

○松浦 健一郎¹⁾、大野 誠一郎¹⁾、田川 忍¹⁾、稲村 圭司¹⁾、中原 龍一²⁾、西田 圭一郎²⁾、尾崎 敏文³⁾

1) 岡山大学病院 医療技術部 放射線部門、2) 岡山大学医学部 人体構成学、
3) 岡山大学病院 整形外科教室

【背景】高齢化社会の進展に伴い骨折症例が増加し、インプラントの入った患者が増加している。これまでインプラントの材質はステンレス鋼、チタン合金などの非磁性金属が主で、牽引・脱落に対しては安全とされてきた。しかし近年、RF 照射によるインプラント周囲発熱が問題視されるようになってきたので、「CSFRT 2010, 2011」、「日本整形外科学会基礎 学術集会2011」にて、ASTM 規格のファントムを用いてインプラント周囲の発熱について報告をした。

この報告では1.5T, 3.0T MRI 装置でインプラント周囲の温度上昇を測定した結果、ゲルファントムへの埋め込みが深さ1 cm の場合、一定の長さのインプラントの両端部に発熱を認め、温度上昇が顕著となった。この結果を図1に示す。

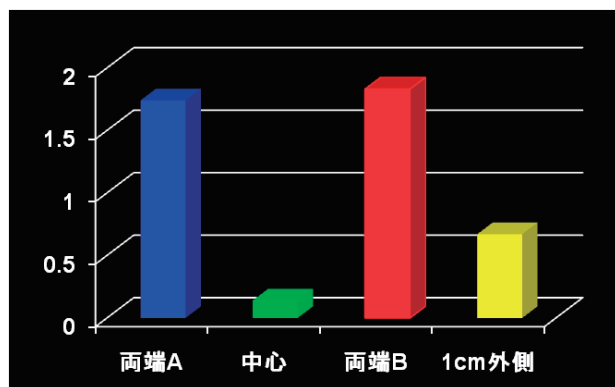


図1 インプラントの測定点に対する温度上昇

【目的】1.5T, 3.0T MRI 装置において、ゲルファントム表面への埋め込みが深さ1 cm の時、インプラントの周囲発熱をインプラント長を変えて比較検討した。なお、ステンレス製、チタン合金製の2種類の金属で検討した。

【方法】インプラント長の設定で、(1)において筋肉、食塩水の誘電率より、1.5T の半波長は196 mm、3.0T の半波長は98 mm と求まる。

$$\lambda = \lambda_0 \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \dots\dots (1)$$

λ : 人体への波長、 λ_0 : 空気中の波長 4.6989E-0m

ϵ_r : 人体の比誘電率

MRI 装置1.5T (Philips Achieva)、3.0T (SIEMENS MAGNETOM Skyra) を用い、ASTM 規格における

アクリル樹脂製の容器 (65 cm × 42 cm × 9 cm) にポリアクリル酸ゲルファントム (25L) にインプラント長を49 mm ~ 392 mm まで49 mm 間隔で8本用意し、蛍光ファイバー式温度測定器 (m3300 Biomedical Lab Kit Fluoroptic Thermometer) と同期させる。計測点は両端部とし、インプラント-ポリアクリル酸ゲルファントム表面の深さ1 cm の時の温度計測をした。また、撮像条件は室内温度を23 °C ± 1 に保ち、SAR/whole body を最大、撮像時間を20 min とした。

【結果】SUS 製、Ti 製ともに、1.5T MRI 装置において温度上昇は、3/4 波長に近いインプラント長294 mm で最も顕著となり、半波長に近い196 mm では、最大値とならなかった。この結果を図2に示す。

3.0T MRI 装置において温度上昇は、理論値で半波長に近いインプラント長98 mm と247 mm で最大となると予測したが、今回は半波長に近いインプラント長98 mm のみで顕著な温度上昇を示した。また、SUS 製の方がTi 製より若干温度上昇は高くなった。

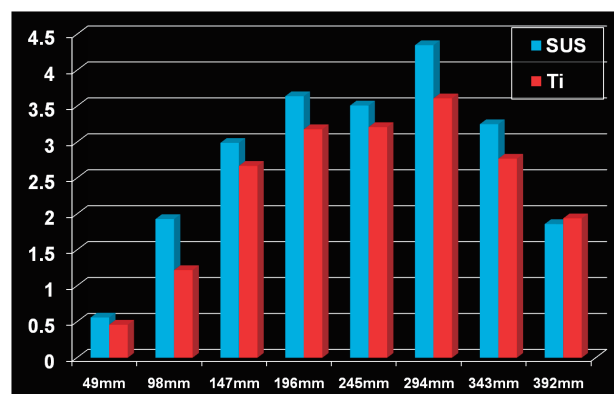


図2 1.5T における長さに対する温度上昇

【考察】導電率が食塩水の0.688 S/m に対して、今回使用したゲルファントムでは0.136 S/m となり、波長が理論値と異なるため発熱のピークがずれた可能性がある。

また、3.0T MRI 装置においては、発熱量の基準である SAR 規制により、RF 出力の制限が影響されたのではないかと推測される。

最後に MRI 検査を行う際、インプラント素材のみならず、長さにも留意する必要があることが示唆された。

1.5T-MRI 装置と3.0T-MRI 装置における 発熱に与えるインプラント配置角度の比較検討

○田川 忍¹⁾、大野 誠一郎¹⁾、松浦 健一郎¹⁾、稲村 圭司¹⁾、中原 龍一²⁾、西田 圭一郎²⁾、
尾崎 敏文³⁾

1) 岡山大学病院医療技術部放射線部門、2) 岡山大学整形外科教室人体構成学、
3) 岡山大学整形外科教室

【背景】MRI 検査において、画質改善のためのポジショニングにより、通常の仰臥位以外での撮像も増えている。Off center による異常信号発生、信号の低下を低減させるため、関節などは特にできるだけ磁場中心に寄せてポジショニングするが、インプラント埋入患者も、検査によっては静磁場方向に対するインプラントの角度が異なってくることがある。インプラント長が発熱に与える影響の検討は行ってきたが、ポジショニングによるインプラントの静磁場方向に対する配置角度の検討は当院ではされていなかった。

【目的】本研究は、1.5T MRI 装置と、3.0T MRI 装置において、インプラントの配置角度を変えて RF 照射した場合のインプラント周囲発熱の比較検討を行い、さらにインプラントの材質の違い（ステンレス製およびチタン合金製）についても比較検討を行うことを目的とした。

【方法】MRI 装置は、Philips Achieva 1.5T、および SIEMENS Magnetom Skyra 3.0T を使用した。金属製模擬インプラント（ステンレス製 SUS316L ϕ 10 mm およびチタン合金製 Ti-6-4 ϕ 10 mm）をポリアクリル酸ゲルファントム（65 cm \times 42 cm \times 9 cm のアクリル樹脂製容器に蒸留水 25 l、ポリアクリル酸 146.25 g、塩化ナトリウム 20.0 g で作成）の表面から 1 cm の深さに埋まるよう固定する。インプラント中心が、Body コイル中心となるように配置し、20 分間 RF 照射をした際のインプラント先端部の温度変化を蛍光ファイバー式温度計測器（m3300 Biomedical Lab Kit Fluoroptic Thermometer）で経時的に計測した。なお本研究では、当院にてインプラント長が発熱に与える影響の検討を行った結果より、1.5T MRI 装置では 294 mm のインプラント、3.0T MRI 装置では 98 mm のインプラントを使用した。図（Fig.1）ように、インプラントを静磁場方向に対し平行配置のときを 0° および 180° とし、30° 毎に配置角度を変化させ、インプラント両先端部で計測を行った。

【結果】1.5T 装置では静磁場方向に対し垂直付近に、3.0T 装置では静磁場方向に対し平行付近に配置したときに発熱傾向があった。また、発熱量は 1.5T > 3.0T であった（Fig.2）。

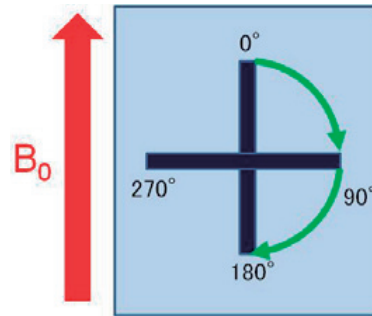


Fig.1 Placement of the implant

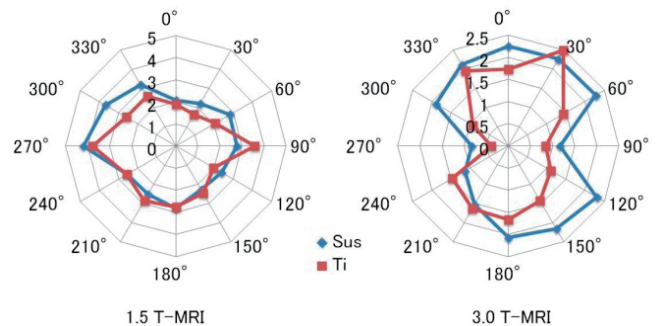


Fig.2 Dependence of the calorific value by the angle of implant

【考察】1.5T 装置ではコイルを流れる電流と同じ向きに配置したとき、最も電流が流れ温度上昇が顕著に起こった。RF ロッド（ガントリ内で実際に RF を発生させる装置）は均等に 16 本あり、インプラント両端部に近いロッドの影響が推測される。また、インプラント両端部付近は Off center による局所的な磁場の乱れの影響も考えられる。3.0T 装置での測定では、1.5T 装置での測定に比べ短いインプラントを用いたので、送信コイルからインプラント両端部までの距離が長くなり、電流による影響が小さくなり、アンテナ効果（テレビのアンテナでは電波に対して垂直にアンテナを設置した時に最も感度が良くなる）による影響が大きくなったと推察される。また、3.0T 装置では、SAR の制限により 1.5T 装置に比べ RF 出力が制限され、温度上昇も小さくなったと考えられる。

【結語】装置間の送信技術の違いにより、異なる配置角度に温度上昇のピークが現れた。インプラント埋入患者の検査時は、ポジショニングにより発熱リスクが異なる可能性があり、慎重に検査を施行する必要がある。

○木原 翔、藤田 卓史、渡邊 孝幸、光岡 由企夫、新木 真由子、湯浅 正憲、呉山 幸利、
松田 哲典、山本 一雄
財団法人 津山慈風会 津山中央病院

【背景】MRI 撮影時の騒音は被検者を不快にしたり聴力損失を起こしたりという報告があり、IEC の規格では 99dB 以下と規制されており撮影時にはできる限り騒音を低減させる必要がある。今回、これまでに腹部での Artifact 低減のために提案してきた Volume Calibration の撮影時に騒音に変化があることがわかった。

Volume Calibration とは Parallel imaging (ASSET) は、各受信コイルの感度分布の差を利用した撮像技術で、位相エンコード数を間引くことで撮像時間の短縮を行っているしかし ASSET は、各受信コイルの感度マップ (Calibration) を得る必要があるため、Calibration Scan (Cal) と Image Scan (Image) の Size of Gap に誤差が生じ、Artifact が発生することがある。この Artifact を発生させない為に Cal のスライス厚を大きくし、Image を撮影する方法を提案してきた。

【目的】CalibrationScan のスライス厚の違いが騒音に与える影響について検討した。

【使用機器】

装置・GEHC-J SIGNA 1.5T (Version 11.1)

Coil・TORSOPA_Coil

ファントム・硫酸銅 (CuSO₄) 90% 充漬の円筒容器

騒音計・GS-04 DIGITAL SOUND LEVEL METER

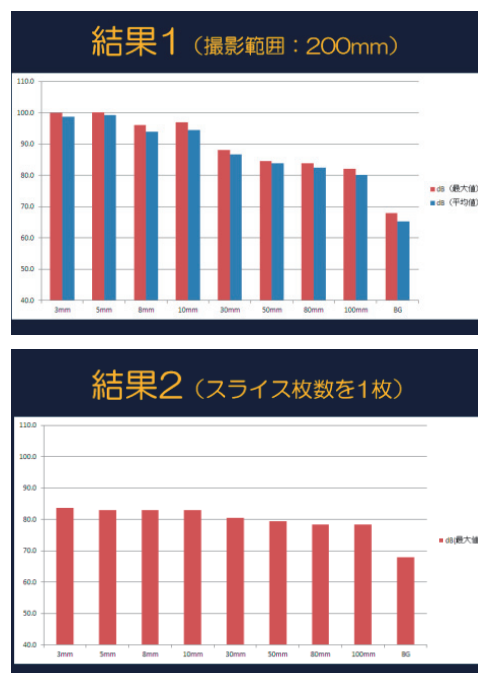
【実験方法】CalibrationScan (3/5/8/10/30/50/80/100 mm) をそれぞれ撮影し、騒音計を用い簡易的に騒音の評価をおこなった。(方法①) 撮影範囲を 200 mm に固定し、各スライス厚で測定。(方法②) スライス枚数を 1 枚に固定し、各スライス厚で測定。

【測定方法】今回の簡易的な騒音計では等価騒音を測定できないため、測定可能なピーク音圧レベル (最大値) と 1 分間の平均音圧レベル (平均値) を測定し評価。撮影時間は 1 分以上撮影 (1 分を過ぎるまで撮影を繰り返す)。MRI 室内の通常騒音 (BG) は最大値で 68.0dB、平均値で 65.2dB とした。測定点は、Magnet から寝台方向のラインと 5G ラインの交点とし、マイクロフォンを水平かつ体軸と垂直に固定した。

【結果 1】Cal 3 mm で騒音が 100dB 近くあったがスライス厚が厚くなるとともに、騒音が低下傾向であった。(図 1)

【結果 2】Cal 3 mm で 83dB まで低減されており、さらにスライス厚が厚くなるとともに騒音も低減傾向で

あった。(図 2)



【考察】MRI 撮影時の騒音は主に傾斜磁場コイルの On : Off によって発生しており、傾斜磁場コイルは送信用と受信用の 2 種類がある。CalibrationScan 撮影時の TE・バンド幅・FOV などに変化がないため受信用の傾斜磁場コイルは関係していないと考えられる。撮影範囲を 200 mm に固定して撮影した結果から、CalibrationScan のスライス厚を厚くしたことでスライス枚数が少なくなり、パルスの出力を減少させたと考えられる。さらにスライス枚数を 1 枚に固定して撮影した結果から CalibrationScan のスライス厚を厚くしたことで送信用の傾斜磁場コイルも変更されてあると考えられた。よって今回、VolumeCalibration で騒音が低減された原因としては CalibrationScan のスライス厚を厚くしたことで送信用の傾斜磁場コイルが変更され騒音がされたことと、スライス枚数を減らしたことでパルスの出力を減少したことが考えられた。

【まとめ】CalibrationScan のスライス厚の違いが騒音に与える影響について検討した。CalibrationScan のスライス厚を厚くすることで簡易的な評価ではあるが騒音が低減した。よって腹部での Artifact を低減させる VolumeCalibration は撮影患者の負担でもある騒音を低減することにおいても有効であると思われる。