

MRI検査における安全管理

—事故事例の検討—

引地 健生

東北労災病院中央放射線部

(平成16年3月31日受付)

要旨： MRI検査を担当するにあたって最初に学ばなければならないことは、スキャンシーケンスでもなければ装置のオペレーションでもない。MRI検査の安全な運用である。本稿では①特殊な検査環境とその影響，②米国での酸素ボンベ吸着事故，③MRI検査用造影剤による副作用の3点にテーマを絞り，学会雑誌等に報告された事故の事例と東北労災病院での事例を紹介して発生原因と防止策について考える。

「特殊な検査環境とその影響」では，主マグネットによる高磁場環境・傾斜磁場による高速変動磁場環境・RFパルスという高周波電波の曝露について概説し，これまで学会誌で報告されたいくつかの重大な事故について紹介する。眼球内異物（金属片）による失明事故，脳動脈瘤クリップが外れた死亡事故，パルスオキシメータ装着による火傷事故などである。あわせて，当院での「歯科金冠」と「置き針」による熱傷を未然に回避した事例も報告する。

上述の高磁場環境に関連して，6歳の男児が死亡してしまった「酸素ボンベ吸着事故」については公表されている内容から事故の概要を紹介するとともに，MRI検査に関わる全ての医療従事者と共に再発防止のための対策を考えたい。また，当院で発生したストレッチャー吸着事故に関しても報告する。

最後に「MRI検査用造影剤」の副作用について述べ，報告されている気管支喘息患者の死亡例を紹介し，造影剤投与における安全確保・緊急時即応体制の必要性について考える。

医療の現場に限らず，「リスクマネジメント」においては事故の経験を共有することが事故の予防・再発防止に重要な意義を持つと考える。事故の事例報告から，特殊な環境下での事故の発生要因を理解することができるからである。

MRI検査を担当する者の日々の取り組みにより，患者の安全・医療スタッフの安全・装置の安全を確保し，事故のないMRI検査を実現したい。

(日職災医誌，52：257—264，2004)

—キーワード—

MRI，リスクマネジメント

はじめに

MRI検査を担当するにあたって最初に学ばなければならないことは，スキャンシーケンスでもなければ装置のオペレーションでもない。MRI検査の安全な運用である。横浜市立大学医学部附属病院での「患者取り違え事故」以降，医療の分野でも「リスクマネジメント」については頻繁に論議されるようになった。本稿では，①特殊な検査環境とその影響，②米国での酸素ボンベ吸着

事故，③MRI検査用造影剤による副作用の3点にテーマを絞り，学会雑誌等に報告された事故の事例^{1)~8)}と東北労災病院での事例を紹介して発生原因と防止策について考える。

「特殊な検査環境とその影響」では，主マグネットによる高磁場環境・傾斜磁場による高速変動磁場環境・RFパルスという高周波電波の曝露について概説し，これまで学会誌に報告されたいくつかの重大な事故について紹介する。それらは眼球内異物（金属片）による失明事故¹⁾²⁾，脳動脈瘤クリップが外れた死亡事故¹⁾³⁾，パルスオキシメータ装着による火傷事故¹⁾⁴⁾などである。あわせて，当院での「歯科金冠」と「置き針」による熱傷

表1 MR装置の特殊環境

| | MR装置 | | 比較対象 |
|--------|-------|--|---|
| 高磁場 | 主磁場 | 0.15～1.5Tesla (*1) (1Tesla = 10,000gauss) | 地球磁場：0.3～0.7gauss マグネットクレーン：～数 Tesla |
| 高速変動磁場 | 傾斜磁場 | ≈100mT/m/msec, 数 10mT/msec | |
| 高周波電波 | RFパルス | 周波数 ≈63.86MHz 最大出力 ≈20kW | FM 仙台 (*2) 周波数 77.1MHz 最大出力 5kW |

(*1) 厚生労働省認可のMR装置の静磁場強度

(*2) 仙台のローカルFM局

表2 高磁場の物理的効果

| 磁性体に及ぼす機械的な力 | | 電磁気学的な影響 | |
|---|--------------------|---|---|
| 吸引(牽引)力 | 回転力(トルク) | 磁気データに対して | 電子機器に対して |
| 磁場勾配のある空間でのみ効果を発揮。ガントリー開口部で最大となり、ガントリー内では作用しない。 | 磁性体の長軸を静磁場方向へ向ける力。 | データ消失の可能性。 キャッシュカード、テレホンカード等のプリペイドカード、フロッピーディスク。 | 誤動作の可能性。 心臓ペースメーカー、人工内耳、埋込型除細動器、神経刺激装置、骨成長刺激装置等。補聴器(見落としがちなので注意が必要)。 |

を未然に回避した事例も報告する。

上述の高磁場環境に関連して、「米国での酸素ボンベ吸着事故」⁵⁾⁶⁾については公表されている内容から事故の概要を紹介するとともに再発防止のための対策を考察する。また、当院で発生したストレッチャー吸着事故に関しても報告する。

最後に「MRI検査用造影剤」の副作用について述べ、報告されている気管支喘息患者の死亡例⁷⁾と最近の死亡例⁸⁾を紹介して、造影剤投与における安全確保・緊急時即応体制の必要性について考える。

1. 特殊な検査環境とその影響

主マグネットによる高磁場、傾斜磁場による高速変動磁場、RFパルスによる高周波電波の3つがMR装置のもたらす特殊な環境である。表1に、それぞれの特殊性について簡単にまとめておく。磁場はマグネットクレーンの磁力に相当し、高周波電波は地方のFM局の出力に匹敵する。

次に、高磁場、高速変動磁場、高周波電波による影響について整理し、あわせて具体的な事故の報告例を紹介する。

1-1 高磁場

高磁場の影響は、生物学的効果と物理的効果に分けることができる。

1) 生物学的効果

現在の主力装置である1.5Tまでの磁場強度では人体に対する明らかな影響は認められない⁹⁾。ただし、動物による長時間高磁場暴露の研究から、ウニ胚の卵割促進、ヒヨコやカエルの胚奇形、培養ヒトリンパ球の染色体異

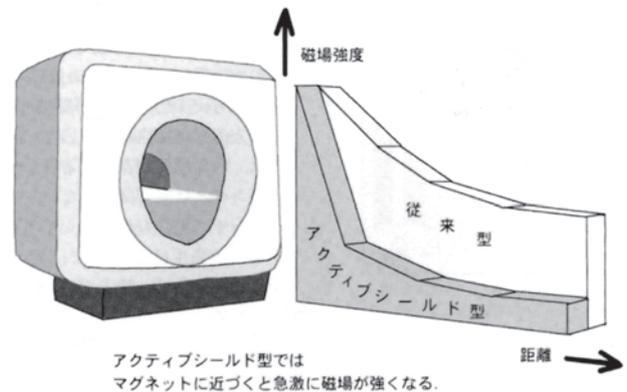


図1 シールド方式と磁場強度の空間分布
(高原太郎 <http://www.innervision.co.jp> より)

常、ラットの出生体重低下等の発現が知られている。よって、妊娠初期の胎芽への影響は懸念されている^{9)~11)}。

したがって、妊婦にMRI検査を施行するためには、①医学的根拠の基に電離放射線に代ってMRI検査が必要とされる、②安全性の未確立について十分に説明し同意を得る、の2条件を満たすことが望ましいと考えられている¹⁰⁾¹¹⁾。

2) 物理的効果

物理的な効果は、磁性体に及ぼす機械的な力と電磁気学的な影響に分類できる(表2)。機械的な力は吸引力と回転力からなり、体内磁性体の大きさ・形状により受ける力は異なる。電磁気学的な影響としては、人体に直接影響の無い磁気データの消失と、人体の生命・機能に直接的かつ重大な影響を及ぼす体内埋込み型電子機器等に対する影響を考慮する必要がある。

図1は、MR装置本体からの距離にしたがって磁場強度が低下していく様子を表している⁵⁾。アクティブシールド型等の自己遮蔽型装置は、従来型（開放磁場方式＝ルームシールド方式）に比べて安全であるかのように考えられているが、開口部付近で磁場強度が急峻に立ち上がることに注意しなければならない。

心臓ペースメーカーに関しては、現在もなお、絶対禁忌であると考えられている。これまで知られているだけで24名のペースメーカー装着患者がMRI検査を受け、そのうち5名が死亡したと報告されている¹²⁾。

高磁場環境下でペースメーカーが受ける影響をまとめておくと、①牽引、②一時的誤動作（非同期モードへの移行＝ペーシング開始）、③永久的機能停止等が知られている。また、後述する高速変動磁場あるいは高周波電波により生じる誘導電流の影響で、④頻脈性不整脈、⑤本体もしくはリード線近傍組織の熱傷等を生じる危険がある¹²⁾。

事故の報告例1. 眼球内金属片による失明^{1) 2)}

症例は63歳男性。転移性脳腫瘍疑いにより0.35T装置で脳MRIを施行したが、検査終了後、患者テーブルを引き出す途中で左眼に引っ張られる感覚をおぼえるとともに閃光を感じ、急激に視力が低下した。その後の検査により硝子体出血・網膜裂創を認めた。

患者は板金あるいは旋盤作業の職業歴があり、たびたび金属屑が顔に当たっていたが放置していたとのことであった。

これは、眼球内金属片（2.0×3.5mm）の吸引が障害を引き起こしたものであり、MRI検査による最初の重大な傷害報告である。

体内磁性体の有無について聴取する際に金属加工等の職業歴についても確認する必要性が重要な教訓となる。特に高齢者については従軍による被弾の経験の有無も確認すべきであろう。

事故の報告例2. 脳動脈瘤クリップ脱落によるクモ膜下出血^{1) 3)}

症例は74歳女性。以前に他院で脳動脈瘤クリッピングを施行している。

主治医よりルーチンのMRI検査の指示があり、放射線科医が脳外科執刀医に材質を確認したところ、MRI検査対応型（Yasargil type）であるとの回答を得た。しかし、1.5T装置の開口部から4feetの地点で突然の頭痛を生じ、容体は急速に悪化した。CTにて著明なクモ膜下出血を認め、患者は翌日死亡した。

その後の調査でそのクリップはYasargil型ではなかったことが判明した。これは脳動脈瘤クリップの脱落による最初の死亡報告である。

材質が確認され、安全性が完全に保証されない限りMRI検査を施行すべきでないことが重要な教訓として得られる。

ここで、Elsterによる『脳動脈瘤クリップに対するガイドライン』を紹介する。Elsterは以下の3つの内、少なくとも1つが満たされないかぎり脳動脈瘤クリップ患者にMRI検査を施行すべきではないと警告している¹⁰⁾。

①患者が『以前、安全にMRI検査を受けたことがある。』と言っていることを何らかの方法で確認できる、または患者がそう言っていることを信頼することができる。

②依頼医師がクリップの商品名または型名を明記している。

③カルテや手術記録によりクリップの商品名または型名を直接確認できる。

このガイドラインは単に脳動脈瘤クリップのみならず、体内に留置される医療用デバイスの全てに拡張して適用することができると考えられる。そこで、デバイスの商品名・型名が確認できたとしてそのデバイスのMRI検査への適合性をどのように保障すればいいのかが問題となる。

それについてはShellockによる2つの報告を参考にすることができる。Shellockは1991年と1993年に、それまでの数多くの資料から膨大な数の体内金属・医療器具について高磁場環境下での易動性（movement）・たわみ（deflection）に関する効果をまとめている^{13)~15)}。

ただし、Shellockが報告した内容はあくまで高磁場環境下での影響のみであり、高速変動磁場や高周波電波により発生する誘導電流の影響については考慮されていないことを忘れてはならない。

1-2 高速変動磁場

傾斜磁場を高速にswitchingすることにより誘導電圧・電流が発生し、軽微な発熱作用ならびに神経刺激という生体に対する直接作用が問題となる⁹⁾¹¹⁾。

1) 発熱作用

次節で述べるRFパルスと同様な機序で生体に発熱を生じる。しかし、デューティーサイクル（1スキャン中の磁場変動の全回数）や磁場強度の単位時間あたりの変動率等の違いから、RFパルスと比較してその効果はごく軽微なものである。

2) 直接作用

磁束密度Bの単位時間当たりの変動率dB/dtの大きさにしたが、影響は重篤となる。まず最初の段階として、神経細胞や筋細胞への刺激により、不随意に骨格筋がピクピクしたり、体表面がヒリヒリすることがある。次の段階は網膜または視神経刺激による磁気閃光を生じ、目の中がチカチカ・ピカピカするようになる。さらにdB/dtが増大すると心室細動を誘発することとなり、担当技師はハラハラ・ドキドキすることになる。

通常のMRI検査において神経刺激を経験することはないが、EPI（超高速撮像法）においては注意が必要である。「ピクピク・ヒリヒリ」の発生をハザードレベル

とし、それ以上の作用の発現を防止することが重要である。

1-3 高周波電波

X線やγ線と同じ電磁波ではあるが、長波長のため電離作用（X線被曝）はない。高周波領域の電磁波としての影響を考慮する必要がある^{9) 11)}。

1) 発熱作用

単位質量あたりのある組織の平均熱吸収比（SARave）は、周波数とRF磁場強度のそれぞれ2乗に比例する。健常成人は体温調節機構（恒常性維持機能）のために、ある程度の熱吸収があっても体温の上昇はほとんどないが、幼児・高齢者と精巣・水晶体の組織には注意が必要である。すなわち、幼児は体温調節機能が未熟であり、高齢者はすでにその機能が低下している場合がある。また、精巣と水晶体に対しては、温度上昇により不妊や白内障などの慢性的な影響を否定できない⁹⁾。

2) 直接作用

磁場の強度としては微弱なために、筋や神経への刺激は軽微である。

3) 誘導電流の影響（高速変動磁場による影響も含む）

表面コイルのケーブルや心電図用リード線への誘導電流により高熱を発生し、火傷の危険がある。また、義歯・金冠・置き針等の体内金属も発熱の危険性を否定できない。

事故の報告例3. 誘導電流の発生による熱傷¹⁴⁾

症例は59歳女性。全身麻酔下で胸椎MRIを施行した。モニタリングのために手指にパルスオキシメータを装着していたために、検査終了後手指にIII度の熱傷を認めた。パルスオキシメータプローブのケーブルが誤ってループを形成し傾斜磁場あるいはRFパルスにより過大な電流を生じたものと考えられた。

図2はGE社製SIGNAの取扱説明書にあるサーフェスコイル等のケーブル取り廻しに関する注意書きの図である。ケーブル自体のループあるいはケーブルと人体の間でのループ形成のないように注意を喚起している。

事故の報告例4. 東北労災病院での発熱事故 2例

「金冠」と「置き針」の発熱、誘導電流の影響

症例は83歳女性。脳MRIを施行する。

位置決め画像をスキャン後に、「口の中がモンモンとする。」との訴えあり。

担当者は左下臼歯の「金冠」が発熱していることを直接接触知にて確認し、直ちに検査を中止する。検査を続ければ重度の熱傷の危険があった。この症例は当院でMR装置を導入して間もない1990年に経験した。

つづいての症例は59歳男性。膝関節MRIを施行する。

検査半ばで、「膝が熱い感じがする。」との訴えあり。あらためて問診をすると、膝に針治療用「置き針」が留置されていることが判明した。これも検査を続ければ熱傷の危険があった。この患者は以前に腰部MRI検査の

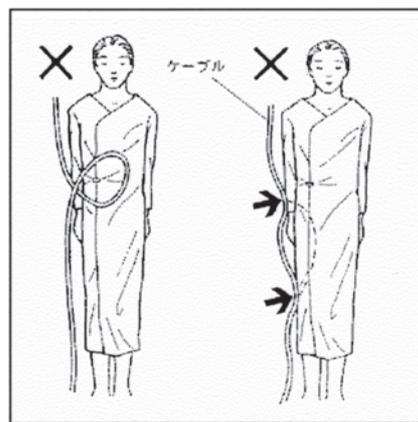


図2 ケーブルによるループ形成
(GE社製SIGNA取扱説明書より)

施行歴があり、その時は異常を感じなかった。1993年に経験した症例である。

どちらも、傾斜磁場もしくはRFパルスによる誘導電流の影響と考えられる。以上のことから得られる教訓として「異常を感じたら絶対に我慢しないで、教えてください。」の一言を検査開始前に伝えておくことにより、傷害の程度を最小限にとどめることが可能であることが挙げられる。

2. 米国での酸素ボンベ吸着事故

事故の報告例5. 酸素ボンベ吸着による死亡事故^{5) 6)}

症例は6歳男児。この男児に対して術前検査として頭部MRIを施行しようとし、誤って酸素ボンベをMR室内に持ち込んだ。鎮静下の男児頭部を酸素ボンベが直撃し、男児は2日後に脳挫傷・頭蓋骨骨折により死亡した。

この症例は、2001年7月に米国ニューヨーク州Westchester Medical Centerで発生した。装置はGE社製SIGNA 1.5Tである。高原によれば自己シールド方式かルームシールド（開放磁場）方式かのマグネットタイプに関してはこれまで明らかではなかったが、今回筆者がGE/横河メディカルシステムに問い合わせたところ「GE Magnet S3-typeであった。」との回答を得ることができた。

ただし、「開放磁場方式であったから」あるいは「GE社製であったから」ということでこの事故が起きたのではないことに留意しなければならない。

詳細については、高原による報告^{5) 6)}を参照されたい。

事故の状況について、高原が描いた想像図の1枚を図3に示す。

麻酔科医（A）の酸素の要請により、担当していた技師（B, C）が2名とも酸素配管のあるコンピュータールームに向かった。その間に看護師（D）が廊下に置いてあった酸素ボンベを持ってスキャンルームに入り、麻酔科医にボンベを手渡した。ボンベはマグネット開口部に

向かって急激に牽引され、男児の頭部を強打した。

この事故の原因は一般には次のように分析されている。

- ① スキャンルームに酸素配管が配備されていない。
- ② MR検査室近くに酸素ポンペを配置している。
- ③ 医師、看護師等の医療スタッフに対する教育が不足している。

しかし、筆者はMR検査を担当する技師の立場から次の点を強調したい。

『MR検査室全体を監視すべき技師が1人もいなくなった』ということである。

すなわち、BまたはCのどちらか1人が操作卓あるいはスキャンルーム内にいて、医師や看護師の行動を監視できていれば事故を未然に防ぐことができたと考えられるのである。

高原が実施したその後のアンケート調査で、日本国内でも回答105施設の内、9施設で延べ11回の酸素ポンペ吸着事故のあったことが判明している⁵⁾。また、GE横

河メディカルシステムによれば、2001年1月から7月までの期間で13件の吸着事故の報告があったという。その内の8件が酸素ポンペの吸着であり、「ストレッチャーに酸素ポンペをのせたまま撮影室内に持ち込んでしまった。」という事例が多いとされている。

日本放射線科専門医会ホームページ 2002年春のニュースには熊本県内のある病院で発生した事例が紹介されている⁸⁾。

MRI用ストレッチャーに格納されていた酸素ポンペが、GE横河メディカルシステムが作成したポスター(図4)に描かれたように、まるでミサイルと化してしまったというのである。

事故の報告例6. 東北労災病院でのストレッチャー吸着事故

症例は脊髄症で歩行不能の55歳女性。看護師により患者移送用ストレッチャーがスキャンルームに運び入れられ、MR装置本体に吸引された。

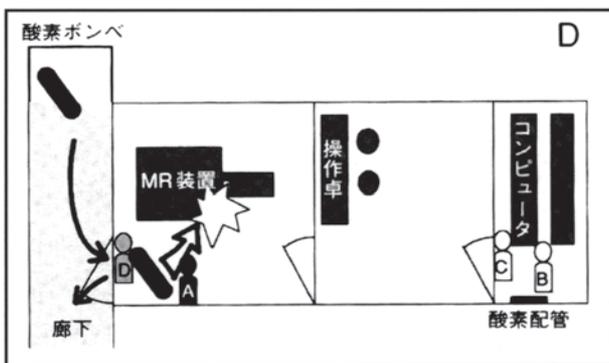


図3 酸素ポンペ吸着事故配置図
(高原太郎 <http://www.innervision.co.jp> より)

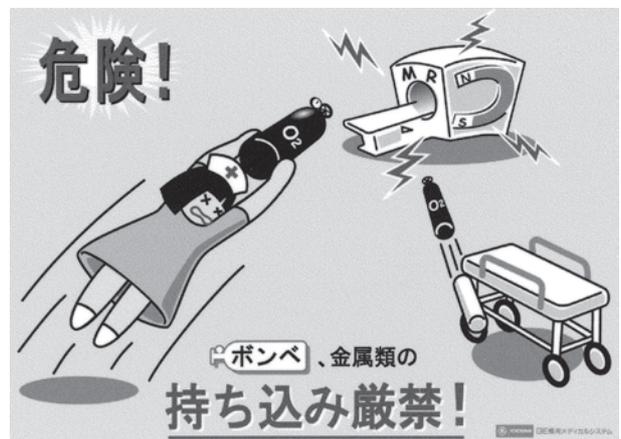


図4 酸素ポンペに対する注意喚起ポスター
(GE横河メディカルシステム作製)

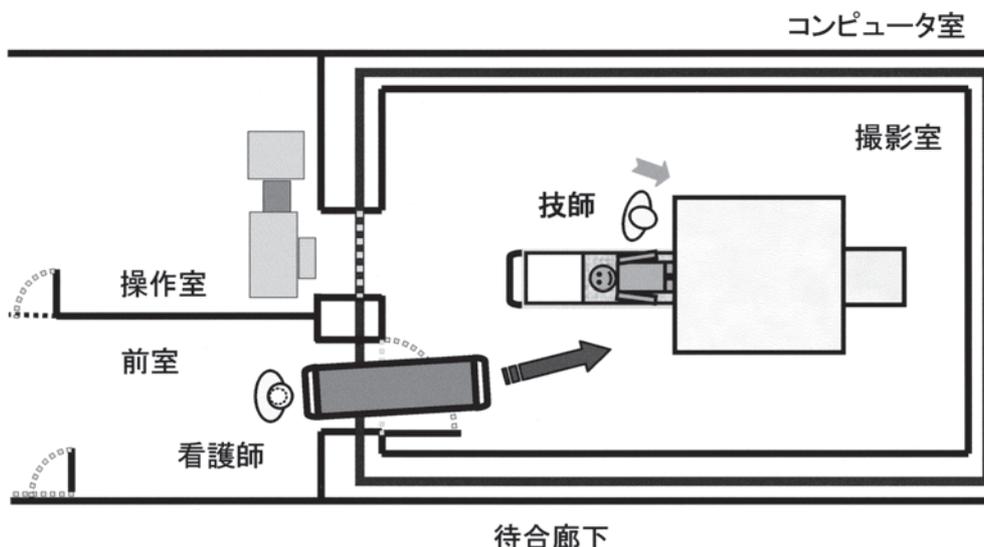


図5 ストレッチャー吸引事故 配置図

表3 Gd造影剤 添付文書より

| |
|--------------------------|
| Gd-DTPA 使用上の注意 【原則禁忌】 |
| 1) 一般状態の極度に悪い患者 |
| 2) 気管支喘息の患者 |
| 3) 重篤な肝障害のある患者 |
| 4) 重篤な腎障害のある患者 |

スキャン終了後に担当技師は、患者を前室にて病棟のストレッチャーに移動すべく、着脱方式の患者テーブルへと患者を引き出していた。その間、スキャンルームの扉は開放状態にあり、担当技師は操作パネル側を向いていた(図5)。

その時、看護師がスキャンルーム内にストレッチャーを運び入れた。ストレッチャーの車輪の音に気付いた担当技師が振り返った時には、すでにストレッチャー本体の3分の2はスキャンルーム内に入っていた。そのままストレッチャーは患者テーブルと平行に走り出しマグネット開口部側を20cm程持ち上げた状態で吸着されてしまった。幸いなことに、誰も怪我をすることはなく、MR装置の損傷もごく軽微なものであった。ストレッチャーは、超伝導マグネットの消磁をすることなく、4～5人の男性で引き離すことができた。

MRI検査室には、患者および家族・医師・看護師・その他の医療スタッフ・清掃業者等が入り出す可能性がある。しかし、彼らのほとんどはMR装置の高磁場環境についての知識を全く持ち合わせていないとって間違いない。そこで、米国における酸素ボンベ吸着事故や東北労災病院でのストレッチャー吸着事故から、「担当者は常に全体を監視し、入室者から目を離してはならない、スキャンルームの扉を開放状態にしてはならない」との教訓を得ることができる。

当院の看護師が、ある時筆者に『スキャンしていない時も入ってはいけないのか』と質問した。

彼女はMR装置本体が強力な磁石であることは既に知っており、CT検査から類推してそのように質問したと思われる。

これは高磁場環境での吸着事故防止に関わる本質的内容を含んでいると筆者には感じられた。磁場はスキャン中にのみ発生していると誤解されているようなのである。

現在、臨床MR装置のほとんどが超伝導磁石もしくは永久磁石を使用しており、いずれの装置であっても24時間365日、高磁場を発生しているという事実を、少なくとも医療従事者には広く教育する必要があることを痛感する。

表4 造影剤注入後経過時間と中等度以上の症状

| | |
|--------|----------------------------|
| 注入直後 | 刺入部の激しい「ヒリヒリする熱感」、せき・嘔気・腹痛 |
| 数分後 | 悪心・熱感と共に一時的な血圧低下 |
| 10数時間後 | 全身の発疹と紅斑 |

3. MRI検査用造影剤

MRI検査用造影剤であるGd-DTPA(商品名:マグネビスト, 日本シエーリング社)の「使用上の注意」を表3に示す。この原則禁忌とされている患者の中でも「気管支喘息の患者」に対しては特別の注意を払う必要がある。

吉川ら¹⁶⁾によればGd-DTPAの総副作用発現頻度は、ヨーロッパおよび日本における開発治験段階で1.0%以下、ヨーロッパ・アメリカ・日本における承認後臨床試験で1～2%とされている。また、非イオン性ヨード造影剤との比較では、総副作用発現頻度で1/2～1/3、アレルギー様反応では1/8以下と報告されている。非イオン性ヨード造影剤に比して安全性は高いと考えられている。ところがKatayamaら¹⁷⁾によれば、喘息・アレルギー歴を有する場合のGd-DTPA静注による重篤な副作用を引き起こす危険性はアレルギー歴のない患者に対して約10倍高くなるという。

東北労災病院においては、平成10年11月から平成14年8月までの約5,000例のGd製剤静注症例中、19症例の副作用発現に関する報告記録が存在する。副作用発現率は約0.4%であった。19症例の内訳は、かゆみ・発疹、顔面紅潮、嘔気、動悸、くしゃみ、血管痛、気が遠くなるような感覚等々の軽微な症状が12症例と、中等度以上の症状を呈した7症例である。中等度以上の症状を造影剤静注後の時間の経過とともに表4に示す。

また、Gd-DTPA静注との因果関係は明らかではないが、MRI検査から2日後の夜に呼吸困難をきたして救急車で搬送されたという症例も経験している。この患者によれば、検査施行当日の夜より、発熱・鼻水・咽喉部の痛み等のかぜ様の症状を呈していたという。しかし、日本シエーリングの副作用に関するデータベースの中にも48時間以降の副作用発現のケースはなかったと報告されている。

事故の報告例7. 喘息既往患者の死亡例⁷⁾

症例は53歳男性。気管支喘息、ボルタレンによる喘息重積発作の既往があった。頸胸部原発の感染症の疑いでMRI検査を施行するために、マグネビスト10ml静注後数十秒で悪心が出現し、苦悶のうちに5分後には呼吸が停止した。患者は3日後に死亡した。

日本シエーリング株式会社が平成9年6月にだした『緊急安全性情報』によれば、平成元年から平成9年までの8年9カ月の間に重篤な症状を呈した75例中10例

が、そして死亡例3例のうち2例が気管支喘息患者であったと報告されている。

事故の報告例8. 最近のGd造影剤による死亡例⁸⁾

症例の年齢・性別等は不詳である。この症例は熊本大学医学部附属病院において発生した死亡事故である。

MRI検査施行時にGd造影剤による副作用が発現した。症状発生後直ちに救急蘇生チームによる救命のための蘇生処置を施行するも患者は死亡した。

日本放射線科専門医会のホームページでこの症例を報告した医師は「『造影剤による死亡例は極めてまれであるが、起こり得るということを全員が認識しておかなければならない。』ということを変えて感じた次第である。」と述べている。そしてこの副作用を契機として、造影検査に際しては、すべての患者に対して主治医が同意書によりその副作用について説明し同意を得ることに決定したという。

造影検査の実施にあたっては、安全管理のなかでも「緊急時の即応体制」が重要であると考えられる。すなわち、救急救命のためのスタッフ、器材、薬剤が確保されていなければならない。器材・薬剤はいかなる施設においても常備可能であろうが、重篤な副作用発生に即座に対応するためには、スタッフの確保が最も重要な課題となる。そして、通常の「勤務時間内」と「時間外」を区別したシステム作りが必要となる。すなわち、通常の勤務時間内であれば、検査の指示医（主治医）もしくは放射線科医の立会いの下に、あるいは少なくとも彼らの所在を確認したうえで造影検査を施行することが可能であり、必要に応じて麻酔科医師・循環器科医師等の応援を求められることもできる。しかし、時間外にあっては、医師は指示を出した当直医師本人のみということもあるであろう。このような場合は、担当技師は指示医と共に、造影検査の必要性、重篤な副作用発現の可能性について再度検討し、かつ重篤な副作用が発現してしまった場合に現存のスタッフのみで救急救命処置等の対応が可能かどうかの判断をしなければならないと筆者は考える。いずれにしても、リスクマネジメントの考え方に沿った院内でのシステム作りが重要である。

また、同意書の必要性については、決して裁判における免責を目的としたものではないことを肝に銘じたい¹⁸⁾。すなわち、患者または家族から同意を得る過程で、造影検査の説明と共に十分な問診を行うことを通じて重篤な副作用の発現を予見することも可能となるであろう。その意味で同意書は患者の命を護るために必要なものであるという認識を持つべきである。

まとめ

本稿ではMR装置に起因する3つの特殊環境である高磁場・高速変動磁場・高周波電波について概説し、いくつかの典型的な事故事例を紹介した。いずれの事故も、

これらの特殊性に習熟し、常に十分な注意を払って検査を施行することにより事故を未然に防止することが可能となる。

体内磁性体に起因する事故の防止のためには、①検査前の十分な問診と、②材質の確認を徹底したい。

熱傷等の発生に対しては、③異常の感知に際して我慢することなくいつでも大きな声を出して申し出るように事前に伝えておくことを励行したい。

吸引事故予防のためには、④必要時以外は検査室のドアを開放状態にしない、⑤検査担当者は全ての来室者から目を離さないことが重要である。

また、MRI検査用造影剤については、副作用の発生頻度、気管支喘息既往患者のリスク等について述べ、副作用発現を想定したシステム作りの基本的な考え方について述べた。

おわりに

MRI検査について語るとき、Noisy, Narrow, Nervousの3つの“N”を挙げるができる。最後の“Nervous”は、患者さんが大きな装置の狭いボア空間で受ける「圧迫感・恐怖感」と担当技師が「最後まで安全に検査を遂行できるか心配だ」という2つの意味を持っている。

MRI検査を施行するのにnervous過ぎるということはないのである。目を見張り、耳を立て常に警戒を怠ることなく注意深く検査に当たりたい。

医療の現場に限らず、「リスクマネジメント」においては事故の経験を共有することが事故の予防・再発防止に重要な意義を持つと考える。患者の安全・医療スタッフの安全・装置の安全のために事故のない医療を実現したい。

文 献

- 1) 畑 雄一：MRIの安全性—体内埋込み装置あるいは金属について。日磁医誌 19(5): 303—310, 1999.
- 2) Kelly WM, Paglen PG, Person A, et al: Ferromagnetism of intraocular foreign body causes unilateral blindness after MR study. AJNR 7: 243—245, 1986.
- 3) Klucznik RP, Carrier DA, Pyka R, et al: Placement of a ferromagnetic intracerebral aneurysm clip in magnetic field with a fatal outcome. Radiology 187: 855—856, 1993.
- 4) Shellock FG: Severe burn of the finger caused by using a pulse oximeter during MR imaging (letter). AJR 153: 1105, 1989.
- 5) 高原太郎：米国MR室で起こった酸素ボンベ吸着事故について。Innervision 16(11): 76—79, 2001.
- 6) 高原太郎：<http://teleradiology.jp/MRI>
- 7) 日本シーリング：緊急安全性情報 No. 97-3, 1997.
- 8) 日本放射線科専門医会：<http://www.jcr.or.jp>
- 9) 荒木 力：MRI診断演習。東京、医学書院、1996, pp413—415.
- 10) Elster, 荒木 力（訳）：MRI「超」講義。東京、医学

- 書院MYW, 1996, pp214—230.
- 11) 日本放射線技術学会編：放射線医療技術学叢書（18）MR撮像技術．京都，日本放射線技術学会出版委員会，2000, pp238—248.
- 12) Kanal, 妹尾淳史（訳）：MRI検査の安全性に関するQ & A. 日磁医誌 19(7): 482—489, 1999.
- 13) Shellock FG, Swengros-Curtis J : MR imaging and biomedical implants, materials and devices : An Updated Review. Radiology 180 : 541—550, 1991.
- 14) Shellock FG, Morisoli S, Kanal E : MR procedures and biomedical implants, materials and devices : 1993 update. Radiology 189 : 587—599, 1993.
- 15) 飯塚病院 : <http://www.aso-group.co.jp/aih/kouhou/kakuka/housya/metal/metal.html>
- 16) 吉川宏起, 井上優介, 浅井佐江, 他 : MRI造影剤の安全性と実際の使用法. 日磁医誌 19(5): 311—321, 1999.
- 17) Katayama H, Yamaguchi K, Kozuka T, et al : Adverse reaction to ionic and nonionic contrast media : a report from the Japanese committee on the safety of contrast media. Radiology 175 : 621—628, 1990.
- 18) 志賀 元, 森脇龍太郎編：救急医療パーフェクトマニュアル．東京，羊土社，2002, p302.

（原稿受付 平成16. 3. 31）

別刷請求先 〒981-8563 仙台市青葉区台原4-3-21
東北労災病院中央放射線部
引地 健生

Reprint request:

Takeo Hikichi
Department of Radiology, Tohoku Rosai Hospital 4-3-21
Dainohara, Aoba-ku, SENDAI 981-8563, JAPAN

SAFETY IN MRI
—CASE STUDIES FOR THE PREVENTION OF ACCIDENTS—

Takeo HIKICHI

Department of Radiology, Tohoku Rosai Hospital

It is important to first learn how to operate MRI with safety, rather than operating the MR system or operating scan sequences.

This paper presents an approach for preventing accidents in MRI. The following are three themes of accidents; 1) Unusual environmental factors and their effect on the procedure; 2) Oxygen cylinder adsorption, which occurred in the U.S.; 3) Side effects resulting from the contrast medium for MRI.

In Section “Unusual environmental factors and their effect on the procedure”, the author first reviewed the highly magnetic environment caused by the main magnet, the frequently changing magnetic field environment due to gradient coils, and exposure to the RF pulse, which are high-frequency radio waves. A number of significant accidents reported in journals are then discussed. Examining these cases is useful because they involve loss of eyesight due to a foreign substance (a metal fragment) in the eye, death resulting from brain aneurysm, and a burn caused by the lead lines of a pulse oximeter. In addition, the author details cases in which heat damage by a gold dental crown and an acupuncture needle were prevented in Tohoku Rosai Hospital.

In relation to the highly magnetic environment, the author outlines a well-known accident concerning oxygen cylinder adsorption in which a 6-year-old boy died to present measures to prevent recurrence with medical staff. In addition, the author reports a stretcher adsorption accident that occurred in Tohoku Rosai Hospital.

Finally, the side effects of the contrast medium for MRI are discussed and an example of a fatality of a bronchus asthma patient is introduced. The author furthermore discusses safety in contrast medium administration and emergency measures.

In addition to risk management in medical treatment, it is important to share experience of accidents to prevent recurrence.