OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	中磁場MRI装置における呼吸同期下高速Spin echo法を用いた3 Dimensional-MR Cholangiopancreatography の有用性
Author(s)	磯本, 一郎; 輿石, 剛; 上谷, 雅孝 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1997, 57(4), p. 170-175
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15553
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

中磁場MRI装置における呼吸同期下高速Spin echo法を用いた 3 Dimensional-MR Cholangiopancreatographyの有用性

磯本　一郎[1)]　　輿石　　剛[1)]　　上谷　雅孝[2)]　　林　　邦昭[2)]

1)国立佐賀病院放射線科　　2)長崎大学医学部放射線科

Efficacy of Respiratory-triggered Fast Spin-echo 3 Dimensional-MR Cholangiopancreatography on Middle Magnetic Field MR Imaging

Ichiro Isomoto[1)], Takeshi Koshiishi[1)], Masataka Uetani[2)] and Kuniaki Hayashi[2)]

We compared the image quality of three-dimensional (3D) MR cholangiopancreatography (MRCP) and two-dimensional (2D) MRCP on middle magnetic field MR imaging, using a respiratory-triggered fast spin-echo technique in 10 volunteers and 69 patients suspected of having biliary and pancreatic diseases.

The bile ducts (BDs) and main pancreatic ducts (MPDs) are, if dilatated, are almost always depicted by 3D-MRCP and 2D-MRCP. The depiction rates by 3D-MRCP of non-dilatated intrahepatic ducts (IHDs), hepatic ducts (HDs), common hepatic ducts, common BDs, cystic ducts (CDs) and MPDs were 57%, 90%, 95%, 95%, 100% and 77%, respectively. The respective rates for 2D-MRCP were 26%, 95 %, 100%, 95%, 74% and 38%. Non-dilatated IHDs, CDs, and MPDs were better visualized on 3D-MRCP than on 2D-MRCP, because of the high contrast to-noise ratio and high spatial resolution in the slice-section direction of 3D-MRCP.

In conclusion, respiratory triggered fast spin-echo 3D-MRCP on middle magnetic field MR imaging is useful in the evaluation of biliary and pancreatic diseases.

Research Code No. : 514.9

***Key words :** MR imaging, MR cholangiography*

Received Jun. 21, 1996; revision accepted Jan. 16, 1997

1) Department of Radiology, National Saga Hospital

2) Department of Radiology, Nagasaki University School of Medicine

はじめに

MR cholangiopancreatography (以下，MRCP) は胆道系を非侵襲的に描出する方法であり，その撮像法にはさまざまな方法が報告されている[1)-9)]．われわれも中磁場MRI装置において呼吸同期下高速spin echo (以下，FSE) 法を用い，multislice法による2D-MRCP (以下，2D法) を作成し，胆道系の診断に応用してきたが，膵管の描出能は不十分であった[10)]．そこで今回われわれは3次元 Foulier (以下，3DFT) 法による3D-MRCP (以下，3D法) を作成し，胆道・膵疾患に応用したところ，良好な結果が得られたので従来行っていた2D法と比較し報告する．

対象および方法

対象は，健常ボランティア10例 (年齢26～41歳，男性8例，女性2例) と平成7年9月より平成8年9月までに胆道・膵疾患が疑われ，MRI検査が施行された69例 (年齢27～97歳，3D法のみ31例，2D法のみ33例，3D法・2D法いずれも施行5例) で，内訳はTable 1の通りである (Table 1)．

撮像方法

使用機種はPhilips社製Gyroscan NT5 (0.5テスラ) で，位置決め用survey像 (撮像時間約1分)，SE法T1強調水平断像 (撮像時間約5分) を撮像後，引き続き呼吸同期下FSE法によるT2強調水平断像 (撮像時間約6分) とMRCPを撮像した．撮像条件は以下の通りである．

1．T2強調画像

撮像パラメーターは1500～2500/100/15/4 (TR/実効TE/echo train length/excitations)，matrix 204～255 × 256, slice厚9mm，slice gap 0.9mm，slice数16～20であった．

2．MRCP

基本は呼吸同期下FSE法に周波数選択脂肪抑制パルスを付加し，冠状断像を撮像後，得られた画像よりmaximum intensity projection (以下，MIP) 法にて画像再合成し，2D法では主に7.5°ずつの24方向の，3D法では主に左前60°から右前

Table 1　Summary of cases

	Number of cases		
	3D-MRCP	2D-MRCP	Both methods
Cholelithiasis	5	16	2
Cholecystolithiasis	4	14	
Choledocholithiasis	1	5	
Gallbladder cancer	1	2	
Cholangioma	0	2	
Acute pancreatitis	1	1	
Chronic pancreatitis	5	0	
Pancreatic cyst	0	2*	2**
Cystic neoplasm of the pancreas	1	0	1
Pancreatic cancer	3	1	1
Metastatic liver tumor	0	1	
Chronic heptitis	2	2	
Lemmel syndrome	1	0	
Adenomyomatosis of the gallbladder		1	
Congenital biliary dilatation		1	
Post-cholecystectomy state		1	
Normal	12	5	
Total	31	33	5

* combined with cholelithiasis in two cases　** combined with cholelithiasis in one case

60°まで15°ずつの9方向のMRCPを作成した.

1)2D法

撮像パラメーターは1500～2500/200/41/2or4(TR/実効TE/echo train length/excitations), field of view(以下, FOV)300～400mm, matrix179～204×256, slice厚3～5mm, およびslice gap −1.0～−1.3mmで, 撮像時間は3～9分であった.

2)3D法

撮像パラメーターは1800～2500/200/35/2(TR/実効TE/echo train length/excitations), FOV300mm, matrix179～183×256で, 実効slice厚2mmとなるようslab厚(主に50mm)および3D-partition(主に25)を決定した. またデータ収集にhalf Fourier法を併用した. 撮像時間10～16分であった.

なお, これら撮像および画像処理はすべてMRI装置に搭載されたハードおよびソフトウェアで行ったものであり, 画像処理専用のワークステーションやソフトは使用していない. コイルは腹部巻きつけコイルを使用し, 前処置は検査前の絶食のみで, 鎮痙剤やMRI用経口消化管造影剤の投与は行わなかった.

検討項目

1. 2D法と3D法いずれも施行した例での比較

2D法と3D法いずれも施行した健常ボランティア10例と胆道・膵疾患5例について以下の項目について検討した.

1)定量的評価

コントラスト・ノイズ比(以下, C/N)をC/N = (総胆管の信号強度－肝臓の信号強度)／肝臓のノイズ(SD)と定義した. BackgroundがFOVの外にあるため肝臓をBackgroundの代用とし, 信号強度の関心領域はMRCP(正面像)において総胆管では10mm², 肝臓では血管による高信号域を除いた1000mm²を選んだ.

2)視覚的評価

MRCPおよび元画像をあわせて読影し, 胆管壁の鮮鋭度について2名の放射線科医の合議により優劣を決定した.

2. 症例における胆管の部位別および主膵管の描出能

T2強調画水平断像において胆管の最大径7mm以上, および主膵管の最大径3mm以上を拡張例とし, 非拡張例と拡張例における胆管の部位別および主膵管の描出能を検討した. 2D法では胆管非拡張例19例, 胆管拡張例19例, 膵管非拡張例34例および拡張例4例で, 3D法ではそれぞれ21例, 15例, 22例および14例であった. 描出能は, ほぼ全体が描出されたものを2, 描出されたが一部不明瞭であったものを1, 描出できなかったものを0とし, 3段階スコアで評価した. なお, 肝内胆管については2次分枝の描出について評価した. 各部位の描出率は, 描出率 = (スコア1以上の症例数)/(評価可能症例数)×100%としたが, 胆管拡張例において明らかに腫瘍による閉塞のため同定できなかったと思われた症例(2D法では左右肝管2例, 総肝管3例, 総胆管1例, および胆嚢管4例, 3D法では左右胆管1例, 総肝管1例および胆嚢管1例)は部位別評価の対象から除外した. また, 胆嚢摘出術後の症例(2D法3例, 3D法1例)も胆嚢管の描出能評価の対象から除外した.

なお, 等統計学的評価はC/Nについてはwelch T検定を, 部位別描出能のスコアについてはMann Whitney U検定を使用した.

結　果

1. 2D法と3D法いずれも施行した例での比較

1)定量的評価

C/Nは2D法では12.1±6.7, 3D法では22.4±13.8であり, 5%の危険率にて有意に3D法が優れていた.

2)視覚的評価

3D法が優れていた例が13例, 同等であった例が2例で, 2D法が優れていた例はなかった(Fig.1-3).

2. 症例における胆管の部位別および主膵管の描出能(Table 2)

非拡張例では2D法, 3D法ともに左右肝管から総胆管の描出は良好であった. 総胆管が描出できなかった症例がそれぞれ1例ずつあるが, これは門脈閉塞による著明なcavernous transformationを形成していた症例と大量の腹水のある症例であった.

肝内胆管, 胆嚢管および主膵管の描出能は2D法で5/19(26%), 14/19(74%)および13/34(38%), 3D法で12/21(57%), 21/21(100%)および17/22(77%)であり, スコアの

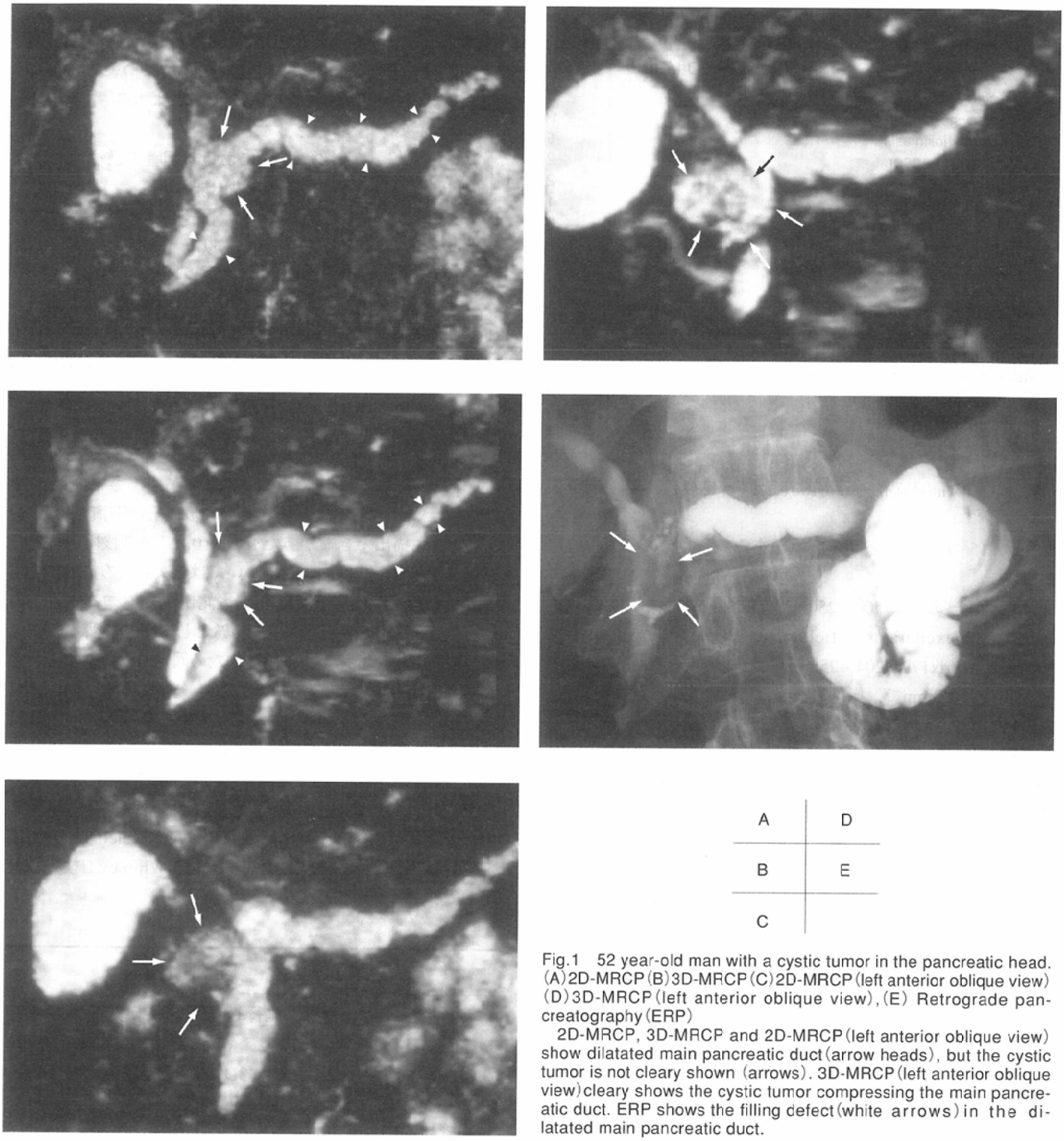


Fig.1 52 year-old man with a cystic tumor in the pancreatic head. (A)2D-MRCP (B)3D-MRCP (C)2D-MRCP (left anterior oblique view) (D)3D-MRCP (left anterior oblique view), (E) Retrograde pancreatography (ERP)
2D-MRCP, 3D-MRCP and 2D-MRCP (left anterior oblique view) show dilatated main pancreatic duct (arrow heads), but the cystic tumor is not cleary shown (arrows). 3D-MRCP (left anterior oblique view) cleary shows the cystic tumor compressing the main pancreatic duct. ERP shows the filling defect (white arrows) in the dilatated main pancreatic duct.

平均は胆嚢管($P < 0.05$)および主膵管($P < 0.01$)において有意に3D法が優れていた．肝内胆管のスコアの平均に有意差はなかったが，3D法の方が高い傾向にあった．3D法で主膵管を描出できなかったのは5例で，大量腹水の症例が1例，食事摂取後で胃が著明に拡張した症例が1例で，この2例を除くと主膵管の描出率は17/20(85%)であった．残り3症例はT2強調画水平断像においてもまったく主膵管を同定できない症例で主膵管の径が非常に細かったためと思われた．

拡張例でも3D法で全例，2D法で1例を除き左右肝管から総胆管および主膵管は良好に描出された．スコアの平均はやや3D法が高い傾向にあったが有意差はなかった．2D法で描出できなかった1例はPTCD後の症例で呼吸運動が不規則であったためと思われた．胆嚢管の描出能は2D法で8/12(67%)，3D法で11/13(85%)で，スコアの平均も3D法が高い傾向にあったが，有意差は認められなかった．3D法にて胆嚢管を描出できなかった2例中1例は拡張した胆嚢と胆管が重なった症例で，他の1例は呼吸が不規則な症例であった．一方，肝内胆管の描出能は2D法が19/19(100%)，3D法が12/15(80%)でスコアの平均も2D法が高い傾向にあった．3D法でまったく肝内胆管を描出できなかった3症例の

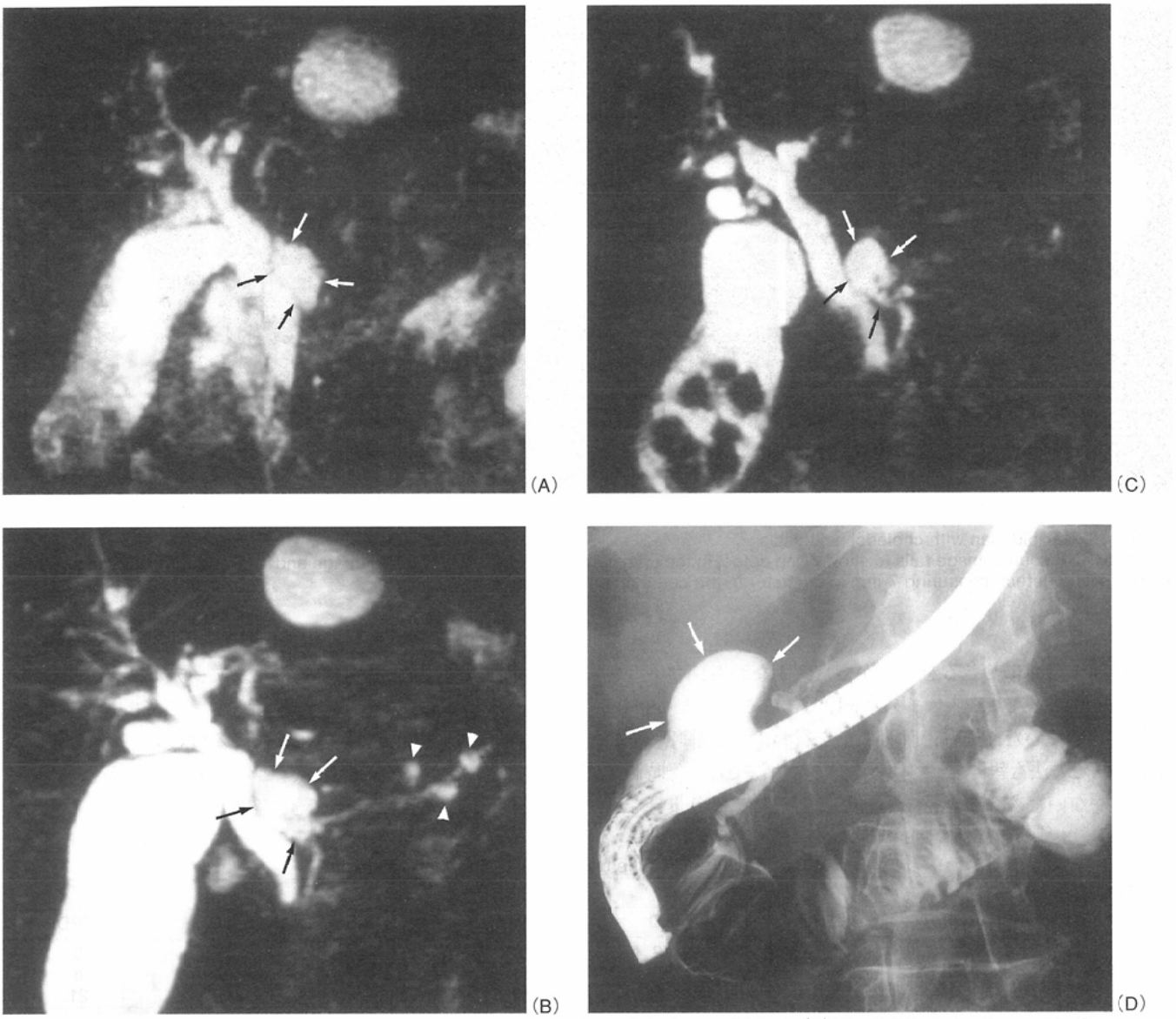
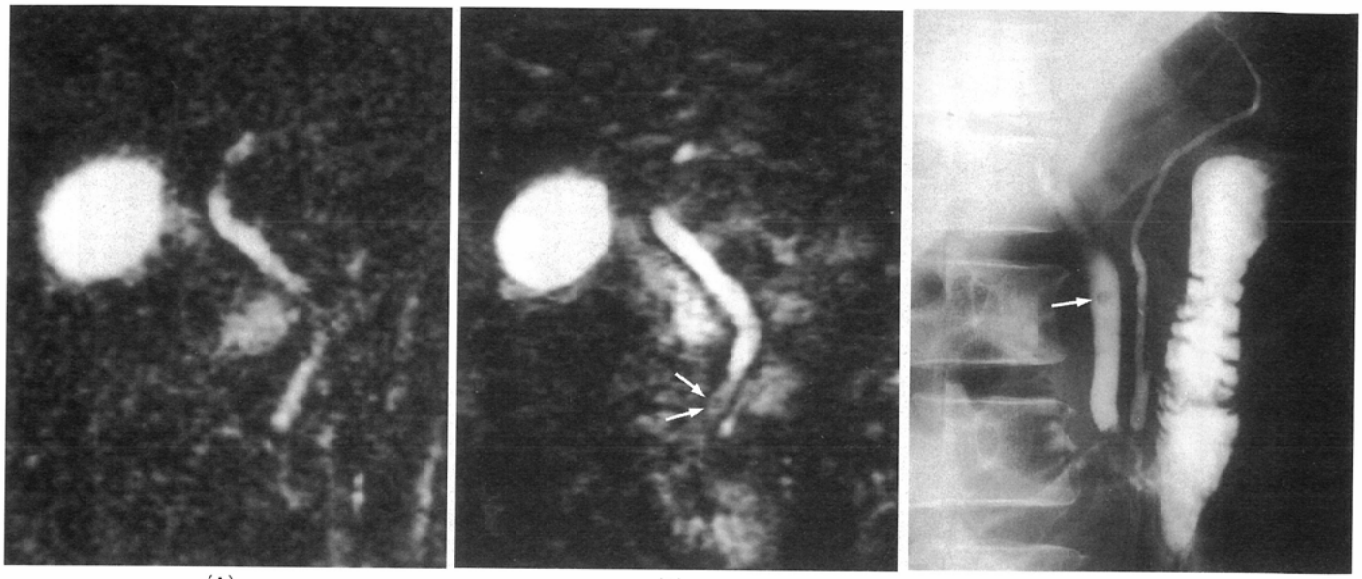


Fig.2　84 year-old woman with cysts in the pancreatic head and body and cholecystolithiasis. (A) 2D-MRCP shows the cyst in the pancreatic head (arrows) but the cysts in the pancreatic body or the main pancreatic duct are not demonstrated. (B) 3D-MRCP shows the cysts in the pancreatic head (arrows) and body (arrow heads). (C) 3D-MRCP source image shows the communication between the cyst in the pancreatic head and the main pancreatic duct. Note many filling defects in the gallbladder. (D) Retrograde pancreatography clearly shows the cyst in the pancreatic head (arrows), but the cysts in the pancreatic body are not seen.

うち1例は呼吸が不規則な症例で，残りの2例は総胆管の最大径7mmおよび8mmと胆管の拡張が軽度で，肝内胆管の拡張がない症例であった．また3D法ではスラブ厚が狭く肝全体を見ることができなかったためスコアの平均も低下したものと思われた．

考　察

MRCPは1991年森本ら[1]により最初に報告されて以来，胆道系全体の投影像を容易に描出することができるため，近年急速に胆道疾患に対し応用されるようになった．その撮像法にはさまざまな方法が報告されている．森本らと同様にSchumacher[2]，Wallner[3]，Hal-Craggs[5]，Ishizaki[6]らは呼吸停止下のグラディエントエコー（以下，GRE）法によるMRCPを報告した．GRE法では画像が磁場の均一性や磁化率の影響に左右されやすく，また空間分解能が高くないため，主に閉塞性黄疸における胆管の閉塞部位の評価や大きな総胆管結石の診断に用いられた．次にFSE法を用いたMRCPが報告された[7,8]．この方法では比較的長い息止め時間が必要で，2回に分割したり，安静呼吸下で撮像されるため，2回のslab間のずれや呼吸運動によるアーチファクトが生じると考えられる．さらに最近では数秒単位で撮像可能なhalf-Fourier single shot turbo spin echo（HASTE）法をMRCPに応用した報告も認められるようになった[9]．非常に短時間で撮像できるため，肝外胆管のみならず肝内胆管や主膵管の描出率も高くなっている．しかしながらこれら報告の多くは呼吸停止下で行うことを前提としているため，撮像時間の制限から十分なシグナルノイズ比（S/N）を得るために空



(A) (B) (C)

Fig.3 46 year-old man with choledocholithiasis.
(A)2D-MRCP source image fails to show filling defect in the common bile duct. (B)3DP source image and (C)Retrograde cholangiography show a filling defect measuring 7 mm in diameter in the common bile duct (arrows).

間分解能を犠牲にせざるを得なかった．すなわち，マトリックスを減らしたり，スライス厚を厚くすることによりS/Nを向上させていた．一方，呼吸停止を行わず，安静呼吸下で撮像する方法も報告されている[11]．この方法では撮像時間の制限がないためexcitationを増加させることにより十分なS/Nが得られるが，呼吸運動によるアーティファクトのため空間分解能は低下すると考えられる．そこでBarish[12]らは呼吸同期法を併用した3D-FSE法によるMRCPを報告し，膵疾患に対する有用性を示した．この方法では呼吸運動によるアーティファクトが軽減でき，空間分解能が向上すると考え

Table 2 Detectability of the bile duct and main pancreatic duct

2D-MRCP		Number of cases					
Dilatation	Score	IHBD	HD	CHD	CBD	CD	MPD
(−)	2	3	12	18	18	8	5
	1	2	6	1	0	6	8
	0	14	1	0	1	5	21
(+)	2	13	16	15	16	5	2
	1	6	0	0	1	3	2
	0	0	1	1	1	4	0

3D-MRCP		Number of cases					
Dilatation	Score	IHBD	HD	CHD	CBD	CD	MPD
(−)	2	2	16	19	20	16	8
	1	10	3	1	0	5	9
	0	9	2	1	1	0	5
(+)	2	6	12	14	14	8	10
	1	6	2	0	1	3	4
	0	3	0	0	0	2	0

Method	Dilatation	Mean score					
		IHBD	HD	CHD	CBD	CD	MPD
2D-MRCP	(−)	0.4	1.6	1.9	1.9	1.2	0.5
	(+)	1.7	1.9	1.9	1.8	1.1	1.5
3D-MRCP	(−)	0.7	1.7	1.9	1.9	1.8	1.1
	(+)	1.2	1.9	2	1.9	1.5	1.7

Method	Dilatation	Detectability					
		IHBD	HD	CHD	CBD	CD	MPD
2D-MRCP	(−)	5/19(26%)	18/19(95%)	19/19(100%)	18/19(95%)	14/19(74%)	13/34(38%)
	(+)	19/19(100%)	16/17(94%)	15/16(94%)	17/18(94%)	8/12(67%)	4/4(100%)
3D-MRCP	(−)	12/21(57%)	19/21(90%)	20/21(95%)	20/21(95%)	21/21(100%)	17/22(77%)
	(+)	12/15(80%)	14/14(100%)	14/14(100%)	15/15(100%)	11/13(85%)	14/14(100%)

IHBD: intrahepatic bile duct HD: hepatic duct CHD: common hepatic duct CBD: common bile duct CD: cystic duct MPD: main pancreatic duct

られる．彼らが高磁場装置を使用したのに対し，われわれは中磁場装置において呼吸同期下3D-FSE法をMRCPに応用した．

一般に，呼吸同期法は呼吸停止法と同様に呼吸運動によるアーティファクトを軽減させる方法ではあるが，呼気のみにデータを収集するため撮像時間が長くなる欠点を有しており，臨床的に用いられることはほとんどなかった．近年広く応用されるようになったFSE法は撮像時間を短縮することができ，呼吸同期法をFSEと併用することにより実用的な時間内での撮像が可能となった．呼吸停止法と比べ呼吸同期法を用いることの利点の一つは患者の呼吸状態にかかわらず呼吸運動の一定の時相でデーターを収集するため，症例2のような高齢者，小児および呼吸状態の悪い患者においても患者になんら負担を強いることなくMRCPが撮像可能な点である．呼吸運動が一定でない場合には画像の劣化をみるが，今回の症例では69例中呼吸運動の不規則性による著しい画像の劣化を見たのはわずか3例でほとんどの患者において診断に有用なMRCPが撮像可能であった．次に，撮像時間の制限がないため，比較的自由に撮像パラメーターを設定することが可能な点である．その一つの応用としてわれわれは，3DFT法を用いることにより，空間分解能およびS/Nを向上させることを可能とした．当初われわれはmultislice法を用いた2D法を胆道疾患に応用していたが[10]，2D法ではスライスを薄くするとS/Nが極端に低下するため，スライス厚3～4mmが限度であった．そこで，3DFT法を用いることにより，実効スライス厚2mmとしても十分なS/Nが得られるようになった．今回の検討では3D法は2D法に比べ，C/Nは向上し，視覚的にも良好なMRCPとなった．また部位別の描出能では2D法でも胆管や主膵管の拡張例での描出能は良好で，3D法に劣ることはなかった．しかしながら非拡張例では2D法での肝内胆管，胆嚢管および主膵管の描出能は低く，膵疾患の診断には不十分と考えられた．2D法の利点として撮像時間は3D法に比べ短く，スライス厚を厚くすれば肝全体を比較的短時間で撮像できるため胆道系の大まかな情報を得るのに適しているように思われた．一方，3D法では拡張の有無にかかわらず左右胆管から総胆管はほぼ全例描出可能で，胆嚢管や主膵管も非常に高い描出率を得ることができた．さらに3DFT法を用いる利点として症例1のように多方向からの再構成像をみる場合にも画質が良いため，立体的な位置関係を把握するのに有用と考えられる．また，MIP処理によるMRCPの一つの欠点として高信号を呈する胆汁のため，胆嚢や胆管内の病変が描出できない場合がある[7]．このような場合元画像を観察することにより診断能は向上するが，厚いスライス厚を用いるとpartial volume effectにより小病変が見逃されたり，逆に症例3のように総胆管下部に結石がある場合，結石周囲のわずかな胆汁が結石のpartial volume effectにより消失し，結石を同定しにくくする可能性もある．その点，3D法では薄いスライス厚の断層像が得られるため，結石の診断能が向上すると考えられる．

このように3D法は2D法に比べ撮像時間の延長はあるもののC/NやS/Nを改善し，スライス面と直交する方向の空間分解能をも向上させることができ，中磁場装置においても高分解能MRCPを可能とした．

今回使用した装置は中磁場装置であり，腹部巻きつけコイルを用いたためスライス面での空間分解能は1.6～1.7×1.2mmとなり，呼吸停止下のFSE法やHASTE法によるMRCPと比べやや劣っていたが，呼吸同期下3D-FSE法を用いることにより高磁場装置ではより高分解能のMRCPが可能となると考えられる．また，加算回数を増やすことによりさらに低磁場の装置でもMRCPが可能になると考えられ，今後呼吸同期下FSE法による3D-MRCPは胆道・膵疾患の診断への応用が広く期待できると思われる．

文　献

1) 森本耕治，青木佳子，崔　秀美，他：MR Cholangiography. 日本医放会誌　51：833-835，1991

2) Schumacher KA, Wallner BK, Weidenmaier W, et al: Biliary obstruction: MR cholangiography with a rapid gradient-echo sequence (2D CE-Fast). Röfo Fortschr Geb Röntgenstr Neuen Bildgeb Verfahr 155: 332-336, 1991

3) Wallner BK, Schumacher KA, Weidenmaier W, et al: Dilated biliary tract; Evaluation with MR cholangiography with a T2-weighted contrast-enhanced Fast sequence. Radiology 181: 805-808, 1991

4) Morimoto K, Shimoi M, Shirakawa T, et al: Biliary obstruction ; Evaluation with Three-dimensional MR Cholangiography. Radiology 183: 578-580, 1992

5) Hall-Craggs M, Allen C, Owens C, et al: MR cholangiography, clinical evaluation in 40 cases. Radiology 189: 423-427, 1993

6) Ishizaki Y, Wakayama T, Okada Y, et all: Magnetic resonance cholangiography for evaluation cf obstructive jaundice. Am J Gastroenterol 12: 2072-2077, 1993

7) Guibaud L, Bret PM, Reinhold C, et al: Diagnosis of choledocholithiasis, value of MR cholangiography. AJR 163: 847-850, 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) Reuther G, Kiefer B, Tuchmann A: Cholangiography before biliary surgery, single-shot MR cholangiography versus intravenous cholangiography. Radiology 198: 561-566, 1996

10) 磯本一郎，輿石　剛，林　邦昭：中磁場MRI装置における呼吸同期下高速spin echo法を用いたMR cholangiopancreatographyの有用性．日本医放会誌　56：515-516，1996

11) Macaulay SE, Schulte SJ, Sekijima JH, et al: Evaluation of a non-breath hold MR cholangiography technique. Radiology 196: 227-232, 1995

12) Barish MA, Yucel EK, Soto JA, et al: MR cholangiopancreatography, efficacy of three-dimensional turbo spin-echo technique. AJR 165: 295-300, 1995