

脊椎MRIにおける 各種脂肪抑制法の比較検討

公益財団法人 星総合病院

放射線科 渡邊 美香

背景

MRIは低コントラスト分解能に優れ、脊椎MRIにおいては椎間板、髄膜、脊髄などの組織コントラストが高いことから病変の描出に最適である。

診断に有用な画像を撮像するためには脂肪抑制が欠かせない。

しかし、脊椎は磁場の不均一を生じやすい部位である。また、インプラント等の金属も磁場の不均一を生じやすく、脂肪抑制が不良になることが多い。

目的

診断に有用なMRI画像を撮像するために、一般的に脊椎に用いられる脂肪抑制法について比較検討する。

今回、MRI装置に搭載されている3種類の脂肪抑制法を用いる。

脂肪抑制法

■ Fat sat (fat saturation)

水と脂肪のプロトンの周波数の違いを利用し、脂肪の信号のみを選択的に抑制。

■ STIR (short TI inversion recovery)

水と脂肪の縦緩和時間の違いを利用し、脂肪の信号がnull pointとなった時に撮像。

■ IDEAL (Iterative Decomposition of water and fat with Echo Asymmetry and Least-squares estimation)

水と脂肪の周波数の位相差を利用する3point Dixon法に非対称TEと磁場の不均一を計算するフィールドマップを加えた方法。

方法

【実験1】自作ファントムを用いてSNR(signal to noise ratio)と信号強度比を求める。

【実験2】寝台中心(center)と寝台中心から13.5cm離れた位置(off center)におけるSNRと信号強度比を求める。

【実験3】インプラントを自作ファントムに挿入し, SNRと信号強度比を求める。また, 視覚評価を行う。

【実験4】臨床画像について比較検討する。

信号対雑音比(SNR)と 信号強度比の求め方

$$\text{SNR} = (S/SD) \times \sqrt{2}$$

S: 信号 SD: 標準偏差

同ースライス面の連続2画像において
差分法を用いた

$$\text{信号強度比} = S(\text{試料}) / S(\text{水})$$

使用機器・試料

- MRI : Signa HDxt 1.5T GE 社製
- コイル : 8ch CTL spine coil GE 社製
- 自作ファントム : 5種類の溶液(水,油含有率25%,50%,75%,油)をPVAの間に入れて作製
- インプラント : Legacy5.5

メトロニックソファモアダネック社

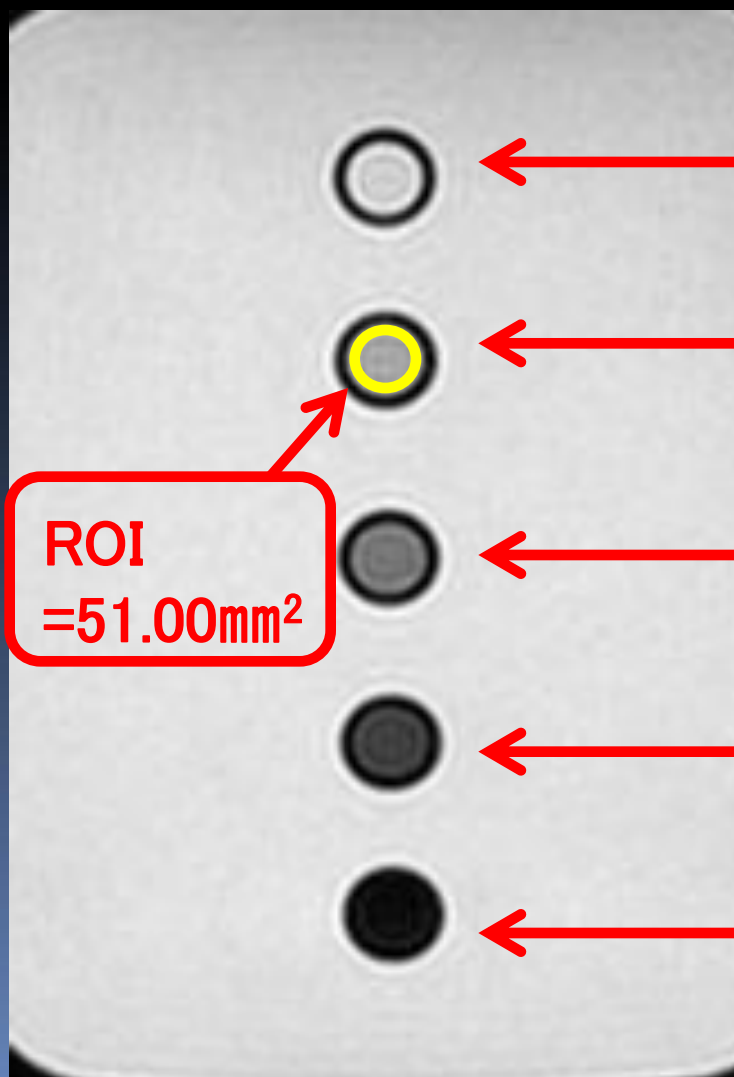
自作ファントム

自作ファントム

自作ファントム
インプラント挿入時



自作ファントム画像



水

油含有率25%水溶液

油含有率50%水溶液

油含有率75%水溶液

油

自作ファントム撮像条件

	Fat sat	STIR	IDEAL
TE(ms)	105	100	105
TR(ms)	3000	3000	3000
IT(ms)		150	
ETL	8	8	8
BW(kHz)	25	25	25
FOV(cm)	25	25	25
スライス厚(mm)	10	10	10
加算回数	2	2	2
マトリクス	256 × 256	256 × 256	256 × 256

■室温: 26°C

頸椎撮像条件

	Fat sat	STIR	IDEAL
TE(ms)	85	20	85
TR(ms)	2800	4000	3400
IT(ms)		150	
ETL	17	15	14
BW(kHz)	22.73	25	50
FOV(cm)	24	24	24
スライス厚(mm)	3	3	4
加算回数	3	4	2
マトリクス	256 × 256	256 × 256	256 × 256

■室温: 26°C

結果【実験1】

自作ファントムにおけるSNRと信号強度比

Fat sat



STIR



IDEAL



結果【実験1】

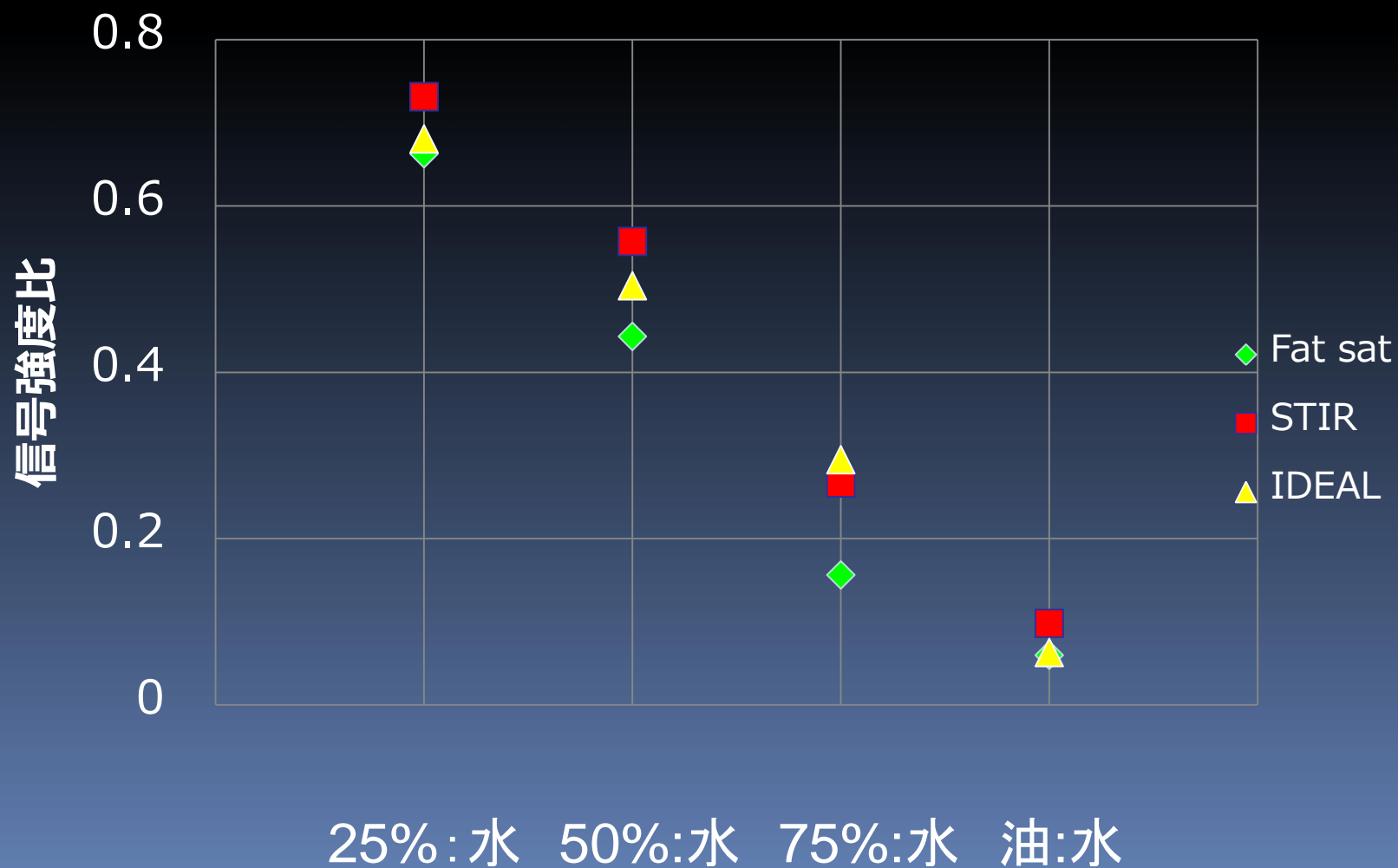
自作ファントムにおけるSNR



IDEAL > Fat sat > STIR

結果【実験1】

自作ファントムにおける信号強度比



結果【実験2】

center, off centerにおけるSNRと信号強度比

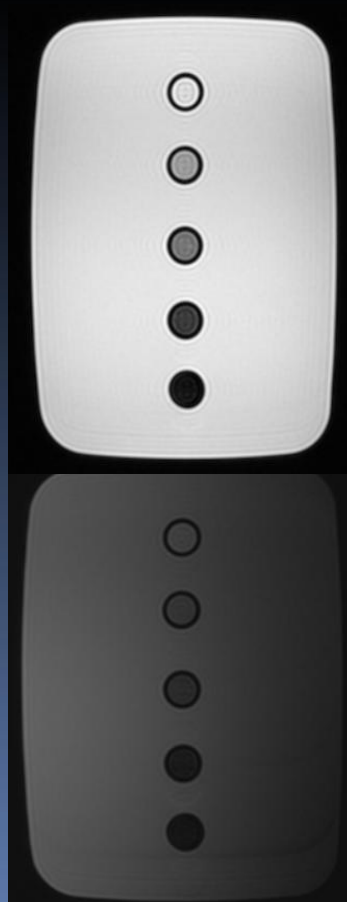
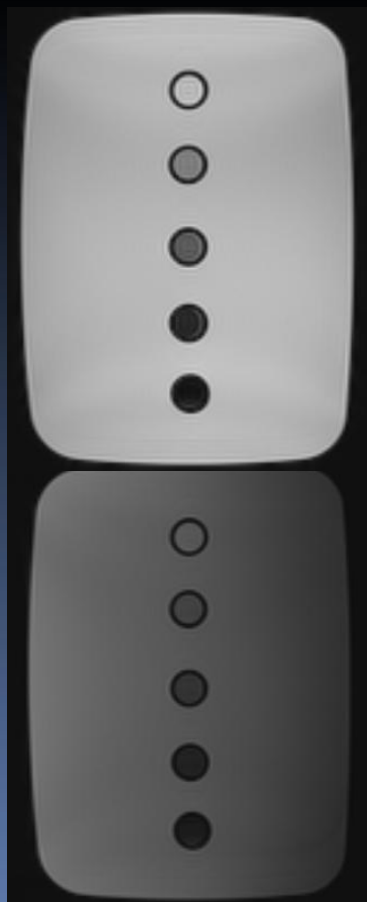
Fat sat

STIR

IDEAL

center

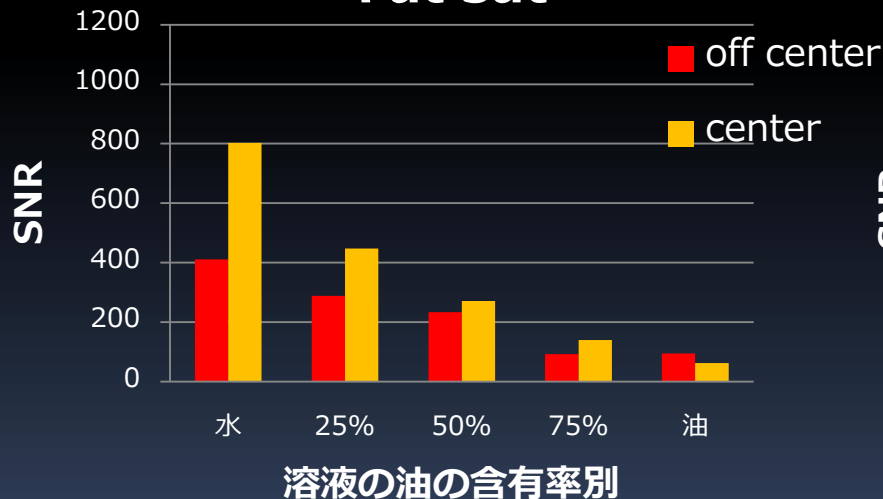
off center



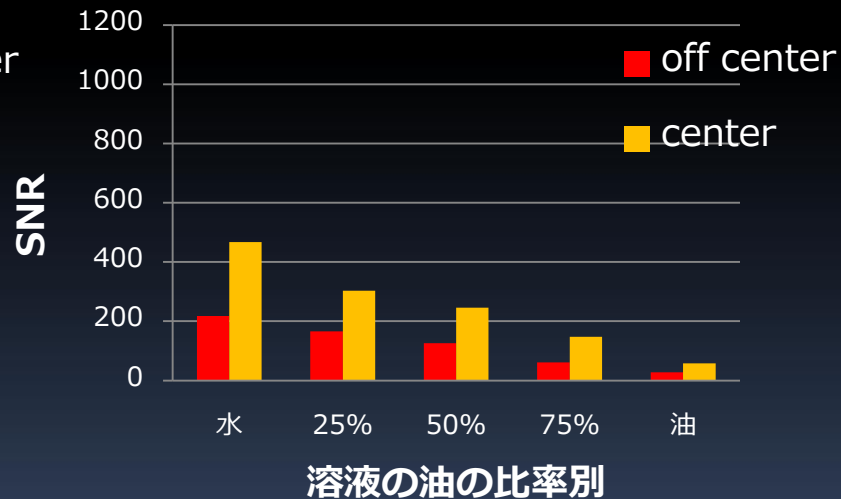
結果【実験2】

center , off centerにおけるSNR

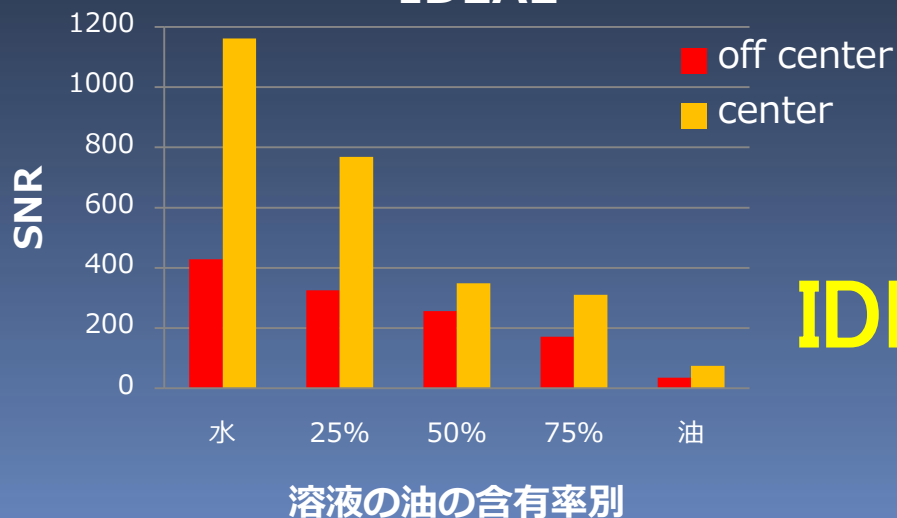
Fat sat



STIR



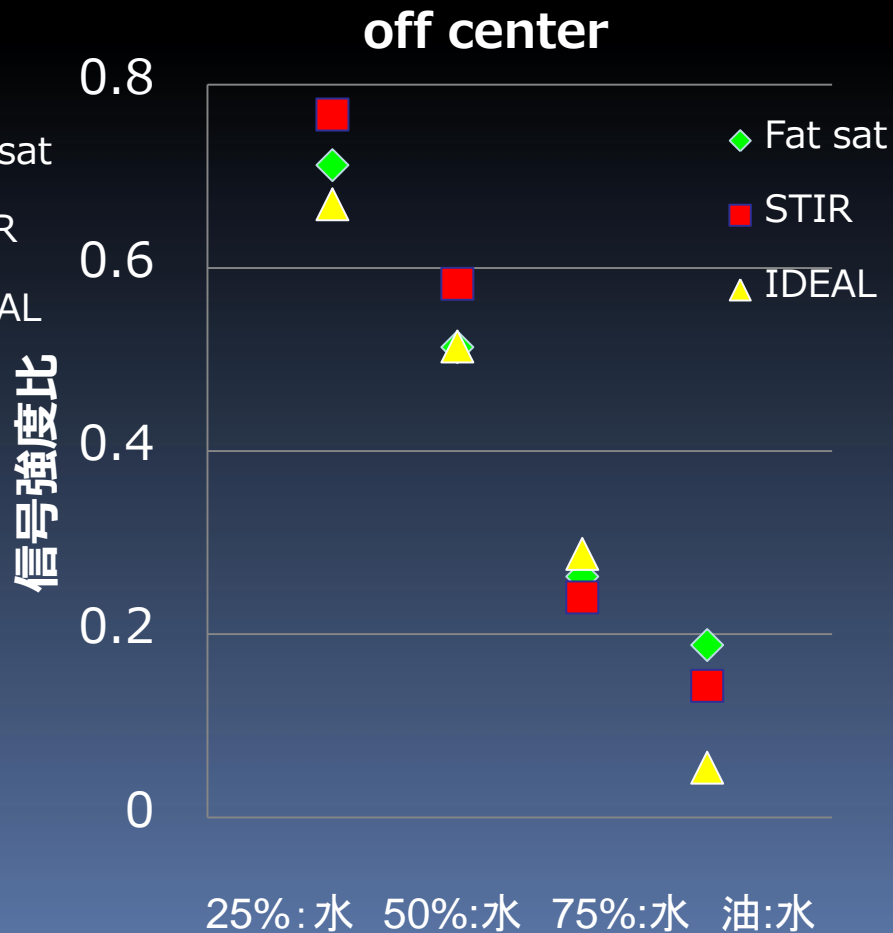
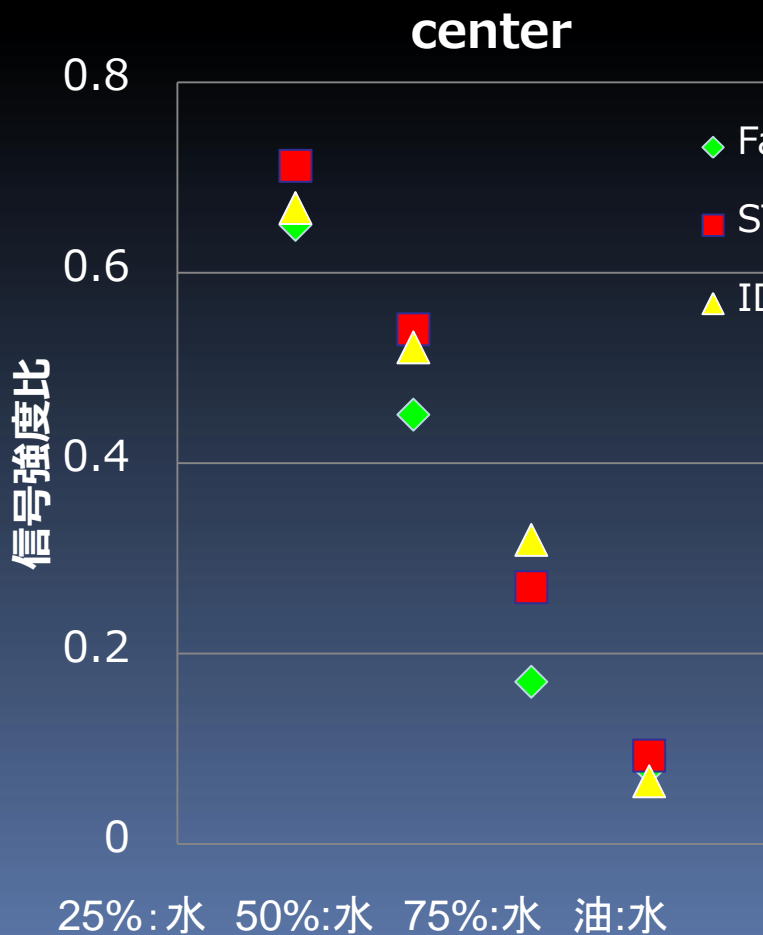
IDEAL



IDEAL > Fat sat > STIR

結果【実験2】

center ,off centerにおける信号強度比



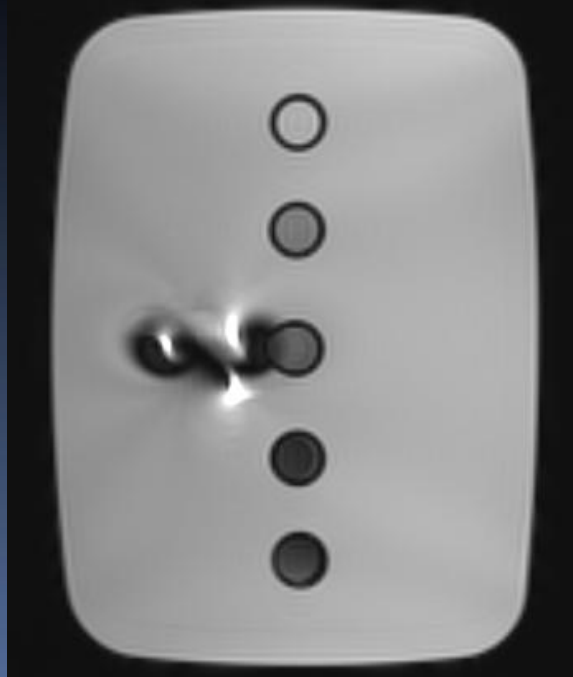
結果【実験3】

インプラントを差し込んだときの視覚評価

Fat sat

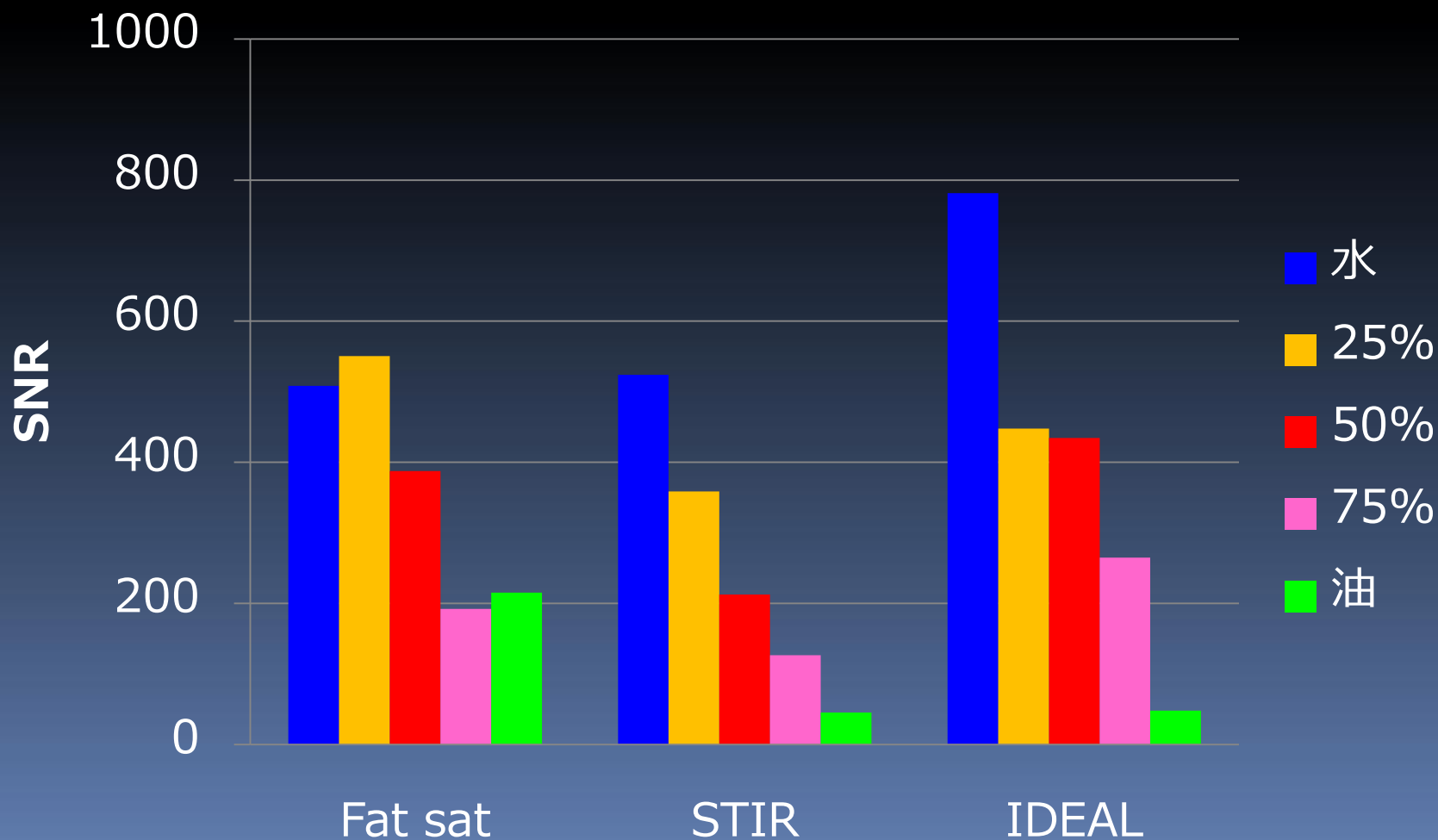
STIR

IDEAL



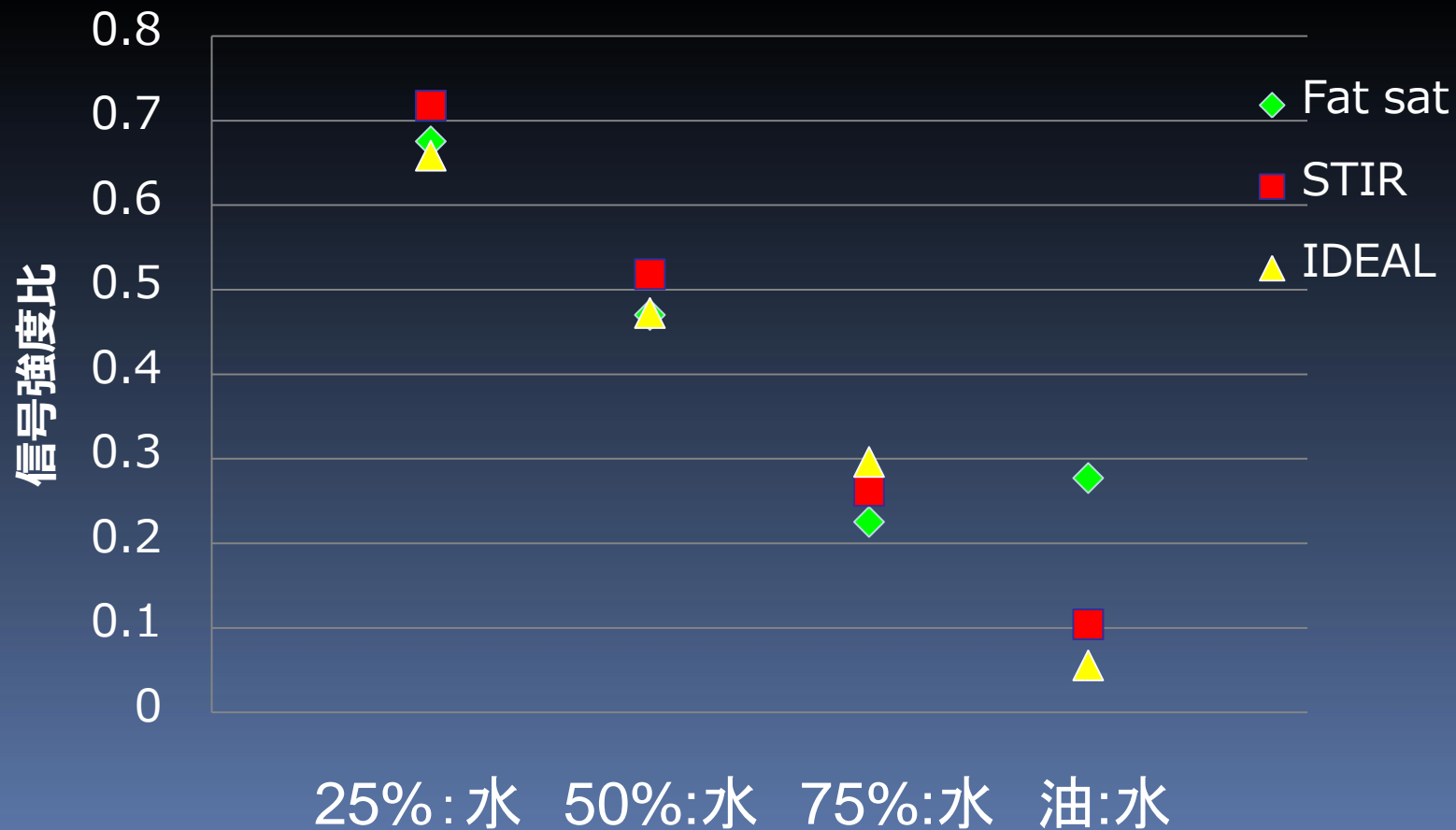
結果【実験3】

インプラントを差し込んだときのSNR



結果【実験3】

インプラントを差し込んだ時の信号強度比



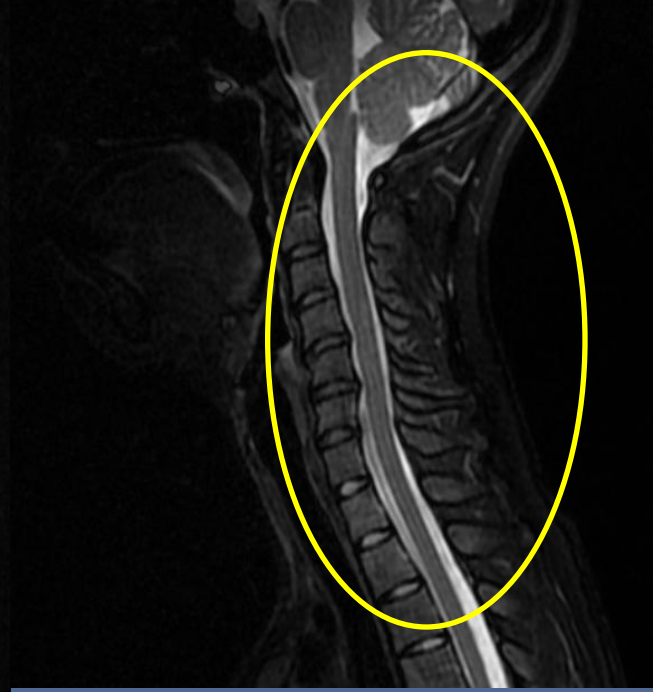
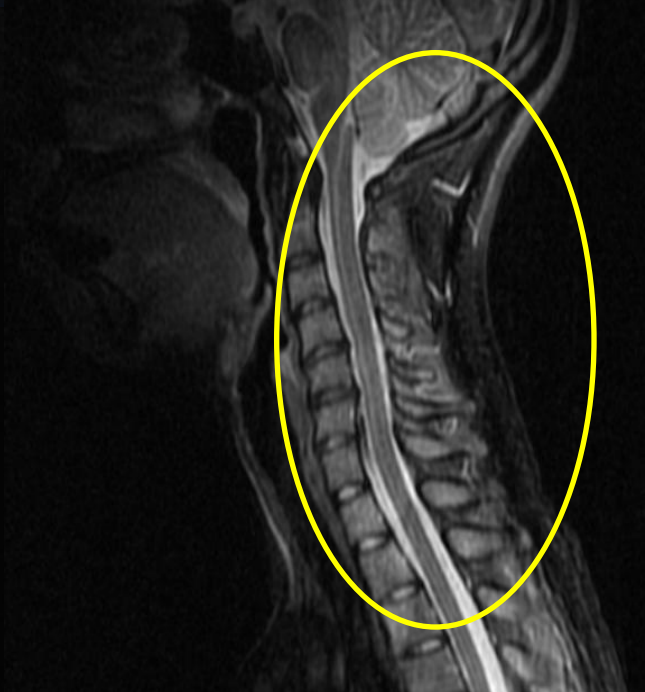
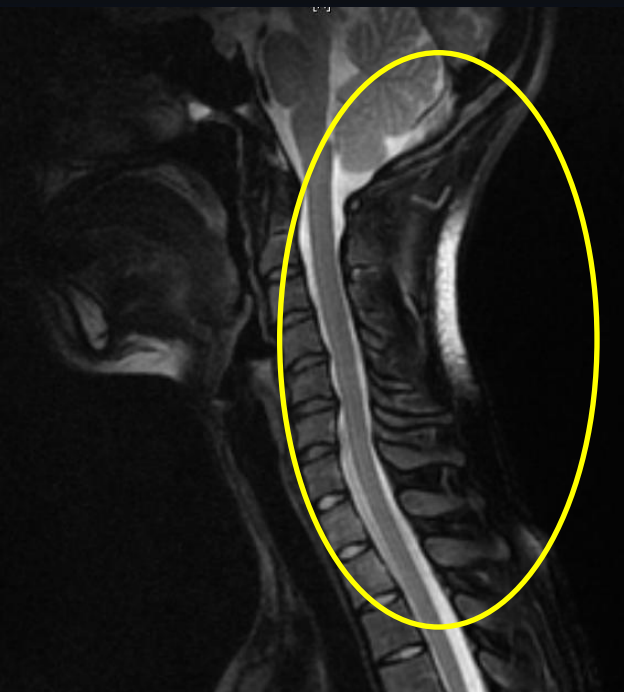
結果【実験4】

臨床画像における視覚評価

Fat sat

STIR

IDEAL



撮像時間

2分

3分4秒

5分6秒

結果のまとめ

■ center, off centerにおける比較について
⇒ SNRは高い方が良く, SNRは

IDEAL > Fat sat > STIRの順に高かった.

⇒ 信号強度比は低い方が脂肪抑制に優れていると言える.

信号強度比は **center** のときは **Fat sat**

off center のときは **IDEAL** が低かった.

結果のまとめ

■インプラント挿入時の脂肪抑制

⇒インプラントによる磁場の不均一がある場合、
Fat satは脂肪抑制が不良となった。

■頸椎撮像における脂肪抑制

⇒頸椎の臨床画像では**IDEAL**が脂肪抑制，コントラストともに優れていた。

考察

■Fat satにおけるoff centerでの油のSNRがcenterよりも高くなった.

⇒中心周波数のずれにより脂肪抑制がかからなかったため.

■インプラントを差し込んだときのFat satの脂肪抑制が不良だった.

⇒金属により磁場の不均一を生じ, 中心周波数がずれ, 抑制することができなかったため.

結語

- 今回はGE社のMRI装置に搭載されている脂肪抑制法において脊椎撮像の比較検討を行うことができた。
- 脊椎MRI検査の脂肪抑制法にはIDEALが有用である。しかし、撮像時間が長いため、撮像目的と患者さんの状態によって方法を変えることが必要だと考える。

当院における 脂肪抑制の比較検討

当院での脂肪抑制

当院のMRI装置

PHILIPS ingenia 1.5T

■ STIR (short TI inversion recovery)

水と脂肪の縦緩和時間の違いを利用し、脂肪の信号がnull pointとなった時に撮像。

■ SPIR (Spectral inversion recovery)

選択的に脂肪信号だけを 110° 反転させ、null point到達時に撮像。

■ SPAIR (Spectral Attenuated inversion Recovery)

選択的に脂肪信号だけを 180° 反転させ、null point到達時に撮像。

■ PRO SET

選択的水励起法

⇒今回は頰椎の脂肪抑制に適したSTIR、SPIR、SPAIRを比較した。

なお、今回は卒業研究と同様T2WIでの比較とする。

撮像条件

	STIR	SPIR	SPAIR
TE(ms)	70	120	120
TR(ms)	2500	3000	3000
IT(ms)	160		160
TSE	20	33	33
BW(kHz)	240.3	230.3	230.3
FOV(cm)	20.1	20.1	20.1
スライス厚(mm)	3	3	3
加算回数	1	2	2
マトリクス	208×208	208×208	208×208

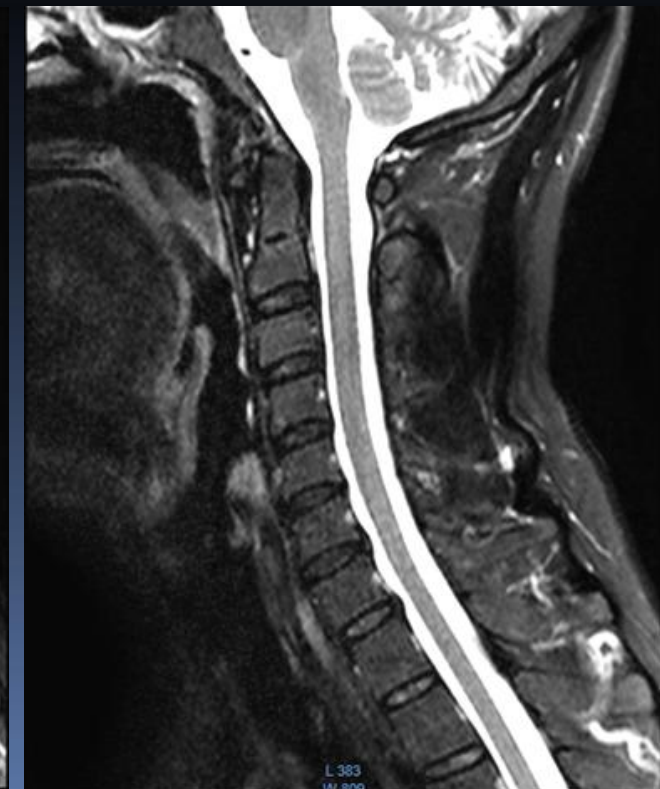
SPAIR TR 500 (ms)

撮像結果

STIR

SPIR

SPAIR



撮像時間

2分

3分

3分

考察

SPIRは脂肪抑制にムラがある

⇒SPIRは脂肪を 110° 反転させている。反転しきれていない脂肪は信号として画像に反映されてしまったためムラができたと考える。

考察

SPAIRはSPIRと比較すると均一性は高いが、ムラができてしまっている

⇒SPIRとSPAIRは選択的脂肪抑制法である。磁場の均一が悪いところでは中心周波数がずれてしまう。脂肪を選択的に反転させる2法は、中心周波数がずれてしまうことで脂肪だけを反転できなくなる。

また、SPAIRは特有のSPAIR TRを持ち、このSPAIR TRの値によりTI delayの値を適正化させなければならない。

この2点がSPAIRの脂肪抑制の効果を妨げている要因だと考える。

考察

STIRが3画像のなかではムラが少ない画像となった。

⇒STIRは水と脂肪の両方の信号を反転させるため、3法の中では磁場の不均一なところでも効果的である。

結語

磁場の不均一な頸椎での脂肪抑制において、現段階ではSTIRが有効だ。しかし、脂肪抑制が完全ではないためTI delayの適正化を行う必要がある。

今後、中心周波数のずれの対策としてfrequency offset の設定、SPAIRが持つ特有のSPAIR TRの違いにおける適切なTI delayを求めることが課題である。