

磁共振胰胆管成像扫描技术及临床应用 中国专家共识

中华医学会放射学分会腹部学组



*通信作者: 赵心明(中国医学科学院 北京协和医学院肿瘤医院影像诊断科, 北京 100021), E-mail: xinmingzh@sina.com; 陈敏(北京医院放射科, 北京 100730), E-mail: cjr.chenmin@vip.163.com; 金征宇(中国医学科学院 北京协和医学院 北京协和医院放射科, 北京 100730), E-mail: jin_zhengyu@163.com

中图分类号: R445.2 文献标识码: A DOI: 10.12015/issn.1674-8034.2023.04.001

本文引用格式: 中华医学会放射学分会腹部学组. 磁共振胰胆管成像扫描技术及临床应用中国专家共识[J]. 磁共振成像, 2023, 14(4): 1-5, 21.

[摘要] 磁共振胰胆管成像(magnetic resonance cholangiopancreatography, MRCP)是诊断胰胆管相关疾病的主要检查手段之一。规范MRCP扫描技术、优化MRCP检查流程、总结图像分析时的要点, 将进一步提升MRCP在胰胆管疾病的临床应用价值, 更好地服务患者。中华医学会放射学分会腹部学组组织国内相关专家, 参考国内外文献, 并结合最新MRI技术和临床实际需求, 起草了MRCP扫描技术及临床应用的专家共识并总结图像分析时存在的误区及应对策略。

[关键词] 磁共振成像; 胰胆管成像; 扫描技术; 临床应用; 专家共识

Chinese expert consensus of scanning protocol and clinical application of magnetic resonance cholangiopancreatography

Abdominal Group of Chinese Society of Radiology Chinese Medical Association

*Correspondence to: Zhao XM (Department of Radiology, National Cancer Center/National Clinical Research Center for Cancer/Cancer Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100021, China), E-mail: xinmingzh@sina.com; Chen M (Department of Radiology, Beijing Hospital, Beijing 100730, China), E-mail: cjr.chenmin@vip.163.com; Jin ZY (Department of Radiology, Peking Union Medical College Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100730, China), E-mail: jin_zhengyu@163.com

Received 1 Mar 2023, Accepted 11 Apr 2023; DOI: 10.12015/issn.1674-8034.2023.04.001

ACKNOWLEDGMENTS National Natural Science Foundation for Young Scientists of China (No. 82101996); Beijing Municipal Key Clinical Specialty Excellence Program.

Cite this article as: Abdominal Group of Chinese Society of Radiology Chinese Medical Association. Chinese expert consensus of scanning protocol and clinical application of magnetic resonance cholangiopancreatography[J]. Chin J Magn Reson Imaging, 2023, 14(4): 1-5, 21.

Abstract MR cholangiopancreatography (MRCP) is an important tool for the diagnosis of pancreaticobiliary diseases. Standardizing the MRCP scanning protocol, optimizing the MRCP examination process and summarizing the key points in image analysis will further improve its clinical application in pancreaticobiliary diseases thus for better improve patients' service. The Abdominal Group of Chinese Society of Radiology Chinese Medical Association together with experts related to this issue draft an expert consensus on MRCP scanning protocol and clinical application based on the latest MRI technology and experts' experience and opinion.

Key words magnetic resonance imaging; cholangiopancreatography; scanning protocol; clinical application; expert consensus

0 前言

磁共振胰胆管成像(magnetic resonance cholangiopancreatography, MRCP)是诊断胰胆管相关疾病的主要检查手段之一。目前,关于MRCP扫描技术及临床应用尚无统一标准或相关共识。中华医学会放射学分会腹部学组组织了国内相关专家,同时参考了国内外相关文献,并结合实际临床工作的心得体会,起草了MRCP扫描技术及临床应用的中国专家共识,以期通过该共识规范MRCP扫描技术、优化MRCP检查流程、总结图像分析时的要点,进一步提升MRCP在胰胆管疾病的临床应用价值,更好地服务患者。

MRCP是重T2WI序列,利用长的回波时间使胰管及胆管内液体呈明亮高信号,而肝脏及其他实质性器官因

信号衰减呈低信号,从而形成类似内镜下逆行胰胆管成像(endoscopic retrograde colangiopancreatography, ERCP)的效果^[1-2]。该成像方法无创、无辐射、无需额外引入对比剂,MRCP已被广泛应用于胰胆管相关疾病的诊断及鉴别诊断中^[3-4]。

1 MRCP适应证和禁忌证

1.1 适应证

MRCP适应证主要包括胰腺和胆道两大类型的疾病^[2,5]。

1.1.1 在胰腺疾病的应用

(1)胰腺囊性病变的检出和定性,通过判断胰腺囊性病变是否与主胰管相通从而辅助鉴别导管内乳

收稿日期: 2023-03-01 接受日期: 2023-04-11

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(编号:82101996);北京市临床重点专科卓越项目

头状黏液瘤与其他胰腺囊性病变;(2)辅助鉴别胰腺实性病灶的良恶性,通过评估主胰管梗阻部位及形态辅助鉴别胰腺实性病变,如自身免疫性胰腺炎与胰腺癌的鉴别;(3)辅助胰管内病变的鉴别诊断,如胰管内肿物与胰管内结石;(4)辅助诊断胰管发育异常,如胰腺分裂、胰胆管汇合处畸形、环形胰腺等。

1.1.2 在胆道系统疾病的应用

(1)胆石症的检出,包括结石的部位、数目、胆道梗阻部位及扩张情况;(2)胆系炎症性及自身免疫性疾病的诊断及鉴别诊断;(3)壶腹部、十二指肠及胆管占位性病变的解剖定位及辅助定性诊断,确定梗阻部位、梗阻形态;(4)胆汁淤积症的诊断;(5)先天性胆管扩张分型及诊断;(6)胆囊及胆囊管的解剖变异;(7)活体肝移植供体肝内外胆管的解剖变异;(8)胆道术前及术后评估。

1.2 禁忌证

MRCP 禁忌证同常规 MRI,包括绝对禁忌证和相对禁忌证。绝对禁忌证主要包括体内有非 MRI 兼容性的心脏起搏器、铁磁性金属植入物及其他不得接近强磁场者;相对禁忌证主要包括体内有非铁磁性或弱铁磁性的金属植入物、假牙、宫内避孕器等患者,危重患者,妊娠早期妇女,幽闭恐惧症患者,不能配合的儿童和聋哑患者等。

2 MRCP 检查前准备

2.1 呼吸训练

MRCP 检查前一般要求禁食禁水 4 h,同时应对患者进行适当的呼吸训练,以降低扫描失败率及重复检查次数,提高检查效率。已有研究表明对患有疼痛性胰胆道疾病的患者进行适应性的呼吸训练,可减少呼吸运动相关伪影,改善 MRCP 的图像质量,且具有较高的可操作性^[6]。

MRCP 扫描时患者的呼吸配合主要有两种:(1)屏气扫描,扫描前可先测试和记录患者的最长屏气时间,当患者屏气时将手放在患者腹部感知患者是否正确屏气,告知患者屏气时腹部保持不动;(2)呼吸触发/门控扫描,无法完成屏气配合的患者需使用呼吸触发/门控扫描方式。呼吸训练主要是指导患者保持规律的呼吸周期和一定的呼吸深度,但目前没有统一的训练方法。笔者依据本医院的经验,推荐如下方法:嘱患者每次吸气时默念简单的 3 字中性名词,如“天安门”“内蒙古”“公交车”等,且尽可能保持每次吸气时深度一致,然后自由呼气,至感觉舒适时进入下一个呼吸周期,重复上述过程^[7]。指导患者呼吸训练时可把手放在患者腹部感知患者的呼吸周期和幅度。

2.2 口服阴性对比剂

由于胃肠道内液体的高信号与胰胆管结构的高信号重叠会影响其观察,故建议检查前禁食禁水 4 h

及不同角度层面的多次采集以尽可能避免上述情况,但仍无法完全解决。因此,部分学者研究了口服阴性对比剂在 MRCP 检查中的价值。检查前 15 min 口服阴性对比剂,可利用对比剂内的顺磁性或超顺磁性高分子金属离子(如铁、锰)来增加磁化率和加快 T2 衰减,显著缩短 T2 弛豫时间,降低胃肠道内液体的信号,有效抑制胰胆管周围背景,突出胰胆管的高信号,从而提高图像质量^[8-10]。此外,口服阴性对比剂可充盈十二指肠,以更好地显示壶腹区病变及其与周围解剖结构的关系。

口服阴性对比剂主要包括商业型对比剂和天然饮品型对比剂两类。尽管多数研究均表明口服阴性对比剂可提高 MRCP 的图像质量,但采用何种阴性对比剂尚无定论。目前,在临床中应用的天然饮品型口服对比剂主要是各种果汁、茶类,包括菠萝汁^[11]、蓝莓汁^[12]、红茶^[13]等。综合考虑口服阴性对比剂的价格、制备简易性、口感及安全性等因素,推荐在常规 MRCP 检查中,有条件时可口服天然饮品型对比剂。对于天然饮品型对比剂,推荐在临床使用前进行预试验了解使用对比剂后的成像效果并确定对比剂用量及浓度,以达到最佳的成像效果。

3 MRCP 扫描技术

3.1 2D-MRCP

3.1.1 概述

2D-MRCP 在 1.5 T 和 3.0 T MRI 设备上均可完成扫描,最常使用的是 T2WI 厚层单次激发(single shot, SS)快速自旋回波(fast spin echo/turbo spin echo, FSE/TSE)和快速采集弛豫增强序列,可得到类似于 X 线造影或 ERCP 的重 T2WI 图像。该序列只显示静止的液体信号,其余背景脏器的信号基本被抑制。检查时参照横断面 T2WI 图像进行定位,可任意角度单次屏气扫描,单次扫描时间约 1 s。扫描方向推荐采用平行于目标胆道或胰管走行的方向,实际临床工作中也可根据患者情况采集更多方向的图像,进行个性化扫描。具体扫描参数设置推荐如下:TE 值需大于 600 ms,但当胆汁黏稠时,TE 值可降至 600 ms 左右;TR 值大于 8000 ms;层厚 30~80 mm,采集矩阵 356×256 以上。

除了上述厚层扫描序列,2D-MRCP 还可采用半傅立叶单次激发快速自旋回波序列(half-Fourier acquisition single-shot turbo spin-echo, HASTE)进行薄层、连续扫描。该序列回波链很长,适用于液体成像,单层图像的采集时间约 1 s。临床应用时可依据检查目的设置扫描方位(冠状面、横断面)及扫描层数,单次屏气即可完成图像采集。该序列可较好显示胰胆管及周围解剖结构,不易受腹部其他液体信号(如腹腔积液、胃肠道内液体)影响。但需要注意的是该序列流动伪影较大,主要表现为胰胆管

内信号缺失,易误诊为腔内充盈缺损。

3.1.2 优缺点

2D-MRCP检查屏气时间短,无须后处理,可多次重复、任意角度、多层面采集。对于老年、无法配合呼吸的患者可减少运动伪影,提高图像质量。但由于解剖结构重叠,其整体图像质量低,尤其是当有腹腔积液或急性胰腺炎胰周积液重叠时,无法显示胰胆管结构,影响诊断。此外,小的充盈缺损在厚层图像上会因部分容积效应而显示不清,此时需要进行个性化层厚及扫描位置设置。

3.2 3D-MRCP

3.2.1 概述

3D-MRCP同样在1.5 T和3.0 T MRI设备上均可完成扫描。3D-MRCP包括自由呼吸和屏气两种扫描方式。自由呼吸3D-MRCP是采用长回波链FSE/TSE或SS-FSE/HASTE序列,配合呼吸门控或膈肌导航技术进行3D容积采集,获得薄层图像后经最大信号投影(maximum intensity projection, MIP)后处理获得。屏气3D-MRCP是在梯度回波和自旋回波相结合或FSE/TSE基础上采用各种快速采集技术,如长回波链、半傅里叶、并行采集、压缩感知等进行扫描。随着MRI快速扫描技术的飞跃发展,屏气3D-MRCP扫描时间已经能够控制在20 s以内^[14]。

国内外诸多研究已经证实,与自由呼吸3D-MRCP比较,屏气3D-MRCP在大幅度减少扫描时间的同时可获得与之媲美的MRCP图像^[15-20]。因此,临床应用中可根据患者的呼吸情况在屏气和自由呼吸3D-MRCP扫描技术进行合理选择。两种扫描方式在各个方向上的空间分辨率均可高达1 mm,而具体扫描参数则可根据使用的设备机型和序列而定。

3.2.2 优缺点

相对于2D-MRCP,3D-MRCP具有操作者非依赖性,可通过重组技术进行任意角度重建而无须人为选择成像角度。此外,3D-MRCP还能显著提高图像的信噪比和对比噪声比。自由呼吸3D-MRCP可用于无法配合屏气的患者,如婴幼儿、听力障碍及因认知障碍无法正常交流或阿兹海默病患者等。而对于呼吸不规律但屏气能力尚可的患者,屏气3D-MRCP可减少图像的呼吸运动伪影。

3.3 MRI场强及扫描序列的选择

2D-MRCP、3D-MRCP在1.5 T及3.0 T MRI设备上均可完成。但既往多数研究表明,3.0 T MRI较1.5 T具有更高的图像信噪比,3.0 T常规2D-MRCP或呼吸触发的3D-MRCP在整体图像质量及对胰胆管解剖细节的显示方面更优^[21]。但值得注意的是,近期有研究表明,虽然压缩感知加速的屏气3D-MRCP在3.0 T MRI上的图像质量优于呼吸触发MRCP,但1.5 T MRI上呼吸触发的3D-MRCP图像质量较屏气扫描更佳^[22-23]。

目前3D-MRCP技术比较成熟,且已有研究表明

3D-MRCP的诊断效能优于2D-MRCP^[24-25],故应优先采用3D-MRCP扫描,将2D-MRCP扫描作为补充检查的手段。在进行MRCP扫描时可首先评估患者的屏气能力,对于屏气能力达到15 s及以上者可优先采用屏气3D-MRCP扫描,屏气时间在15~18 s为宜。而对于屏气能力较差或无法配合屏气的患者,则需评估其呼吸是否规律,呼吸规律者可采用导航或呼吸触发的3D-MRCP扫描,呼吸不规律者则以多角度的2D-MRCP作为补充。

因此,在实际临床应用中,对于有3.0 T MRI设备的单位推荐优先使用3.0 T进行MRCP扫描,且可优先选择屏气3D-MRCP序列。而在1.5 T MRI上推荐优先选择常规呼吸触发的3D-MRCP,以多角度的2D-MRCP作为补充方法。

判读MRCP图像需要注意一些伪影会影响诊断,如流动伪影造成的充盈缺损假象及血管搏动导致的胰胆管截断假象。故在常规临床工作中,判读MRCP图像通常需联合其他腹部常规MRI序列图像,主要包括横断面及冠状面的T2WI图像。在进行影像诊断时,综合判读MRCP序列及其他MRI序列,可更好地评估胰胆管及周围解剖结构,辅助诊断相关疾病。

4 特殊类型的MRCP

4.1 排泌性MR胆管成像

经静脉注射肝胆特异性对比剂,如钆贝葡胺(gadobenate dimeglumine, Gd-BOPTA)、钆塞酸二钠(gadolinium-ethoxybenzyl diethylenetriamine pentaacetic acid, Gd-EOB-DTPA)等,在完成多期动态增强扫描后的肝细胞排泌期,使用3D超快速扰相梯度回波T1WI序列获得薄层图像进行MIP后处理,从而显示胆道结构的全貌。对比剂分泌入胆管后使胆道系统显示为明亮高信号,真实反映了胆道的生理性排泌情况,因此排泌性MR胆管成像(secretory MR cholangiography, SMRC)在非扩张性胆管系统的显示上优于常规MRCP^[26]。但其缺点是时间成本高,且需要使用对比剂。此外,因其成像原理是基于肝脏具有正常的排泄功能,故不适于胆道梗阻和血浆胆红素水平大于5 mg/dL的患者^[27]。故目前SMRC仍主要用于一些特定场景,如移植术前了解胆道解剖结构以确认有无变异^[28]、术后并发症的评估和创伤后胆瘘^[29]的诊断。

4.2 胰泌素动态MRCP

静脉注射胰泌素后可刺激胰腺外分泌腺分泌液体和碳酸氢盐在胰管内积聚,导致胰管生理性扩张,从而能更好地评估主胰管的解剖发育异常(如胰腺分裂)及鉴别导致胰管形态改变的相关疾病(如自身免疫性胰腺炎和胰腺癌)^[30]。此外,在注射胰泌素后进行动态MRCP图像采集,通过分析胰液的流动力学可评估胰腺外分泌储备功能^[31-32]。有文献推荐将其

应用于复发性急性胰腺炎(评价胰管发育畸形或Oddi括约肌功能失常)、慢性胰腺炎(评估胰腺外分泌功能)和无症状的高淀粉酶血症^[30]。目前在国内该技术尚未在临床常规开展。

4.3 无对比剂的电影MRCP

2011年,日本学者提出在垂直于主胰管的胰头区放置1个宽度约为20 mm的空间选择性反转恢复脉冲,反转时间为2200 ms,可使该区域静止胰液呈低信号,而当流动胰液进入该区域时则显示为高信号,通过多次重复扫描获得一系列MRCP图像可评估胰液的流动情况^[33]。扫描的主要参数:屏气扫描,单次扫描时间约为4 s,重复40次,时间间隔为15 s,总扫描时间为10 min^[33]。近年来,有学者将该方法用于无创评估胰腺外分泌功能的改变^[34-35]。但无对比剂的电影MRCP尚处于科研阶段,且有一系列问题需要解决,包括如何合理设置反转恢复脉冲的位置、反转时间、单次扫描的时间间隔、扫描次数及解决扫描时间过长等问题。该方法的其他方面临床应用仍有待更进一步的研究和探索。

5 MRCP图像分析时的诊断误区及应对策略

临床工作中,包括扫描技术、后处理、正常解剖变异、胆管内及胆道外相关因素均可影响MRCP的诊断,熟悉和了解这些诊断误区,可避免不必要的误诊^[2,5]。

5.1 扫描技术、后处理相关误区及应对策略

因为部分容积效应的存在,2D-MRCP可能会漏诊较小的充盈缺损或管腔狭窄、高估或低估管腔狭窄程度。其次,MIP图像有时受呼吸运动或血管波动伪影的影响,会将正常误判为胆道系统扩张、狭窄、不连续、重叠。此外,流动伪影也会造成充盈缺损假象。因此,为避免误判,临床工作中除观察后处理图像外,仍需评估原始MRCP图像,同时联合其他MRI序列,如冠状面、横断面T2WI图像,进行综合判读,以更好地评估胰胆管及周围解剖结构,对相关疾病进行准确诊断。

5.2 正常解剖变异相关误区及应对策略

Oddi括约肌收缩易误诊为狭窄或结石,胆囊管低位汇入胆总管时易误诊为胆总管扩张。对于Oddi括约肌收缩导致的假性狭窄或充盈缺损,因其属于周期性运动,可通过观察其他序列联合判断是否存在真性狭窄。而对于正常解剖结构的误诊,一方面需熟悉解剖变异,另一方面需从不同角度及联合其他序列进行仔细分析。

5.3 胆道内因素相关误区及应对策略

需注意的是,除胆结石在MRCP上显示为胆道内充盈缺损之外,还可以是胆道内气体、碎屑、出血、肿瘤、流空效应等。对于MRCP序列上的胆道内充盈缺损,需进一步分析充盈缺损的部位、累及范围及其信号特点,帮助明确充盈缺损的性质。

5.4 胆道外因素相关误区及应对策略

右肝动脉走行于肝总管、左肝管的后方,其搏动和压迫可能会导致肝总管、左肝管出现假性狭窄。此外,胆道外其他静态液体,如肠道内液体、憩室、腹腔积液等,重叠遮挡也会造成诊断困难。

总之,对于上述解读MRCP图像时的误区,首先,需熟知这些潜在因素会导致误诊;其次,观察MRCP图像需评估原始薄层图像,并联合常规冠状面和横断面T1WI、T2WI图像进行多角度、综合、全面地评估。

6 小结

目前,MRCP广泛应用于临床,包括胰、胆道、肠道等占位病变的定位、定性诊断,胆石症的检出,胰胆道的先天发育变异等。本文对MRCP扫描技术及临床应用进行简单的总结和归纳,并提出了推荐的扫描方案供大家参考。随着MRI技术的进步,屏气3D-MRCP和呼吸触发3D-MRCP可显著减少扫描时间并提高胰胆管解剖细节的显示。但如何进一步减小呼吸运动对图像质量的影响,提高正常纤细胰胆管的显示及利用MRCP序列无创评估胰胆管功能等方面仍需进一步研究。

执笔者:薛华丹(中国医学科学院 北京协和医学院 北京协和医院放射科,北京 100730)、何铭(广东省人民医院放射科,广州 519041)、刘再毅(广东省人民医院放射科,广州 519041)。

专家组成员(按姓名汉语拼音排序,排名不分先后):巴图尔(新疆维吾尔自治区人民医院放射科)、蔡萍(陆军军医大学西南医院放射科)、陈克敏(上海交通大学医学院附属瑞金医院放射科)、陈勇(宁夏医科大学总医院放射科)、邓丽萍(浙江大学医学院附属邵逸夫医院放射科)、段庆红(贵州医科大学附属医院放射科)、冯仕庭(中山大学附属第一医院放射科)、高剑波(郑州大学第一附属医院放射科)、郭大静(重庆医科大学附属第二医院放射科)、郭启勇(中国医科大学附属盛京医院放射科)、韩萍(华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科)、胡道予(华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科)、胡粟(苏州大学附属第一医院放射科)、宦怡(空军军医大学西京医院放射科)、贾宁阳(东方肝胆医院放射科)、姜慧杰(哈尔滨医科大学附属第二医院放射科)、江新青(广州市第一人民医院放射科)、雷军强(兰州大学第一医院放射科)、李建(中国医科大学附属第一医院放射科)、李健丁(山西医科大学第一医院)、李天然(解放军总医院第四医学中心放射科)、李文政(中南大学湘雅医院放射科)、李相生(空军特色医学中心放射科)、李欣(华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科)、李跃明(福建医科大学附属第一医院放射科)、李震(华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科)、梁长虹(广东省人民医院

放射科)、梁宇霆(首都医科大学附属北京妇产医院放射科)、梁宗辉(复旦大学附属静安区中心医院放射科)、廖锦元(广西医科大学第一附属医院放射科)、刘爱连(大连医科大学附属第一医院放射科)、刘剑羽(北京大学第三医院放射科)、刘晟(中南大学湘雅三医院放射科)、刘文亚(新疆医科大学第一附属医院放射科)、刘屹(辽宁省肿瘤医院放射科)、刘于宝(南方医科大学深圳医院放射科)、刘玉林(湖北省肿瘤医院放射科)、马静(新疆生产建设兵团医院放射科)、孟晓春(中山大学附属第六医院放射科)、闵鹏秋(四川大学华西医院放射科)、欧阳汉(中国医学科学院肿瘤医院放射科)、曲金荣(河南省肿瘤医院放射科)、任静(空军军医大学西京医院放射科)、邵成伟(海军军医大学第一附属医院放射科)、宋彬(四川大学华西医院放射科)、孙丛(山东第一医科大学附属省立医院放射科)、孙浩然(天津医科大学总医院放射科)、孙应实(北京大学肿瘤医院放射科)、谭艳(山西医科大学第一医院放射科)、王贵生(解放军总医院第三医学中心放射科)、王海屹(解放军总医院第一医学中心放射科)、王敏(东南大学附属中大医院放射科)、王青(山东大学齐鲁医院放射科)、王秋实(广东省人民医院放射科)、王嵩(上海中医药大学附属龙华医院放射科)、王屹(北京大学人民医院放射科)、王中秋(南京中医药大学附属医院放射科)、伍兵(四川大学华西医院放射科)、谢传淼(中山大学附属肿瘤医院放射科)、邢伟(苏州大学附属第三医院放射科)、杨大为(首都医科大学附属北京友谊医院放射科)、杨全新(西安交通大学第二附属医院放射科)、叶峰(中国医学科学院肿瘤医院放射科)、叶慧义(解放军总医院第一医学中心放射科)、叶晓华(北京医院放射科)、余日胜(浙江大学医学院附属第二医院放射科)、曾蒙苏(复旦大学附属中山医院放射科)、张铎(北华大学附属医院放射科)、张红梅(中国医学科学院肿瘤医院放射科)、张欢(上海交通大学医学院附属瑞金医院放射科)、张瑞平(山西医科大学第一医院放射科)、章士正(浙江大学医学院附属邵逸夫医院放射科)、张祥林(锦州医科大学附属第一医院放射科)、张月浪(西安交通大学第一附属医院放射科)、郑贤应(福建省妇幼保健院放射科)、周诚(北京医院放射科)、周良平(复旦大学附属肿瘤医院放射科)、朱亮(中国医学科学院北京协和医学院北京协和医院放射科)、朱绍成(河南省人民医院放射科)。

作者利益冲突声明:全体作者均声明无利益冲突。

该文英文版已于2022年12月19日在《Chinese Journal of Academic Radiology》发表。

参考文献[References]

[1] BARISH M A, YUCELI E K, FERRUCCI J T. Magnetic resonance

- cholangiopancreatography[J]. N Engl J Med, 1999, 341(4): 258-264. DOI: 10.1056/NEJM199907223410407.
- [2] VIDAL B P C, LAHAN-MARTINS D, PENACHIM T J, et al. MR cholangiopancreatography: what every radiology resident must know[J]. Radiographics, 2020, 40(5): 1263-1264. DOI: 10.1148/rq.2020200030.
- [3] HARRINGTON K A, SHUKLA-DAVE A, PAUDYAL R, et al. MRI of the pancreas[J]. J Magn Reson Imaging, 2021, 53(2): 347-359. DOI: 10.1002/jmri.27148.
- [4] GRIFFIN N, YU D, ALEXANDER GRANT L. Magnetic resonance cholangiopancreatography: pearls, pitfalls, and pathology[J]. Semin Ultrasound CT MR, 2013, 34(1): 32-43. DOI: 10.1053/j.sult.2012.11.003.
- [5] ITANI M, LALWANI N, ANDERSON M A, et al. Magnetic resonance cholangiopancreatography: pitfalls in interpretation[J]. Abdom Radiol (NY), 2023, 48(1): 91-105. DOI: 10.1007/s00261-021-03323-1.
- [6] ZHU L, SUN Z Y, XUE H D, et al. Patient-adapted respiratory training: effect on navigator-triggered 3D MRCP in painful pancreatobiliary disorders[J]. Magn Reson Imaging, 2018, 45: 43-50. DOI: 10.1016/j.mri.2017.09.014.
- [7] 孙照勇. 3D MRCP加速技术在肝胆系统疾病中的应用及图像质量提升策略探索[D]. 北京: 北京协和医学院, 2019.
SUN Z Y. Application of 3D MRCP acceleration technology in diseases of pancreaticobiliary system and exploration of image quality improvement strategy[D]. Beijing: Peking Union Medical College, 2019.
- [8] FRISCH A, WALTER T C, HAMM B, et al. Efficacy of oral contrast agents for upper gastrointestinal signal suppression in MRCP: a systematic review of the literature[J]. Acta Radiol Open, 2017, 6(9): 2058460117727315 [2023-03-10]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5582660/>. DOI: 10.1177/2058460117727315.
- [9] RENZULLI M, BISELLI M, FABBRI E, et al. What is the best fruit juice to use as a negative oral contrast agent in magnetic resonance cholangiopancreatography?[J]. Clin Radiol, 2019, 74(3): 220-227. DOI: 10.1016/j.crad.2018.11.005.
- [10] TAJIMA N, UTANO K, KIJIMA S, et al. Intraductal papillary mucinous neoplasm penetrating to the stomach, duodenum, and jejunum demonstrated on MR cholangiopancreatography with an oral negative contrast agent[J]. J Magn Reson Imaging, 2013, 38(1): 206-209. DOI: 10.1002/jmri.23915.
- [11] RIORDAN R D, KHONSARI M, JEFFRIES J, et al. Pineapple juice as a negative oral contrast agent in magnetic resonance cholangiopancreatography: a preliminary evaluation[J]. Br J Radiol, 2004, 77(924): 991-999. DOI: 10.1259/bjr/36674326.
- [12] PAPANIKOLAOU N, KARANTANAS A, MARIS T, et al. MR cholangiopancreatography before and after oral blueberry juice administration[J]. J Comput Assist Tomogr, 2000, 24(2): 229-234. DOI: 10.1097/00004728-200003000-00008.
- [13] GHANAATI H, ROKNI-YAZDI H, JALALI A H, et al. Improvement of MR cholangiopancreatography (MRCP) images after black tea consumption[J]. Eur Radiol, 2011, 21(12): 2551-2557. DOI: 10.1007/s00330-011-2217-0.
- [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. DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20200215-00160.
XU Y C, XU Z D, ZHANG J H, et al. The application of three-dimensional breath-hold gradient and spin-echo sequence in the MR cholangiopancreatography[J]. Chin J Radiol, 2021, 55(1): 64-69. DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20200215-00160.
- [15] ZHU L, WU X, SUN Z Y, et al. Compressed-sensing accelerated 3-dimensional magnetic resonance cholangiopancreatography: application in suspected pancreatic diseases[J]. Invest Radiol, 2018, 53(3): 150-157. DOI: 10.1097/RLI.0000000000000421.
- [16] YOON J H, LEE S M, KANG H J, et al. Clinical feasibility of 3-dimensional magnetic resonance cholangiopancreatography using compressed sensing: comparison of image quality and diagnostic performance[J]. Invest Radiol, 2017, 52(10): 612-619. DOI: 10.1097/RLI.0000000000000380.
- [17] CHANDARANA H, DOSHI A M, SHANBHOGUE A, et al. Three-dimensional MR cholangiopancreatography in a breath hold with sparsity-based reconstruction of highly undersampled data[J]. Radiology, 2016, 280(2): 585-594. DOI: 10.1148/radiol.2016151935.
- [18] 郑恩双, 薛蕴菁, 孙斌, 等. 单次屏气3D-SPACE序列MR胰胆管成像技术的可行性初探[J]. 中华放射学杂志, 2020, 54(8): 799-803. DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20190921-00438.
ZHENG E S, XUE Y J, SUN B, et al. Feasibility of single breath holding 3D-SPACE MR cholangiopancreatography: a preliminary study[J]. Chin J Radiol, 2020, 54(8): 799-803. DOI: 10.3760/cma.j.cn112149-20190921-00438.
- [19] 李馨, 朱寅虎, 金大永, 等. 单次屏气与呼吸触发三维可变反转角快速自旋回波序列在MR胰胆管成像中的应用比较[J]. 实用放射学杂志, 2021, 37(6): 1013-1016. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2021.06.035.
LI X, ZHU Y H, JIN D Y, et al. Usefulness of breath hold 3D-SPACE sequence in MR cholangiopancreatography: comparison with breath triggered sequence[J]. J Pract Radiol, 2021, 37(6): 1013-1016. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2021.06.035.

(下转第21页)

- value of high-resolution magnetic resonance imaging to identify culprit plaques in atherosclerotic disease of the middle cerebral artery[J]. *Eur Radiol*, 2016, 26(7): 2206-2214. DOI: 10.1007/s00330-015-4008-5.
- [23] KIM J M, JUNG K H, SOHN C H, et al. Intracranial plaque enhancement from high resolution vessel wall magnetic resonance imaging predicts stroke recurrence[J]. *Int J Stroke*, 2016, 11(2): 171-179. DOI: 10.1177/1747493015609775.
- [24] YU J H, KWAK H S, CHUNG G H, et al. Association of Intraplaque Hemorrhage and Acute Infarction in Patients With Basilar Artery Plaque[J]. *Stroke*, 2015, 46(10): 2768-2772. DOI: 10.1161/STROKEAHA.115.009412.
- [25] ZOU X D, CHUNG Y C, ZHANG L, et al. Middle Cerebral Artery Atherosclerotic Plaques in Recent Small Subcortical Infarction: A Three-Dimensional High-resolution MR Study[J/OL]. *Biomed Res Int*, 2015, 15: 540217 [2023-01-23]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4619811/pdf/BMRI2015-540217.pdf>. DOI: 10.1155/2015/540217.
- [26] XU P, LV L, LI S, et al. Use of high-resolution 3.0-T magnetic resonance imaging to characterize atherosclerotic plaques in patients with cerebral infarction[J]. *Exp Ther Med*, 2015, 10(6): 2424-2428. DOI: 10.3892/etm.2015.2815.
- [27] YANG W Q, HUANG B, LIU X T, et al. Reproducibility of high-resolution MRI for the middle cerebral artery plaque at 3T[J]. *Eur J Radiol*, 2014, 83(1): 49-55. DOI: 10.1016/j.ejrad.2013.10.003.
- [28] QIAO Y, ZEILER S R, MIRBAGHERI S, et al. Intracranial plaque enhancement in patients with cerebrovascular events on high-spatial-resolution MR images[J]. *Radiology*, 2014, 271(2): 534-542. DOI: 10.1148/radiol.13122812.
- [29] VAKIL P, VRANIC J, HURLEY M C, et al. T1 gadolinium enhancement of intracranial atherosclerotic plaques associated with symptomatic ischemic presentations[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2013, 34(12): 2252-2258. DOI: 10.3174/ajnr.A3606.
- [30] XU W H, LI M L, GAO S, et al. Middle cerebral artery intraplaque hemorrhage: prevalence and clinical relevance[J]. *Ann Neurol*, 2012, 71(2): 195-198. DOI: 10.1002/ana.22626.
- [31] CHUNG G H, KWAK H S, HWANG S B, et al. High resolution MR imaging in patients with symptomatic middle cerebral artery stenosis[J]. *Eur J Radiol*, 2012, 81(12): 4069-4074. DOI: 10.1016/j.ejrad.2012.07.001.
- [32] YANG R, YUAN J, CHEN X, et al. Vessel wall magnetic resonance imaging of symptomatic middle cerebral artery atherosclerosis: A systematic review and meta-analysis[J/OL]. *Clin Imaging*, 2022, 90: 90-96 [2023-01-23]. [https://www.clinicalimaging.org/article/S0899-7071\(22\)00201-7/pdf](https://www.clinicalimaging.org/article/S0899-7071(22)00201-7/pdf). DOI: 10.1016/j.clinimag.2022.08.001.
- [33] SONG J W, PAVLOU A, XIAO J, et al. Vessel Wall Magnetic Resonance Imaging Biomarkers of Symptomatic Intracranial Atherosclerosis: A Meta-Analysis[J]. *Stroke*, 2021, 52(1): 193-202. DOI: 10.1161/STROKEAHA.120.031480.
- [34] ZHANG X, CHEN L, LI S, et al. Enhancement Characteristics of Middle Cerebral Arterial Atherosclerotic Plaques Over Time and Their Correlation With Stroke Recurrence[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2021, 53(3): 953-962. DOI: 10.1002/jmri.27351.
- [35] YANG D, LIU J, YAO W, et al. The MRI enhancement ratio and plaque steepness may be more accurate for predicting recurrent ischemic cerebrovascular events in patients with intracranial atherosclerosis[J]. *Eur Radiol*, 2022, 32(10): 7004-7013. DOI: 10.1007/s00330-022-08893-2.
- [36] XIAO J, SONG S S, SCHLICK K H, et al. Disparate trends of atherosclerotic plaque evolution in stroke patients under 18-month follow-up: a 3D whole-brain magnetic resonance vessel wall imaging study[J]. *Neuroradiol J*, 2022, 35(1): 42-52. DOI: 10.1177/19714009211026920.
- [37] LEE U Y, KWAK H S. Evaluation of Plaque Vulnerability via Combination of Hemodynamic Analysis and Simultaneous Non-Contrast Angiography and Intraplaque Hemorrhage (SNAP) Sequence for Carotid Intraplaque Hemorrhage[J]. *J Pers Med*, 2021, 11(9): 856. DOI: 10.3390/jpm11090856.
- [38] LIU S, TANG R, XIE W, et al. Plaque characteristics and hemodynamics contribute to neurological impairment in patients with ischemic stroke and transient ischemic attack[J]. *Eur Radiol*, 2021, 31(4): 2062-2072. DOI: 10.1007/s00330-020-07327-1.

(上接第5页)

- [20] HE M, XU J, SUN Z Y, 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. DOI: 10.1002/jmri.26863.
- [21] ONISHI H, KIM T, HORI M, et al. MR cholangiopancreatography at 3.0 T: intraindividual comparative study with MR cholangiopancreatography at 1.5 T for clinical patients[J]. *Invest Radiol*, 2009, 44(9): 559-565. DOI: 10.1097/RLI.0b013e3181b4c0ae.
- [22] BLAISE H, REMEN T, AMBARKI K, et al. Comparison of respiratory-triggered 3D MR cholangiopancreatography and breath-hold compressed-sensing 3D MR cholangiopancreatography at 1.5 T and 3 T and impact of individual factors on image quality[J/OL]. *Eur J Radiol*, 2021, 142: 109873 [2023-03-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34371309/>. DOI: 10.1016/j.ejrad.2021.109873.
- [23] TARON J, WEISS J, NOTOHAMIPRODJO M, et al. Acceleration of magnetic resonance cholangiopancreatography using compressed sensing at 1.5 and 3 T: a clinical feasibility study[J]. *Invest Radiol*, 2018, 53(11): 681-688. DOI: 10.1097/RLI.0000000000000489.
- [24] MORITA S, SAITO N, SUZUKI K, et al. Biliary anatomy on 3D MRCP: comparison of volume-rendering and maximum-intensity-projection algorithms[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2009, 29(3): 601-606. DOI: 10.1002/jmri.21398.
- [25] ZHANG J B, ISRAEL G M, HECHT E M, et al. Isotropic 3D T2-weighted MR cholangiopancreatography with parallel imaging: feasibility study[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2006, 187(6): 1564-1570. DOI: 10.2214/AJR.05.1032.
- [26] CHOI S H, KIM K W, KWON H J, et al. Clinical usefulness of gadoxetic acid-enhanced MRI for evaluating biliary anatomy in living donor liver transplantation[J]. *Eur Radiol*, 2019, 29(12): 6508-6518. DOI: 10.1007/s00330-019-06292-8.
- [27] WELLE C L, MILLER F H, YEH B M. Advances in MR imaging of the biliary tract[J]. *Magn Reson Imaging Clin N Am*, 2020, 28(3): 341-352. DOI: 10.1016/j.mric.2020.03.002.
- [28] KINNER S, SCHUBERT T B, SAID A, et al. Added value of gadoxetic acid-enhanced T1-weighted magnetic resonance cholangiopancreatography for the diagnosis of post-transplant biliary complications[J]. *Eur Radiol*, 2017, 27(10): 4415-4425. DOI: 10.1007/s00330-017-4797-9.
- [29] REDDY S, LOPES VENDRAMI C, MITTAL P, et al. MRI evaluation of bile duct injuries and other post-cholecystectomy complications[J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2021, 46(7): 3086-3104. DOI: 10.1007/s00261-020-02947-z.
- [30] SWENSSON J, ZAHEER A, CONWELL D, et al. Secretin-enhanced MRCP: how and why-AJR expert panel narrative review[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2021, 216(5): 1139-1149. DOI: 10.2214/AJR.20.24857.
- [31] MENSEL B, MESSNER P, MAYERLE J, et al. Secretin-stimulated MRCP in volunteers: assessment of safety, duct visualization, and pancreatic exocrine function[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2014, 202(1): 102-108. DOI: 10.2214/AJR.12.10271.
- [32] 汪建华, 张建, 孙高峰, 等. 慢性胰腺炎模型胰液素刺激动态MR胰胆管成像表现及与病理程度分级的相关性[J]. *中华放射学杂志*, 2015, 49(9): 698-703. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2015.09.013.
- [33] WANG J H, ZHANG J, SUN G F, et al. Secretin-stimulated MR cholangio-pancreatography and pathological correlative study in a swine obstructive chronic pancreatitis model[J]. *Chin J Radiol*, 2015, 49(9): 698-703. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2015.09.013.
- [34] ITO K, TORIGOE T, TAMADA T, et al. The secretory flow of pancreatic juice in the main pancreatic duct: visualization by means of MRCP with spatially selective inversion-recovery pulse[J]. *Radiology*, 2011, 261(2): 582-586. DOI: 10.1148/radiol.11110162.
- [35] YASOKAWA K, ITO K, TAMADA T, et al. Postprandial changes in secretory flow of pancreatic juice in the main pancreatic duct: evaluation with cine-dynamic MRCP with a spatially selective inversion-recovery (IR) pulse[J]. *Eur Radiol*, 2016, 26(12): 4339-4344. DOI: 10.1007/s00330-016-4287-5.
- [36] TORIGOE T, ITO K, YAMAMOTO A, et al. Age-related change of the secretory flow of pancreatic juice in the main pancreatic duct: evaluation with cine-dynamic MRCP using spatially selective inversion recovery pulse[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2014, 202(5): 1022-1026. DOI: 10.2214/AJR.13.10852.