

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 18 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24591766

研究課題名(和文) 骨盤部SWI：腸管ガスによる磁化率アーチファクトの基礎的検討

研究課題名(英文) SWI of pelvic region: investigation of the susceptibility artifact by intestinal gasses

研究代表者

徳田 修 (TOKUDA, Osamu)

山口大学・医学部・特別医学研究員

研究者番号：60380002

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：ファントム実験では、腸管ガスによるアーチファクトの影響が大きいことがわかったため、正常ボランティア3名に対して、腸管内ガス排出促進剤内服前後で、骨盤部MRIのSWI像を撮像したところ、内服後の方が、アーチファクトの少ない良好な画像が得られた。
骨盤部MRIでSWIを撮像するときは、腸管ガスによるアーチファクトを減らすために、検査前に腸管内ガス排出促進剤を内服することが望ましいことがわかった。

研究成果の概要(英文)：According to the phantom experiment, we found that the artifacts of intestinal gasses have a significant impact on the image quality of the SWI images. The pelvic MR imaging with SWI was performed for three volunteers with and without the drug which drains intestinal gasses. As a result, the images of the volunteers with the drug demonstrated fewer artifacts than those without drugs. In conclusion, the pelvic MR imaging with SWI may require premedication with the drug which drains intestinal gasses in order to reduce the artifacts of intestinal gasses.

研究分野：放射線診断学

キーワード：MRI アーチファクト SWI

1. 研究開始当初の背景

Susceptibility-weighted imaging (SWI) は Haacke らによって提唱された新しい MR 撮像法で、磁化率変化を強調した画像である。SWI は単に磁化率効果による T2* 信号減衰を画像化したものではなく、強度画像に位相画像 (磁化率変化による位相差) を乗じて画像コントラストを強調する。位相差は高磁場装置ほど大きいので、SWI には 3T テスラ装置が有用である。さらに 3D- gradient-echo 法 (GRE) 法で撮像するので、2D-GRE 法 T2* 強調画像よりも磁化率に鋭敏で高い空間分解能が得られる。通常は最小値投影法 (MIP) 処理した画像を診断に用い、頭蓋内、脳組織においてはデオキシヘモグロビン化された静脈血を高精細に描出し、微量の出血も鋭敏に検出する。

近年、竹内らは、卵巣内に出血を生じる内膜症性嚢胞に対して SWI が有効であることを報告している (Susceptibility-weighted MRI of endometrioma: Preliminary results. Takeuchi M, et al. AJR 2008; 191: 1366-1370)。産科および婦人科領域では、内膜症性嚢胞に限らず、出血が MRI 画像診断上の key point になることが少なくない。そこで我々は、出産後の出血持続症例、不正性器出血が認められる症例、臨床的に子宮内膜症が疑われる症例すべてに対して SWI を撮像しているが、問題になるのが腸管ガスによるアーチファクトである。頭部領域の MRI は、磁場が比較的均一で、様々なアーチファクトの影響を受けにくく、どんな症例に SWI を撮像しても良好な画像が得られる。しかし、骨盤部領域の MRI では、腹部の呼吸性移動、腸管内ガス、腸管蠕動による影響を受けるため、信号低下、画質の悪化を起こすことが多い。本研究では、腸管内ガスの影響の方に着目し、内膜症性嚢胞に相当するファントム (対象ファントム)、ガス、残渣が貯留した腸管に相当するファントム (腸管ファントム) の、2種類の自家製ファントムを作成して、SWI を撮像する。これら2種類のファントムの距離、位置関係 (周波数エンコード方向、位相エンコード方向) を変化させて、SWI、2D-GRE 画像を撮像し、対応するピクセルにおけるコントラストを算出、比較することにより、SW の磁化率アーチファクトと、2種類のファントムの間隔、位置関係 (周波数方向、位相方向) との相関について検討することにした (図1)。

2. 研究の目的

MRI における磁化率強調画像 (susceptibility-weighted imaging: SWI) は Haacke らによって提唱された撮像方法で、位相情報を用い、各組織間の磁化率を強調してコントラストを得る方法である。SWI は微小出血の検出に優れているため、頭部領域のみならず、内膜症性嚢胞などの婦人科領域の検査でも有用である。しかし、骨盤部 SWI の

画質は、腸管蠕動や腸管ガスの有無にかなり左右される。今回の研究では、腸管ガスの影響の方に着目し、腸管ガスを想定したファントムと、子宮あるいは卵巣を想定したファントムの2種類を作成し、2つのファントムも位置関係を変化させて SWI を撮像することにより、骨盤部 SWI における腸管ガスの磁化率アーチファクトの影響を明らかにすることが目的であった (図2)。

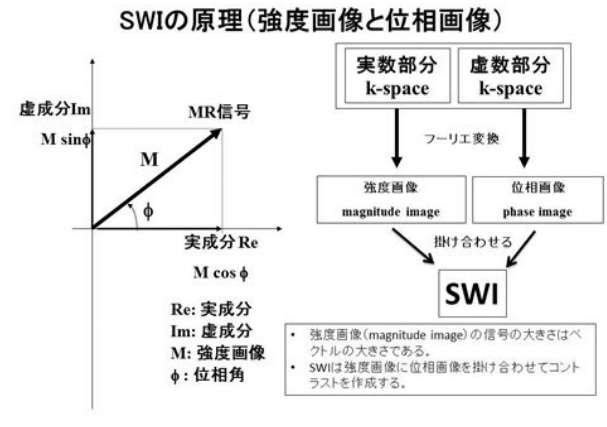


図1: SWI の原理 (強度画像と位相画像)

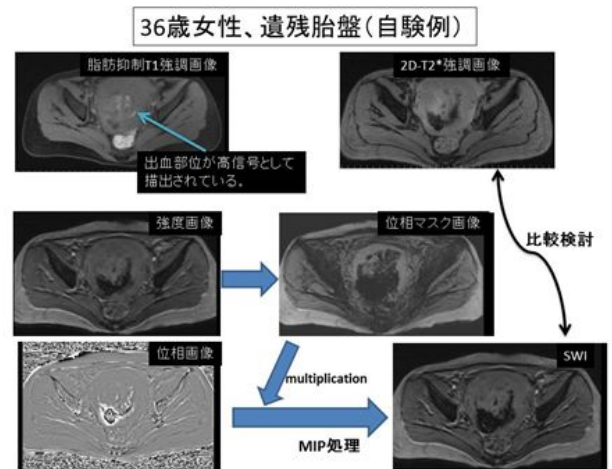


図2: 実際の SWI 像 (36 歳女性、遺残胎盤、)

3. 研究の方法

平成 24 年度: まず、最初に山口大学工学部の協力のもと、アクリル容器を用い、ヘモジリンを含む内膜症性嚢胞を想定したファントム (対象ファントム)、ガス及び残渣が貯留した腸管を想定したファントム (腸管ファントム) の2種類のファントムを作成する。対象ファントムとしては、出血後ヘモジリンを含む内膜症性嚢胞を想定して、容器内に、TETSU レモンドリンク (森食品工業、total 200g、鉄 10mg を含む) を注入したものを使用する。腸管ファントムとしては、多量のガスと残渣が貯留する腸管を想定して、容器内の2/3は空気、残り1/3には果肉 (グレープフルーツ) 入りジュース (サントリー、Gokuri、200ml) を注入したものを使用した。容器の

周囲はゼラチンで満たす。(詳細は図3を参照のこと)使用した装置は、シーメンス社製の3テスラMR装置(MAGNETOM Skyra 3T)である。

SWIの撮像は、3D-FLASH法に基づく。撮像条件はTR=29msec、TE=20msec、flip angle=20°、スラブ厚=280mm、スラブ分割数=56、実効スライス厚=5mm、matrix=256×256、FOV=360×360mm、加算回数=1。磁化率変化を強調するためにTEを長く設定、またflow compensationを3軸に印可した。撮像後、位相画像にフィルター処理を加えて低周波成分を除去し、位相マスク画像を作成した。強度画像と位相マスク画像を数回掛け合わせ、SWIを作成した。以上の撮像条件やSWIの算出方法はHaackeらの報告に基づくものである。(Haacke EM, et al. Susceptibility weighted imaging (SWI). Magn Reson Med.2004; 52: 612-618. Yamada N, et al. Evaluation of the susceptibility effect on the phase images of a simple gradient echo. Radiology 1990; 175: 561-565.)

2枚の画像からMIP処理により1枚の再構成画像が作成されるため、設定スライス厚2mmの場合、再構成後のスライス厚は4mm相当となる。本研究では、再構成後のスライス厚(4mm)を実効スライス厚として扱った。ファントムにおける均一セクションの中央部をスラブ中心位置に設定し、撮像を行った。

2D-GRE画像の撮像は、2D-FLASH法を使用した。SWIの実効スライス厚5mmを基準として比較するため、2D-GRE画像のスライス厚も5mmに設定した。撮像条件は当院のルーチンプロトコールに基づき、TR=172msec、TE=12msec、flip angle=20°、スライス厚=5mm、matrix=256×256、FOV=360×360mm、加算回数=1。撮像スライスの位置は、前述のSWIにおけるスラブ中心位置に一致させた。

ファントム実験の実際(図3-A、B)

腸管ファントムを対象ファントムから3mmずつ離していき、2D-GRE画像、SWIを撮像する。周波数エンコード方向、位相エンコード方向を入れ替えた状態で、上記と同様の撮像を行う。

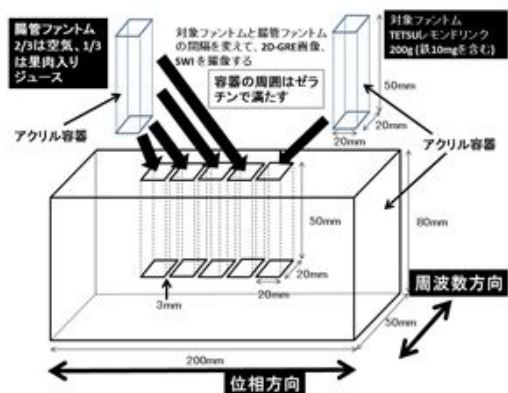


図3-A (ファントム実験の実際)

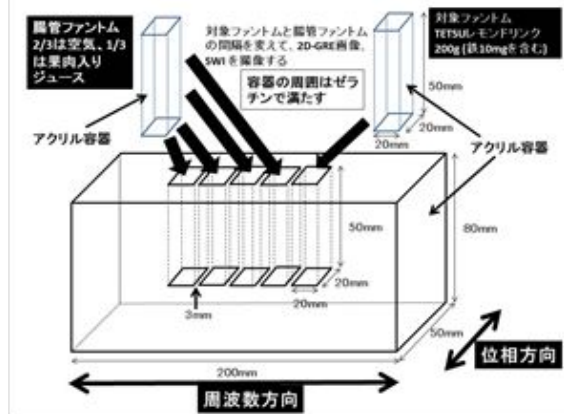


図3-B (ファントム実験の実際)

平成25年度：撮像スラブ中心におけるSWIを用いて、画像上の各ピクセルにおけるコントラストを式(1)より算出した。

$$\text{コントラスト} = (B-A)/B \dots \dots \dots (1)$$

ここで、Aは各1ピクセルにおける信号強度、BはAの周囲4カ所の関心領域(計100ピクセル)における信号強度の平均値である。対象ファントム内のピクセルの信号強度Aが、磁化率効果の影響を受けて、あるいは腸管ファントム内のガスの影響で低信号に描出される場合、コントラストは高くなる。画像内のすべてのピクセルにおいて、式(1)からコントラストを求めた。この値が0.2以上になるピクセルを、磁化率効果によって低信号に描出される領域(低信号ピクセル)と設定した。低信号ピクセルが、隣り合った2ピクセル以上の領域になる場合には、その領域の中で最もコントラストが高くなる1ピクセルのみを選択した。

このように決定した低信号ピクセルの座標を求め、2D-GRE画像においても、それに対応する各ピクセルのコントラストを式(1)から算出した。SWIと2D-GRE画像の対応するピクセルにおけるコントラストを比較することにより、SWIにおいて、腸管ファントムの磁化率アーチファクトの影響で低信号に描出される領域が、2つのファントムの距離、周波数方向、位相方向が変わることにより、どのように変化するか検討した。

平成26年度：検査の内容について同意が得られた3人の正常ボランティアに対して、市販の胃腸管内ガス排出剤内服前後の2回、骨盤部MRIのSWI画像撮像し、放射線診断専門医1名が両者の画像の画質について比較検討した。

4. 研究成果

ファントム実験では、腸管ガスによるアーチファクトの影響が大きいことがわかったため、正常ボランティア3名に対して、腸管内ガス排出促進剤内服前後で、骨盤部MRIのSWI像を撮像したところ、内服後の方が、アーチ

ファクトの少ない良好な画像が得られた。
骨盤部 MRI で SWI を撮像するときは、腸管ガスによるアーチファクトを減らすために、検査前に腸管内ガス排出促進剤を内服することが望ましいことがわかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

山本佑馬、山根正総、中村恵子、徳田 修
磁化率強調画像を用いた骨盤部領域の撮像における磁化率アーチファクトの基礎的検討

中国四国医療技術フォーラム (CSFRT) 2013
2013 年 11 月 16 日 ~ 17 日
海峡メッセ下関 (山口県・下関市)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等：なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

徳田 修 (TOKUDA, Osamu)
山口大学・医学部・特別医学研究員
研究者番号：60380002

(2) 研究分担者

松永 尚文 (MATSUNAGA, Naofumi)
山口大学・大学院医学系研究科・教授
研究者番号：40157334

木戸 尚治 (KIDO, Shouji)
山口大学・大学院医学系研究科・教授

研究者番号：90314814

(3) 連携研究者

なし