

○黒崎 貴雅¹⁾、木田 勝博¹⁾、後藤 佐知子²⁾、東 義晴²⁾、梶谷 努¹⁾

1) 岡山赤十字病院 放射線科

2) 岡山大学大学院 保健学科

【背景】 関節リウマチの進行過程を示すステージは4つある。初期症状を示す滑膜炎や骨髄浮腫はステージ1に含まれ、これらの診断にはMRIが有用であると言われている。近年、早期の関節リウマチに対する薬剤が発売されその効果を判定するために、ステージ2を示す初期の軟骨破壊を診断することが重要となっている。

【目的】 我々は手指軟骨の描出を目的に水選択励起法を併用した Multiple Fast Echo 法 (m-FFE) による撮像条件の検討を行った。

【方法】 MRI装置は Achieva 3.0 TX (PHILIPS) を使用した。受信コイルは手指軟骨における高空間分解能撮像を目的に、32ch SENCE Torso/Cardiac コイルを使用した (Fig.1)。同意の得られたボランティアの手指軟骨を対象に得られた画像の信号雑音比 (SNR) を比較した。比較項目は TE first、Flip Angle と WATS である。SNR の評価には空中雑音法 (1) を用い、第3指の PIP 関節をターゲットに ROI を設定した (Fig.2)。

$$\text{SNR} = (2 - \pi/2)^{1/2} \cdot S_p / N_{\text{air}} \quad (1)$$

S_p : ROI の平均信号強度 N_{air} : Air の標準偏差



Fig.1 撮像体位



Fig.2 ROI設定

【結果】 TE First を変化させた時の軟骨の SNR は、TE First 9.2ms で最大値となった。軟骨と関節液の SNR の差 (以下、コントラスト) も TE First 9.2ms で最大となった (Fig.3)。

Flip Angle を変化させた時の軟骨の SNR は Flip Angle 15 deg で最大値となった。軟骨と関節液のコントラストも Flip Angle 15 deg で最大となった (Fig.4)。

WATS を変化させた時の軟骨の SNR は 1-2-1 で最大値となった。軟骨と関節液のコントラストも 1-2-1 で最大となった (Fig.5)。

【考察】 理論上、信号強度は TE が短いほど高くなるので、SNR も高くなる。しかし、今回は最短である TE First 6.9ms のときの軟骨の SNR が低くなった。これは、装置の自動制御により RF パルスの出力が低下したことが原因だった。よって、TE First 9.2ms のときに軟骨の SNR が最大となった。

Flip Angle 15 deg で SNR が高くなったのはエルンスト角の影響が考えられる。37℃ に設定した牛の軟骨の T1 値は 1200ms と報告されている¹⁾。この値をエルンスト角の公式 (2) に代入すると、エルンスト角は約 10 deg になる。しかし、指先の温度は 37℃ よりも低いために T1 値が低くなり、エルンスト角が 15 deg で最大となったと考える。

最後に軟骨の SNR は 1-2-1 でもっとも高くなったのは、1-3-3-1 の最小 RF パルスが小さいために正確に印加できていないことが考えられる。よって、水の励起が不十分となり、信号が低下したと考える。

$$\text{COS}(\alpha) = \exp(-\text{TR}/\text{T1}) \quad (2)$$

α : エルンスト角 TR: 繰り返し時間 T1: 縦緩和時間

【結語】 TE First 9.2ms、Flip Angle 15 deg、WATS 1-2-1 が最適条件になった。この条件を使用することで、ステージ2を示す軟骨破壊の診断に役立つと考える。

【参考文献】

- G. J. Stanisz. et al. T1, T2 Relaxation and Magnetization Transfer in Tissue at 3T. Magnetic Resonance in Medicine 54:2005 (507-512)

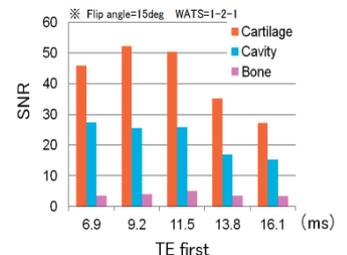


Fig.3 TE first の変化による SNR

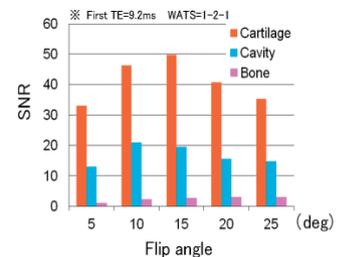


Fig.4 Flip Angle の変化による SNR

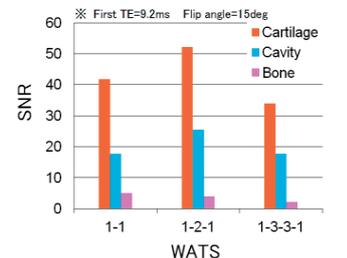


Fig.5 WATS の変化による SNR

○福島 沙知¹⁾、中河 賢一¹⁾、古牧 伸介²⁾、小笠原 貴史¹⁾、孝原 明日香¹⁾、川上 雄司¹⁾、森本 規義¹⁾

1) 倉敷中央病院 放射線センター

2) 川崎医科大学 附属川崎病院

【背景】 multiple Fast Field Echo (mFFE) シーケンスは、1TR 内で TE が異なる複数のエコーをデータ収集し、後処理にて累積加算することで高い SNR の画像を取得することが可能であり、主に関節領域、脊髄領域における T2* 強調画像として用いられる。当院では、肩関節、頸随領域で用いているが、肩関節においては頸随領域を対象に最適化された mFFE シーケンスを流用している。

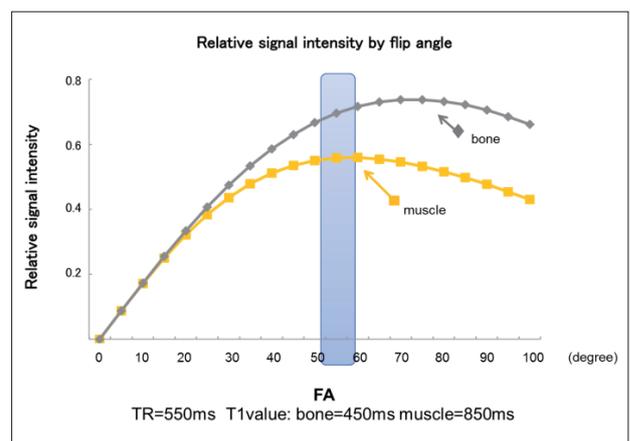
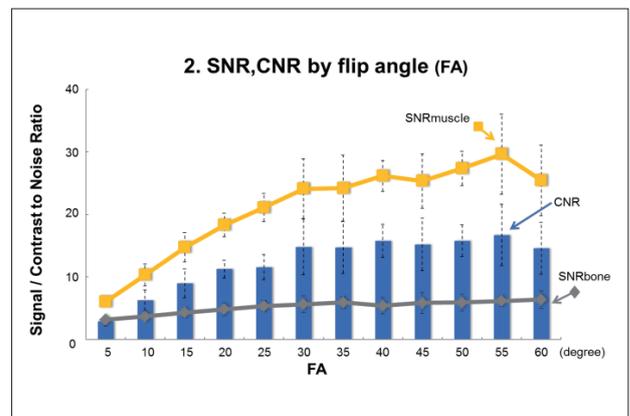
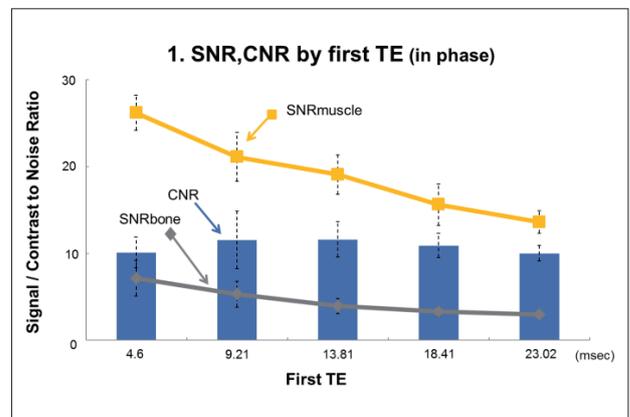
【目的】 肩関節領域、特に関節唇を対象とした mFFE シーケンスの撮像条件を検討し、最適化を行った。

【方法】 PHILIPS 社製 Achiva 1.5T (R2.6)、受信コイルは Flex-M を使用した。同意を得られた5名の健常ボランティアに対し、First TE、Flip Angle (FA) を可変した条件で撮像を行った。関節唇付近での評価のため、それぞれ肩甲骨と棘下筋の SNR/CNR を計測した。

【結果】 First TE については、TE の延長に伴い肩甲骨と棘下筋の SNR は低下した。一方、CNR は TE = 9~13ms 付近で最大となった。FA については、FA が大きくなるにつれ棘下筋の SNR は増加したが、肩甲骨の SNR はあまり変化が見られなかった。CNR は FA が大きくなるにつれ上昇する傾向が見られ、55度で最大となった。

【考察】 First TE の延長に伴い SNR は低下するが、相対的に肩甲骨の信号値が下がるためコントラストが良くなった。また合成前の複数のエコー画像が、従来法よりも長い TE を含むようになり、関節液の描出に優れた画像が得られた。FA については、mFFE シーケンスがグラディエントエコーを用いるため、信号強度がエルンスト角で最大になる。今回の条件でのエルンスト角を求めると、筋肉が55度付近、骨が75度付近となった。実験より肩甲骨は低信号で変化量が小さかったので、棘下筋の信号強度が高くなる FA55度付近を用いることが良いと考えられた。

【結語】 最適化された撮像条件により、従来法よりも SNR が高く肩甲骨と棘下筋のコントラストの良い画像が得られた。撮像条件の最適化は mFFE シーケンスの性能を最良とするために必要であり、最適化された撮像条件を用いることで関節唇や病変の描出能を高める可能性を示した。



整形外科領域における 3次元 Magnetic Resonance Image の画質改善の検討

○西山 征孝¹⁾、古牧 伸介¹⁾、木田 勝博²⁾、田淵 昭彦¹⁾

1) 川崎医科大学 附属川崎病院
2) 岡山赤十字病院

【背景】 脂肪抑制 Proton Density weighted Imaging ; PDWI は、靭帯や半月板の病変及び軟骨層や骨髄内の病変の検出に優れている。また、3D-volume imaging は、撮像条件をコントロールすることで様々なコントラストの画像を得ることが可能であり、さらに iso voxel 収集であるため、撮像後 reformation することで任意断面の観察が可能である。

【目的】 膝関節 MRI 診断において、より有用な画像を提供することを目的に、脂肪抑制併用 3D-PDWI における撮像条件の最適化を行った。3D法としてフィリップス社製 Volume Isotropic T2w Acquisition : VISTA 法を用いた。

【方法】 MRI 装置は、フィリップス社製 Achieva 1.5T、受信コイルは SENSE-Knee-coil (8ch) を使用した。関節液、軟骨、筋肉の T1・T2 値に調整した自作ファントムに対し、turbo direction を radial, y, Refocusing Flip Angle を 30deg-150deg と可変し撮像を施行した。自作ファントム T1 値、T2 値は、それぞれ関節液 (T1 値 : 2850 ± 279、T2 値 : 1210 ± 140)、軟骨 (T1 値 : 1060 ± 155、T2 値 : 42.1 ± 7.05)、筋肉 (T1 値 : 1130 ± 91.7、T2 値 : 35.3 ± 3.85) とした。得られた画像に対し、各試料間における SNR 及び CNR を算出し、RFA の変化がコントラストに与える影響、RFA の変化が SNR に与える影響について検討した。

次に同意の得られた健常ボランティアの膝関節を対象とし、ファントム実験においてコントラスト、SNR ともに高値となった RFA 50 deg-90deg の範囲で、turbo direction を radial, y と可変し軟骨-関節液、筋肉-関節液のコントラストを比較検討した。

【結果】 ファントム実験においてコントラストは、turbo direction、radial, y とともにグラフ形状に差はなく、どの組織間においても RFA を高くするとコントラストは上昇する傾向が認められた (Fig.1)。

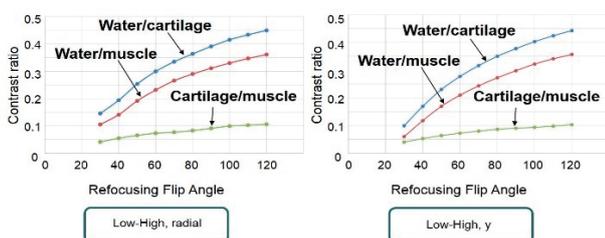


Fig. 1 Comparison of CR in each tissue, when changing RFA

SNR も同様に両 turbo direction ともに、RFA が 60 deg まで SNR は上昇し、それ以降ほぼ一定の値となり 90 deg を超えると低下する傾向が認められた (Fig.2)。

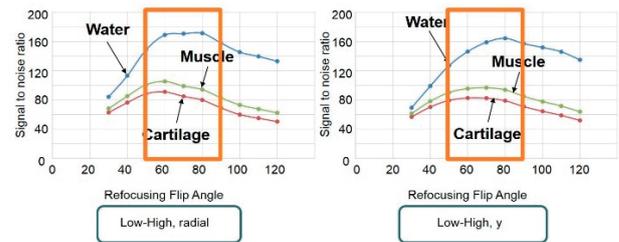


Fig. 2 Comparison of SNR in each tissue, when changing RFA

ボランティアの膝関節においても、ファントム同様の結果が得られ、turbo direction は y に設定した方が高いコントラストが得られた (Fig.3)。

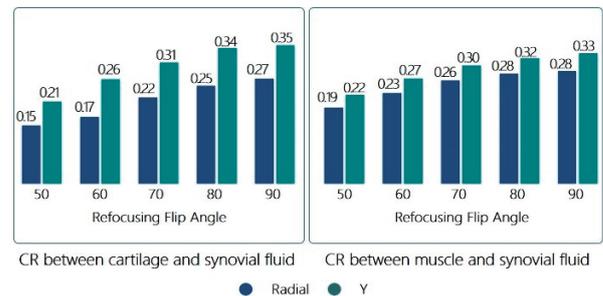


Fig. 3 Comparison of CR in each tissue, when changing turbo direction

【考察】 RFA の設定が低い場合に SNR の低下が認められたが、T1 緩和の影響や RF パルスの出力自体の低下したためと考察する。逆に RFA が高い場合に SNR が低下した。これは X-Y 平面上で再収束されるプロトンが増加し、信号強度が増加もしくは一定となるものの、長い ETL を使用しているため Blur の影響などにより、信号のばらつきが大きくなったことが原因であると考えられる。

RFA が高い場合にコントラストが上昇した。これは T2 緩和がより早くなることにより T2 コントラストが増強されたためであると考えられる。

【結語】 本検討では、関節液をより強調した画像を取得することを最適化の基準としたため、turbo direction の設定は“y”、RFA は 90deg が最適値であると判断した。

【参考文献】

- 1) 笠井俊文・土井司編：MR 撮像技術学。日本放射線技術学会 2008；189-191