

T2強調MRI画像に用いる脂肪抑制強度の検討

伊藤 由理恵¹⁾ 岩崎 俊子²⁾

要 旨：当院で撮像しているT2強調系撮像シーケンスは、T2強調画像と脂肪抑制T2強調画像の2種類である。前者は水と脂肪が共に高信号、後者は脂肪と筋肉が共に低信号となり読影困難だった。そこで脂肪抑制強度を調整し、1種類の画像で水、脂肪、筋肉が視覚的に分離できるような、通常よりも弱い脂肪抑制(以下FatSAT)の強さを求めた。

FatSATの強度を0から100%まで10%ごとに変化させ撮像し信号雑音比を測定、あわせて物理評価、視覚評価を行った。

FatSATを強くするほど信号雑音比は低下した。物理評価ではFatSAT 0から30%で水、脂肪、筋肉の信号値が分離した。視覚評価ではFatSAT 20、30%で水、脂肪、筋肉の信号が分離した。

これより水、脂肪、筋肉を同時に同定できるのはFatSAT 20、30%だったが、より信号雑音比の高いFatSAT 20%が最適である。

【Key words】 脂肪、脂肪抑制T2強調画像、FatSAT

緒 言

MRIの撮像方法が従来のスピネコー(SE)法から高速スピネコー(FSE)法に代わり、撮像時間は大幅に短縮された。このFSE法は撮像の高速化において非常に有用なテクニックであるが、大きく2つの問題点がある。その1つはJカップリング¹⁾の効果が減少することである。SE法の場合、TEが25msec~100msecの範囲にある場合に脂肪信号が低下するが、FSE法では180°パルスの照射間隔が短いため、脂肪信号が低下しないということである。

もう1つはMagnetization Transfer(MT)効果である。MT効果の強い組織(脳実質、肝臓、筋肉、腫瘍)では信号は減衰し、コントラストは低下する。これに比べて自由水の多い組織、脳脊髄液や膿胞などはMT効果が働かないため、信号は上昇する。以上より、従来のSE法に比べてFSE法では連続する180°パルスがMT効果を増強するため、脂肪や脳脊髄液の信号が上昇し、組織コント

ラストは低下する。

現在、MRIのFSE法T2強調系撮像シーケンスには、T2強調画像と脂肪抑制T2強調画像の2種類がある。T2強調画像では、水と脂肪がともに高信号となり、読影時に判別しづらい。脂肪抑制の主な目的は、脂肪に囲まれた高信号の病変を検出することであるが、脂肪抑制T2強調画像では、脂肪と筋肉がともに低信号となり、同様に読影の際、評価が難しくなる。

そこで脂肪抑制の強度(以下FatSAT)を変えて撮像する方法²⁾に着目した。この撮像法では脂肪を抑制する際、高信号である水と、低信号である筋肉のちょうど中間まで脂肪信号を低下させることができる。

しかしFatSATについての詳細な研究は、皆無である。本研究では、FatSATの強度を変えることにより、どのように脂肪の信号値が変化するかを検討し、水、脂肪、筋肉が視覚的に最も分離できる最適なFatSATを検索することを目的とした。

1) 福井総合病院 診療支援部 放射線課

2) 福井総合クリニック 放射線科

(採択日 2019年11月)

研究対象と方法

MRI装置は、GE社のSigna HDe(1.5T)、コイルはトルソフェーズドアレイコイルを使用した。脂肪ファントムはサラダ油で自作した。また、読影モニタはEIZO社のadiForce RX340を、解析ソフトはAw server、Image JおよびExcelを、統計ソフトはystat2013を使用した。撮像条件はFOV40cm、TR5000msec、TE95msec、スライス厚5.0mm、FatSAT Efficiency0~1.0(0.1=FatSAT 10%)とした。

1. 脂肪ファントム信号雑音比(SNR)測定

脂肪ファントムをT2強調 FatSAT 0%から100%まで10%ごとに変化させ2回撮像した。得られた画像の任意の3スライスで関心領域(以下ROI)を設定し、信号強度と標準偏差を測定した。一般的にSNR測定に使用されている差分法³⁾を用いて、各スライスの平均SNRを算出した。SNRは次式によって算出した。

$$SNR = \frac{\sqrt{2}S_p}{N_s}$$

S_p : 撮像1回目の脂肪ファントムのROIの信号強度

N_s : 撮像1回目と2回目の脂肪ファントムの差分画像の標準偏差

2-1. 物理評価

20歳代の健常ボランティア5名(男性3名、女性2名)の股関節をT2強調FatSAT 0%から100%まで10%ごとに強度を変化させて撮像した。各被験者より得られた画像の任意の3スライスにROIを設定し、水、脂肪、筋肉の各信号値を、Aw serverおよびImage Jを用いて測定した。各スライスの信号値より平均信号値を算出し、筋肉の信号を1とした時の水、脂肪、筋肉の相対信号値を比較した。なお、水は膀胱に、脂肪は脂肪抑制が十分効いている皮下脂肪に、筋肉は大腿の筋肉にROIを設定した(図1)。

2-2. 視覚評価

2-1で得られた健常ボランティアの股関節MRI画像を用いて視覚評価を行った。図2に示すFatSAT 0, 10, 20, 30, 60, 100%の6種類の画像を、放射線科医2名、放射線技師9名が、5段階(5点:最も信号値の差がある、4点:だいたい信号値の差がある、3点:少し信号値の差がある、2点:あまり信号値の差がない、1点:全く信号値の差がない)で評価した。評価項目はa. 脂肪と水の比較、b. 脂肪と筋肉の比較、c. 脂肪と、水・筋肉の

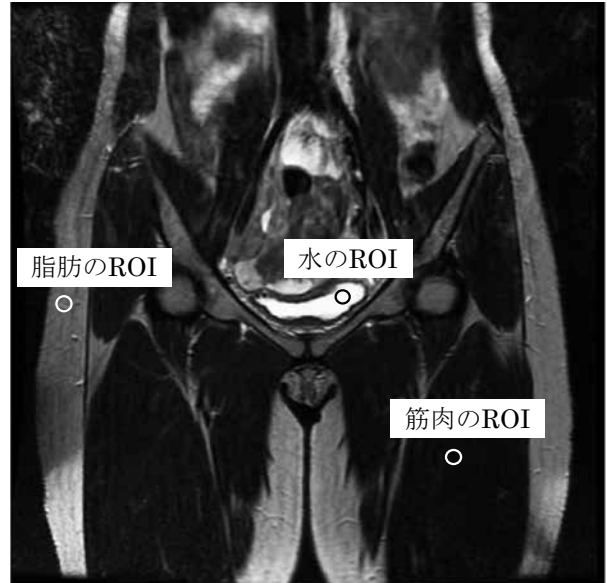


図1. 物理評価での設定ROIの例

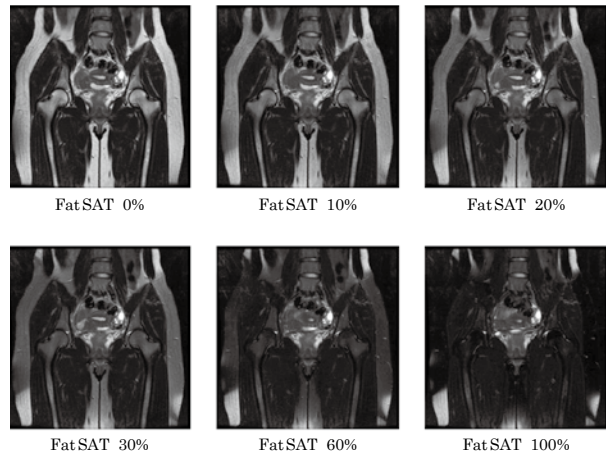


図2. FatSATの強度を変えて撮像した被験者の股関節T2強調画像

比較の3項目とした。ただし、磁場の不均一でFatSATが効いていない箇所は除外した。

統計処理はボンフェローニ補正ウィルコクソンT検定で多重比較を行い、有意水準は危険率5%未満とした⁴⁾。

結 果

1. 脂肪ファントムSNR測定

SNR測定の結果を図3に示す。FatSATを強くするほどSNRは低下した。SNRの高値は、ノイズが少なく高画質であることを意味する。

2-1. 物理評価

物理評価の結果を図4に示す。FatSAT 0から30%の

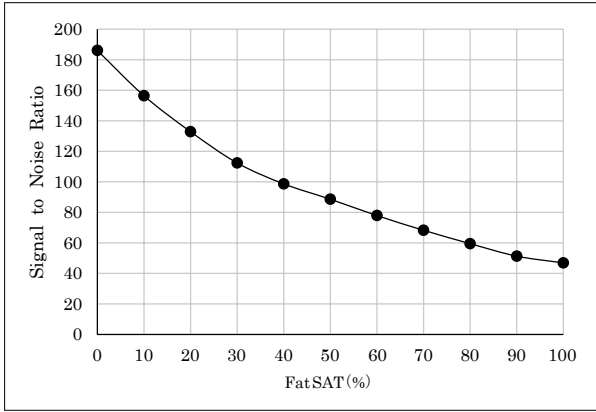


図3. 脂肪ファントムSNR測定結果

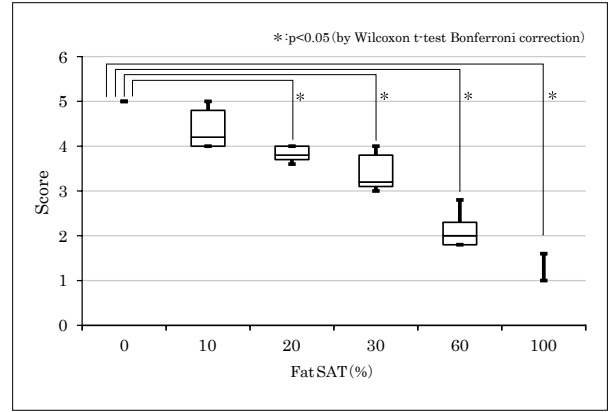


図6. 視覚評価 b. 脂肪・筋肉の比較

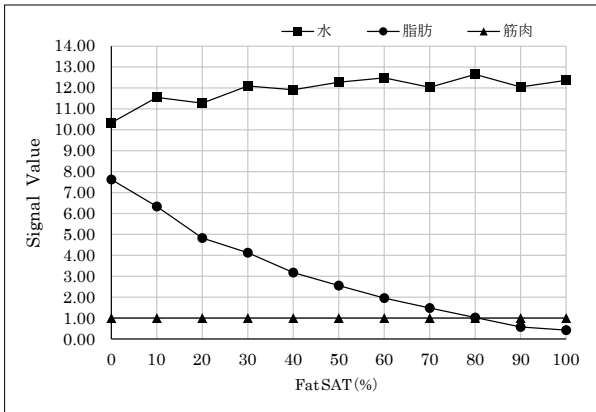


図4. 物理評価の測定結果

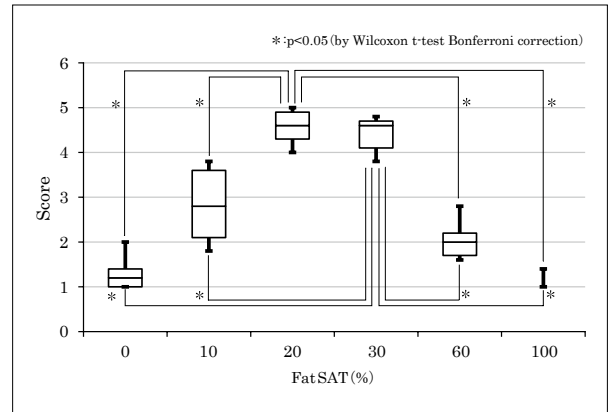


図7. 視覚評価 c. 脂肪・水・筋肉の比較

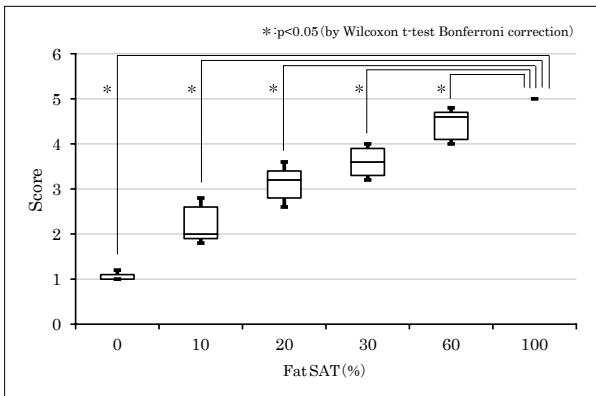


図5. 視覚評価 a. 脂肪・水の比較

強度では、脂肪信号が、水および筋肉の信号と分離した。しかし、FatSATが60%を超えると、脂肪信号は筋肉と同程度の信号強度となった。

2-2. 視覚評価

a. 脂肪・水の比較

視覚評価の結果を図5に示す。FatSATが100%のとき、最も高得点となり、脂肪との差が大きかった。しかしFatSATの強度が弱くなるにつれて、脂肪と水は同等

の信号強度となり、視覚的に分離が困難であった。

b. 脂肪・筋肉の比較

視覚評価の結果を図6に示す。FatSATが0%のとき、最も高得点となり、脂肪と筋肉の差が大きかったが、FatSATの強度が強くなるにつれて、脂肪と筋肉は同等の信号強度となり、視覚的に分離が困難であった。

c. 脂肪・水・筋肉の比較

視覚評価の結果を図7に示す。FatSATが20%と30%において、得点に有意差はみられなかったが、各々は他の脂肪抑制強度での得点と比較して有意に高得点であった。しかしFatSATが0%やFatSATが100%といった、極端に脂肪の信号強度が高い、もしくは低い条件の時、脂肪が水および筋肉と、視覚的に分離できなくなった。

考 察

本研究では、FatSATの強度を変えることにより、どのように脂肪の信号値が変化するかを検討し、水、脂肪、

筋肉が視覚的に最も分離できる最適なFatSATを検索することを目的とした。今回の研究で、FatSATが20%のときに水、脂肪、筋肉が視覚的に最も分離できることが分かった。

脂肪ファントムSNR測定で、FatSATを強くするほどSNRが低下したのは、脂肪の信号値が低下し、画像全体の信号強度が低下したためであると考えられる。

物理評価ではFatSAT 0から30%の強度で、脂肪信号が、水および筋肉の信号と分離したが、視覚評価項目c.の脂肪・水・筋肉の比較ではFatSATが20%と30%のとき最も高得点となった。視覚評価項目a.脂肪・水の比較、および項目b.脂肪・筋肉の比較の結果からも分かるように、脂肪の信号強度が高すぎたり低すぎたりすると、水や筋肉の信号が、脂肪の信号と同等となってしまう。しかしFatSATが20%と30%では、水と筋肉の信号値のちょうど中間程度まで脂肪信号を低下させることができたため、最も水、脂肪、筋肉を分離できたと想定される。

視覚評価で、FatSATが20%と30%では得点の有意差はみられなかった。しかし、FatSATが弱いほどSNRが高くなることを考慮すると、よりSNRの高いFatSAT 20%で脂肪抑制をかける事が最も有用であると考えられる。

また、本研究では周波数選択的脂肪抑制法であるFatSATを用いたが、この脂肪抑制法は磁場の不均一に弱く、脂肪抑制が不均一にかかる場合があることに注意しなければならない。

撮像時間に関しては、FatSAT 20%の方が従来使用していたFatSAT 0%よりも30秒ほど延長してしまうが、一連の検査時間は20分程度であり、そのうちの数秒の延長にすぎず、ほぼ影響はないと考える。

結 語

以上の結果より、SNRをあまり低下させず、水、脂肪、筋肉の信号が最も分離するのは、FatSATが20%のときであった。FSE T2強調画像を、FatSAT 20%付きのFSE T2強調画像に置き換えることで、これまで困難であった水と脂肪の区別が容易になり、単一の画像で水、脂肪、筋肉が同時に評価可能になるため、読影のしやすさや、読影の質の向上に繋がると思われる。

今後、更なる画質の向上を目指すべく、研究を進めていきたい。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、御指導、御協力を頂きました福井総合病院放射線科岩崎俊子先生をはじめ、放射線課の皆様、被験者としてご協力頂いたボランティアの皆様、この場をお借りして厚く御礼を申し上げます。

著者全員に本論文に関連し、開示すべきCOI状態にある企業、組織、団体はいずれも有りません。

文 献

- 1) 百島祐貴, 押尾晃一. 一目でわかるMRI超ベーシック. 第1版. 東京: メディカル・サイエンス・インターナショナル; 2017. 30-31.
- 2) 荒木力. MRI「超」講義Q&Aで学ぶ原理と臨床応用. 第2版. 東京: メディカル・サイエンス・インターナショナル; 2003. 243-246.
- 3) 杉村和朗. 標準MRI画像・図から学ぶ基礎と臨床応用. 第1版. 東京: オーム社; 2007. 191.
- 4) 山崎信也. なるほど統計学とおどろきExcel統計処理. 改定第7版. 東京: 医学図書出版株式会社; 2013. 8-29.