

論文内容の要旨

Impact of the static magnetic field and radiofrequency produced by 7 Tesla MRI on metallic dental materials

-歯科用金属に対する 7 Tesla MRI によって生じる静磁場および高周波の影響-
(Magnetic Resonance in Medical Sciences 平成 27 年掲載予定)

おりそ けんた
折祖 研太

I. 研究目的

近年、MRI 装置の高磁場化が進む一方で、磁場強度の上昇に対する金属の偏向角、発熱への影響を検討した報告は少なく、また、材料の違いによる上記影響についての検討もなされていない。本研究では、歯科用金属の装着された患者の超高磁場 MRI 装置を用いた生体検査時におけるその安全性を検討することを目的として 7 Tesla 装置における歯科用金属の偏向角と発熱の測定を行った。

II. 研究方法

使用装置は 7 Tesla MRI と 3 Tesla MRI を用いた。検体は FMC へ鋳造した 8 種の歯科用金属 (Type I, Type IV, 14K, 白金加金, 12%Pd, 銀合金, Co-Cr, Ni-Cr), 6 種のインプラント体, 2 種のアバットメント, 2 種の磁性アタッチメントキーパーの計 18 種とした。

1. 偏向角の測定

7 Tesla MRI と 3 Tesla MRI を用い、米国試験材料協会 (ASTM) の deflection angle test に則り、検体を糸で吊り下げ、牽引力によって生じる偏向角が測定できる専用装置を作成し測定を行った。予備実験にて装置の磁場勾配が最大であった位置で測定を行った。7 Tesla 装置と 3 Tesla 装置の偏向角における有意差は Wilcoxon 符号付順位検定を用いて評価した。

2. 発熱試験

発熱試験には 7 Tesla MRI を使用し、アガロースで作成した人体等価ファントムに検体を埋入して行った。温度測定には光ファイバー温度測定器を使用し、撮像中の温度変化を記録した。control として、検体を埋入しないファントムの温度変化を測定した。撮像は 6 種の撮像法 (2D-SE T1WI, 2D-SE T2WI, 3D-FSE T1WI, 3D-FSE T2WI, 3D-GRE T1WI, 3D-GRE T2/T1WI) を設定し、1 秒ごと 6 分間、測定を行った。統計学的手法は Bonferroni 補正, Wilcoxon 符号付順位検定を用いて評価した。温度測定の再現性については級内相関係数 (Intraclass correlation coefficients ; 以下, ICC) を用いて評価した。

III. 研究成績

1. 偏向角の測定

各種金属の偏向角は 7 Tesla 装置が 3 Tesla 装置より有意に大きかった ($p < 0.01$)。Type I, Type IV, 14K, 白金加金, 12%Pd, 銀合金ではどちらの装置においても 0° であった。Co-Cr と Ni-Cr はそれぞれ 7 T で 18.0° と 13.5° , 3 T で 5.5° と 4.0° であった。インプラント体とアバットメントは 7 T で $5.0 \sim 6.5^\circ$, 3 T で $1.0 \sim 2.0^\circ$ の範囲内であった。磁性アタッチメントキーパーどちらの装置においても 90.0° 以上の強い偏向角であった。

2. 発熱試験

6種の撮像中のSARは2D-SE T1WI, 2D-SE T2WI, D-GRE T2/T1WIが3D-FSE T2WIと3D-GRE T1WIより有意に高く($p < 0.01$), 温度上昇も有意に大きかった($p < 0.01$ or < 0.05). ICCは0.71であり, 良好な再現性を示した. 8種の歯科用金属の温度上昇は0.2~0.8°Cの範囲であり, 軽度の発熱であった. インプラント体はザイゴマインプラントが2D-SE T1WIで1.5°Cと最も大きな発熱を認め, 2D-SE T1WI, 2D-SE T2WI, 3D-GRE T2/T1WIで他のインプラント体と比較し, 有意な発熱を認めた($p < 0.05$). アバットメントの温度上昇は0.5°C以内と軽度であった.

IV. 考察及び結論

Type I, TypeIV, 14K, 白金加金, 12%Pd, 銀合金, Co-Cr, Ni-Crの歯科用金属, インプラント体, アバットメントは明らかな牽引力, 発熱を認めなかったことから7 Tesla 超高磁場MRI装置において安全に検査が行えることが示唆された. 一方, 磁性アタッチメントキーパーは強い牽引力を認めたため, 検査の是非を慎重に検討すべきである.

論文審査の結果の要旨

論文審査担当者

主査 教授	服部 雅之 (医療工学講座)
副査 教授	小豆嶋 正典 (口腔顎顔面再建学講座 歯科放射線学分野)
副査 教授	近藤 尚知 (補綴・インプラント学講座)

7 Tesla 超高磁場MRIは, 医療用画像診断における近年の革新的進歩の一つであり, 全世界で50以上の装置が導入されている. 一方, 静磁場による金属材料の牽引, 高周波(RF波)により誘発される発熱などは安全面での懸念事項であり, 画像診断へ影響を及ぼすアーチファクトと同様に撮像時の課題とされている. 3 Tesla以下のMRI装置における金属製インプラントの安全性やアーチファクトについては, 部分的に検証され, その結果は数多く報告されている. 最近では, 7 Tesla装置での評価も行われているが, 歯科材料への影響に関してはまだ議論の余地が残されている. これらの中でも, 歯冠補綴装置や歯科用インプラントなどの歯科用金属材料は, 多くの患者に適用されているため, 更なる評価が必要である. 本研究では, 7 Tesla 超高磁場MRI装置を用いた生体検査時の歯科用金属の安全性と歯科用金属が及ぼす画像診断への影響を検討することを目的に歯科用金属の偏向角の測定, 歯科用金属の発熱, アーチファクトの測定を行った.

検体は全部鑄造冠(FMC)ならびに同一規格のプレート形状に鑄造した9種の歯科用金属, 10種のインプラント体, 4種のアバットメント, 2種の磁性アタッチメントキーパーとした. 偏向角の測定は7 Tesla MRIと3 Tesla MRIを用い, 米国試験材料協会(ASTM)のdeflection angle testに則り, 検体を糸で吊り下げ, 牽引力によって生じる偏向角が測定できる専用装置を作成して行った. 発熱試験には7 Tesla MRIを使用し, アガロースで作成した人体等価ファントムに検体を埋入して行った. 温度測定には光ファイバー温度測定器を使用し, 撮像中の温度変化を記録した. アーチファクトは検体とした純チタンとCo-Cr合金をアガロースゲルに埋入したファントムを撮像し, アーチファクトによる読影不能な範囲を測定した.

その結果, Type I, TypeIV, 14K, 白金加金, 12%Pd, 銀合金, Co-Cr, Ni-Crの歯科用金属, インプラント体, アバットメントは明らかな牽引力, 発熱を認めなかったことから7 Tesla 超高磁場MRI

装置において安全に検査が行えることが示唆された。一方、磁性アタッチメントキーパーは強い牽引力を認めたため、検査の是非を慎重に検討すべきである。アーチファクトはTiで検体の約3~8倍、Co-Crは定量評価できなかったが、Ti以上の広い範囲に認め、撮像時の影響が懸念される結果であった。上記のように、本研究の結果から、歯科用金属材料が7 Tesla装置においてどのような影響を受けるのかが明らかとなり、臨床的意義も大きく、今後の検査基準の決定に大きく貢献するものと考えられ、学位論文に値するものと評価した。

試験・試問結果の要旨

論文審査に加えて、本研究の目的、方法、結果などについて本人から説明を受け、質問を行った。また、今後の研究の展開ならびに関連する基本的事項についても試問を行い、適切かつ十分な回答が得られたことから、学位に値する十分な学識と研究能力を有するものと認めた。

参考論文

1. 超高磁場MRI装置における歯科用金属の安全性とアーチファクトに対する影響
岩手医科大学歯学雑誌 平成27年掲載予定
(折祖研太他1名と共著)