The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	MR画像におけるワイヤによるアーチファクトと歪みの検討
Author(s)	岩本, 悠里
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/72259
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

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　　岩本　悠里　　）	
論文題名	MR画像におけるワイヤによるアーチファクトと歪みの検討

論文内容の要旨

【緒言】MR画像には様々なアーチファクトが出現するが、ほとんどのアーチファクトについて原理、現象、および対処方法が明らかにされている。金属などの存在による磁化率アーチファクトは、原理によって、信号強度の異常（ブラックアーチファクト、ホワイトアーチファクト）と歪みに分類される。しかしながら、この磁化率アーチファクトは、撮像方法や金属の種類によって変化するため、現象の把握すら完全でないのが現状で、対処方法は明らかにされていない。

磁化率アーチファクトについてのほとんどの研究において、信号強度の異常の評価が主観的であったり、客観的であっても各研究によってアーチファクトの定義そのものが異なっていた。ASTM（American Society for Testing and Materials）の推奨にもとづいて金属設置によるアーチファクトの体積を客観的に評価した先行研究もあるが、対象とした金属は6種類に限定され、金属の形状は一辺1 cmの立方体であり、実際の臨床でのMRI検査の状況とは異なっていた。さらに、信号強度の異常のみが評価され、歪みについては検討されなかった。

ところで、歯列矯正のニーズは年々高まっており、ブラケットとワイヤを用いたエッジワイズ法がよく適用されている。金属製ブラケットはセラミックスやレジンに置換可能だが、ワイヤは金属でなければならず、またワイヤの取り外しはブラケットに比べると容易である。

臨床において、脳のMRI担当医から、矯正装置による磁化率アーチファクトによって診断が不可能な場合、装置の撤去を依頼される歯科医も少なくない。しかしながら、どの装置を撤去するべきか明らかではない。

そこで本研究では、各種の歯列矯正用ワイヤを対象として、各種の撮像シーケンスによってMRI撮像を行い、磁化率アーチファクトによる異常信号強度領域の体積、影響範囲、および画像の歪みを検討することを目的とした

【対象と方法】MRIの撮像装置はSigna HDxt 1.5T、送受信コイルは頭頸部用8-chサーフェスコイルHD-NVA-8chを用いた。1辺が15 cmの立方体のポリエステル容器を5%硫酸銅水溶液で満たしファントムとし、ファントム内に各種ワイヤを設置しMRI撮像を行った。対象としたワイヤは、臨床で用いられている18種類の矯正用ワイヤ（ステンレススチール（SS）系：SS-1～SS-4、コバルトクロム合金（CC）：CC-1、チタン（Ti）系：Ti-1～Ti-13）とした。ワイヤは12 cmに切断し、ファントム内に3点で固定した。

撮像シーケンスは、ASTMの推奨するSE法によるT1強調画像とGRE法によるT1強調画像とし、その他、口腔領域の一般的な撮像方法であるFSE法、FGRE法、およびSTIR法、脳領域の一般的な撮像方法であるT2*法とFLAIR法などを適宜追加した。

歪みの検討では、ファントム内に、一辺10.5 mmの格子を挿入して撮像した。

すべての撮像を6回ずつ繰り返した

【主な結果】＜ワイヤの金属の組成によるアーチファクトの比較＞アーチファクトの体積については、4種のSS系のワイヤ、CCのワイヤ、13種のTi系のワイヤの間に統計学的な有意差を認め、この順に大きかった。同じ系内のワイヤには統計学的な有意差を認めなかった。

GRE法では、SS-1設置によるブラックアーチファクトの体積は892.1±3.6 cm^3、CC-1設置では40.9±0.3 cm^3、Ti-1設置では5.6±0.1 cm^3であった。SE法では、SS-1設置によるブラックアーチファクトの体積は194.7±1.8 cm^3、CC-1設置では8.1±0.1 cm^3、Ti-1設置では1.5±0.1 cm^3であった。SE法では、SS-1設置によるホワイトアーチファクトの体積は38.8±0.8 cm^3、CC-1設置では3.6±0.1 cm^3、Ti-1設置では認められなかった。なお、GRE法ではいずれのワイヤを設置してもホワイトアーチファクトは認められなかった。

SS-1設置時のGRE法による撮像では頭側方向に7.2 cmの範囲までブラックアーチファクトが及んだ。しかしながら、Ti-1設置時は、設置した平面以外のスライスにはアーチファクトは出現しなかった。

＜シーケンスによるアーチファクトの比較＞　12 cmのSS-1、CC-1、Ti-1のワイヤをSE法とGRE法に加えて、FSE法、FGRE法、STIR法、T2*法、FLAIR法でMRI撮像した。その結果、SS-1によるブラックアーチファクトの体積は、GRE法＞T2*法

＞FSPGR法＞FLAIR法＞FSE法＞SE法＞STIR法の順に大きかった。一方、ホワイトアーチファクトの体積は、STIR法で最も大きく、次いで、FLAIR法、FSE法、SE法、FGRE法の順となり、GRE法とT2*法では認められなかった。STIR法では頭側方向に7.2 cmの範囲までホワイトアーチファクトが及んだ。

＜歪　み＞　12 cmのSS-1、CC-1、Ti-1のワイヤを格子入りファントムに設置しSE法とGRE法でMRI撮像した。歪みを認める範囲はSE法でSS-1設置時が最大で、歪みの格子の数も最大であった。

【考察】ワイヤが存在すると、周囲の磁場が不均一となるため、反転磁場が不正確となり、GRE法では磁化ベクトルが再収束しにくく、ブラックアーチファクトが大きくなったと考えられた。またSS設置時のブラックアーチファクトがCCやTi設置時のものより大きくなったのは、SSの磁化率がCCやTiより大きいためであると考えられた。SS系ワイヤを装着した患者をGRE法にてMRI撮像する場合は、大きな範囲で信号が欠損するので、信号欠損範囲に病変が含まれる場合はそのワイヤを撤去する必要があると考えられた。一方、SE法では反転磁場を用いないため信号欠損が少なかったと考えられた。

ところでMRIでは、1スライス内での座標は一方の軸を周波数で、もう一方の軸を位相でエンコードする。ワイヤの存在による磁場の不均一性はエンコーディングを乱し、座標が変化することによって、信号が欠落・重積し、画像歪みとなって現れる。SE法では、磁化ベクトルは再収束されやすいものの、座標の変化によってホワイトアーチファクトや歪みが生じると考えられた。

アーチファクトの影響範囲は最大で頭側方向に7.2 cmで、鼻腔、篩骨洞を含み、症例によっては前頭葉にまで及ぶ。ブラックアーチファクトの場合は信号欠損となり、診断が不可能となるが、STIR法によってホワイトアーチファクトが前頭葉にまで及んだ場合は、病変と誤診してしまう可能性があると考えられた。

SS系ワイヤを設置しSE法で撮像した場合、アーチファクトは小さいが、その周囲には歪みが生じており、計測や三次元的な位置関係の把握の際には留意する必要があると考えられた。

また、いずれのシーケンスでもTi系ワイヤ設置時のアーチファクトや歪みは小さく、MRI撮像時にワイヤを撤去する必要はないと考えられた。

【結論】各種の歯列矯正用ワイヤを設置することによってMR画像に出現する磁化率アーチファクトによる異常信号強度領域の体積は、ワイヤの主な組成によってSS系、CC、Ti系の順に大きかった。

GRE法、T2*法などのGRE系のMRI撮像では、ステンレススチール系ワイヤ設置時のブラックアーチファクトの体積は900 cm^3程度と最大となり、頭尾的に14.4 cmの範囲で信号欠損が認められた。

一方SE法やSTIR法などのSE系のMRI撮像では、ブラックアーチファクトの範囲は小さかったが、GRE法では認められなかったホワイトアーチファクトを認めた。また、ワイヤ周囲の歪みを認めた。

ワイヤの組成と撮像シーケンスのみならず、ワイヤの長さや太さも磁化率アーチファクトの体積に影響を及ぼした。

臨床現場では、コバルトクロム系ワイヤかチタン合金系ワイヤが設置されている場合は、いずれの撮像シーケンスにおいてもワイヤ撤去の必要はない。ステンレススチール系ワイヤが設置されている場合は、SE系の撮像の場合にはホワイトアーチファクトの出現と歪みに留意し、GRE系の撮像の場合には病変がブラックアーチファクトに含まれる可能性があるのならワイヤを撤去すべきである。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　岩本　悠里　）		
論文審査担当者	（職）	氏　名
	主 査　教　授	村上　秀明
	副 査　教　授	十河　基文
	副 査　准教授	中村　隆志
	副 査　講　師	谷川　千尋

論文審査の結果の要旨

本論文は、MR 画像における歯科矯正用ワイヤによるアーチファクトと歪みを客観的に検討することを目的としており、ワイヤの主成分およびその磁化率、長さ、太さ、および撮像シーケンスにより影響されることが明らかとなった。

これらは、臨床における MRI 検査時に歯科矯正用ワイヤの撤去の是非を判断するにあたり有益であると判断した。

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。