

## 0.3T による膝関節の MTC MR 画像 —最適 off-resonance MTC パルスの検討と初期臨床応用—

吉岡 大<sup>1</sup>, 西村 博<sup>2</sup>, 梶山孝治<sup>2</sup>, 増田智徳<sup>2</sup>,  
中島光太郎<sup>3</sup>, 女屋博昭<sup>1</sup>, 新津 守<sup>1</sup>, 阿武 泉<sup>1</sup>,  
板井悠二<sup>1</sup>

<sup>1</sup>筑波大学臨床医学系放射線科

<sup>2</sup>日立メディコ技術研究所

<sup>3</sup>日立総合病院放射線科

### 対象と方法

#### はじめに

Magnetization transfer contrast (MTC) 画像は、1989年に Wolff と Balaban により、初めて報告された MR 撮像法であり<sup>1)</sup>、以来 MTC の臨床応用の報告は数多くされ、その有用性が認められている<sup>2)~15)</sup>。関節軟骨は MTC のよい適応であると言われているが<sup>16)</sup>、現在まで *in vivo* の膝関節の MTC 画像は 1.5T での報告が一例あるのみである<sup>9)</sup>。また低磁場 MR 装置での MTC 画像は脳での臨床例の報告がある以外は preliminary な研究にとどまっている<sup>11)~15)</sup>。MTC パルスに関しても on-resonance と off-resonance を比較した報告はあるが<sup>4)</sup>、各種 off-resonance パルスを比較した例はない。そこで今回我々は、低磁場 MR 装置で臨床応用可能な膝関節 MTC 画像の最適 off-resonance MTC パルスの検討を正常膝を対象に行ない、膝関節疾患患者に応用し、低磁場 MR 装置における膝関節の MTC 画像の有用性について検討した。

はじめに、膝痛のない健康なボランティア男子 5 人 (平均年齢 28 歳) を対象に測定を行なった。使用した MR 装置は 0.3T (日立メディコ社製, MRP-7000) で、パルスシーケンスは gradient recalled echo (GRE) 法を用い通常の GRE 画像と MTC-GRE 画像を撮像した。MTC の RF パルスは連続波, gaussian 波, sinc 波 (2 cycles) の 3 種類とし、繰り返し時間 (TR) は連続波では 200 及び 500 ms, gaussian 波と sinc 波では 200 ms で撮像した。specific absorption rate (SAR) やハードウェアの安全性を考慮して、MTC パルスの照射時間は TR の 5 分の 1 とした。すなわち TR 500 ms と 200 ms では MTC のパルス時間はそれぞれ 100 ms, 40 ms に設定した。MTC のパルス強度は 12  $\mu$ T とし、off-resonance 周波数は 0.3~7.5kHz まで変化させた。連続波, gaussian 波, sinc 波の SAR はそれぞれ 0.44, 0.12, 0.02W/kg であった。他の撮像条件は MTC 画像と通常の GRE 画像とは同じで、エコー時間 (TE) = 23 ms, フリップ角 (FA) = 20° とし, matrix = 256 ×

キーワード magnetization transfer contrast (MTC), off-resonance, articular cartilage, joint fluid

128, FOV=16 cm, 積算回数1回, スライス厚を7 mmの1スライスの横断画像で撮像した。コイルは膝用コイルを使用した。MTCパルスの有無で, 筋肉, 皮下脂肪, 膝蓋骨関節軟骨, 外部基準(生理食塩水)の信号強度を測定し, MTC画像での信号強度(Ms)とMTCパルスが印加されていない通常のGRE画像の信号強度(Mo)の比Ms/Moを計算しMTC効果を判定した。健康人での最適off-resonanceは, 生理食塩水及び皮下脂肪のMs/Moが0.9以上で, 関節軟骨及び筋肉のMs/Moが最低を示す周波数とした。また最適off-resonance時の生理食塩水と関節軟骨の信号強度を測定し, 信号強度差をコントラスト, コントラストをバックグラウンドノイズの標準偏差で割った値をコントラストノイズ比(C/N)としてそれぞれ求めた。

次に連続波, gaussian波, sinc波でそれぞれ最適としたoff-resonance条件下で, 膝関節疾患患者11人のMTC画像の撮像を行なった。患者は男性4人, 女性7人で平均年齢は30.8歳であった。疾患の内訳は半月板損傷またはその疑いが9人, 前十字靭帯損傷が1人, 前十字および後十字靭帯損傷が1人であった。撮像はGRE法でTR/TE/FA=200または500/23/20とし, matrix=256×256, FOV=16 cm, 積算回数2回, スライス厚を5から7 mmの1スライスの矢状断面像をMTCの有無で撮像した。MTCの定量的評価は関節軟骨, 関節液間のコントラスト, C/Nを計算した。

また膝関節疾患患者のうち3人に対してTR/TE/FA=200/23/20, matrix=256×128, FOV=16 cm, 積算回数1回, スライス厚3 mm, 32枚スライスの3D MTC画像をパルス時間40 ms, パルス強度12 μTのgaussian波を用いて撮像し, 同一患者のgaussian波の2D MTC画像とコントラスト及びC/Nを比較した。

## 結 果

膝痛のない男子5人の結果をFig.1及び2に示す。gaussian波とsinc波のMTC画像ではoff-resonanceを変化させたときの筋肉, 軟骨, 皮下脂肪, 及び生理食塩水のMs/Moはほぼ同じ変化を示した。それに対し連続波のMs/Moはgaussian波やsinc波のMs/Moと異なり2.5kHz以上離れたoff-resonance条件下でも, 筋肉や軟骨が低いMs/Moを示した。しかし, 皮下脂肪や生理食塩水のMs/Moの低下も3.5kHz以下で生じ(いわゆるbleed-over), TR 200 msでその傾向が強かった。またTR 200 msと500 msの連続波MTC画像では2.5kHz未満のoff-resonanceではアーチファクトにより正確な信号強度の測定が不可能であった。

脂肪と生理食塩水でMs/Moが0.9以上の条件のもとで筋肉と軟骨が最低値を示すoff-resonanceはgaussian波, sinc波, TR 200 ms連続波及びTR500ms連続波のMTC画像でそれぞれ0.5, 0.4, 5.5, 3.5kHzであった。この条件下での生理食塩水と関節軟骨のコントラストとC/NをFig.3に示す。MTC画像はTR 200および500msともに通常のGRE画像と比較すると高いコントラストとC/Nを示し, TR 200 msでは有意に高値(gaussian波, sinc波で $p < 0.001$ , 連続波で $p < 0.01$ )であった。TR 500 msのMTC画像が最も高いコントラストとC/Nを示し, それぞれ平均 $2.76 \times 10^5$ , 35.6であった。TR 200 msではgaussian波, sinc波, 連続波の3種のoff-resonanceを用いたときの生理食塩水と関節軟骨の平均コントラストはそれぞれ $2.13 \times 10^5$ ,  $2.06 \times 10^5$ ,  $2.10 \times 10^5$ , 平均C/Nはそれぞれ27.4, 26.4, 27.0でありパルス波形間での有意差はなかった。一方TR 500 msのGRE画像のコントラストとC/Nは平均でそれぞれ $2.46 \times 10^5$ , 31.8であり, TR 200 msのMTC画像よりコントラスト, C/Nともに高値を示した。

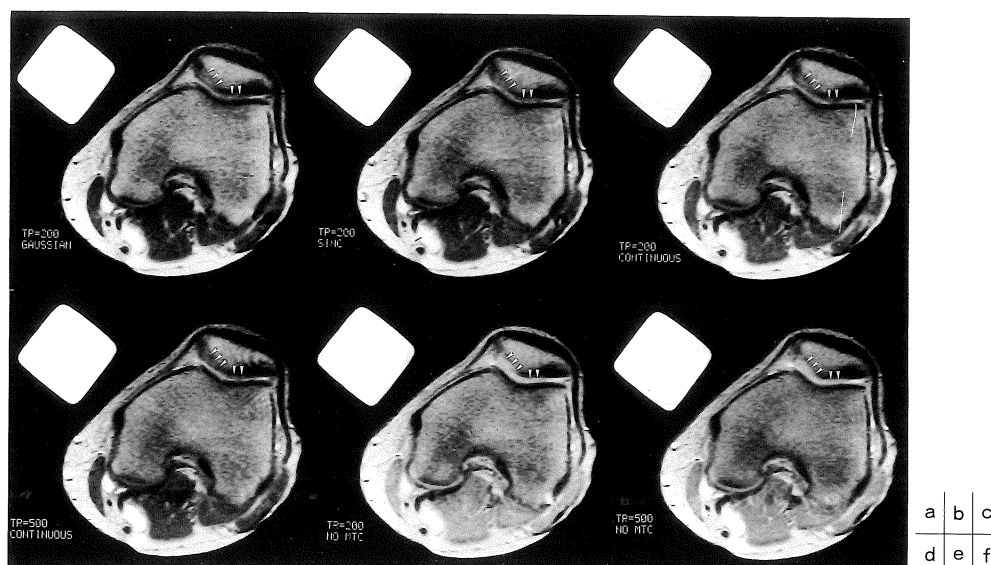


Fig.1. MTC-GRE images of a normal volunteer were obtained with off-resonance (a) gaussian, (b) sinc, (c) constant (continuous) with a TR of 200 ms, and (d) constant a TR of 500 ms shaped preirradiation pulses. Signal intensity of muscle and cartilage (arrowheads) was decreased by these MTC pulses. Conventional GRE images with a TR of (e) 200 ms and (f) 500 ms were obtained in order to compare with MTC images.

TR 200 ms 連続波の MTC 画像は最適 off-resonance のもとで Ms/Mo, コントラスト, C/N が gaussian 波や sinc 波と差がなかった。また, 連続波は SAR が最も高値で, かつ直接の水信号の抑制が大きな off-resonance でも起こりアーチファクトが生じやすいことから, gaussian 波や sinc 波の方が臨床応用には適していると判断して, 臨床例では TR 200 ms gaussian 波, sinc 波, TR 500 ms 連続波の 3 つの波形で撮像を試みた。off-resonance を gaussian 波で 0.5 kHz, sinc 波で 0.4 kHz, 連続波で 3.5 kHz とした膝関節疾患患者の結果を Fig.4 に示す。MTC 画像では関節軟骨の信号強度の減少が認められ, 高信号に描出される関節液との区別がより明瞭となった。

3 種類のパルスを用いた臨床例の関節軟骨と関節液間の平均コントラスト及び C/N も正常ボランティアと同様に TR 500 ms 連続波 MTC 画像で  $4.51 \times 10^5$  及び 22.6 と最も高値であった。

gaussian 波の MTC 画像のコントラスト, C/N は  $2.66 \times 10^5$ , 14.1 で sinc 波のそれらは  $2.21 \times 10^5$ , 12.0 であり, gaussian 波で有意な高値 ( $p < 0.01$ ) を示した。gaussian 波 MTC 画像と TR 500 ms GRE 画像のコントラストおよび C/N には有意差はなかった (Fig.5)。

gaussian 波の 3D MTC 画像で撮像した患者 3 人のコントラストと C/N は, 平均でそれぞれ  $6.87 \times 10^5$ , 11.9 であった。一方, 同一患者の gaussian 波 2D MTC 画像でのコントラストと C/N はそれぞれ  $1.83 \times 10^5$ , 17.6 であった。

## 考 察

MTC パルスには on-resonance パルスと off-resonance パルスがあるが, 高磁場 MR 装置では SAR の基準を満たすために, on-resonance パルスまたはパルス時間の短い off-resonance パルスが使用され

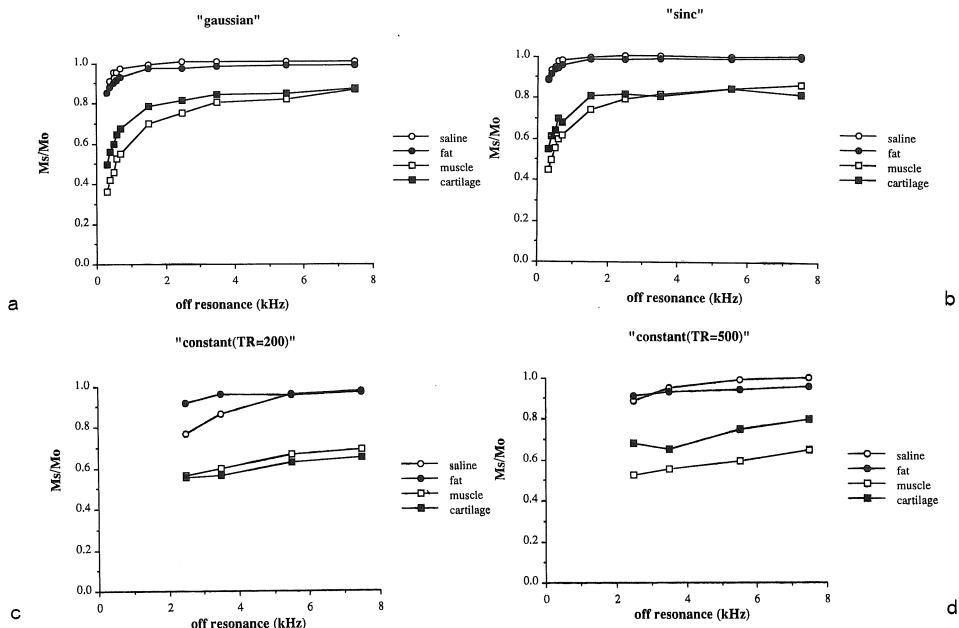


Fig.2. Relationship between MTC effect (Ms/Mo) and off-resonance frequency using off-resonance (a) gaussian, (b) sinc, (c) constant (TR=200ms), and (d) constant (TR=500ms) irradiation pulses. Saline and subcutaneous fat are less effective for MTC pulse. However, muscle and cartilage show lower Ms/Mo due to dipolar cross-relaxation between mobile water protons and restricted motion protons. The gaussian and sinc shaped pulse showed similar curve for all materials. Since MTC images with constant wave irradiation produced artifact below 2.5 kHz off-resonance, it was impossible to calculate signal intensity and Ms/Mo.

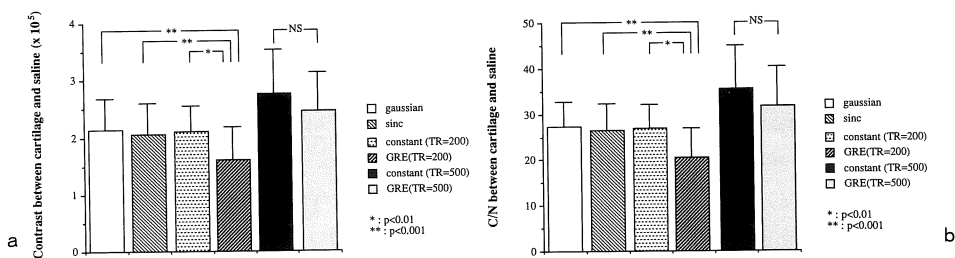


Fig.3. The comparison of (a) contrast and (b) contrast-to-noise ratio (C/N) between saline and articular cartilage in the knee of normal volunteers. All MTC images showed higher contrast and C/N between saline and articular cartilage than conventional gradient recalled echo images. MTC images with a TR of 500ms showed the highest contrast and C/N. All MTC images with a TR of 200ms revealed almost same contrast and C/N between saline and articular cartilage, suggesting that there was no difference of MTC effect among gaussian, sinc, and constant wave pulses.

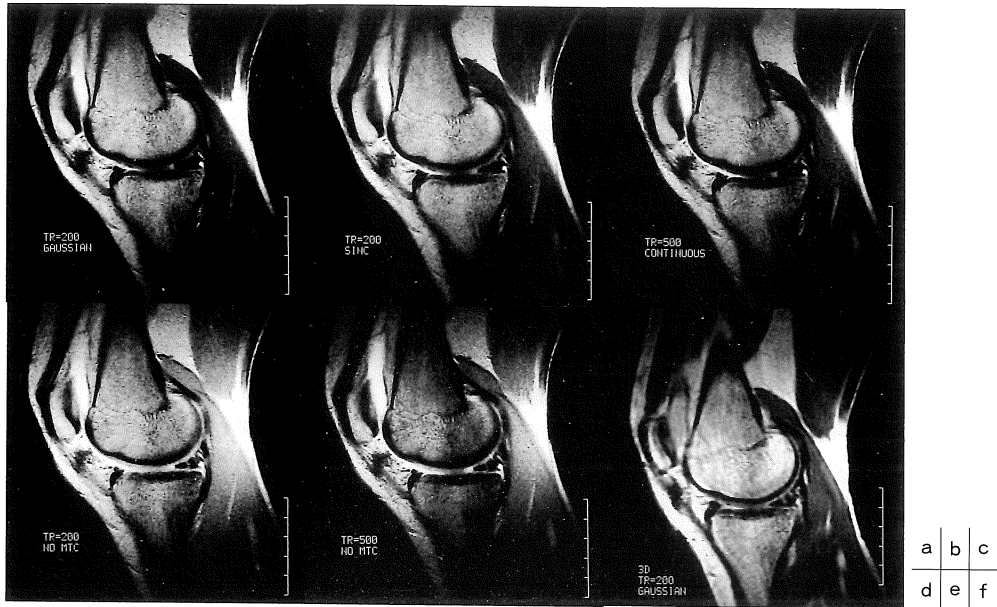


Fig.4. MTC images of a patient with suspected ACL and PCL injury using off-resonance (a) gaussian, (b) sinc, (c) constant (TR=500ms) shaped pulses and GRE images of the same patient with a TR of (d) 200 ms and (e) 500 ms were obtained. Since signal intensity of articular cartilage decreased on MTC images, they showed better contrast between cartilage and joint fluid. (f) 3D MTC images were also obtained with an imaging time of 13 min 39 s.

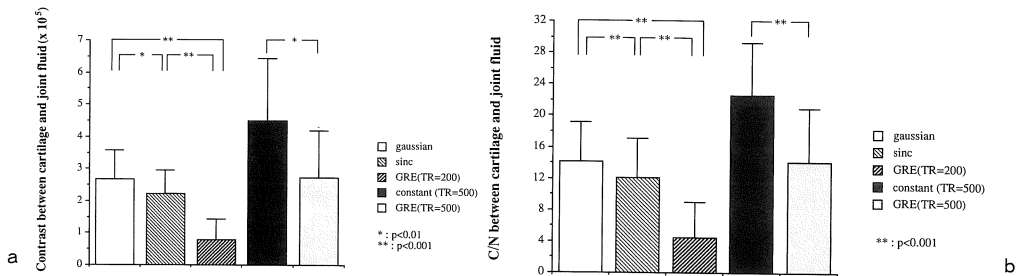


Fig.5. The comparison of (a) contrast and (b) C/N between articular cartilage and joint fluid of knee injury patients. The results were similar to normal volunteers' (see Fig.3). The gaussian MTC images revealed better contrast and C/N between articular cartilage and joint fluid than the sinc MTC images.

ている。しかし on-resonance パルスは磁場の不均一性に敏感であり、bleed-over が問題となることが多く、パルス時間の短い off-resonance パルスでは高分子のプロトンの完全な飽和が不可能であるなど

の欠点がある<sup>4)</sup>。一方、低磁場 MR 装置では SAR を低く設定できるため、比較的長い off-resonance パルスの照射が可能であり、より完全な飽和と良好な周波数選択性が得られる。今回我々が用

いた 0.3 T MR 装置においても、安全基準内で比較的長い照射 ( $\sim 100$  ms) が可能であった。

低磁場 MTC の研究は脳、肝臓、筋肉など報告されているがいずれも off-resonance の連続波を使用したものでパルス時間は 25 $\sim$ 300 ms, off-resonance 周波数は 4 $\sim$ 8 kHz に設定している<sup>13-15)</sup>。連続波はフーリエ変換すると sinc 波になるが、パルス時間が短いとサイドローブを広範囲に引き、直接水を照射してしまう。これを避けるために先行研究ではパルス時間を長く設定してきた。今回我々は off-resonance の連続波と同一印加時間、同一ピーク強度の off-resonance の gaussian 波と sinc 波を用いてそれらの比較を行なった。

3 種類の off-resonance パルスは、ボランティア実験の生理食塩水と脂肪の Ms/Mo が 0.9 以上という条件ではほぼ同じ生理食塩水と関節軟骨のコントラスト、C/N を示し、パルス波形による MTC 効果の優劣はなかった。しかし、本測定の下では連続波の SAR が最も高値であった。しかも、連続波の MTC 画像は周期的に高調波の影響と思われる縞模様のアーチファクトの出現や gaussian 波、sinc 波に比較すると小さな off-resonance の設定で bleed-over が多いなどの問題があった。したがって、他の撮像条件が同じであれば gaussian 波、sinc 波の方が連続波より少ないエネルギーで有効な MTC 効果が得られた。一方、gaussian 波や sinc 波の MTC 画像では、軟骨や筋肉の MTC 効果の off-resonance と直接の水抑制の off-resonance とのバンド幅が非常に近く off-resonance の設定は微妙である。gaussian 波と sinc 波の比較は、SAR の点から考慮すると sinc 波の方がよく、関節軟骨と関節液のコントラスト、C/N の点からは gaussian 波の方がよいと思われる。

TR=500 ms では TR=200 ms に比べ、縦磁化の回復が進み関節液や生理食塩水の信号強度も高く、TR を延長することも軟骨と水のコントラストを高める効果がある。実際に、我々が検討した条件の中では TR=500 ms の MTC 画像が最も高いコントラスト、C/N を示した。した

がって同じ SAR で高コントラストを得るには TR を延長するののも一つの方法である。しかし MTC 画像の臨床応用という点からは長い TR 及び MTC パルスの設定はいくつかの理由で制限される。一つはハードウェアの問題である。長い MTC パルスはパワーアンプに対する負荷が大きく、パワーアンプの増強などの改良が必要となる。第二点目は長い TR では臨床での 3D 画像の撮像が困難なことである。TR=500 ms では少なくとも 30 分以上かかり実用的ではない。

今回の 2D MTC 画像はシングルスライスで撮像したが、臨床ではマルチスライスの画像での評価が必要である。方法としては 2D または 3D での撮像法が考えられるがそれぞれ問題がある。例えば、マルチスライスの 2D MTC 画像に関しては、長い MTC パルスでの撮像ではスライス枚数が減少する。また、スライスごとに MTC パルスを印加すると SAR はスライス枚数に比例して増加するという事も生じる。TR ごとに MTC パルスを設定することも考えられるがスライスごとに MTC 効果が異なるということが生じると思われる。改善策としては、マルチスライス 2D MTC 画像を得るには TR を長く、MTC パルスを sinc 波に設定し、かつ MTC 効果は落ちるがある程度パルス時間を短くするなどして、低い SAR 条件でも効率のよい MTC 効果とスライス枚数を多くする工夫が必要と思われる。

3D MTC 画像は、TR=200 ms, 256 $\times$ 128 マトリックス、スライス厚 3 mm の 32 枚スライス、1 回積算で撮像時間は 13 分 39 秒であった。2D GRE 法に比較すると撮像時間は長いですが、临床上実用可能な時間内で診断に十分な連続的な thin slice の撮像が行なわれた。3D MTC 画像では、各 TR ごとに MTC パルスを印加するので、SAR がシングルスライスの 2D MTC 画像と同一ですむという大きな利点がある。具体的には、今回我々が検討した gaussian 波形を用いた症例では SAR は 0.12 W/kg であった。しかし上記のごとく長い TR の設定では臨床使用は

不可能で、短い TR では関節液は高信号に描出されない等 TR の設定が難しい。また今回 3D MTC 画像を検討した 3 症例では、折り返しアーチファクトや体動に伴うアーチファクトによるノイズの増大があり、高いコントラストは得られたものの C/N では 2D 画像より低値を示し、3D MTC 画像の撮像法に関しても改良しなければならぬ課題がある。

今回 0.3 T で検討した最適 off-resonance での膝関節軟骨の Ms/Mo は約 0.6 であった。一方、Wolff ら<sup>9)</sup>が 1.5 T で報告した Ms/Mo (TR/TE/FA=200/10/20) は約 0.25 で、我々の結果とはかなり異なる。この MTC 効果の差の一因として、静磁場強度の違いによる可能性が考えられる。すなわち、高磁場ほど T<sub>1</sub> 値は大きな値を示し、反応速度定数が一定という条件のもとでは、Ms/Mo は低値を示す。また、高分子プロトンの飽和の程度の差や、bleed-over による過大評価も MTC 効果の違いとなる可能性がある。

0.3 T の MTC 効果が 1.5 T より劣るとしても、SAR を考慮すると必ずしも 0.3 T の MTC 画像が劣るということにはならない。即ち、今回と同一条件での 1.5 T の撮像を仮定すると、理論的には静磁場強度による周波数と導電率の違いにより、1.5 T での SAR は 0.3 T に比較し約 30 倍高い値を示すことになる。従って、1.5 T で連続波の MTC 画像は臨床的には不可能であり、スライス枚数に比例するマルチスライス 2D MTC 画像では sinc 波のみが基準内で撮像可能である。3D 画像では gaussian 波と sinc 波で撮像可能であるが、いずれにせよ、0.3 T と比較するとかなりの制限を受けることとなる。

膝関節軟骨の MR 画像としての撮像法が優れているかの議論は多い。最近では fat-suppressed 3D spoiled gradient recalled acquisition in the steady state (SPGR)<sup>17)</sup> や fast spin echo (FSE)<sup>18)</sup> が他の spin echo 法や GRE 法より優れていると死体の膝を用いて報告されている。fat-suppressed 3D SPGR では関節軟骨を高信

号とし、他の組織は低信号に描出される。しかし、出血性の関節液はどの撮像法でも高信号に描出されることから外傷性膝疾患ではむしろ関節軟骨の診断能は低下することも考えられる。また、MTC 画像は T<sub>2</sub> 強調に類似したコントラストとなるので、FSE とは同様なコントラストが得られると思われる。FSE 法では短い撮像時間で T<sub>2</sub> 強調の画像が得られるので、この点では FSE の方が優れている。しかし、MTC 画像は今までにない水と高分子の相互作用という生化学的、生理学的な情報を含んでおり、軟骨に限らず半月板の変性変化など病変とその周囲組織との間に新たなコントラストが得られる可能性があるが、MTC 画像の膝関節疾患診断に対する有用性は今後の臨床症例の検討が必要である。

## ま と め

比較的長い off-resonance パルスを用いた低磁場 MR 装置での膝関節の MTC 画像を sinc 波、gaussian 波、連続波の三つの波形を用い検討した。すべての波形で得られた MTC 画像は関節液と関節軟骨のコントラスト、C/N に関して通常の GRE より高値を示した。MTC パルス波形の比較では、SAR が低く bleed-over とそれに伴うアーチファクトが少ない sinc 波や gaussian 波の方が効率的な MTC 効果が得られた。SAR の点から sinc 波の MTC 画像が、関節液と関節軟骨のコントラスト、C/N の点からは gaussian 波の MTC 画像が優れていた。また、TR 200 ms の 3D MTC 画像は临床上可能な撮像時間であり、0.3 T での MTC 画像は関節軟骨や半月板疾患の診断に有用性が期待される。

## 文 献

- 1) Wolff SD, Balaban RS : Magnetization transfer contrast (MTC) and tissue water proton relaxation *in vivo*. Magn Reson Med, 10 : 133-144, 1989.

- 2) 上嶋康裕, 豊島日出夫, 曾我美 勝・他: 交差緩和時間イメージング. 日磁医誌, 9 (suppl.2) : 169, 1989.
- 3) Balaban RS, Ceckler TL : Magnetization transfer contrast in magnetic resonance imaging. *Magn Reson Q*, 8 : 116-137, 1992.
- 4) Schneider E, Prost RW, Glover GH : Pulsed magnetization transfer versus continuous wave irradiation for tissue contrast enhancement. *JMRI*, 3 : 417-423, 1993.
- 5) Edelman RR, Ahn SS, Kleefield J, et al. : Improved time-of-flight MR angiography of the brain with magnetization transfer contrast. *Radiology*, 184 : 395-399, 1992.
- 6) Santyr GE : Magnetization transfer effects in multislice MR imaging. *Magn Reson Imag*, 11 : 521-532, 1993.
- 7) 吉岡 大, 西村 博, 板井悠二・他: Gradient recalled echo 法の骨格筋 magnetization transfer contrast 画像. 日本医放会誌, 53 : 223-225. , 1993.
- 8) Wolff SD, Eng J, Balaban RS : Magnetization transfer contrast : Methods for improving contrast in gradient-recalled-echo images. *Radiology*, 179 : 133-137, 1991.
- 9) Wolff SD, Chesnick S, Balaban RS, et al. : Magnetization transfer contrast : MR imaging of the knee. *Radiology*, 179 : 623-628, 1991.
- 10) Outwater E, Schnall MD, Kressel HY, et al. : Magnetization transfer of hepatic lesions : Evaluation of a novel contrast technique in the abdomen. *Radiology*, 182 : 535-540, 1992.
- 11) Zhu XP, Zhao S, Isherwood I : Magnetization transfer contrast (MTC) imaging of skeletal muscle at 0.26 Tesla-changes in signal intensity following exercise. *Br J Radiology*, 65 : 39-43, 1992.
- 12) Kuru M : Analysis of longitudinal relaxation rate constants from magnetization transfer MR images of human tissues at 0.1T. *Magn Reson Imag*, 10 : 35-40, 1992.
- 13) Kurki TJI, Niemi PT, Lundbom N : Gadolinium-enhanced magnetization transfer contrast imaging of intracranial tumors. *JMRI*, 2 : 401-406, 1992.
- 14) Kahn CE, Perera SD, Lipton M, et al. : Magnetization transfer imaging of the abdomen at 0.1T: Detection of hepatic neoplasms. *Magn Reson Image*, 11 : 67-71, 1993.
- 15) Swallow CE, Kahn CE, Sepponen RE et al. : Magnetization transfer contrast imaging of the human leg at 0.1T : A preliminary study. *Magn Reson Imag*, 10 : 361-364, 1992.
- 16) Kim DK, Ceckler TL, Balaban RS, et al. : Analysis of water-macromolecule proton magnetization transfer in articular cartilage. *Magn Reson Med*, 29 : 211-215, 1993.
- 17) Recht MP, Kramer J, Resnick D, et al. : Abnormalities of articular cartilage in the knee : Analysis of available MR techniques. *Radiology*, 187 : 473-478, 1993.
- 18) Tervonen O, Dietz MJ, Ehman RL, et al. : MR imaging of knee hyaline cartilage : Evaluation of two-and three-dimensional sequences. *JMRI*, 3 : 663-668, 1993.



**Magnetization Transfer Contrast MR Imaging of the Knee at 0.3T**  
**—Evaluation of the Optimal Off-resonance MTC Pulse**  
**and Initial Clinical Study—**

Hiroshi YOSHIOKA<sup>1</sup>, Hiroshi NISHIMURA<sup>2</sup>, Koji KAJIYAMA<sup>2</sup>,  
Tomonori MASUDA<sup>2</sup>, Kotaro NAKAJIMA<sup>3</sup>, Hiroaki ONAYA<sup>1</sup>,  
Mamoru NIITSU<sup>1</sup>, Izumi ANNO<sup>1</sup>, Yuji ITAI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Department of Radiology, Institute of Clinical Medicine, University of Tsukuba*  
*1-1-1 Tennodai, Tsukuba-shi, Ibaraki 305*

<sup>2</sup>*R&D Center, Hitachi Medical Corp.*

<sup>3</sup>*Department of Radiology, Hitachi General Hospital*

It has been reported that magnetization transfer contrast (MTC) images were effective in evaluating the articular cartilage. However, only one *in vivo* study of the articular cartilage in the knee has been demonstrated at 1.5T. The purpose of this study was to evaluate the optimal off-resonance MTC pulse at 0.3T MR imager and assess its clinical usefulness. Five normal volunteers and eleven patients with suspected knee injuries were investigated using off-resonance sinc, gaussian, constant shaped irradiation pulses. All MTC images revealed higher contrast and contrast-to-noise (C/N) ratio between articular cartilage and external reference (saline) in the normal volunteers' knee than conventional gradient recalled echo images. MTC images with the gaussian or sinc shaped pulse were judged superior to those with constant wave pulse because the former images showed a fewer artifact with lower specific absorption rate than the latter images. The sinc MTC images were performed with the lowest SAR. The gaussian MTC images revealed better contrast and C/N between articular cartilage and joint fluid than the sinc MTC images in patients. 3D MTC images using gaussian pulse were also performed within a clinically tolerable imaging time (13min 39s). Thus, MTC images in the knee at 0.3T using off-resonance pulse may be effective to assess knee injury due to better contrast between articular cartilage and joint fluid.