

平成 30 年 6 月 19 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K10447

研究課題名(和文) 整形外科インプラントのMRI発熱予測システムの開発

研究課題名(英文) Development of implant heating prediction in MRI

研究代表者

野田 知之 (Noda, Tomoyuki)

岡山大学・医歯薬学総合研究科・准教授

研究者番号：40432645

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：MRIは磁場を用いるため磁性体金属は牽引・発熱などの危険性があるが、人工関節などの整形外科用インプラントは非磁性体金属であるため安全とされていた。しかし高磁場MRI装置では非磁性体でもインプラント周囲に発熱が生じることが分かってきた。我々は発熱リスクを予測するために模擬インプラント装置を作成し、発熱の因子を検討した。装置ごとに発熱しやすい長さや角度があることが分かった。またラジオ波のエネルギーが高い撮像シーケンスほど発熱量が多いことが判明した。これらのことからMRI装置ごとに安全な撮像方向と危険なインプラントの長さを調べることで安全な撮像を行う事ができる可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：Although nonmagnetic implants were previously considered safe during magnetic resonance imaging (MRI), it was recently shown that heat may be generated around the nonmagnetic implants during high magnetic-field MRI. We examined the extent to which the volume of heat generation would vary depending on the implant length and imaging sequence during 3T MRI, using phantom implants.

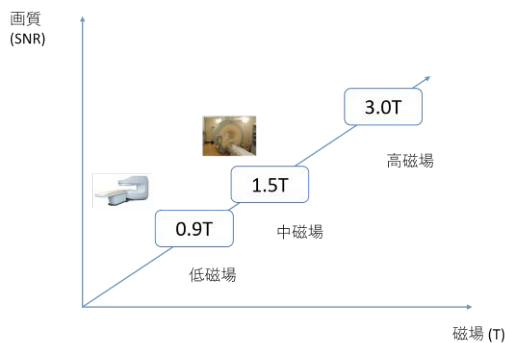
A phantom study was carried out to determine the amount of heat generated by implants made of titanium alloy during 3T MRI. In addition, the heat generated following RF application was confirmed in the titanium implants, with the amount of heat varying depending on the implant length. This indicates the necessity of considering not only the presence or absence of implant but also the implant's length when measuring heat generation during MRI.

研究分野：整形外科

キーワード：MRI発熱

1. 研究開始当初の背景

MRI は磁場を用いるため磁性体金属は牽引・発熱などの危険性があるが、人工関節などの整形外科用インプラントは非磁性体金属であるため安全とされていた。しかし高磁場 MRI 装置では非磁性体でもインプラント周囲に発熱が生じることが分かってきた。発熱量は磁場と相関し、MRI 磁場は年々増強しているため MRI の発熱リスクは増大している。インプラントの安全情報が必要とされているが、メーカー側も安全情報は持っておらず、1社で100種類以上あるインプラントの発熱計測は行われていない。メーカー側でもどのように対応してよいか悩んでいる状態である。そのため、インプラントごとの MRI 発熱予測システムが求められていた。



2. 研究の目的

我々の目的は安全な MRI 撮像のために、インプラントの MRI 発熱予測システムを開発することである

3. 研究の方法

(1) 単純な形状のインプラントの発熱計測

発熱予測のために模擬インプラントを作成し、条件を少しずつ変えながらどのような発熱要素があるかを検討した。研究当初は独自開発したファントム内でインプラント発熱計測を行っていたが、発熱結果の標準化のために ASTM 規格のファントムを用いて発熱計測を行うことにした。整形外科インプラントの模造品としてチタンとステンレスの模造品を作成した。

チタン製模擬インプラント
φ10mm, 8~20cm



人体等価ファントム
PMMA製容器
65 cm * 42 cm * 9 cm
PAAゲルファントム



発熱計測は MRI の磁場の影響を受けないように蛍光ファイバー式温度計測器を用いた。



蛍光ファイバー式温度計測器
m3300 Biomedical Lab Kit Fluoroptic
Thermometer



1秒ごとに
4点まで計測可能

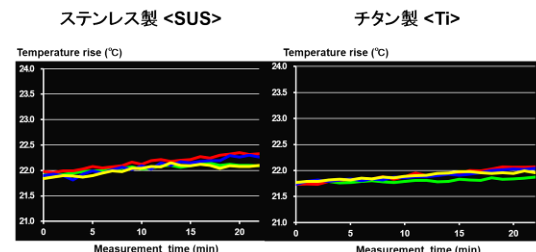
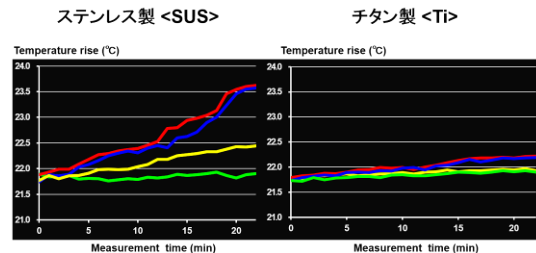
(2) MRI 側のインプラント発熱要素

MRI 装置側の要素によってどのように発熱が変化するかを検討した。装置内でのインプラントの設置角度と装置の関係。さらに装置のシーケンスの変化によってどのように発熱が変化するかを検討した。

4. 研究成果

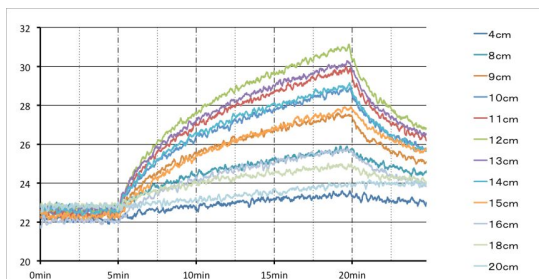
(1) 単純な形状のインプラントの発熱計測

インプラントとファントム内の深さの関係調べた結果、ファントム内に深く沈めれば沈めるほど発熱量が少ないことが判明した。またステンレス製のインプラントよりもチタン製のインプラントのほうが、発熱量が多いことが判明した。

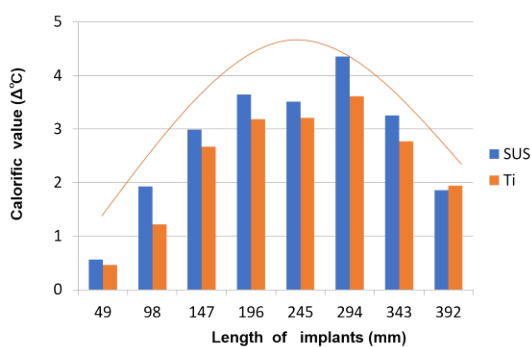


インプラント長と発熱量の関係は複雑な

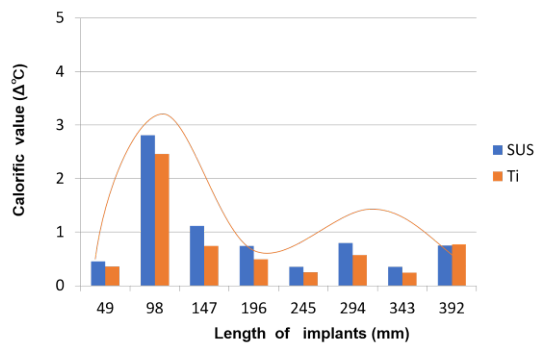
関係だった。1.5T MRI で計測した結果では約 21 cmの長さで発熱のピークが観測された。しかし 3.0T MRI で計測したところ発熱のピークは 10 cmと 30 cmにそれぞれピークが認められた。



1.5T MRI SUS (ステンレス) Ti (チタン) の比較



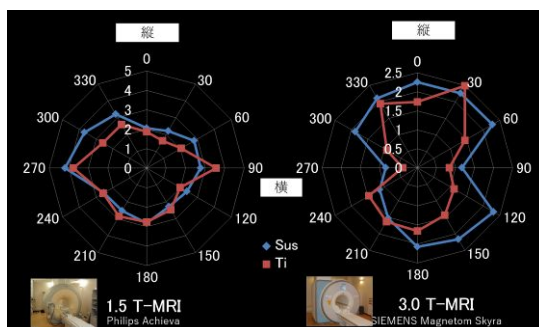
3.0T MRI SUS (ステンレス) Ti (チタン) の比較



これは MRI 装置ごとにラジオ波の波長が異なることが原因と思われる。1.5T MRI ではラジオ波は 64MHz であり体内波長は 60cm、3.0T MRI では 128MHz であるため体内波長は 30cm といわれている。微妙に長さは違うが発熱のピークが 1.5T MRI と 3.0T MRI でほぼ倍であることからラジオ波の波長が発熱のピークにかかわっていることが予測される。もしそうであるのなら高磁場 MRI 装置ほど短いインプラントでも発熱することにつながるので注意が必要である。

(2) MRI 装置の要素

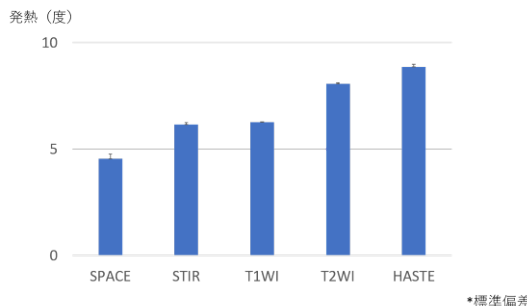
MRI 装置内におけるインプラントの角度によって発熱量が大きく変化した。このことは MRI 装置内において安全な計測角度があることを意味するが、困ったことに装置ごとに最も発熱する角度が異なることが判明した。装置内におけるコイルの位置が発熱に参与していることが判明しているため、装置ごとのコイルの場所の違いによって発熱量のピークに違いが生じていると思われる。装置ごとに最も発熱しやすい角度を事前に知ることで発熱の抑制につながると思われる。



MRI 装置のシークエンスごとの発熱量を調べてみたところシークエンスごとに大きく変化することが判明した。シークエンスの方式と発熱の間には相関は認められなかったが、シークエンスごとにラジオ波によって生じるエネルギーを意味する SAR, SED というパラメーターと発熱量が相関することが分かった。

	T1WI	T2WI	STIR	SPACE	HASTE
TR/TE	450/8.8	4000/88	4200/67	1200/125	800/69
TI		220			
FA	120	120	120	100	120
FOV	320*320	320*320	320*320	320*320	320*320
Matrix	314*448	358*512	288*384	288*320	240*320
Thick/Gap	3/0.3	3/0.3	3/0.3	1.2(80)	3/0.3
Turbo-fac.	3	16	16	100	240
GRAPPA	2	2	2	3	2

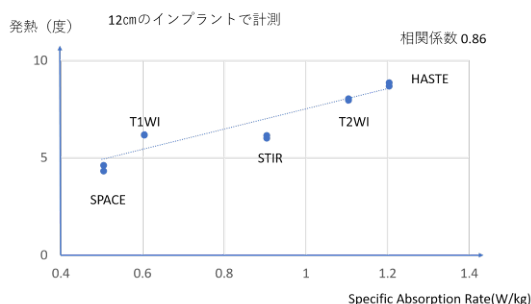
シークエンスと発熱の関係



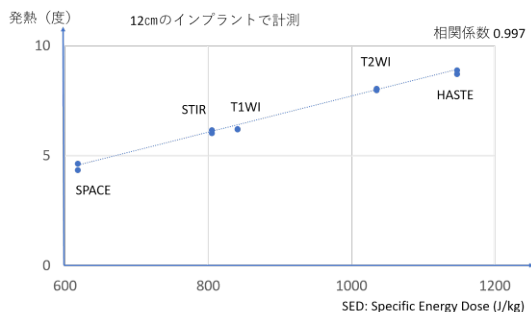
*標準偏差

SAR よりも SED のほうが発熱量と相関することが分かった。このことから発熱を抑制するにはよりラジオ波のエネルギーが少ないシーケンスを選択すればよいことがわかった。

シーケンスと発熱・SARの関係



シーケンスと発熱・SEDの関係



5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計3件)

白木 一史、3T-MRI における金属インプラントの発熱量の比較検討、第72回日本放射線技術学会総会学術大会、2016年4月14日、横浜

吉村将秀、高磁場(1.5T/3.0T)MRI 撮像時のインプラント周囲発熱 インプラント設置角度による比較検討、第89回日本整形外科学会学術集会、2016年5月12日横浜

野田知之、3T MRI におけるインプラント発熱因子の解析、第31回日本整形外科学会基礎学術集会、2016年10月13日、福岡

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

野田知之 (Noda Tomoyuki)
岡山大学・大学院医歯薬学総合研究科
准教授

研究者番号：40432645

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：

(4)研究協力者

()