

## 【MR 研究会】

### 平成 25 年度 MR 研究会報告

本研究会の今年度の活動内容は、夏季学術大会での研究会の開催と、12 月に MRI セミナーを広島で、12 月 14 日（土）日本磁気共鳴認定機構 MR 医療安全セミナーを、岡山大学鹿田キャンパス マスカットキューブ 3F と第 1 MRI 室で開催予定である。詳細は後日 HP にて報告します。本報告書では、学術大会について、そのプログラムを記載した。また、学術大会での講演の抄録も記載した。

代表世話人 岡山大学病院 大野 誠一郎

### 「夏季学術大会」

日時 平成 25 年 7 月 7 日（日）10:00～15:00

会場 岡山大学病院 臨床第 2 講義室（10:00～15:00）

午前の部 10:00～12:00

司会 香川大学医学部附属病院 石森隆司

「MR 検査に対する医療材料と安全性」

東芝メディカルシステムズ㈱ 山本貴雄

「条件付き MR 対応 PM の現状」

日本メドトロニック㈱ 鎌倉 亨

午後の部 13:15～15:00

司会 山口大学医学部附属病院 中村敬子

「マルチショット EPI DWI 『RESOLVE』

～歪にない Diffusion を目指して～」

イメージング&セラピー事業部 MR ビジネ

スマネージメント部 境 龍二

「RESOLVE DWI の臨床例」

山口大学医学部附属病院 山根正聡

「知っているつもりのレベルを上げよう！

MRI の基礎編」

国立スポーツ科学センター メディカルセン

ター 前任研究員 俵 紀行

### MR 検査に対する医療材料と安全性

東芝メディカルシステムズ株式会社

山本貴雄

MR 装置の安全性に関する規格は、国際的には IEC（International Electro technical

Commission：国際電気標準会議医用電気機器に関する個別規格 IEC 60601-2-33）にまとめられている。国内では IEC 規格を翻訳する形で日本工業規格（JIS Z4951）にまとめられ、薬事法による承認・認証の安全性に関する規定は JIS 規格に基づいて審査され安全性の確認が行なわれる。

インプラント機器については、ISO（国際標準化機構）によって安全性に関する規定がなされている。しかし、国内において MR 適合性評価について明確な試験規格がなく、電子回路を含まない受動インプラントについては FDA のガイドラインとして引用されている ASTM（American Society for Testing and Materials：米国材料試験協会）による MR 適合性試験に基づいて評価されることが多い。受動インプラントの場合は ASTM 試験規格のように変位力、回転力、発熱など比較的単純なメカニズムを用いて MR 適合性が判断されるが、心臓ペースメーカのように電子回路を含む能動インプラントの場合には、MR 装置の傾斜磁場誘導電圧による回路の誤動作、高周波磁場に起因するケーブルによる加温・火傷などの影響などメカニズムが複雑であるため、明確な試験規格、MR 適合性の判断基準がこれまでなかった。

そのため IEC と ISO が合同で、MR 適合性に関する規格化の検討を進めている。2012 年に、心臓ペースメーカなどの能動インプラント（植込み型デバイス）、受動インプラントの両者を含む、IEC/ISO のテストスペックが発行された。このテストスペックは“条件付き MRI 対応”機器の標準化には欠かせないものとなる。

現在、電子回路等を含む心臓ペースメーカなど能動インプラントの MR 装置に対する安全対策が進みつつあり、「MR 適合」、「MR 条件付き適合」、「MR 非適合」といった分類を正し

く認識することがこれまで以上に重要になる。  
「MR 条件付き適合」に分類される品目は、MR 環境における特定の使用条件下では危険とされていない品目であり、その取扱説明書・添付文書に安全性及び MR 撮像中に考慮すべき条件（危険とされない MR 装置の使用条件）が明記されている。

- ・「MR 適合」：すべての MR 環境下において危険とされない品目
- ・「MR 条件付き適合」：MR 環境における特定の使用条件下では危険とされていない品目
- ・「MR 非適合」：すべての MR 環境下において危険が生じると報告されている品目

以上、MR 装置の安全性に関する IEC、JIS 規格、受動/能動インプラントの安全性に関する IEC/ISO による動向について述べたが、安全性に関する基準や規格は更新される可能性がある。最新の情報を積極的に入手し、その情報を共有することをお願いしたい。

## 条件付き MR 対応 PM の現状

### ペースメーカー概要

経静脈電極による埋め込み型ペースメーカーは左胸部皮下にペースメーカーを埋込み左鎖骨下静脈から電極を右心室内へ挿入している状態を示す。ペースメーカーの構造は、リード（電極）、外装をチタンで覆い IC 回路と電池、コネクタ部となっている。

従来のペースメーカーで MR 撮像するリスク

MR は静磁場、傾斜磁場、RF 磁場の3つの巨大な磁場環境にある。①RF 磁場による誘導電流がリード先端より流れることで温度上昇がおき、閾値の上昇、ペーシング不良、心筋壊死の可能性がある。②不適切な電気刺激（UCS）、③心室のオーバーセンシングによるペーシング抑制が起こる。④自己脈との競合によって、

心室頻拍/細動を引き起こす。⑤電気作用でリセットが発生、心室のオーバーセンシングとペーシングの抑制など、様々な健康被害の可能性がある。

条件付き MRI 対応ペースメーカーとは

- ① 埋込み後 6 週間以上が経過していること。
- ②胸部植込み型であること。
- ③Advisa MRI（本体）+MRI 対応リード×2 本のシステムであること。
- ④ 5V でツイッチングが無いこと。
- ⑤リードインピーダンスは  $200\Omega \sim 1500\Omega$  以内。
- ⑥ペーシング閾値は  $2V@0.4ms$  以下であること。
- ⑦事前にチェックを受け、モード変更に対応が可能である。MRI 検査では、①1.5T のトンネル型である。②傾斜磁場  $\leq 200T/m/s$  (1 軸) の範囲
- ③標準操作モード（ノーマルオペレーティングモード）で、全身 SAR  $\leq 2.0W/kg$ 、頭部 SAR  $\leq 3.2W/kg$ 。
- ④受信コイルの制限は無し。
- ⑤送受信コイルは制限あり。投影像にペースメーカーシステムがかかっているはいけない。
- ⑥撮影は側臥位禁止
- ⑦連続的な血行動態のモニターリング
- ⑧一般的な注意事項である。

### 施設基準

「MRI 対応埋込み型デバイス患者の MRI 検査の施設基準」の基準管理は施設基準（循環器科/放射線科を標榜、1.5T 円筒ボア MRI 装置、オンラインによる研修の受講、その他、様々な条件を満たすことが必要となる。

現在、日本メドトロニックの MRI 撮像可能施設は 450 施設となったが、問題事象は起こっていない。（2013 年 7 月現在）

## 「マルチショット EPI DWI『RESOLVE』 ～歪みのない画像を目指して～」

シーメンス・ジャパン株式会社

イメージング&セラピー事業本部

MR ビジネスマネジメント部 境 龍二

RESOLVE とは、REadout Segmentation

Of Long Echo-trains のことである。

今まで使用してきた single shot EPI は、局所的な位相分散が誤った位相エンコードとなり画像に歪みを生じる。

画像歪みの程度を

$$BW' = 1/T'$$

$BW'$  : 位相方向のバンド幅

$T'$  : EPI の全読み取り時間

で表す。

つまり、局所的な共鳴周波数のずれの評価で表す。

この歪み軽減のためパラレルイメージングを使用すると  $T'$  が PAT で 1/2 になると  $BW'$  は倍になる。局所的な共鳴周波数のずれは sequence で変わらないので、歪は 1/2 となる。

別の方法で、readout 方向のマルチショット化で  $T'$  を短縮する方法が RESOLVE である。RESOLVE の特徴として

- 各 readout segment で少しオーバーラップしている。

- GRAPPA および二次元位相補正の導入が容易である。一方で、位相エンコードセグメントでは、GRAPPA の導入や、個々のデータを用いた二次元位相補正が困難である。

- Navigator phase correction

Motion 由来の phase error の補正は k-space Data の shift となる。各 Segment の Edge で Error となるため、必要な Data+ $\alpha$  のデータが必要である。このデータ収集は時間延長となる。

- Readout segment は動きによるアーチファクトや脂肪の化学シフトアーチファクトの消え残りがおきにくい。

以上があげられる。

## 「RESOLVE の臨床例」

山口大学医学部附属病院 放射線部

山根 正聡

現在、DWI は頭部領域のみならず、全身への応用が一般的になってきている。急性期脳梗塞、腫瘍の質的診断、組織分化どの推定、多発性骨転移(DWIBS 法)などの診断に用いられている。

しかし、DWI の問題点として、副鼻腔や消化管、横隔膜付近の空気に接する部分で画像に歪みが生じ画質劣化につながる磁化率アーチファクト、呼吸運動などの影響で画質劣化につながるモーションアーチファクトがある。また、高い空間分解能の画像を得ることが困難なため、小病変の検出や評価、広がり診断が困難となる場合がある。

今回、新しく撮像できるようになった RESOLVE により、従来の single shot EPI DWI と比べ、readout 方向のマルチショット化により、歪が低減され、空間分解能や SN の良好な画像を得ることが出来るようになった。

実際の臨床例で比べると、副鼻腔、耳下腺などの頭頸部の腫瘍、乳腺、腕神経叢などの腫瘍の描出に RESOLVE が従来の single shot EPI DWI より有用なことが示唆された。

今後の RESOLVE の課題としては、脂肪抑制方法、b 値の設定、segment 数、reacquisition mode 等、撮像部位ごとの適切な撮像条件の確立が挙げられる。

今後は、RESOLVE の特徴を生かした使用方法を検討していきたい。

## 「知っているつもりのレベルを上げよう!MRIの基礎編」

国立スポーツ科学センター  
メディカルセンター 前任研究員

俵 紀行

MRに関わる技師として、これだけ知っていれば「この人MRの事解っているな」と思われるであろう基礎的なことかつ、重要な項目についての講演であった。

### 1.MRIの対象となる原子核について

生体を構成している主な成分は水( $^1\text{H}$ )であるが、高分子を形成する $^1\text{H}$ は $T_2$ 値が短すぎて信号が計測できず画像にならない。そのため、放射線医学で多用されているMRIでとらえられるのは、水と中性脂肪を形成する $^1\text{H}$ のみである。

### 2.MRIの信号源

核磁化の歳差運動が引き起こす電磁誘導である。磁場( $B_0$ )にさらされた多数の $\mu$  ( $^1\text{H}$ 原子核の磁気モーメント)は、Z軸方向を向く巨視的磁化( $M$ )を形成する。さらに、共鳴周波数( $2\pi\nu_0 = \omega_0 = \gamma B_0$ )をもつ電磁波 $B_1$ を照射すると、 $\mu$ の位相がそろい、 $M$ は横磁化成分( $M_{xy}$ )を持つようになる。共鳴電磁波の印加時間を $t$ とすると、 $M$ とZ軸の角度は、 $\theta = \gamma B_1 t$ となる。

巨視的磁化の運動は Bloch の計算式によって表される。

### 3.物質の $T_1$ 値と $T_2$ 値の関係

$T_1$ 値 $>$  $T_2$ 値である。

$T_2$ 値(横緩和)はスピンの位相分散により決まる値であり、消失は速い。 $T_1$ 値(縦緩和)はエネルギー準位の変動による定常状態への移動をとらえているため、回復には時間がかか

る。  
また、 $T_1$ 値は温度依存性がある。

### 4. k - space のデータ

MRIの元となるデータは、時間関数により得られたFID信号をフーリエ変換により空間情報を含んだ周波数分解を行うことで得られる複素数で表される2種類のデータであり、Real part と Imaginary part がある。

Real image は  $M = \sqrt{M_r^2 + M_i^2}$

Imaginary image は  $\theta = \tan^{-1}(M_i/M_r)$

で画像化される。

MRIで絶対値画像(Magnitude Image)を作成する理由として、

- 1) SNR(信号対雑音比)の向上
- 2) 均一性の向上

がある。

### 5.MRIにおける確率密度関数

MRIの中のMR信号分布は、SNRが3.17以上であれば、正規分布に従い、SNRが3.17を下回ればRice分布に従う。また、MR信号を含まないMRIの雑音はRayleigh分布となる。つまり、他のモダリティのCT画像などが、正規分布であるのに対し、MRIにおけるMR信号および雑音は正規分布ではない。

以上、知っていればレベルが上がる5項目の内容であった。

MRを始めたばかりの技師には勿論、MRに長年携わってきた技師にも今一度確認しておくべき基礎的であるけれどおさえておきたい重要な5項目であった。

最後に今後MRの勉強を始めるにあたり、興味ある論文を読むことから始めると良いとのアドバイスを頂いた。