

论 著

分析MRI多序列检查胆系结石诊断价值及其影像表现、结石信号强度差异*

张 妍 王伟亮*

南京医科大学附属苏州医院/苏州市立医院放射科 (江苏 苏州 215000)

【摘要】目的 分析MRI多序列检查胆系结石诊断价值及其影像表现、结石信号强度差异。方法 纳入我院2024年1月至2025年1月收治的60例胆系结石患者的临床及影像资料进行回顾性分析。所有患者进行VIBE、Turbo FLASH、TrueFISP及TSE (Turbo Spin Echo) T2WI序列扫描, 比较不同序列下胆系结石检出率及结石信号强度。结果 本组60例患者均在MRI检查后1天~7天内进行手术, 其中41例行开腹取石术, 19例行腹腔镜取石术。其中胆囊内结石51例, 胆管内结石9例。VIBE、TrueFISP序列扫描胆系结石检出率显著高于 Turbo FLASH、TSE (Turbo Spin Echo) T2WI, 差异有统计学意义($P<0.05$)。胆囊内结石信号强度比较, $VIBE>TrueFISP>TSE$ (Turbo Spin Echo) T2WI> Turbo FLASH; 胆管内结石信号强度比较, $VIBE>TrueFISP、TSE$ (Turbo Spin Echo) T2WI、Turbo FLASH, 差异有统计学意义($P<0.05$)。结论 在胆系结石的MRI诊断中, VIBE和TrueFISP序列均能显著提升结石的检出率。特别是VIBE序列, 由于其能够提供更高的信号强度, 因而在进行胆系结石的MRI检查时, VIBE序列可作为常规检查序列使用。

【关键词】 三维脂肪抑制快速扰相梯度回波T1加权序列; 二维脂肪抑制快速扰相梯度回波T1加权序列; 稳态采集快速成像序列; 脂肪抑制快速自旋回波T2加权序列; 胆系结石; 结石信号强度

【中图分类号】 R575

【文献标识码】 A

【课题基金】 2021年度江苏省卫生健康委医学科研拟立项目(2021190)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.11.032

Analyzing the Diagnostic Value of MRI Multiple Sequence Examination of Biliary System Stones and Its Imaging Manifestations, Differences in Signal Intensity of Stones*

ZHANG Yan, WANG Wei-liang*

Department of Radiology, the Affiliated Suzhou Hospital of Nanjing Medical University/Suzhou Municipal Hospital, Suzhou 215000, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To analyze the diagnostic value of MRI multisequence examination of biliary system stones and their imaging manifestations, and differences in stone signal intensity. **Methods** The clinical data of 60 patients with biliary calculi admitted to our hospital from January 2024 to January 2025 were analyzed retrospectively. All patients were scanned with VIBE sequence, Turbo FLASH, TrueFISP and TSE (Turbo Spin Echo) T2WI, and the detection rate and signal intensity of bile duct stones under different sequences were compared. **Results** In our group, 60 patients were operated within 1 day to 7 days after MRI examination, among which 41 cases of open lithotripsy and 19 cases of laparoscopic lithotripsy were performed. Among them, 51 cases of intracystic stones and 9 cases of intraductal stones were detected. The detection rate of biliary system stones on VIBE and TrueFISP sequence scans was significantly higher than that on Turbo FLASH and TSE (Turbo Spin Echo) T2WI, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). Comparison of the signal intensity of stones in the gallbladder, $VIBE>TrueFISP>TSE$ (Turbo Spin Echo) T2WI> Turbo FLASH; Comparison of the signal intensity of stones in the bile ducts, $VIBE>TrueFISP、TSE$ (Turbo Spin Echo) T2WI, Turbo FLASH, and there was a statistically significant difference ($P<0.05$). **Conclusion** In the MRI diagnosis of biliary stones, both VIBE and TrueFISP sequences can significantly improve the stone detection rate. In particular, the VIBE sequence can be used as a routine sequence when performing MRI examinations of biliary stones because it can provide higher signal intensity.

Keywords: Three-dimensional Fat-suppressed Fast Perturbed-phase Gradient Echo T1-Weighted Sequence; Two-dimensional Fat-suppressed Fast Perturbed-phase Gradient Echo T1-Weighted Sequence; Steady-state Acquisition Fast Imaging Sequence; Fat-suppressed Fast Spin Echo T2-Weighted Sequence; Biliary Stones; Stone Signal Intensity

胆系结石作为胆道系统最常见的疾病之一, 其精准诊断直接关系到治疗策略的制定与患者预后^[1]。尽管超声检查以其便捷性和低成本成为首选筛查手段, 但其对胆总管末端结石及胆泥样结石的敏感度不足(漏诊率可达15%-30%), 而CT检查虽能通过密度差异区分部分结石类型, 但对等密度结石及胆管炎性病变的鉴别能力有限^[2]。在此背景下, 多序列MRI技术凭借其多参数成像优势及无电离辐射特性, 逐渐成为胆系结石精细化诊断的核心手段, 其中VIBE(三维脂肪抑制快速扰相梯度回波T1加权序列)、Turbo FLASH(二维脂肪抑制快速扰相梯度回波T1加权序列)、TrueFISP(稳态采集快速成像序列)及TSE (Turbo Spin Echo) T2WI(脂肪抑制快速自旋回波T2加权序列)的应用, 不仅能够全面评估结石的空间分布与胆管解剖变异, 更能通过信号特征差异揭示结石的化学成分异质性, 为个体化治疗提供关键依据^[3]。尽管这些序列在胆系结石的诊断中各有优势, 但在结石信号强度上的差异仍然是一个值得关注的问题。结石的信号强度受多种因素影响, 如结石成分、大小、序列参数等, 这些因素可能导致结石在不同序列下的信号表现存在差异^[4-5]。因此, 本研究将对这些序列下的结石信号强度进行对比分析, 探讨其差异产生的原因, 以及这些差异对结石诊断的影响。此外, 本研究通过测量并记录脾脏在不同序列上的信号强度值, 结合结石的信号强度, 计算出胆系结石的信号强度率, 为临床诊断提供更为可靠的依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 纳入我院2024年1月至2025年1月收治的60例胆系结石患者的临床资料进行回顾性分析。

纳入标准: (1)经MRI诊断为胆系结石^[6]; (2)手术确诊为胆系结石(金标准); (3)患者MRI、手术病理及临床资料完善。排除标准: (1)MRI序列不完整; (2)屏气不佳, 图像伪影较大影响阅片。

1.2 方法 使用德国SIEMENS Skyra 3.0T磁共振扫描系统, 对所有受检者进行了影像学检查。检查时, 患者采用仰卧位, 使用了十八通道体圈和三十二通道脊柱线圈 连合。为了降低呼吸运动造成的伪影, 通常根据患者情况采取基本屏气、呼吸触发、膈肌导航三种。以下是所采用的成像序列及其参数的描述, 影像学检查包括以下序列: TSE (Turbo Spin Echo) T2WI, 采用预饱和脂肪抑制技术, 参数设置为: 重复时间(TR)/回波时间(TE)= 8570ms/86.0ms, 横断面成像, 矩阵大小为320×224, 视野(FOV)为

【第一作者】张 妍, 女, 主管技师, 主要研究方向: CT与MRI。E-mail: litao654123789@163.com

【通讯作者】王伟亮, 男, 副主任技师, 主要研究方向: CT与MRI。E-mail: litao654123789@163.com

39cm×39cm, 激励次数(NEX)为3次。Turbo FLASH参数为: TR/TE = 155ms/4.2ms, 横断面成像, 矩阵大小为250×160, FOV为39cm×39cm, NEX为1次, 翻转角为85°。VIBE采用预饱和脂肪抑制技术, 参数为: TR/TE = 6.4ms/2.8ms, 横断面成像, 矩阵大小为256×128, FOV为35cm×35cm, NEX为1次, 翻转角为15°。TrueFISP参数为: TR/TE = 4.2ms/1.6ms, 横断面成像, 矩阵大小为224×224, FOV为39cm×39cm, NEX为1次, 翻转角为60°。所有序列的扫描均保持了相同的层厚(6.0mm)和层间距(1.0mm)。

由于患者胆汁的信号强度受多种因素影响, 其变化范围较广, 若以胆汁信号强度为基准对结石信号强度进行标准化, 可能会导致结石信号强度比的均值产生显著偏差。因此采用信号强度变化较小的脾脏作为参照物, 对结石的信号强度进行校正。记录患者脾脏(选取的感兴趣区域ROI面积为40.37mm²)在不同序列上的信号强度值, 并应用以下公式来计算胆结石的信号强度比。胆结石术前MRI信号强度比的计算公式为: 术前结石信号强度比= 术前结石信号强度/脾脏信号强度。

1.3 统计学方法 在处理数据采用SPSS 25.0统计软件。计数的数

据用百分比(%)来表示, 进行组间行 χ^2 或连续性修正的 χ^2 检测; 正态分布的计量信息以单位($\bar{x} \pm s$)来呈现, 每组进行独立样本t检验。统计学上 $P < 0.05$ 代表这种差异具有显著意义。

2 结果

2.1 病例资料 见图1~2。

2.2 术后胆系结石情况 本组60例患者均在MRI检查后1天~7天内进行手术, 其中41例行开腹取石术, 19例行腹腔镜取石术。其中胆囊内结石51例, 胆管内结石9例。

2.3 MRI多序列检查胆系结石检出率 VIBE与TrueFISP序列扫描胆系结石检出率比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$); VIBE、TrueFISP序列扫描胆系结石检出率显著高于 Turbo FLASH、TSE (Turbo Spin Echo) T2WI, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表1。

2.4 MRI多序列检查胆系结石信号强度比较 胆囊内结石信号强度比较, VIBE>TrueFISP>TSE (Turbo Spin Echo) T2WI>Turbo FLASH; 胆管内结石信号强度比较, VIBE>TrueFISP、TSE (Turbo Spin Echo) T2WI、Turbo FLASH, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表2。

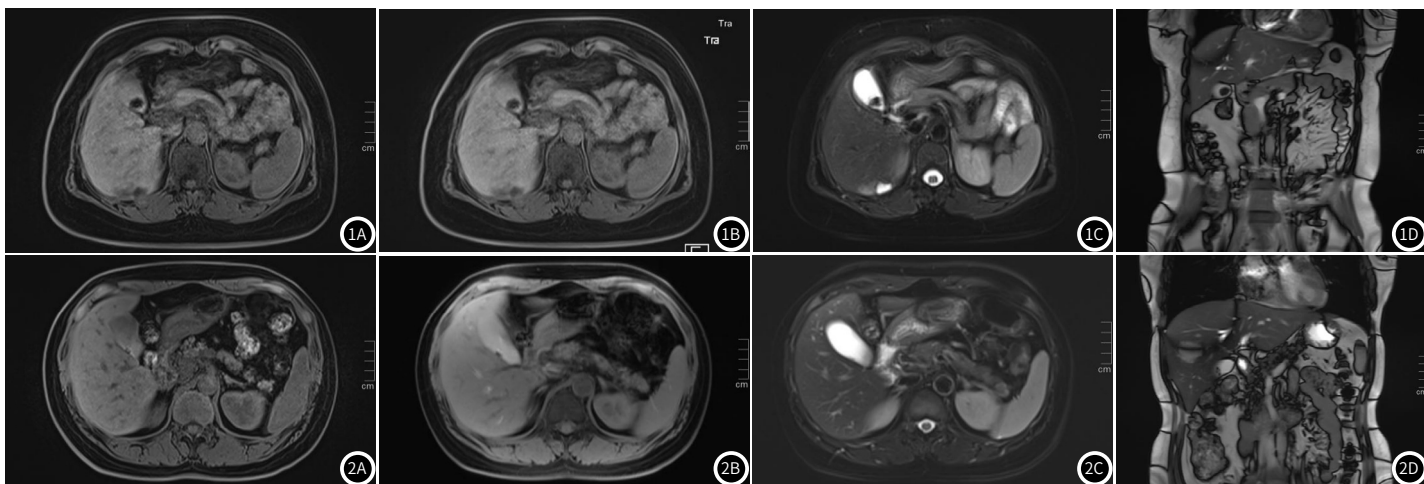


图1 患者女, 35岁, 右上腹痛一周。1A: 轴位VIBE; 1B: 轴位Turbo FLASH; 1C: 轴位TSE (Turbo Spin Echo) T2WI; 1D: 冠状位TrueFISP。T1WI及T2WI可见胆囊腔内见一类圆形低信号结石(1A、1B、1C、1D)。此病例中胆囊内结石信号强度比较显示VIBE序列下结石信号强度>TrueFISP序列下结石信号强度, 此患者因呼吸运动伪影存在, 轴位TSE (Turbo Spin Echo) T2WI显示结石信号欠均且边缘模糊, 冠状位TrueFISP也能很好的显示结石, 但在显示胆囊腔内胆汁含量异质性方面VIBE (1A)、TrueFISP (1B)明显优于TSE (Turbo Spin Echo) T2WI (1C)、TrueFISP (1D)。

图2 患者女, 47岁, 突发右上腹痛一天。2A: 轴位VIBE; 2B: 轴位Turbo FLASH; 2C: 轴位TSE (Turbo Spin Echo) T2WI; 2D: 冠状位TrueFISP。该患者结石比较小, 由(2A)轴位VIBE图像能清晰胆囊腔内考虑胆囊壁至少两枚边界清晰的点状低信号结石, 但(2B)轴位Turbo FLASH图像仅仅只能显示胆囊腔内一小卵圆形低信号, (2C)轴位TSE (Turbo Spin Echo) T2WI图仅能隐约显示该处T2WI信号稍低, (2D)冠状位TrueFISP能清晰显示胆囊腔内四枚小点状低信号结石。同样在显示胆囊腔内胆汁含量异质性方面VIBE (2A)、TrueFISP (2B)明显优于TSE (Turbo Spin Echo) T2WI (2C)、TrueFISP (2D)。

表1 MRI多序列检查胆系结石检出率(n, %)

扫描序列	胆囊内结石	胆管内结石	检出率(%)
VIBE	50	8	58(96.67)
Turbo FLASH	43	5	48(80.00) ^{①②}
TrueFISP	51	8	59(98.33)
TSE (Turbo Spin Echo) T2WI	44	7	51(85.00) ^{②③}
χ^2	15.926		
P	0.001		

注: 与VIBE比较, ^① $P < 0.05$; 与 TrueFISP比较, ^② $P < 0.05$ 。

表2 MRI多序列检查胆系结石信号强度比较

扫描序列	胆囊内结石	胆管内结石
VIBE	2.69±0.41	0.68±0.12
Turbo FLASH	0.74±0.18 ^①	0.51±0.09 ^①
TrueFISP	1.72±0.32 ^{①②}	0.49±0.10 ^{①②}
TSE (Turbo Spin Echo) T2WI	0.87±0.14 ^{①②③}	0.48±0.11 ^{①②}
F	604.998	47.713
P	<0.001	<0.001

注: 与VIBE比较, ^① $P < 0.05$; 与Turbo FLASH比较, ^② $P < 0.05$; 与TrueFISP比较, ^③ $P < 0.05$ 。

3 讨论

在现代医学影像学领域, MRI技术以其无创性、高软组织对比度和多参数成像的特点, 已成为诊断胆系疾病的重要手段之一^[7]。特别是VIBE、Turbo FLASH、TrueFISP和TSE (Turbo Spin Echo) T2WI等序列, 在检测胆系结石方面展现出独特的诊断价值。胆系结石作为一种常见的消化系统疾病, 其发病率逐年上升, 对患者的生活质量造成严重影响^[8]。因此, 深入研究MRI序列在胆系结石诊断中的应用, 探讨其影像表现及结石信号强度的差异, 对于提高诊断准确率、指导临床治疗具有重要意义。

MRI在胆系结石的诊断中扮演着至关重要的角色, 它以其无创性、无辐射损害、高软组织对比度和多参数成像的特点, 为临床医生提供了一种有效的诊断工具^[9]。MRI能够清晰地显示胆管系统的结构, 包括胆囊、肝内胆管和胆总管, 这对于识别胆系结石的位置、大小、数量以及可能引起的并发症至关重要。在T1加权成像(T1WI)和T2加权成像(T2WI)序列中, 胆结石通常表现为信号均匀的圆形或椭圆形异常信号, 这些信号与周围的胆汁形成鲜明对比, 从而使得结石的识别变得相对容易^[10]。特别是在脂肪抑制技术应用的背景下, MRI能够更好地抑制脂肪信号, 从而提高结石与周围组织之间的对比度, 使得即使是小结石也能够被检测出来。VIBE序列通过其三维成像、脂肪抑制和高空间分辨率的特性, 为临床医生提供了更为详细的影像信息, 从而在一定程度上提高了胆系结石的检出率和诊断准确性^[11]。

VIBE序列的三维成像能力使得结石的定位更加精确, 医生可以从多个角度观察结石的大小、形状和位置, 这对于手术方案的制定具有重要的指导意义。脂肪抑制技术的应用有效地去除了脂肪信号对图像的干扰, 使得结石与周围脂肪组织的对比更加明显, 特别是在富含脂肪的肝胆区域, 这一技术显著提高了结石的可见度^[12]。此外高空间分辨率是VIBE序列的另一大优势, 它能够清晰地显示胆管树的结构, 即使是小的结石也能够被有效地识别, 这对于早期发现和诊断胆系结石至关重要。Turbo FLASH序列通过快速梯度回波成像结合脂肪抑制技术, 能够在T1加权条件下获得胆系结石的影像学特征, 其优势主要体现在对结石的检出率和信号特征的识别上。在Turbo FLASH序列中, 胆结石通常表现为高信号, 这与周围被抑制的脂肪信号和低信号的胆汁形成鲜明对比, 从而使得结石在影像上显得尤为突出, 尤其是在检测小结石和等信号结石方面, Turbo FLASH序列的表现优于其他序列, 因为它能够减少脂肪信号的干扰, 提高结石与背景之间的对比度, 从而提高诊断的敏感性^[13]。此外, Turbo FLASH序列在空间分辨率上具有较高的优势, 能够清晰地显示胆管系统的解剖结构, 同时该序列对于胆管扩张的检测也较为敏感, 有助于识别由于结石导致的胆管梗阻情况。Turbo FLASH序列还能够减少化学位移伪影, 提高图像质量, 这对于位于胆囊颈部的结石尤其重要, 因为这些位置的结石在非脂肪抑制序列中可能会与脂肪信号混淆^[14]。TrueFISP序列是一种在胆系结石诊断中常用的MRI序列, 它通过稳态梯度回波技术获得图像, 具有独特的优势和局限性。TrueFISP序列的优势在于其具有较高的时间分辨率和良好的血液与胆汁对比, 能够在自由呼吸的情况下获得清晰的胆管和胆囊图像, 这对于无法长时间屏气的患者尤其有利, 减少了呼吸运动伪影的同时, 也提高了患者的舒适度^[15]。在TrueFISP序列中, 胆结石通常表现为低信号, 与高信号的胆汁形成鲜明对比, 使得结石在影像上易于识别, 尤其是在检测较小的结石和评估结石与胆管壁的关系时, TrueFISP序列的表现优于其他序列^[16]。此外, 该序列对于胆管扩张和胆管炎症的检测也较为敏感, 有助于诊断胆管梗阻和评估病变范围。TSE (Turbo Spin Echo) T2WI序列的优势在于其能够提供高对比度的胆汁与周围组织的图像, 使得胆管和胆囊内的结石在T2WI上表现为低信号, 与高信号的胆汁形成鲜明对比, 从而易于识别和诊断。此外, 该序列对于胆管扩张和炎症的显示也非常敏感, 有助于评估胆管的通畅性和炎症程度。由于采用了脂肪抑制技术, TSE (Turbo Spin Echo) T2WI序列能够有效减少脂肪组织的高信号干扰, 特别是在肥胖患者中, 这一点尤为重要, 因为它可以提高图像的清晰度和结石的检出率^[17]。

本研究中, VIBE序列扫描胆系结石有着较高的检出率, 且可

获得较佳的结石信号强度。VIBE序列结合了三维快速扰相梯度回波(3D-FSPGR)的高分辨率成像能力与脂肪抑制(FS)技术, 通过优化磁场梯度与射频脉冲参数, 显著提升了微小结石的显示效果。三维扫描模式允许薄层(通常 $\leq 3\text{mm}$)连续采集, 极大减少了部分容积效应的影响, 能够清晰显示直径 $\geq 8\text{mm}$ 的结石形态及内部结构, 尤其对胆管分支处的小结石具有高敏感度。脂肪抑制技术通过选择性抑制周围脂肪组织的高信号, 增强了结石与胆汁、胆管壁的对比如^[18]。对于胆色素石而言, 其含有的金属离子(如钙、铁)及胆红素钙成分具有顺磁性效应, 可在T1WI上缩短T1弛豫时间, 呈现特征性高信号(平均信号强度达146.3), 而胆固醇石因缺乏顺磁性物质, 在T1WI上表现为均匀或混杂低信号(平均信号强度约32.15), 两者信号差异显著($P < 0.0001$), 为结石类型鉴别提供了直接依据。此外, 快速扰相梯度回波技术通过缩短重复时间(TR)与回波时间(TE), 有效减少运动伪影(如呼吸、肠蠕动干扰), 配合呼吸门控技术可进一步提升图像质量, 使得胆总管下段及壶腹区结石的检出率提升至93.33%。同时, 该序列的多平面重建能力(MPR)可多角度观察结石与胆管的空间关系, 辅助判断嵌顿风险及手术路径规划^[19]。童辉^[20]研究证实, VIBE与TrueFISP序列联合应用时, 对胆系结石的总体检出率可达96.67%, 尤其在区分胆色素石与胆固醇石方面具有独特优势, 为临床个体化治疗(如溶石疗法选择)提供了重要影像学依据。

综上所述, VIBE和TrueFISP序列在胆系结石诊断中可以提高检出率, 且VIBE序列扫描可获得更高的信号强度, 因此在胆系结石的MRI检查中, VIBE可作为常规检查序列。

参考文献

- [1] 苑应才. 某院胆结石伴胆道感染患者标本中病原菌的检出情况及其耐药性分析[J]. 抗感染药学, 2024, 21(4): 440-442.
- [2] 师阿盟, 何鑫, 王莹, 等. 非肥胖人群胆结石检出率与危险因素分析[J]. 实用肝脏病杂志, 2024, 27(3): 458-461.
- [3] 顾倩芸, 宋成利, 郭佳雯, 等. 基于深度学习的胆结石分类方法研究与验证[J]. 国际生物医学工程杂志, 2024, 47(04): 312-317.
- [4] 翟彦昌, 国强, 康永强, 等. 红外光谱分析技术评价MRI对胆囊结石成分预判的研究[J]. 西部医学, 2022, 34(12): 1856-1862.
- [5] 刘玉梅. 磁共振胰胆管造影与腹部CT在肝外胆结石诊断中的应用体会[J]. 实用医学影像杂志, 2023, 24(1): 69-71.
- [6] 高飞, 董江宁, 韦树华, 等. 3.0T MRI内插扰相快速梯度回波T1WI联合MRCP对胆系结石的诊断价值[J]. 实用放射学杂志, 2016, 32(1): 60-63.
- [7] 张小斌, 李宁, 陈亚明. MRCP诊断不同直径, 不同部位胆总管结石的价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(4): 110-111.
- [8] 王可, 杨俊哲, 刘义, 等. 基于深度学习的磁共振胰胆管成像图像肝外胆管及结石的自动分割: 初步研究[J]. 中国医学影像学杂志, 2022, 30(7): 730-709, 715.
- [9] Yu H, Uyeda J W. Imaging of acute hepatobiliary dysfunction[J]. Radiol Clin North Am, 2020, 58(1): 45.
- [10] Lamanna A, Maingard J, Bates D, et al. Percutaneous transhepatic laser lithotripsy for intrahepatic cholelithiasis: a technical report[J]. J Med Imaging Radiat Oncol, 2019, 63(6): 758.
- [11] Chen H, Jorissen R, Walcott J, et al. Incidence and predictors of common bile duct stones in patients with acute cholecystitis: a systematic literature review and meta-analysis[J]. ANZ J Surg, 2020, 90(9): 1598.
- [12] 张超, 李望, 左鹏, 等. 多层螺旋CT与磁共振MRCP技术诊断胆总管结石价值探讨[J]. 影像研究与医学应用, 2024, 8(15): 113-115.
- [13] 凌岳, 罗志程, 邓新源, 等. LAVA序列结合磁共振胰胆管水成像对胆总管小结石的诊断价值[J]. 中国医学工程, 2024, 32(9): 93-95.
- [14] 蔡怀阳, 叶亮, 许雪清, 等. 胆管腔内超声, 内镜逆行胰胆管造影, 磁共振胰胆管成像与超声诊断胆总管结石的对比研究[J]. 中国医学影像学杂志, 2022, 30(10): 1035-1039.
- [15] 蔡文静, 程南生, 金张龙. 胆囊结石合并胆囊炎患者MRCP表现及其诊断价值[J]. 中国医药导报, 2022, 19(4): 153-156.
- [16] 许曼曼, 刘乐. 磁共振胰胆管造影与多层螺旋CT扫描对胆总管结石的诊断价值对比分析[J]. 世界复合医学(中英文), 2024, 10(9): 164-167.
- [17] 刘玉梅. 磁共振胰胆管造影与腹部CT在肝外胆结石诊断中的应用体会[J]. 实用医学影像杂志, 2023, 24(1): 69-71.
- [18] 付裕, 韩万斌, 向飞, 等. 多层螺旋CT与磁共振MRCP技术诊断胆总管结石价值分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(1): 119-121.
- [19] 刘广宇, 孙浩然, 白人驹. 多序列MRI检查在胆系结石诊断中的应用价值[J]. 天津医科大学学报, 2021, 27(3): 301-304.
- [20] 童辉, 袁磊, 曹振, 等. MRI多序列联合MRCP诊断胆道系统结石的应用分析[J]. 医学影像学杂志, 2024, 34(11): 167-169.

(收稿日期: 2025-04-22)

(校对编辑: 翁佳鸿)