

## MRI 検査で使用されるステンレスの磁性・安全性に関する検討

松村 明<sup>1</sup>, 江橋敏男<sup>2</sup>, 文蔵克己<sup>3</sup>, 菊地陽一<sup>2</sup>,  
和田光功<sup>2</sup>, 小松洋治<sup>1</sup>, 目黒琴生<sup>1</sup>, 中田義隆<sup>1</sup>,  
能勢忠男<sup>4</sup>

<sup>1</sup>筑波メディカルセンター脳神経外科  
<sup>2</sup>筑波メディカルセンター放射線科  
<sup>3</sup>筑波メディカルセンター用度課

<sup>2</sup>筑波メディカルセンター放射線科  
<sup>4</sup>筑波大学脳神経外科

### はじめに

MRI 検査時には種々の医療器具が装着されているのでその磁性には充分注意を払いながら検査室に搬入する必要がある。筆者らは MRI 検査時の管理上の問題について既に検討を行ってきたが<sup>1)</sup>, 今回は MRI 検査時に搬入される可能性のある医療器具について特にステンレス製器具の磁性およびその安全性について検討を行ったので報告する。さらに, 材料が同一であっても, その磁性が一定でないこともあり, その性質について種々のステンレス製材を用いて実験を行ったのでその結果も含めて報告する。

### 材料と方法

当院にて使用されている医療器具のうち, MRI 室に搬入される可能性のあるステンレス製器具についてその材質を調べて, 主なものについて実際に MRI のガントリー内で引かれ具合をみた。

ステンレス素材についてはマルテンサイト系, フェライト系, オーステナイト系の三種類につ

いて MRI 用磁石での引かれ具合をみた。さらに, 医療器具に主に使用されているオーステナイト系 SUS304 と SUS316 および非磁性体ステンレス S-8, D-4 系 (日本金属工業社製品) では加工度により冷間圧延率の違うプレートを用いて, 磁場強度の違う 3 種類の MRI 装置ガントリーで行った。ステンレス板の形状は長方形であり, 板の厚さと大きさは冷間圧延率が増すごとに薄く, 大きくなったが, 質量はすべて 14 g と統一した。測定方法は Teitelbaum らの方法にしたがい, MRI 装置ガントリー入口部円形のほぼ中心に測定物を設定し, 地面に対し垂直方向を 0 度とし, ガントリー内へひかれる角度  $\theta$  を測定した<sup>13)</sup>。使用した MRI 機種は日立常電導型 G-10 (0.15T), 東芝超電導型 MRT-50A (0.5T) および横河メディカル SIGNA (1.5T) であり, G-10 と SIGNA では MRI 装置そのものには磁界シールドは施されていない。

### 結 果

表 1 に当院で使用されている主なステンレス製医療器具とその素材についてあげた。メーカー

キーワード MRI, magnetism, safety, stainless steel

により素材や加工の違うことがあるので主たる傾向を示したが、それぞれの器具については各メーカーに問い合わせる必要がある。マルテン

サイト系、フェライト系のは強磁性であり、MRI 室での使用は危険である。オーステナイト系では SUS304-SUS316 については一般に非磁

表 1. ステンレスの種類とその磁性

区分	鋼種	磁性	主な医療器具(*)
オーステナイト系	SUS 304	弱磁性	注射針, 翼付静注針, 三方活栓, 輸液・輸血セット, 膿盆, トレイなど
	SUS 316	非～弱磁性	キルシュナー鋼線, 髄内釘 (ステンレス製のもの) 手術用ワイヤー類
マルテンサイト系	SUS 410	強磁性	メス・スカルペル類 ペアン・摂子・鉗類 牽引用馬蹄
フェライト系	SUS 430	強磁性	該当器具なし

(\*) 医療器具は当院採用のものについて調べた。

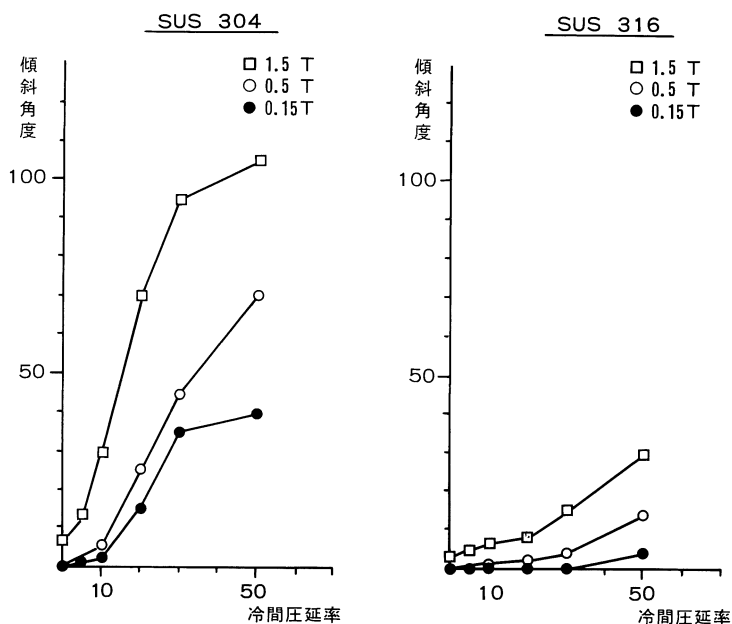


図 1. SUS304 と SUS316 の冷間圧延率の違いによる磁場内での傾斜角度の変化 (地面方向への垂線を 0 度とした)

1990年10月15日受理 1990年11月26日改訂

別冊請求先 〒302-01 茨城県北相馬郡守谷町松前台1-17 総合守谷第一病院脳神経外科 松村明

性とされているがMRIのような高い磁場では図1に示したように素材でも1.5Tの高磁場では引き付けられる。また、冷間加工を加えていくと磁性を帯びる程度が大きくなり、SUS304の方がSUS316に比べてその程度が強かった。参考として医療材料には用いられていないが、非磁性体

として開発されたステンレス素材S-4、D-8<sup>1)</sup>を同様の条件で実験したところ、冷間圧延率を上げていっても、殆ど磁性を帯びず、1.5Tの磁場においてもS-4は全く引かれず、D-8でも冷間圧延率50%わずかに磁性を帯びるのみであった(Table 2)。

SUS304で作られた注射針の引かれ方をみたが、その引かれ具合の程度はメーカーによって若干の差があり、加工過程あるいは素材に違いがあると考えられた(図2)。

**Table2.** Ferromagnetic force (Dynes×10<sup>2</sup>) in various stainless steel

Type of SS	Cold rolling ratio (%)					
Magnetic field strength (T)	0	5	10	20	30	50
<u>SUS 304</u>						
0.15	0	2.4	4.8	36.8	96.1	115.1
0.5	0	NE	12.0	64.0	137.2	377.0
1.5	16.9	31.7	49.9	377.0	NC	NC
<u>SUS316</u>						
0.15	0	0	0	0	0	9.6
0.5	0	0	2.4	4.8	9.6	34.2
1.5	7.2	12.0	14.4	19.3	36.8	79.2
<u>D-8</u>						
1.5	0	NE	4.8	4.8	7.2	9.6
<u>S-4</u>						
1.5	0	0	0	0	0	0

Abb. NE : not examined, NC : not calculated

考 察

MRIは磁場内での検査であり、磁性体の持ち込みには注意を要する。特に高磁場になるほどその危険性は高い。現在までもMRIに使用される磁性体の検討はなされているが<sup>11),13)</sup>、オーステナイト系ステンレスについては非磁性体として扱われている。

日本のステンレス鋼便覧では透磁率が1.5以下を非磁性体としており<sup>6)</sup>、弱電メーカー購入仕様では透磁率1.01以下(1000ガウスの磁場内)を非磁性体としており、SUS304、SUS316等のオーステナイト系ステンレスは一般的に非磁性体として扱われ

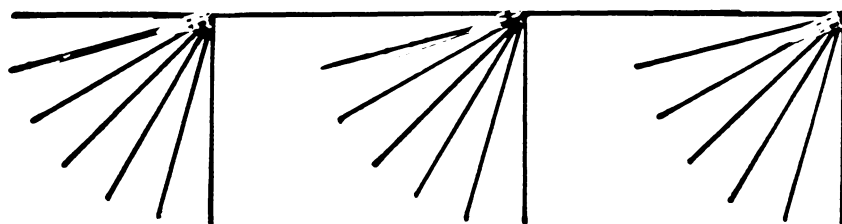


図2. 各メーカーによる磁場内での引かれる程度の違い(写真左よりそれぞれJMS, テルモ, ニプロ社製の18G注射針)

ている<sup>7),8)</sup>。しかし、MRI のような高磁場内ではたして非磁性かどうかの検討は今まで行われていない。今回の我々の検討において 1.5T の高磁場では実際には非磁性体とされている医療器材のなかにもかなり磁性を帯びるものがあることがわかった。また、加工の際の冷間圧延率によって磁性が強まることが示され、特に SUS304 系では加工により比較的強い磁性を帯びてくる。

磁場内での傾斜角を  $\theta$  とした場合、磁場内で引かれる力  $F$  (=ferromagnetic force) は

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

として計算される<sup>10),12),13)</sup>。今回の検討では各素材の形状は長方形で質量も 14 g と一定であり、素材や冷間圧延率の違いによる  $F$  を表に示した (Table 2)。SUS304 と SUS316 では冷間圧延率によって  $F$  にかなりの差が出てくる。傾斜角度について SUS304 系で 1.5T において 90 度以上に引かれ  $F$  は計算できなかったがこれはガントリー入口部において磁場が必ずしも地面と平行でなく上向きの層状になっているためと考えられる。D-8 は 0.15, 0.5T では全くの非磁性体であり 1.5T でも冷間圧延率 50% で僅かに磁性を帯びるのみであり、S-4 は 1.5T で冷間圧延率 50% でも非磁性でありこの両者は安全性が高いといえよう。SUS316 は SUS304 に較べると 1.5T でも SUS304 の 0.5T 程度の力しか加わっておらず、比較的安全とおもわれるが、 $F$  の値は重量に比例するため大きいものは注意する必要がある。SUS304 系は注射針などひろく使用されており、点滴中の患者の検査やガドリニウムによる増強 MRI の際には注意を要する。固定が不十分な場合には点滴に関連した事故が起こらないとも限らず、このことを念頭において管理する必要があるだろう。現在の注射針は昭和 45 年の厚生省の規格基準によってほぼ SUS304 で作られているが<sup>5)</sup>、今後 MRI が益々頻繁に行われるようになり、MRI の高磁場化が進むことを考えるとより磁性を帯びにくい SUS316 やその他の非磁性ステンレス (例えば S-4, D-8 など) の使用を考慮していくべきだろう。また、MRI 検

査時に使用可能な器具については予め安全性を検査し、使用可能である旨表示することも現場での安全性を高める工夫の一つであり、今後公的な安全基準の作成なども検討課題と思われる<sup>7)</sup>。すでに MRI 対応の人工呼吸器<sup>2),10)</sup>なども開発されてきており、今後各種の非磁性医用機材の発展が望まれる。

## 結 語

1. MRI において使用されるステンレス素材について、その磁性、安全性を検討した。
2. 医療用材料にしばしば用いられているオーステナイト系では SUS304, SUS316 系について冷間圧延率の違いで磁性が変わってくるので、注意が必要である。
3. 注射針は SUS304 で作られており、冷間圧延率も高いため、磁場に引き付けられる。今後さらに安全性の高い注射針の開発が望まれる。

本論文の要旨は第 15 回日本磁気共鳴医学会大会 (1990 年 2 月, 岐阜) において発表した。

謝辞: ステンレス素材の提供と、専門的アドバイスをしてくださった日本金属工業株式会社開発部の福井, 石井両氏, 並びに MRI 装置の使用にご協力頂いた筑波記念病院放射線科, 筑波大学放射線科に深謝致します。

## 文 献

- 1) 新井宏, 関口力, 芳賀稔: 高強度非磁性ステンレス鋼 NTK S-4 の性質. ばね技術研究会 1989 年度秋季講演会前刷集, 21-24, 1989.
- 2) G. H. Barnett, A. H. Ropper, K. A. Johnson: Physiological support and monitoring of critically ill patients during magnetic resonance imaging. *J Neurosurg*, 68: 246-250, 1988.
- 3) R. L. Becker, J. F. Norfray, G. P. Teitelbaum, et al.: MR imaging in patients with intracranial aneurysm clips. *AJNR*, 9: 885-889, 1988.
- 4) R. E. Gangarosa, J. E. Minnisi, J. Nobbe, et al.:

- Operational safety issues in MRI. *Magn Reson Imag*, 5 : 287-292, 1987.
- 5) 医療用具研究会：医療用具の規格基準解説-1985-. 薬業時報社, 62-66.
  - 6) 長谷川正義：ステンレス鋼便覧, 日刊工業新聞社, 東京, 474, 1973.
  - 7) 厚生省：NMR 映像診断技術の安全性と装置による周辺環境への影響 (有水研究班) 報告書, 1983.
  - 8) P. R. Mueller, D. D. Stark, J. E. Simeone, et al.: MR-guided aspiration biopsy : Needle design and clinical trials. *Radiology*, 161 : 605-609, 1986.
  - 9) P. R. Mueller, D. D. Stark, J. E. Simeone, et al.: Clinical use of a nonferromagnetic needle for magnetic resonance-guided biopsy. *Gastrointest Radiol*, 14 : 61-64, 1989.
  - 10) 松村明, 目黒琴生, 水谷太郎, 他：重症患者のMRI-その管理上の問題点と工夫について. 日磁医誌, 8 : 268-274, 1989.
  - 11) P. F. J. New, B. R. Rosen, T. J. Brady, et al.: Potential hazards and artifacts of ferromagnetic and non-ferromagnetic surgical and dental materials and devices in nuclear magnetic resonance imaging. *Radiology*, 147 : 139-148, 1983.
  - 12) F. G. Shellock : MR imaging of metallic implants and materials : A compilation of the literature. *AJR*, 151 : 811-814, 1988.
  - 13) G. A. Teitelbaum, W. G. Bradley, B. D. Klein : MR imaging artifacts, ferromagnetism, and magnetic torque of intravascular filters, stents, and coils. *Radiology*, 166 : 657-664, 1988.
  - 14) G. A. Teitelbaum, M. C. Lin, A. T. Watanabe, et al.: Ferromagnetism and MR imaging : Safety of carotid vascular clmps. *AJNR*, 11 : 267-272, 1990.

## Evaluation of Magnetism and Safety of Stainless Steel in Magnetic Resonance Unit

Akira MATSUMURA<sup>1</sup>, Toshio EBASHI<sup>2</sup>, Katsumi FUMIKURA<sup>3</sup>,  
Yoichi KIKUCHI<sup>2</sup>, Mitsuyoshi WADA<sup>2</sup>, Yoji KOMATSU<sup>1</sup>,  
Kotoo MEGURO<sup>1</sup>, Yoshitaka NAKATA<sup>1</sup>, Tadao NOSE<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departments of Neurosurgery,

<sup>2</sup>Radiology, <sup>3</sup>Supplies, Tsukuba Medical Center,  
1-3-1 Amakubo Tsukuba Ibaraki 305.

<sup>4</sup>Department of Neurosurgery, University of Tsukuba,

Stainless steel (SS) is frequently used as a material for medical equipment (ME). We evaluated the safety and magnetism of all the ME made of SS used in our hospital. Although they were made of SS, some types of the ME were strongly ferromagnetic and some were not. We therefore conducted an experiment with four types of SS (SUS304, SUS316, S-4, D-8) with different cold rolling ratio (CRR) measuring the ferromagnetism in 0.15, 0.5, 1.5 T MRI units. SS became ferromagnetic with increasing CRR and SUS304 type was strongly ferromagnetic than SUS316 type. S-4 and D-8 were almost non-ferromagnetic. When using SS for ME which may be used in the MRI unit, the use of SUS-316 or other non-ferromagnetic SS is recommended.