

0.5T-MR 装置における fast asymmetric spin echo 法を用いた短時間息止め MR cholangio-pancreatography

花岡秀人¹, 市川智章¹, 片瀬七朗¹, 小林邦典²,
松本直素², 蜂屋順一¹

¹杏林大学医学部放射線医学教室

²杏林大学医学部附属病院放射線部

はじめに

MR cholangio-pancreatography (MRCP) は, MRI を用いた非侵襲的胆道膵管映像法で, 黄疸や炎症所見の強い ERCP 非適応症例に対しても施行可能である。本法は, 当初 fast gradient echo 法や fast spin echo 法により撮像されていたが, これらの撮像法では 1 回の撮像時に約 15~30 秒の息止めに要するため, 不十分な呼吸停止では respiratory motion artifact に伴う画質低下が生じ, 満足すべき画像が得られない症例も少なからずあった^{1)~9)}。しかし fast asymmetric spin echo (Fast ASE) 法がこの分野に応用されるに至り, 従来の撮像法による問題点は大幅に改善された。FastASE 法は, 1 回または 2 回の励起で画像構成に必要な総のエコー信号を収集する高速スピネコー法で, 1~2 秒の極めて短時間に T₂ 強調スピネコー像が得られる。このため FastASE 法の MRCP への応用が急速に進み, 高磁場装置においては概ね良好な画像が得られつつある¹⁰⁾。しかし中磁場装置にあっては, 絶対的な SN 比 (signal to noise ratio) の不足やハード面での制約が多く, 高磁場装置で実現

されているほど MRCP の高分解能化は容易ではない。そこで本研究では, 0.5T-MR 装置を用いて, 2D FT-FastASE 法にて撮像された single slice 画像 (single slice 法) と maximum intensity projection 処理画像 (MIP 法) を比較することにより, 0.5T-MR 装置における MRCP の高画質化について検討したので報告する。

対象と方法

1) 対象

CT または超音波検査にて膵, 胆道系の異常が疑われ, 当科で FastASE 法による MRCP が施行された 22 症例 (男性 7 例, 女性 15 例, 年齢 27~79 歳, 平均 61.2 歳) を対象にした。疾患の内訳は, 慢性膵炎 3 例, 胆嚢または総胆管結石 8 例, 検査の結果異常を指摘できなかったものが 11 例である。尚, これらの中には全身状態不良のために MIP 法による撮像を断念した 1 例が含まれている。

2) 撮像方法

装置は, 0.5T superconducting MR unit MR T-50GP FLEXART (東芝社製) を使用し, 腹部用 QD コイルを用いて, 2D FT-FastASE

キーワード MR cholangio-pancreatography, MRCP, 0.5T-MR unit, fast scan, fast asymmetric spin echo sequence

(single slice 法および MIP 法) による撮像を背臥位にて行った。撮像条件は, single slice 法では TE:120 および 250ms, matrix: 256 × 320, slice 厚: 30mm, acquisition time: 約 1.4s にて, また MIP 法では TE:120ms, matrix: 160 × 256, slice 厚: 4mm, acquisition time: 15s, slab 厚: 4mm にてそれぞれ撮像した。MRCP の撮像にあたっては, Fast ASE 法により腹部水平断像 (slice 厚: 10mm) を合計 10 スライス撮像した後, 膵管が描出されているスライスを用いて MRCP 撮像断面を設定した。次に single slice 法では, 総胆管, 膵頭部膵管および体, 尾部膵管が含まれる斜位冠状断面を合計 5 スライス設定し, 1 秒スキャンにて呼吸停止下にそれぞれ撮像した。一方 MIP 法では, 膵頭部から体部膵管に沿った斜位冠状断面を設定し, 1 秒スキャンを 11 スライス連続して呼吸停止下に撮像した後, 10° 毎 12 方向で MIP 処理を行った。

3) 撮像シーケンス

FastASE 法とは, 一回の励起 90° パルス (single shot) によって総のエコー信号を収集可能にした高速 SE 法であり, ハーフフーリエ変換を用いることで 1~2 秒の極めて短時間に優れた T₂ 強調画像が得られる。本法におけるエコートレインの後半部では大部分の組織で T₂ 緩和が完了しており, 純水に近い構造物からのエコー信号のみが得られるため, 胆嚢, 胆管, 膵管などの水分量の多い構造が呼吸運動の影響を受けることなく明瞭に描出する事ができる。

4) 画像評価

MIP 法と single slice (TE: 250ms) 法の比較では, 放射線診断医 2 名が得られた画像の総胆管: CBD, 肝内胆管: IHBD, 膵管胆道合流部: Junction, 膵管の頭部, 体部, 尾部: PD-head, body, tail の各部位毎に visual score; none: 1 点, poor: 2 点, good: 3 点,

excellent: 4 点による視覚評価をそれぞれ行い比較した。また視覚評価の結果より各診断医のスコアに対する一致率をそれぞれ算出し, 画像の客観性を k 検定にて評価した。さらに視覚評価にて各診断医のスコアが 3 点以上を示した症例を描出陽性として, 先に示した各部位毎に描出率を算出し比較検討した。

Single slice 法における TE: 120 と 250ms にて撮像された画像間の比較では, 各画像上の胆管系として総胆管中央部に, また background として肝右葉にそれぞれ関心領域を設定し, 同部における信号強度を平均値 ± 標準偏差で示した。そして得られた値より, 総胆管と肝右葉の信号強度の差を肝右葉の信号強度の標準偏差で除した CNR: contrast to noise ratio¹¹⁾ と, 総胆管と肝右葉の信号強度の差を後者で除した SIR: lesion liver signal intensity ratio¹¹⁾ をそれぞれ算出し比較検討した。尚, データの統計学的処理は Wilcoxon signed-ranks test にて行い, $P < 0.05$ をもって有意とした。

結 果

1) MIP 法と single slice 法の比較

a) visual score と一致率による比較

Table 1 と Table 2 には, MIP 法と single slice 法 (TE: 250ms) における visual score, 一致率および k 検定の結果 (k value) を各部位毎にそれぞれ示してある。各診断医における visual score を比較すると, MIP 法では総胆管と肝内胆管において 3 点以上を示したが, その他の部位は総て 2 点台であり, 良好な結果は得られなかった。一方 single slice 法では膵尾部膵管以外は総て 3 点以上を示し, single slice 法が MIP 法に比較し描出能に優れていることが解った (Fig.1)。次に一致率と k value について比較した。 k value は, 0.76 以上が exce-

llent, 0.41 から 0.75 が good, 0.4 以下が poor agreement とそれぞれ判断される。その結果, MIP 法の膵体部膵管と single slice 法の肝内胆管, 膵尾部膵管では評価にばらつきが見られたものの, その他の部位では MIP 法と single slice 法のいずれにおいても良好な一致が確認された。

b) 描出率による比較 Table 3 には, MIP 法と single slice 法における描出率を各部位毎に示してある。MIP 法では胆道系が 60~90% 台を示したのに対し, 膵管では 20~50% 台に留まった。これに対し single slice 法では, MIP 法に比較し全体に高い描出率が得られた。中でも膵管胆道合流部と膵頭部膵管においては,

MIP 法では 50~60% 台に留っていた描出率が single slice 法では 90% 以上を示した。

2) single slice 法における TE: 120 と 250ms にて撮像された画像間の比較

Table 4 および Table 5 には, single slice 法における TE: 120 と 250ms にて撮像された MRCP 画像の CNR, SIR および有意差検定の結果をそれぞれに示してある。CNR と SIR のいずれにおいても TE: 250ms にて撮像された画像が $P < 0.01$ で有意に高値を示し, コントラストに優れていることが解った (Fig.2)。

考 察

Table 1. Visual Score (mean±SD) and Interobserver Agreement (%) in Depiction of Each Ductal Portion on MIP MRCP

Ductal Portion	n	Observer A	Observer B	Observer Agreement	k value
CBD	21	3.57±0.73	3.62±0.58	85.7	0.70
IHBD	21	3.10±0.87	3.33±0.71	61.9	0.41
Junction	21	2.91±1.07	2.71±0.88	61.9	0.47
PD-Head	21	2.71±1.03	2.57±0.90	61.9	0.48
PD-Body	21	2.57±1.09	2.14±1.13	42.9	0.24
PD-Tail	21	2.00±1.23	2.05±1.09	66.7	0.51

Abbreviations are used: CBD; common bile duct, IHBD; intrahepatic bile duct, Junction; common bile duct-pancreatic duct junction, PD; pancreatic duct.
k value: poor agreement (<0.40), good agreement (0.41~0.75), excellent agreement (0.76<).

Table 2. Visual Score (mean±SD) and Interobserver Agreement (%) in Depiction of Each Ductal Portion on Single Slice MRCP

Ductal Portion	n	Observer A	Observer B	Observer Agreement	k value
CBD	22	3.77±0.60	3.82±0.49	95.5	0.82
IHBD	22	3.14±1.01	3.41±0.83	59.1	0.34
Junction	22	3.50±0.78	3.41±0.78	72.7	0.50
PD-Head	22	3.59±0.65	3.46±0.66	68.2	0.41
PD-Body	22	3.18±0.94	3.05±0.98	68.2	0.52
PD-Tail	22	2.82±1.19	2.64±0.98	50.0	0.35

Abbreviations used are the same as in Table 1.



Fig.1. Comparison of the depiction of each ductal portion between (a) : MIP and (b) : single slice (TE of 250ms) MRCP in the case of 74 y. o. female with CBD stone. Single slice image clearly shows each ductal portion, but MIP image failed to depict a part of the pancreatic duct.

Table 3. Comparison of Depiction Rate (%) of Each Ductal Portion between Single Slice and MIP MRCP

Ductal Portion	MIP (n=21)	Single Slice (n=22)
CBD	90.0	93.0
IHBD	80.5	79.5
Junction	66.0	90.9
PD-Head	52.0	90.9
PD-Body	42.5	68.0
PD-Tail	26.0	54.0

Abbreviations used are the same as in Table 1.

Table 4. Contrast to Noise Ratio (CNR) and Statistical Comparison (Wilcoxon signed-ranks test) between TEs of 120 and 250ms on Single Slice MRCP

TE (ms)	n	CNR (mean±SD)
120	22	20.99±9.54
250	22	26.58±18.31

} P<0.01

Table 5. Lesion Liver Signal Intensity Ratio (SIR) and Statistical Comparison (Wilcoxon signed-ranks test) between TEs of 120 and 250 ms on Single Slice MRCP

TE (ms)	n	SIR (mean±SD)
120	22	4.44±2.73
250	22	9.04±8.00

} P<0.01



Fig.2. Comparison of the depiction of each ductal portion between (a) : TE of 250ms and (b) : TE of 120ms on single slice MRCP in the case of 64 y. o. female with chronic pancreatitis. Both images clearly depict each ductal portion, but the image with TE of 250ms is superior to the image with TE of 120ms in the suppression of background signal.

MRCP 画像の高画質化を図るうえで大きな障害になって来たのが, respiratory motion artifact に伴う画質低下である。また中磁場 MR 装置においては絶対的な SN 比の不足がこれに加わり, MRCP 画像の高画質化をより困難なものにして来た。Respiratory motion artifact は, 撮像中の不十分な息止めにより生じるアーチファクトであり, 撮像時間が短縮されて長い息止めが不要になれば除去可能である¹¹⁻⁹⁾。しかし撮像時間の短縮化には従来の高速撮像法では限界があり, 呼吸運動の影響を受けない新しい撮像法の開発が待たれていた。この点において FastASE 法は, 1~2 秒の極めて短時間に MRCP が撮像できる極めて有用な方法であり, 本研究では, このシーケンスを 0.5 T-MR 装置に応用し, 0.5T-MR 装置における MRCP の高画質化について比較検討した。

MIP 法と single slice 法の比較では, visual

score と描出率の比較において single slice 法が MIP 法を上回った。中でも膵管においては他の部位に比較し大きな差異が認められた。これらの結果については, single slice 法では比較的厚いスライスで撮像されるのに対し, MIP 法では薄いスライスを重ね合わせて撮像しているため, MIP 法では single slice 法に比較し SN 比がかなり低下する。また膵管が極端に屈曲しスライス面に対して強い角度を持って走行する場合, MIP 法では, 膵管の信号が各スライスに分散することに加え, 周囲組織からの信号が強くなると膵管が maximum intensity として認識されない危険性がある⁸⁾。これに対し single slice 法では, 膵管の走行に沿ったスライス面が設定可能で膵管の信号を総て 1 スライス中に取り込めることに加え, スライス面以外からの信号にも影響されないため, MIP 法に比較し膵管が良好に描出されると考えた。

Single slice 法における TE : 120 と 250ms にて撮像された画像間の比較では, CNR, SIR 共に TE : 250ms による画像において有意に高値を示した。これらの結果について著者らは, FastASE 法は基本的には fast SE 法による水強調画像であるため, エコー時間が長いほど周囲組織からの信号は強く抑制され, 水分の多い部分のみがより強調された画像になる。このためエコー時間が長い TE : 250ms による画像において, コントラストにより優れた画像が得られると考えた。

本研究は以上の様に, FastASE 法を 0.5T-MR 装置における MRCP に応用し, さらに MIP 法および single slice 法にて得られた画像につき比較検討した。その結果, 0.5T-MR 装置における FastASE 法を用いた MRCP では, 現在までのところ, single slice 法 (TE : 250 ms) において最も優れた画像が得られることを確認した。しかし single slice 法で病変部を観察できるのは 1 方向のみであり, 多方向から観察できる MIP 法とは基本的に異なるため, この方法の診断的価値を結論的に述べるためには更に検討を要する。また 0.5T-MR 装置における MRCP の高画質化には, 絶対的な SN 比の不足を克服することが必須であり, 新しいコイルの開発を含めた技術面での進展が待たれるところである。

近年, 多くの施設で高磁場装置が導入されるに至り, その数は確実に増加しつつある。しかし中磁場装置が, MRI 診断の中心的位置を占めることに未だ変わりはなく, 0.5T-MR 装置における MRCP の高画質化について検討することは, 日常診療における MRI 診断の応用範囲を拡大する上で極めて重要と考える。

尚, 本論文の要旨の一部は, 第 23 回日本磁気共鳴医学会大会 (平成 7 年 9 月 12~14 日, 東京都) において発表した。

文 献

- 1) 森本耕治, 青木佳子, 催 秀美, 他 : MR Cholangiography. 日医放会誌, 51 : 833-835, 1991.
- 2) Wallner BK, Schimacher KA, Weidenmayer W, et al. : Dilated biliary tract : Evaluation with MR cholangiography with a T₂-Weighted contrastenhancement fast sequence. Radiology, 181 : 805-808, 1991.
- 3) Morimoto K, Shimoi M, Shirakawa T, et al. : Biliary obstruction : Evaluation with three-dimensional MR cholangiography. Radiology, 183 : 578-580, 1992.
- 4) 竹原康雄, 一条勝利, 遠藤典宏, 他 : 表面コイル併用 long echo train length fast spin echo 法を用いた息止め MR cholangio-pancreatography (MRCP). 日医放会誌, 53 : 868-870, 1993.
- 5) Hall-Craggs MA, Allen CM, Owens CM, et al. : MR cholangiography : Clinical evaluation in 40 cases. Radiology 189 : 423-427, 1993.
- 6) Ishizuka Y, Wakayama T, Okada Y. : Magnetic resonance cholangiography for evaluation of obstructive jaundice. AmJ Gastroenterol, 88 : 2072-2077, 1993.
- 7) 森本耕治, 下井睦正, 宮原伸浩, 他 : Three-dimensional MR cholangiography. 画像診断, 14 : 72-78, 1994.
- 8) Takehara Y, Ichijo K, Tooyama N, et al. : Breath-hold MR cholangiopancreatography with a long-echo-train fast spin-echo sequence and a surface coil in chronic pancreatitis. Radiology, 192 : 73-78, 1994.
- 9) Henning J, Naureth A, Friedburg H, et al. : RARE imaging : A fast imaging method for clinical MR. Magn Reson Med, 3 : 823-833, 1986.
- 10) 水谷良行 : 超高速 T₂ 強調撮像法-HASTE による短時間息止め MR-cholangiopancreatography の臨床応用. 日磁医誌, 15 : 187-195, 1995.
- 11) Ichikawa T, Nitatori T, Hachiya J, et al. : A comparison of non-breathhold T₂ weighted fast spin echo and breathhold T₂ weighted asymmetric fast SE in differentiation of focal liver lesions at 0.5 tesla. Proceedings of the SMR, 3 : 1460, 1995.

Short Breath-hold MR Cholangio-pancreatography on 0.5T MR Unit Using Fast Asymmetric Spin Echo Sequence

Hideto HANAOKA¹, Tomoaki ICHIKAWA¹, Shichiro KATASE¹,
Kuninori KOBAYASHI², Naomoto MATSUMOTO², Junichi HACHIYA¹

^{1,2}*Department of Radiology, Kyorin University School of Medicine,
6-20-2 Shinkawa, Mitaka, Tokyo, 181*

Fast asymmetric spin echo (FastASE) sequence and short breath-hold technique were employed to achieve the high resolution images on magnetic resonance cholangio-pancreatography (MRCP) at a 0.5 T MR unit. Short breath-hold MRCP with the multi-slice maximum intensity projection technique (MIP MRCP) and the single slice technique (single slice MRCP) were performed in 22 cases : 3 chronic pancreatitis, 8 CBD and/or GB stones and 11 normal cases. Visual score, interobserver agreement and depiction rate of each ductal portion were obtained from the image evaluation by 2 diagnostic radiologists and used as parameters to evaluate the difference of image quality between MIP and single slice MRCP. Image quality between echo times (TEs) of 120 and 250ms on single slice MRCP were evaluated by the contrast to noise ratio (CNR) and the lesion liver signal intensity ratio (SIR). Single slice MRCP was superior to MIP MRCP in the comparison of visual score and depiction rate. There were good interobserver agreement in MIP and single slice MRCP with exception of the head portion of pancreatic duct on MIP MRCP and the intrahepatic bile duct and the tail portion of pancreatic duct on single slice MRCP. By comparing the CNR and the SIR between TEs of 120 and 250 ms on single slice MRCP, the CNR and the SIR showed significantly higher values ($P < 0.01$) for TEs of 250 than 120ms. These results suggested that short breath-hold single slice MRCP with FastASE sequence might better demonstrate the biliary system and the pancreatic duct at 0.5T MR unit.