



Title	MRI画像におけるTE短縮の影響
Author(s)	竹下, 亜実
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/96008
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (竹 下 亜実)

論文題名

MRI画像におけるTE短縮の影響

論文内容の要旨

【緒言】

MRIは強力な磁場と電波を用いて断面画像を得るものである。MRI撮像は電離放射線被曝を伴わず、軟部組織間コントラストが高いこと、などの利点がある。しかしながら、MRIには撮像シーケンスによっては撮像時間が長いこと、体動や磁化率などのアーチファクトにより画質が低下すること、などの欠点がある。

短いTRと短いTEを組み合わせて組織のT1時間の因子を強調するT1強調画像、長いTRと長いTEを組み合わせて組織のT2時間の因子を強調するT2強調画像、長いTRと短いTEを組み合わせて水素原子核（プロトン）の密度のみを強調するプロトン密度強調画像がMRIの3つの基本的な撮像法である。また、エコー信号を得る方法によって、スピンエコー法（SE法）とグラジエントエコー法（GRE法）がある。

口腔領域にはさまざまな金属が存在するため、MRI撮像では磁化率アーチファクトが大きな問題となる。磁化率アーチファクトを低減する方法は様々なものが研究されているが、GRE法よりSE法を用いる、同じSE法であれば従来型のSE法（CSE法）より高速SE法（FSE法）を用いる、同じ撮像シーケンスであればTEを短くする、などが提案されている。しかしながら、磁化率アーチファクトへのTE短縮の影響に関する先行研究では、磁化率アーチファクトをデジタル計測していないため、アーチファクトの評価が客観的でない研究、金属設置前後の中心周波数、送信パルスの出力、および受信感度を同一にしていない研究、TRが一定でないものを比較した研究など、正確に磁化率アーチファクトを評価していない研究が多かった。さらには、TEを変化させることで画像のコントラストが変化し、画像診断に悪影響を及ぼす可能性がある。

【目的】

本研究は、先行研究の手法上の問題点をすべて解決し、全ての条件を統一した各種パルスシーケンスにおいてTE短縮の磁化率アーチファクトへの影響の評価を主目的とし、同時にTE短縮の画像コントラストへの影響を評価することを目的とした。

【方法】

撮像機器は装置の中央部分での磁束密度が3.0テスラの超伝導型MRI装置Signa®Premierを用いた。送受信にはフェイズドアレイコイルである48チャンネルの頭部用コイルを使用した。パルスシーケンスはCSE法、FSE法、CGRE法、FGRE法を用いた。撮像方法はASTM F2119-07に準拠し、TRを500 msに固定し、TEを変化させて撮像した。撮像の際には自動のプレスキャンは行わず、金属の設置前後で送信パルスの出力、受信感度のゲイン、および中心周波数を同一にして撮像した。各種パルスシーケンスにおける撮像は各試料ともに6回ずつ行った。

アーチファクトの体積計測のためのファントムには1辺が15 cmの立方体のアクリル製容器を使用した。容器の下部に至適濃度のGd造影剤を溶かした寒天を容れ、容器の上部に至適濃度のGd造影剤を溶かした水溶液を容れたものをファントムとした。一辺が10 mmの立方体の金銀パラジウム合金、銀合金、TypeIV金合金、純チタンおよび直径4 mm×長さ10 mmの純チタンの合計5種類の金属試料を使用した。金属試料をファントムに設置する際は、ファントムの中央に位置するように設置した。

信号強度の測定のための試料として、直径1.5cmのアクリル製チューブに純水、オリーブオイル、至適濃度のGd造影剤を容れて使用した。

磁化率アーチファクトの体積の定義はASTM F2119-07に準拠し、Image Jを用いてピクセルごとに信号強度をデジタル計測した。各スライスの磁化率アーチファクトのピクセル数を算出し、ピクセル数とピクセルあたりの面積からアーチファクトの面積を算出した。算出したアーチファクトの面積から、Yooらの方法を用いて磁化率アーチファクトの体積を算出した。

信号強度の計測にはMRI撮像により得られたスライスのうち中央のスライス画像を用い、チューブの円柱の断面である直径1.5cmの円の面積に対し、面積が50%となる円形のROIを設定し、信号強度（ROIの平均値）を測定した。

統計学的解析として、TEを変化させた時のブラックアーチファクトおよびホワイトアーチファクトの体積の変化および信号強度の変化を有意水準を1%としてTukey検定を行った。ソフトウェアはSPSS version 29 (IBM)を用いた。

【結果】

TEを短縮させると、GRE法ではブラックアーチファクトの体積は小さくなった。ブラックアーチファクトの体積はホワイトアーチファクトの体積よりも大きかった。ブラックアーチファクトの体積はGRE法よりSE法のほうが小さくなり、ホワイトアーチファクトの体積はGRE法よりもSE法のほうが大きくなった。TE短縮によるアーチファクト低減の効果はGRE法では認められたが、SE法では大きな効果は認められなかった。

TEを短縮させても純水の信号強度に変化はなかった。TEを短縮させるとオリーブオイルの信号強度は大きくなり、T1効果を認めた。TEを短縮させると至適濃度のガドリニウム造影剤の信号強度はオリーブオイルの信号強度と同様の傾向を示した。

【考察】

TEを短縮させると磁化率アーチファクトは小さくなるとする過去の報告はあるが、CSE法、FSE法、CGRE法、FGRE法と区別しているものは少なく、各撮像シーケンスにおけるTE短縮効果を詳細に検討したものはない。さらに、ブラックアーチファクトとホワイトアーチファクトの区別もされていなかった。本研究ではTEを短縮させるとCGRE法とFGRE法ではブラックアーチファクトの体積が小さくなり、TEを短縮させると磁化率アーチファクトは小さくなるとの過去の報告と矛盾しなかった。しかしながら、CGRE法およびFGRE法ではホワイトアーチファクトはほとんど認めず、認めたとしても設置した金属の体積よりも明らかに小さく、無視できるほどの大きさであると考えられ、過去の報告と矛盾していた。一方、CSE法およびFSE法ではTEを短縮させてもブラックアーチファクトおよびホワイトアーチファクトの体積に変化はなかった。過去の研究ではCSE法およびFGRE法でもTEを短縮させるとアーチファクトが小さくなったという報告があるが、本研究ではCSE法においてブラックアーチファクトおよびホワイトアーチファクトともにTEを短縮させてもアーチファクトの体積は縮小しなかった。これは過去の報告ではアーチファクトの定義および評価法が定まっておらず、客観性に乏しかったためこのような差が生じたものと考えられた。また、今回の研究では8-32 msと比較的短いTEを対象にしており、32 msでも位相のずれが小さく、これをさらに短縮したとしても磁化率アーチファクトの体積が縮小しなかったとも考えられる。今後は、長いTEを使用した実験を行い、SE法でもTE短縮の効果が認められるかを確認する必要があると考えた。

TE短縮により純水の信号強度に変化はなかったこと、オリーブオイルの信号強度の増加は、TE短縮によるT1効果であること、Gd造影剤水溶液の信号強度はオリーブオイルと同様の傾向を示したことから、TE短縮は画像コントラストには大きな影響を与えないと考えられた。

本研究ではTRを500 msに固定して撮像を行なった。このため、短いTRと短いTEの組み合わせによるT1強調画像ではTEを短縮して撮像することが金属によるアーチファクト低減の最有力な手段であると考えられた。

【結論】

TEを短縮すると、GRE法ではブラックアーチファクトの体積は小さくなったが、SE法では変化はなかった。

TE短縮による画像コントラストへの影響は小さかった。

歯科用金属が口腔内に存在する場合は、その金属の種類にかかわらず、診断の妨げとなりうる磁化率アーチファクトを低減させるため、T1強調画像ではTEを短縮して撮像するべきであると結論づけた。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (竹 下 亜 実)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	村 上 秀 明
	副 査	教 授	田 中 晋
	副 査	准教授	和 田 誠 大
	副 査	講 師	峯 篤 史
論文審査の結果の要旨 本研究は、MRI 画像における TE 短縮の影響について検討したものである。 その結果、TE を短縮すると、GRE 法ではブラックアーチファクトの体積は小さくなったが、SE 法では変化はなかった。また、TE 短縮による画像コントラストへの影響は小さかった。 本研究によって、歯科用金属が口腔内に存在する場合は、その金属の種類にかかわらず、診断の妨げとなりうる磁化率アーチファクトを低減させるため、T1 強調画像では TE を短縮して撮像するべきであることが明らかとなった。 よって、博士（歯学）の学位論文として価値のあるものと認める。			