



MRI装置の緊急停止システム用 統一シールの提案

Proposal of the unification labeling stickers for emergency-shutdown system of the MRI equipment

土橋 俊男¹⁾(44873) 松本 浩史²⁾(59796) 榎田 喜正²⁾(57241) 石森 文朗³⁾(39045)
砂森 秀昭⁴⁾(31554) 藤田 功⁵⁾(27641) 中井 敏晴⁶⁾

1) 日本医科大学付属病院, 2) 千葉大学医学部附属病院, 3) 医療法人 聖麗会 聖麗メモリアル病院
4) 社会福祉法人 恩賜財団 済生会 水戸済生会総合病院, 5) さいたま市立病院
6) 独立行政法人国立長寿医療研究センター 研究職

Key words: MRI, safety, emergency shutdown system

【Summary】

An MRI scanner has several buttons for safety such as an emergency stop button or an emergency operation button. In a case of emergency, the MRI operator should properly operate these buttons. The locations and specifications of emergency buttons vary among the MR scanner manufactures. Therefore, standardization of their designs and functions will be helpful for MR operators. However, it will be difficult to change the hardware components immediately. Thus, we designed their notation in Japanese. The labeling stickers we designed were attached beside the emergency button to represent their functions, and made it easy for MR operators to comprehend them at a glance.

【要旨】

MRI装置には、緊急停止ボタンや緊急操作ボタンが多い。非常時には、緊急用の非常停止ボタンや操作ボタンを的確に操作しなければならない。これらの仕様や設置場所は、装置メーカーごとに異なっている。そのため標準化が必要であると考え、しかしながら、装置のハード面を変更するのは難しい。そこでわれわれは、日本語で分かりやすい表記を考案した。

われわれは緊急ボタンのシールを作成した。シールは緊急ボタンの横に表示して使用する。これにより、緊急ボタンの機能が分かりやすくなる。

1. はじめに

2011年3月11日14時46分に発生した東日本大震災（マグニチュード9.0、最大震度7：気象庁発表データ）では、激しい揺れと津波が発生し多数の医療機関も被災した。設置している医療機器にも大きな被害が発生した。この大震災でMRI装置に発生した被害状況を明らかにし、震災時の緊急対処や防災対策に生かすための研究調査（2012年6月14日から8月31日を調査期間として「MRI装置の被災調査アンケート」を実施した）が行われた^{1), 2)}。

Toshio Tsuchihashi¹⁾(44873),
Koji Matsumoto²⁾(59796),
Yoshitada Masuda²⁾(57241),
Fumio Ishimori³⁾(39045),
Hideaki Sunamori⁴⁾(31554), Isao Fujita⁵⁾(27641),
Toshiharu Nakai⁶⁾

- 1) Nippon Medical School Hospital
- 2) Chiba University Hospital
- 3) Seirei Memorial Hospital
- 4) Mito Saiseikai General Hospital
- 5) Saitama City Hospital
- 6) Neuroimaging and Informatics, National Center for Geriatrics and Gerontology

このアンケート調査に対する回答の中で、寝台の不具合に関するものが7例あり、寝台が動かず患者の退避に手間取ったとする報告があった。緊急ボタンに関しては、非常時に使用する緊急ボタンが分からなかった事例や、どの緊急ボタンを押すべきか迷った事例が報告されている。また緊急用のボタンを使用する判断基準が明確になっていないことなども挙げられた¹⁾。

震災などの非常時において、患者を安全に避難させるためには、非常時に使用する緊急停止システム（各種緊急ボタン）を的確に操作しなければならない。MRI装置には、他の医用機器に比べ非常用の緊急ボタンが多い。筆者の施設に設置された複数台のCT装置とRI装置を確認すると、CT装置は緊急停止ボタンとスキャン停止ボタンの2種類であり、RI装置は緊急停止ボタンのみであった。

超電導磁石を用いた装置には必ずクエンチボタンが設置されている。また緊急電源遮断ボタン・緊急撮像停止ボタン・緊急排気ファン動作ボタンなどもある。これらのボタンは、装置メーカーごとに形状（デザイン）・設置位置などが異なっている。非常時に適切に対応するためには、メーカー各社の仕様が統一されていることが望ましいと考える。しかしながら、現状では統一されていない。



Fig.1 Various kinds of quench buttons
The structure and colors is different among the MR manufactures.



Fig.2 Emergency stop button
The location of an emergency button is different among the manufactures. The actual color is red, and the design is similar.

大規模震災におけるMRI装置の被害状況の報告は、阪神淡路大震災に対する亀井・野口らが行った調査^{3, 4)}、2001年の芸予地震における即時クエンチの報告⁵⁾、および2004年の新潟県中越地震がある⁶⁾。これらの報告では、マグネットの移動や架台の損傷などの被害状況の報告が中心となっており、非常時に使用する各種緊急ボタンに関する検討は行われていない。

東日本大震災のような激しい揺れが続く非常事態の中での救出には、MRI装置の担当者は極度の緊張下に置かれ、建屋の倒壊、電源供給の停止に伴う停電、クエンチの発生など、MRI装置以外のことにも注意を分散させなければならないため、平時とは異なるミスを起こしやすい心理状態に置かれると考えられる⁷⁾。異なったメーカーのMRI装置が複数台設置されている場合や（MRI装置の被災アンケート調査では、回答のあった458施設中94施設（21%）で2台以上の装置が設置されていた^{1, 2)}）、装置を更新した直後などは、メーカーごとの仕様の違いが逼迫した状態^{ひっばく}に置かれた担当者を混乱に陥れる可能性がある。非常時においては、通常、MRI装置を専門に担当していない者が、緊急ボタンの操作を行わなければならない状況が生じる可能性もある。

そこで今回われわれは、非常時に使用するMRI装置の緊急ボタンについて検討したので報告する。

なお本報告による非常時とは、主に地震による強い揺れを想定している。

2. 方法

メーカー各社のMRI装置について、非常時に使用する各種緊急ボタン（クエンチボタン・緊急電源遮断ボタン・緊急撮像停止ボタン・緊急排気ファン動作ボタンなど）のデザイン・設置位置・機能などを調査し比較を行った。その上で、各種緊急ボタンの仕様統一が実現するまでの対応策として、各種緊急ボタンに補助的に付加する統一シールの提案について検討を行った。

3. 結果

MRI装置の非常時に使用する各種緊急ボタンは、MRI装置製造メーカー各社で仕様や設置場所は異なるものの、基本的には以下の4種類が存在する。

3-1. クエンチ（消磁）ボタン

大型の強磁性体の吸着事故時などの非常時に、高磁場を消磁するためのボタンである（Fig.1）。MRI検査室内に設置されるが、メーカーにより操作室に設置される場合もある。停電時にも作動するように内部にバッテリーがあり、定期点検や決められた期間でバッテリーのチェックや交換が実施される。

3-2. 緊急電源遮断ボタン・緊急撮像停止ボタン

これらのボタンは、操作卓もしくはその近傍に設置されていることが多いが、デザインや位置はメーカーごとに異なる（Fig.2）。また名称は同じでも、どこま

Table 1 Emergency power-off button

The used results differ by the manufacturer. In the MRI equipment which the bed gets locked, it is necessary to confirm the release method.

	電源の遮断状況	寝台の状態
A社	MRI装置に供給されている全ての電源が遮断される。チラーなどは遮断されない。	寝台はフリーになる。ただし、上下動は不可。
B社	分電盤のメインブレーカーが落ちる。MRIシステム全体の電源が遮断される。 冷凍機のコンプレッサー、酸素濃度計、クエンチボタンの電源は遮断されない。	寝台はロックされる。
C社	MRI装置に供給される全ての電源が遮断される。マグネットの冷凍機も停止する。	寝台はフリーになる。
D社	チラー以外の電源は全て遮断される。	寝台はフリーになる。
E社	傾斜磁場コイルへの傾斜磁場パルスの供給を遮断する。送信用RFコイルへのRFパルスの供給を遮断する。 寝台への電源供給を遮断。	寝台はロックされる。

Table 2 Emergency imaging-stop button

The used results differ by the manufacturer. In the MRI equipment which the bed gets locked, it is necessary to confirm the release method.

	電源の遮断状況	寝台の状態
A社	機械室キャビネット内の Gradient Amp系、RF Amp系、 撮像室 Magnet機器への電源供給が停止。	寝台はロックされる。
B社	電源の遮断は行わない。撮像が停止する。	寝台はフリーになる。
C社	電源の遮断は行わない。撮像が停止する。	寝台はフリーになる。
D社	電源の遮断は行わない。撮像が停止する。	寝台はフリーになる。
E社	電源の遮断は行わない。撮像が停止する。	寝台はロックされる。もう一度押すと電動で動作可能。

で電源が遮断されるかは異なる。さらにこれらのボタンを使用した時に、患者が寝ている寝台がロックされるメーカーとフリーになるメーカーがある。これらの違いを Table 1, 2 に示す。

A社は、緊急電源遮断ボタン使用時には寝台はフリーになるが、緊急撮像停止ボタンではロックされる。B社では、逆に緊急電源遮断ボタン使用時には寝台がロックされ、緊急撮像停止ボタンでフリーになる。C社とD社は、両方の緊急ボタンで寝台がフリーになる。E社は、両方の緊急ボタンで寝台がロックされるが、緊急撮像停止ボタンを再度押すとロックが解除され電動で動くようになる。

緊急撮像停止ボタンの主用途は、撮像を即時に止めることである。一方、緊急電源遮断ボタンは、冷却系を除くMRI装置全ての電源を即時に遮断する。強制クエンチは行わないが、冷凍機が停止する装置もある。

3-3. 強制排気用スイッチ

酸素濃度計（酸素モニター）と連動しているため、クエンチ発生時には自動で作動するが、操作室内の壁に設置されることが多い。

3-4. 検査寝台ロック解除ボタン

停電時や緊急電源遮断ボタン・緊急撮像停止ボタンを使用した時に、寝台がロックされた場合にロックを解除するボタンである。メーカーごとに設置されている位置・形状および操作方法が異なる（Fig.3）。

4. 緊急ボタンの国内共通シールの提案

国内共通のシールに関して、Fig.4, 5にその案を示す。実際の使用例をFig.6に示す。クエンチボタンの横にシールを付加している。シールには、クエンチボタン使用時の注意事項を記載している（Fig.7）。

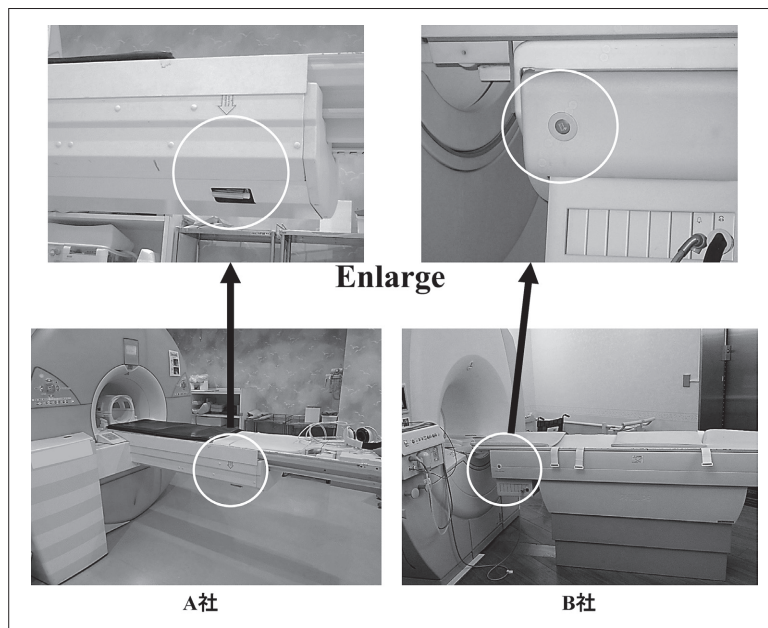


Fig.3 Lock release button (lever) of the bed
The location and the design of a button is different among the manufacturer.

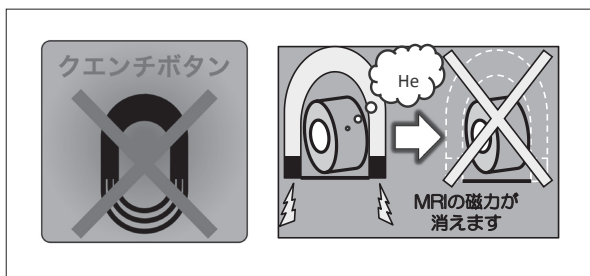


Fig.4 The design of the unified labeling sticker of a quench button (Draft)

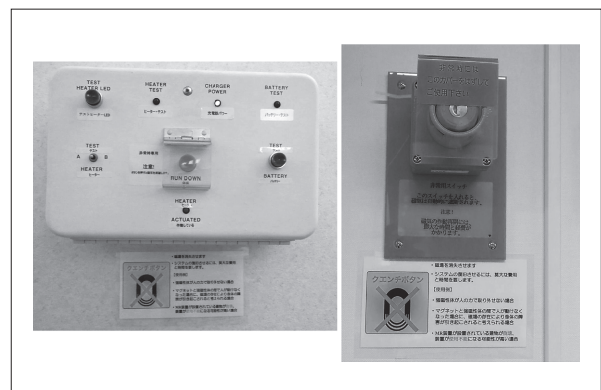


Fig.6 The example of a quench button with the unified labeling sticker.

The function of the button becomes clear with the unified labeling sticker.

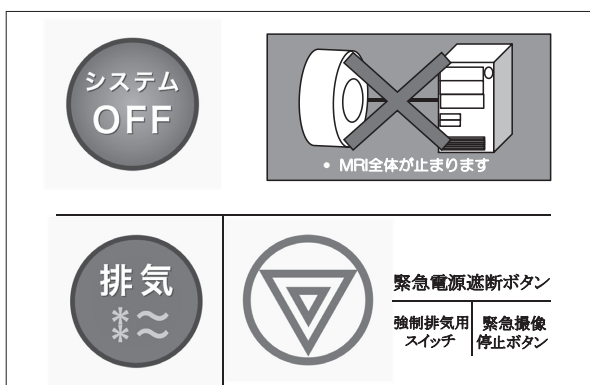


Fig.5 The design of the unified labeling sticker of an emergency power-off button and an emergency imaging-stop button (Draft)



Fig.7 The display of the criteria.
By displaying the function and the criteria of the button, it becomes useful under emergency situation.

5. 考 察

震災などの非常時には、まず患者の救出を第一に考えなければならない。

非常時に行うべき患者救出に関係する緊急的対応としては、装置の添付文書あるいは取扱説明書に記載されているように、非常用の各種緊急ボタンを的確に操作し、患者を安全に避難させる必要がある。しかしながら、現状では各種緊急ボタンの仕様が統一されていない。MRI装置は、他の医用機器に比べ非常用の緊急ボタンの種類が多く、離れた場所に複数配置されている。MRI装置に装備されている各種緊急ボタンは、今回の調査で仕様や設置位置に大きな違いが見られた。クエンチボタンは形状が全く異なっている。逼迫した状況の中で確実な操作を行うためにも、その仕様が標準化され、ハードウェアレベルで統一される意義は大きいと考える。その実現を念頭に置いて、仕様の異なる各種緊急ボタンに共通の表示を補助的に付加する取り組みは、短期的な対策として有用であると思われる。

一般社団法人日本画像医療システム工業会が発行している「第11回画像医療システム等の導入状況と安全確保状況に関する調査報告書（2014年3月発行）」によると、医療機器の入れ替え時期は10年以上であり、1.5T以上のMRI装置（n=588台）で見ると、11年以上稼働している装置が18.9%、平均買い換え年数が11.1年となっている。また施設内の一番古い装置（n=358台）の設置時期に関しては、平成11年以前に設置した装置が10.3%を占めていた。このように、MRI装置に関しては設置後長期間稼働する装置も少なくない。またメーカー各社の装置ハード面をいきなり変更するのは難しいと思われる。そこで日本語で分かりやすい表記を決めて表示するルール作りが有用であると考え。具体的には、各種緊急ボタンに対して国内共通のシールを作成し、ボタンの横に掲示して誰が見ても分かるような形式にすることを検討した。いずれは、ハードウェアに反映させていくように業界に提案することも必要である。

掲示するシールについては、誰が見ても視覚的にボタンを押した結果が分かるようにすることが望ましい。しかしながら、緊急電源遮断ボタンや緊急撮像停止ボタンに関しては、電源が遮断される範囲、患者が寝ている寝台の状態（ロック・フリー）も異なっている。共通のシール内に、装置個別の情報を含めておくことも必要と思われる。

同じ緊急電源遮断ボタンであっても、患者が寝ている寝台がロックされる装置と、逆にフリーになる装置がある。緊急撮像停止ボタンに関しては、撮像だけが停止し装置への電源供給はそのままの装置と、撮像停止とともに電源供給も停止する装置がある。さらに緊急電源遮断ボタンと同様に、患者が寝ている寝台がロックされる装置と、逆にフリーになる装置がある（Table 1, 2）。

このように、メーカー各社で同じ名称の緊急ボタンであっても、使用した場合の結果が異なるため、緊急時には混乱する可能性がある。特に、緊急ボタンを使用して寝台がロックされた場合、寝台をフリーにするボタンの位置が分からないと、患者の救出に手間取ることになる。

メーカー各社の仕様と設置位置が統一されていない現状では、共通のシールを使用し、緊急ボタンを使用した場合の個別の装置情報を記載しておくことは、非常時の混乱を減少させることに有用な方法と考える。

実際の使用例から分かるように（Fig.6, 7）、メーカーごとに設置場所や形状が異なっている、共通のシールによりクエンチボタンであることが明確になると考えられる。またクエンチボタンを使用する状況を「例」として記載しておくことにより、非常時の混乱を減少させることができると思われる。

MRI装置の被災アンケート調査^{1, 2)}では、震災直後のクエンチボタンの使用の有無を確認したが、クエンチボタンを実際に使用したのは、回答があった332施設中1施設だけであった。激しい揺れによるパニックが理由である¹⁾。逆に、クエンチボタンを押さなかった理由については「緊急的状況で検討の余裕すらなかった」や「明確な判断基準がなかった」などが挙げられた。今回提案した共通のシールに、使用する場合の判断基準を明記しておくことにより、非常時の判断に役立つのではないかと考える。

実際に、異なるメーカーの複数台の装置が設置されている施設（筆者の施設）でクエンチボタンの統一シールを試験的に使用したところ、MRIを専門に担当している診療放射線技師からは、クエンチボタンに目が行くようになり、設置場所を意識するようになったとの意見が多かった。またMRIを専門に担当していない診療放射線技師（ローテーション担当者、夜勤でのみ操作する担当者）からは、クエンチボタンの機能と使用する場合の判断基準が記載されているため、定期的な教育訓練と併せて非常時に役立つのではないかと意見が多かった。しかしながら、非常時に素早く

判断できるように記載方法を工夫する必要もあるのではないかと指摘もあった。

クエンチボタンを実際にMRI担当者が押すことは非常に少ないと思われる。前述したように、被災アンケート調査の回答でも1施設のみであった^{1, 2)}。しかしながら、パワーアングルを使用していた看護師が、MRI装置に吸着し全く動けなくなり、担当者の判断でクエンチボタンを操作した事例がある⁸⁾。このように、非常時にはMR担当者の判断でクエンチボタンを使用しなければならない状況もあるので、今回提案した共通シールに、使用する場合の判断基準を明記しておくことは有用である。

最後に、メーカー各社の非常時に使用する各種緊急ボタンに関しては、現状では機能や設置位置に大きな違いがあった。各施設で、現在使用している装置の非常用の各種緊急ボタンの位置を確認するとともに、その緊急ボタンを使用した場合に装置がどのような状況に置かれるかを再確認する必要がある。その上で、MRI担当者への研修を充実し作業安全を徹底することが重要である。

6. まとめ

本報告では、主なMRI装置製造メーカー5社の非常時に使用する緊急ボタンの仕様を確認し、仕様統一までの対応策について検討を行った。

非常時に行うべき患者救出に関係する緊急的対応としては、非常用の各種緊急ボタンを的確に操作する必要がある。装置メーカーによって仕様や形状が異なる各種緊急ボタンを的確に操作するためにも、仕様および設置位置の統一化が必要である。

工業規格としての統一までには相当な時間がかかると予想されるので、現場での取り組みを先行せざるを得ない。本報告では統一シールを提案したが、現場での取り組みが進むことを期待したい。

図の説明

- Fig.1 各種のクエンチボタン
装置メーカーごとに形状や色が大きく異なる。
- Fig.2 緊急撮像停止ボタン
装置メーカーごとに設置位置が異なっている。
実際の色は赤でデザインは似ている。
- Fig.3 寝台のロック解除ボタン
メーカーごとに設置位置と形状が異なっている。
- Fig.4 クエンチボタンの統一シールのデザイン (案)
- Fig.5 緊急電源遮断ボタン、緊急撮像停止ボタンの統一シールのデザイン (案)
- Fig.6 クエンチボタンに統一シールを貼った例
統一シールを貼ることにより、機能が明確になる。
- Fig.7 判断基準の表示
ボタンの機能や使用する基準を表示することにより緊急時に役立つ。

表の説明

- Table 1 緊急電源遮断ボタン
メーカーごとに、使用した結果が異なる。寝台がロックされる装置では、解除方法の確認が必要である。
- Table 2 緊急撮像停止ボタン
メーカーごとに、使用した結果が異なる。寝台がロックされる装置では、解除方法の確認が必要である。

参考文献

- 1) 中井敏晴：厚生労働科学研究費補助金 地域医療基盤開発推進研究事業「大震災におけるMRI装置に起因する2次災害防止と被害最小化のための防災基準の策定」平成24年度総括分担研究書, 2013.3.
- 2) 中井敏晴, 山口さち子, 土橋俊男, 他：東日本大震災によるMRI装置602台の被害状況報告, 日磁医誌, 33 (2), 92-119, 2013.
- 3) 亀井裕孟：阪神・淡路大震災におけるMR装置の被害状況調査結果, 日磁医誌, 15, S141-142, 1995.
- 4) 社) 低温工学協会：平成7年度 被災調査臨時委員会, 阪神・淡路大震災における低温・超電導機器被災調査報告書, 社) 低温工学協会, 1996.
- 5) 滝口裕章：学術フォーラムMRI検査におけるリスク管理—地震によるクエンチの経験, 労働福祉事業団放射線技師会雑誌, 22, 69-73, 2003.
- 6) 佐藤栄児：首都直下地震防災・減災特別プロジェクト②都市施設の耐振性評価・機能保全に関する研究, 平成19年報告書, 9-21, 2008.
- 7) 中井敏晴：厚生労働科学研究費補助金 地域医療基盤開発推進研究事業「大震災におけるMRI装置に起因する2次災害防止と被害最小化のための防災基準の策定」平成25年度総括分担研究書, 2014.3.
- 8) 土橋俊男：MRI検査の安全管理 最新情報, 映像情報 Medical, 44 (14), 78-85, 2013.