

脳動脈瘤クリップにおける磁化率アーチファクトの角度依存性の検討

新潟大学医歯学総合病院 診療支援部放射線部門

○金沢 勉 (Kanazawa Tsutomu) 内藤 健一 (Naito Kenichi) 斉藤 宏明 (Saito Hiroakii) 粥川啓廣 (Kayugawa Akihiro)

新潟労災病院 放射線部

岩崎 友也 (Iwasaki Tomoya)

新潟大学大学院保健学研究科

大久保真樹 (Ohkubo Masaki) 木村元政 (Kimura Motomasa)

【はじめに】

近年、磁化率の差を積極的に利用する撮像法が中枢神経領域において多用されるようになり、脳動脈瘤クリッピング術後の経過観察等の検査では、磁化率アーチファクトが大きな障害となる。また日常検査の中で同じ条件で撮像しているにも関わらず、磁化率アーチファクトの範囲が変化して見えることを、しばしば経験する。一般的に磁化率アーチファクトが変化する因子としては、磁性体の磁化率や静磁場強度、撮像条件ではパルスシーケンスやTE、ボクセルサイズ、バンド幅(BW)などが挙げられるが、さらに、静磁場(B_0)方向に対する脳動脈瘤クリップのなす角度に要因があると考えている。

今回、磁化率アーチファクトによる画像歪みの影響が B_0 方向に対する脳動脈クリップの長軸方向とのなす角度に依存するか、測定し検討を行ったので報告する。

【方法】

1.5T MRI装置にて、京都科学社製のMRI頭部容器ファントムNH型とチタン合金の脳動脈クリップを用い磁化率アーチファクトの範囲を測定した。検討方法は、TSE法、FFE法にてバンド幅を変更した場合と、TSE法にてエコートレインレングス(ETL)を変更した場合で測定を行った。また、各パルスシーケンスにて、脳動脈クリップを水平から垂直まで5段階に角度を変えて測定を行った。撮像条件はTable 1に示す。

Table1 撮像シーケンス

	Q-body coilによる計測			
	SE	TSE	FFE	T1FFE
TR/TE(msec)	300/13	3000/100	150/14	23/6.9
FA(°)	80	130 Refocus c	25	17
ETL	-	15	-	-
Matrix scan	300	308	300	304
Scan percent(%)	100	100	100	100
FOV(mm)	300	300	300	300
RFOV(%)	100	100	100	100
Slice Th(mm)	8	8	8	1
Slices	1	1	1	15
BW(Hz)	217.9	218.6	216.8	217.1
Scan duration(ms)	3:01	2:06	1:30	2:03

評価方法は、磁化率アーチファクトの影響によって低信号および高信号に描出された領域のピクセル数を磁化率アーチファクトの範囲としてカウントする定量評価を行った。カウント方法は、バックグラウンド(BG)とクリップ部に50ピクセルのROIをそれぞれ設定し、クリップ部のROIにて、BG-ROIの平均値の±SD以外の信号強度を持つピクセル数を拾い上げた。

【結果】

1. TSE法、FFE法におけるBW、ETLと磁化率アーチファクト

TSE法に比べFFE法の方が、全てのBWで磁化率アーチファクト領域が大きく、BWを220Hzから720Hzへ広帯域にすると、TSE法では約12%、FFE法で約6%磁化率アーチファクト領域は狭くなった

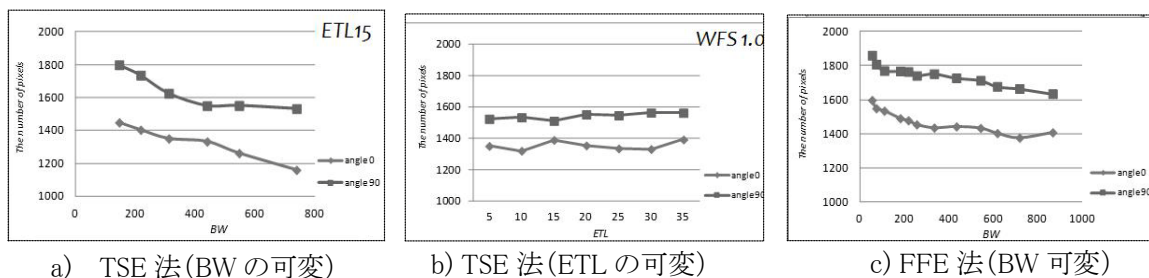


Fig.1 BW・ETL と磁化率アーチファクトの関係

(Fig.1a,c)。また、TSE法において、BW、エコースペース(ES)を一定にしETLを変化させた場合、磁化率アーチファクト領域は変わらなかった(Fig.1 a,b)。

2. B_0 に対する脳動脈瘤クリップの長軸方向とのなす角度による磁化率アーチファクト

各撮像法において、クリップが B_0 に対して角度が大きくなると、磁化率アーチファクト領域は大きくなり、なす角度が $0^\circ \sim 90^\circ$ で、SE系が2.3倍、GE系が1.5倍となり、いずれのシーケンスでも B_0 と垂直で最大となった。またSE系に比べGE系の撮像法は、磁化率アーチファクト領域が2.5~3倍ほど大きくなった。

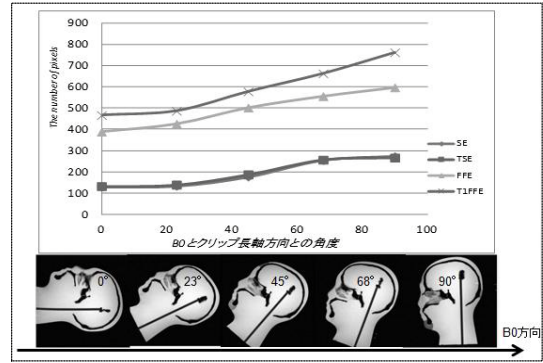


Fig.2 B_0 とクリップ長軸方向との角度による磁化率アーチファクト

【考察】

MRIにおける磁化率アーチファクトは回避することの出来ないアーチファクトであるが、軽減させるために、さまざまなパラメータの最適化が行われている。今回、パルスシーケンスの違いについても検討したが、SE系に比べGE系でアーチファクトが大きくなった。これはGE系に比べSE系は再収束 180° パルスを用いることで、磁場の不均一を補正するためである。しかし、再収束 180° パルスを多用するTSE法でSE法と磁化率アーチファクトの範囲に変化が無かったことから、再収束 180° パルス数と磁化率アーチファクトの範囲には関係が無いことが分かる。したがって検討結果より磁化率アーチファクトは、SE法とTSE法の比較ではBWのみに依存しているといえる。一般的にTSE法が磁化率アーチファクトの影響が小さく見えるのは、TSE法では短いESで繰り返し 180° パルスを印可するためBWが広帯域に設定されているためと考えられる。また、SE系では測定できなかったが、FFE法ではBWが100Hz以下になると急激に磁化率アーチファクトの領域が大きくなることから、ある程度広帯域のBWを設定しなければならないことが理解出来る。

B_0 と脳動脈瘤クリップの長軸方向とのなす角度に関しては、磁化率アーチファクトによる高信号、無信号領域に角度依存があり、 B_0 方向に対し平行よりも垂直にクリップを配置した場合に、磁化率アーチファクト領域が大きくなった。これは、 B_0 方向に対し水平ではクリップの長軸方向の両端に電荷が集中するが、垂直ではクリップの側面に電荷が分布し、それにより磁力線の密度が変化することで、 B_0 を乱していると考えている。そこで、脳動脈瘤クリップによる B_0 の乱れをシミュレーションによって可視化をした。Fig.3左上の図では B_0 方向に水平に常磁性体金属を配置した場合、右上の図は B_0 方向に垂直に常磁性体金属を配置した場合の B_0 の変化を見たものであり、下段はその変化をグレースケールにて絶対値表示したものである。これからも B_0 方向に走行する磁力線に向かう常磁性体金属の面積が大きい方が B_0 の乱れが大きいことが分かるが、この B_0 の乱れが磁化率アーチファクトを引き起こしている。したがって、 B_0 方向から見て常磁性体金属部分の面積が大きいほど磁束密度の変化が大きくなることで、磁化率アーチファクト領域が大きくなることがシミュレーションからも考えられた。

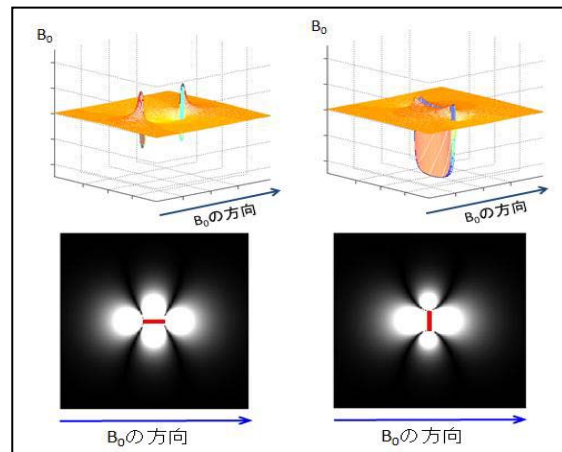


Fig.3 磁化率アーチファクトのシミュレーション画像

【まとめ】

脳動脈瘤クリップを用いて磁化率アーチファクトに対する検討を行った。磁化率アーチファクトの影響を低減させるには、BWが非常に重要であることが再認識された。また、 B_0 方向に対する脳動脈瘤クリップの長軸方向の角度が、磁化率アーチファクト領域に対し、依存性があることが本検討で示唆された。これは磁化率アーチファクト低減の一手段として用いることが出来ると考えられる。