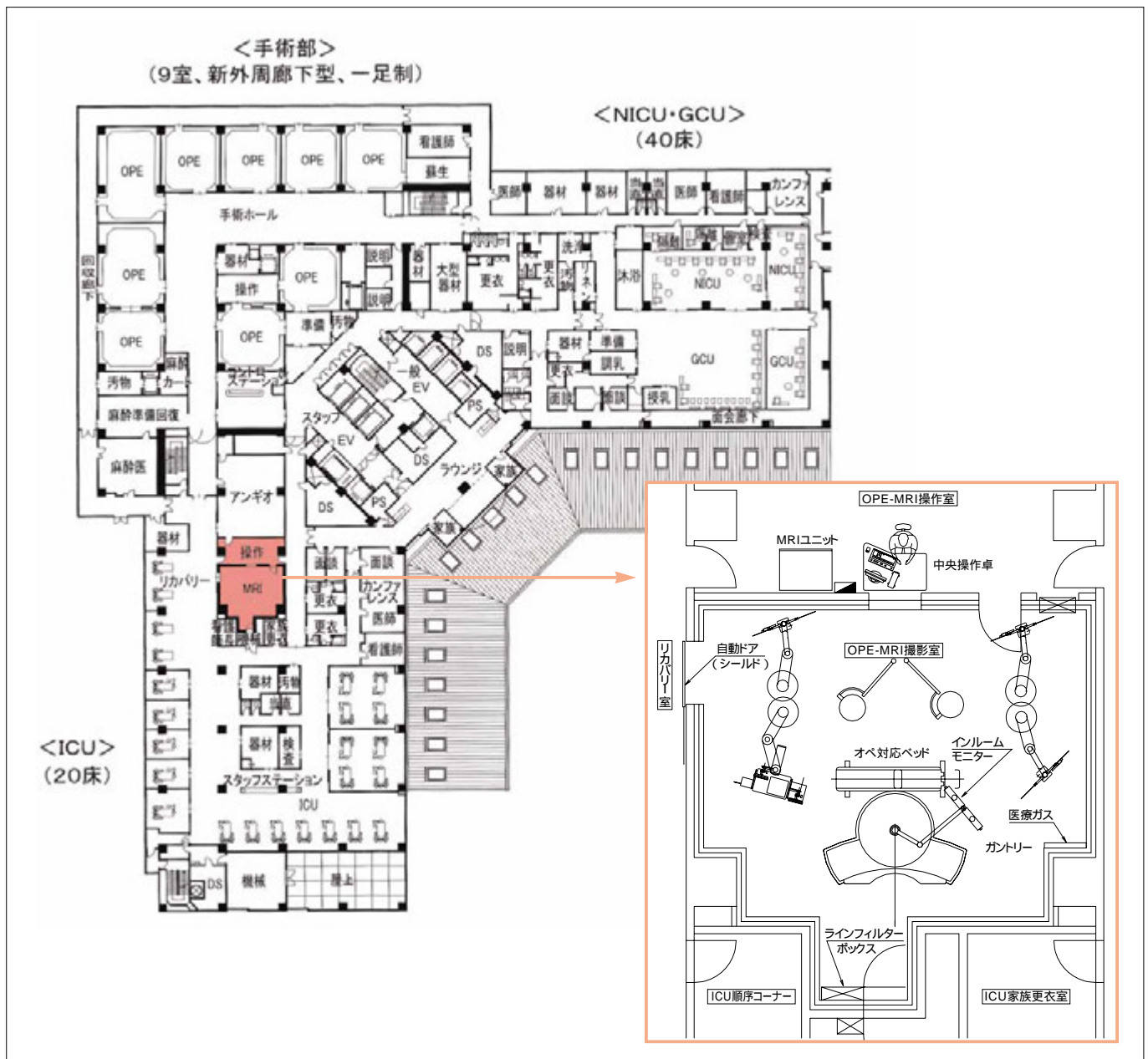


図2：4階フロアおよびMRI室の詳細

各手術室には生体モニタリング機器がシーリングペンダントと呼ばれる天井からのつり下げ式可動アームに固定され、特殊な機器物品を除き床に設置面を持たずに使用できる配置にしている。ここには同時に「電子診療録」の入力端末(部門端末と呼ばれる)も固定されており、さらに術中に使用する超音波・内視鏡・外科用イメージ装置のデータ入出力用のネットワーク端子(100Base-T)も電源とともに設置されており、発生する全てのデータの入出力をリアルタイムで行う仕様となっている。これらのデータは生体モニタリングシステム(PHILIPS)・PACSシステム(GE横河メディカル)・電子診療録システム(HIS^{(*)1})およびLIS^{(*)2}富士通)の各ネットワークと接続され、部門および全病院の端末から即座に参照可能となっている。

MRI室では当然設置室の外壁全体にシールドが施されているため、通常の方法ではメタルの情報ケーブルは直接シールドを貫通させるわけにはいかない。したがって、シーリングペンダントの設置基部のシールド貫通部分は光ケーブルを用い、シールドの内外の光変換ユニットを経由して室内にメタルの情報ケーブルを引き込むようになっている。

シーリングペンダントに搭載されている主な機器を図3にあげる。麻酔処置に必要な機器に加えて生体モニタリングの記録を行うための入力機器が非常にコンパクトにペンダント上に設置されている。実際には手術時の「電子診療録」に対して、看護記録や放射線技師による実施入力を行うための端末が必要であるが、これらの「電子診療録」の端末はシールド外のMRI操作室側に備えられ、MRI室のシールド内には最低限の機器が配置される設計となっている。麻酔器などにはMRI対応機器が可能な限りそろえられている。



図3：MRIガントリーとシーリングペンダント搭載の機器

さてここで問題になるのが「MRI対応」の意味である。「対応」という言葉はどのようなことを指すのか、ということに関しては現在標準的な定義というものは残念ながら存在しない。筆者は独断的に3つに分類して考えてみた。

- 1) 患者(被検者)に危害のないもの
- 2) 機器が障害なくMRI検査室内で稼働可能であるもの
- 3) MRI検査に影響を与えないもの

もちろん医療用機器に関しては上記の3つの点がすべてクリアされていることが理想的には必要である(実際はすべてクリアしているものは少ない)。さらに一般の情報機器(普通のパソコンと考えてもらってよい)について考えてみると、医療用機器と同等の厳しい条件をクリアできる見通しは、法規上も、またコスト面からも全く目処はたっていない。(そんなものを手術室に持ち込むのがそもそも誤りとの考え方もあろうが、手術室に紙カルテを持ち込まない状況を想像して納得いただきたい。)

したがって、1)の条件を完全にクリアするために、情報機器投入にあたっては施設の責任としてMRI検査室での事故発生を未然に防ぐ方策をたてなければならない。この観点から情報機器をシーリングペンダントへまとめて固定・搭載することは、有効な解決手段のひとつといえよう。

2)に関しては1)の安全性をクリアしていることが必須であり、逆にこの点をクリアしていれば、それらの機器を持続して機能すればよいことになる。もちろんMRIのガントリーは近接すればするほど指数関数的に磁場強度は高くなるので、どのような電子機器でもガントリーの近くに持ってゆけば機能しなくなるのは目に見えている。妥協案としてある程度の距離を設定し、持続的に機能するかどうかを確認した上で機器を設置するのが現実的な解決策となる。当院の検査室では0.5mTの境界を一つの目安としてこのライン外で機器を運用することを原則としている。

3)に関しては問題点の項で詳しく述べる。

* 1 HIS=Hospital Information System (: EG-main 富士通社製)

* 2 LIS=Laboratory Information System (通常RIS = Radiology Information systemと呼ばれるもので当院では生理検査系も同様のシステムで運用されているのでこのような呼び方になっている。 : RADON 富士通社製)

4 . 手術室内 Open MRI 装置の稼働状況

Open MRI が実際に稼働した本年4月1日～6月30日までの検査件数は46件で、全て気管内挿管下全身麻酔管理の患者であった。これらの中から3症例を示す。図4は年齢1歳3カ月女児の左咽頭の奇形腫である。図5は年齢3歳4カ月女児の陳旧性脳梗塞、図6は年齢10歳11カ月女児の結節性硬化症を示す。IVR(生検など Interventional Radiology)症例・手術症例に関しては現在整備段階で未だ1例も実施されていない。

これまで検査を行った症例の年齢別構成を図7にあげる。

対象患者は全例検査入院とし、麻酔科医師により全身状態管理下に検査が実施されている。年齢構成を見ると5歳以下の患者が中心で、これまでの施設ではMRI検査にとって手出しのできなかつた年齢層に集中していることがわかる。

周辺の呼吸管理および電子診療録用機器の整備が完了しておらず、手探りで稼働であることもあって、症例数はまだ少ない。しかしこれまで安全性を確保せずに行われた検査をのぞいては、全くの暗黒状態であった新生児・幼児の体内にMRIの光をあてることのできた意義は当院にとって非常に大きいものであると考えている。

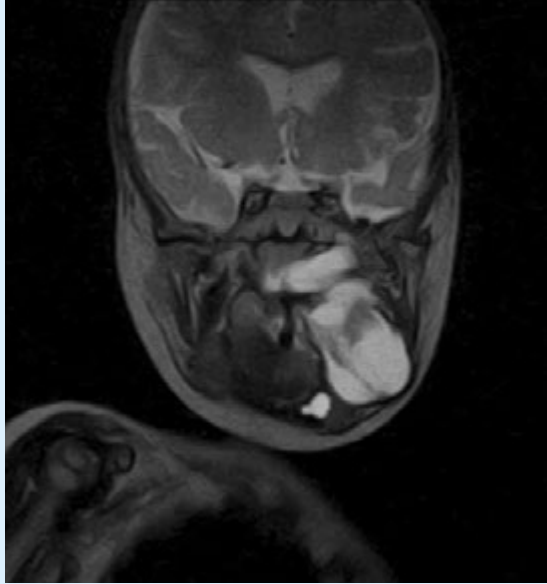


図4：1歳3カ月 女児 左咽頭の奇形腫 T2強調画像冠状断像

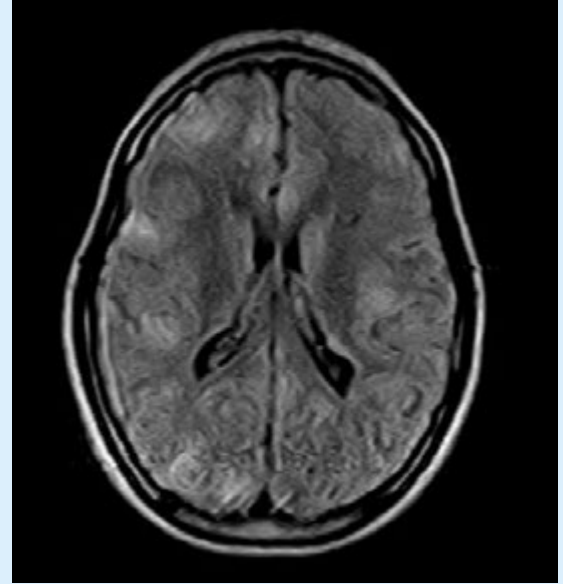


図6：10歳11カ月 女児 結節性硬化症 cortical tuber FLAIR 画像

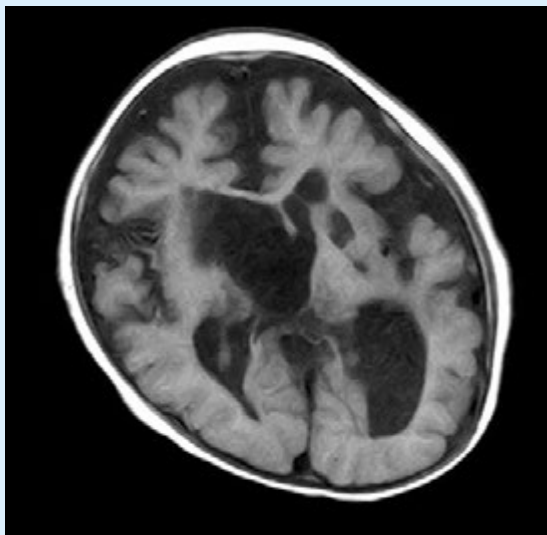


図5：3歳4カ月 女児 陳旧性脳梗塞 T1 協調画像横断像

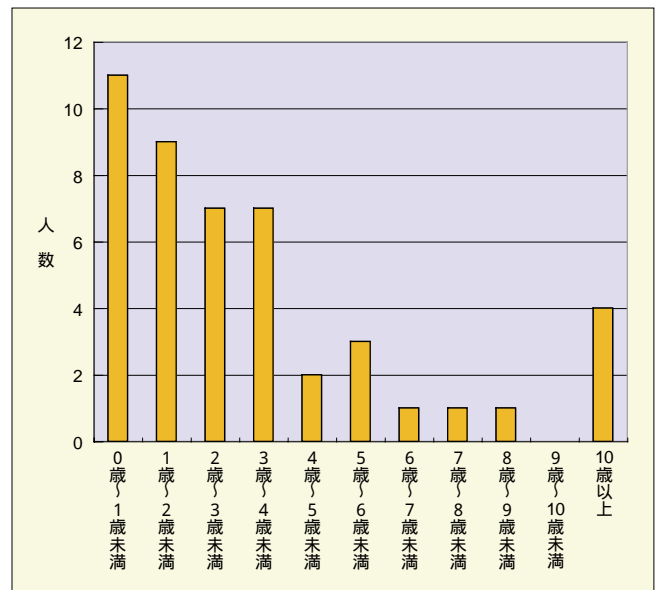


図7：Open MRI 検査対象年齢構成

5. 現状の手術室設置のOpen MRIの問題点

a) 周辺機器のノイズ対策

前述の「MRI対応機器」の項の3)MRI検査に影響を与えないものという条件に関しては、非常に厳しい状況が開院当初続いたことに言及せざるを得ない。実際に装置の稼働が開院時から1カ月間遅れたのは、MRI室内の機器によるノイズ対策に想像以上の時間がかかったためである。

シールド貫通部分の光ケーブル対策は十分行ったが、当然のことながら貫通後の「シールド内」にメタルラインの情報ケーブルが走り、またノイズの発生源となる情報機器本体がシーリングペンダントに設置されていることには変わりはない。さらに様々なモニタ類(SpO₂モニタ=パルスオキシメータ、直腸体温計などのワイヤもノイズの原因となる。

様々な方法(金属シールドケースやアルミホイルによるシールドなど)を試み、ノイズ減少につとめたが、最終的に特定の測定装置に関してはノイズの発生が少ない別メーカーのものに変更を行ったり(同じMRI対応品表示であってもノイズ発生に差があり、これは試してみなければわからない)、モニタ用のPC本体に関しては長時間稼働での本体の温度上昇によってノイズが発生することが判明し、可能なかぎり検査前に冷やしておく(止めておく)などの原始的な対策をとらざるを得ないものも存在した。

これらの原因究明はMRIメーカー側の努力のみでは不可能である。当院ではMRIメーカーと生体モニタシステムメーカーさらには個々の機器(モニタ類など)メーカーの献身的な協力を幸運にも得ることができたが、原因究明にかかった時間と人的資源はそれなりに非常に大きなものであった。

b) Open MRI 装置の制約

当院では1階の放射線診療部のフロアに1.5Tおよび1.0Tの超伝導タイプの高磁場MRI装置(非オープンタイプ)が別に設置されているが、この室内に同様の麻酔用モニタ機器を搬入して検査を何回か行った。その結果をオープンタイプのMRIシステムと比較した印象として、低磁場装置であることがノイズ対策にとって不利にはたらくことが多いのではないかと思われる。

またMRIのシーケンスでも特にEPI系のシーケンスに関してはノイズの影響が強いようである。拡散強調画像に関しては他のシーケンスが撮像可能な状況であってもノイズの影響を受け撮像を断念しなければならない状況があった。

なお当然のことながらMRI装置の調整は十分行われており、周辺のノイズ発生源となる機器の電源をすべて落とした状態では、通常の検査に何の支障もないことはお断りしておく。

全身麻酔下でのOpen MRIの検査では、いきおい多部位のオーダーが多くなる。どうせ麻酔を行うのであるから、この機会に多くの部位を検査して欲しいということである。したがって、コイルの入れ替えも含めると、これまでのMRI検査の想像を超える長時間(1時間を超える)の検査となってしまうことも希ではない。このことは麻酔下であるからといって(患者が動かないからといって)、高速スキャンが不要であるということにはならず、今後さらなる高速化に努めてほしい。

6. 手術室内MRI装置の今後

手術室のなかでは、OpenタイプのMRI装置でなければならない。IVR・手術などの手技を行うためだけでなく、全身麻酔下では患者に対する容易なアクセスが重要であるのは論をまたない。

また、ひとたび麻酔下でMRIが可能であることを臨床医の知ることになると、臨床側の要求も日々エスカレートしていくことになる。このような要求を満たすために、Openタイプの装置であろうとも高速スキャンが可能であり、多くの特殊なシーケンスも(拡散強調画像・ダイナミックスキャン・流速測定・MRA・MRV・MR Hydrography・透視画像・時にはMRSなども)可能であることが望ましい状況になってくる。

高速撮像およびこれら特殊な撮像法には高磁場装置が適しており、手術室内での使用を目指したOpen MRI装置の高磁場化が一つの流れとなるであろう。幸いなことにこのようなタイプのOpen MRI装置は昨年来から日立メディコのALTAIRE(超伝導0.7TオープンMRI装置)をはじめ各社からアナウンスされ始めているので、今後の期待度は非常に大きいものがある。

より大きな問題としては、麻酔機器・情報機器・他の検査機器(内視鏡・超音波装置など)を含めた手術室の環境のなかで、MRI装置が十分guide imagerとして機能することである。現状ではMRI対応と謳われた機器でもその対応の程度は種々様々であり、手作業で個々の装置を検証してゆくしか手がないのが実情である。このような状況は一朝一夕には変わらないと思われるが、MRI装置の進歩と歩調を合わせて手

術室内設備も対応してゆかねばならないと思われる。これは手術室内で使用される医療機器・情報機器のメーカーの努力もさることながら、まずはMRI機器への対応の標準化の要望を医療従事者側からメーカー側へ伝える努力が必要であることを痛感している。

7. まとめ

TTTS(Twins to Twins Transfusion Syndrome 双胎間輸血症候群)という病気がある。

一絨毛性双胎妊娠で二児の胎盤内での血管吻合の結果、血流の不均衡が起き、重症の場合血流の低下した一方の胎児は死に至る病である。現在この疾患に対して、内視鏡下の胎児治療が試みられている。内視鏡観察下に胎盤表面の血管像を観察し、吻合血管を探しだしてレーザーでその血管を焼灼し、短絡血流を遮断するというものであるが、もし胎盤内の血管像がその血流方向も含めてリアルタイムでMRIで観察できればどうだろうか。

内視鏡をのぞきながら、なおかつ術者の操作によってMRIの断層画像がリアルタイムにモニタ上に映し出される。手術手技と同時にイメージングも行われ、両者の画像を見ながらレーザー装置を術者が所定の位置に進めてゆく。その断層画像のフレームレートはX線TV並である……。

現状では夢物語かもしれないが、これこそがわれわれの目指す手術室内でのMRI装置の究極の姿と考えている。

AIRISは株式会社日立メディコの登録商標です。

参考文献

- 1) Myron Yaster, M.D., et al : PEDIATRIC PAIN MANAGEMENT AND SEDATION HANDBOOK. Mosby 1997.
- 2) D.H.W.Gronemeyer, et al : Open Field Magnetic Resonance Imaging. Springer 2000.