

## 论著

## 普美显增强MRI瘤周强化特征对肝硬化患者肝内结节恶性转化的预测价值\*

吴昱昊 曾晓君\* 陈丽春  
万里菲

厦门市中医院医学影像科(福建厦门361000)

**【摘要】目的** 分析普美显增强磁共振成像(MRI)瘤周强化特征对肝硬化患者肝内结节恶性转化的预测价值。**方法** 观察2022年1月到2025年1月于我院就诊的肝硬化患者80例,根据患者病理检查结果将其分为恶性转化组(38例)及非恶性转化组(42例)。均行普美显增强MRI检测,比较两组患者一般资料,采用单因素及多因素Logistic回归分析肝硬化患者肝内结节恶性转化的影响因素,构建预测模型。**结果** 恶性转化组动脉期环形强化、门脉期廓清、周围卫星结节、肝胆期信号缺失占比高于非恶性转化组,扩散加权成像(DWI)序列表现扩散系数(ADC值)显著低于非恶性转化组( $P<0.05$ );经多因素Logistic回归分析证动脉期环形强化、门脉期廓清、周围卫星结节、肝胆期信号缺失、DWI序列ADC值均是肝硬化患者肝内结节恶性转化的独立危险因素( $P<0.05$ );将多因素Logistic回归分析结果中的危险因素作为预测因子构建预测模型,ROC曲线结果显示:曲线下面积为0.964,标准误为0.071,95%CI为0.884-0.995,敏感度为0.845,特异度为0.889。**结论** 动脉期环形强化、门脉期廓清、周围卫星结节、肝胆期信号缺失、DWI序列ADC值均是肝硬化患者肝内结节恶性转化的独立危险因素,且构建预测模型能够提升预测精准性。

**【关键词】** 普美显增强磁共振成像;  
瘤周强化特征;肝硬化;肝内结节

**【中图分类号】** R657.3+1

**【文献标识码】** A

**【基金项目】** 福建省卫生健康高质量发展科技计划项目(青年科研课题)2024GZL-QN120

**DOI:**10.3969/j.issn.1672-5131.2025.12.036

## Predictive Value of Peritumoral Enhancement Features on Gadoxetic Acid-enhanced MRI for Malignant Transformation of Intrahepatic Nodules in Cirrhotic Patients\*

WU Yu-hao, ZENG Xiao-jun\*, CHEN Li-chun, WAN Li-Fei.

Department of Medical Imaging, Xiamen Hospital of T.C.M, Xianmen 361000, Fujian Province, China

## ABSTRACT

**Objective** To analyze the predictive value of peritumoral enhancement features on gadoxetic acid-enhanced magnetic resonance imaging (Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI) for malignant transformation of intrahepatic nodules in cirrhotic patients. **Methods** Eighty cirrhotic patients admitted to our hospital from January 2022 to January 2025 were enrolled and divided into a malignant transformation group (38 cases) and a non-malignant transformation group (42 cases) based on pathological results. All patients underwent Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI. General clinical data were compared between the two groups. Univariate and multivariate logistic regression analyses were performed to identify influencing factors for malignant transformation of intrahepatic nodules in cirrhotic patients, and a predictive model was constructed. **Results** The malignant transformation group exhibited significantly higher proportions of arterial phase rim enhancement, portal phase washout, peripheral satellite nodules, and hepatobiliary phase hypointensity, along with significantly lower apparent diffusion coefficient (ADC) values on diffusion-weighted imaging (DWI) sequences compared to the non-malignant transformation group ( $P<0.05$ ). Multivariate logistic regression analysis confirmed that arterial phase rim enhancement, portal phase washout, peripheral satellite nodules, hepatobiliary phase hypointensity, and reduced DWI-ADC values were independent risk factors for malignant transformation ( $P<0.05$ ). A predictive model incorporating these risk factors demonstrated an area under the curve (AUC) of 0.964 (standard error: 0.071; 95% confidence interval [CI]: 0.884-0.995), with a sensitivity of 0.845 and specificity of 0.889. **Conclusion** Arterial phase rim enhancement, portal phase washout, peripheral satellite nodules, hepatobiliary phase hypointensity, and reduced DWI-ADC values are independent risk factors for malignant transformation of intrahepatic nodules in cirrhotic patients. The constructed predictive model enhances diagnostic accuracy.

**Keywords:** Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI; Peritumoral Enhancement Features; Cirrhosis; Intrahepatic nodule

肝细胞癌(HCC)是一种常见的恶性肿瘤,其发生与肝硬化密切相关<sup>[1]</sup>。流行病学统计显示,肝硬化背景下80%~90%的HCC病例伴随肝内结节性病变,其中再生结节(RN)、发育不良结节(DN)等癌前病变的年恶变率可达3%~5%<sup>[2]</sup>。因此,早期识别具有恶变倾向的肝硬化结节,已成为改善患者预后的热点。近年来,普美显增强磁共振成像(MRI)因其在肝胆期(HBP)肝细胞特异性显影能力,在肝硬化结节监测中展现出显著优势<sup>[3]</sup>。普美显增强MRI不仅可通过动脉期强化模式鉴别HCC,还可利用肝胆期信号缺失现象提示肝细胞功能异常。现阶段国内外研究多聚焦于瘤内强化模式,对瘤周区域的强化特征关注较少<sup>[4-5]</sup>。瘤周强化能够反映微血管侵犯、炎症浸润及纤维化重塑等早期恶变信息<sup>[6]</sup>。近年来多项研究提示,瘤周异常强化与HCC生物学行为及预后密切相关,但其在肝硬化结节恶变预测中的作用机制尚未完全明确<sup>[7-8]</sup>。因此,探索基于普美显增强MRI的瘤周影像特征,结合瘤内特征构建预测模型,能够为肝硬化结节的恶变风险分层提供新思路。基于此,本研究旨在系统分析普美显增强MRI中瘤周强化特征的影像学表现及其与肝硬化结节恶性转化的相关性,探讨其在HCC早期预警中的独立预测价值。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 观察2022年1月到2025年1月于我院就诊的肝硬化患者80例,根据患者病理检查结果将其分为恶性转化组(38例)及非恶性转化组(42例)。

纳入标准:(1)均符合肝硬化诊断标准<sup>[9]</sup>;(2)均行组织活检证实存在肝内结节;(3)均行普美显增强MRI检查,且可获取清晰图像;(4)患者及家属签署知情同意书。排除标准:(1)合并严重的躯体疾病;(2)患有精神疾病或认知障碍;(3)妊娠或哺乳期妇女;(4)对比剂过敏;(5)局灶性结节增生(FNH)和血管瘤等非肝硬化相关病变。

**1.2 方法** 普美显增强MRI检查:GE 3.0T MR750超大型磁共振扫描系统,配置8US TORSOPA腹部相控阵线圈。受试者取标准仰卧位,检查前严格禁食禁水4h。扫描范围设定为膈顶至肝下缘平面。增强序列:平扫序列采用三维容积内插快速梯度回波成像BH Ax lava-Flex;基本参数:扫描层厚:5.2mm,加入内插算法ZIPx2,重建层厚2.6mm,重复时间(TR):3.7ms,回波时间(TE):1.7ms,翻转角:12°,FOV:360mm×290mm。采用并行采集技术缩短扫描时间。对比剂使用钆塞酸二钠(拜耳医药保健有限公司,国药准字HJ20150175,规格:5支/盒),按(0.15±0.03)mL/kg体重计算

【第一作者】吴昱昊,男,主管技师,主要研究方向:腹部磁共振成像技术及相关高级应用分析。E-mail: 17306008183@163.com

【通讯作者】曾晓君,女,主管技师,主要研究方向:磁共振盆腹部成像技术及相关高级应用分析。E-mail: 530086262@qq.com

剂量。经肘静脉团注，注射速率2mL/s，随后以20mL生理盐水冲洗，动态增强扫描时间点：注射后25s(动脉期)、45s(门静脉期)、2min(移行期)、20min(肝胆特异期)。所有图像传输至AW Z800 HW 4.6 SW工作站进行多平面重建。见图1、图2。肝胆期(20min)图像评估包括肝实质信号强度(SI)：选择标准层面横断面图像，避开血管及胆管结构，测量区域覆盖Couinaud分段法的I、II-III、IV、V-VIII段，信号缺失定义为SI比值，每个部位连续测量3次取均值。所有病例均行扩散加权成像(DWI)、T1WI同反相位及T2WI压脂序列扫描，表观扩散系数(ADC值)测量由两名医师独立评估，分歧病例经协商达成共识。瘤周强化判定标准：病灶边缘 $\geq 2\text{mm}$ 的连续性异常强化带。

**1.3 观察指标** (1)非恶性转化组：包含RN和低级别发育不良结节(LGDN)；恶性转化组：包含高级别发育不良结节(HGDN)和肝细胞癌(HCC)。(2)收集两组患者一般资料，包括年龄、性别、BMI、肝硬化病因、Child-Pugh分级。(3)通过多因素Logistic回归分析肝硬化患者肝内结节恶性转化的影响因素。(4)根据多因素Logistic回归分析结果，将危险因素纳入预测模型。

**1.4 统计学分析** 应用SPSS 22.0统计软件处理数据，计数资料以[例(%)]表示，采用 $\chi^2$ 检验，等级资料使用秩和检验；计量资料以( $\bar{x} \pm s$ )表示，组间比较采用独立样本t检验，组内比较采取配对样本t检验。采用多因素logistic回归分析影响因素，建立预测模型。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

**2 结果**

**2.1 两组基线资料的单因素分析** 两组基本资料比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )，恶性转化组动脉期环形强化、门脉期廓清、周围卫星结节、肝胆期信号缺失占比高于非恶性转化组，DWI序列ADC值显著低于非恶性转化组( $P < 0.05$ )，见表1。

**2.2 影响肝硬化患者肝内结节恶性转化的多因素Logistic回归分析** 将单因素分析中有差异信息纳入Logistic回归分析模型，行量化赋值，以患者肝内结节是否发生恶性转化为因变量(否=0，是=1)，行量化赋值，见表2。经多因素Logistic回归分析证动脉期环形强化、门脉期廓清、周围卫星结节、肝胆期信号缺失、DWI序列ADC值均是肝硬化患者肝内结节恶性转化的独立危险因素，均有 $P < 0.05$ 。见表3。

**2.3 肝硬化患者肝内结节恶性转化的预测模型建立** 根据多因素Logistic回归分析结果，将上述危险因素纳入预测模型， $\text{Logit}(P) = -12.321 + 1.037 \times \text{动脉期环形强化} + 1.237 \times \text{门脉期廓清} + 1.259 \times \text{周围卫星结节} + 0.310 \times \text{肝胆期信号缺失} + 0.438 \times \text{DWI序列ADC值}$ 。ROC曲线结果显示：曲线下面积为0.964，标准误为0.071，95%CI为0.884~0.995，敏感度为0.845，特异度为0.889。预测模型预测肝硬化患者肝内结节恶性转化的ROC曲线，见图3。

**表1 两组基线资料的单因素分析[n(%)]**

因素	恶性转化组 (n=38)	非恶性转化组 (n=42)	t/ $\chi^2$	P
年龄(岁)	55.39 $\pm$ 7.32	55.12 $\pm$ 7.23	0.166	0.869
性别			0.007	0.934
男	25(65.79)	28(66.67)		
女	13(34.21)	14(33.33)		
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	23.48 $\pm$ 1.21	23.39 $\pm$ 1.22	0.331	0.742
肝硬化病因			0.016	0.992
乙肝	24(63.16)	26(61.90)		
丙肝	8(21.05)	9(21.43)		
酒精性	6(15.79)	7(16.67)		
Child-Pugh分级			1.959	0.376
A级	20(52.63)	28(66.67)		
B级	14(36.84)	12(28.57)		
C级	4(10.53)	2(4.76)		
动脉期环形强化	31(81.58)	4(9.52)	42.089	0.000
门脉期廓清	29(76.32)	1(2.38)	46.529	0.000
周围卫星结节	19(50.00)	0	27.541	0.000
肝胆期信号缺失	35(92.11)	2(4.76)	61.223	0.000
DWI序列ADC值(mm <sup>2</sup> /s)	1.02 $\pm$ 0.15	1.35 $\pm$ 0.21	8.011	0.000

**表2 量化赋值表**

变量	赋值说明
动脉期环形强化	否=0，是=1
门脉期廓清	否=0，是=1
周围卫星结节	否=0，是=1
肝胆期信号缺失	否=0，是=1
DWI序列ADC值	连续变量

**表3 影响肝硬化患者肝内结节恶性转化的多因素Logistic回归分析**

变量	$\beta$	标准误	Wald	P	OR	95%可信任区间
动脉期环形强化	1.037	0.423	6.021	0.014	2.821	1.526~6.459
门脉期廓清	1.273	0.421	9.130	0.003	3.572	1.524~8.158
周围卫星结节	1.259	0.487	6.688	0.009	3.521	1.627~9.141
肝胆期信号缺失	0.310	0.114	7.386	0.007	1.364	1.121~1.706
DWI序列ADC值	0.438	0.151	8.399	0.004	1.549	1.163~2.083



**图1** 小肝癌影像学表现。诊断：肝左外叶可见一直径约1.5cm的结节影；影像学表现：动脉期明显强化，门脉期强化同周围肝实质，移行期强化减退低于肝实质，肝胆期呈低信号。

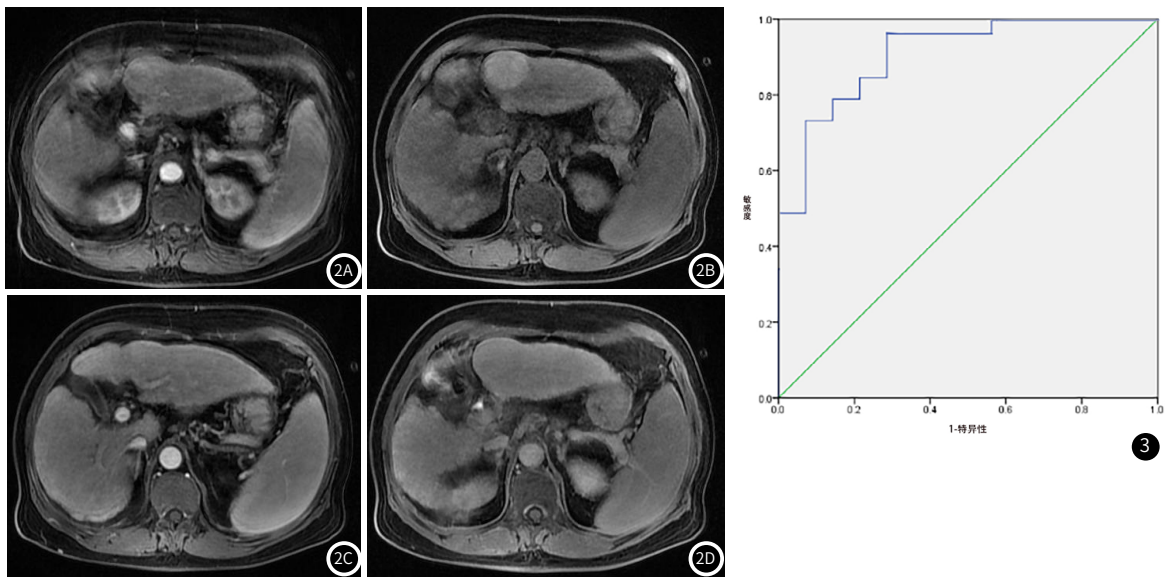


图2 DN结节影像学表现。诊断: DN结节 肝左外叶, 大小约 $3.1 \times 3.0$ cm; 影像学表现: 平扫呈高信号, 增强动脉期轻微强化, 门脉期和移行期呈相对等信号, 肝胆期呈稍低信号。图3 预测模型预测肝硬化患者肝内结节恶性转化的ROC曲线。

### 3 讨论

HCC是肝硬化患者的主要致死原因, 早期识别肝内结节的恶性转化对改善预后至关重要。当前影像学技术对肝硬化患者肝内结节性质的鉴别仍存在挑战, 尤其对早期恶性转化缺乏敏感指标<sup>[10]</sup>。普美显增强MRI可通过肝胆期特异性显像提高诊断效能, 瘤周强化特征可能反映肿瘤微环境异质性, 与恶性进展密切相关<sup>[11-12]</sup>。因此, 探讨普美显增强MRI瘤周强化模式的定量特征与组织病理及分子标志物的关联性, 评估其对恶性转化的预测效能, 从而优化HCC早期诊断及风险分层至关重要。

本研究结果显示, 恶性转化组动脉期环形强化、门脉期廓清、周围卫星结节、肝胆期信号缺失占比高于非恶性转化组, DWI序列ADC值显著低于非恶性转化组, 且经多因素Logistic回归分析证动脉期环形强化、门脉期廓清、周围卫星结节、肝胆期信号缺失、DWI序列ADC值均是肝硬化患者肝内结节恶性转化的独立危险因素, 表明以上因素均为肝硬化患者肝内结节恶性转化的重要预测指标。在恶性转化过程中, 肿瘤通过VEGF等促血管生成因子诱导新生血管形成。这些新生血管呈现结构紊乱、基底膜不完整的特点, 形成“动脉优势供血”模式。动脉期环形强化可能反映肿瘤周边区域血管密度最高, 此处活跃的肿瘤细胞分泌大量血管生成因子, 形成富血管带<sup>[13]</sup>。而非恶性转化结节仍保留门静脉供血为主的特点, 缺乏这种异常强化模式。此外, 环形强化可能对应肿瘤侵袭边缘的炎症反应带, 该区域巨噬细胞浸润可进一步促进血管生成。门脉期对比剂廓清现象与肿瘤血管的病理特征密切相关。恶性结节的新生血管缺乏正常肝窦内皮细胞的窗孔结构, 且血管壁通透性异常增高, 导致对比剂快速外渗至组织间隙<sup>[14-15]</sup>。同时, 肿瘤组织内动静脉分流形成, 使对比剂在动脉期迅速充盈后又快速被冲刷。这种“快进快出”模式与非恶性转化结节保持正常肝窦结构的缓慢对比剂交换形成鲜明对比。卫星结节的形成是多步骤恶性转化的空间演进体现。原位癌灶可通过上皮-间质转化(EMT)获得侵袭能力, 突破原结节包膜向周围浸润。且门静脉微侵犯导致癌栓在周边肝组织定植, 形成肉眼可见的卫星灶<sup>[16]</sup>。这种现象在高度异型增生结节向HCC转变过程中尤为显著。组织病理学显示<sup>[17-18]</sup>, 卫星结节常与原发灶共享相同的

基因突变谱, 如TERT启动子突变, 提示克隆性扩散。而非恶性转化结节受周围纤维间隔限制, 缺乏这种侵袭性生长特性。肝胆期信号缺失是普美显增强MRI的核心优势, 其机制为HCC细胞膜上OATP1B3表达下调导致对比剂摄取障碍, 这一特征与肿瘤分化程度呈负相关。非恶性转化再生结节或低级别不典型增生结节中的肝细胞通常保留部分正常功能, 仍可摄取对比剂并在肝胆期呈等或稍高信号。而恶性转化结节因细胞去分化, 肝细胞极性丧失及胆管结构破坏, 导致对比剂无法正常摄取或滞留, 从而表现为肝胆期信号缺失。此外, 恶性肿瘤新生血管的异常血供可能进一步减少对比剂在病灶内的有效分布。ADC值反映水分子扩散受限程度, 与组织细胞密度密切相关。恶性结节因肿瘤细胞增殖活跃、排列紧密, 细胞间质比例减少, 导致细胞外间隙狭窄, 显著限制水分子的自由扩散, 因此ADC值显著低于非恶性转化结节。

且进一步分析各危险因素对食肝硬化患者肝内结节恶性转化的预测价值, 将各危险因素纳入预测模型, 并代入公式 $\text{Logit}(P) = -12.321 + 1.037 \times \text{动脉期环形强化} + 1.237 \times \text{门脉期廓清} + 1.259 \times \text{周围卫星结节} + 0.310 \times \text{肝胆期信号缺失} + 0.438 \times \text{DWI序列ADC值}$ , 最终经ROC曲线分析证实, 风险预测模型在评估肝硬化患者肝内结节恶性转化中表现出优异的特异性和诊断准确度, 同时具备更高的敏感度预测性能。分析原因在于动脉期环形强化反映了恶性结节新生血管的异常结构和通透性增高, 使对比剂快速积聚于结节周边, 形成环形强化征象<sup>[19]</sup>。门脉期廓清反映肿瘤组织内对比剂的快速冲刷, 进一步支持了恶性结节的“快进快出”血流动力学特征。而周围卫星结节的存在, 作为恶性转化的空间演进标志, 直接关联于结节的恶性潜能和侵袭性生长<sup>[20]</sup>。肝胆期信号缺失与恶性结节胆管排泄功能异常相关, 而ADC值可量化细胞异型性。这种多维度特征组合提升了诊断的特异性, 鉴于单一特征可能与其他病理状态存在重叠, 如环形强化现象亦可见于某些血管瘤, 因此当以上特征共同出现时, 其预测价值增长。

综上所述, 动脉期环形强化、门脉期廓清、周围卫星结节、肝胆期信号缺失、DWI序列ADC值均是肝硬化患者肝内结节恶性转化的独立危险因素, 且构建预测模型能够提升预测精准性。

参考文献

[1] 蒋佳慧, 杨大为, 王宇新, 等. 磁共振成像技术在肝细胞癌诊断与评估中的应用及展望[J]. 中华肝脏病杂志, 2024, 32(08): 695-701.

[2] 曹怡, 方向军, 代月黎. 普美显MRI增强扫描鉴别肝硬化结节与肝癌应用价值[J]. 中南医学科学杂志, 2020, 48(1): 76-79.

[3] Lei J, Xu Y, Zhu Y, et al. Automated detection of small hepatocellular carcinoma in cirrhotic livers: applying deep learning to Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI[J]. Abdominal Radiology, 2025, 10(10): 1-13.

[4] Song M, Tao Y, Zhang H, et al. Gd-EOB-DTPA-enhanced MR imaging features of hepatocellular carcinoma in non-cirrhotic liver. [J]. Magn Reson Imaging, 2024, 10(114): 110241.

[5] Mao Y H, Shen Q B, Zhang Y J, et al. Gd-EOB-DTPA enhanced MRI nomogram model to differentiate hepatocellular carcinoma and focal nodular hyperplasia both showing iso- or hyperintensity in the hepatobiliary phase. [J]. BMC Medical Imaging, 2024, 24(1): 211.

[6] Goetz A, Verloh N, Utpatel K, et al. Differentiating well-differentiated from poorly-differentiated HCC: the potential and the limitation of gd-eob-dtpa in the presence of liver cirrhosis. [J]. Diagnostics (Basel, Switzerland), 2024, 14(15): 1676-1676.

[7] 汪艳, 罗威, 徐培豪. 普美显增强MRI与增强CT在肝脏局灶性病变良恶性鉴别诊断中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(7): 115-118.

[8] 张桂荣, 张妍妍, 张博, 等. 普美显肝胆期甜甜圈结节MRI表现及其与结节信号胆汁淤积的关系[J]. 分子影像学杂志, 2021, 44(6): 922-926.

[9] 中华医学会肝病学会. 肝硬化诊治指南[J]. 中华肝脏病杂志, 2019, 27(11): 846-865.

[10] 黄训波, 张流柳, 李畅, 等. ADC定量对鉴别肝血管瘤周上皮样肿瘤与肝细胞癌的价值[J]. 影像诊断与介入放射学, 2023, 32(2): 110-116.

[11] 张艳, 刘影. 普美显动态增强MRI和动态增强CT对肝细胞肝癌血供的评估与病理对照分析[J]. 临床放射学杂志, 2021, 40(7): 1334-1339.

[12] Ryuichi K, Nobuyuki T, Mikihiro T, et al. Sonazoid-enhanced ultrasound images of multiacinar cirrhotic nodules showing a "donut-like" hyperintense appearance on Gd-EOB-MRI: a case report[J]. Journal of Medical Ultrasonics, 2023, 50(4): 573-574.

[13] Jong S Y, Jeong Ju Y, Ho D L, et al. Adding MRI as a surveillance test for hepatocellular carcinoma in patients with liver cirrhosis can improve prognosis[J]. Biomedicines, 2023, 11(2): 382.

[14] David Q S, Hinrich W, Kirsten U, et al. Application of a U-Net for map-like segmentation and classification of discontinuous fibrosis distribution in Gd-EOB-DTPA-enhanced liver MRI[J]. Diagnostics, 2022, 12(8): 1938-1938.

[15] Xu L, Wen X, Feng X, et al. Application progress of Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI T1 mapping in hepatic diffuse diseases[J]. Current Medical Imaging, 2022, 18(12): 1276-1281.

[16] 张雨, 汤群峰, 吴鸣宇, 等. Sonazoid超声造影与普美显增强MRI诊断肝细胞肝癌的对比研究[J]. 临床超声医学杂志, 2024, 26(8): 630-635.

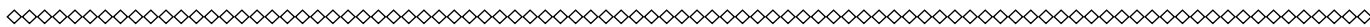
[17] 程志鹏, 陈晓玲, 张慧, 等. 普美显增强MRI预测肝细胞癌消融术后早期复发的影像学模型研究[J]. 现代消化及介入诊疗, 2024, 29(8): 923-931.

[18] 柴蓉静, 龚万庆, 鄢广平, 等. 不同对比剂注射速率对肝脏普美显增强MRI动脉期伪影及整体图像质量的影响[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(8): 101-103.

[19] 陈松, 黄泽和, 李莹, 等. 普美显增强MRI及DWI相关定量参数对原发性肝癌肝脏储备功能及CD34, Glypican-3表达水平的预测价值[J]. 放射学实践, 2023, 38(9): 1134-1139.

[20] 樊小玲, 杨蕾. 普美显增强MRI对肝癌患者诊断及病理评估效能研究[J]. 检验医学与临床, 2023, 20(11): 1640-1643.

(收稿日期: 2025-05-22)  
(校对编辑: 赵望淇)



(上接第119页)

参考文献

[1] 林永祝, 史红媛, 穆西虎. 双源CT肝动脉三期扫描和增强灌注扫描诊断肝硬化背景下小原发性肝癌价值研究[J]. 实用肝脏病杂志, 2023, 26(3): 412-415.

[2] 张紫瑞, 盛美红, 李飞. 低剂量双源CT扫描在腹部三期增强检查中的应用效果[J]. 局解手术学杂志, 2023, 32(5): 400-403.

[3] 徐兴明, 滕红, 谢英, 等. 双源64排螺旋CT三期动态增强扫描评估肝脏血管瘤血供在介入治疗的临床意义[J]. 中国CT和MRI杂志, 2019, 17(10): 69-71.

[4] 尹玉华. CT引导下肝癌射频消融术后观察与护理[J]. 护理实践与研究, 2012, 9(1): 52-53.

[5] 孙晓霞, 张桂成, 马宇, 等. 双源CT双能量扫描在鉴别肝脏血管瘤与富血供肝转移瘤中的应用价值[J]. 现代消化及介入诊疗, 2020, 25(11): 1528-1531.

[6] 王笑, 乔建兰, 龚建中, 等. 双源CT动脉期增强图像上肝静脉和下腔静脉逆流的影响因素分析[J]. 放射学实践, 2021, 36(12): 1548-1552.

[7] 中国医师协会外科医师分会肝脏外科医师委员会, 中国研究型医院学会肝胆胰外科专业委员会. 肝脏良性占位性病变的诊断与治疗专家共识(2016版)[J]. 中华消化外科杂志, 2017, 16(1): 1-5.

[8] 樊科峰, 王德盛. 肝脏疾病与肝移植指南[M]. 西安: 陕西人民出版社, 2007: 102-108.

[9] 王金凤, 乔英, 田冰, 等. 双源CT对肝脏转移瘤与血管瘤的鉴别诊断价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(1): 110-112.

[10] 周波, 韩少良, 陈宗静, 等. 肝脏局灶性结节增生的诊断和治疗[J]. 肝胆胰外科杂志, 2020, 32(7): 419-422.

[11] 李昱茜, 孟欣, 白炜. 超声造影与增强MSCT对腹部占位性病灶诊断效能对比[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(2): 146-148.

[12] 孔海涛, 郭子祺, 刘婷婷. 人工智能技术结合低剂量方案在胸部CT成像中的应用研究探讨[J]. 罕少疾病杂志, 2024, 31(12): 75-76, 102.

[13] 于丹丹, 崔萌萌. 多层螺旋CT双低技术扫描对肺动脉血管成像图像质量的影响[J]. 罕少疾病杂志, 2023, 30(9): 46-47, 69.

[14] Ferrero A, Powell GM, Adaaquah DK, et al. Feasibility of photon-counting CT for femoroacetabular impingement syndrome evaluation: lower radiation dose and improved diagnostic confidence[J]. Skeletal Radiol, 2023, 52(9): 1651-1659.

[15] 谢丽娟, 关鉴, 王刚. 肝硬化结节恶变患者超声, CT, MRI的诊断价值分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(4): 75-77.

[16] 蔡榆, 李焯, 黄辉, 等. 增强CT定量分析联合肿瘤标志物检测对肝细胞肝癌与局灶性结节增生的鉴别诊断意义[J]. 中国实验诊断学, 2020, 24(3): 390-393.

[17] 张文斌. CT鉴别诊断肝脏血管瘤肝脓肿在临床应用中的价值[J]. 中国药物与临床, 2021, 21(10): 1683-1684.

(收稿日期: 2024-09-20)  
(校对编辑: 翁佳鸿)