

DOI: 10.19296/j.cnki.1008-2409.2024-02-021

· 论 著 ·

· ORIGINAL ARTICLE ·

## 钆塞酸二钠增强 MRI 对门脉期无廓清小肝癌的诊断价值

林斌, 周智鹏, 蒋宇, 黄廷端, 曾阳东

(桂林医学院附属医院放射科, 桂林 541001)

**摘要** 目的 探讨在肝癌高危因素背景下, 钆塞酸二钠(Gd-EOB-DTPA)增强 MRI 对门脉期无廓清小肝癌(sHCC)的诊断价值。方法 采用 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 检查有肝癌高危因素、门脉期无廓清肝结节患者 44 例, 50 个肝结节。手术切除或穿刺肝结节做病理学检查。分析结节的影像征象及基于影像征象建立模型的诊断效能。结果 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 门脉期无廓清的结节中, sHCC 组和非-sHCC(Non-sHCC)组间的动脉期非环形高强化、移行期低信号、结节包膜、DWI 高信号、T2WI 轻-中度高信号、T1WI 低信号的差异具有统计学意义( $P < 0.05$ )。Logistic 回归分析提示, 移行期低信号、结节包膜为 sHCC 的独立危险因素。移行期低信号、结节包膜及联合诊断门脉期无廓清 sHCC 的灵敏度、特异度、准确度分别为 72.7%、70.6%、72.0%、78.8%、94.1%、84.0%和 93.9%、70.6%、86.0%, ROC 曲线下面积分别为 0.717、0.865、0.905。结论 在肝癌高危因素背景下, Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 对门脉期无廓清 sHCC 的诊断效能较高, 移行期低信号联合结节包膜征象分析可以进一步提高 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 对门脉期无廓清 sHCC 的诊断效能。

**关键词:** 小肝癌; 钆塞酸二钠; 门脉期廓清; 移行期低信号

中图分类号: R445.2; R735.7

文献标志码: A

文章编号: 1008-2409(2024)02-0143-07

## Diagnostic performance of Gd-EOB-DTPA enhanced MRI in portal venous phase non-washout hepatocellular carcinoma

LIN Bin, ZHOU Zhipeng, JIANG Yu, HUANG Tingduan, ZENG Yangdong

(Department of Radiology, Affiliated Hospital of Guilin Medical University, Guilin 541001, China)

**Abstract Objective** To investigate the diagnostic performance of Gd-EOB-DTPA enhanced MRI for small hepatocellular carcinoma (sHCC) non-washout in portal venous phase with high risk for hepatocellular carcinoma (HCC). **Methods** 44 patients with high-risk for HCC underwent Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI, in total 50 nodules non-washout in portal venous phase and further pathological diagnosis was underwent by surgical resection or puncture biopsy. The difference between groups of liver nodule image features and the diagnostic performance of the

基金项目: 桂林市科学研究与技术开发计划项目(20220139-2)。

第一作者: 林斌, 硕士, 住院医师, 研究方向为腹部放射学。

通信作者: 周智鹏, bigbird\_zhou@hotmail.com。

model based on the image features was analyzed. **Results** Among the nodule non-washout in the portal venous phase of Gd-EOB-DTPA enhanced MRI, there were statistically significant differences between sHCC and Non-sHCC groups in nonrim-like enhancement in arterial phase, transitional phase hypointensity, nodular capsule, restricted diffusion in DWI, mild-moderate T2 hyperintensity, and hypointensity in T1WI ( $P < 0.05$ ). Multivariate logistic regression analysis showed that the transitional phase hypointensity, nodular capsule were independent risk factors for sHCC. The sensitivity, specificity and accuracy of transitional phase hypointensity, nodular capsule and the combined diagnosis of sHCC non-washout in portal venous phase were 72.7%, 70.6%, 72.0%, 78.8%, 94.1%, 84.0% and 93.9%, 70.6%, 86.0%, respectively. The areas under ROC curve were 0.717, 0.865 and 0.905, respectively. **Conclusion** With high risk for HCC, Gd-EOB-DTPA enhanced MRI has high diagnostic efficiency in portal venous phase non-washout hepatocellular. The combination of low signal during migration and analysis of nodular capsule sign can further improve the diagnostic efficacy of Gd-EOB-DTPA which enhanced the diagnostic efficiency of MRI in portal venous phase non-washout hepatocellular.

**Keywords:** small hepatocellular carcinoma; Gd-EOB-DTPA; washout in portal venous phase; transitional phase hypointensity

原发性肝癌是我国常见的恶性肿瘤和肿瘤致死病因,它包括肝细胞癌(hepatocellular carcinoma, HCC)、肝内胆管细胞癌(intrahepatic cholangiocarcinoma, ICC)和混合型肝癌, HCC 占原发性肝癌的 75%~85%<sup>[1]</sup>。与其他恶性肿瘤不同的是,对于肝癌高危患者,典型的 HCC 可以依据无创性影像学检查做出诊断,即动脉期非环形高强化、门脉期或延迟期廓清(快进快出)<sup>[1-2]</sup>。但是对于不典型 HCC,如动脉期无高强化、门脉期无廓清、结节无包膜或钆塞酸二钠(Gd-EOB-DTPA)增强 MRI 肝胆期高信号 HCC,其影像诊断具有一定的难度。临床上大部分患者诊断为 HCC 时已到晚期,研究<sup>[3-4]</sup>结果显示,HCC 的 5 年总生存率 < 12.5%。如果能对 HCC 进行早期诊断与干预,HCC 的 5 年生存率可达 70%<sup>[5-6]</sup>。多项研究<sup>[7-11]</sup>表明,Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 可以提高诊断 HCC 的灵敏度,同时也可提高高异型增生结节(high-grade dysplastic nodule, HGDN)、早期肝细胞癌(early hepatocellular carcinoma, eHCC)及小肝癌(small hepatocellular carcinoma, sHCC)的鉴别能力。2018 版肝脏影像报告与数据系统(Liver Imaging Reporting and Data System, LI-RADS)指南<sup>[12]</sup>(简称“2018 版”LI-RADS 指南)提出,依据动脉期非环形高强化、门脉期非边缘廓清、假包膜强化、阈值增长 4 个主要征

象,将肝癌高危患者确认为 LR-5 结节,即可诊断为 HCC。2018 版 LI-RADS 指南将非边缘廓清这一主要征象仅限于门脉,而延迟期或移行期低信号、肝胆期低信号、结节包膜无强化、T2WI 轻-中度高信号等仅作为肝恶性肿瘤的重要辅助征象。亚太肝脏研究协会(APASL)<sup>[13]</sup>和日本肝病学会(JSH)<sup>[14]</sup>提出,当结节没有表现出明确的门脉期非边缘廓清时,建议将肝胆期低信号代替门脉期廓清作为 HCC 的主要征象。本研究探讨在肝癌高危因素背景下,Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 对门脉期无廓清 sHCC 的诊断价值。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究对象

2017 年 1 月至 2023 年 6 月,因存在肝癌风险在桂林医学院附属医院放射科进行 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 检查的 44 例患者,男 35 例,女 9 例,平均年龄(56.1±9.0)岁,结节平均直径(20.55±7.09)mm。38 例患者为单个结节,6 例为两个结节,共 50 个肝结节,其中 33 个结节经病理诊断为 sHCC,17 个结节经病理诊断为 Non-sHCC。Non-sHCC 包括 10 个 HGDN,3 个 ICC,2 个低度异型增生结节(low-grade dysplastic nodule; LGDN),1 个炎性病变,1 个血管瘤。本研究获得桂林医学院附属医院医学伦理委员

会的批准。

纳入标准:①肝癌高危人群(乙肝、肝硬化等);②做超声或 CT 检查发现肝内有病灶,需进一步行 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 检查;③经组织病理学诊断。

排除标准:①因图像质量差(如运动伪影)无法评估肝脏结节的影像征象;②肝内单个结节或多个结节直径之和>3 cm。③既往有碘油栓塞、手术或射频消融等治疗史。

## 1.2 检查方法

磁共振检查设备为德国 Siemens Magnetom Verio 3.0 T,16 通道相控阵体部线圈。磁共振增强对比剂为 Gd-EOB-DTPA(商品名:普美显,德国拜耳医药保健公司)。MRI 扫描序列包括:T2WI(TR 2 500 ms, TE 73 ms,层厚 5 mm,层间距 1 mm,FOV 320 mm×320 mm)自旋回波序列及脂肪抑制序列;T1WI(TR 3.4 ms,TE 1.22 ms,层厚 2 mm,层间距 0.4 mm,FOV 320 mm×224 mm),采用容积内插屏气检查(volumetric interpolated breath-hold examination,VIBE)抑制序列及 T1WI 同相位和反相位;DWI(TR 8 200 ms,TE 6 1 ms,层厚 5.5 mm,层间距 1.1 mm,FOV 380 mm×250 mm)。预扫描后,静脉团注 0.025 mmol/kg Gd-EOB-DTPA,注射流率为 1 mL/s,随后注射 20 mL 0.9%氯化钠注射液,并以 3 mL/s 流率冲管。注射对

比剂后,MR 系统监测对比剂达胸主动脉后,延迟 7~8 s 采集动脉早期和动脉晚期图像,于 60 s、2~5 min、20 min 分别采集门脉期、移行期和肝胆期图像。

## 1.3 影像分析

由 2 名放射科医师(1 名高年资和 1 名低年资)独立评估每一个结节的影像征象,包括动脉期有无强化、移行期及肝胆期信号、结节包膜(包膜强化或包膜无强化)、DWI 信号、T2WI 信号及 T1WI 信号。2 名医师的影像征象评估出现分歧时,经商讨后得出一致结果。

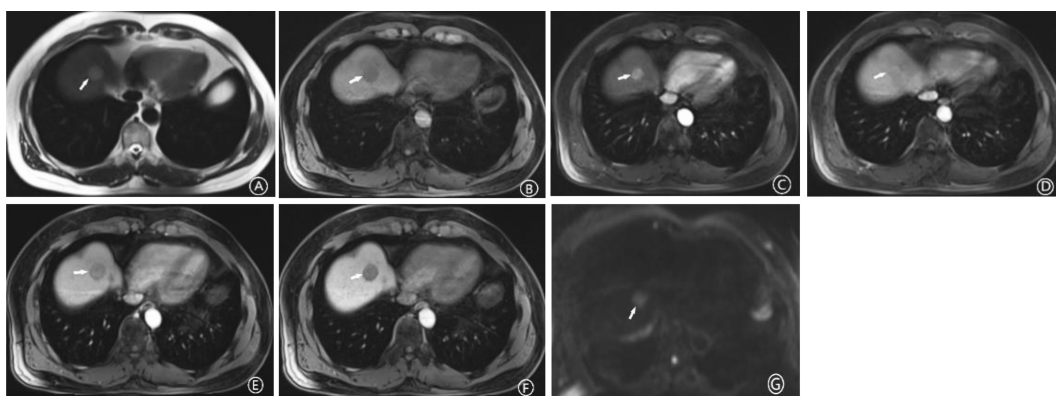
## 1.4 统计学方法

采用 SPSS 25.0 统计软件分析数据。计数资料采用  $\chi^2$  检验,多个危险因素采用多因素 Logistic 回归分析。 $P<0.05$  表示差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 肝结节影像征象

Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 门脉期无廓清的 33 个 sHCC 中,动脉期出现非环形强化的结节 28 个,移行期低信号结节 24 个,出现包膜(包括强化和无强化的包膜)的结节 26 个。17 个 Non-sHCC 结节中,动脉期非环形轻度强化结节 9 个,移行期等高信号结节 12 个,出现包膜的结节 1 个,影像征象见图 1。



注:病例,男,49 岁,乙肝肝硬化病史,病理学检查为中分化肝细胞癌。A.T2WI 轻-中度高信号;B.T1WI 低信号;C.动脉晚期非环形高强化;D.门脉期无廓清呈稍高信号,周围见环形无强化包膜;E~F.移行期、肝胆期低信号;G.DWI 高信号。

图 1 肝结节影像征象图谱

### 2.2 门脉期无廓清结节的 MRI 征象

Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 门脉期无廓清的结节中,sHCC 结节的动脉期非环形强化、移行期低信号、结节包膜、T2WI 轻-中度高信号、T1WI 低信号及

DWI 高信号占比均高于 Non-sHCC 结节,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。肝胆期低信号在 sHCC 组和 Non-sHCC 组中的差异无统计学意义(Fisher's 分析, $P>0.05$ ),结果如表 1 所示。

表 1 门脉期无廓清 sHCC 结节与 Non-sHCC 结节的 MRI 征象比较

组别	n/例	动脉期强化/例		移行期信号/例		肝胆期信号/例	
		非环形高强度	无强化	低信号	等高信号	低信号	等高信号
HCC	33	28	5	24	9	29	4
Non-HCC	17	9	8	5	12	15	2
<i>P</i>		<0.05		<0.05		>0.05	

组别	n/例	结节包膜/例		T2WI 信号/例		T1WI 信号/例		DWI 信号/例	
		有包膜	无包膜	轻-中度高信号	等低信号	低信号	等高信号	高信号	等低信号
HCC	33	26	7	31	2	30	3	25	8
Non-HCC	17	1	16	10	7	8	9	6	11
<i>P</i>		<0.05		<0.05		<0.05		<0.05	

### 2.3 影像征象与门脉期无廓清 sHCC 的 Logistic 回归分析

将动脉期非环形强化、移行期低信号、结节包膜、T2WI 轻-中度高信号、T1WI 低信号及 DWI 高信

号进行多因素 Logistic 回归分析,移行期信号、结节包膜是门脉期无廓清 sHCC 的独立危险因素,结果如表 2 所示。

表 2 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 门脉期无廓清 HCC 多因素 Logistic 回归分析

影像征象	$\beta$	SE	Wald $\chi^2$	df	<i>P</i>	OR	95%CI
动脉期非环形强化	-1.077	1.460	0.554	1	>0.05	0.341	0.019~5.599
移行期低信号	2.668	1.335	3.996	1	<0.05	14.406	1.053~197.013
结节包膜	4.232	1.550	7.459	1	<0.05	68.873	3.304~1435.747
DWI 高信号	-0.552	1.303	0.179	1	>0.05	0.576	0.045~7.408
T2WI 轻-中度高信号	1.684	1.857	0.822	1	>0.05	5.388	0.141~205.193
T1WI 低信号	3.730	1.906	3.829	1	0.050	41.689	0.994~1748.261

### 2.4 诊断效能

两者联合应用的诊断准确度高于单独应用移行

期低信号或应用结节包膜诊断的准确度,结果如表 3 所示。

表 3 移行期低信号、结节包膜及两者联合的诊断效能

影像征象及诊断模型	AUC	95%CI	灵敏度/%	特异度/%	准确度/%
移行期低信号	0.717	0.562~0.871	72.7	70.6	72.0
结节包膜	0.865	0.757~0.972	78.8	94.1	84.0
移行期低信号+结节包膜	0.905	0.807~1.000	93.9	70.6	86.0

### 3 讨论

本研究结果显示,Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 检查门脉期无廓清的结节中,sHCC 组的动脉期非环形强化、移行期低信号、结节包膜、T2WI 轻-中度高信号、T1WI 低信号及 DWI 高信号占比均高于 Non-sHCC 组,两组间的差异具有统计学意义。多因素分析结果显示,移行期低信号、结节包膜是门脉期无廓清 HCC 的独立危险因素。移行期低信号、结节包膜诊断门脉期无廓清 sHCC 的灵敏度、特异度、准确度分别为 72.7%、70.6%、72.0 和 78.8%、94.1%、84.0%,两者联合诊断 sHCC 的灵敏度、特异度、准确度分别为 93.9%、70.6%、86.0%。在本研究中,对于不典型 sHCC,当出现移行期低信号、结节包膜时,可以提高诊断 sHCC 的可靠性。在临床工作中,不能仅仅依靠移行期低信号或结节包膜征象诊断不典型 sHCC,需要结合动脉期强化、DWI 高信号、T2WI 轻-中度高信号及 T1WI 低信号等辅助征象来提高对不典型 sHCC 的诊断效能。

Gd-EOB-DTPA 是肝特异性对比剂,正常表达有机阴离子转运多肽(organic anion-transporting polypeptide, OATP)的肝细胞可以摄取对比剂,在移行期或肝胆期表现为等或高信号,而肝功能异常或 OATP 异常表达的表现低信号<sup>[15-16]</sup>。研究<sup>[17-20]</sup>表明,Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 结合肝胆期低信号明显提高诊断 sHCC 的诊断效能。但本研究中,肝胆期低信号在 sHCC 与 Non-sHCC 两组间差异无统计学意义。有研究<sup>[21]</sup>揭示,HGDN 有 30%的结节在肝胆期表现为低信号,同时血管瘤、ICC 为非肝细胞来源肿瘤,在肝胆期大部分表现为低信号。而在本研究中,Non-sHCC 组有 88.23% (15/17)的结节在肝胆期表现为低信号,主要以 HGDN、ICC 为主。本研究结果中肝胆期低信号无统计学意义的原因可能是选择性偏移及样本量较少。研究<sup>[8,22]</sup>表明,把肝囊肿、典型血管瘤和具有靶征的 ICC 排除后,将门脉期廓清延迟到肝胆期,可明显提高检测 HCC 的灵敏度,而对检测的特异度没有明显影响。韩鼎盛等<sup>[23]</sup>研究发现,靶征(DWI 和/或肝胆期靶征)联合 CA199 可以提高鉴别不典型肝细胞癌及肝内肿块型胆管细胞癌的效能,其准确率达 91.2%。PAN 等<sup>[24]</sup>采用 meta

分析,把移行期/肝胆期低信号代替门脉期非边缘廓清作为 LR-5 分类的主要征象,结果显示,基于 LR-5 的诊断模型和新诊断模型有较高的特异度(97% vs 93%)和灵敏度(71% vs 81%),如将移行期/肝胆期低信号作为 LR-5 分类的主要征象,可以提高诊断 HCC 的灵敏度,而对诊断的特异度无明显影响。

结节包膜是典型 HCC 的特征性表现,也是评估 HCC 预后的一个重要因素<sup>[25-27]</sup>。AN 等<sup>[28]</sup>认为,在常规评估门脉期结节包膜的同时,将肝胆期瘤周环形低信号也视为结节包膜,LR-5/LR-5v 对 HCC 具有更高的诊断效能,其灵敏度、准确度、特异度分别为 83.0%、84.1%、91.5%。本研究结果中,结节包膜诊断的灵敏度较低的原因是未将肝胆期瘤周低信号环视为结节包膜。本研究中结节包膜检测的灵敏度、特异度及准确度为 78.8%、94.1%、84.0%,将结节包膜联合移行期低信号时,可以进一步提高诊断门脉期无廓清 sHCC 的灵敏度(93.9%)和准确度(86.0%)。此外结节包膜,特别是强化的结节包膜是 HCC 的预后指标,结节包膜可能有助于限制肿瘤细胞的生长<sup>[29]</sup>,当出现完整包膜时,预示肿瘤的预后较好。

### 4 结论

在肝癌高危因素背景下,Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 对门脉期无廓清 sHCC 的诊断效能较高,将门脉期非边缘性廓清征象延迟至移行期低信号,并联合结节包膜征象,可以进一步提高 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 对门脉期无廓清 sHCC 的诊断效能。

### 参考文献

- [1] 国家卫生健康委办公厅.原发性肝癌诊疗指南(2022 年版)[J].临床肝胆病杂志,2022,38(2):288-303.
- [2] HEIMBACH J K, KULIK L M, FINN R S, et al. AASLD guidelines for the treatment of hepatocellular carcinoma[J]. Hepatology, 2018, 67(1): 358-380.
- [3] WANG W Y, WEI C. Advances in the early diagnosis of hepatocellular carcinoma[J]. Genes Dis, 2020, 7(3): 308-319.
- [4] 《中华肝脏病杂志》编辑委员会,中华医学会肝病学分会肝癌学组.肝细胞癌前病变的诊断和治疗多学科专家共识(2020 版)[J].临床肝胆病杂志,2020,36(3):514-

- 518.
- [5] TSUCHIYA N, SAWADA Y, ENDO I, et al. Biomarkers for the early diagnosis of hepatocellular carcinoma [J]. *World J Gastroenterol*, 2015, 21(37):10573-10583.
- [6] XU Q H, KOBAYASHI S, YE X, et al. Comparison of hepatic resection and radiofrequency ablation for small hepatocellular carcinoma: a meta-analysis of 16,103 patients [J]. *Sci Rep*, 2014, 4:7252.
- [7] RENZULLI M, BISELLI M, BROCCHI S, et al. New hallmark of hepatocellular carcinoma, early hepatocellular carcinoma and high-grade dysplastic nodules on Gd-EOB-DTPA MRI in patients with cirrhosis: a new diagnostic algorithm [J]. *Gut*, 2018, 67(9):1674-1682.
- [8] KIM D H, CHOI S H, KIM S Y, et al. Gadoteric acid-enhanced MRI of hepatocellular carcinoma: value of washout in transitional and hepatobiliary phases [J]. *Radiology*, 2019, 291(3):651-657.
- [9] XIONG J T, LUO J W, BIAN J, et al. Overall diagnostic accuracy of different MR imaging sequences for detection of dysplastic nodules: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur Radiol*, 2022, 32(2):1285-1296.
- [10] WANG J H, QIU Q S, DONG S Y, et al. Diagnostic performance of gadoteric acid-enhanced abbreviated magnetic resonance imaging protocol in small hepatocellular carcinoma ( $\leq 2$  cm) in high-risk patients [J]. *Acta Radiol*, 2023, 64(10):2687-2696.
- [11] HUANG P, ZHOU C W, WU F, et al. An improved diagnostic algorithm for subcentimeter hepatocellular carcinoma on gadoteric acid-enhanced MRI [J]. *Eur Radiol*, 2023, 33(4):2735-2745.
- [12] American College of Radiology. Liver imaging reporting and data system version 2018 [EB/OL]. [2023-11-20]. <http://www.acr.org/Quality-Safety/Resources/LIRADS>.
- [13] OMATA M, CHENG A L, KOKUDO N, et al. Asia-Pacific clinical practice guidelines on the management of hepatocellular carcinoma: a 2017 update [J]. *Hepatol Int*, 2017, 11(4):317-370.
- [14] KUDO M, IZUMI N, KOKUDO N, et al. Management of hepatocellular carcinoma in Japan: consensus-Based Clinical Practice Guidelines proposed by the Japan Society of Hepatology (JSH) 2010 updated version [J]. *Dig Dis*, 2011, 29(3):339-364.
- [15] ZHOU X J, LONG L L, MO Z Q, et al. OATP1B3 expression in hepatocellular carcinoma correlates with intrasessional Gd-EOB-DTPA uptake and signal intensity on Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI [J]. *Cancer Manag Res*, 2021, 13:1169-1177.
- [16] KITAO A, MATSUI O, YONEDA N, et al. Gadoteric acid-enhanced MR imaging for hepatocellular carcinoma: molecular and genetic background [J]. *Eur Radiol*, 2020, 30(6):3438-3447.
- [17] 张岚, 黎雅琳, 韩鼎盛, 等. 微小肝细胞癌 ( $\leq 1$  cm) 的 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 表现 [J]. *中国医学计算机成像杂志*, 2023, 29(1):39-43.
- [18] 柴梦琪, 李娜, 吴英宁, 等. 钆塞酸二钠增强磁共振成像与 CT 增强扫描对肝细胞癌的诊断价值 [J]. *实用放射学杂志*, 2020, 36(7):1077-1080.
- [19] DUNCAN J K, MA N, VREUGDENBURG T D, et al. Gadoteric acid-enhanced MRI for the characterization of hepatocellular carcinoma: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2017, 45(1):281-290.
- [20] 崔玉芝, 时高峰, 刘欢, 等. 关于钆塞酸二钠及钆喷酸葡胺增强 MRI 对肝癌诊断效能的 1:1 匹配的病例对照研究 [J]. *临床放射学杂志*, 2022, 41(1):81-85.
- [21] FUJITA N, NISHIE A, ASAYAMA Y, et al. Hyperintense liver masses at hepatobiliary phase gadoteric acid-enhanced MRI: imaging appearances and clinical importance [J]. *Radiographics*, 2020, 40(1):72-94.
- [22] JOO I, LEE J M, LEE D H, et al. Retrospective validation of a new diagnostic criterion for hepatocellular carcinoma on gadoteric acid-enhanced MRI: can hypointensity on the hepatobiliary phase be used as an alternative to washout with the aid of ancillary features? [J]. *Eur Radiol*, 2019, 29(4):1724-1732.
- [23] 韩鼎盛, 黎雅琳, 黄婷婷, 等. 钆塞酸二钠增强 MRI 对乙型肝炎肝硬化背景下肝内肿块型胆管癌与不典型肝细胞癌的鉴别诊断价值 [J]. *临床放射学杂志*, 2023, 42(6):947-952.
- [24] PAN J H, TAO Y F, CHI X P, et al. Do transition and hepatobiliary phase hypointensity improve LI-RADS categorization as an alternative washout: a systematic review and meta-analysis [J]. *Eur Radiol*, 2022, 32(8):5134-5143.
- [25] ISHIGAMI K, YOSHIMITSU K, NISHIHARA Y, et al. Hepatocellular carcinoma with a pseudocapsule on gadolinium-enhanced MR images: correlation with histopathologic findings [J]. *Radiology*, 2009, 250(2):435-443.

- [26] ZHANG L, YU X, WEI W X, et al. Prediction of HCC microvascular invasion with gadobenate-enhanced MRI: correlation with pathology[J]. *Eur Radiol*, 2020, 30(10): 5327-5336.
- [27] SONG L, LI J W, LUO Y. The importance of a nonsmooth tumor margin and incomplete tumor capsule in predicting HCC microvascular invasion on preoperative imaging examination: a systematic review and meta-analysis[J]. *Clin Imaging*, 2021, 76:77-82.
- [28] AN C, RHEE H, HAN K, et al. Added value of smooth hypointense rim in the hepatobiliary phase of gadoxetic acid-enhanced MRI in identifying tumour capsule and diagnosing hepatocellular carcinoma [J]. *Eur Radiol*, 2017, 27(6): 2610-2618.
- [29] NG I O, LAI E C, NG M M, et al. Tumor encapsulation in hepatocellular carcinoma. A pathologic study of 189 cases[J]. *Cancer*, 1992, 70(1): 45-49.

[收稿日期:2023-11-28]

[责任编辑:涂剑,向秋 英文编辑:李佳睿]