

Susceptibility weighted imaging based on 5.0T MRI for diagnosing hepatocellular carcinoma complicated with vein tumor thrombi

LI Shaopeng¹, LIU Chang¹, YIN Darwei¹, SONG Xiaopeng², TANG Runyu², DENG Kexue^{1*}

(1. Department of Radiology, Southern District, the First Affiliated Hospital of University of Science and Technology of China [Anhui Provincial Hospital], Hefei 230032, China; 2. Central Research Institute, United Imaging Group, Wuhan 430200, China)

[Abstract] **Objective** To observe the value of susceptibility weighted imaging (SWI) based on 5.0T MRI for diagnosing hepatocellular carcinoma (HCC) complicated with vein tumor thrombi. **Methods** Totally 63 HCC patients were retrospectively enrolled, among them 17 complicated with vein tumor thrombi. The efficacy of 5.0T SWI for detecting vein tumor thrombus was observed, and the image quality were compared between 5.0T and 3.0T. **Results** 5.0T SWI displayed vein tumor thrombi in 16 cases, except for 1 case with vein tumor thrombi in the upper segment of the left lateral lobe of the left portal vein. The liver edge score, overall image quality score, signal-to-noise ratio and contrast-to-noise ratio of portal venous phase and hepatobiliary phase in 5.0T enhanced MRI were all higher than those in 3.0T (all $P < 0.05$). **Conclusion** 5.0T SWI was helpful for diagnosing HCC complicated with vein tumor thrombi.

[Keywords] carcinoma, hepatocellular; embolism; magnetic resonance imaging; susceptibility-weighted imaging

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2024.05.010

基于 5.0T MRI 的磁敏感加权成像诊断 肝细胞癌合并静脉癌栓

李少朋¹, 刘畅¹, 音大为¹, 宋潇鹏², 汤润宇², 邓克学^{1*}

[1. 中国科技大学附属第一医院(安徽省立医院)南区影像中心, 安徽 合肥 230032;
2. 联影集团中央研究院, 湖北 武汉 430200]

[摘要] **目的** 观察基于 5.0T MRI 的磁敏感加权成像(SWI)诊断肝细胞癌(HCC)合并静脉癌栓的价值。**方法** 回顾性分析 63 例 HCC 患者, 其中 17 例合并静脉癌栓; 观察 5.0T SWI 检出静脉癌栓的效能, 比较 5.0T 与 3.0T 图像质量。**结果** 5.0T SWI 显示 16 例癌栓, 未能检出 1 例位于门静脉左支左外叶上段的癌栓。5.0T 增强 MRI 门静脉期和肝胆期图像显示肝脏边缘评分、整体图像质量评分、信噪比和对比度噪声比均高于 3.0T (P 均 < 0.05)。**结论** 5.0T SWI 有助于诊断 HCC 合并静脉癌栓。

[关键词] 癌, 肝细胞; 栓塞; 磁共振成像; 磁敏感加权成像

[中图分类号] R735.7; R445.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2024)05-0682-04

原发性肝细胞癌 (hepatocellular carcinoma, HCC) 为最常见的肝脏原发性恶性肿瘤, 准确分期、判断是否合并静脉癌栓是临床选择治疗方式的关键。磁

敏感加权成像 (susceptibility weighted imaging, SWI) 是基于 T2* 序列的 MRI 技术, 可检测铁沉积和出血灶。近年我国自主研发的 5.0T MR 仪为完善腹

[第一作者] 李少朋(1984—), 男, 安徽淮南人, 硕士, 副主任医师。研究方向: 腹部影像学诊断。E-mail: 814993570@qq.com

[通信作者] 邓克学, 中国科技大学附属第一医院(安徽省立医院)南区影像中心, 230032。E-mail: dengkexue-anhui@163.com

[收稿日期] 2023-12-13 **[修回日期]** 2024-05-02

部成像提供了优势,其图像质量优于 3.0T^[1-3]。本研究观察 5.0T SWI 诊断 HCC 合并静脉(门静脉或下腔静脉)癌栓的价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性分析 2023 年 5 月—12 月中国科学技术大学附属第一医院南区 63 例 HCC 患者,男 52 例、女 11 例,年龄 37~83 岁、平均(59.0±9.7)岁;其中 17 例合并静脉癌栓,男 13 例、女 4 例,年龄 37~82 岁、平均(58.5±10.4)岁,包括门静脉癌栓 15 例、下腔静脉癌栓 2 例。纳入标准:①临床及影像学资料完整;②MRI 诊断 HCC^[4];③MR 检查前未接受相关治疗;④图像质量佳。本研究经医院伦理委员会批准(2023-RE-396);检查前患者或家属签署知情同意书。

1.2 仪器与方法

1.2.1 5.0T MRI 采用联影 uMR Jupiter 5.0T MRI 仪、24 通道腹部线圈。嘱患者仰卧、头先进,扫描范围包括整个肝脏。首先采集轴位 3D 容积内插梯度回波(volume interpolated gradient-echo, VIGRE) T1WI、轴位快速自旋回波(fast spin echo, FSE) T2WI、轴位弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)及 SWI;参数:VIGRE T1WI, TR 3.14 ms, TE 1.45 ms, 层厚 5 mm, FOV 30 cm×40 cm; FSE T2WI, TR 3 500 ms, TE 82.94 ms, 层厚 6.0 mm, 层间距 1.2 mm, FOV 38 cm×38 cm; DWI, TR 5 000 ms, TE 45.9 ms, 层厚 6.0 mm, 层间距 1.2 mm, FOV 30 cm×38 cm, b 值=0、1 000 s/mm²; SWI, TR 90 ms, TE 5.37 ms, 层厚 6.0 mm, 层间距 1.2 mm, FOV 30 cm×38 cm。之后利用高压注射器经肘静脉以 1~2 ml/s 流率注入钆塞酸二钠(gadolinium ethoxybenzyl diethylenetriamine pentaacetic acid, Gd-EOB-DTPA) 0.1 ml/kg 体质量,并跟注 20 ml 生理盐水,分别于 10 s、50 s、3 min 及 20 min 后采集双动脉期(动脉早、晚期)、门静脉期、平衡期及肝胆期 VIGRE 序列图像,参数同前。

1.2.2 3.0T MRI 完成 5.0T MR 扫描后,25 例于 3 个月内接受 3.0T MR 扫描。采用 GE Discovery MR750 3.0T MR 仪,嘱患者仰卧,行腹部扫描;参数:轴位肝脏容积加速采集成像(liver acquisition with volume acceleration, LAVA) T1WI, TR 3.14 ms, TE 1.45 ms, 层厚 5 mm, FOV 30 cm×40 cm; 轴位 T2WI, TR 3 500 ms, TE 82.94 ms, 层厚 6.0 mm, 层间距 1.2 mm, FOV 38 cm×38 cm; DWI, TR 5 500 ms, TE 45.9 ms, 层厚 7.0 mm, 层间距 1.4 mm, FOV 30 cm×38 cm, b 值=0、1 000 s/mm²。增强扫描方案同 5.0T,扫描序列为

LAVA,参数同平扫。

1.3 图像分析 由分别具有 10 年及 20 年工作经验的腹部放射科医师各 1 名根据 5.0T SWI 评估是否合并静脉癌栓。将 5.0T SWI 传至联影 uWS-MR 后处理工作站,参考增强 MRI,于肝脏肿瘤最大层面强化区域,避开出血、囊变处放置 3 个面积为 150 mm² 的 ROI,于静脉内低信号(癌栓)强化区域、避开血管壁及邻近结构放置 3 个相同面积 ROI,测量其信号强度(signal intensity, SI)后取平均值,并测量上述 2 个层面的竖脊肌 SI;计算肿瘤及癌栓相对 SI(relative SI, RSI): $RSI_{\text{肿瘤或癌栓}} = SI_{\text{肿瘤或癌栓}} / SI_{\text{同层面竖脊肌}}$ 。

选取其中 20 例(5 例因 Child-Pugh 分级不同而被排除)5.0T 和 3.0T 增强门脉期和肝胆期 MRI,由上述 2 名医师进行主观评分,包括呼吸伪影、肝脏边缘清晰度及整体图像质量:1 分,无法用于诊断;2 分,图像质量差;3 分,图像质量一般;4 分,图像质量良好;5 分,图像质量优秀。取二者平均值为最终结果。计算信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)和对比度噪声比(contrast-to-noise ratio, CNR)。

1.4 诊断标准 由 1 名具有 30 年工作经验的腹部放射科医师结合临床资料及 MRI 判断是否合并静脉癌栓。以静脉内可见实性占位且于动脉期强化、门静脉期强化减弱为存在静脉癌栓^[5-6]。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 22.0 统计分析软件。以 $\bar{x} \pm s$ 表示符合正态分布的计量资料,采用配对 *t* 检验进行组间比较。以 Kappa 检验评估观察者间一致性,Kappa 值>0.75 为一致性好。采用组内相关系数(intra-class correlation coefficient, ICC)进行一致性分析,ICC>0.75 为一致性好。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 5.0T SWI 诊断 HCC 合并静脉癌栓 观察者间基于 SWI 诊断 HCC 合并癌栓的一致性好(Kappa=0.789)。5.0T SWI 检出 16 例癌栓,未能检出 1 例位于门静脉左支左外叶上段的癌栓。见图 1、2。

$RSI_{\text{肿瘤}}$ 及 $RSI_{\text{癌栓}}$ 分别为 1.13 ± 0.16 及 1.06 ± 0.16 ,差异无统计学意义($t=0.960, P=0.346$)且一致性好(ICC=0.831)。

2.2 对比 5.0T 与 3.0T MRI 2 名医师图像主观评分一致性好(Kappa=0.797~0.887)。5.0T 增强 MRI 门静脉期和肝胆期图像显示肝脏边缘评分、整体图像质量评分、SNR 及 CNR 均高于 3.0T(*P*均<0.05)。见表 1。

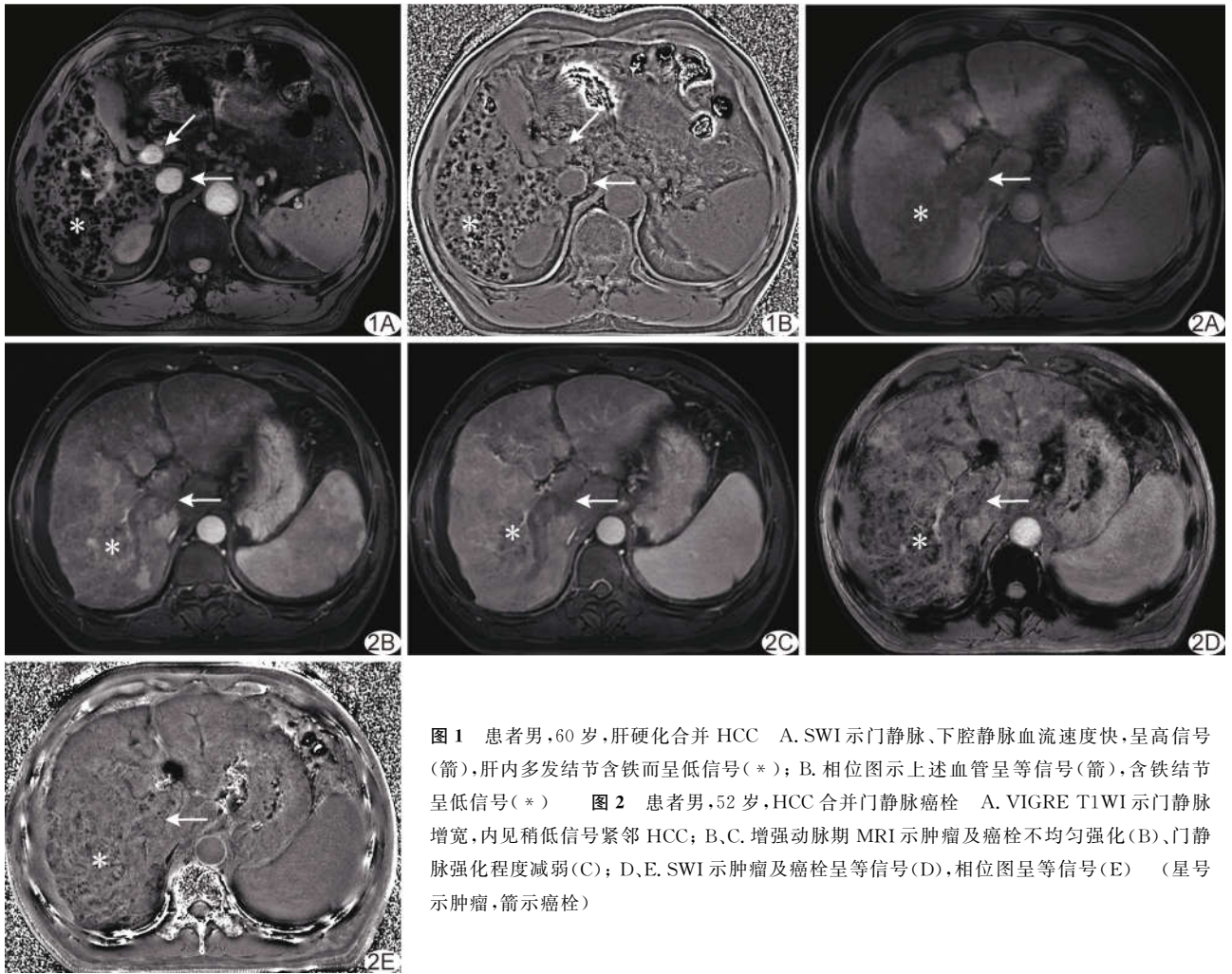


图 1 患者男,60 岁,肝硬化合并 HCC A. SWI 示门静脉、下腔静脉血流速度快,呈高信号(箭),肝内多发结节含铁而呈低信号(*); B. 相位图示上述血管呈等信号(箭),含铁结节呈低信号(*) 图 2 患者男,52 岁,HCC 合并门静脉癌栓 A. VIGRE T1WI 示门静脉增宽,内见稍低信号紧邻 HCC; B、C. 增强动脉期 MRI 示肿瘤及癌栓不均匀强化(B)、门静脉强化程度减弱(C); D、E. SWI 示肿瘤及癌栓呈等信号(D),相位图呈等信号(E) (星号示肿瘤,箭示癌栓)

表 1 5.0T 与 3.0T 增强门静脉期、肝胆期 MR 图像质量

增强 MRI	场强	主观评分(分)			SNR	CNR
		呼吸伪影	肝脏边缘	整体图像质量		
门静脉期	5.0T	4.00±0.72	4.53±0.80	4.31±0.89	321.72±53.87	230.60±45.98
	3.0T	3.81±0.74	3.66±0.60	3.69±0.69	277.12±50.08	197.42±30.33
	t 值	1.184	2.365	3.122	2.426	2.410
	P 值	0.241	0.021	0.003	0.022	0.023
肝胆期	5.0T	4.72±0.46	4.63±0.61	4.75±0.44	183.64±39.51	132.28±29.18
	3.0T	4.75±0.51	3.99±0.59	3.94±0.56	150.90±29.88	107.99±29.17
	t 值	-0.259	4.360	0.787	2.643	2.355
	P 值	0.797	<0.001	<0.001	0.013	0.025

3 讨论

对 HCC 进行准确分期是决定治疗方式和预测预后后的关键;是否合并静脉癌栓为 TNM、意大利肝癌计划和巴塞罗那临床肝癌分期等的重要依据^[7]。穿刺活检是诊断 HCC 合并静脉癌栓的金标准,但具有侵入性,且存在出血、取样错误和针道种植转移等风险。超声、CT 和 MRI 等非侵入性技术有助于判断 HCC 是否合并静脉癌栓。其中,超声诊断 HCC 合并静脉癌

栓的特异度较高,但漏诊率(25%)亦较高^[8];增强 CT 诊断 HCC 合并静脉癌栓的特异度高达 100%^[9],但有辐射且需注射对比剂;MRI 软组织分辨率高,且有研究^[10]显示其对 HCC 合并静脉癌栓的检出率高于增强 CT,并能更好地阐述肿瘤与癌栓的关系,但亦需注射对比剂。

SWI 是基于 T2* 序列的 MRI 技术,检测病变微出血、钙化及氧合水平变化敏感度较高,且无需注射对

比剂^[11];顺磁性物质(如脱氧血红蛋白和含铁血黄素)在其中表现为低信号^[12]。良性血栓主要为静脉血流缓慢或高凝状态所致,为含高浓度顺磁性物质的血凝块,故于 SWI 相位图及幅度图中均呈低信号^[13]。既往研究^[14]显示,相比 T2WI 和 T2*WI, SWI 检出肝脏含铁结节更为敏感,特别是针对慢性肝病及肝硬化患者;同时,于 T2*WI 中添加相位信息可提高对病灶不均匀性的敏感度。相反,癌栓为 HCC 侵袭引起,主要由肿瘤细胞组成,SWI 中呈稍高信号^[15]。本研究结果显示,静脉癌栓于 5.0T SWI 中呈稍低信号,而于相位图呈等/稍低信号,RSI_{肿瘤}与 RSI_{癌栓}无明显差异且一致性好;除 1 例位于门静脉左支左外叶上段的癌栓外,SWI 检出 16 例癌栓,提示其检出癌栓效能较高。

7.0T、9.4T、11.7T 等超高场强 MRI 的 SNR、分辨率及组织对比度更高,且具有改进的并行成像性能,逐渐受到关注。7.0T 可用于体内成像,但受限于场强不均匀性、特定序列高比吸收率、快速横向磁化伪影衰减率等,尚无法用于腹部。我国自主研发的 5.0T MR 仪已被证实可用于腹部成像。ZHANG 等^[1]报道,5.0T 腹部 DWI 图像质量高于 3.0T,且观察者间测量肝脏、胰腺、脾脏和肾脏表观弥散系数的一致性均好;同时,5.0T MR T1WI 显示肾动、静脉的清晰度高于 3.0T,亦有助于辨别肾皮、髓质^[2]。ZHENG 等^[3]指出,相比 3.0T,5.0T 胰腺 T2WI 和 DWI 的 SNR 更高。本研究结果显示,5.0T 增强 MRI 门静脉期和肝胆期图像的肝脏边缘评分、整体图像质量评分、SNR 及 CNR 均高于 3.0T,与上述研究结果基本一致,表明 5.0T 平扫及增强 MRI 腹部成像质量均优于 3.0T。

综上,5.0T SWI 有助于诊断 HCC 合并静脉癌栓。本研究主要局限性:①样本量小;②诊断静脉癌栓缺乏病理学依据;③5.0T 与 3.0T MR 仪型号不同,需尽量保持参数一致,以降低其影响。

利益冲突:全体作者声明无利益冲突。

作者贡献:李少朋查阅文献、研究设计和实施、数据分析、统计分析、撰写文章;刘畅研究实施、图像分析;音大为数据分析;宋潇鹏研究设计、指导;汤润宇图像处理;邓克学指导、修改和审阅文章。

[参考文献]

[1] ZHANG Y, YANG C, LIANG L, et al. Preliminary experience of 5.0 T higher field abdominal diffusion-weighted MRI: Agreement of apparent diffusion coefficient with 3.0 T imaging[J]. J Magn Reson

Imaging, 2022, 56(4):1009-1017.

- [2] ZHENG L, YANG C, SHENG R, et al. Renal imaging at 5 T versus 3 T: A comparison study[J]. Insights Imaging, 2022, 13(1):155.
- [3] ZHENG L, YANG C, LIANG L, et al. T2-weighted MRI and reduced-FOV diffusion-weighted imaging of the human pancreas at 5 T: A comparison study with 3 T[J]. Med Phys, 2023, 50(1):344-353.
- [4] 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].中华肝脏病杂志,2022,30(4):367-388.
- [5] 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.
- [6] 中国医师协会肝癌专业委员会.肝细胞癌合并肝静脉或下腔静脉癌栓多学科诊治中国专家共识(2019版)[J].中国实用外科杂志,2020,40(1):17-22.
- [7] XU S, GUO X, YANG B, et al. Evolution of nonmalignant portal vein thrombosis in liver cirrhosis: A pictorial review[J]. Clin Transl Gastroenterol, 2021, 12(10):e00409.
- [8] GAWANDE R, JALAEIAN H, NIENDORF E, et al. MRI in differentiating malignant versus benign portal vein thrombosis in patients with hepatocellular carcinoma: Value of post contrast imaging with subtraction[J]. Eur J Radiol, 2019, 118:88-95.
- [9] CATANIA R, CHUPETLOVSKA K, BORHANI A A, et al. Tumor in vein (LR-TIV) and liver imaging reporting and data system (LI-RADS) v2018: Diagnostic features, pitfalls, prognostic and management implications[J]. Abdom Radiol (NY), 2021, 46(12):5723-5734.
- [10] BAE J S, LEE J M, YOON J H, et al. How to best detect portal vein tumor thrombosis in patients with hepatocellular carcinoma meeting the milan criteria: Gadoteric acid-enhanced MRI versus contrast-enhanced CT[J]. Liver Cancer, 2020, 9(3):293-307.
- [11] 曾文婷,赵静,初建平.磁敏感加权成像用于诊断及治疗胶质瘤研究进展[J].中国医学影像技术,2022,38(8):1254-1258.
- [12] HALLER S, HAACKE E M, THURNHER M M, et al. Susceptibility-weighted imaging: Technical essentials and clinical neurologic applications[J]. Radiology, 2021, 299(1):3-26.
- [13] 马小丹,夏万泓,张英魁.磁敏感加权成像核心技术解读与其在缺血性卒中中的相关应用[J].中国卒中杂志,2022,17(7):786-790.
- [14] HUANG C, XIAO X, GUO M, et al. Value of susceptibility-weighted imaging in differentiating benign from malignant portal vein thrombosis[J]. Quant Imaging Med Surg, 2023, 13(4):2688-2696.
- [15] HOU Z B, ZHAO F, ZHANG B, et al. Study on clinical application of susceptibility weighted imaging ombined with diffusion weighted imaging in patients with liver cirrhosis complicated with small hepatocellular carcinoma[J]. Pak J Med Sci, 2021, 37(3):800-804.