

【MR 研究会】

平成28年度MR研究会報告

本研究会の今年度の活動内容は、夏季学術大会と第3回MR医療安全セミナーを11月に広島大学病院で第7回MR基礎セミナーを12月に香川大学医学部附属病院で開催予定です。詳細についてはH.Pにて確認をお願いします。

本報告書では、夏季学術大会について、そのプログラムと講演の抄録を記載します。

代表世話人 岡山大学病院 大野誠一郎

日時：平成 28 年 7 月 3 日（日） 10:00～15:15

会場：広島大学 霞キャンパス 第3講義室

【午前の部】（10：00～12：00）

司会 島根県立中央病院

山下 猛

「改めて考えよう！ 造影検査プロトコル
～ガドブトロール（ガドビスト 1.0M）の特性
（臨床的有用性を最大限に生かすために）～」

バイエル薬品株式会社 水内 宜夫

「条件付き MRI 対応心臓デバイスの最新情報」

日本メドトロニック株式会社 丸山 雅史

「オープン MRI の特徴と治療対応について」

株式会社日立製作所 八杉 幸浩

【午後の部】（13：15～15：15）

司会 高知大学医学部附属病院

安並 洋晃

「香川大学における術中 MRI 撮像の現状」

香川大学医学部附属病院 山崎 達也

「0.3T 四肢専用 MRI 装置の使用経験」

えだクリニック 尾崎 史郎

「改めて考えよう！ 造影検査プロトコル
～ガドブトロール（ガドビスト 1.0M）の特性
（臨床的有用性を最大限に生かすために）～」

バイエル薬品株式会社 水内 宜夫

ガドビストの特徴は、従来の Gd 製剤よりも高い緩和能(r_1, r_2)を有し、0.5 モル Gd 造影剤の 2 倍の濃度をもつ 1.0 モル高濃度製剤となります。また、マクロ環型であり、生体内での Gd 遊離のリスクが低く、海外での NSF リスク分類では低リスク分類に属します。

造影検査において、特に Dynamic 撮像等では生食の後押しを行うのが一般的です。従来に比べ高濃度低用量のガドビストにおいては造影剤の投与速度が気になる点です。従来と同じ撮像タイミングの場合、造影剤の投与速度を半分の時間(3 mL/s を 1.5 mL/s)に設定し、生食後押しは同じままで検査が可能です。投与速度を従来と同じ速さで施行される場合は、早く投与される分だけ、撮像開始時間を早めることで従来と同じタイミングで施行することができます。Dynamic 検査で多く用いられている 3D GRE シーケンスによる希釈造影剤ファントム（溶媒：ヘパリンナトリウムによる抗凝固処理済みウサギ血液）を用いた実験では幾つかの知見が得られています。1.5T 装置において 1 mmol/L の希釈造影剤にて、3D GRE(VIBE) TE=1.6 ms, TR=3.8 ms, BW=560 Hz, 実行スライス厚 5 mm を用いて FA を 1-41 deg まで変化させ信号強度をプロットすると、最大で 17%程度の信号強度の増加が確認できました。また、20%弱のエルンスト角の上昇(10 deg→12deg)も確認できました。厳密に撮像パラメータを設定するのなら FA の調整も必要と考えられます。一方、3T 装置でも 3D GRE(FSPGR, LAVA) TE=1.4 ms, TR=5.7 ms, BW=83.3 KHz, 実行スライス厚 5 mm にて同様の検討をしました。最大で 18%の信号強度の増加が確認できました。しかし、エルンスト角については変化がありませんでした。これは高い r_1, r_2 の

影響、TEがzeroでない以上、高磁場では特にr2に引かれるためと考えています。したがって、この結果からは3T装置では撮像パラメータの変更は不要と考えられます。

さて、新しい細胞外液造影剤ガドピストの使用にあたり、改めてMRIの造影手技について考えてみるのはいかがでしょうか。ここからはMRI検査における一般的な造影手技として紹介します。近年のMRI装置では短時間でT1強調像が得られます。造影剤投与直後に複数方向の撮像を施行すると、撮像方向が進むにつれ造影能(効果)が上昇していく画像が得られることがあります。細胞外液造影剤ではDynamic以外は造影剤が漏れ出てくるまで待つ必要があり、いわゆる平衡相まで待つから造影後の撮像を開始することが良いでしょう。投与後、単純に待つのでは検査時間に空白が生まれますので、造影剤の影響が画像に現れにくいT2強調像や拡散強調像の撮像を間に挟むなどの工夫をされると、より確実な造影検査が施行できます。後押し生食によるフラッシュは、容量の少ないMRI造影剤においては有効な手技とされています。多くの先刻研究がなされていますが、生食フラッシュの量やその注入速度についての影響には、一定の見解がないのが実情です。

この機会に、改めてMRIの造影検査について検討いただくきっかけとなれば幸いです。

「条件付きMRI対応心臓デバイスの最新情報」

日本メドトロニック株式会社 丸山 雅史

現在、5社から条件付きMRI対応心臓植え込みデバイスが導入されている。

条件付きMRI対応ペースメーカーの植え込み総数は約10万台弱でこれは全植え込み患者総数の約30%と推定される。また、過去に販売していたリードのMRI対応化に伴い、交換症例でのMRI対応も拡大している。

撮像件数は、Advisa MRI 製造市販後使用成績調査結果(2012年10月~2014年9月)によると、1,146件で、うち89%が65歳以上の高齢者であったが、すべての年齢層において均一にMRI検査が行われていた。また、脳・整形領域での検査が約80%であった。

MRI検査関連の有害事象は2件(患者緊張によるしびれ・モード変更による胸部不快)報告されたが、医師因果関係判定はいずれも機器との関係を否定され、健康被害もなかった。

この様に条件付きMRI対応デバイスの普及が進み今後も更に検査件数は増加していくと思われる。また、今後は1.5Tのみならず3Tにも対応したデバイスが主流になると考えられる。一方で撮像条件の多様化により、管理体制が非常に煩雑化している。現時点でも5社の間に17種類以上の条件が乱立している。その理由としては、メーカー毎、デバイス毎、リードの組み合わせ毎に条件が異なる事。1.5/3T更にはフルパーシャルスキャンがそれぞれ混在している事。MRI対応機器の統一規格が存在せず、デバイス各社のテスト方法が異なり、安全性の定義も異なる事。B1+rmsなど、MR装置側の新しい規格への対応に差が生じている事などが挙げられる。

以上のように、条件付きMRI対応デバイスを取り巻く環境は煩雑化を極め、デバイスメーカーにはシンプルで一貫性のあるシステムの開発が求められる。

日本メドトロニックにおいては、デバイス及びリードの組み合わせにおいて制限が無く、同条件下で1.5Tと3Tのフルスキャン撮像が可能である。また、過去に植え込まれた対応リード患者にも、新条件(1.5T&3Tフルスキャン)が適応される。条件付きMRI対応デバイスに関して、撮像条件を守ればその安全性は実臨床でも確認されている。一方で、オフラベル撮像を含むヒヤリハット事例も発生しており重篤な事故につながりかねない。安全な撮像を行って頂く為に今一度、院内の管理

体制、特に検査マニュアルやチェックリストの見直しと、その使用の徹底を行って頂きたい。

「オープン MRI の特徴と治療対応について」

株式会社日立製作所 八杉 幸浩

近年 MRI 装置はオープン構造を生かした垂直磁場装置と、3T 装置に代表される高磁場タイプの超電導水平磁場装置に 2 極化の様相を呈している。日立の「AIRIS」シリーズに代表される永久磁石を用いた中低磁場強度の MRI 装置では、その磁石の特徴を最大限に活かしてガントリー開口部を広くすることで、被検者に優しい検査環境を実現した。静磁場の方向が垂直であることから磁場強度に対して高い画像 SN 比が得られ、高い設置性、経済性などの特徴も有しており、オープン MRI 装置は急速に普及してきた。MRI 市場はより高機能で、より開放的で、医療費抑制政策の影響もあり、経済性への要求は益々強くなっている。

1987 年に初めて製品化された日立の永久磁石 MRI 装置「MRP-20」は、80 年代に開発された最強の永久磁石であるネオジウム磁石の登場が大きく影響している。それまでのフェライト磁石に対しておよそ 10 倍のパワーを有するネオジウム磁石は、永久磁石方式 MRI ガントリーの質量を 10 分の 1 に低減して実用化を加速したのである。

<術中 MRI への展開>

脳腫瘍摘出手術において、術前の MRI 画像データを基にナビゲーションシステムへ転送し顕微鏡下で腫瘍を除去する手技を行っているが、開頭後のブレインシフトの影響（開頭すると脳組織が大きく変形する）。特に悪性度の高い膠芽腫などは肉眼的には正常組織と区別が不明瞭である。残存腫瘍は手術後の MRI 検査での確認が必要。悪性腫瘍の完全除去ができないと再発リスクが非常に高い。といった問題があった。

そこで、MRI 装置を備えた手術室を構築するこ

とで、最新の画像データをアップデートしたナビゲーション支援が可能となる。ここにオープン MRI を適用することで、特殊な手術器具が不要で従来の手技、術具をそのまま利用できる。さらにエビデンスベースの治療を実現し、医療過誤や訴訟リスクを低減するという効果を期待するものである。

日本術中画像情報学会における「術中 MRI ガイドライン」の原案が 2014 年 7 月に公開されている。このガイドラインによると MRI の設置方法については 2 つに分類されており、MRI を手術室内に設置した「Dedicated system」、MRI を隣室に格納した「2-room system」である。

永久磁石方式でのオープン MRI 装置は磁場の漏えい範囲が狭いために、手術室の内部に MRI 装置の設置が可能である。このため、開頭状態での患者移動距離が少なく、安全性におけるインシデントを低減できると考えられる。さらに、手術テーブルの回転機能などの開発により、手術状態と MRI 撮像状態の移行をスムーズに行い、手術の休止時間を低減する工夫も行っている。

術中での MRI 撮像の要求は高く、市場も活性化している。手術中のモニタリング手段として MRI の優位性は放射線被曝がないこと、高い腫瘍コントラストが得られることであり、これにより手術中に更新された MRI 画像データにて高精度な手術ナビゲーションや穿刺針の画像誘導等を可能とする点にある。正常脳組織にダメージを与えずに確実な腫瘍摘出を達成する手段として、術中に使用できる MRI 装置を用いた精密な手術ナビゲーションシステムが求められているのである。

「香川大学における術中 MRI 撮像の現状」

香川大学医学部附属病院 放射線部 山崎 達也

平成 28 年 1 月より稼働している MRI 手術室について講演を行った。

術中に MRI を撮像できるメリットは、脳腫瘍の切除手術における残存腫瘍の確認ができることである。また術中合併症の早期発見にも有用である。当院の運用やコストパフォーマンス等を考慮し、5G ライン外では一般的な手術も可能で、各種器具も非磁性体にする必要がない、低磁場によるオープン型 MRI を導入した。回転方式は回転軸を利用し手術台を回転させる方式を採用した。

導入から運用開始までの取り組みとしては、実際の手術までにシミュレーションを行い問題点の抽出を行い、手術室を利用する医療従事者に対して、MRI の安全管理について臨時で研修会を行った。また新しいスタッフのために年 1 回の MRI 安全管理研修会を予定している。設置時の性能評価を行っていた際にノイズの混入が判明した。原因は、手術室内天井裏の医療ガス管からノイズが発生しており、追加工事で医療ガス管と軽量鉄骨の接触を回避し、シールド用テープの補強等を行った。撮像シーケンスは DWI MS Axi、FLAIR Axi、T1WI Gd+、DWI MS Cor MPG Direction A-P、下垂体の症例では下垂体に絞った T1WI、T2WI を撮像している。Total Scan Time は約 20 分で、手術中断時間は約 40 分である。

患者の安全管理はハンディタイプの金属探知機を使用し、手術部看護師が実施している。(問診、衣類、装飾品の確認等) 体内金属については、前日にナビゲーション用の MRI 撮像を行っており、適応金属と判断している。職員の安全管理は手術室の出入りに設置しているボックスを利用し、所持品を管理し、事故防止に努めている。また入室から退室まで医療従事者ごとに何をすべきかを記載した MRI 手術のチェックリストを作成し、利用している。

撮像時のノイズ発生源の特定は難しい問題で、撮像時に MRI 非対応の医療機器等の電源やデジタルのタイマー、内臓バッテリーを持っているようなノート PC の LAN 等が接続されていると、ノイズの原因となる。従って MRI 撮像時は、不要な医

療機器の電源を切る、LAN ケーブルを抜くといったことが重要となる。

術中 MRI 件数は 20 件である。始業前点検や診療放射線技師の業務等問題点があるが、今後更なる症例の蓄積や他施設との情報交換を行い、より良い MRI 手術室の運用を展開していけたらと考える。撮像シーケンスについても今後検討を積み重ね、更なる改善を行いたい。

「0.3T 四肢専用 MRI 装置の使用経験」

えだクリニック 尾崎 史郎

【はじめに】

昨年 9 月、当院はイタリアの Esaote 社製 低磁場四肢専用 MRI 装置 “O-scan eXP” を日本国内で臨床 1 号機として導入した。本装置は被験者への身体的負担が少なく中磁場全身用 MRI 装置に匹敵する画質を有しており、当院の診療には欠かすことの出来ない診断ツールとなった。

【四肢専用 MRI 装置導入の経緯】

MRI 検査は早期に骨髄の変化を捉えることが可能であるばかりか骨の周囲組織の変化をも鋭敏に写し出すことが可能であり、四肢の痛みの原因を知るための有効な診断ツールとなり得る。これまで当院には MRI 装置はなく外注の MRI 検査を依頼する方法しかなく、急性期で四肢の検査を施行することが困難であった。そのため我々は MRI 装置の導入を検討することとなった。機器選定の条件は狭い診療所内に最低限の改修工事で設置出来ること、診療を妨げることなく設置作業が行えること、および診療中も MRI 検査が出来ることであった。また若い患者さんも検査対象となればと考えていた。患者の多くが、可能な限りその日のうちに診断を確定したいというニーズも高く、スループットの高さを考慮し、コンパクトな設置スペースと患者快適性をアピールしている本装置であればそれらの問題点を解決出来ると思った。

【O-scan eXP】

静磁場強度 0.31T の永久磁石方式である。RF 送信はガントリ内蔵コイル、受信には内蔵アンプ付デュアル・フェーズドアレイコイルを用いている。受信コイルは 3 種類付属しており、いずれもソレノイド型とループ型を組み合わせた受信専用である。パラレルイメージングは行えない。四肢の MRI 検査では骨髄内の浮腫性変化を鋭敏に捉えなければならないため、低磁場ゆえ周波数選択的脂肪抑制の使えない本装置では、2-point Dixon 法の X-BONE シーケンスと FSE-STIR をメインに使用している。

【当院の検査対象者】

当院では老若男女問わず下は小学校低学年から上は制限なく MRI 検査をおこなっている。手足であれば幼児でも検査可能であるが 20 分近く安静を保つには被験者の理解と協力が不可欠である。

【四肢専用 MRI 装置のメリットとデメリット】

購入者側のメリットは狭いスペースにも設置出来ることにつきる。更に永久磁石タイプでは消耗部分が少ないため、超伝導・常伝導磁石タイプよりもランニングコストが低い。利用者側のメリットは被験者の顔が常にボアの外に出ているため、閉塞感はない。また家族のかたと同検査室に入れるため、安心して検査を受けた幼稚園児も経験した。更に下肢の検査においては両手が自由に使えるため検査中の読書も可能である。

利用者側のデメリットは低磁場であるがゆえ画質を担保すると検査時間が少々長くなってしまふことくらいである。

【おわりに】

今回四肢専用 MRI の使用経験についての概要について画像を含め説明した。四肢の痛みを訴える患者さんにとって初期診療にこそ MRI 検査は必要であり、MRI 検査を早期に行うことで正確な画像診断により患者さんの治療のための安静理解度も期待でき、診療および治療への効果が大きく変わったと感じた。