

Presaturation pulse を併用した MR cholangiopancreatography の基礎的検討

寺腰博明¹, 内山勝弘^{1,2}, 江良謙一¹, 大曾根文雄¹,
二見 務¹

¹帝京大学医学部附属市原病院放射線部 ²同放射線科

目 的

MR cholangiopancreatography (MRCP) はヨード系造影剤を使用することなく非侵襲的に短時間に高分解能の胆管、膵管像が得られることから様々なモダリティーと比べその診断的役割は大きい¹⁾。最近では高速撮像法である single-shot fast spin echo 法 (SSFSE 法) での dynamic MRCP が行われ、膵胆道系の機能診断に応用されている。しかし、MRCP の基本原理は 50~60 mm の非常に厚い slice で T₂ 強調画像を得る技法であるため、long T₂ 成分である脊髄液や尿管等の信号が MRCP 画像に混入し、しばしば胆管や膵管との判別が困難な場合が多い。そこで我々は、MRCP 撮像時に presaturation pulse (SAT pulse) を併用することで診断上不要な long T₂ 成分の信号を抑制し、良好な胆管、膵管像を得ることを可能としたので報告する。

方 法

使用装置は SIGNA Horizon LX1.5T (GE 横河メディカルシステム社製)、使用コイルは TORSO-coil である。撮像シーケンスは、SSFSE 法を用いた。撮像は single slice 法によ

り TR=∞, TE=maximum (900~1000 ms), バンド幅=31.2 kHz, matrix=256×256, FOV=320×320 mm で行い、脂肪抑制法は chemical shift selective saturation (CHESS) 法を使用した。撮像時間は約 2 秒である。なお、SAT pulse はバンド幅=250 Hz, フリップ角=90°であった。検討項目は次の 1) から 3) である。

1) SSFSE 法の描出能および slice 選択特性

SSFSE 法の描出能を知るため、蒸留水を内径 1, 2, 3 mm のチューブに満たしたファントムに対して、slice 厚 30, 50, 100 mm で撮像を行い、同一のウインドレベル、ウインド幅で描出能の視覚的評価を行った。

SSFSE 法の slice 選択性を知るため、蒸留水を内径 5 mm のチューブに満たしたファントムに対して、slice 中心から 10 mm ごとに 150 mm まで離して撮像を行い、信号強度を測定した。slice 厚は 30, 50, 100 mm でそれぞれ行った。

2) SAT pulse の信号抑制効果

SAT pulse の信号抑制効果を知るため、蒸留水を内径 100 mm の円柱容器に封入したファントムに対して、SAT pulse を slice 中心から 5 mm ごとに 25 mm まで離して撮像を行い、信号強度を測定した。SAT pulse 幅は 10,

キーワード MR cholangiopancreatography, SAT pulse, SSFSE

20 mm でそれぞれ行った。

3) SAT pulse を併用した MRCP の画像変化

肝, 胆, 膵臓疾患 50 例および健常ボランティア 1 例を対象として, SAT pulse 併用の有無による MRCP 画像の変化および SAT pulse の設定部位の違いによる MRCP 画像の変化を評価した. なお, 肝, 胆, 膵臓疾患 50 例はすべて MRI 用経口造影剤 (フェリセルツ® 12 倍濃度 50 ml) を内服し, 健常ボランティア 1 例は内服していない.

結 果

各内径のファントムに対して slice 厚を変えて撮像した画像を Fig. 1 に示す. Slice 厚が変化しても各内径のファントムの描出能は視覚的に変化が認められなかった. しかし, ファントム 1 mm 径での信号強度はファントム 2, 3 mm 径と比較すると著しく低かった.

SSFSE 法の slice 選択特性を Fig. 2 に示す. Slice 厚 30, 50, 100 mm のすべてにおいて設定厚よりも slice 選択性は非常に広がった. ま

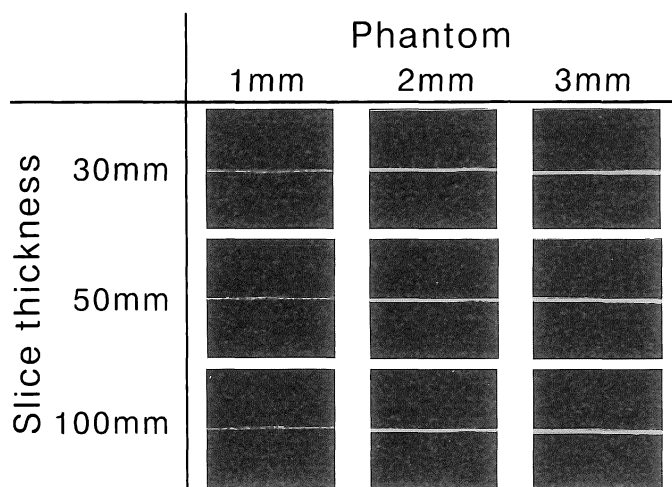


Fig. 1. Visual assessment of ability to depict a phantom

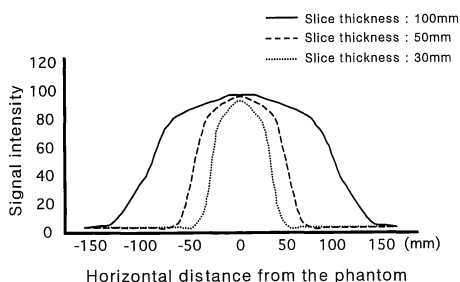


Fig. 2. Relation slice selectivity with slice thickness in the SSFSE method

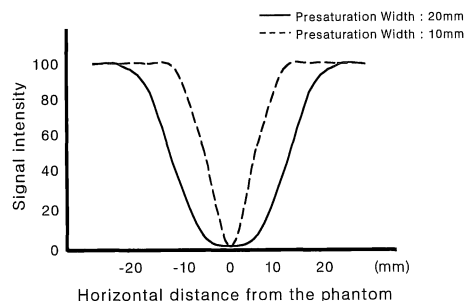


Fig. 3. Relation presaturation width and signal intensity in phantom study

た、設定 slice 領域外の信号は slice 中心から離れるに従いなだらかに低下した。

SAT pulse の信号抑制効果を Fig. 3 に示す。SAT pulse の信号抑制効果は SAT pulse 幅 10, 20 mm のいずれも設定幅よりやや広がった。

SAT pulse で脊髄液の信号を抑制した 35 例では、SAT pulse の併用で脊髄液の信号が抑

制され、膵管を脊髄液の信号と重なることなく観察することができた (Figs. 4, 5)。腎、尿管の信号を抑制した 10 例では、SAT pulse を二段重ねの状態を設定することで腎、尿管の信号が広い領域で抑制できた (Fig. 6)。腎嚢胞の信号を抑制した 5 例では、腎嚢胞の信号が抑制され肝内胆管分岐部を明瞭に観察することが

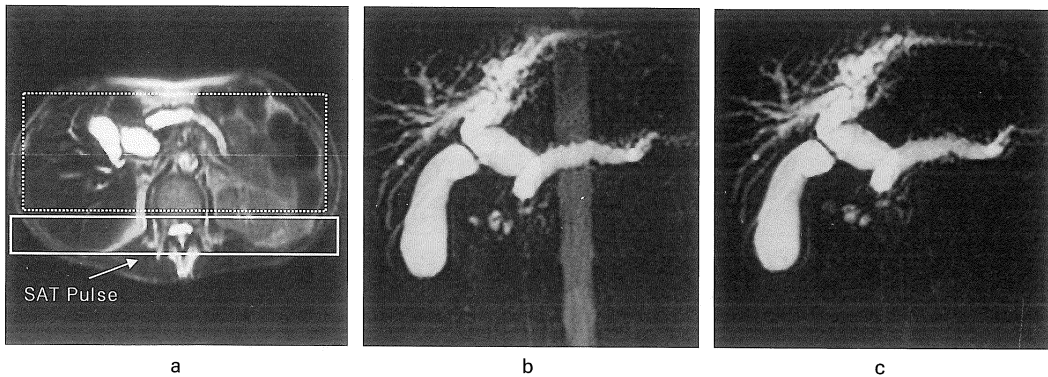


Fig. 4. MRCP images in which spinal fluid signals have been blocked
a) MRCP and images in which the SAT pulse has been applied. SAT pulse has been applied to the spinal fluid. MRCP slice thickness is 80 mm.
b) MRCP (without SAT pulse).
c) MRCP (with SAT pulse).

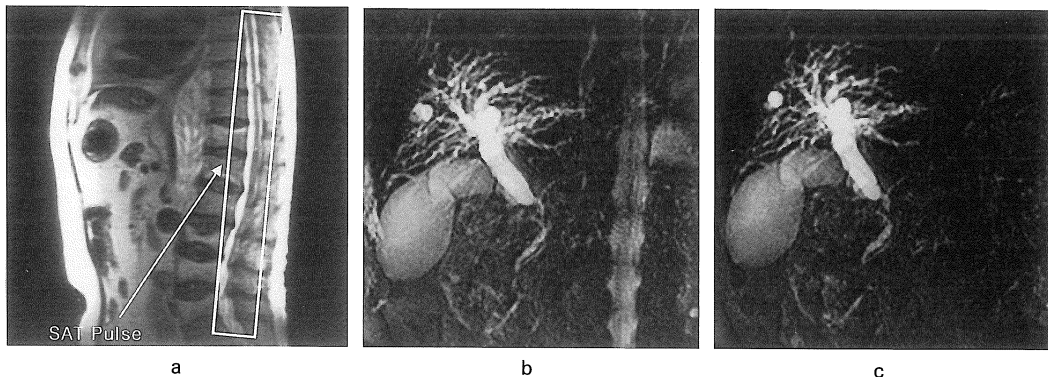


Fig. 5. MRCP images in which spinal fluid signals have been blocked
a) Images in which the SAT pulse has been applied. When the curvature of the spine is severe or the MRCP images are acquired in the oblique view, the SAT pulse is applied to the spinal cavity in the sagittal view. MRCP slice thickness is 100 mm.
b) MRCP in an LAO position of 25° (without SAT pulse).
c) MRCP in an LAO position of 25° (with SAT pulse).

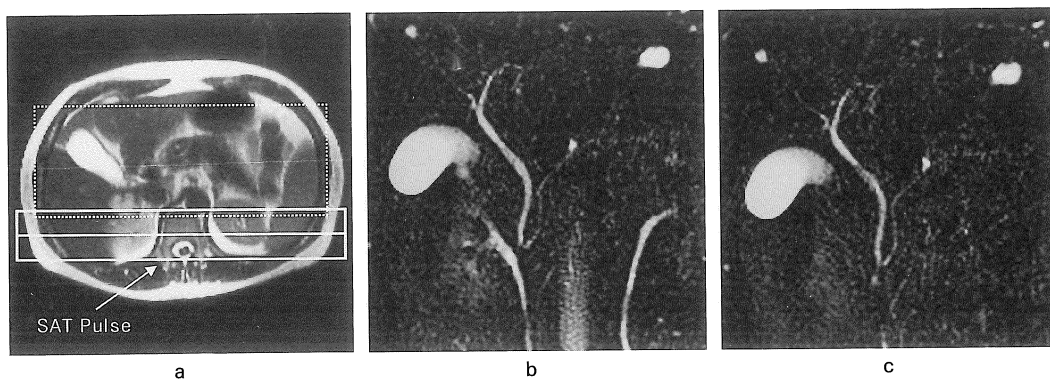


Fig. 6. MRCP images in which ureter signal are blocked
 a) MRCP and images in which the SAT pulse has been applied.
 SAT pulse is applied so as to overlap the kidney and the ureter. MRCP slice thickness is 65 mm.
 b) MRCP (without SAT pulse).
 c) MRCP (with SAT pulse).

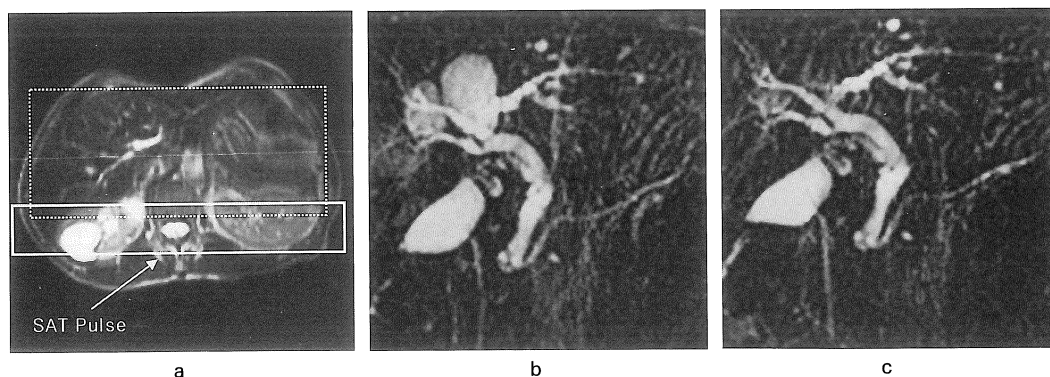


Fig. 7. MRCP images in which renal cyst signals are blocked
 a) MRCP and images in which the SAT pulse has been applied.
 SAT pulse is applied to a renal cyst. Although it partly overlaps the MRCP slice, it dose not affect the MRCP image acquired. MRCP slice thickness is 100 mm.
 b) MRCP (without SAT pulse).
 c) MRCP (with SAT pulse).

できた (Fig. 7). MRI 用経口造影剤を内服していないボランティアの1例では、胃体部および胃体上部を囲むように SAT pulse を設定することで消化管の信号が抑制され、MRI 用経口造影剤を用いなくても膵管の走行を描出することができた (Fig. 8).

考 察

近年の MRCP は SSFSE 法を始めとする高速撮像法の進歩によって、短時間の呼吸停止下で高分解能な画像が得られるまでに至っている^{2),3)}. しかし、MRCP の基本原理は T₂ 強調画像を得る技法であるため、MRCP 画像にお

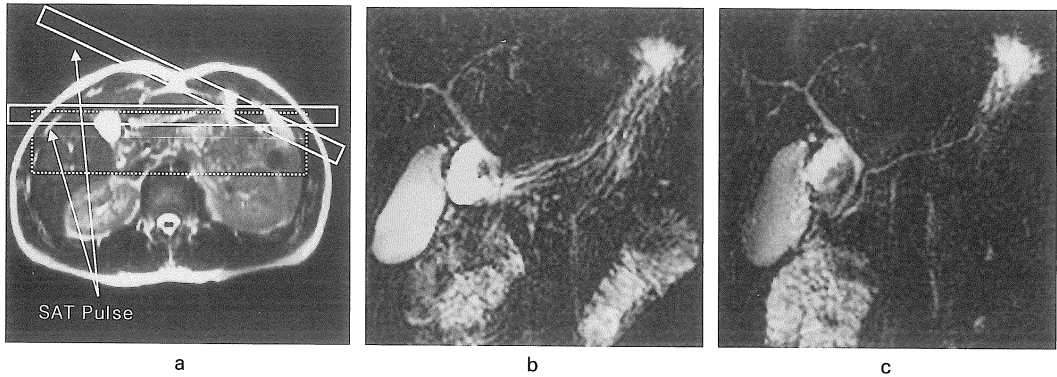


Fig. 8. MRCP images in which digestive tract signal are blocked
 a) MRCP and images in which the SAT pulse has been applied. SAT pulse is applied at two sites as though surrounding the gastric body. MRCP slice thickness is 50 mm. Oral contrast medium for MRI is not administered.
 b) MRCP (without SAT pulse).
 c) MRCP (with SAT pulse).

いて胆管、膵管以外の long T₂ 成分すなわち脊髄液、尿管、消化管等のシルエットが高信号として胆管、膵管と重なって描出されてしまい、胆管、膵管の描出が困難なことが少なくない。胃、十二指腸液については、MRI 用経口造影剤を高濃度で内服することで信号抑制することができる⁴⁾。しかし、脊髄液、尿管等の信号については、これまで撮像方向の角度や撮像 slice 厚を変更するなどの方法で long T₂ 成分の混入を回避してきたが十分な効果をあげるには至っていない⁵⁾。

そこで、我々はモーションアーチファクトの抑制に日常的に多用されている 90° pulse である SAT pulse を MRCP 撮像時に併用することで、良好な胆管、膵管像が得られる手法を考案した。MRCP に用いられる SSFSE 法は、短時間でプロトンの情報を収集可能にするために長いエコートレインを用い、画像のボケを押さえるため短いエコースペースを使用している。そのため RF による励起が不完全になり、slice profile が設定より非常に広い撮像シーケンスであることは否めない⁶⁾。このため、今回の我々のファントム実験から分かるように、

MRCP の撮像 slice 設定範囲外からの long T₂ 成分の信号が混入してしまい不明瞭な MRCP 画像になりやすいのである。また、ファントム実験から slice 厚の変化に伴う描出能の変化は少ないことが分かった。MRCP 撮像時に併用する SAT pulse の信号抑制効果は SAT pulse 面外に数 mm 程度の抑制域は生じるが、これを知って運用することで、関心構造物を消去することはないと考えられた。

MRCP は胆管、膵管以外の long T₂ 成分の信号を避けるため、一般的には 50~60 mm の slice 厚で撮像が行われているが、被検者の体格や臓器の形態等によって観察する部位が含まれない場合が生じる。そのためより厚い slice 厚が必要になる場合があるが、SSFSE 法の描出能については我々のファントム実験から、slice 厚 30~100 mm の範囲内では変化しなかった。このことから、SSFSE 法による single slice 法での MRCP の撮像は SSFSE 法の slice 選択特性を考慮した上で、極力 slice を厚く設定し SAT pulse を併用すれば不要な long T₂ 成分を抑制しつつ、ほぼ肝臓全体の範囲での胆管像と膵管像を得ることも可能とな

る。脊髄液の信号を避けるためには、斜位で撮像する方法をとることも考えられる。しかし、slice 厚を厚く撮像する必要がある症例や、高齢者で脊椎の側彎が高度な症例では、どのような撮像方向でも脊髄液の信号が重なる場合があり、SAT pulse の必要性がある。

SAT pulse 併用 MRCP の SAT pulse の設定は、MRCP の撮像を設定する axial の localizer 画面上で直接設定することで、MRCP 画像に不要な様々な臓器の long T₂ 成分を確実に抑制することが可能となる。ただし、脊椎の彎曲が激しい症例や oblique 方向で MRCP の撮像を行う場合、axial の localizer 画面上での SAT pulse の設定では、脊髄液の信号の抑制が不確実になることがあり、SAT pulse を設定するための sagittal 画像を別に撮像して、この画像で SAT pulse の設定を行えば対処できる。また、腎臓全体のように広い領域の信号抑制が必要な場合には、SAT pulse を二段重ねの状態を設定することが重要である。これは、SAT pulse の厚さが増すと SAT 効果が減少し long T₂ 成分の抑制が不十分になるためであり、そのために薄い SAT pulse を二段重ねで設定することでより良い抑制が可能になる。

また、病態によって MRI 用経口造影剤を使用できないような症例に対しても、本法を用いることで消化管の信号をある程度抑制することが可能になり、胆管、膵管の状態を把握することができる。

末梢胆管が拡張している症例において SAT pulse を腎臓に設定した場合、肝臓の一部が欠損してしまう問題が生じると考えられる。我々は、初めから疑わしい症例には SAT pulse は使用していない。また、MRCP を行う全症例に multislice 法による撮像も追加しているため末梢胆管に新たな異常が発見された場合、もう一度 SAT pulse なしの MRCP を撮像している。

最近では、膵液の動態観察を目的とした secretin 負荷 dynamic MRCP が行われている^{7),8)}。

これは、secretin により膵液分泌が促進され、膵管の拡張や膵液が十二指腸に流れ込む状態を細かく観察するもので、このような検査時にも MRCP 画像上に腎、尿管の信号が必ずといていいほど十二指腸と重なって描出される。我々が考案した SAT pulse を併用した MRCP ではこのようなアーチファクトが抑制されるので、より正確な dynamic MRCP の観察を行う場合や膵液分泌量の定量化を試みる場合には有用であろう。我々の SAT pulse 併用 MRCP では、不要な long T₂ 成分を抑制した良好な MRCP 画像が得られることから、これからの MRCP に標準的に用いられる手法として期待されるものである。

結 論

SAT pulse を併用した MRCP は脊髄液や腎、尿管、消化管の信号を抑制することができ、胆管、膵管の観察を容易にすることが可能であった。また、本法では 100 mm の slice 厚であっても脊髄液、尿管等の信号が抑制できるものであり、全肝内胆管と膵管の描出が可能になり臨床的に意義のある手法と思われた。

文 献

- 1) Wallner BK, Schumacher KA, Weidenmaier W, Friedrich JM: Dilated biliary tract: evaluation with MR cholangiography with a T₂-weighted contrast-enhanced fast sequence. *Radiology* 1991; 181: 805-808
- 2) 山下康行, 高橋陸正: 体幹部の超高速画像. *日磁医誌* 1997; 17: 475-491
- 3) 上田耕司, 廣橋伸治, 北野 悟, 古市欣也, 吉矢和彦, 伊藤伸一, 廣橋里奈, 大石 元, 打田日出夫: Single-shot projection MRCP の臨床的評価: バンド幅からみた検討. *日磁医誌* 1997; 17: 341-350
- 4) 高原太郎, 佐伯光明, 野坂俊介, 下山田和弘, 末光一三, 中島康雄, 吉川達生, 石川 徹: 陰性造影剤としての高濃度フェリセルツを用いた MR

- cholangiography の画質改善. 日医放会誌 1995 ; 55 : 697-699
- 5) 野儀明宏, 土井 司, 水野吉将, 小久保勝也, 森田展弘 : MRCP における RARE 法の最適条件の検討. 日放技学誌 1998 ; 54 (1) : 46
- 6) 野崎 敦 : Single Shot Fast Spin Echo (SSFSE) 法. 日本臨床 1998 ; 56 : 52-57
- 7) Matos C, Metens T, Deviere J, Nicaise N, Braude P, Yperen GV, Cremer M, Struyven J : Pancreatic duct : morphologic and functional evaluation with dynamic MR pancreatography after secretin stimulation. Radiology 1997 ; 203 (2) : 435-441
- 8) 内山勝弘, 國安芳夫, 島 英樹, 松岡 伸, 土合克己 : 膵管ならびに膵胆管合流異常. 日本臨床 1998 ; 56 : 150-155

Evaluation of MR Cholangiopancreatography Using Presaturation Pulse

Hiroaki TERAKOSHI¹, Katsuhiko UCHIYAMA^{1,2}, Kenichi ERA¹,
Fumio OHSONE¹, Tutomu FUTAMI¹

¹Radiological Division, ²Department of Radiology,
Teikyo University, School of Medicine Ichihara Hospital
3426-3, Anesaki, Ichihara, Chiba 299-0111

MR cholangiopancreatography (MRCP) is a technique for obtaining the biliary tract and the pancreatic duct on single shot fast spin echo (SSFSE) T₂-weighted images with thick slices. Then, signals of the spinal fluid and ureter, which are not targets to be visualized on MRCP images, are overlapped the bile duct and the pancreatic duct. In order suppress signals of spinal fluid, ureter, digestive tract, and renal cyst, we designed a technique in which presaturation pulse (SAT pulse) is combined with the conventional MRCP technique.

This technique with a simple SAT pulse is allowed an easy observation of MRCP images. Moreover, the technique does not prolong the time of MRCP examination since the SAT pulse can be included in regular pulse sequence. The SAT pulse should be positively applied for dynamic MRCP.