

• 腹部影像学 •

钆塞酸二钠增强 MRI 简化序列对肝细胞癌高危人群的诊断新策略

何旭，韩鼎盛，张嘉诚，许倩，时付坤，黄婷婷，张岚

【摘要】目的：探讨采用钆塞酸二钠(Gd-EOB-DTPA)增强MRI简化序列(AMRI)对肝细胞癌(HCC)高危人群的诊断新策略。**方法：**回顾性搜集2020年1月至2023年6月行Gd-EOB-DTPA动态增强MRI的405例慢性乙型或丙型肝炎和/或肝硬化患者的临床及影像学资料,由2位腹部MRI诊断医师评阅全序列Gd-EOB-DTPA动态增强MRI: T_1 WI+ T_2 WI+动态增强四期(动脉早期、动脉晚期、门脉期和移行期)+扩散加权成像(DWI)+肝胆期(HBP),以及从全序列中提取的两组AMRI:平扫(NC)-AMRI组: T_2 WI+DWI;HBP-AMRI组: T_2 WI+DWI+HBP。将病理和随访结果作为HCC阳性诊断的参考标准,采用Cochran's Q检验比较三组扫描方案的敏感度、特异度和准确度,绘制各组的受试者操作特征(ROC)曲线,并比较曲线下面积(AUC)。**结果：**纳入的227例患者(HCC组137例,非HCC组90例)共检出238个病灶。2位医师对三组扫描方案得到的诊断结果几乎完全一致(K 均>0.80)。全序列组、NC-AMRI和HBP-AMRI组的敏感度分别为95.17%、82.76%和94.48%,特异度分别为96.77%、86.02%和91.39%,准确度分别为95.79%、84.03%和93.28%。三组扫描方案的敏感度(Cochran's Q=34.111, P <0.001)、特异度(Cochran's Q=11.200, P =0.004)和准确度(Cochran's Q=37.152, P <0.001)差异均有统计学意义。两组间比较结果为全序列组的特异度最高,但其敏感度、准确度与HBP-AMRI组差异无统计学意义,NC-AMRI组的敏感度和准确度最低。各组ROC曲线的AUC由高到低依次是全序列组(0.960)、HBP-AMRI组(0.913)、NC-AMRI组(0.844),两组间DeLong检验结果显示差异均有统计学意义(P <0.05)。**结论：**两组AMRI可作为HCC高危人群的诊断新策略,尤其针对无法耐受长时间检查的高危患者,其中HBP-AMRI被认为是最佳的Gd-EOB-DTPA增强MRI简化序列方案。

【关键词】 钆塞酸二钠；肝细胞癌；肝胆特异期；磁共振成像；简化序列；诊断策略

【中图分类号】 R735.7;R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2024)09-1190-09

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2024.09.012

开放科学(资源服务)标识码(OSID)：



The abbreviated gadoxetate-enhanced MRI in high-risk patients:a novel diagnostic strategy for hepatocellular carcinoma HE Xu, HAN Ding-sheng, ZHANG Jia-cheng, et al. Department of MRI, the First Affiliated Hospital of Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450000, China

【Abstract】 Objective: To investigate a novel diagnostic strategy for the high-risk population of hepatocellular carcinoma (HCC) using abbreviated gadoxetic acid disodium (Gd-EOB-DTPA)-enhanced MRI (AMRI). **Methods:** The clinical and imaging data of 405 patients from January 2020 to June 2023 with chronic hepatitis B or C and/or liver cirrhosis were retrospectively analyzed, and all patients underwent Gd-EOB-DTPA dynamic enhanced MRI. The complete Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI, including T_1 WI, T_2 WI, four dynamic contrast-enhanced phases, diffusion-weighted imaging (DWI) and hepatobiliary phase (HBP), and 2 sets of AMRI extracted from the full sequences, including non-contrast (NC)-AMRI set (T_2 WI+DWI) and HBP-AMRI (T_2 WI+DWI+HBP) were reviewed by two abdominal MRI diagnostic doctors. The diagnosis of positive HCC was based on pathological and follow-up findings. Cochran's Q test was used to compare the sensitivity, specificity, and ac-

作者单位：450000 郑州,河南中医药大学第一附属医院 MRI 科(何旭、韩鼎盛、张嘉诚、许倩、时付坤、张岚),放射科(黄婷婷);450000 郑州,河南中医药大学中医药信息智能分析与利用郑州市重点实验室(何旭、韩鼎盛、张嘉诚、许倩、时付坤、张岚)

作者简介：何旭(1999—),女,安徽亳州人,硕士,主要从事腹部影像学研究工作。

通讯作者：张岚,E-mail:13837187787@163.com

基金项目：医学科学研究基金 2022 年科研项目(YWJKJJHKYJJ-BXS5-22039);河南省自然科学基金面上项目(232300421187);河南省中医药科学研究专项课题(2024ZY3008)

curacy of three sets and receiver operating characteristic (ROC) curves was depicted, and the area under the ROC curves (AUC) was compared. **Results:** Among the 227 included patients (137 HCC-positive and 90 HCC-negative), a total of 238 lesions were detected. The diagnostic results obtained by the three scanning protocols were almost completely consistent ($K > 0.80$) by both physicians. The sensitivity of the full Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI, NC-AMRI, and HBP-AMRI were 95.17%, 82.76%, and 94.48%; the specificity was 96.77%, 86.02%, and 91.39%; and the accuracy were 95.79%, 84.03%, and 93.28%, respectively. The sensitivity (Cochran's Q = 34.111, $P < 0.001$), specificity (Cochran's Q = 11.200, $P = 0.004$), and accuracy (Cochran's Q = 37.152, $P < 0.001$) among 3 sets were statistically significant. When every two sets were compared, the highest specificity was found in the full Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI, but sensitivity and accuracy were not statistically different between the full Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI and HBP-AMRI, and the lowest sensitivity and accuracy was found in the NC-AMRI. The AUCs of three sets in descending order were full Gd-EOB-DTPA-enhanced MRI (0.960), HBP-AMRI (0.913), and NC-AMRI (0.844), and the difference between every two sets was statistically significant after DeLong's test ($P < 0.05$). **Conclusion:** Both AMRI sets could be used as a new diagnostic strategy for high-risk population of HCC, especially for patients who cannot tolerate prolonged examinations, and HBP-AMRI is considered to be the optimal abbreviated sequence protocol for Gd-EOB-DTPA contrast-enhanced MRI.

【Key words】 Gadoxetic acid disodium; Hepatocellular carcinoma; Hepatobiliary phase; Magnetic resonance imaging; Abbreviated sequences; Diagnostic strategy

肝细胞癌(Hepatocellular carcinoma, HCC)是我国第4位最常见的恶性肿瘤,也是全球癌症相关死亡的第4大病因^[1-2]。与西方国家不同,我国HCC患者主要以慢性乙型或丙型病毒性肝炎和/或肝硬化为背景^[3],就诊时超过70%的患者已发展到HCC中晚期,错过了根治性治疗的最佳时机,其5年生存率低于10%^[4]。因此早期发现和及时干预对提高HCC患者的生存率至关重要。根据我国原发性肝癌诊疗指南^[5],HCC高危人群推荐每半年行超声检查联合血清甲胎蛋白(Alpha fetoprotein, AFP)检测。然而大量研究表明^[6],超声对慢性肝炎和肝硬化背景下的HCC肝内病灶的诊断敏感度较低,并且AFP在部分病毒性肝炎或肝硬化患者中可观察到不同程度的升高,降低了诊断特异度,所以仅靠超声检查联合血清AFP易发生漏诊和误诊。肝脏影像报告和数据系统(liver imaging reporting and data system, LI-RADS)中将CT/MRI动态增强动脉期呈非环形高强化(arterial phase hyperenhancement, APHE)及门脉期非周边廓清作为HCC的影像学诊断标准^[7],但部分不具有显著动脉供血特征的HCC强化模式往往不典型,影像学诊断具有较大的挑战性。肝脏特异性对比剂钆塞酸二钠(gadolinium ethoxybenzyl diethylenetriamine penta-acetic acid, Gd-EOB-DTPA)兼具肝细胞特异性和细胞外对比剂的特点,不仅能提供传统的多参数动态增强图像,同时还能提供反映肝细胞功能的肝胆期(hepatobiliary phase, HBP)图像^[8]。采用Gd-EOB-DTPA

增强MRI可显著提高非典型HCC和小肝细胞癌(small hepatocellular carcinoma, sHCC)的早期检出率^[9-10]。然而,全序列Gd-EOB-DTPA动态增强MRI检查成本高、检查时间长,对设备要求高,通常不被临床选择作为HCC高危患者的首选检查方式。根据第九届肝脏MRI国际论坛专家共识和多个研究表明^[11-13],在节约时间和经济成本的同时又能保证诊断效能的前提下,肝脏MRI检查只需扫描重要的序列即简化MRI序列(abbreviated magnetic resonance imaging, AMRI),AMRI是从完整的Gd-EOB-DTPA动态增强MRI中提取部分序列重组扫描方案。既往一项针对HCC高危患者的前瞻性研究发现^[14],AMRI诊断的敏感度(86.0%)远高于超声(27.9%),且与完整的Gd-EOB-DTPA动态增强MRI近似(90.7%)。因此,本研究从完整的Gd-EOB-DTPA动态增强MRI中提取并重组成两组AMRI方案,为HCC的临床诊断探索简单可行的检查方法,旨在找到最佳的AMRI作为HCC高危患者的诊断新策略。

材料与方法

1. 病例资料

回顾性分析2020年1月至2023年6月于河南中医药大学第一附属医院行完整Gd-EOB-DTPA动态增强MRI检查的慢性乙型或丙型病毒性肝炎和/或肝硬化患者的临床及影像学资料。病例纳入标准:①行肝脏超声或CT检查后可疑HCC,遂行MRI进一步

检查;②检查前未接受过任何相关辅助治疗;③MRI 检查后 1 个月内经穿刺或手术获取病理结果,或 6 个月以上的影像随访监测;④单个病灶直径<5 cm 或多发病灶(至多 3 个)中最大直径不超过 3 cm^[15]。病例排除标准:①图像质量较差或伪影严重而无法评估者;②已知患有肝外恶性肿瘤史或继发性肝转移瘤;③因胆道梗阻或肝功能较差而无法获取肝胆期图像。本研究最终纳入 227 例患者,其中男 122 例,女 105 例,年龄 23~88 岁,平均(56.48±13.94)岁;其中 191 例为慢性乙型肝炎,36 例为慢性丙型肝炎,200 例患有肝硬化,154 例肝功能评估异常。本研究获得河南中医药大学第一附属医院伦理委员会批准(批准号:2023HL-034-01),所有患者均签署 MRI 增强知情同意书。

2. 检查方法

MRI 检查采用 Philips Ingenia 3.0T MR 和 16 通道腹部线圈。扫描序列依次为:①快速自旋回波 T₂WI 冠状面;②3D 扰相位梯度回波序列 T₁WI 同反相位;③T₁WI 动态增强,采用 mDixon FFE 多回波序列,经肘静脉以 1 mL/s 流率推注 Gd-EOB-DTPA (0.025 mmol/kg, 显爱, 正大天晴药业公司),采集动脉早期(15 s)、动脉晚期(20 s)、门脉期(60 s)和移行期(180 s)图像;④快速自旋回波 T₂WI 横轴面;⑤扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI),采用单次激发平面回波序列,b 值取 0、800 s/mm²;⑥快速自旋回波脂肪抑制 T₂WI 序列横轴面;⑦肝胆期(HBP),于注射对比剂后 15~20 min 采集图像。扫描序列及参数见表 1。

3. HCC 综合判断标准

HCC 阳性组:①Gd-EOB-DTPA 动态增强 MRI

检查后 1 个月内,经穿刺或手术获取病理结果证实为 HCC;②所有病灶归类为 2018 版 LI-RADS 3、4 和 LI-RADS M 的患者,在第一次全序列 Gd-EOB-DTPA 动态增强检查后 6 个月内经影像学随访发现升级为 LI-RADS 5 时,则判断为 HCC 阳性^[16]。

HCC 阴性组:①Gd-EOB-DTPA 动态增强 MRI 病灶归类为 LI-RADS 1/2 类;②归类为 LI-RADS 3、4 和 LI-RADS M 的病灶在 6~12 个月内影像学保持稳定,随访无任何变化^[17];③Gd-EOB-DTPA 动态增强 MRI 检查后 1 个月内,病理证实为非 HCC 等肝内恶性肿瘤。

4. 简化序列方案

从全序列中提取两组简化方案,分别为平扫组(non-contrast abbreviated MRI, NC-AMRI):T₂WI+DWI 和肝胆组(HBP abbreviated MRI, HBP-AMRI):T₂WI+DWI+HBP。此两组 AMRI 作为 HCC 高危患者的诊断新策略。根据 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 扫描方案专家共识^[18],为缩短总检查时间,T₂WI 和 DWI 可移至移行期后扫描。两组 AMRI 相对应的扫描时间(未计算患者检查前的准备时间)见图 1。

5. 图像分析

由 2 位具有 5 年以上腹部 MRI 诊断经验的主治医师在已知研究对象为 HCC 高危人群的背景下评阅患者的 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 图像,意见不一致时引入第 3 位具有 10 年以上诊断经验的高年资医师,经讨论达成共识。为了减少回忆偏倚对诊断准确率的影响,三组扫描方案随机分布且对每组方案的评估至少间隔 3 周。记录指标包括:①病灶部位和直径(2 位医师分别于 HBP 选取病灶最大横轴面的长径作为最

表 1 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 扫描序列及其参数

序列	TR (ms)	TE (ms)	层厚 (mm)	层间距 (mm)	矩阵
快速自旋回波 T ₂ WI 冠状面	1250.0	80.00	6	1.0	268×176
3D 扰相位梯度回波序列 T ₁ WI 同反相位	10.0	2.30	6	1.0	268×176
mDixon FFE 多回波序列 T ₁ WI 增强	3.1	1.06	5	2.5	180×200
快速自旋回波 T ₂ WI 横轴面	582.0	80.00	7	1.0	320×282
快速自旋回波脂肪抑制 T ₂ WI 横轴面	566.0	70.00	7	1.0	252×222
DWI	2400.0	65.00	7	1.0	132×114
HBP	3.7	1.32	4	2.0	200×200

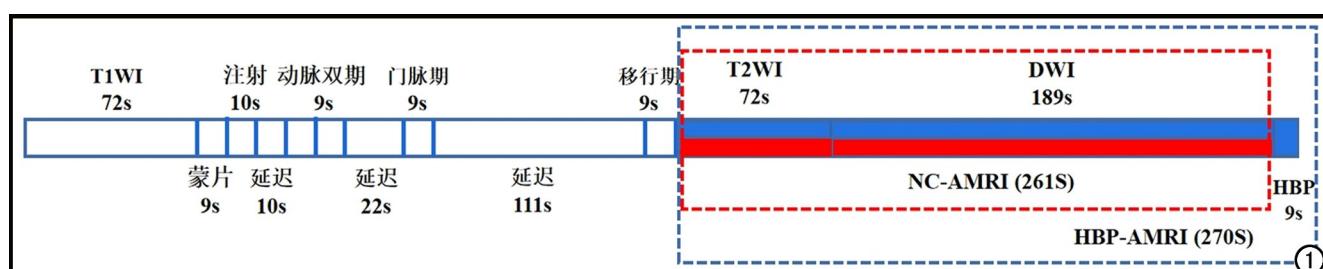


图 1 两组简化方案的扫描时间。

大径,然后取平均值);②病灶信号强度划分为高、等和低信号(以周围正常肝实质作为参考)。

当患者有≥1个病灶符合以下三组方案的影像诊断标准时,则判断为 HCC 阳性,反之为 HCC 阴性。Gd-EOB-DTPA 增强全序列 MRI 的 HCC 诊断标准(符合以下 4 条,图 2):①参考 LI-RADS(2018 版),当病灶直径<20 mm 时,APHE 且门脉期非周边廓清;当病灶直径≥20 mm 时,APHE 伴门脉期非周边廓清和/或强化包膜;②T₂WI 上病灶呈高信号(囊肿或血管瘤高亮信号除外);③病灶呈扩散受限表现,即 DWI 上与周围肝实质相比呈高信号,对应的表观扩散系数图(apparent diffusion coefficient, ADC)上呈低信号^[19];④HBP 病灶呈低信号。NC-AMRI 的 HCC 诊断标准:①T₂WI 上病灶呈高信号(囊肿或血管瘤高亮信号除外);②病灶在 DWI 上呈扩散受限。HBP-AMRI 的 HCC 诊断标准:①T₂WI 上病灶呈高信号(囊肿或血管瘤高亮信号除外);②病灶在 DWI 上扩散受限;③HBP 病灶呈低信号。

6. 统计学分析

采用 SPSS 26.0 和 MedCacl 软件行统计学分析。定量数据符合正态分布者以均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,偏态分布者以中位数(M)(25%~75%)表示,组间比较采用独立样本 t 检验或 Mann-Whitney U 检验。分类变量以率(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 精确概率法。Kappa 系数(K)用于评估 2 位医师在各组扫描方案之间诊断的一致性,一致性水平划分为差($K < 0.02$)、轻微($0.02 \leq K \leq 0.2$)、一般($0.2 < K \leq 0.4$)、中等($0.4 < K \leq 0.6$)、好($0.6 < K \leq 0.8$)和几乎完全一致($K > 0.8$)。将三组扫描方案的影像诊断结果与病例分组进行比较,计算其敏感度、特异度、准确度、阳性预测值(positive predictive value, PPV)、阴性预测值(negative predictive value, NPV)及其 95% 置

信区间(95% confidence interval, 95% CI)。采用 Cochran's Q 检验比较三组扫描方案的诊断效能,运用 Dunn's 检验(经 Bonferroni 法校正)进行事后两两比较。绘制各组方案的受试者操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线,曲线下面积(area under curve, AUC)的组间比较采用 DeLong 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 临床特征

本研究纳入 227 例患者,共计 238 个病灶(218 例单发,9 例多发)。HCC 组患者 137 例,共 145 个病灶,年龄 26~88 岁,临床表现:121 例肝硬化,112 例 HBV 感染,25 例 HCV 感染,Child-Pugh A、B 和 C 级患者分别为 98 例、22 例和 8 例,肝功能正常 9 例。非 HCC 组患者 90 例,共 93 个病灶,年龄 23~80 岁,临床表现:79 例肝硬化,79 例 HBV 感染,11 例 HCV 感染,Child-Pugh A、B 和 C 级分别为 56 例、16 例和 5 例,肝功能正常 13 例。通过对两组患者的临床特征进行比较,结果显示 HCC 组的平均年龄更高且 AFP 升高($\geq 7 \text{ ng/mL}$)更多见,差异具有统计学意义($P < 0.05$,表 2)。

2. 医师间诊断的一致性及全序列组、NC-AMRI 与 HBP-AMRI 三组方案的诊断效能比较

医师间一致性检验结果显示,NC-AMRI ($K = 0.806$)、HBP-AMRI ($K = 0.825$) 和全序列组 ($K = 0.870$) 三组中,2 位医师对 HCC 的诊断几乎完全一致 (K 均 > 0.80)。全序列组、NC-AMRI 与 HBP-AMRI 三组方案诊断 HCC 的敏感度、特异度、准确度、PPV 和 NPV 见表 3。全序列组的特异度最高,但其敏感度、准确度与 HBP-AMRI 组差异无统计学意义,三组中 NC-AMRI 组的敏感度和准确度最低(表 4)。各组

表 2 两组患者的临床特征比较 (n, %)

特征	HCC 组 (n=137)	非 HCC 组 (n=90)	t/ χ^2 值	P 值
性别			0.197	0.657
男	72(52.5)	50(55.6)		
女	65(47.5)	40(44.4)		
年龄(岁)	58.17±13.86	53.90±13.75	2.280	0.024
慢性肝病			1.478	0.267
HBV	112 (81.7)	79 (87.8)		
HCV	25 (18.2)	11 (12.2)		
肝硬化	121 (88.3)	79 (87.8)	0.015	0.902
AFP (ng/mL)	10.85±9.41	8.44±6.16	2.142	0.033
Child-Pugh			1.665	0.096
A 级	98(71.5)	56(62.2)		
B 级	22(16.1)	16(17.8)		
C 级	8(5.8)	5(5.6)		
正常	9(6.6)	13(14.4)		

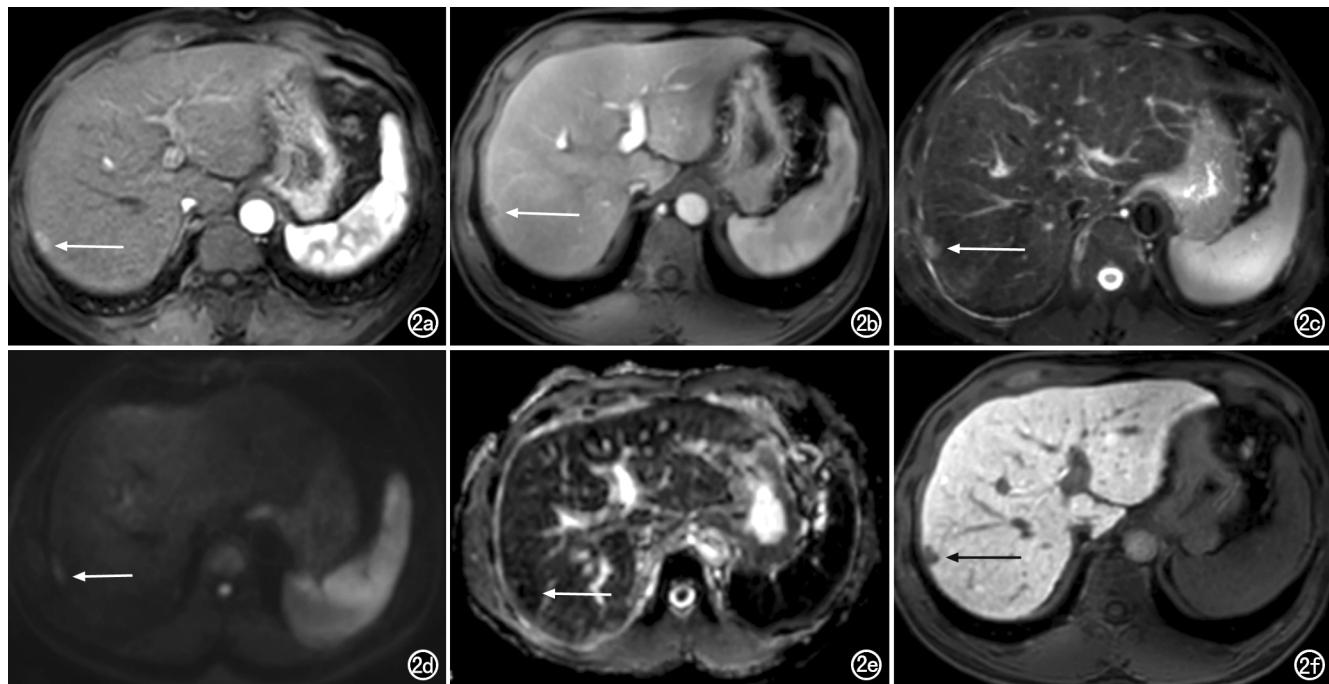


图 2 患者,男,46岁,经手术证实为HCC,乙肝伴肝硬化,病灶位于S7段(箭),横轴面最大径10 mm。c+d+e为NC-AMRI组,c+d+e+f为HBP-AMRI组。a) 动脉晚期示病灶呈明显强化; b) 门脉期廓清;c) T₂WI示病灶呈高信号;d) DWI示病灶扩散受限,呈高信号;e) ADC图示病灶呈低信号;f) HBP图示病灶呈低信号。

ROC 曲线的 AUC 由高到低依次是全序列组(AUC=0.960, 95% CI: 0.926~0.981)、HBP-AMRI 组(AUC=0.913, 95% CI: 0.870~0.946)、NC-AMRI 组(AUC=0.844, 95% CI: 0.791~0.888)(图 3), 两组间 DeLong 检验结果显示差异均有统计学意义($P < 0.05$)。

如图 4 所示,该患者经病理证实为早期 HCC,因病灶未出现 APHE,全序列组误诊为 HCC 阴性,而 HBP-AMRI 组与 NC-AMRI 组均正确诊断为 HCC 阳性。如图 5 所示,该患者经病理证实为肝内胆管癌(intrahepatic cholangiocarcinoma, ICCA),通过观察病灶在 DWI 和 HBP 的“靶征”表现,三组方案均判断该病灶分类为 LI-RADS M,即非 HCC 的恶性肿瘤。如图 6 所示,该患者经病理证实为高级别不典型增生结节(high grade dysplastic nodules, HGDN),该病灶无动脉期强化,T₂WI 和 DWI 均呈低信号,仅 HBP 呈低信号,因此三组方案均诊断为 HCC 阴性。

讨 论

目前 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 在临床的广泛应

表 4 三组扫描方案间诊断效能的两两比较

诊断指标/组别	Z 值	调整后的 P 值
敏感度		
1 versus 2	5.196	<0.001
1 versus 3	0.289	1.000
2 versus 3	4.907	<0.001
特异度		
1 versus 2	3.162	0.005
1 versus 3	2.530	0.034
2 versus 3	0.632	1.000
准确度		
1 versus 2	5.970	<0.001
1 versus 3	1.919	0.165
2 versus 3	4.051	<0.001
AUC		
1 versus 2	5.463	<0.001
1 versus 3	3.094	0.002
2 versus 3	3.016	0.002

注:1、2、3 组分别对应全序列组、NC-AMRI 组、HBP-AMRI 组。

用,使得早期 HCC 的检出率和确诊率显著提高,尤其对直径≤2 cm 的 sHCC,优于增强 CT 和细胞外对比剂增强 MRI^[10]。Gd-EOB-DTPA 可被正常肝细胞膜窦面的有机阴离子转运多肽 1B3 转运至细胞内,再由肝细胞膜胆系面细胞上的载体多药耐药相关蛋白 2

表 3 全序列组、NC-AMRI 与 HBP-AMRI 三组方案的诊断效能比较 (%)

分组	敏感度(95%CI)	特异度(95%CI)	准确度(95%CI)	PPV(95%CI)	NPV(95%CI)
全序列组	95.17(90.31~98.04)	96.77(90.86~99.33)	95.82(92.44~97.97)	97.87(93.79~99.29)	92.78(86.18~96.36)
NC-AMRI 组	82.76(75.61~88.52)	86.02(77.28~92.34)	84.03(78.75~88.45)	90.23(84.72~93.89)	76.19(68.94~82.19)
HBP-AMRI 组	94.48(89.42~97.59)	88.17(79.82~93.94)	92.02(87.81~95.12)	92.56(87.16~95.59)	91.11(87.81~95.12)

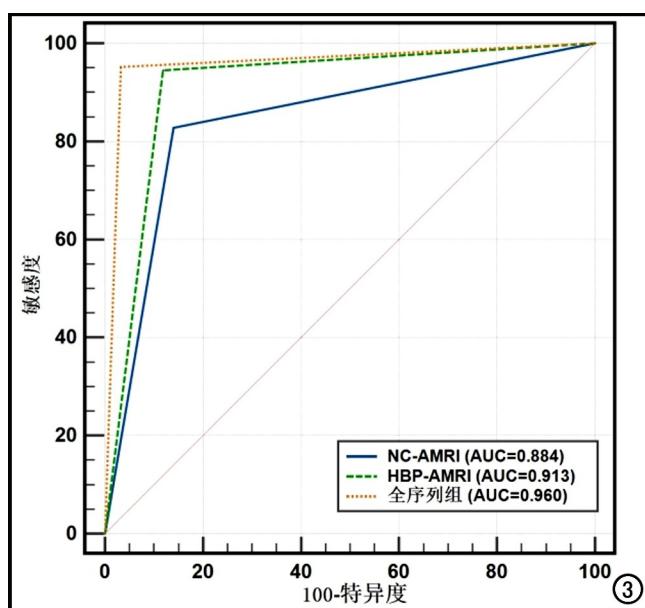


图 3 三组扫描方案的 ROC 曲线。

(Multidrug resistance-associated protein2, MRP2) 排泄入胆系, 从而获得特异的 HBP 图像。HCC 因不含正常肝细胞, 其细胞膜表面有机阴离子转运多肽 1B3 表达下降, 在 HBP 上多呈低信号, 与周围正常肝实质形成鲜明对比, 有利于 HCC 的检出。但 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 全序列扫描时间较长, 全程需 20 min 左右。另外, 行全序列 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 检查时, 部分患者由于年龄、胸水和慢性阻塞性肺病等会引起屏气困难, 于动脉早期出现一过性严重的呼吸性

运动伪影^[20], 造成动脉期图像质量下降。因此, 本研究从全序列 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 中提取并重组了 2 组 AMRI 方案, 分别为 NC-AMRI 组和 HBP-AMRI 组。两组 AMRI 的扫描时间均短于 5 min 且均不采集动态增强图像, 与全序列扫描相比简化了工作流程, 极大地降低了时间成本和伪影发生的频率, 更适合身体状况较差无法耐受长时间 MRI 检查的高危患者。

本研究 NC-AMRI 组方案由 T₂WI 和 DWI 构成, T₂WI 能排除部分高亮信号的良性病变(如血管瘤和囊肿), 对检测肝脏局灶性病变具有较高的敏感度^[21]。DWI 在鉴别肝脏病变良恶性方面具有重要的临床价值, 大部分 HCC 表现为扩散受限, 这归因于肿瘤细胞异质性改变、细胞密度增加和细胞板增厚等, 导致病灶在高 b 值 DWI 上呈现高信号^[22]。此外, DWI 是鉴别早期 HCC(乏血供 HCC)与 HGDN 的重要序列之一^[23]。但 NC-AMRI 诊断 HCC 的敏感度只有 82.76%, 明显低于全序列(95.17%), 与 Vietti Violi 等^[17]的研究结果近似, 原因可能为部分 HCC 在 T₂WI 上表现为等或稍低信号, 而肝硬化引起的异质背景肝实质易掩盖病灶导致病灶的检出率下降^[24]。虽然 NC-AMRI 对 HCC 的诊断效能较低, 但其无需注射对比剂, 节省了经济成本且能避免钆对比剂对肾脏代谢的负担, 扫描时间仅需 4~5 min, 大大节省了时间成本。对于合并肾功能不全或对钆剂过敏的高危患者, NC-AMRI 可被推荐为一种可供替代选择的用

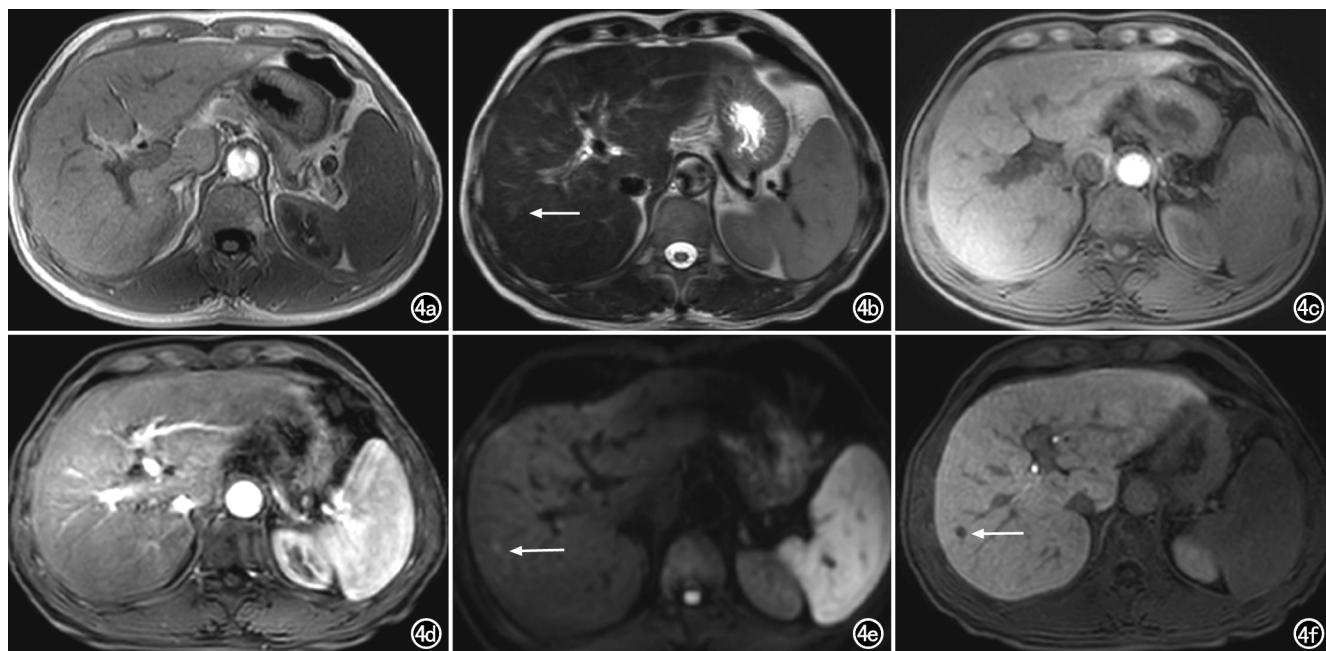


图 4 患者, 男, 60岁, 早期 HCC, 乙肝伴肝硬化失代偿期, 病灶位于 S8 段(箭), 横轴面最大径 7.9 mm。a) T₁WI 示病灶呈等信号; b) T₂WI 示病灶呈稍高信号; c) 动脉期示病灶呈等信号; d) 门脉期示病灶呈等信号; e) DWI 示病灶中央呈高信号, 边缘呈低信号; f) HBP 示病灶呈低信号。

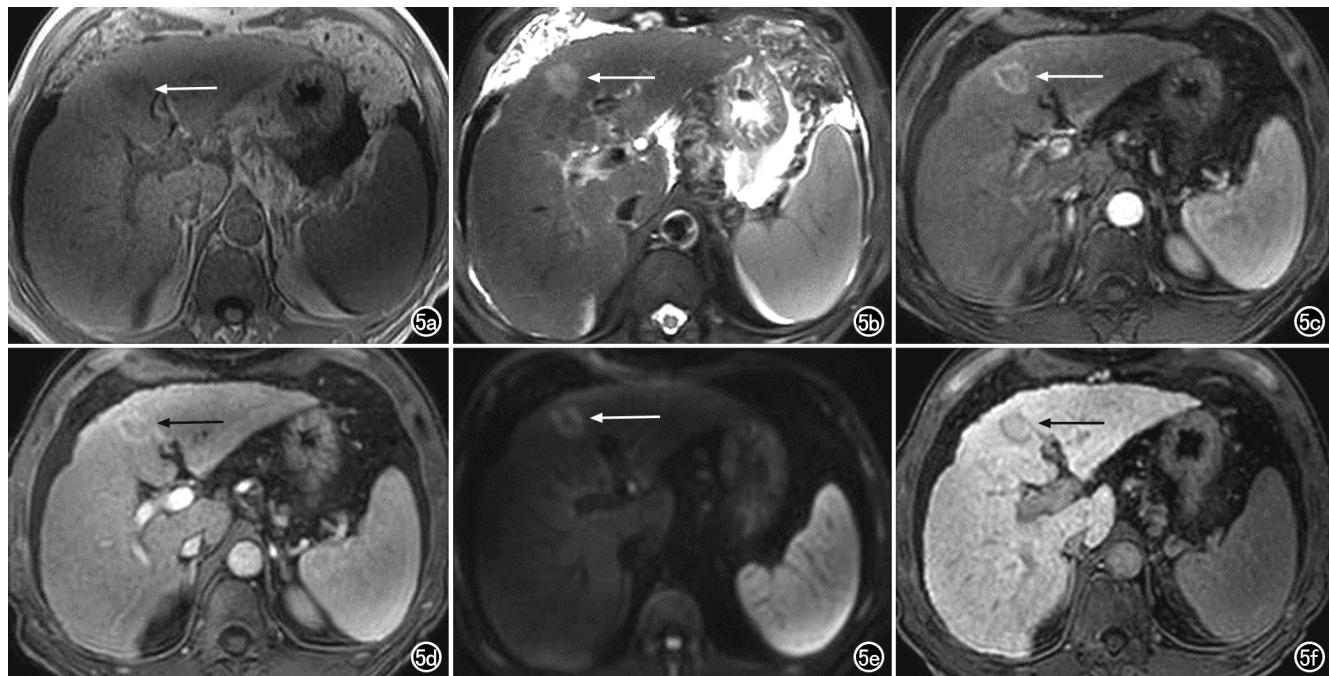


图 5 患者,男,62岁,ICCA,乙肝伴肝硬化,病灶位于S4段(箭),横轴面最大径24 mm。a) T₁WI示病灶呈低信号;b) T₂WI示病灶呈高信号;c) 动脉期示病灶边缘呈环形强化;d) 门脉期示病灶环形强化;e) DWI示病灶呈靶样高信号;f) HBP示病灶呈“靶征”。

于诊断HCC的新策略。

本研究结果显示,虽然HBP-AMRI的特异度和AUC低于全序列Gd-EOB-DTPA增强MRI组,但其敏感度与全序列组相似,且特异度与准确度并不低。Wei等^[25]比较了T₂WI呈中-高信号、DWI高信号、APHE、门脉期廓清和HBP低信号等5个诊断HCC

的影像学征象,结果表明HBP低信号的敏感度最高。Kang等^[26]通过比较肝脏的LI-RADS辅助影像学特征亦发现,HBP低信号是HCC最高频、关联性最强的辅助征象,其次为DWI扩散受限和T₂WI中-高信号。HBP对检测直径≤2 cm的HCC敏感度非常高,尤其针对部分分化程度高的sHCC缺乏典型的影像学征

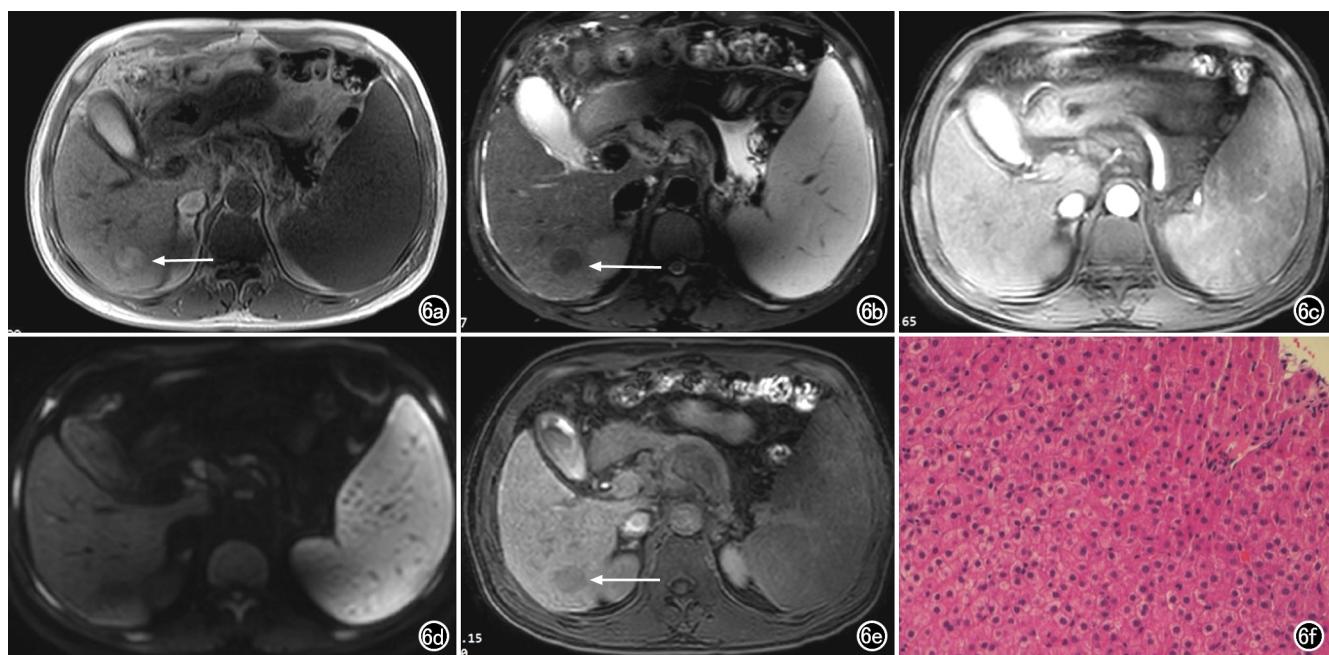


图 6 患者,男,54岁,HGDN,病灶位于S6段(箭),横轴面最大径为25 mm。a) T₁WI示病灶呈高信号;b) T₂WI示病灶呈低信号;c) 动脉期示病灶呈等信号;d) DWI示病灶无扩散受限;e) HBP示病灶呈低信号;f) 病理证实为HGDN(×200,HE)。

象,或乏血供 HCC 和早期 HCC 因不成对的肝动脉未形成,门静脉减少,而无“APHE 和门脉期非周边廓清”的影像学表现时,在 HBP 图像上,周围肝实质呈高信号的背景衬托下 HCC 呈低信号,从而提高了诊断的敏感度和检出率^[23]。本研究 HBP-AMRI 在 NC-AMRI 的基础上增加了 HBP 序列,HBP 成像通常在注射对比剂后 15~20 min 扫描。临床实践中,工作流程可简化为患者在扫描间外注射 Gd-EOB-DTPA 后 10 min 左右进入扫描间内,依次行 T₂WI、DWI 和 HBP 扫描。此流程可缩短总检查时间,为患者和医师节省时间成本的同时保证了其诊断效能能够满足临床需求。此外,HBP 和 DWI 出现“靶征”表现时,有助于排除部分非 HCC 的恶性肿瘤,如 ICCA、混合型肝细胞癌-胆管癌或转移瘤等,能够提高诊断的特异度^[27]。因此,相比全序列扫描而言,HBP-AMRI 可以一次性注射对比剂,避免动脉期一过性运动伪影的出现,方便静脉注射困难和无法配合呼吸训练的高危患者进行 MRI 增强检查^[28],有望成为全序列 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 可供选择替代的 HCC 诊断新策略。

本研究存在以下局限性:①本研究是回顾性研究,且所有患者都来自同一个中心,为验证 AMRI 的临床价值和可重复性,前瞻性多中心研究应作为进一步研究的方向;②本研究仅纳入慢性乙型或丙型病毒性肝炎和/或肝硬化患者,未评估其他 HCC 风险因素;③并非所有病变均得到病理证实,可能出现错误分类偏倚和确定性偏倚导致对 AMRI 的判断存在高估或低估的偏差;④由于本研究大部分患者第一次行 Gd-EOB-DTPA 动态增强 MRI 检查,无法获取既往影像资料,因此未能考虑 LI-RADS 中病灶阈值增长这一 HCC 诊断标准。

综上所述,HBP-AMRI 与 NC-AMRI 两组简化序列方案作为 HCC 高危人群的诊断新策略,尤其针对无法耐受长时间检查的高危患者,有较大的临床潜力成为全序列 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 可供选择的替代方案,其中 HBP-AMRI 的敏感度和准确度与全序列近似,且诊断效能较高,被认为是最佳的 Gd-EOB-DTPA 增强 MRI 简化序列方案。

参考文献:

- [1] Jaferian S, Soleymaninejad M, Negahdari B, et al. Stem cell, biomaterials and growth factors therapy for hepatocellular carcinoma [J]. Biomed Pharmacother, 2017, 88: 1046-1053.
- [2] Maucourt-Boulch D, Martel CD, Franceschi S, et al. Fraction and incidence of liver cancer attributable to hepatitis B and C viruses worldwide [J]. Int J Cancer, 2018, 142(12): 2471-2477.
- [3] Choo SP, Tan WL, Goh BKP, et al. Comparison of hepatocellular carcinoma in Eastern versus Western populations [J]. Cancer, 2016, 122(22): 3430-3446.
- [4] Whang S, Choi MH, Choi JI, et al. Comparison of diagnostic performance of non-contrast MRI and abbreviated MRI using gadoxetic acid in initially diagnosed hepatocellular carcinoma patients: a simulation study of surveillance for hepatocellular carcinomas [J]. Eur Radiol, 2020, 30(8): 4150-4163.
- [5] 中华人民共和国国家卫生健康委员会医政医管局.原发性肝癌诊疗指南(2022 年版)[J].中华消化外科杂志,2022, 21(2): 143-168.
- [6] Tillman BG, Gorman JD, Hru JM, et al. Diagnostic per-lesion performance of a simulated gadoxetate disodium-enhanced abbreviated MRI protocol for hepatocellular carcinoma screening [J]. Clin Radiol, 2018, 73(5): 485-493.
- [7] Caraiani C, Boca B, Bura V, et al. CT/MRI LI-RADS v2018 vs. CEUS LI-RADS v2017-can things be put together? [J]. Biology (Basel), 2021, 10(5): 412.
- [8] Li XH, Liang Q, Chen TW, et al. Diagnostic value of imaging examinations in patients with primary hepatocellular carcinoma [J]. World J Clin Cases, 2018, 6(9): 242-248.
- [9] 杨丽,曾蒙苏,饶圣祥,等.微小肝细胞癌($\leq 1\text{cm}$)的钆塞酸二钠增强 MRI 表现分析[J].放射学实践,2020,35(1): 50-55.
- [10] 张岚,韩鼎盛,黎雅琳,等.微小肝细胞癌的侦察兵-钆塞酸二钠增强 MRI 的策略[J].中国医学影像学杂志,2022, 30(10): 979-980.
- [11] Koh DM, Ba-Ssalamah A, Brancatelli G, et al. Consensus report from the 9th International Forum for Liver Magnetic Resonance Imaging: applications of gadoxetic acid-enhanced imaging [J]. Eur Radiol, 2021, 31(8): 5615-5628.
- [12] Yokoo T, Masaki N, Parikh ND, et al. Multicenter validation of abbreviated MRI for detecting early-stage hepatocellular carcinoma [J]. Radiology, 2023, 307(2): e220917.
- [13] Gao F, Wei Y, Zhang T, et al. New liver MR imaging hallmarks for small hepatocellular carcinoma screening and diagnosing in high-risk patients [J]. Front Oncol, 2022, 12: 812832.
- [14] Park HJ, Kim SY, Singal AG, et al. Abbreviated magnetic resonance imaging vs. ultrasound for surveillance of hepatocellular carcinoma in high-risk patients [J]. Liver Int, 2022, 42(9): 2080-2092.
- [15] Mazzaferro V, Regalia E, Doci R, et al. Liver transplantation for the treatment of small hepatocellular carcinomas in patients with cirrhosis [J]. N Engl J Med, 1996, 334(11): 693-699.
- [16] Heimbach JK, Kulik LM, Finn RS, et al. AASLD guidelines for the treatment of hepatocellular carcinoma [J]. Hepatology, 2018, 67(1): 358-380.
- [17] Vietti Violi N, Lewis S, Liao J, et al. Gadoxetate-enhanced abbreviated MRI is highly accurate for hepatocellular carcinoma screening [J]. Eur Radiol, 2020, 30(11): 6003-6013.
- [18] 夏春潮.肝胆特异性对比剂钆塞酸二钠增强 MRI 扫描方案专家共识[J].临床肝胆病杂志,2020, 36(3): 519-521.
- [19] Sutherland T, Watts J, Ryan M, et al. Diffusion-weighted MRI for hepatocellular carcinoma screening in chronic liver disease: direct comparison with ultrasound screening [J]. J Med Imaging Radiat Oncol, 2017, 61(1): 34-39.
- [20] Jang EB, Kim DW, Choi SH, et al. Transient severe motion artifacts on gadoxetic acid-enhanced MRI: risk factor analysis in 2230 patients [J]. Eur Radiol, 2022, 32(12): 8629-8638.
- [21] Huang P, Zhou C, Wu F, et al. An improved diagnostic algorithm for subcentimeter hepatocellular carcinoma on gadoxetic acid-en-

- hanced MRI[J].Eur Radiol,2023,33(4):2735-2745.
- [22] Zhang J,Qiu Q,Duan J,et al.Variability of radiomic features extracted from multi-b-value diffusion-weighted images in hepatocellular carcinoma[J].Transl Cancer Res,2019,8(1):130-140.
- [23] 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.
- [24] Kim DH,Choi SH,Shim JH,et al.Meta-analysis of the accuracy of abbreviated magnetic resonance imaging for hepatocellular carcinoma surveillance:non-contrast versus hepatobiliary phase-abbreviated magnetic resonance imaging[J].Cancers (Basel),2021,13(12):2975.
- [25] Wei Y,Ye Z,Yuan Y,et al.A new diagnostic criterion with ga-
- doxetic acid-enhanced MRI may improve the diagnostic performance for hepatocellular carcinoma[J].Liver Cancer,2020,9(4):414-425.
- [26] Kang JH,Choi SH,Byun JH,et al.Ancillary features in the Liver Imaging Reporting and Data System:how to improve diagnosis of hepatocellular carcinoma ≤ 3 cm on magnetic resonance imaging[J].Eur Radiol,2020,30(5):2881-2889.
- [27] 韩鼎盛,黎雅琳,黄婷婷,等.钆塞酸二钠增强 MRI 对乙肝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.
- [28] 黎雅琳,韩鼎盛,何旭,等.钆塞酸二钠动态增强 MRI 优化序列在肝癌高危人群筛查中的应用[J].中国医学影像学杂志,2023,31(5):497-503.

(收稿日期:2023-11-06 修回日期:2024-03-05)

《放射学实践》杂志微信公众平台开通啦!

遵照同行评议、价值导向、等效应用原则,国内各大学会、协会、组织机构通过科技工作者推荐、专家评议、结果公示等规定程序,《放射学实践》杂志入选中国科协发布 10 大领域《我国高质量科技期刊分级目录》业内认可的较高水平期刊。《放射学实践》杂志入选 2020 年版北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》。

《放射学实践》杂志微信公众平台立足于准确地传递医学影像领域的最新信息,致力于为关注医学影像领域的广大人士服务。欢迎大家通过微信平台,以文字、图片、音频和视频等形式与我们互动,分享交流最新的医学影像资讯。您还可以通过微信平台免费阅读及搜索本刊所有发表过的论文,投稿作者可以查询稿件状态等。

您可以通过以下方式关注《放射学实践》杂志微信公众平台:

1. 打开微信,通过“添加朋友”,在搜索栏里直接输入“放射学实践”进行搜索。
2. 在“查找微信公众号”栏里输入“放射学实践”即可找到微信公众号,点击“关注”,添加到通讯录。
3. 打开微信,点击“扫一扫”,手机镜头对准下面的二维码,扫出后点击关注即可。



关注有惊喜!