

论 著

3D NT-FSE、3D BH-GRASE 和2D BH-SSFE 胰胆管成像扫描技术的对比研究*

王 颖^{1,2,3} 周 莉^{2,3} 朱 芸²
徐 凯^{1,*}

1.徐州医科大学附属医院影像科

(江苏 徐州 221000)

2.蚌埠医科大学第一附属医院放射科

(安徽 蚌埠 233004)

3.蚌埠医科大学影像技术教研室

(安徽 蚌埠 233030)

【摘要】目的 比较二维屏气单次快速自旋回波(2D BH-SSFE)、三维导航触发快速自旋回波(3D NT-FSE)和三维屏气梯度自旋回波(3D BH-GRASE)序列在MR胰胆管成像(MRCP)中的应用价值。方法 对104例患者分别进行了2D BH-SSFE、3D NT-FSE和3D BH-GRASE MRCP成像。对患者的临床资料进行分组,分析不同组间图像质量的差异。结果 三种2D BH-SSFE 3D NT-FSE和3D BH-GRASE序列显示肝脏图像质量定性分析、定量分析及男性不同年龄患者群体有明显差异,符合统计学意义($P<0.05$)。结论 与传统2D BH-SSFE相比,3D NT-FSE和3D BH-GRASE显著提高了图像质量。

【关键词】磁共振胰胆管成像; 肝内胆道树; 图像质量

【中图分类号】R445.2

【文献标识码】A

【基金项目】自然科学基金重点(2023byzd071)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.10.032

A Comparative Study of Three Magnetic Resonance Cholangiopancreatography Scanning Techniques : 3D NT-FSE、3D BH-GRASE and 2D BH-SSFE MRCP*

WANG Ying^{1,2,3}, ZHOU Li^{2,3}, ZHU Yun², XU Kai^{1,*}.

1.Department of Radiology, Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221000, Jiangsu Province, China

2.Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of Bengbu Medical University, Bengbu 233004, Anhui Province, China

3.Department of Imaging Technology, Bengbu Medical University, Bengbu 233030, Anhui Province, China

ABSTRACT

Objective To compare the application value of 2D breath holding single fast spin echo (2D BH-SSFE), 3D navigation triggered fast spin echo (3D NT-FSE) and 3D breath holding gradient spin echo (3D BH-GRASE) sequences in MR Pancreaticocholangiography (MRCP). **Methods** 104 patients were studied by 2D BH-SSFE, 3D NT-FSE and 3D BH-GRASE MRCP imaging. The clinical data of patients were grouped and the difference of image quality between different groups was analyzed. **Results** The three 2D BH-SSFE 3D NT-FSE and 3D BH-GRASE sequences showed significant differences in the qualitative analysis and quantitative analysis of liver image quality and in male patient groups of different ages, which were in line with statistical significance ($P<0.05$). **Conclusion** Compared with Traditional 2D BH-SSFE, 3D NT-FSE and 3D BH-GRASE Significantly Improve Image Quality.

Keywords: Magnetic Resonance Cholangiopancreatography; Intrahepatic Biliary Tract Tree; Image Quality

磁共振胰胆管成像(magnetic resonance cholangiopancreatography, MRCP)是一种评估胆道和胰腺疾病的无创方法^[1]。MRCP在临床实践中对于无创性评估胰胆管系统的解剖变异和疾病方面具有重要作用,呼吸或导航(navigator-triggered)触发的三维T2加权涡轮自旋回波序列在目前的临床实践中常用,因为三维MRCP比二维MRCP具有更高的空间分辨率和对比度噪声比^[2],并且可以使用3D图像进行后处理重建,消除不必要的与胰胆管结构重叠的影像。3D NT-MRCP高分辨率图像可以显示未扩张的肝内胆管和胰管,并在各种胰胆道疾病中显示出很高的诊断准确性。然而,3D NT-MRCP的主要限制是存在呼吸运动伪影,在呼吸模式不稳定的患者中更为明显,因为数据仅在呼吸呼气时获取^[3-4]。

为了缩短扫描时间并在单次屏气(breath hold, BH)内实现三维采集,人们尝试采用不同的检查方法包括三维梯度和自旋回波(gradient and spin echo, GRASE)技术,三维平衡稳态自由进动,快速3D T2加权涡轮自旋回波,或快速恢复快速自旋回波序列^[5]。Mahalingam 等人的研究发现使用3D GRASE脉冲序列大大缩短了3D MRCP采集时间,允许在单次屏气中获取图像^[6-7]。其图像质量、临床实际应用价值和意义有待进一步研究,研究拟比较不同人群的MRCP检查中3D BH-GRASE与3D NT-FSE和2D BH-SSFE的图像质量差异,探讨其在临床实践中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象及MR扫描方案 连续选取2022年5月至2023年10月来我院行MRCP检查的患者进行分析和比较。

纳入标准:年龄在25-75岁之间,无磁共振扫描禁忌证,无胆囊切除术后者,无腹水患者,呼吸训练憋气时间大于等于19s者。共纳入患者104例进行研究,其中男性患者50例,女性患者54例。平均年龄为 53.8 ± 14.6 岁。获得所有患者或其监护人的知情同意。采用3T MRI系统(PHILIPS Achieva),16通道体部线圈进行扫描。患者取仰卧位,脚先进,腹部线圈以剑突为中心覆盖在体表,呼吸门控置于其腹部呼吸运动最明显处。在行MR检查前,患者被要求禁食至少6小时。在所有纳入研究的患者中,常规行2D BH-SSFE、3D NT-FSE和3D BH-GRASE MRCP成像。对于3D NT-FSE 和3D BH-GRASE进行放射状MIP重建出MRCP图像进行上传(表1),在研究中患者按性别、年龄和梗阻情况进行了分组,分析其对图像质量的影响。

1.2 图像评估 由2名具有10年以上相关工作经验的影像诊断医师在PACS上对图像进行独立阅片,意见不一致时协商解决。评价内容包括四个部分:总体图像质量、伪影、背景抑制和导管可视化。采用5分Likert量表进行评价:(1)整体图像质量:1分:看不见,2分:隐约可见;3分:部分可见;4分:几乎完全可见;5分:细节清晰。(2)图像伪影:1分:严重的伪影图像,无法用于诊断;2分:明显伪影,可导致错误诊断;3分:中度伪影,影响诊断;4分:轻度伪影,不影响诊断;5分:无伪影。(3)背景抑制:1分:强烈

【第一作者】王 颖,女,主管技师。主要研究方向:肝脏MRI检查技术。E-mail: 378146668@qq.com

【通讯作者】徐 凯,男,主任医师。主要研究方向:肝脏MRI影像诊断。E-mail: xukai@xzhmu.edu.cn

的背景信号，图像无法用于诊断；2分：显著的背景信号，难以诊断；3分：明显的背景信号，影响诊断；4分：较弱的背景信号，不影响诊断；5分：出色的背景抑制。导管可视化则是将整个胰胆管系统分为12段：其中胆总管和肝管作为一个整体段；胆囊管；胆囊；右肝管；右肝管前支；右肝管后支；左肝管；左肝管内侧

支；以及主胰管的近、中、远端。胆道系统完全显影是指所有肝外胆管和肝内胆管一级分支达到3分或以上。同样，当MPD的近段、中段和远段均达到3分或以上时，胰管的充分显影被定义为胰管的充分显影。并评估了对比度噪声比(contrast-to-noise ratio, CNR)和信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)(详情见图1)。

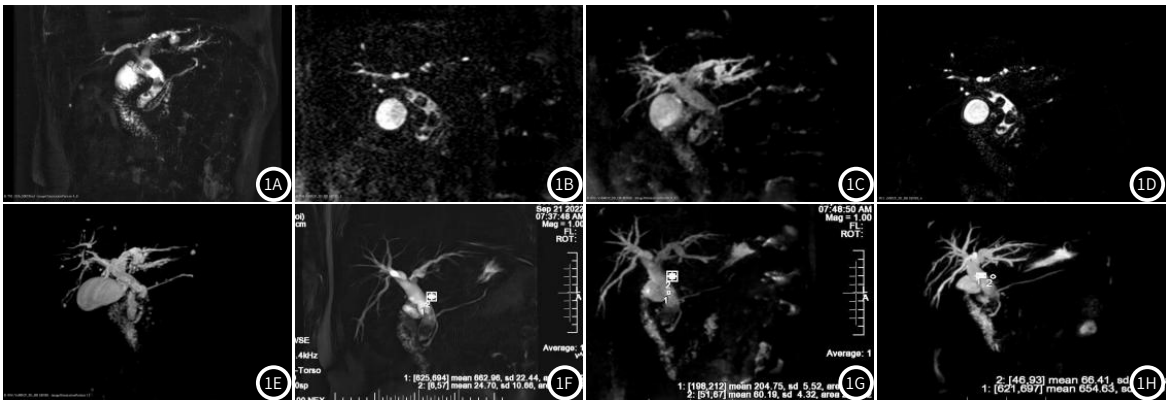


图1A-图1H 图1A、1F为二维屏气快速自旋回波2D SSFE MRCP图，图1B、1C、1G为三维屏气梯度-自旋回波3D BH-GRASE MRCP原始图及MIP MRCP图，图1D、1E、1H为三维呼吸触发快速自旋回波3D NT-TSE序列原始图及MIP MRCP图。图1A整体图像质量优，无伪影，胆胰管显示清晰，背景抑制略差，图像整体质量评分为5分，背景抑制4分；图1C整体图像质量优，无伪影，胆胰管显示清晰，背景抑制略差，图像整体质量评分为5分，背景抑制4分；图1E整体图像质量优，无伪影，胆胰管显示清晰，图像整体质量评分为5分，背景抑制5分。图1B、图1D显示胆总管结石较图1A更细节，更清晰。图1F、1G、1H为胆总管平均信号SI，背景平均信号SI，胆总管噪声SD，背景噪声测定方法：选取胆总管直径最大的地方，面积大于等于6mm²，胆总管旁边背景抑制较好的地方选取面积大于等于20mm²测量SI信号和SD噪声，计算SNR=SI(胆管)/SD(胆管)，CNR=[SI(胆管)-SI(背景)]/SD(噪声)。

1.3 统计学方法 所有数值以均数±标准差记录，采用SPSS 26.0软件(IBM, Chicago, USA)进行统计分析。Friedman检验比较三种方案的定量值、整体图像质量、伪影的存在、背景抑制以及导管的可视化。P值小于0.05表示差异具有统计学意义。对两名影像科医师主观评分的一致性评价采用Kappa检验判断一致性强度(<0.20 较差, 0.20~0.40 一般, 0.41~0.60 中等, 0.61~0.80 较好, 0.81~1.00 好)。

2 结果

2.1 病人一般资料 共纳入患者104例，其中男性50例，女性54例。患者平均年龄为53.8±14.6岁。2D BH-SSFE的采集时间为68-88s，3D NT-FSE的采集时间为219-289s，3D BH-GRASE的采集时间为19s。两名医师评价一致性结果中，整体评分一致性均较好或好(表2)。

表1 三种MRCP协议的扫描参数			
参数	2D BH-SSFE	3D NT-FSE	3D BH-GRASE
TR(ms)	5670	2001	345
TE(ms)	740	740	93
层厚(mm)	40	1.8	1.8
翻转角(°)	90	90	90
视野(mm ²)	300×300	300×225	277×268
矩阵(mm/mm)	320×256	272×172	252×150
带宽	408.1	357.4	141.2
TSE回波链	256	110	11
ES回波间隔	5.8	9.8	10.3
脂肪抑制	是	是	是
扫描时间(s)	68-88S	219-289S	19

表2 定性图像评价的一致性结果			
	2D MRCP	3D NT	3D GRASE
整体图像质量评分	0.70±0.11	0.63±0.08	0.72±0.08
伪影	0.35±0.12	0.60±0.09	0.65±0.08
背景抑制	0.72±0.07	0.71±0.07	0.64±0.07
胆总管和肝管	0.70±0.07	0.65±0.08	0.82±0.06
胆囊管	0.78±0.06	0.81±0.06	0.84±0.05
胆囊	0.79±0.06	0.79±0.05	0.79±0.05
右肝管	0.74±0.07	0.68±0.08	0.60±0.09
右肝管前支	0.81±0.06	0.63±0.08	0.72±0.07
右肝管后支	0.81±0.06	0.74±0.07	0.69±0.07
左肝管	0.73±0.07	0.68±0.08	0.71±0.08
左肝管内侧	0.78±0.06	0.74±0.06	0.76±0.06
主胰管近端	0.80±0.06	0.59±0.09	0.72±0.03
主胰管中段	0.83±0.05	0.80±0.06	0.73±0.06
主胰管远端	0.83±0.05	0.64±0.09	0.79±0.03

2.2 图像质量定性分析 3D NT-FSE和3D BH-GRASE的整体图像质量优于2D BH-SSFE: 2D BH-SSFE的平均得分为4.59，3D NT-FSE的平均得分为4.72，3D BH-GRASE的平均得分为4.76，3D NT-FSE和3D BH-GRASE的整体图像质量不存在显著差异。2D BH-SSFE的伪影评分(4.91±0.32)明显高于3D NT-FSE和3D BH-GRASE(分别为4.78±0.48、4.74±0.46, P=0.005, <0.001)。在背景抑制方面，2D BH-SSFE的评分高于3D NT-FSE与3D BH-GRASE(P值均<0.001)。三种MRCP序列显示左右肝管的图像质量无明显差异，但在胆总管和肝管、右肝管前支、右肝管后支、左肝管内侧的图像质量评分中，3D NT-FSE与3D BH-GRASE表现

出相同的图像质量并明显优于2D BH-SSFE。与3D BH-GRASE相比，2D BH-SSFE和3D NT-FSE方案改善了肝内胆道树所有第二分支的可视化，并且3D NT-FSE能更好地显示主胰管的中远端。
2.3 图像质量定量分析 3D NT-FSE和3D BH-GRASE的胆总管CNR均高于2D BH-SSFE影像(P值均小于0.001)(表4)，2D BH-SSFE和3D NT-FSE的SNR高于3D BH-GRASE。3D NT-FSE的CNR和SNR明显高于3D BH-GRASE，差异具有统计学意义。
2.4 不同年龄和性别组别的图像质量分析 三种MRCP方案中女性患者的图像质量差异无统计学意义，男性患者的3D BH-GRASE和3D NT-FSE的图像质量优于2D BH-SSFE(P值分别为0.002和

0.008)。对于年龄小于50岁的患者，3D BH-GRASE 的总体图像质量评分高于2D BH-SSFE(P值为0.020)，对于年龄≥50岁的患者，3D BH-GRASE 和3D NT-FSE的总体成像评分明显高于2D BH-SSFE(P值分别为0.004和0.008)。在无梗阻的患者中3D NT-FSE和3D BH-GRASE的图像质量评分高于2D BH-SSFE，在梗阻患者中3D BH-GRASE的图像质量评分优于2D BH-SSFE(表5)。

表3 三种不同MRCP检查方法的图像质量评分

	2D MRCP	3D NT	3D GRASE	P	P ^a	P ^b	P ^c
整体图像							
质量评分	4.59±0.58	4.72±0.49	4.76±0.49	<0.001	0.003	<0.001	0.285
伪影	4.91±0.32	4.78±0.48	4.74±0.46	<0.001	0.005	<0.001	0.465
背景抑制	4.51±0.57	4.31±0.59	4.01±0.55	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
胆总管和肝管	4.48±0.81	4.59±0.73	4.62±0.80	0.001	0.008	0.003	0.405
胆囊管	3.77±1.09	3.81±1.11	3.63±1.09	0.007	0.433	0.042	0.008
胆囊	4.28±0.89	4.08±0.94	4.21±0.89	<0.001	0.001	0.251	0.018
右肝管	4.67±0.59	4.71±0.57	4.76±0.57	0.129	N/A	N/A	N/A
右肝管前支	4.39±0.77	4.52±0.65	4.59±0.69	0.001	0.012	0.001	0.194
右肝管后支	4.36±0.79	4.50±0.64	4.54±0.75	0.002	0.004	0.001	0.465
左肝管	4.69±0.58	4.77±0.47	4.78±0.46	0.099	N/A	N/A	N/A
左肝管内侧	4.28±0.78	4.42±0.72	4.45±0.71	0.007	0.009	0.001	0.746
主胰管近端	4.43±0.71	4.48±0.76	4.08±0.77	<0.001	0.372	<0.001	<0.001
主胰管中端	4.25±0.86	4.42±0.78	4.02±0.79	<0.001	0.012	0.001	<0.001
主胰管远端	3.86±1.13	4.15±1.03	3.69±1.07	<0.001	0.001	0.026	<0.001

表4 三种不同MRCP检查方法的CNR和SNR比较

	2D MRCP	3D NT	3D GRASE	P	P ^a	P ^b	P ^c
CNR	35.17±12.14	67.76±22.15	44.74±25.52	<0.001	<0.001	0.005	<0.001
SNR	28.89±8.49	33.79±13.55	23.56±6.97	<0.001	<0.001	<0.001	0.001

表5 三种MRCP协议的整体图像质量评分的亚组分析及比较

	2D MRCP	3D NT	3D GRASE	P	P ^a	P ^b	P ^c
性别							
女(n=54)	4.61±0.59	4.72±0.49	4.74±0.56	0.074	N/A	N/A	N/A
男(n=50)	4.58±0.57	4.72±0.49	4.78±0.42	0.001	0.008	0.002	0.180
年龄							
<50(n=38)	4.50±0.56	4.55±0.55	4.68±0.57	0.013	0.157	0.020	0.059
≥50(n=66)	4.65±0.59	4.82±0.43	4.80±0.44	0.002	0.008	0.004	0.705
梗阻							
无(n=51)	4.41±0.64	4.58±0.57	4.62±0.59	0.003	0.007	0.005	0.527
有(n=53)	4.77±0.46	4.84±0.36	4.88±0.32	0.036	0.157	0.014	0.317

注：P值用于三种MRCP协议之间的比较，P^a值为常规2D BH-SSFE和3D NT-FSE的比较，P^b值为常规2D BH-SSFE和3D BH-GRASE的比较，P^c值为3D NT-FSE和3D BH-GRASE的比较。

3 讨 论

MRCP作为一种非侵入性的成像技术，可显示胰胆管系统的结构和功能，由于其无创、无痛、无辐射的优点，在临床诊断和治疗中具有重要的实际应用价值。而3D-MRCP技术能够提供高分辨率的胆管系统成像，能够更清晰地显示胆管的解剖结构和病变，可以进行多角度、多方位的观察，有助于发现病变的位置和范围，以及了解病变与周围组织的关系。成像速度较快，减少了扫描时间，提高了诊疗效率。对于胰胆管系统疾病的诊断，

3D-MRCP技术可以清晰地显示胰胆管系统的解剖结构和病变，有助于医生制定准确的治疗方案。可评价胆道梗阻的部位、程度和病因，有助于选择合适的治疗方法。在评估胆道手术效果和并发症方面，3D-MRCP技术可以观察手术后胆道系统的结构和功能变化，评估手术效果和预测患者的预后。在这项研究中比较了三种MRCP方案在图像质量方面的差异，结果提示，3D NT-FSE的整体成像质量明显优于常规2D BH-

SSFE。3D BH-GRASE的扫描仪需要19s，并且可以获得与3D NT-FSE相同的图像质量。2D BH-SSFE采用顺序采集来获取体积数据，延长了扫描时间的同时导致在存在被测者运动的情况下存在层间配位问题，并且屏气2D序列空间分辨率较低且无法进行3D重建^[8]。3D NT-FSE技术采用导航的三维T2加权快速自旋回波序列，该方法的主要缺点是采集时间长^[9]。容易导致图像模糊和运动伪影，特别是在呼吸模式不规则的患者中，这可能会影响图像质量^[10]。

对胰胆管显示的主观评价中，与传统的2D BH-SSFE相比，3D NT-FSE显著提高了胆道和胰管的图像质量，这与Kim等人的研究结果一致^[9]。在胆总管和肝管、右肝管前支、右肝管后支、左肝管内侧和主胰管的图像质量评分中，3D NT-FSE的图像质量明显优于2D BH-SSFE。然而，虽然使用3D NT-FSE可以提高图像质量，但其采集时间过长。3D BH-GRASE的整体图像质量评分与3D NT-MRCP相似，却大大缩短了扫描时间。因为GRASE序列结合了快速自旋和平面回波序列的优点^[6]，在快速自旋回波序列应用多个重聚焦射频脉冲，在平面回波序列的重聚焦射频脉冲之间使用多个梯度回波，减轻了EPI的T2衰减和信号丢失，提高扫描的速度的同时也改善了图像质量^[11]。采集时间的减少也允许获得多个MRCP序列，以便在检查中建立冗余。与NT-FSE相比，GRASE在3D采集中表现出相同或更好的成像质量，并且呼吸伪影较少^[1]，但在本研究中NT-FSE的伪影较GRASE小。在背景抑制方面，3D BH-GRASE的背景抑制效果不如传统NT-FSE，与Ming He等人研究一致^[12]，这可能与较短的有效回波时间相关。除此之外，在主胰管的显示中，与3D BH-GRASE相比，NT-FSE序列更好显示肝内胆道树所有第二分支。

研究通过比较三种序列的定量指标CNR及SNR，3D NT-FSE的胆总管CNR和SNR均高于3D BH-GRASE。Yoshida等^[13]对54名连续患者进行了20秒屏气的3D MRCP检查。与3D TSE MRCP相比，GRASE序列胆总管的CNR显著提高。具有单次屏气序列的GRASE显著提高了CNR和SNR以及整体图像质量的定性评分，然而许逸超等人的研究认为呼吸触发的3D快速自旋回波序列的CNR优于3D BHGRASE序列^[14]。在本研究中3D NT-FSE的CNR和SNR明显高于3D BH-GRASE，这可能与序列间的几何参数不同，包括视野、矩阵、扫描层数、回波链等。

研究中对年龄和性别进行了亚组分析，男性患者的3D BH-GRASE和3D NT-FSE的图像质量优于2D BH-SSFE。对于年龄小于50岁的患者，3D BH-GRASE的总体图像质量评分高于2D MRCP，对于年龄≥50岁和无梗阻的患者，3D BH-GRASE和3D NT-FS的总体成像评分明显高于2D BH-SSFE^[15]。这些发现可能有助于改善疑似导管相关病变患者的成像工作流程。特别是对于年龄大于50岁或有梗阻的患者，可以优先考虑BH-GRASE^[16]。在临床中，对于男性患者、年龄≥50岁的患者以及对于呼吸不规律及不能耐受长时间检查的患者可以选择3D BHGRASE序列扫描，从而辅助获得符合诊断要求的三维MRCP图像，从而为不同的患者制定更个性化的扫描方案。

综上所述，与传统2D BH-SSFE相比，3D NT-FSE和3D BH-GRASE显著提高了图像质量，3D NT-FSE在胆道和胰管的可见性优于3D BH-GRASE，3D BH-GRASE可以在保证图像质量的同时提高腹部MRCP的检查效率。

参考文献

[1] Nam JG, Lee JM, Kang HJ, et al. GRASE revisited: breath-hold three-dimensional (3D) magnetic resonance cholangiopancreatography using a Gradient and Spin Echo (GRASE) technique at 3T[J]. Eur Radiol, 2018, 28 (9): 3721-3728.

[2] Mazroua JA, Almalki YE, Alaa M, et al. Precision mapping of intrahepatic biliary anatomy and its anatomical variants having a normal liver using 2D and 3D MRCP[J]. Diagnostics (Basel), 2023, 13 (4): 726.

[3] Zhu L, Sun ZY, Xue HD, et al. Patient-adapted respiratory training: effect on navigator-triggered 3D MRCP in painful pancreatobiliary disorders[J]. Magn Reson Imaging, 2018, 45: 43-50.

[4] Morimoto D, Hyodo T, Kamata K, et al. Navigator-triggered and breath-hold 3D MRCP using compressed sensing: image quality and method selection factor assessment[J]. Abdom Radiol (NY), 2020, 45 (10): 3081-3091.

[5] Tanabe M, Onoda H, Higashi M, et al. Three-dimensional (3D) breath-hold zoomed MR cholangiopancreatography (MRCP): evaluation of additive value to conventional 3D navigator triggering MRCP in patients with branch duct intraductal papillary mucinous neoplasms[J]. J Magn Reson Imaging, 2022, 55 (4): 1234-1240.

[6] Mahalingam N, Ralli GP, Trout AT, et al. Comparison of quantitative 3D magnetic resonance cholangiography measurements obtained using three different image acquisition methods[J]. Abdom Radiol (NY), 2022, 47 (1): 196-208.

[7] 魏志民, 宋玉坤, 韩海伟, 等. 对比分析屏气三维梯度-自旋回波与呼吸门控触发三维快速自旋回波MR胰胆管成像[J]. 中国医学影像技术, 2020, 36 (08): 1234-1238.

[8] Chen Z, Sun B, Xue Y, et al. Comparing compressed sensing breath-hold 3D MR cholangiopancreatography with two parallel imaging MRCP strategies in main pancreatic duct and common bile duct[J]. Eur J Radiol, 2021, 142: 109833.

[9] Kim JH, Hong SS, Eun HW, et al. Clinical usefulness of free-breathing navigator-triggered 3D MRCP in non-cooperative patients: comparison with conventional breath-hold 2D MRCP[J]. Eur J Radiol, 2012, 81 (4): e513-e518.

[10] Chien CP, Chiu FM, Shen YC, et al. Magnetic resonance cholangiopancreatography at 3T in a single breath-hold: comparative effectiveness between three-dimensional (3D) gradient- and spin-echo and two-dimensional (2D) thick-slab fast spin-echo acquisitions[J]. Quant Imaging Med Surg, 2020, 10 (6): 1265-1274.

[11] 谭云, 何兰, 罗维, 等. 两种三维MR胰胆管成像技术的应用价值比较[J]. 中国医学影像学杂志, 2022, 30 (12): 1296-1300.

[12] He M, Xu J, Sun Z, et al. Comparison and evaluation of the efficacy of compressed SENSE (CS) and gradient- and spin-echo (GRASE) in breath-hold (BH) magnetic resonance cholangiopancreatography (MRCP) [J]. J Magn Reson Imaging, 2020, 51 (3): 824-832.

[13] Yoshida M, Nakaura T, Inoue T, et al. Magnetic resonance cholangiopancreatography with GRASE sequence at 3.0T: does it improve image quality and acquisition time as compared with 3D TSE[J]. Eur Radiol, 2018, 28 (6): 2436-2443.

[14] 许逸超, 徐正道, 张家会, 等. 三维屏气梯度-自旋回波序列在MR胰胆管成像中的应用[J]. 中华放射学杂志, 2021, 55 (1): 64-69.

[15] 李华玲, 杨阳, 胡成林, 等. 3D-GRASE序列在老年患者磁共振胰胆管成像中的应用价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21 (12): 109-111.

[16] 郭小华. MRI、MRCP在梗阻性黄疸诊断中的应用价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2019, 17 (07): 103-106.

(收稿日期: 2024-05-11)
(校对编辑: 姚丽娜)