

3D-VIBE 法を用いた乳腺 MRI における至適 flip angle と脂肪抑制法の検討

○井上 遊心、山根 正聡、藤本 昂也、中原 佑基、上田 康之、中村 敬子、上田 克彦
山口大学医学部附属病院 放射線部

【背景・目的】乳腺 MRI における 3D-VIBE 法の撮像条件に関する 3.0 T MRI での報告は少なく、撮像条件を検討することにより正常乳腺と病変とのコントラストの向上が期待される。そこで、3D-VIBE 法の脂肪抑制法および、至適 flip angle (FA) についてファントムを使用して基礎的な検討を行った。

【方法】装置は MAGNETOM Skyra 3T (SIEMENS)、コイルは body coil を使用した。ファントムは MRI ファントム 90-401 型 (日興ファインズ工業株式会社)、自作ファントム (寒天、蒸留水、Gd-DTPA) の 2 種類を使用した。

脂肪抑制法の検討については、SPAIR 法、CHESS 法の 2 法とし、それぞれ FA を 5～90° まで変化させて撮像を行い、オイルの信号強度比を比較した (式 1)。ここで、 S_{none} を脂肪抑制なしの平均信号値、 S_{fatsat} を脂肪抑制ありの平均信号値とした。

ファントムは、MRI ファントムのホルダー内にオイルで満たした小型容器を配置したものを使用した。

$$\text{signal ratio} = (S_{none} - S_{fatsat}) / S_{none} \cdots (1)$$

FA の検討については、脂肪抑制法に SPAIR 法を使用し、FA を 5～90° まで変化させて撮像を行い、正常乳腺を模擬した試料に対する各 Gd 濃度試料の CNR を算出した。

CNR の算出には組織間測定法を使用した (式 2)。ここで、 S_A を正常乳腺の試料の平均信号値、 S_B を各試料の平均信号値、 S_{air} を空中の平均信号値とした。

ファントムとして、Gd 濃度を変化させ正常乳腺の T1 値、T2 値を模擬した試料 (Gd 濃度 0.01%) と、造影された組織を模擬した試料 (Gd 濃度 0.05%、0.2%、0.4%) を作成した。作成した試料をオイルで満たした円柱容器に封入し作成した。

$$\text{CNR} = \{(S_B - S_A) / (S_B + S_A)\} / S_{air} \cdots (2)$$

【結果】SPAIR 法と CHESS 法の 2 法について検討を行った結果、FA15° 以降で SPAIR 法が CHESS 法に比べて信号強度比が高くなった (Fig.1)。

FA を 5～90° まで変化させた結果、CNR は全ての Gd 濃度の試料において FA35° 以降で一定となった (Fig.2)。

【考察】脂肪抑制法の検討において、SPAIR 法は CHESS 法よりも脂肪の試料の信号強度比が高いことから、SPAIR 法の脂肪抑制効果が高いといえる。SPAIR 法は脂肪信号に対して、周波数選択的に 180° パルスを与え、脂肪信号が null point となるタイミングで撮像している。180° パルスを使用することで、磁場不均一の影響を受けにくくなり、SPAIR 法は CHESS 法に比べ高い脂肪抑制効果が得られたと考える。

FA の検討においては、正常乳腺の試料に対する各 Gd 濃度の試料の CNR が高く一定となる FA35° 以降が適切であると考え、SAR の影響を考慮すると至適 FA は 35° であると考えた。

【結語】ファントムを用いた物理評価より、3D-VIBE 法を用いた乳腺 MRI において、脂肪抑制法は SPAIR 法が有用であり、至適 FA は 35° である。

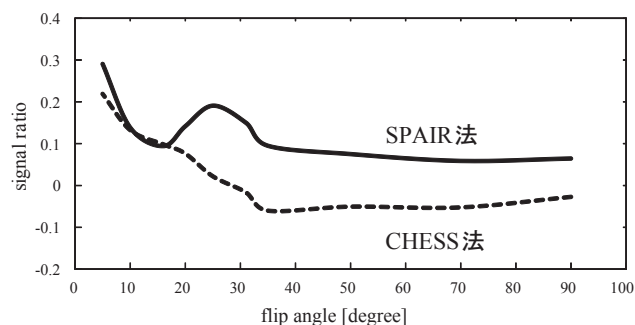


Fig.1 各脂肪抑制法による信号強度比

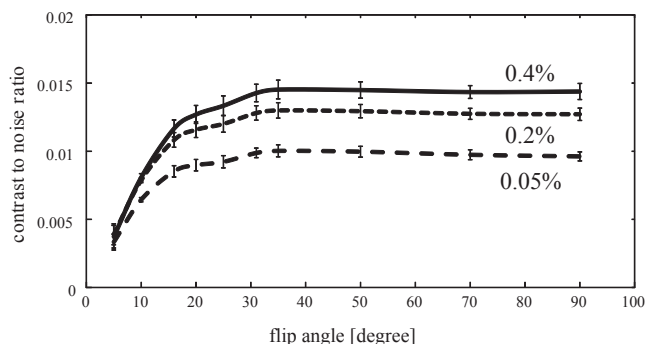


Fig.2 正常乳腺の試料に対する各試料の CNR

○山崎 達也、小川 和郎、石森 隆司、井手 康裕、加藤 耕二
香川大学医学部附属病院 放射線部

【背景】Volume ISotropic Tse Acquisition (VISTA) は、従来の3D-Turbo Spin Echo (TSE) よりも高速で高コントラストの画像が得られる撮像シーケンスである。パラメータの設定により様々なコントラストの画像を得る事が可能であり、多くの領域に臨床応用されている。

脂肪抑制はMRIの診断において重要な役割を担っており、共鳴周波数の差を利用する方法や2項パルスを使用する方法等、数種類が存在する。

【目的】VISTAのT1WIにおいてパラメータを変化した際の脂肪抑制画像について基礎的検討を行った。

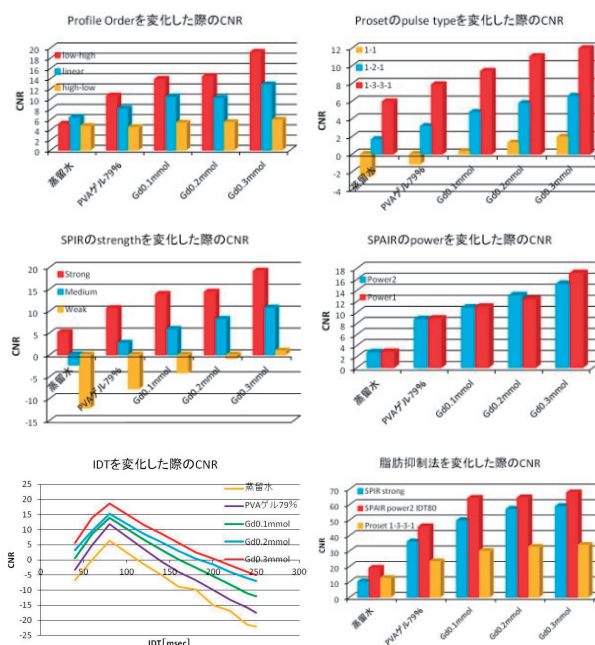
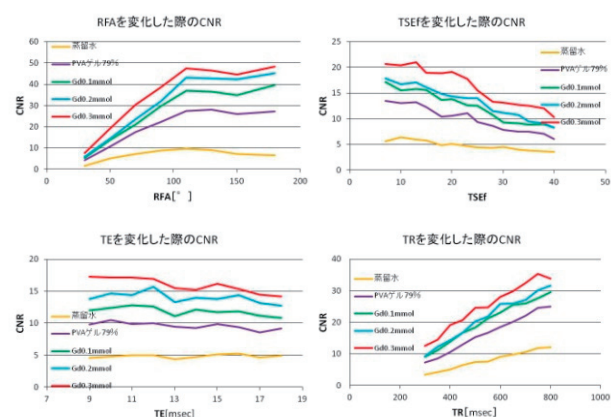
【方法】使用機器はMRI装置：InteraAchieva1.5T、Coil：8CH HeadCoil (PHILIPS社製)、ファントム：MRIファントム90-401型 (日興ファインズ) を用いた。ベビーオイルと蒸留水をそれぞれ封入した90-401型ファントムのコントラストセクションを、パラメータを変化させて撮像した。検討したパラメータ：Refocusing Flip Angle (RFA)、TSE factor (TSEf)、TE、TR、Profile Order (low-high・linear・high-low)、SPIRのstrength、SPAIRのpower、Prosetのpulse type、SPAIRのInversion Delay Time (IDT)、Frequency Offset、脂肪抑制法 (SPIR・SPAIR・Proset)

得られた画像について、各試料にそれぞれROIを設定し、平均信号値とその標準偏差を測定した。下記のEU法の式(A)よりコントラスト雑音比(CNR)を求め、脂肪抑制画像について比較検討した。

$$CNR = (S_x - S_{\text{Baby Oil}}) / (SD_x^2 + SD_{\text{Baby Oil}}^2)^{1/2} \quad \text{--- (A)}$$

 S_x ：各試料の平均信号値、 $S_{\text{Baby Oil}}$ ：ベビーオイルの平均信号値、 SD_x ：各試料の平均信号値の標準偏差、 $SD_{\text{Baby Oil}}$ ：ベビーオイルの平均信号値の標準偏差
 ベビーオイルとのCNRを求めた試料：蒸留水、 Gd^{3+} 0.1 mmol・0.2 mmol・0.3 mmol、PVAゲル79%

【結果】



【考察】RFAは大きくなるに従い平均信号値が上昇したためCNRが高くなった。120°より大きくなると平均信号値の上昇の程度が小さくなり、そのバラつきが増加したため、CNRに変化が見られなかった。TSEfが多くなるに従いCNRが低下したのは、ブラーリングの増加に伴い平均信号値の低下とその前後のバラつきが増加したためである。TEが増加するに従いCNRが低下した理由は、T2緩和の影響によるものと考えられる。TRが増加するに従いCNRが増加したのは、T1緩和の回復が進んだためである。Profile Orderではlow-high・linear・high-lowそれぞれで最短の実効TEが異なる。そのため3つの中で最短のTEが設定可能なlow-highのCNRが高くなった。Frequency OffsetとSPAIRのpowerにおいてCNRに変化が見られなかったのは、磁化率の影響が少ない均一なファントムを使用したためだと推測される。IDTはSPAIRのTRに依存し、設定によっては脂肪の信号が抑制されない場合もあるため、SPAIRのTRに応じて適切な値を選択する必要がある。

【結論】VISTAのT1WIにおける脂肪抑制画像について基礎的検討を行った。今回の検討でパラメータを変更した際の脂肪抑制画像について把握することができた。CNRが最も高かった撮像条件は、SPAIRでRFA 120°・TE9msec・Profile Orderはlow-highであった。TRとTSEfは撮像時間等に影響するため、それらを考慮した上で設定する必要があると考えられる。

○岡杖 俊也、山下 栄二郎、橋本 伸生、山田 聖悟、赤島 啓介、山根 武史
鳥取大学医学部附属病院

【背景】3T MRI 装置では、ケミカルシフトの増大により水と脂肪の分離能が向上する。しかし、高い共鳴周波数では、RF 磁場不均一が増加する傾向もあるため、従来法である CHESS 法では信号ムラをしばしば経験している。近年、新しい脂肪抑制技術として Dixon 法をベースとした撮像法も臨床応用されている。

【目的】Dixon 法をベースとした IDEAL 法と CHESS 法を自作ファントムおよびボランティア画像を用いて基礎的検討を行った。

【方法】GE 社製 Discovery 750W 3T MRI 装置にて、食用油の周りに磁化率の異なる試料を封入した自作ファントムを撮像した。撮像条件は T1WI (TR = 500 ms、TE = 9.8 ms、ETL = 3)、T2WI (TR = 4000 ms、TE = 80、ETL = 20) とし、CHESS 法と IDEAL 法を併用した。撮像した画像に ROI をとり (Fig.1、Fig.2)、信号ムラおよび CNR を以下の式より求め、評価した。

$CV = SD/\bar{x}$ CV : 変動係数、SD : ROI 内の標準偏差
 $\bar{x}$: ROI 内の平均値

$CNR = (SI_1 - SI_2) / SD_3$ SI_n : 各 ROI 内の信号値、
 SD_3 : ROI₃ の標準偏差

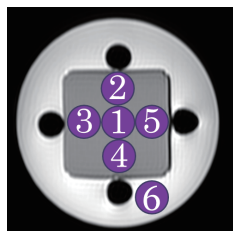


Fig.1 CV のための ROI

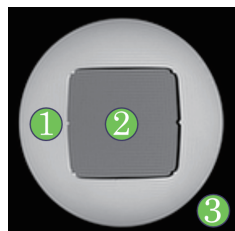


Fig.2 CNR のための ROI

また、同意の得られた健常ボランティアの頸部領域を同様な方法で撮像し、臨床応用を試みた。

【結果】

撮像時間は、plain と CHESS 法では T1WI が 1 分 30 秒、T2WI が 1 分 4 秒だったのに対し、IDEAL 法では T1WI が 4 分 30 秒、T2WI が 3 分 12 秒と、3 倍に延長した。

CHESS 法の変動係数は、低い磁化率の試料から高く、T1WI では 1 %、T2WI では 1.5 % から急激に高くなった。IDEAL 法の変動係数は、2 % で高くなっているが、T1WI および T2WI において CHESS 法に比べ 1/3 以下だった。(Fig.3)

IDEAL 法と CHESS 法におけるコントラスト比については、IDEAL 法の方が高かった。(Fig.4)

以上の結果より、試料の磁化率が高くなるにつれ信号ムラが生じているが、IDEAL 法は CHESS 法に比べ、変動係数が低いため、精度の高い脂肪抑制効果が得られた。

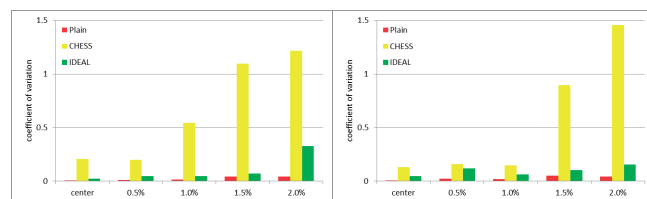


Fig.3 変動係数 (左 : T1WI、右 : T2WI)

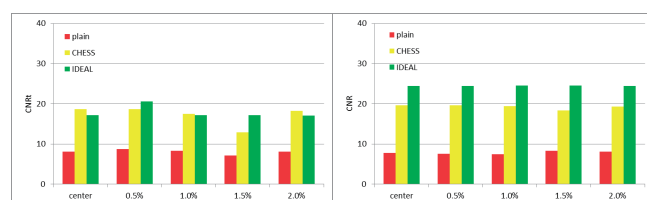


Fig.4 CNR (左 : T1WI、右 : T2WI)

ボランティア撮像では、磁化率の変動が大きい頸部領域においても、IDEAL 法は、安定した脂肪抑制画像が得られた。また、撮像シーケンスおよび撮像方向についても著しい画像劣化等は見られなかった。(Fig.5)

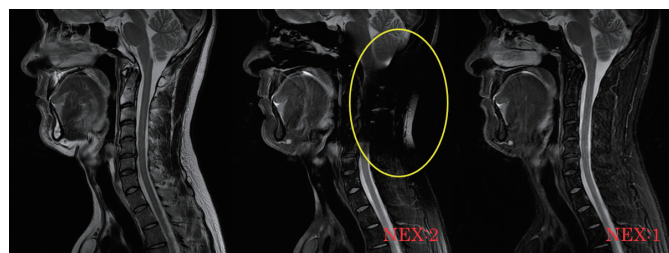


Fig.5 ボランティア頸部 T2WI
(左 : plain、中央 : CHESS、右 : IDEAL)

【考察】ファントム実験およびボランティア撮像より IDEAL 法は、CHESS 法に比べ磁化率の変動する箇所においても安定した脂肪抑制効果を得ることができると考える。また、コントラスト比についても問題ないと思う。

IDEAL 法を用いることで通常よりも撮像時間が 3 倍に延長する。しかし、3T MRI では、パラレルイメージングなどの併用によって、劣化を感じさせない画像を短時間で撮像が出来るため臨床でも有用だと考える。

【結語】IDEAL 法は撮像時間の延長があるものの、CHESS 法と比較すると安定した脂肪抑制画像が得られる撮像法であった。