

技 術

MRI 検査における内視鏡クリップが及ぼす影響と安全性の確保

狩野麻名美* 畠山 遼兵* 宇野 弘幸*
 高見 光咲* 真壁 武司* 小川 肇**
 畑中 一映*** 齊藤 俊之**** 佐藤 誠一*****
 山下 辰志***** 松村 尚哉***** 丹羽 潤*****

Influence of endoscopy clip at MRI and secure safe for MRI examination

Manami KARINO, Ryohei HATAKEYAMA, Hiroyuki UNO
 Arisa TAKAMI, Takeshi MAKABE, Hajime OGAWA
 Kazuteru HATANAKA, Toshiyuki SAITO, Seiichi SATO
 Tatsushi YAMASHITA, Naoya MATSUMURA, Jun NIWA

Key words : MRI — safety — endoscopic clip

はじめに

Magnetic resonance imaging (MRI) は、非侵襲的で再現性のある画像が得られるとして、さまざまな領域の画像診断に寄与している。MRI 検査では、手術などで挿入した体内金属が発熱や吸引現象を引き起こす可能性がある。装置の高磁場化に伴い MRI 検査に対する金属制限が厳しくなり、患者の安全性が不明な体内金属も多数存在する。MRI 検査非対応の内視鏡クリップもそのひとつであるが、内視鏡クリップ挿入患者に対する MRI 検査の院内ルールは明確ではない。

本研究の目的は、MRI 検査において MRI 非対応内視鏡クリップが及ぼす影響を明らかにすることである。今後の内視鏡クリップ挿入患者の MRI 検査における安全性を確保するための院内ルールを設定し、患者や医療スタッフに体内金属申し出の重要性を周知徹底するのが最終目的である。

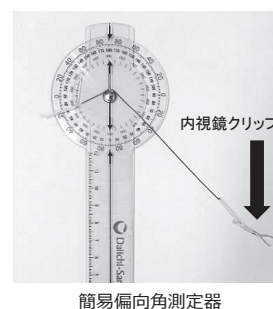
1. 方 法

1-1. MRI 検査における内視鏡クリップの影響

MRI 検査における内視鏡クリップの影響を調査する。1.5Tesla と 3.0Tesla, 2 種類の静磁場強度において以下の点を検討する。これらの検討には、当院で採用されている MRI 非対応の内視鏡クリップを使用している。

a. 吸引：静磁場強度による吸引力の測定

内視鏡クリップを糸で吊るし、静磁場中心をゼロとした 20cm ほどのポイントで各静磁場強度における吸引力による振れ角度を測定した (Fig. 1)。



$$F(\text{mN}) = mg \tan \theta$$

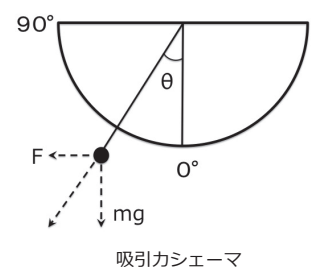


Fig. 1

Fig. 1 Deflection angle measuring instrument, and Schema of suction force

*市立函館病院 中央放射線部

**市立函館病院 放射線科

***市立函館病院 消化器内科

****市立函館病院 看護局 放射線科

*****市立函館病院 安全管理室

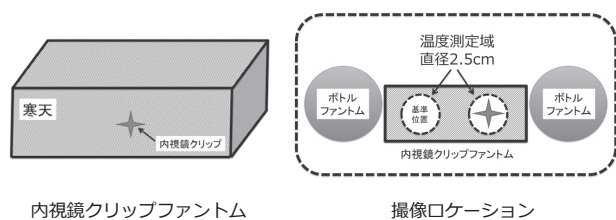


Fig. 2

Fig. 2 Illustration of an endoscopic clip phantom image

b. 発熱：内視鏡クリップ周囲の温度を計測

内視鏡クリップを挿入したファントムを作成しMRIによる撮像を行う (Fig. 2)。撮像前と撮像後のファントム温度を蛍光ファイバー温度計により計測し温度を比較する。

c. 磁化率アーチファクト：内視鏡クリップによる磁化率アーチファクトを計測

発熱の検討で得られた画像を使用し、磁化率アーチファクトがもっとも大きい画像をImageJにて二値化し、無信号部分の面積測定を行う。

1-2. 使用機器及び撮像条件

使用機器は3.0TMRI装置 (MAGNETOM Skyra, SIEMENS, Erlangen, Germany) と1.5TMRI装置 (MAGNETOM Symphony, SIEMENS, Erlangen, Germany), 装置付属の phased array 型 Body array コイルを用いた。検討は、内視鏡クリップが挿入されている際、撮像が最も長時間となる『EOB・プリモビスト肝臓』のルーチン検査の protocols を使用して検討を行った (Table 1)。なお、EOB・プリモビスト肝臓の検査において被検者のMRI室在室時間は、準備や休憩時間も含め45分程度となっている。

1-3. 患者基本システムの改善方法とMRI依頼医の対応調査

当院では、内視鏡クリップ挿入患者に対するMRI施行ルールが統一されていなかった。MRI非対応の内視

鏡クリップがMRI検査に及ぼす影響をまとめ、MRI非対応内視鏡クリップ挿入患者のMRI施行時の院内ルールを統一して周知した。ルール統一前の2015年4月1日から2016年1月11日までとルール統一後の2016年1月12日から2016年3月15日までの内視鏡クリップ挿入患者に対するMRI検査状況について、内視鏡クリップ脱落の確認の有無、内視鏡クリップが未脱落の場合のMRI検査施行の有無について調査した。

2. 結果

2-1. MRI検査における内視鏡クリップの影響

- a. 吸引力は、1.5Teslaでガントリ中心から60cm, 3.0Teslaでガントリ中心から40cmで、ともに偏向角45度以上となった。
- b. 発熱は、1.5Tesla平均0.4℃の上昇, 3.0Tesla平均0.1℃の上昇となった。
- c. 磁化率アーチファクトは、1.5Tesla 30.48cm², 3.0Tesla 22.66cm²であった。

2-2. 患者基本システムの改善方法とMRI依頼医の対応調査

検討2-1.の結果を含む情報に加え、当院における内視鏡クリップ挿入患者に対するルールを『内視鏡クリップの脱落を確認した上で、MRI検査の施行を推奨する』とし、院内に周知した。ルール統一前では、診療放射線技師が過去画像にて内視鏡クリップを発見した件数11件、腹部単純写真にて内視鏡クリップの有無を再度確認した件数3件、腹部単純写真にて内視鏡クリップの有無を確認せずMRI施行したのが5件、キャンセルとなったのが3件であった。ルール統一後では、診療放射線技師が過去画像にて内視鏡クリップを発見した件数6件、腹部単純写真にて内視鏡クリップの有無を再度確認した件数5件、腹部単純写真にて内視鏡クリップの有無を確認せずMRI施行したのが0件、腹部単純写真にて内視鏡クリップの存在を確認しMRIを施行したのが1件であった (Fig. 3, 4)。

3. 考察

MRI検査における体内金属は、さまざまな影響を引き起こす。この影響は、高磁場になるほど患者に不利益を与える可能性がある。今回の検討は、MRI非対応内視鏡クリップがMRI検査時に与える影響について、吸引力・発熱・金属アーチファクトの3つの観点において調査した。

MRI検査における金属吸引力の基準としてASTMがある¹⁾。この基準では $F = mg \cdot \tan \theta$ の式より、吸引力による偏向角が45度を超えると、物質の自重 (mg) よ

Table 1 Scan parameters for the EOB clinical imaging

プロトコル名	1.5Tesla	3.0Tesla
1 scout	9	15
2 T2WI-turboSpin Echo (BLADE)	50	47
3 gradient echo inphase&out of phase	22	44
4 T2-HASTE	22	39
5 gradient echo VIBE-5phase	3'10	2'56
6 body-DWI	6'07	2'56
7 gradient echo VIBE 10min	12	14
8 gradient echo VIBE 20min	12	14
total time	11'24	8'48

(sec)

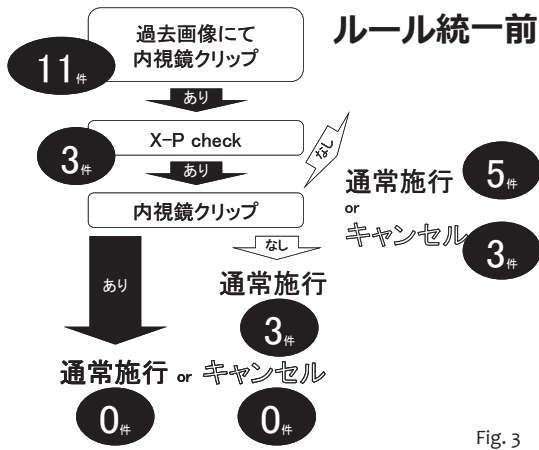


Fig. 3 Before Rule Change

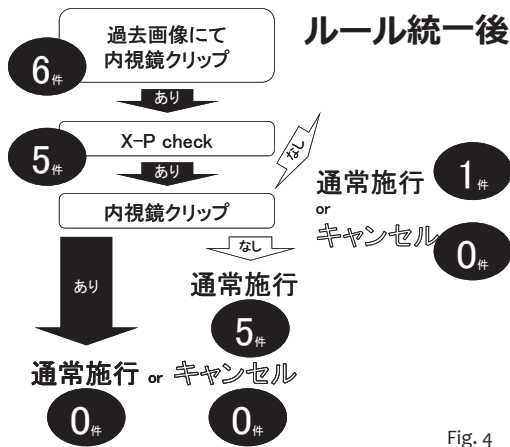


Fig. 4 After Rule Change

りも吸引力 (F) が勝るため MRI 検査不適合物質とされている²⁾。今回の検討において MRI 非対応内視鏡クリップは、1.5Tesla でガントリ中心から40cm, 3.0Tesla でガントリ中心から60cm で偏向角45度以上の吸引力となったため、ASTM の基準では MRI 検査不適合物質となる。しかし、物質の質量が軽い場合、吸引力は非常に小さくなるため、MRI 検査の際被検者に与える影響はほとんどないとしている報告もある³⁾。この報告は、体表面で使用する刺青シールやアイメイクに限定して行った検討であり、体内に残留する内視鏡クリップにおいてはこの限りではない。

MRI 検査では、高磁場が引き起こす誘導加熱や誘電加熱、また強磁性体ではヒステリシス損失も考慮する必要がある⁴⁾。MRI 検査における高周波磁場が引き起こす体温上昇の制限は、比吸収率 (specific absorption rate: SAR) にて管理されており、三段階のモードによって厳しく制限されている⁴⁾。今回の検討においても、この厳しい制限のなか調査を行ったが、1.5Tesla, 3.0Tesla とともに検査前の内視鏡クリップ周辺温度と比較し検査後の内視鏡クリップ周辺温度が上昇する結果となった。

SAR における体温の深部体温上昇限界値は、通常操作モードで0.5℃、第一次水準管理モードで1℃、第二次水準管理モードで1℃以上となっている⁴⁾。1.5Tesla, 3.0Tesla とともに、内視鏡クリップの温度上昇は通常操作モードの深部体温上昇限界値以下となった。しかし、この温度上昇はファントム実験の結果である。MRI 検査における高周波磁場は、患者の体型や水分量などによって大きく左右される。このため、今回の検討以上の温度上昇となることも予想され、やむを得ず内視鏡クリップ挿入患者に対し MRI 検査を行う場合には、患者にそのリスクを十分に説明し、少しでも異常がある場合は我慢せず知らせてもらうなどの細心の注意が必要である^{5,6)}。

MRI 検査における磁化率アーチファクトは、装置の高磁場化により問題となってきている。静磁場が1.5Tesla から3.0Tesla となることにより、磁化率による周波数のずれは線形に増幅するため、2倍の磁化率アーチファクトが生じる計算となる。今回の検討において、内視鏡クリップに由来する最大磁化率アーチファクトは、1.5Tesla 30.48cm², 3.0Tesla 22.66cm²であった。3.0Tesla の磁化率アーチファクト面積が若干小さい理由としては、1.5Tesla よりも最新機種で磁化率補正機能があること、より高度なパラレルイメージングが使用できることなどが考えられる^{7,8)}。しかし、このような機能を駆使しても、磁化率アーチファクトの完全消失は不可能であり、使用するシーケンスによっても出現傾向が異なるため、関心領域近傍に内視鏡クリップが確認される場合は MRI 検査の施行を避けるべきである。

MRI 検査は、磁場とラジオ波 (RF) を利用している。これらは、放射線と同様に危険を視覚で確認するのが難しい⁹⁾。被検者や介助者が検査室に入室する時点から遭遇する危険もあり、重大事故につながる可能性もある⁹⁾。内視鏡クリップ挿入患者に対する院内ルール統一前では、腹部単純写真にて検査直前の内視鏡クリップの有無を確認しない事例が8件あり、各診療科によって対応が異なり適切な対処がされていなかった。院内ルール統一後では、全症例で腹部単純写真による内視鏡クリップの有無の確認を行っており、MRI 施行時の内視鏡クリップ挿入患者に対する対処が統一された。この中で1件のみ腹部単純写真にて内視鏡クリップを確認するも MRI 検査を施行した事例があったが、検査中の観察を強化し施行した⁹⁾。

以上のように、MRI 検査に対する MRI 非対応内視鏡クリップの安全性は確認できなかった。MRI 検査では、静磁場が常時発生しているため、検査室に入室するだけで危険な状態になる場合がある。体内金属に対する対応としては、検査前の確認を十分に行う必要がある。本検

討における内視鏡クリップ挿入患者は、すべての事例でMRI検査直前の過去画像チェックにより診療放射線技師が発見している。検査当日に内視鏡クリップの存在が明らかとなり検査に悪影響を及ぼすと判断された場合などは、MRI検査中止となって患者の不利益となることもあるため、事前調査表による問診を強化しなければならない。そのためには、依頼医と担当看護師の協力が不可欠となる。

将来、MRI装置の高磁場化は明確である。現在のところ、内視鏡クリップ挿入患者のMRI施行による重篤症例は報告されていないが、内視鏡クリップをMRI対応のものに変更するなどの対処も考慮すべきである。

4. ま と め

MRI検査におけるMRI非対応内視鏡クリップは、吸引力・発熱・磁化率アーチファクトにおいて、静磁場強度に関わらず影響を及ぼした。このため、院内のルール改善点として、体内留置物に関する項目を電子カルテ上に設け、MRI検査依頼医が容易に内視鏡クリップの有無を確認できるようにした。さらに、MRI非対応内視鏡クリップを挿入する患者に対しては、MRI検査に対する説明を付加し、患者自らクリップ留置の可能性がある旨を申し出ただけのようなシステム作りが必要である。

文 献

- 1) Standard test method for measurement of radiofrequency induced near passive implants during magnetic resonance imaging. American Society for Testing and Materials (ASTM) Designation. 2006, F2182-02a, 40-43.
- 2) 宮地利明, 今井広, 濱口隆史, 他: MRIの評価と解析. 日本放射線技術学会, 2012, 60-99.
- 3) 森下雄太, 宮地利明, 上田丞政他: MRIマグネットが刺青シールおよびアイメイクに及ぼす力学的作用の検討. 日放技学誌, 2007; 64(5): 587-590.
- 4) 荒木力: MRI完全解説. 秀潤社, 東京, 2010: 624-636.
- 5) 村中博幸: MRI検査を安全に行うために知るべきこと『MRI検査中の体内金属発熱について』. 放射線撮影分科会誌, 2009, 52(3): 46-48
- 6) 出田貴裕, 山崎勝, 工藤禎宏, 他: 1.5Tおよび3.0T-MRI検査における歯科用チタン(Ti)製インプラントのRF発熱に関する検討-人体等価ファントムを用いた温度測定-. 2013, 69(5): 521-528.
- 7) 山本徹: MRIにおける金属材質の課題と期待. まてりあ, 2010, 49(4): 157-160
- 8) 真壁武司, 中村麻名美, 畠山遼兵, 他: 3T-MRIにおけるWARPおよびview-angle tiltingを用いた磁化率アーチファクト低減技術の検証. 日磁医誌. 2015, 36(1): 14-16.
- 9) 川光秀昭, 土橋俊男, 村中博幸, 他: MRI安全性の考え方 第二版. 秀潤社, 東京, 2014: 215-249.