

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2024.17.022

## MRI 多序列扫描在肝细胞癌诊断和微血管侵犯评估中的应用价值\*

陈泳松<sup>1</sup> 王德芬<sup>2</sup> 陈海洋<sup>1</sup> 赵方<sup>1</sup> 陈廷昊<sup>1</sup> 陈泽胜<sup>1Δ</sup>

(四川大学华西医院资阳医院 / 资阳市中心医院 1 肝胆胰外科; 2 急诊科 四川 资阳 641300)

**摘要 目的:**探讨磁共振(MRI)多序列扫描在肝细胞癌(HCC)诊断和微血管侵犯(MVI)评估中的应用价值。**方法:**回顾性选取 2019 年 10 月 -2022 年 10 月在本院收治的疑似 100 例 HCC 患者临床资料,均已完善 MRI 多序列扫描检查和病理检查,以病理检查为金标准,利用 Kappa 检验分析 MRI 多序列扫描在肝细胞癌诊断和微血管侵犯评估与病理检查的一致性。**结果:**100 例患者经病理检测,有 51 例患者确诊为 HCC(51.00%),有 49 例患者为良性肝脏病变(49.00%)。51 例 HCC 中存在 MVI 17 例(33.33%)。与病理结果比较,T2WI 序列诊断 HCC 的敏感度为 82.35%,特异度为 79.59%,Kappa 值为 0.620,诊断 MVI 的敏感度为 64.71%,特异度为 85.29%,Kappa 值为 0.507;T1WI 序列诊断 HCC 的敏感度为 76.47%,特异度为 81.63%,Kappa 值为 0.580,诊断 MVI 的敏感度为 58.82%,特异度为 88.24%,Kappa 值为 0.492;LAVA 序列诊断 HCC 的敏感度为 84.31%,特异度为 83.67%,Kappa 值为 0.580,诊断 MVI 的敏感度为 64.71%,特异度为 91.18%,Kappa 值为 0.585;MRI 多序列联合诊断 HCC 的敏感度为 96.08%,特异度为 79.59%,Kappa 值为 0.759,诊断 MVI 的敏感度为 94.12%,特异度为 82.35%,Kappa 值为 0.712。MRI 多序列联合诊断 HCC 和 MVI 的敏感度均高于单独序列( $P<0.05$ )。MVI 阳性者肿瘤边缘形态不光滑型、有瘤周强化占比高于 MVI 阴性者( $P<0.05$ )。**结论:**MRI 多序列成像可有助于临床 HCC 诊断及 MVI 评估,具有较好的应用价值;肿瘤边缘形态不光滑、瘤周强化在预测 HCC MVI 方面有意义。

**关键词:**磁共振;多序列成像;肝细胞癌;微血管侵犯;诊断;一致性

中图分类号:R735.7 文献标识码:A 文章编号:1673-6273(2024)17-3310-06

## Application Value of MRI Multi-sequence Scan in the Diagnosis of Hepatocellular Carcinoma and Evaluation of Microvascular Invasion\*

CHEN Yong-song<sup>1</sup>, WANG De-fen<sup>2</sup>, CHEN Hai-yang<sup>1</sup>, ZHAO Fang<sup>1</sup>, CHEN Ting-hao<sup>1</sup>, CHEN Ze-sheng<sup>1Δ</sup>

(1 Hepatobiliary and Pancreatic Surgery; 2 Emergency Department, Ziyang Hospital West China Hospital of Sichuan University Ziyang Central hospital, Ziyang, Sichuan, 641300, China)

**ABSTRACT Objective:** To explore the application value of magnetic resonance imaging (MRI) multi-sequence scan in the diagnosis of hepatocellular carcinoma (HCC) and evaluation of microvascular invasion (MVI). **Methods:** A retrospective collection was performed on the clinical data of 100 patients with suspected HCC in the hospital between October 2019 and October 2022. All completed MRI multi-sequence scan and pathological examination. Taking pathological examination as the golden standard, the consistency between MRI multi-sequence scan and pathological examination in the diagnosis of HCC and evaluation of MVI was analyzed by Kappa test. **Results:** Among the 100 patients, pathological examination showed that there were 51 cases (51.00%) with HCC and 49 cases (49.00%) with benign liver lesions. In the 51 HCC patients, there were 17 cases (33.33%) with MVI. Taking pathological examination as the golden standard, sensitivity, specificity and Kappa values of T2WI in the diagnosis of HCC and MVI were (82.35%, 79.59%, 0.620) and (64.71%, 85.29%, 0.507), respectively. The sensitivity, specificity and Kappa values of T1WI in the diagnosis of HCC and MVI were (76.47%, 81.63%, 0.580) and (58.82%, 88.24%, 0.492), respectively. The sensitivity, specificity and Kappa values of LAVA in the diagnosis of HCC and MVI were (84.31%, 83.67%, 0.580) and (64.71%, 91.18%, 0.585), respectively. The sensitivity, specificity and Kappa values of MRI multi-sequence scan in the diagnosis of HCC and MVI were (96.08%, 79.59%, 0.759) and (94.12%, 82.35%, 0.712), respectively. The sensitivity of MRI multi-sequence scan was higher than that of single sequence ( $P<0.05$ ). The proportions of unsmooth tumor edge and peritumoral enhancement in patients with MVI positive were higher than those with MVI negative ( $P<0.05$ ). **Conclusion:** MRI multi-sequence scan is conducive to clinical diagnosis of HCC and evaluation of MVI. Unsmooth tumor edge and peritumoral enhancement have predictive significance in HCC and MVI.

**Key words:** Magnetic resonance imaging; Multi-sequence scan; Hepatocellular carcinoma; Microvascular invasion; Diagnosis; Consistency

\* 基金项目:四川省医学科研项目(S17083)

作者简介:陈泳松(1985-),男,本科,主治医师,研究方向:肝胆胰外科,E-mail: cysgdywk@163.com

Δ 通讯作者:陈泽胜,男,本科,主治医师,研究方向:肝癌临床诊治,E-mail: 270956626@qq.com

(收稿日期:2024-03-06 接受日期:2024-03-28)

Chinese Library Classification(CLC): R735.7 Document code: A

Article ID: 1673-6273(2024)17-3310-06

## 前言

肝细胞癌(hepatocellular carcinoma, HCC)属于原发性肝癌中的常见类型,但其早期病情较为隐匿,早期确诊较为困难,大多患者在确诊时已至中晚期,患者预后不佳<sup>[1]</sup>。故早诊断、早干预是改善 HCC 患者预后的最佳手段。肝区活检是诊断 HCC 的金标准<sup>[2]</sup>,但因其具有侵入性,对患者的伤害较大,且重复性较差,在临床早期诊断中具有局限性。微血管侵犯(Microvascular invasion, MVI)是导致 HCC 患者术后复发的重要因素之一,既往多有研究表示<sup>[3,4]</sup>,在术前对 MVI 进行评估可指导临床制定最为合适的手术方案,可有效改善患者预后。而往往 MVI 表现大多经病理检查进行确诊,在时效性上存在缺陷。2019 年原发性肝癌诊疗规范中提出<sup>[5]</sup>,影像学对 HCC 的诊断具有较好的临床价值,磁共振成像(Magnetic resonance imaging, MRI)作为临床上常用的疾病诊断技术,利用多方位、多序列、多参数扫描,具有高分辨率和准确率高的特点,可利用多序列对病灶进行多角度多方位进行扫描观察,可有效提高临床诊断价值。为进一步了解 MRI 多序列在 HCC 及 MVI 评估中的价值,本研究以回顾性分析法进行研究,旨在为临床 HCC 诊断及 MVI 评估提供准确丰富的参考信息。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

回顾性选取 2019 年 10 月-2022 年 10 月在本院收治的疑似 100 例 HCC 患者临床资料。纳入标准:均有肝区疼痛、乏力、发热等临床症状,且存在肝硬化、慢性乙肝、丙肝或长期酗酒等 HCC 高危因素者;患者已完善 MRI 多序列扫描检查及肝脏活检或手术病理检查;资料完善,影像资料清晰。排除标准:合并其他肿瘤者;在病理检查和影像检查前已接受过治疗者。其中,男 80 例,女 20 例,年龄 28~72 岁,平均(49.52±10.21)岁,平均体重(69.65±5.12)kg。研究符合医学研究伦理原则,获院方审批同意,仅收集患者临床资料。

### 1.2 方法

仪器:西门子 3.0 T Verio 超导型磁共振扫描仪(生产厂家:德国西门子股份公司;注册号:国食药监械(进)字 2012 第 3281978 号;型号:MAGNETOM Verio 3.0T)。

MRI 扫描序列:T2WI 为呼吸触发脂肪抑制快速恢复自旋回波(TR 6000 ms, TE 103.9 ms, FOV 42×31.5 cm, 像素 320×224, NEX 2)、T1WI 采用屏气的双回波扰相梯度回波(TR 230 ms, FOV 42×37.8 cm, 像素 320×192, NEX 0.75, 同相位 TE 2.4 ms, 反相位 TE 5.8 ms)。采用肝脏容积超快速三维成像(LAVA)序列进行多期增强扫描(动脉期扫描三期、门静脉期扫描三期、平衡期扫描一期、肝胆期扫描一期)(TE 1.2 ms, TR 2.6 ms, FOV 36×40 cm, 像素 272×160, NEX 0.73, 翻转时间 5 ms, 翻转角度 15°, 层厚 4.4 mm)。MRI 扫描方法:采用 32 射频通道平台,线圈使用 Body12 通道,梯度场 45 mT/m,最大梯度切换率为 200 mT/(m·ms)。扫描前,嘱患者禁食禁水 10 h,取下外

戴金属类饰品;扫描时,患者取仰卧位,用铅防护用品遮挡颈部后,中心线定于剑突下缘,扫描至髂脊,扫描时叮嘱患者屏住呼吸,首先常规行 T2WI 横断面及矢状面扫描、T1WI 横断面扫描,后利用磁共振专用高压注射器以 3 mL/s 的速率注射对比剂(钆喷酸葡胺, 0.1 mmol/kg), 随后进行 15 mL 的同速注入,于注射后 17~20 s、60~63 s 以及 180 s 行肝动脉三期、门静脉三期、平衡一期全肝扫描的动态增强扫描,每期扫描时间为 7 s,肝胆期扫描延时 30 min~60 min 进行扫描,每期扫描时间为 10 s。

### 1.3 观察指标

所有图像传输至工作站后使用 SPIN 软件进行处理,所有检查报告均由影像科副主任医师或主治医师采用双盲法进行阅片,重点观察肿瘤大小、数目、病发区域和 MRI 扫描时各序列的密度和信号强度以及影像学特征。若遇意见不符则邀请一名更高年资的医师参与诊断。MRI 诊断标准<sup>[6]</sup>:HCC 主要征象可见"包膜"现象,动脉期有高强度表现,门脉期或延迟期有廓清现象,肿块直径在 10 mm 以上;次要征象可见晕状样强化、肝胆期表现为低信号、T2WI 有稍高信号等表现。

以病理学诊断为金标准,分析 MRI 多序列扫描在肝细胞癌诊断和微血管侵犯评估的价值。

### 1.4 统计学方法

数据整理均由受过培训的工作人员采用双人核对法进行整理录入。构建数据库,将 SPSS 22.0 统计学软件作为本次统计学分析工具,计数资料用例(n),率(%)表示,采用  $\chi^2$  检验;一致性分析行 Kappa 检验(Kappa ≤ 0.40 时表示一致性较差, 0.40 < Kappa ≤ 0.60 时一致性中度, 0.60 < Kappa ≤ 0.80 时一致性较好, Kappa > 0.80 时一致性高),计算敏感度和特异度,联合诊断采用并联,即三者均为阳性则为阳性。当 P < 0.05 时则提示有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 100 例患者病理诊断结果

100 例患者经病理检测,有 51 例患者确诊为 HCC (51.00%),有 49 例患者为良性肝脏病变(49.00%),其中有 20 例肝囊肿(20.00%),19 例肝腺瘤(19.00%),10 例肝血管瘤(10.00%)。51 例 HCC 中存在 MVI 17 例(33.33%)。

### 2.2 MRI 多序列成像 HCC 诊断结果

经 T2WI 序列扫描确诊 42 例 HCC;T1WI 序列扫描确诊 39 例 HCC, LAVA 扫描确诊 43 例 HCC;MRI 多序列联合扫描确诊 49 例 HCC。见表 1。

### 2.3 MRI 多序列成像 HCC 诊断价值分析

与病理结果比较, T2WI 序列诊断 HCC 的敏感度为 82.35%, 特异度为 79.59%, Kappa 值为 0.620; T1WI 序列诊断 HCC 的敏感度为 76.47%, 特异度为 81.63%, Kappa 值为 0.580; LAVA 序列诊断 HCC 的敏感度为 84.31%, 特异度为 83.67%, Kappa 值为 0.580; MRI 多序列联合诊断 HCC 的敏感度为 96.08%, 特异度为 79.59%, Kappa 值为 0.759。MRI 多序列联合诊断 HCC 的敏感度、阴性预测值均高于单独序列(P < 0.

05)。见表 2。

2.4 MRI 多序列成像 MVI 诊断结果

T2WI 序列扫描确诊存在 11 例 MVI, T2WI 序列扫描确诊

存在 10 例 MVI, LAVA 序列扫描确诊存在 11 例 MVI; MRI 多序列联合扫描确诊存在 16 例 MVI。见表 3。

表 1 MRI 多序列成像的小肝癌诊断结果

Table 1 Diagnosis results of small hepatocellular carcinoma MRI multi-sequence imaging

MRI multi-sequence imaging	Pathological examination		Total
	HCC(n=51)	Benign liver lesions(n=49)	
<b>T2WI</b>			
HCC	42	10	52
Benign liver lesions	9	39	48
<b>T1WI</b>			
HCC	39	9	48
Benign liver lesions	12	40	52
<b>LAVA</b>			
HCC	43	8	51
Benign liver lesions	8	41	49
<b>Combined</b>			
HCC	49	10	59
Benign liver lesions	2	39	41

表 2 MRI 多序列成像 HCC 诊断价值分析

Table 2 Diagnostic value of MRI multi-sequence imaging for HCC

Efficiency analysis	T2WI	T1WI	LAVA	Combined
Sensitivity(%)	82.35*	76.47*	84.31*	96.08
Specificity(%)	79.59	81.63	83.67	79.59
Accuracy(%)	81.00	79.00	84.00	88.00
Positive predictive value (%)	80.77	81.25	84.31	83.05
Negative predictive value(%)	81.25*	76.92*	83.67*	95.12
<i>Kappa</i>	0.620	0.580	0.680	0.759

Note: Compared with combined \* $P < 0.05$ .

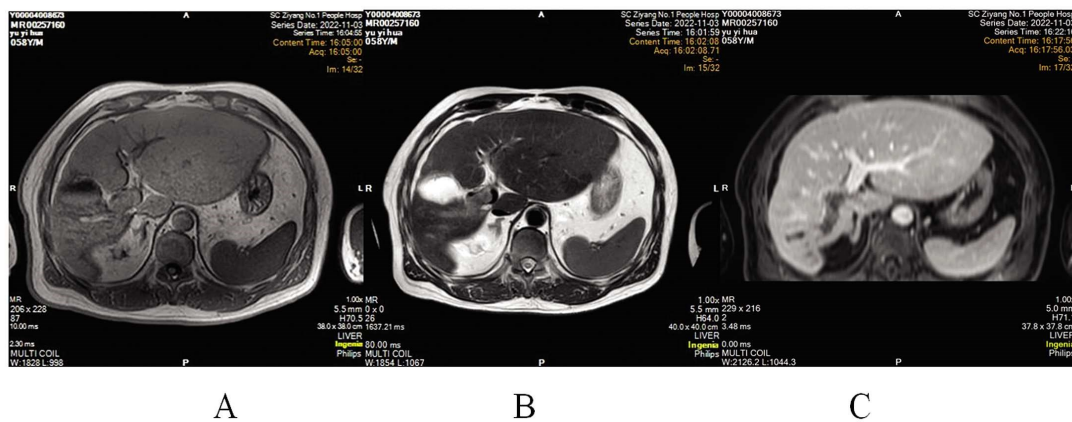
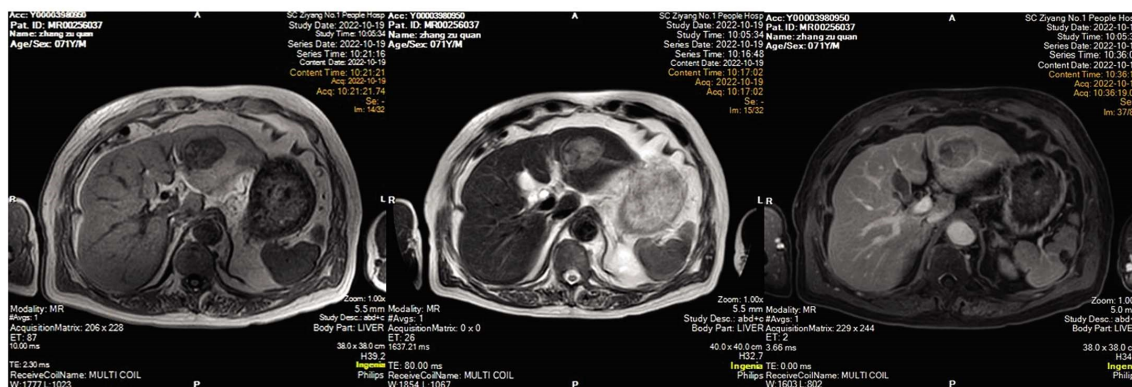


图 1 HCC 合并 MVI 患者 MRI 图示

Fig. 1 MRI of HCC patients with MVI

注: 患者男性, 58 岁, 病理诊断为 HCC。图 A、图 B、图 C 分别为上腹部增强 MRI 中 T1WI、T2WI、增强扫描显示门静脉右支瘤栓。

Note: The patient was a 58-year-old male with a pathological diagnosis of HCC. Panel A, B and C show the tumor thrombus in the right branch of the portal vein on T1WI, T2WI and enhanced MRI of the upper abdomen, respectively.



A B C

图2 单纯HCC患者MRI图示

Fig. 2 MRI of patients with simple HCC

注:患者男性,71岁,病理诊断为左肝HCC,无MVI。图A、图B、图C分别为上腹部增强MRI中T1、T2、增强扫描显示左肝占位情况。

Note: The patient, a 71-year-old male, was pathologically diagnosed with HCC in the left liver without MVI. Panels A, B, and C show the left liver occupying lesions on T1, T2, and contrast enhanced MRI of the upper abdomen, respectively.

表3 MRI多序列成像的MVI诊断结果

Table 3 Diagnosis results of MVI by MRI multi-sequence imaging

MRI multi-sequence imaging	Pathological examination		Total
	Positive(n=17)	Negative(n=34)	
T2WI			
Positive	11	5	16
Negative	6	29	35
T1WI			
Positive	10	4	14
Negative	7	30	37
LAVA			
Positive	11	3	14
Negative	6	31	37
Combined			
Positive	16	6	22
Negative	1	28	29

### 2.5 MRI多序列成像MVI诊断价值分析

与病理结果比较,T2WI序列诊断MVI的敏感度为64.71%,特异度为85.29%,Kappa值为0.507;T1WI序列诊断MVI的敏感度为58.82%,特异度为88.24%,Kappa值为0.492;LAVA序列诊断MVI的敏感度为64.71%,特异度为91.18%,Kappa值为0.585;MRI多序列联合诊断MVI的敏感度为94.12%,特异度为82.35%,Kappa值为0.712。MRI多序列联合诊断MVI的敏感度、阴性预测值均高于单独序列( $P<0.05$ )。见表4。

### 2.6 有无MVI HCC病灶LAVA影像学特征对照分析

MVI阳性者肿瘤边缘形态不光滑型、有瘤周强化占比高于MVI阴性者( $P<0.05$ )。见表5。

## 3 讨论

HCC以其早期病症不明显,故在临床多见中晚期患者,治疗效果不佳,病死率较高。早确诊、早干预是延长患者生存期、降低病死率的有效手段。目前临床诊断HCC的金标准仍是病理检查,但因病理检查属于侵入性操作,重复性较低,在早期诊断中仍具有一定的局限性。影像学是临床常用的诊断辅助手段,如超声、CT、MRI等。超声经济便捷,但其可视范围小,分辨率较低,易受操作者的主观影响,增强CT分辨率较好,对患者病灶部位可清楚的显示成像,但对于细小部位仍无法很好的捕捉,易出现假阳性<sup>[7]</sup>。MRI对软组织具有高分辨率,可通过T1WI、T2WI、动态增强等多序列,多角度多方位的对病灶进行成像,且序列不同和序列之间无法相互替代,不同序列之间的图像可相互补充,完整的反映病灶组织与周围组织的关系<sup>[8]</sup>,可进一步帮助临床医师进行诊断。既往研究也提出<sup>[9]</sup>,相较于CT,MRI对HCC TACE术后残余复发的诊断价值更高,指出MRI

表 4 MRI 多序列成像的 MVI 诊断的一致性分析

Table 4 Consistency analysis of MVI diagnosis by MRI multi-sequence imaging

Efficiency analysis	T2WI	T1WI	LAVA	Combined
Sensitivity(%)	64.71*	58.82*	64.71*	94.12
Specificity(%)	85.29	88.24	91.18	82.35
Accuracy(%)	78.43	78.43	82.35	86.27
Positive predictive value (%)	68.75	71.43	78.57	72.73
Negative predictive value(%)	82.86*	81.08*	83.78*	90.32
<i>Kappa</i>	0.507	0.492	0.585	0.712

Note: Compared with combined \* $P < 0.05$ .

表 5 有无 MVI HCC 病灶 LAVA 影像学特征对照分析

Table 5 Comparative analysis of LAVA imaging characteristics between MVI positive group and MVI negative group

Imaging characteristics	MVI-positive(n=17)	MVI-negative(n=34)	$\chi^2$	Fisher $P/P$
Morphology of tumor margin			9.059	0.003
Smooth type	5(29.41)	23(82.14)		
No-smooth type	12(70.59)	8(25.81)		
Peritumoral enhancement			4.163	0.041
Yes	2(11.76)	0(0.00)		
No	53(88.24)	34(100.00)		
Uptake signal of lesions in hepatobiliary phase			-	1.000
Isointensity or hyperintensity	0(0.00)	1(2.94)		
Hypointensity	17(100.00)	33(97.06)		
Intratumoral fat			-	0.131
Yes	1(5.88)	8(25.81)		
No	16(94.12)	23(74.19)		
Reinforcement schedule			1.545	0.214
Typical reinforcement	13(74.47)	20(58.82)		
Atypical reinforcement	4(23.53)	14(41.18)		
Peritumoral hypointensity in the hepatobiliary phase			-	0.318
Yes	3(17.65)	2(5.88)		
No	14(82.35)	32(94.12)		

对细微病灶可更好的进行捕捉。

本研究选取 T1WI、T2WI、LAVA 三个序列进行观察,结果显示,三个序列在诊断 HCC 中的价值相当,但联合诊断敏感度更高。分析其原因可能是,血供状态 HCC 形成的主要改变, T1WI、T2WI 可清楚的显示病灶的解剖特征,对病变组织的血供特点及血流灌注状态可准确的反映,有效辅助临床医师发现病灶,了解病灶整体情况<sup>[10,11]</sup>。且 T2WI 在对肝脏进行扫描时,只需要患者屏气一次,可在根本上解决因多次呼吸气所导致扫描图像差质量不高的问题,又早期 HCC 病灶中无过多的肝巨噬细胞, T2WI 呈高信号,可帮助临床更易发现。LAVA 是基于快速扰相梯度回波序列的基础改良而来的序列,较传统的三维动态增强扫描序列比较,具有成像速度更快且可实现更均匀的

脂肪抑制效果,且可有效控制各阶段数据采集时间,可更好的显示病灶的解剖细节及血供情况<sup>[12,13]</sup>,辅助临床诊断。王德志等<sup>[14]</sup>研究中则指出在小肝癌的诊断中,相较于 CT, MRI 诊断价值更高,尤其是联合 LAVA 序列可大大的提升小肝癌的检出率。三序列联合起来,进行优势互补,提高临床诊断价值。常祖宽等<sup>[15]</sup>研究中也提到 MRI 多序列(T1WI、T2WI、LAVA)联合对早期原发性肝癌具有较好的诊断价值。结合以上结果,证实 MRI 多序列对于 HCC 的临床价值,临床可利用多序列联合进行临床诊断辅助指导。

MVI 是肿瘤侵袭能力强的表现之一,被定义为肝脏血管内存在转移性的微小栓子,是导致 HCC 术后复发的重要因素,通过对术前 MVI 的评估,临床可选择更为合理精准的治疗方

案<sup>[16,17]</sup>。本研究显示,联合检测可有效提高临床 MVI 评估价值,分析其原因可能是,MVI 的形成对肿瘤周围血流灌注受到影响,门静脉供血减少,动脉供血增多<sup>[18,19]</sup>。以上我们提到 T1WI、T2WI 序列对病灶解剖及血供状态可提供较为准确的信息,但在细微病灶上的捕捉仍存在缺陷,而 LAVA 序列空间分辨率高,对细小病灶可轻易捕捉,对其边缘及内部细节的信号变化特征可新出显示,反映病灶强化情况,且 LAVA 序列扫描范围较广,可对肿瘤及其周围软组织的关系可清晰呈现<sup>[20]</sup>,故与 T1WI、T2WI 序列联合可有效提高临床 MVI 评估价值。影像学特征的不同可能与 MVI 的发生的有关<sup>[21]</sup>,对有无 MVI 的 HCC 患者影像学特征进行对比分析,结果显示,MVI 阳性患者的肿瘤边缘形态不光滑型、有瘤周强化占比较 MVI 阴性高,与既往研究部分相似<sup>[22,23]</sup>,分析其原因可能是肿瘤边缘表现为不光滑可提示肿瘤此时呈浸润性生长,其具有较强的侵袭能力,可能对周围血管造成侵犯<sup>[24]</sup>,而瘤周强化可能是由于肿瘤周围门静脉供血减少,动脉供血增加而导致肿瘤周围组织出现血流动力学改变而出现的影像,提示肿瘤已对周围微血管进行侵犯<sup>[25]</sup>,提示临床采用 MRI 进行诊断时可多关注此影像学特征,提高诊断率。

综上所述,MRI 多序列成像可有助于临床 HCC 诊断及 MVI 评估,具有较好的应用价值。但本研究仍存在局限:样本来源于同一中心,且样本量较少,统计学分析均基于本次研究数据,客观性较差,今后需设计多中心、大样本研究加以验证。

#### 参考文献(References)

- [1] SIM HW, KNOX J. Hepatocellular carcinoma in the era of immunotherapy[J]. *Curr Probl Cancer*, 2018, 42(1): 40-48.
- [2] 李勋,李静,李莉,等.液体活检在肝细胞癌早期诊断中的研究进展[J]. *中华肝胆外科杂志*, 2022, 28(3): 234-236.
- [3] 张璐,任昊楨,施晓雷.术前临床指标对肝细胞癌患者微血管侵犯分级的预测价值[J]. *肝胆胰外科杂志*, 2023, 35(1): 13-18.
- [4] 李彦龙,张媛,王逢茂.术前 CT 征象对孤立性肝癌微血管侵犯及术后早期复发的预测分析[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2021, 19(1): 113-116.
- [5] 中华人民共和国国家卫生健康委员会医政医管局.原发性肝癌诊疗规范(2019年版)[J]. *中华消化外科杂志*, 2020, 19(1): 1-20.
- [6] 薛志伟,王伟. Gd-BOPTA 肝脏 DFCE-MRI 与常规 MRI 在 HCC 诊断中的对比研究[J]. *肝脏*, 2020, 25(3): 306-307.
- [7] 尹娜,郭震,付金凤,等. 3.0 T MRI 与 CT 对肝脏肿瘤射频消融术后局部疗效评价的比较[J]. *现代医学*, 2020, 48(3): 311-316.
- [8] 张少平. MRI 对原发性肝癌介入术的疗效评估[J]. *中国医学影像学杂志*, 2019, 27(5): 397-400.
- [9] 邓煜,刘晓辉,谢海棠. MRI 检查对肝癌经导管动脉栓塞化疗术后残余复发的诊断价值[J]. *癌症进展*, 2023, 21(8): 843-846.
- [10] 周琳,周欣,张华文,等. 肝脏动态增强 CT 与 MRI 检查对肝细胞癌的诊断效能比较[J]. *癌症进展*, 2021, 19(19): 1992-1994, 2019.
- [11] 季学闻,马利兵. 1.5T MR 多序列检查在小肝癌诊断中的应用[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2022, 20(2): 87-89.
- [12] 高德军,陈耀康,罗鹰,等. 3.0T MR-LAVA 序列多期动态增强扫描对肝硬化结节病变定性诊断的临床价值研究[J]. *实用肝脏病杂志*, 2019, 22(3): 393-396.
- [13] 谢慧,王亮亮,江凯,等. 多层螺旋 CT 与高场强磁共振 LAVA 增强对乙型肝炎肝硬化背景小肝癌的诊断价值对比 [J]. *肝脏*, 2022, 27(8): 895-897, 907.
- [14] 王德志,胡海洋,郭长华,等. 钆贝葡胺核磁共振增强与 CT 多期增强扫描对肝硬化伴小肝癌诊断的对比研究[J]. *中西医结合肝病杂志*, 2021, 31(5): 449-451.
- [15] 常祖宽,王晓伟,马文芳,等. MRI 在原发性肝癌早期诊断及 TACE 介入治疗术后疗效评价中的应用[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2022, (7): 101-103.
- [16] 何涛,邹婕好,雷婷婷,等. 肝细胞癌微血管侵犯的研究进展[J]. *中华肝脏病杂志*, 2022, 30(8): 899-904.
- [17] 周晓涵,台蕴泽. 术前预测肝细胞癌微血管侵犯的研究进展[J]. *中国肿瘤临床*, 2022, 49(1): 47-52.
- [18] Chong HH, Yang L, Sheng RF, et al. Multi-scale and multi-parametric radiomics of gadoxetate disodium-enhanced MRI predicts microvascular invasion and outcome in patients with solitary hepatocellular carcinoma  $\leq 5$  cm[J]. *Eur Radiol*, 2021, 31(7): 4824-4838.
- [19] 何焱,杨龙,袁建军,等. 原发性肝癌超声造影血流灌注参数与肿瘤分化程度及微血管生成的关系[J]. *中国医学影像技术*, 2021, 37(8): 1177-1181.
- [20] LU L, ZHANG C, YU X, et al. The Value of Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Imaging Enhancement in the Differential Diagnosis of Hepatocellular Carcinoma and Combined Hepatocellular Cholangiocarcinoma[J]. *J Oncol*, 2022, 9(15): 4691172.
- [21] Hong SB, Choi SH, Kim SY, et al. MRI Features for Predicting Microvascular Invasion of Hepatocellular Carcinoma: A Systematic Review and Meta-Analysis[J]. *Liver Cancer*, 2021, 10(2):94-106.
- [22] 王静,征锦,孙骏,等. 钆塞酸二钠增强 MRI 对肝细胞癌微血管侵犯及其分级的预测价值[J]. *磁共振成像*, 2021, 12(12): 79-83, 88.
- [23] 汪禾青,曾蒙苏,饶圣祥,等. 常规 MRI 图像影像学评估肝细胞癌微血管侵犯的价值[J]. *中华放射学杂志*, 2019, 53(4): 292-298.
- [24] Song L, Li J, 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.
- [25] Gao S, Zhang Y, Sun W, et al. Assessment of an MR Elastography-Based Nomogram as a Potential Imaging Biomarker for Predicting Microvascular Invasion of Hepatocellular Carcinoma [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2023, 58(2): 392-402.