

5.0T MRI 磁敏感加权成像在肝细胞癌与肿块型肝内胆管癌鉴别诊断中的应用

陈旭丹¹, 李少朋¹, 音大为¹, 黄亮亮², 董立军¹, 宋潇鹏³, 刘影^{1*}

1. 中国科学技术大学附属第一医院 (安徽省立医院) 影像科, 安徽 合肥 230001; 2. 中国科学技术大学附属第一医院 (安徽省立医院) 临床病理中心, 安徽 合肥 230001; 3. 联影医疗中央研究院, 上海 201807; *通信作者 刘影 felice828@126.com

【摘要】目的 探讨 5.0T MRI 磁敏感加权成像 (SWI) 对肝细胞癌 (HCC) 和肿块型肝内胆管癌 (MICC) 的鉴别诊断价值。**资料与方法** 回顾性纳入 2023 年 3 月—2024 年 11 月安徽省立医院经病理证实的 56 例 HCC 和 36 例 MICC, 由 2 位医师独立分析 SWI 序列中两组病灶周围低信号环、病灶内出血及病灶与血管关系, 进行组间一致性分析; 比较两组上述特征的差异, 并与 MRI 常规平扫/增强扫描对比; 对于病灶内出血, 通过计算其内部磁敏感信号量化出血对两者的诊断价值。**结果** 2 位医师对 HCC 组和 MICC 组 SWI 上病灶低信号环、出血及病灶与血管关系一致性较好 ($Kappa=0.802\sim0.929$, $P<0.001$)。与 MRI 平扫相比, SWI 显著提高了肿瘤周围低信号环及肿瘤内出血的检出率 ($\chi^2=89.409$ 、 46.210 , $P<0.001$), 这两种征象在 HCC 组更常见; 磁敏感信号分级 HCC 以 3 级为主, MICC 以 1 级为主, 差异均有统计学意义 ($Z=-4.059$, $P<0.05$); 与增强扫描相比, SWI 诊断两组病灶与血管之间的关系准确度高, 差异无统计学意义 ($\chi^2=0.275$ 、 0.247 , $P=0.871$ 、 0.619); HCC 组肿瘤与血管关系主要表现为受压及癌栓形成, MICC 组肿瘤与血管关系表现为侵犯改变 (包括包裹、狭窄或闭塞), 差异有统计学意义 ($Z=-6.809$, $P<0.001$)。**结论** 5.0T MRI SWI 序列可以清晰地显示 HCC 和 MICC 内部及周边结构, 并能在不使用对比剂的情况下准确显示病灶与血管的关系, 对于两者鉴别具有较好的临床应用价值。

【关键词】 癌, 肝细胞; 胆管上皮癌; 磁共振成像; 磁敏感加权成像; 超高场强; 病理学, 外科; 诊断, 鉴别

【中图分类号】 R445.2; R735.7 **【DOI】** 10.3969/j.issn.1005-5185.2025.07.005

5.0T MRI Susceptibility-Weighted Imaging in Differential Diagnosis Between Hepatocellular Carcinoma and Mass-Forming Intrahepatic Cholangiocarcinoma

CHEN Xudan¹, LI Shaopeng¹, YIN Dawei¹, HUANG Liangliang², DONG Lijun¹, SONG Xiaopeng³, LIU Ying^{1*}

Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of USTC (Anhui Provincial Hospital), Hefei 230001, China; *Address Correspondence to: LIU Ying; E-mail: felice828@126.com

【Abstract】 Purpose To evaluate the differential diagnostic value of 5.0T MRI susceptibility-weighted imaging (SWI) in hepatocellular carcinoma (HCC) and mass-forming intrahepatic cholangiocarcinoma (MICC). **Materials and Methods** A total of 56 patients with HCC and 36 patients with MICC confirmed by pathology from March 2023 to November 2024 in Anhui Provincial Hospital were retrospectively enrolled. Two radiologists independently analyzed three features of the lesions, including the low-signal rims around the lesion, hemorrhage within the lesion, and the relationship between lesions and adjacent vessels, on the SWI sequence between the two groups, respectively, via inter-rater consistency analysis. These above features between the two groups were compared and contrasted them with those obtained from conventional MR plain and enhanced scans, respectively. For intratumoral hemorrhages, the diagnostic value was quantified by calculating the internal tissue susceptibility signal. **Results** The radiologists showed good consistency in the low-signal rims, intratumoral hemorrhage as well as the relationship between the lesion and the blood vessel on the SWI in the HCC group and the MICC group ($Kappa=0.802\sim0.929$, all $P<0.001$). Compared with conventional MR plain, SWI significantly enhanced the detection rates of perilesional low-signal rims and intratumoral hemorrhage ($\chi^2=89.409$, 46.210 , both $P<0.001$). These findings were more prevalent in HCC patients. The internal tissue susceptibility signal grading showed that HCC predominantly exhibited grade 3, whereas MICC predominantly exhibited grade 1, with statistically significant differences ($Z=-4.059$, $P<0.05$). Additionally, compared with enhanced MRI, SWI demonstrated higher accuracy in diagnosing the relationship between lesions and blood vessels in both groups; however, these differences were not statistically significant ($\chi^2=0.275$, 0.247 , $P=0.871$, 0.619). In the HCC group, the relationship between tumors and blood vessels was primarily characterized by compression and tumor thrombus formation, while in the MICC group, it was predominantly marked by invasive changes, including vessel encasement, stenosis or occlusion, with a statistically significant difference between the two groups ($Z=-6.809$, $P<0.001$). **Conclusion** SWI sequence of 5.0T MRI provides clear visualization of the internal and peripheral structures of HCC and

MICC. It can accurately delineate the relationship between lesions and blood vessels without the need for contrast agents, offering significant clinical utility in differentiating these two conditions.

【Key words】 Carcinoma, hepatocellular; Cholangiocarcinoma; Magnetic resonance imaging; Susceptibility-weighted imaging; Ultra-high field; Pathology, surgical; Diagnosis, differential

Chinese Journal of Medical Imaging, 2025, 33 (7): 712-716, 729

肝细胞癌 (hepatocellular carcinoma, HCC) 和肿块型肝内胆管癌 (mass-forming intrahepatic cholangiocarcinoma, MICC) 是原发性肝癌最常见的两种病理类型, 两者临床和影像学特征部分重叠, 但发病机制、治疗及预后差异显著^[1-2]。因此, 术前精准鉴别两者至关重要。5.0T MRI 具有更高的信噪比和对比度, 能清晰显示组织细节^[3-4]。磁敏感加权成像 (susceptibility-weighted imaging, SWI) 基于组织磁敏感差异成像, 可清晰显示肿瘤出血、瘤体静脉分布及肿瘤内磁敏感信号 (intratumoral susceptibility signal intensity, ITSS) 分级^[5]。SWI 与体素内不相干运动扩散加权成像 (DWI) 在 HCC 分级诊断及微血管浸润方面有重要意义, SWI 既往多用于肝硬化结节、小肝癌铁沉积、评估 HCC 治疗前后 ITSS 变化及 HCC 影像组学研究等^[6-7], 在 HCC 和 MICC 鉴别中的应用鲜有报道。本研究拟探讨 5.0T MRI SWI 对 HCC 和 MICC 的鉴别诊断价值, 以提高术前诊断精准度。

1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性分析 2023 年 3 月—2024 年 11 月安徽省立医院疑似肝脏占位患者。纳入标准: ①临床资料完整, MRI 图像可用于分析; ②MRI 检查及手术前未接受抗肿瘤治疗; ③检查后 1 个月内经手术或穿刺活检病理证实。排除标准: ①造影剂过敏史或肾功能不全无法行增强扫描; ②具有 MRI 检查禁忌证, 如幽闭恐惧症或金属植入物等; ③病灶直径 <1.0 cm。最终纳入 92 例患者, 男 69 例, 女 23 例, 年龄 40~81 岁, 平均 (62.46 $\pm$ 9.20) 岁。HCC 组共 56 例 63 个病灶, MICC 组共 36 例 37 个病灶。本研究经安徽省立医院伦理委员会批准 (2024-RE-454), 所有患者及家属检查前均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 所有患者均使用联影 uMR Jupiter 5.0T 扫描仪行 MR 平扫及增强扫描, 使用 24 通道腹部线圈。扫描序列包括非增强 GRE-quick-3d T1WI、轴位压脂 FSE-T2WI、轴位 DWI ($b=800$ s/mm²)、SWI 及 GRE-quick-3D T1WI 动态增强扫描。扫描参数: 非增强 GRE-quick-3D T1WI 序列, TR 3.03 ms, TE 1.38 ms, 层厚 2.5 mm, 层间距 2.0 mm, 视野

40 cm $\times$ 30 cm; T2WI 序列, TR 3 333 ms, TE 76.2 ms, 层厚 6.0 mm, 层间距 1.2 mm, 视野 38 cm $\times$ 38 cm; DWI 序列, TR 3 611 ms, TE 45.9 ms, 层厚 6.0 mm, 层间距 1.2 mm, 视野 38 cm $\times$ 30 cm; SWI 序列, TR 90 ms, TE 8.05 ms, 层厚 6.0 mm, 层间距 1.2 mm, 视野 38 cm $\times$ 30 cm; 增强扫描序列参数同上。增强扫描采用高压注射器经肘静脉以 1~2 ml/s 注入钆塞酸二钠 (拜耳), 注射剂量 0.1 ml/kg, 结束后注入 20 ml 生理盐水冲管, 分别于注射对比剂后 10 s、50 s、180 s 及 20 min 扫描采集双动脉期 (动脉早晚期)、门静脉期、过渡期及肝胆期图像。

1.3 图像分析 图像传输至联影 uWS-MR 后处理工作站进行分析。以 1 名具有 30 年腹部 MRI 诊断经验医师的判断结果为标准, 由另 2 名分别具有 8 年、15 年工作经验的腹部放射科医师独立分析 SWI 图像上病灶内出血、周围低信号环; 出血病灶行 ITSS 分级^[8], 并与非增强 GRE-quick-3D T1WI、FSE-T2WI 进行对比, 分析两组序列间的差异。将病灶与静脉血管关系分为: ①血管受压变细 (管腔完整); ②癌栓形成 (静脉内实性占位, 动脉期强化而门静脉期减退)^[9]; ③血管侵犯 (肿瘤与血管周长接触 $\geq 180^\circ$, 伴包裹、鸟嘴样狭窄或闭塞)^[10]。以增强扫描图像为标准, 分析 SWI 显示肿瘤与血管关系的准确度。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 22.0 软件, 计量资料经 Kolmogorov-Smirnov 正态性检验后, 符合正态分布者以 $\bar{x}\pm s$ 表示, 组间比较采用独立样本 t 检验; 计数资料以例数表示, 采用 χ^2 检验; 等级资料采用非参数 Mann-Whitney U 检验。2 位医师判断一致性采用 Kappa 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 HCC 组与 MICC 组临床资料比较 HCC 组 56 例患者中, 男 48 例, 女 8 例, 平均年龄 (60.80 $\pm$ 9.64) 岁; 50 例经手术病理证实, 6 例经穿刺活检证实; 49 例单病灶, 7 例双病灶, 肿瘤平均最大径 (5.34 $\pm$ 2.84) cm。MICC 组 36 例患者中, 男 21 例, 女 15 例, 平均年龄 (65.03 $\pm$ 7.94) 岁; 17 例经手术病理证实, 19 例经穿刺活检证实, 肿瘤平均最大径 (6.21 $\pm$ 3.12) cm。两组

患者年龄、病灶大小差异均无统计学意义($t=-2.193$ 、 -1.420 , $P>0.05$)；HCC 组男性比例较 MICC 组更高, 差异有统计学意义($\chi^2=8.762$, $P<0.05$)。

2.2 一致性检验 2 位医师对 SWI 上病灶低信号环、出血及病灶与血管关系判读中, HCC 组和 MICC 组均一致性良好($Kappa=0.802\sim0.929$, $P<0.001$)。

2.3 低信号环及出血检出 两组 100 个病灶中, SWI 检出 75 个低信号环, 常规非增强 T1WI/T2WI 检出 9 个(均为 HCC), SWI 检出率更高, 为 75%, 差异有统

计学意义($\chi^2=89.409$, $P<0.001$)。HCC 组 55 个病灶检出低信号环, 病灶大小 1.3~14.1 cm；MICC 组 20 个病灶检出低信号环, 病灶大小 1.9~14.5 cm。两组间低信号环数量差异有统计学意义($P<0.001$), 病灶大小差异无统计学意义($P=0.072$), 见表 1。55 个 HCC 低信号环中, 47 个经病理证实, 38 个增强扫描门静脉期/过渡期见包膜样强化, 病理学证实为包膜样结构；20 个 MICC 低信号环中, 10 个经病理证实, 增强扫描动脉期明显环形强化, 病理证实为富含肿瘤细胞区域, 见图 1。

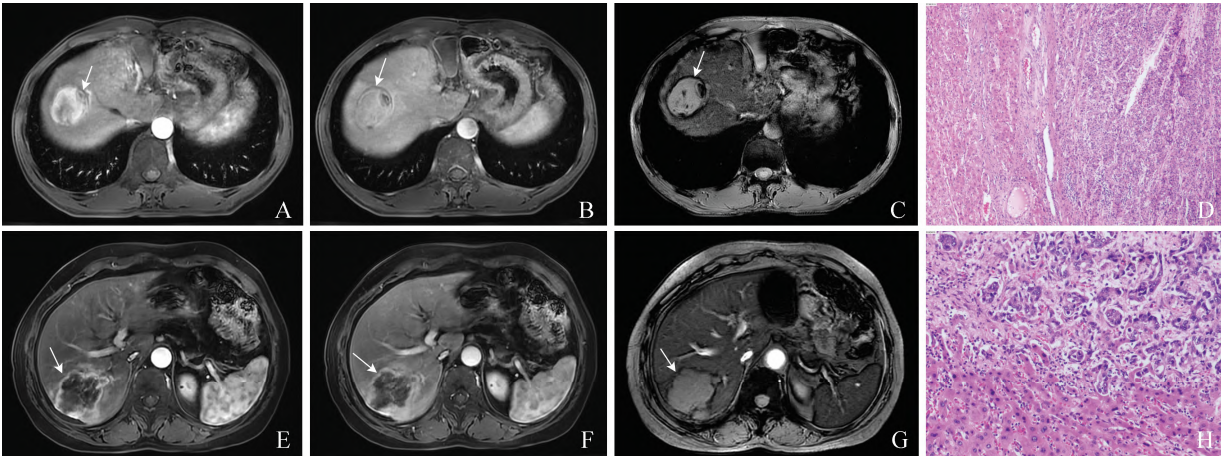


图 1 HCC 及 MICC 肿瘤周边低信号环与病理对照。A~D.肝右叶 HCC, 动脉晚期(A)及门静脉期(B)周边环形低信号部分显示(箭)；SWI 示完整低信号环(箭, C)；病理镜下示 HCC 边缘薄层包膜(HE, $\times 100$, D)；E~H.肝右叶 MICC, 动脉晚期(E)及门静脉期(F)呈分叶状, 周边环形强化(箭)；SWI 示完整低信号环(箭, G)；病理镜下示肿瘤周边富含肿瘤细胞, 无包膜(HE, $\times 100$, H)。HCC 为肝细胞癌, MICC 为肿块型肝内胆管癌, SWI 为磁敏感加权成像

表 1 HCC 与 MICC 患者环形低信号与出血、ITSS 分级比较								
分组	例数	环形低信号 (个)	病灶大小 (cm, $\bar{x}\pm s$)	出血 (个)	出血大小 (cm, $\bar{x}\pm s$)	ITSS 分级 (个)		
						1 级	2 级	3 级
HCC 组	56	55	5.56 $\pm$ 2.68	51	5.74 $\pm$ 1.82	4	11	36
MICC 组	36	20	6.95 $\pm$ 2.93	17	5.98 $\pm$ 2.65	10	3	4
$\chi^2/t/Z$ 值		16.696	-1.827	13.127	-0.360	-4.059		
P 值		<0.001	0.072	<0.001	0.720	<0.001		

注：HCC 为肝细胞癌, MICC 为肿块型肝内胆管癌, ITSS 为肿瘤内磁敏感信号

SWI 检出 68 个出血病灶, ITSS 1 级 14 个、2 级 14 个、3 级 40 个；非增强 T1WI/T2WI 检出 19 个, 1 级 9 个、2 级 4 个、3 级 6 个。SWI 序列的检出率更高、更准确, 两组出血病灶检出数、ITSS 分级差异有统计学意义($\chi^2=46.210$ 、 -2.387 , $P<0.001$ 、 $P=0.017$)。HCC 组与 MICC 组出血病灶数量差异有统计学意义($P<0.001$), 出血大小差异无统计学意义($P=0.720$)。HCC 组 ITSS 以 3 级为主, MICC 以 1 级为主, 差异有统计学意义($P<0.001$), 见表 1、图 2。

2.4 病灶与血管关系 以增强扫描为参照, HCC 病灶与血管关系主要表现为受压 29 个和癌栓 10 个, 2 个呈侵犯改变；SWI 检出受压 27 个、癌栓 9 个、侵犯 2 个。MICC 病灶与血管关系均为侵犯 26 个, SWI 检出 24 个, 未见癌栓或受压；SWI 与增强扫描显示病灶与血管关系差异无统计学意义($\chi^2=0.275$ 、 0.247 , $P=0.871$ 、 0.619)。HCC 与 MICC 病灶与血管关系差异有统计学意义($Z=-6.809$, $P<0.001$), HCC 以受压/癌栓为主, MICC 以侵犯为主, 见图 3。

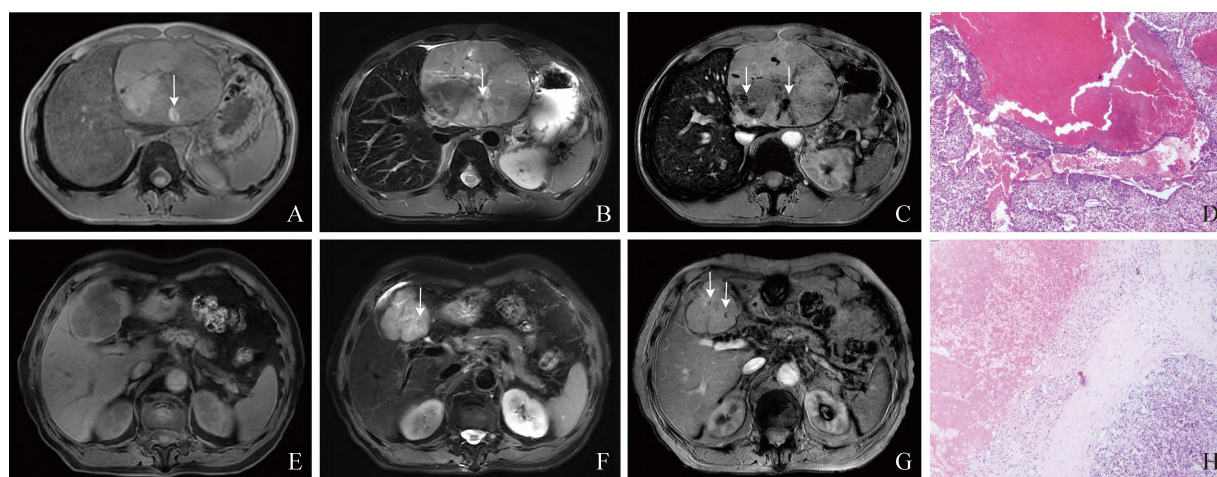


图2 HCC及MICC肿瘤出血与病理对照。A~D.肝左叶HCC, T1WI(A)、T2WI(B)及SWI(C)示点片状出血(箭), SWI检出率更高;病理镜下示肿瘤内明显出血(HE, ×100, D); E~H.肝左叶MICC, T1WI未见出血(E), T2WI仅见一点状出血(箭, F), SWI示2处点状出血(箭, G);病理镜下示少量出血(HE, ×100, H)。HCC为肝细胞癌, MICC为肿块型肝内胆管癌, SWI为磁敏感加权成像

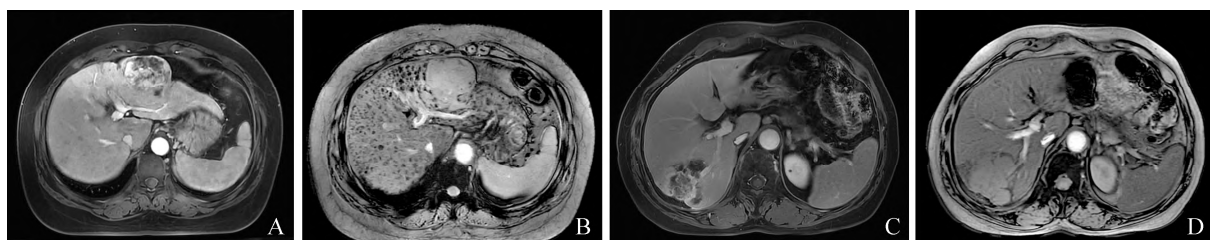


图3 动态增强扫描及SWI序列显示HCC、MICC与血管的关系。A、B.肝左叶HCC, 门静脉期(A)及SWI(B)示门静脉受压; C、D.肝右叶MICC, 门静脉期(C)及SWI(D)示门静脉右支受侵犯, 远端显示不清。HCC为肝细胞癌, MICC为肿块型肝内胆管癌, SWI为磁敏感加权成像

3 讨论

3.1 SWI 瘤周低信号环的鉴别价值 本研究中, 47 个经手术病理确诊为 HCC 且合并低信号环的肿瘤, 组织细胞学检查显示病变中心为富含肿瘤细胞的区域, 周围呈包膜样结构, 可能为受压的静脉和(或)因肿瘤组织对周围正常肝实质造成压迫, 血流速度慢而富含脱氧血红蛋白所致^[11-12]。不典型 HCC 因周边肿瘤细胞或血管、中央坏死或纤维化^[13], 也可出现瘤周低信号环。10 个经病理证实为 MICC 且低信号环的肿瘤, 组织细胞学检查显示肿瘤周边富含肿瘤细胞, 病灶中央肿瘤细胞稀疏, 间质增生伴黏液样变性, 可能是其动脉期边缘明显环形强化而 SWI 呈低信号的病理基础^[14]。HCC 低信号环出现率更高, 但需结合其他序列综合鉴别。

3.2 SWI 对瘤内出血的鉴别价值 肿瘤内出血是在无活检、外伤等外部因素作用下出现病灶内出血。HCC 作为一种高度血管化且易于出血的肿瘤, 其出血机制可能涉及多个方面: 如肿瘤浅表部位频繁轻微

的物理刺激、引流静脉血栓形成导致肿瘤内部压力急剧上升以及肿瘤内部脆弱的新生动脉因承受不住压力而破裂等^[15]。高级别 HCC 具有快速生长的特性, 当肿瘤长到一定大小时, 氧气和营养物质获取受限, 在缺氧条件下, 肿瘤细胞分泌大量血管生长因子, 刺激不成熟血管增生, 大量新生血管受到肿瘤细胞压迫, 进而增加血管破裂出血风险^[16]。MICC 瘤体内部多以纤维成分为主, 瘤内微血管密度较低, 肿瘤组织及瘤体血管以周边分布为主, 肿瘤合并出血通常较少^[17-18]。本研究结果显示 HCC 出血更多, 且 ITSS 以 3 级为主, MICC 相反, 与既往研究结果^[19-20]一致。5.0T SWI 对微出血更敏感, 可提高两者的鉴别诊断能力。

3.3 SWI 评估与血管关系的价值 MICC 呈浸润性生长, 易侵犯门静脉, 可形成卫星结节并融合呈分叶状^[21]。HCC 因压迫性生长和假包膜存在, 多呈类圆形且边界清晰, 肿瘤周边血管以受压为主; 晚期 HCC 可直接浸润或形成动静脉瘘引发门静脉高压, 致使门静脉血流缓慢, 有利于肿瘤细胞生长, 进而形成癌栓^[22]。

MICC 具有异质性, 部分肿瘤呈替代型组织病理生长模式^[23], 通过利用现存的血管(如肝血窦)实现血管化。其癌症干细胞的存在导致高度侵袭性^[24], 上述因素均可能促使 MICC 血管侵犯。本研究结果显示, HCC 组肿瘤与血管关系以受压为主, MICC 组以侵犯改变为主。SWI 在评估肿瘤与血管关系方面与增强扫描相当, 可无需对比剂替代增强扫描评估血管情况。

3.4 本研究的局限性 ①HCC 及 MICC 均存在多种病理亚型, 本研究未详细分类分析, 且部分病例通过穿刺活检证实, 可能会在一定程度上影响结果的准确性; ②为回顾性研究, 存在选择偏倚, 需要开展前瞻性研究进一步验证; ③为单中心研究, 样本量相对较小, 后续将扩大样本量或开展多中心合作研究。

总之, 5.0T MRI 凭借更高的信噪比和组织对比度, 显著提升了图像细节显示。本研究应用 5.0T 超高场强 SWI 技术分析 HCC 与 MICC 肿瘤内出血、周边低信号环及病灶与血管关系, 发现 SWI 对常规 MRI 难以检测的微出血灶具有更高的检出率和准确性, 可清晰显示病灶内部及周边静脉血管分布, 并能在无需对比剂的情况下精准评估病灶与血管关系。5.0T 超高场 SWI 技术对于鉴别诊断 HCC 与 MICC 具有良好的应用潜力, 有助于精准诊断。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 饶圣祥, 张岚. 《原发性肝癌诊疗指南(2024 年版)》影像诊断更新解读: 聚焦亚厘米肝癌的诊断[J]. 中国医学影像学杂志, 2024, 32(6): 529-532. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5185.2024.06.001.
- [2] Mejia JC, Pasko J. Primary liver cancers: intrahepatic cholangiocarcinoma and hepatocellular carcinoma[J]. Surg Clin North Am, 2020, 100(3): 535-549. DOI: 10.1016/j.suc.2020.02.013.
- [3] Zheng L, Yang C, Sheng R, et al. Renal imaging at 5T versus 3T: a comparison study[J]. Insights Imag, 2022, 13(1): 155. DOI: 10.1186/s13244-022-01290-9.
- [4] Zheng L, Yang C, Liang L, et al. T2-weighted MRI and reduced-FOV diffusion-weighted imaging of the human pancreas at 5T: a comparison study with 3T[J]. Med Phys, 2023, 50(1): 344-353. DOI: 10.1002/mp.15970.
- [5] Martín-Noguerol T, Santos-Armentia E, Ramos A, et al. An update on susceptibility-weighted imaging in brain gliomas[J]. Eur Radiol, 2024, 34(10): 6763-6775. DOI: 10.1007/s00330-024-10703-w.
- [6] Zheng G, Wei F, Lu P, et al. IDEAL-IQ measurement can distinguish dysplastic nodule from early hepatocellular carcinoma: a case-control study[J]. Quant Imaging Med Surg, 2024, 14(6): 3901-3913. DOI: 10.21037/qims-23-1593.
- [7] Geng Z, Zhang Y, Wang S, et al. Radiomics analysis of susceptibility weighted imaging for hepatocellular carcinoma: exploring the correlation between histopathology and radiomics features[J]. Magn Reson Med Sci, 2021, 20(3): 253-263. DOI: 10.2463/mrms.mp.2020-0060.
- [8] Bhattacharjee R, Gupta RK, Patir R, et al. Quantitative vs. semiquantitative assessment of intratumoral susceptibility signals in patients with different grades of glioma[J]. J Magn Reson Imaging, 2020, 51(1): 225-233. DOI: 10.1002/jmri.26786.
- [9] Cheng S, Chen M, Cai J, et al. Chinese expert consensus on multidisciplinary diagnosis and treatment of hepatocellular carcinoma with portal vein tumor thrombus (2018 edition)[J]. Liver Cancer, 2020, 9(1): 28-40. DOI: 10.1159/000503685.
- [10] Cannella R, Fraum TJ, Ludwig DR, et al. Targetoid appearance on T2-weighted imaging and signs of tumor vascular involvement: diagnostic value for differentiating HCC from other primary liver carcinomas[J]. Eur Radiol, 2021, 31(9): 6868-6878. DOI: 10.1007/s00330-021-07743-x.
- [11] Han D, Li Y, He X, et al. Differentiating mass-forming intrahepatic cholangiocarcinoma from atypical hepatocellular carcinoma using Gd-EOB-DTPA-enhanced magnetic resonance imaging combined with serum markers in at-risk patients with hepatitis B virus[J]. Quant Imaging Med Surg, 2023, 13(10): 7156-7169. DOI: 10.21037/qims-23-396.
- [12] Nishioka E, Sofue K, Maruyama K, et al. Improved diagnosis of histological capsule in hepatocellular carcinoma by using nonenhancing capsule appearance in addition to enhancing capsule appearance in gadoteric acid-enhanced MRI[J]. Sci Rep, 2023, 13(1): 6113. DOI: 10.1038/s41598-023-33048-8.
- [13] 徐磊, 张学琴, 张涛, 等. 动脉期不规则环形强化肝细胞癌的病理学特征及早期复发预后[J]. 中国医学影像学杂志, 2024, 32(10): 1032-1039. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5185.2024.10.011.
- [14] Cao J, Srinivas-Rao S, Mroueh N, et al. Cholangiocarcinoma imaging: from diagnosis to response assessment[J]. Abdom Radiol (NY), 2024, 49(5): 1699-1715. DOI: 10.1007/s00261-024-04267-y.
- [15] Cerny M, Chernyak V, Olivieri D, et al. LI-RADS version 2018 ancillary features at MRI[J]. Radiographics, 2018, 38(7): 1973-2001. DOI: 10.1148/rq.2018180052.

(下转第 729 页)

- quantification of human brain at 5.0T: a pilot study[J]. *Front Phys*, 2022, 10: 1016932. DOI: 10.3389/fphy.2022.1016932.
- [16] 苏月婷, 王飞, 张潜韬, 等. 基于 IVIM 影像组学模型对前列腺癌和前列腺增生的鉴别诊断价值[J]. *中国医学影像学杂志*, 2023, 31(11): 1207-1211. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5185.2023.11.017.
- [17] Yao W, Liu J, Zheng J, et al. Study on diagnostic value of quantitative parameters of intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging (IVIM-DWI) in prostate cancer[J]. *Am J Transl Res*, 2021, 13(4): 3696-3702.
- [18] 宋曼, 陈识, 周小彪. IVIM-MRI 主要参数扩散系数及灌注因子与前列腺病理诊断的相关性[J]. *中国老年学杂志*, 2019, 39(11): 2645-2648. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2019.11.025.
- [19] 钟燕, 马露, 申艳光, 等. 超高 b 值弥散加权成像、非高斯弥散模型鉴别移行带前列腺癌和基质型增生结节的价值[J]. *中国医学计算机成像杂志*, 2023, 29(6): 637-641. DOI: 10.19627/j.cnki.cn31-1700/th.2023.06.019.
- [20] Hepp T, Kalmbach L, Kolb M, et al. T2 mapping for the characterization of prostate lesions[J]. *World J Urol*, 2022, 40(6): 1455-1461. DOI: 10.1007/s00345-022-03991-8.
- [21] Liu X, Zhou L, Peng W, et al. Differentiation of central gland prostate cancer from benign prostatic hyperplasia using monoexponential and biexponential diffusion-weighted imaging[J]. *Magn Reson Imaging*, 2013, 31(8): 1318-1324. DOI: 10.1016/j.mri.2013.03.002.
- [22] Chang C, Lin Y, Wong YC, et al. IVIM parameters on MRI could predict ISUP risk groups of prostate cancers on radical prostatectomy[J]. *Front Oncol*, 2021, 11: 659014. DOI: 10.3389/fonc.2021.659014.
- [23] Skorpil M, Brynolfsson P, Engström M. Motion corrected DWI with integrated T2-mapping for simultaneous estimation of ADC, T2-relaxation and perfusion in prostate cancer[J]. *Magn Reson Imaging*, 2017, 39: 162-167. DOI: 10.1016/j.mri.2017.03.003.
- [24] He N, Li Z, Li X, et al. Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging used to detect prostate cancer and stratify tumor grade: a meta-analysis[J]. *Front Oncol*, 2020, 10: 1623. DOI: 10.3389/fonc.2020.01623.
- [25] Zheng L, Yang C, Sheng R, et al. Renal imaging at 5T versus 3T: a comparison study[J]. *Insights Imag*, 2022, 13(1): 155. DOI: 10.1186/s13244-022-01290-9.
- 【收稿日期】2024-08-20 【修回日期】2024-10-25
(本文编辑 张春辉)

(上接第 716 页)

- [16] Zheng N, Zhang S, Wu W, et al. Regulatory mechanisms and therapeutic targeting of vasculogenic mimicry in hepatocellular carcinoma[J]. *Pharmacol Res*, 2021, 166: 105507. DOI: 10.1016/j.phrs.2021.105507.
- [17] Jeon SK, Lee JY, Kang HJ, et al. Additional value of superb microvascular imaging of ultrasound examinations to evaluate focal liver lesions[J]. *Eur J Radiol*, 2022, 152: 110332. DOI: 10.1016/j.ejrad.2022.110332.
- [18] Yang F, Zhao J, Liu C, et al. Superb microvascular imaging technique in depicting vascularity in focal liver lesions: more hypervascular supply patterns were depicted in hepatocellular carcinoma[J]. *Cancer Imaging*, 2019, 19(1): 92. DOI: 10.1186/s40644-019-0277-6.
- [19] Jaafari O, Salih S, Alkatheeri A, et al. Appropriate incorporation of susceptibility-weighted magnetic resonance imaging into routine imaging protocols for accurate diagnosis of traumatic brain injuries: a systematic review[J]. *J Med Life*, 2024, 17(3): 273-280. DOI: 10.25122/jml-2023-0487.
- [20] 夏金菊, 王添艺, 蔡权宇, 等. MRI 影像组学在混合型肝癌与肝内胆管细胞癌鉴别诊断中的应用[J]. *中国医学影像学杂志*, 2023, 31(9): 945-949. DOI: 10.3969/j.issn.1005-5185.2023.09.009.
- [21] Zhao Y, Chen W, Wu D, et al. Differentiation of mass-forming intrahepatic cholangiocarcinoma from poorly differentiated hepatocellular carcinoma: based on the multivariate analysis of contrast-enhanced computed tomography findings[J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2016, 41(5): 978-989. DOI: 10.1007/s00261-015-0629-z.
- [22] 张凤博, 张春娇, 姜洪池. 肝细胞癌合并门静脉癌栓的治疗现状及进展[J]. *中华消化外科杂志*, 2021, 20(5): 568-573. DOI: 10.3760/cma.j.cn115610-20210302-00105.
- [23] Li Z, Nguyen Canh H, Takahashi K, et al. Histopathological growth pattern and vessel co-option in intrahepatic cholangiocarcinoma[J]. *Med Mol Morphol*, 2024, 57(3): 200-217. DOI: 10.1007/s00795-024-00392-1.
- [24] Rodrigues PM, Olaizola P, Paiva NA, et al. Pathogenesis of cholangiocarcinoma[J]. *Annu Rev Pathol*, 2021, 16: 433-463. DOI: 10.1146/annurev-pathol-030220-020455.
- 【收稿日期】2024-12-18 【修回日期】2025-02-05
(本文编辑 张春辉)