

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

水谷良行

杏林大学医学部放射線医学教室

緒言

従来、胆管および膵管の全体像を描出する手段としては、ERCP もしくは PTC 造影といった侵襲的な直接造影法が行われてきたが、近年 MRI により非侵襲的に胆道・膵管像を描出する試みがなされ、拡張した胆道・膵管のみならず正常な膵管の描出も可能となってきた^{1)~6)}。しかし、これまでの報告で用いられてきた CE-FAST 法や fast spin echo 法による撮像法では、20 秒ないし 40 秒前後の息止めによる撮像が必要であったが、極端な T₂画像が 1 スライス/秒で得られる新しい高速撮像法である HASTE (Half fourier single shot turbo spin echo) により、1 秒または 2 秒の息止めによる胆道・膵管の描出が可能となった³⁾。本研究では、HASTE を用いた single slice 画像 (以下 single slice 法) および multi slice による Maximam intensity projection 処理画像 (以下 MIP 法) による MRCP の描出能について検討し、併せて single slice 法の有用性について考察した。

対象および方法

1) 対象

1994 年 6 月から 10 月までに HASTE による MRI 胆道・膵管撮像 (MR cholangiopancreatography, 以下 MRCP) の行われた 42 例 (男性 17 例, 女性 25 例, 年齢 30~92 歳, 平均 57.0 歳) を対象とした。症例の内訳は、慢性膵炎 15 例, 膵癌 10 例 (頭部 9 例, 体部 1 例), 胆道結石 5 例 (胆嚢結石 3 例, 総胆管結石 2 例), 膵管胆道合流異常 3 例, 肝内胆管癌 2 例, 肝門部胆管癌 1 例, 総胆管癌 1 例, 胆嚢癌 1 例, 膵嚢胞 1 例, 胃癌再発 1 例, 健常者 2 例である。疾患は、臨床経過, US, CT, ERCP, PTC または手術によって診断されている。41 例に single slice 法による撮像を行い, 14 例に MIP 法による撮像を行った。13 例で single slice 法と MIP 法の両方法による撮像を行った。

2) 撮像方法

使用装置は Siemens 社製超伝導 MRI MAGNETOME VISION 1.5T で、脊椎用コイルを使用した腹臥位撮像、もしくは全身用コイルを使用した背臥位撮像を行った。

MRCP 撮像は HASTE (effective TE 87.0 ms) シーケンスにより、FOV ; 350×350mm ~250×250mm, Matrix ; 128×256 (1 秒 scan) または 240×256 (2 秒 scan) にて、sin-

gle slice 法では20mm厚で1スライス、MIP 法では5mm厚のscanを連続して9スライス行うシーケンシャルスキャンを行った。

まず、位置決め用腹部冠状断画像より、肝門部、臍を含む横断画像をHASTE法によりスライス厚20mm、9スライスのシーケンシャル・スキャンを行い、得られた画像より、臍管の描出されているスライスを用いてMRCP撮像面を設定した。

Single slice 法では、総胆管および臍頭部臍管、体部臍管、尾部臍管のそれぞれが含まれるスライス面を設定し、スライス厚20mm、1秒または2秒スキャンにて撮像した。

MIP 法では、スライス厚5mmの2秒スキャンを9スライス連続して行うシーケンシャル・スキャンを、臍頭部から臍体部臍管に沿ったスライス面を設定し、臍全体がスキャン範囲に含まれる様にして撮像した。

3) 撮像シーケンス—HASTE—について

高速SE法では、1画像で励起90°パルスは何回か繰り返しているが、今回撮像シーケンスとして用いたHASTEは一回のみの励起90°パルス(single shot)によってすべてのエコー信号(最大128)を収集可能としたsingle shotの高速SE法であり、これをハーフフーリエ変換を用いることにより、240×256マトリックス画像がわずか1~2秒で得られる。HASTEにおいては励起90°パルスは一回のみのため、通常のTR(time of repetition)の概念は当てはまらない⁸⁾。HASTEではエコートレインの後半部ではすでに大部分の組織のT₂緩和が完了に近い状態のため、純粋に水に近いもののみからしかエコー信号が得られず、非常に強くT₂を強調した画像となり、特に胆嚢、胆管、臍管など水分量の多い構造が非常に明瞭に描出される。また、脂肪も高信号として描出されるので、これを低信号化するため周波数励起による脂肪抑制を併用している。

MRCP撮像においては、高信号に描出された消化管内容液が胆管および臍管の観察の妨げとなる。このため、検査直前にフェリセルツ(大塚製薬; Ferric Ammonium Citrate 600mg相当)2包を水道水50mlに溶解した、基準濃度の12倍溶液を内服させることで消化管内容液を低信号化することができる⁹⁾。

4) 画像評価

a) MRCP像の客観性の評価 2名の放射線診断医によって、総胆管、臍頭部臍管、体部臍管、尾部臍管および臍管胆道合流部について視覚的な評価を行い、1. good; 明瞭に描出される…3点, 2. fair; 描出されるが1. に劣る…2点, 3. poor; 不明瞭または描出されない…1点とし、single slice法とMIP法の各々について、両者のスコアの一致率を k 検定にて評価した。

b) MIP法とsingle slice法の描出能の比較

2名の診断医の評価についてsingle slice法およびMIP法それぞれのスコアの平均値を求め、部位ごとの描出能の有意差の有無をWilcoxon 2-sample testにより求めた。

c) 各部位の描出率 両者のスコアが2点以上であるものを描出陽性として各部位の描出率を求め、MIP法とsingle slice法における部位ごとの描出率を比較した。

d) 信号強度の評価 得られたMRCP画像より、総胆管の中央部と肝右葉に関心領域(ROI)を設定し、信号強度を測定した。肝右葉をバックグラウンドとして、総胆管と肝右葉の信号強度の差を後者で除してコントラスト比(Contrast to background ratio, 以下CBGR)を求め、MIP法とsingle slice法による比較を行った。

結 果

Single slice法における2名の診断医の評価の一致率および k valueをTable 1に、MIP法における一致率と k valueをTable 2に示す。 k

1995年5月8日受理 1995年6月16日改訂

別刷請求先 〒181 三鷹市新川1-20-2 杏林大学医学部放射線医学教室 水谷良行

Table 1. Inter Observer Agreement between Observer A and B in Depiction of Common Bile Duct and Pancreatic Duct on Single Slice MRCP

Ductal portion	Total No.	Observer agreement (%)	Overall k value
C B D	41	85.4	0.65
CBD-PD junction	41	78.0	0.64
P D—head	41	78.0	0.58
P D—body	41	78.0	0.56
P D—tail	41	63.4	0.45

Table 2. Inter Observer Agreement between Observer A and B in Depiction of Common Bile Duct and Pancreatic Duct on MIP MRCP

Ductal portion	Total No.	Observed agreement (%)	Overall k value
C B D	14	92.3	0.85
CBD-PD junction	14	84.6	0.60
P D—head	14	92.3	0.82
P D—body	14	84.6	0.54
P D—tail	14	92.3	0.88

Table 3. Comparison of Mean Visual Score between Single Slice MRCP and MIP MRCP by Observer A Using Wilcoxon 2-sample Test

Ductal portion	Mean visible score of single slice MRCP (n=41)	Mean visible score of MIP MRCP (n=14)	z value of Wilcoxon 2-sample test	
C B D	2.68	2.85	1.40	NS
CBD-PD junction	2.27	2.69	1.75	NS
P D—head	2.46	2.54	0.49	NS
P D—body	2.56	2.77	0.87	NS
P D—tail	2.24	1.85	-1.42	NS

Table 4. Comparison of Mean Visual Score between Single Slice MRCP and MIP MRCP by Observer B Using Wilcoxon 2-sample Test

Ductal portion	Mean visible score of single slice MRCP (n=41)	Mean Visible Score of MIP MRCP (n=14)	z value of Wilcoxon 2-sample Test	
C B D	2.68	3.00	2.00	p>0.05
CBD-PD junction	2.31	2.64	1.36	NS
P D—head	2.54	2.64	0.40	NS
P D—body	2.45	2.79	1.26	NS
P D—tail	1.92	1.71	-0.80	NS

Table 5. Depiction Sate of Each Ductal Portion by Single Slice MRCP and MIP MRCP

Ductal portion	Single slice MRCP (n=41)	MIP MRCP without original image (n=14)	MIP MRCP with original image (n=14)
C B D	40 (97.6%)	13 (92.9%)	13 (92.9%)
CBD-PD junction	32 (78.0%)	10 (71.4%)	12 (85.7%)
P D—head	38 (92.7%)	11 (78.6%)	13 (92.9%)
P D—body	36 (87.8%)	13 (92.9%)	13 (92.9%)
P D—tail	32 (78.0%)	9 (64.3%)	9 (64.3%)

Table 6. Contrast to Background Ratio of MRCP in All Cases

Single slice MRCP (n=39)	6.39 ± 4.93
Multi slice MRCP (n=14)	8.76 ± 4.66

Table 7. Contrast to Background Ratio of MRCP in 13 Cases, by Both MRCP Techniques

Single slice MRCP	9.46 ± 7.16
Multi slice MRCP	9.15 ± 4.61

value は、0.75 以上は excellent, 0.40 から 0.75 の間は fair ないし good agreement, 0.40 以下は poor と判断される。k value はいずれの部位においても良好な一致が確認された。特に MIP 法においては、総胆管、膵頭部膵管、尾部膵管に高い一致率が確認された。

それぞれの診断医による single slice 法の評価と MIP 法の評価の有意差を Table 3 および Table 4 に示す。ここで、z value は MIP 法を基準に算出されており、診断医 B で CBD における MIP 法の評価が有意に高かったが、その他の部位の評価に有意差は見られなかった。

総胆管、膵管胆管合流部、膵頭部膵管、体部膵管および尾部膵管の描出率は、single slice 法ではそれぞれ 97.6%, 78.0%, 92.7%, 87.8%, 78.0% であり、MIP 処理画像単独ではそれぞれ 92.9%, 71.4%, 78.6%, 92.9%, 64.3% で

あったが、元画像と MIP 画像を併せた評価では 92.9%, 85.7%, 92.9%, 92.9%, 64.3% であった (Table 5)。

Single slice 法の実行された 41 例中、信号強度測定を行い得た 39 例および MIP 法の実行された 14 例の CBGR の平均値を Table 6 に示す。

Single slice 法および MIP 法の CBGR の平均値は、それぞれ 6.39 ± 4.93 , 8.76 ± 4.66 であり、single slice 法は MIP 法に比して低値であった。しかし、両方法の実行された 13 例について平均値を求めると、single slice 法; 9.46 ± 7.16 , MIP 法; 9.15 ± 4.61 と、同等の値であり両者間に差はみられなかった (Table 7)。

考 察

MRI により胆道を描出する試みは、1991 年に

森本らによって fast gradient echo を用いた報告がなされ、その後 fast spin echo による撮像が報告されている。また、表面コイルを用いることによって、SN 比および空間分解能は向上し、膵管の描出も可能となってきた^{1)~7)}。しかし、一般に CE-FAST 法や fast spin echo 法では約 10 秒ないし 40 秒程度の息止めが必要とされ、臨床応用の範囲を広げるためには、撮像時間の短縮が課題であった。強い T₂ 強調画像の得られる超高速撮像法である HASTE 法を MRCP に応用することにより、胆道、膵管の広い範囲をきわめて短時間に撮像が可能となった (Fig.1)。今回行った 2 名の診断医による 1 秒または 2 秒の single slice 法と MIP 法による MRCP 画像の評価では、いずれも高い客観性が確認された。

各々の診断医の評価において、single slice 法と MIP 法の MRCP 画像の評価に対する検定では有意な差は見られなかった。しかし、尾部膵管の評価で両者ともに z value はマイナスの値を示したことは、今回の標本数では有意差が得られなかったが、標本数が増えれば single slice 法での評価が優れていることが推測される結果である。

描出率について検討すると、single slice 法、MIP 法とも総胆管では 90% 以上、頭部・体部膵

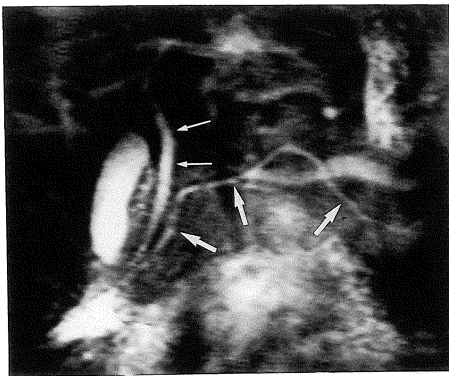


Fig.1. Single slice MRCP of a healthy volunteer (scan time 1s, matrix 128×256, FOV 220mm) shows normal CBD (→) and pancreatic duct (⇨).

管は 80% 以上、膵管胆管合流部は約 80% で描出された。膵尾部の描出率は他の部位に比して劣るが、原因として胃の内容液による影響が最も強く、また脾や左腎の信号の影響を受けやすい為であった。尾部膵管の描出率は MIP 法に比べて single slice 法で高かった。膵管の走行が屈曲し、スライス面に対して強い角度を有する場合、multi slice による MRCP では尾部膵管の信号が各スライスに分散し、さらに周囲組織の信号が強ければ、MIP 処理をすることで膵管の信号が最大信号強度として認識されなくなってしまう危険性がある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を設定できるため、膵管の信号を全て 1 スライスの中に取り込むことができ、さらにスライス面以外の組織からの信号の影響を避けられる為、特に尾部膵管の描出に有利であると思われる。

今回の検討では、HASTE により得られた MRCP における胆管・膵管各部位の描出の有無についてのみ評価を行ったが、描出不良と評価された症例は、総胆管、膵頭部・体部癌および胃癌再発例における胆管・膵管の閉塞によるものと、消化管内容液や嚢胞による周囲の信号が強く描出されたものであった。HASTE は基本的には fast SE であるため、問題点として消化管内の水分が高信号に描出され、胆管および膵管と重なり、MIP 法はもとより、single slice 法においても描出の障害となる。これに対し、高原らによって高濃度フェリセルツ溶液の経口投与による消化管内容液の低信号化が報告され⁹⁾、今回の検査においても非常に有効な手法であった。

また、single slice 画像と MIP 画像における CBGR の測定では、1 スライスのみで画像を構成する single slice 法においても MIP 法と同等のコントラストが得られることが確認された。

しかし、MIP 法における元画像は 5mm 厚の single slice 画像としての quality を有しており、single slice 法の画像に比してより高分解能であり、MIP 処理画像と元画像を併せて検討する事によってより詳細な情報を得ることもできる。

総胆管結石や膵管胆管合流部などは、MIP 処理によって周囲の信号も重なり、むしろ不鮮明になることがあるため、診断は元画像を併せて観察することが必要である (Fig.2).

一方、single slice 法も胆道・膵管の十分な描出能をもち、胆管、膵管の走行に合わせ、2秒のスキャンを2~3回 (条件がよければ1回のみ) 行うことで胆道・膵管の projection image が得

られる。これにより、息止めの困難な高齢者や小児、重症患者に対しても、鮮明な MRCP 画像を得ることができる。また、複雑な操作を必要とせずに短時間で撮像可能であり、撮像後の画像処理も必要ないため、膵胆道系の通常の MRI 撮像に付加して行うことができる。

各疾患における MRCP の診断能に関しては今後さらに検討が必要であるが、現時点でも、総

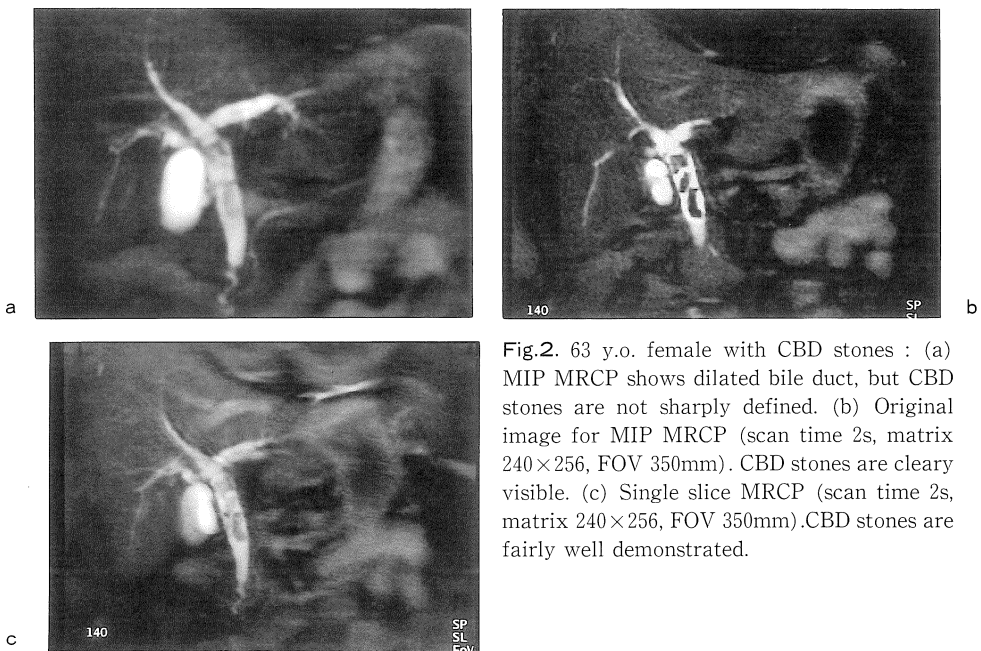


Fig.2. 63 y.o. female with CBD stones : (a) MIP MRCP shows dilated bile duct, but CBD stones are not sharply defined. (b) Original image for MIP MRCP (scan time 2s, matrix 240×256 , FOV 350mm). CBD stones are clearly visible. (c) Single slice MRCP (scan time 2s, matrix 240×256 , FOV 350mm). CBD stones are fairly well demonstrated.

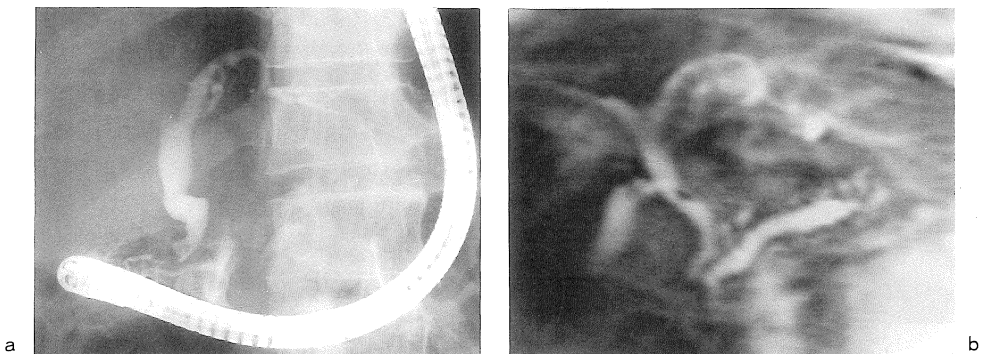
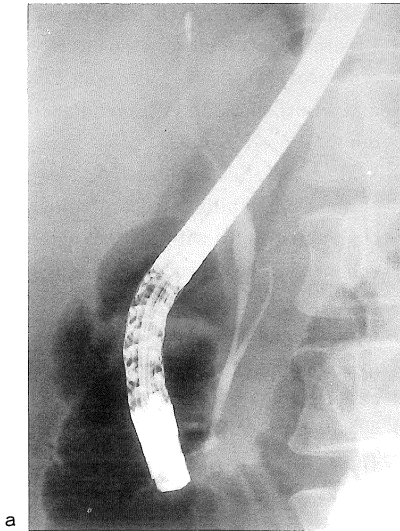


Fig.3. 55 y.o. male with chronic pancreatitis : (a) ERCP failed to depict pancreatic duct. (b) Single slice MRCP (scan time 2s, matrix 240×256 , FOV 350mm) shows dilated main pancreatic ducts well as its second branches.



a
(scan time 2s, matrix 240×256, FOV 350) shows same findings on ERCP. CBD (arrow), pancreatic duct (arrow head).

Fig.4. 36 y.o. male with anomalous pancreaticobiliary ductal junction : (a) ERCP shows no dilatation of CBD, pancreatic duct and commonchannel. (b) Single slice MRCP

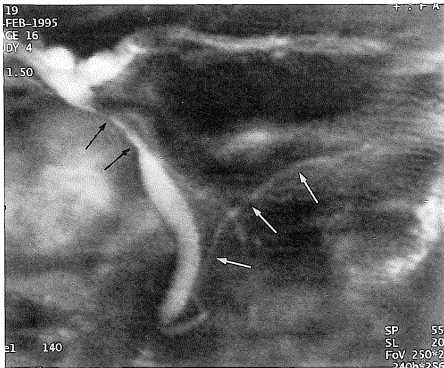


Fig.5. 79 y.o. male with carcinoma of the gallbladder : Single slice MRCP (scan time 2s, matrix 240×256, FOV 300mm, phased array coil) shows stenosis of the CBD (black arrow). Normal pancreatic duct is clearly visible (white arrow).

胆管結石の検索や総胆管、膵管の閉塞で ERCP による描出の困難な症例など、ERCP と同等か症例によってはこれより優れた情報の得られる場合も認められる (Fig.3)。

HASTE 法による MRCP の高い描出能は、近年胆道・膵疾患の原因として重要視される膵

胆管合流異常¹⁰⁾などのスクリーニング検査として非常に有用な検査手技であると考えられた (Fig. 4)。さらに最近では、phased array coil が導入され、より鮮明な画像を得ることが可能である (Fig.5)。

結 語

- (1)超高速撮像法である HASTE により、非常に短時間で良好な MRCP 撮像が可能である。
- (2)Single slice 法においても、multi slice による MIP 法とほぼ同等な描出能とコントラストが得られる。
- (3)Single slice 法は、簡便かつ短時間で良好な MRCP が得られ、膵胆道系のスクリーニング検査としても、或いは通常の膵、胆道系 MRI の後に追加して MRCP を行う際にも極めて有用な検査手技である。

謝 辞

稿を終えるに当たり、御指導、御校閲を賜り

ました蜂屋順一教授に深甚なる謝意を表します。
また、ご協力、ご助言を頂いた山梨医科大学放射線医学教室市川智章助手に深く感謝致します。

また、ご協力頂いた関係臨床各科の主任教授並びに教室員の諸先生に感謝致します。

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) Morimoto K, Shimoi M, Shirakawa T, et al. : Biliary obstruction : Evaluation with three-dimensional MR cholangiography. Radiology, 183 : 578-580, 1992.
- 3) 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.
- 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 cholangiopancreatography (MRCP). 日医放会誌, 53 : 868-870, 1993.
- 5) 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.
- 6) Wallner BK, Schumacher KA, Weidenmayer W, et al. : Dilated biliary tract : Evaluation with MR cholangiography with a T₂-Weighted contrast-enhanced fast sequence. Radiology, 181 : 805-808, 1991.
- 7) Hall-Craggs MA, Allen CM, Owens CM, et al. : MR cholangiography : Clinical evaluation in 40 cases. Radiology, 189 : 423-427, 1993.
- 8) 藤井清文 : 高速撮像法—Turbo-Frash, Turbo-SE (Fast SE), Turbo-GSE, EPI とはどういうものか—。画像診断, 14 : 55-71, 1994.
- 9) 高原太郎, 佐伯光明, 野坂俊介, 他 : 陰性造影剤としての高濃度フェリセルツの有用性—MR Cholangiography (MRH) への応用。日磁医誌, 14 (sup) : 298, 1994.
- 10) 古味伸彦, 嵩原裕夫, 三好康敬, 他 : 膵管胆道合流異常と胆嚢病変。肝胆膵, 25 : 289-296, 1992.

Short Breath-hold MR Cholangiopancreatography with Single Slice Method Using HASTE Sequence

Yoshiyuki MIZUTANI

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

About 20 to 30 seconds breath-holding is required to perform magnetic resonance cholangiopancreatography (MRCP) using fast spin echo or CE-FAST sequences.

Newly developed HASTE (half-fourier single shot turbo spin echo) sequence has dramatically shortened the image acquisition time to 1 or 2 seconds by using single slice method.

A comparison of single slice MRCP (single slice method) with multi-slice maximum intensity projection technique MRCP (MIP method) showed nearly equal results in terms of visual scoring of image quality.

Visibility of biliary and pancreatic ducts and background to contrast ratio (BGCR) were also nearly equal between single slice method and MIP method. Single slice method, which is easy to perform, can be applied to patients who cannot tolerate a long breath-holding time, and yields good quality images of biliary and pancreatic ducts. Because of very short imaging time, it can be performed to supplement routine MR images of the upper abdomen.