·临床研究·

超微血管成像联合超声造影对肝脏占位病变的定性诊断价值

孙昕* 吕子平 徐金兰

（金昌市人民医院超声医学科，金昌 710061）

【摘要】 目的 探讨超微血管成像（superb microvascular imaging, SMI）联合超声造影（contrast-enhanced ultrasound, CEUS）对肝脏占位病变的定性诊断价值。**方法** 回顾性收集2023年1月至2025年12月我院收治的115例肝脏占位病变患者的临床资料。所有患者均接受SMI、CEUS检查，以手术或穿刺病理结果为金标准，计算SMI、CEUS单独及联合对肝脏占位病变的定性诊断结果，包括敏感度、特异度、准确率、阳性预测值、阴性预测值、一致性*K*值，并分析二者单独及联合对不同亚组肝脏占位病变的诊断准确率，以及不同肝脏占位病变的常规超声特征，基于此构建回归模型，并采用Bootstrap自抽样法、Hosmer-Lemeshow拟合优度检验以及决策曲线对构建的模型进行验证。**结果** 115例肝脏占位病变患者中，经手术或穿刺病理结果诊断为恶性病变48例，良性病变67例。以手术或穿刺病理结果为金标准，SMI、CEUS单独及联合对肝脏占位恶性病变的检出率分别为75.00%、70.83%、95.83%。SMI联合CEUS的敏感度、准确率、阴性预测值均高于SMI、CEUS单独诊断，且*K*值最高，为0.757，差异有统计学意义（$P<0.05$）。在病灶≤3 cm亚组中，SMI与CEUS单独诊断的准确率均低于联合诊断，在肝细胞癌亚组中，CEUS单独诊断的准确率低于联合诊断，差异均有统计学意义（$P<0.05$）。恶性组的内部高回声、后方回声衰减、形态不规则、边界不清晰占比均高于良性组（$P<0.05$）。Logistic回归分析结果显示，SMI联合CEUS诊断结果、内部回声、后方回声、形态、边界均是肝脏占位恶性病变的影响因素（$P<0.05$）。基于此构建回归模型，内部验证结果显示模型的一致性指数为0.955（95% *CI*：0.940～0.962），内部校正曲线与理想曲线的拟合反映良好，Hosmer-Lemeshow拟合优度检验结果显示，模型预测结局发生情况与实际情况基本一致（$\chi^2=4.162$，$P=0.526$）。经决策曲线评估，该模型在0.01～0.09、0.33～0.93阈值概率范围内具有较高的净收益率，最大净收益率为0.414。**结论** SMI联合CEUS对肝脏占位病变的定性诊断价值较高，可协助临床决策。

【关键词】 超微血管成像；超声造影；肝脏占位病变；定性诊断

【中图分类号】 R735.7 **【文献标识码】** A **【DOI】** 10.11876/mimt202604012

The qualitative diagnostic value of superb microvascular imaging combined with contrast-enhanced ultrasound for liver space occupying lesions

Sun Xin, Lyu Ziping, Xu Jinlan*

(Department of Ultrasound Medicine, People's Hospital of Jinchang, Jinchang 710061, China)

【Abstract】 Objective To explore the qualitative diagnostic value of superb microvascular imaging (SMI) combined with contrast-enhanced ultrasound (CEUS) for liver space occupying lesions. **Method** The clinical data of 115 patients with liver space occupying lesions who were admitted to our hospital from January 2023 to December 2025 were retrospectively collected. All patients underwent SMI and CEUS examinations, with surgical or puncture pathology results as the gold standard. The qualitative diagnostic results of SMI and CEUS alone and in combination for liver mass lesions were calculated, including the sensitivity, specificity, accuracy, positive predictive value, negative predictive value, and consistency *K* value. The diagnostic accuracy of

收稿日期：2026-05-26

基金项目：甘肃省金昌市科技计划项目（2025YL042）

第一作者：孙昕，女，本科，主治医师，研究方向：主要从事介入超声方面的相关研究

SMI and CEUS alone and in combination for different subgroups of liver mass lesions was analyzed. Based on the conventional ultrasound characteristics of different liver occupying lesions, a regression model was constructed and validated using Bootstrap self sampling, Hosmer–Lemeshow goodness of fit test, and decision curve. **Results** In 115 patients with liver mass lesions, 48 were diagnosed with malignant lesions and 67 with benign lesions based on surgical or puncture pathology results. The pathological results of surgery or puncture were the gold standard, and the detection rates of SMI, CEUS alone, and in combination for malignant liver lesions were 75.00%, 70.83%, and 95.83%, respectively. The sensitivity, accuracy, and negative predictive value of SMI combined with CEUS were higher than those of SMI and CEUS alone, and the *K* value was the highest, at 0.757, with statistical significance differences ($P<0.05$). In the subgroup of lesions ≤ 3 cm, the accuracy of SMI and CEUS diagnosis alone was lower than that of combined diagnosis; in the subgroup of hepatocellular carcinoma, the accuracy of CEUS diagnosis alone was lower than that of combined diagnosis, all with statistical significant differences ($P<0.05$). The proportion of internal high echo, posterior echo attenuation, irregular morphology, and unclear boundaries in the malignant group was higher than that in the benign group ($P<0.05$). The results of Logistic regression analysis showed that SMI combined with CEUS diagnosis, internal echo, posterior echo, morphology, and boundary were all influencing factors of malignant liver lesions ($P<0.05$). Based on this, a regression model was constructed, and the internal validation results showed that the consistency index of the model was 0.955 (95% *CI*: 0.940 ~ 0.962). The fit between the internal calibration curve and the ideal curve was well reflected. The Hosmer–Lemeshow goodness of fit test results showed that the predicted outcome of the model was basically consistent with the actual situation ($\chi^2=4.162$, $P=0.526$). According to the decision curve evaluation, the model had a high net return rate within the threshold probability range of 0.01 ~ 0.09 and 0.33 ~ 0.93, with a maximum net return rate of 0.414. **Conclusion** SMI combined with CEUS has high qualitative diagnostic value for liver space occupying lesions and can assist clinical decision–making.

【Key words】 Superb microvascular imaging; Contrast–enhanced ultrasound; Liver space occupying lesions; Qualitative diagnosis

肝脏占位病变是临床常见肝脏异常表现，受肝炎病毒感染、酗酒、代谢异常等多种因素影响，患病人群基数较为庞大。肝脏占位病变包括良性与恶性两大类，其中，恶性占位以原发性肝癌、转移性肝癌为主，恶性程度高、预后极差；良性占位包括肝血管瘤、肝腺瘤等，多数病灶无恶变风险，无需特殊干预[1]。由于该类病变早期缺乏特异性临床表现，良恶性临床特征存在重叠，鉴别难度较大，而准确定性诊断直接决定治疗方案选择与患者预后，若误诊或延误诊断，可能导致过度治疗或病情进展，对患者生命健康造成严重威胁[2]。当前，病理组织学检查是肝脏占位病变定性诊断的金标准，但该检查为有创操作，存在出血、感染等并发症的风险，且部分患者身体条件不耐受穿刺检查，临床应用存在一定局限性[3]。超声检查凭借无创、无辐射、操作便捷、可重复等优势，已成为肝脏占位病变筛查与初步评估的首选方法。常规二维超声仅能观察病灶大小、形态、边界等基础特征，难以清晰显示微小血管结构，对微小、隐匿性病灶鉴别能力有限。超声造影（contrast–enhanced ultrasound, CEUS）可通过微泡增强效应，动态清晰显示病灶血流灌注特征，借助典型增强模式区分病变性质，为良恶性鉴别提供重要依据[4]。超微血管成像（superb microvascular imaging, SMI）能有效去除组织杂波，精准捕捉低速、微小血管信号，清晰显示病灶微血管形态及分布。现有研究[5-6]已证实，二者单独联合其他方法对肝脏占位病变定性诊断有一定应用价值，但关于二者联合应用的研究较少，其协同诊断价值尚需进一步临床验证。因此，本研究探讨SMI联合CEUS对肝脏占位病变的定性诊断价值，旨在为临床精准鉴别病变性质、优化治疗策略提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究回顾性纳入2023年1月至2025年12月我院收治的115例肝脏占位病变患者，收集临床资料。其中，男性68例，女性47例；年龄32 ~ 78

岁，平均年龄（56.3 ± 10.2）岁；合并乙型肝炎病毒感染史52例。纳入标准：①均完成SMI、CEUS检查；②均经手术或穿刺获取病理组织，并完成病理检查；③相关资料保存完整。排除标准：①既往有肝脏手术史；②既往有肝癌史；③有其他恶性肿瘤者；④伴有血液系统疾病者；⑤伴有全身性感染者；⑥伴有自身免疫性疾病者。本研究已通过本院伦理委员会审批（批件号：2026022）。

1.2 方法

1.2.1 检查方法

（1）SMI检查方法：嘱咐患者检查前需禁食6 h。进入检查室后，指导其取仰卧位，并充分暴露腹部。采用奥地利通用电气医疗联合公司生产的Voluson E8超声诊断仪，探头为1.9 ~ 6.0 nHz，先实施常规超声检查，确定肝脏占位病变的位置、大小、病灶数目、病灶内部回声、后方回声、病灶边界等，并在双幅对比模式下启动彩色模式进行SMI检查，随后启动灰阶模式，参数为：帧率 > 30 fps，血流速度标尺1.6 ~ 2.4 cm/s，彩色频率5 ~ 7 MHz，最佳成像。将取框大小调整到合适位置后，以1.0 ~ 2.0 cm/min的速度移动探头以探测病灶，随后冻结并保存图像。见图1。

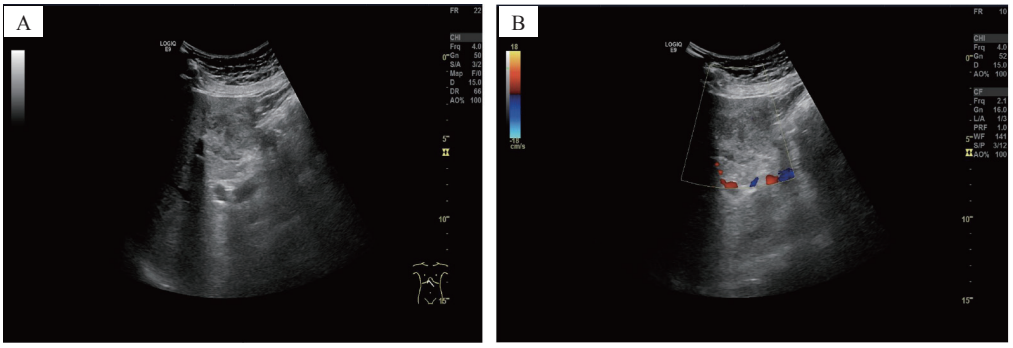


图1 SMI检查图像 A为肝脏SⅢ段实性占位，边界欠清晰，形态规则，内部回声欠均匀；B为实性占位内部及周边未见明显的彩色血流信号

（2）CEUS检查方法：SMI检查结束后，切换为CEUS检查模式，设置机械指数为0.06 ~ 0.11，深度为120 mm以下。同时，经患者肘部推注2 mL的造影剂混悬液，需提前将5 mL的0.9%氯化钠注射液（江西长江药业有限公司，国药准字H36021272，规格100 mL：0.9 g）与SonoVue造影剂（Bracco International BV，国药准字HJ20171213，规格59 mg六氟化硫/瓶）充分混合为混悬液。随后，动态观察造影剂的灌注情况，并将图像导入内置的Contrast Imaging软件中，将帧频调整为2 ~ 5 Hz/s，机械指数设置为0.08。手动勾画感兴趣区，观察病灶在动脉期、门静脉期、延迟期3个时期的灌注情况和回声强度，其中，动脉期采用连续成像观察，门静脉期和延迟期采用间歇成像观察，均观察至微气泡在循环系统中完全清除，即注射后4 ~ 6 min。另外，若需多次注射造影剂，需在上一次造影剂微气泡完全消失后再注射。见图2。

1.2.2 影像学图像分析

（1）SMI定性诊断标准：先通过彩色SMI整体评估病灶血流丰富程度，再切换灰阶SMI放大观察微血管细微形态，采用Adler法[7]评估血流丰富程度，其中，0级为肿块内未发现血流信号；Ⅰ级为少量血流，可见1 ~ 2个点状或细棒状肿瘤血管，棒状血流不超过病灶直径的1/2；Ⅱ级为中等量血流，可见3 ~ 4个点状血管或1个较长的血管穿入病灶，其长度可接近或超过肿块半径；Ⅲ级为大量血流，可见≥5个点状血管或2个较长血管。同时，观察微血管形态是否存在血管走行紊乱、周边异常血管环、穿支血管、分支形态杂乱。将Adler Ⅱ ~ Ⅲ级且合并上述1种及以上形态学征象判定为恶性，其余则为良性。

（2）CEUS定性诊断标准：若动脉期、门静脉期及延迟期均为等增强或高增强，或各期均无增强则判定为良性。若动脉期为等增强或高增强，门静脉期、延迟期呈低增强，或延迟期无增强，则为恶性。

（3）阅片质量控制：由2名具有10年以上腹部超声诊断经验的副主任医师采用双盲法独立完成

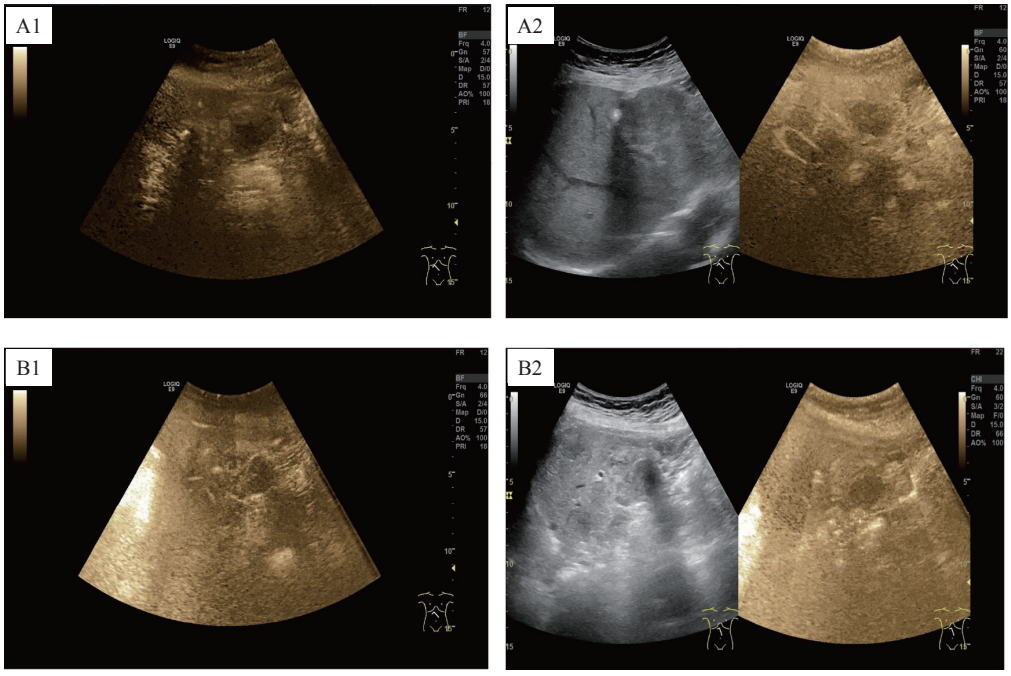


图 2 CEUS 检查图像 A 为可见实性占位显示少量血流信号，实性占位周边显示环状血流；B 为可见血流信号逐渐从周边向内部缓慢充填，血流显示范围较前扩大

所有图像阅片与定性诊断；阅片前统一培训诊断标准，医师均不知晓患者病理结果与临床信息。若 2 名医师诊断结果不一致，则由另外 1 名具有 15 年以上经验的超声科主任医师复核并达成最终共识。CEUS 图像判读同样采用上述双人盲法阅片流程。2 名医师对 SMI 图像、CEUS 图像阅片的一致性检验 *Kappa* 值 > 0.8，提示 2 名医师阅片结果一致性良好，诊断标准可重复性佳。

1.2.3 肝脏占位病变判定标准

患者均在完成 SMI、CEUS 检查后，择期接受肝脏穿刺活检（取仰卧位，在超声引导下进行穿刺，将获取的 10 ~ 25 mg 组织标本送至病理科进行检验，常规石蜡包埋、切片，苏木染色后，于显微镜下观察，根据组织细胞的形态结构、排列方式等进行诊断）或手术治疗（术中取组织，进行病理学检查），根据手术或穿刺病理结果判定肝脏占位病变性质。

1.3 观察指标

（1）以手术或穿刺病理结果为金标准，记录 SMI、CEUS 单独及联合对肝脏占位病变的定性诊断结果，并计算其一致性，以及敏感度、特异度、准确率、阳性预测值及阴性预测值。敏感度 = 真阳性例数/（真阳性例数 + 假阴性例数）× 100%，特异度 = 真阴性例数/（真阴性例数 + 假阳性例数）× 100%，准确率 =（真阳性例数 + 真阴性例数）/ 总例数 × 100%，阳性预测值 = 真阳性例数/（真阳性例数 + 假阳性例数）× 100%，阴性预测值 = 真阴性例数/（真阴性例数 + 假阴性例数）× 100%。

（2）记录并对比良性组、恶性组的常规超声特征，将 SMI 联合 CEUS 的诊断结果以及常规超声特征纳入回归分析，构建回归模型，并通过决策曲线分析评估模型的临床净收益率。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 23.0 软件进行数据统计分析，符合正态分布的计量资料以均值 ± 标准差（$\bar{x} \pm s$）表示，组间比较采用独立样本 t 检验，计数资料以频数（n）和百分比（%）表示，组间比较采用 χ^2 检验。采用一致性 *Kappa* 检验评价 SMI、CEUS 单独及联合定性诊断肝脏占位病变与金标准的一致性，用 K 表示，$K \geqslant 0.74$ 提示一致性较好；$0.40 \leqslant K < 0.74$ 提示一致性一般；$K < 0.40$ 提示一致性差。采用多因素 Logistic 回归分析筛选肝脏占位恶性病变的常规超声特征相关因素，并构建回归模型，采用 Bootstrap 自抽样法对列线图模型进行内部验证（抽样次数设定为 1 000 次），采用校正曲线、Hosmer–Lemeshow 拟合优度检验评价模型的拟合程度，采用决策曲线分

析评价预测模型的临床净收益。以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 SMI、CEUS单独及联合对肝脏占位病变的定性诊断结果

115例肝脏占位病变患者中，经手术或穿刺病理结果诊断为恶性病变48例，其中，肝细胞癌32例、肝转移癌12例、肝内胆管细胞癌4例；良性病变67例，其中，肝血管瘤42例、肝腺瘤12例、局灶性结节增生8例、炎性假瘤等其他良性病变5例。按病灶最大径分组：≤3 cm为52例，>3 cm为63例。以手术或穿刺病理结果为金标准，SMI、CEUS单独及联合对肝脏占位病变的定性诊断结果中，恶性病变分别为36例、34例、46例，肝脏占位恶性病变的检出率分别为75.00%、70.83%、95.83%。见表1。

表1 SMI、CEUS单独及联合对肝脏占位病变的定性诊断结果

检查方法	诊断结果	金标准		合计
		恶性	良性	
SMI	恶性	36	17	53
	良性	12	50	62
CEUS	恶性	34	12	46
	良性	14	55	69
SMI联合CEUS	恶性	46	12	58
	良性	2	55	57
合计		48	67	115

注：SMI为超微血管成像；CEUS为超声造影。

2.2 SMI、CEUS单独及联合对肝脏占位病变的定性诊断效能

SMI联合CEUS定性诊断肝脏占位病变的敏感度、准确率、阴性预测值均高于SMI、CEUS单独诊断，且联合诊断的K值最高，为0.757，差异有统计学意义（P<0.05）。见表2。

表2 SMI、CEUS单独及联合对肝脏占位病变的定性诊断效能

检查方法	敏感度	特异度	准确率	阳性预测值	阴性预测值	K值
SMI	75.00%（36/48）	74.63%（50/67）	74.78%（86/115）	67.92%（36/53）	80.65%（50/62）	0.489[a]
CEUS	70.83%（34/48）	82.09%（55/67）	77.39%（89/115）	73.91%（34/46）	79.71%（55/69）	0.532[a]
SMI联合CEUS	95.83%（46/48）[bc]	82.09%（55/67）	87.83%（101/115）[bc]	79.31%（46/58）	96.49%（55/57）[bc]	0.757[a]
χ^2值	10.995	1.532	6.848	1.861	8.387	
P值	0.004	0.465	0.033	0.394	0.015	

注：SMI为超微血管成像；CEUS为超声造影；[a]P<0.05；[b]与SMI对比，P<0.05；[c]与CEUS对比，P<0.05。

2.3 SMI、CEUS单独及联合对不同亚组肝脏占位病变的诊断准确率

在病灶≤3 cm亚组中，SMI和CEUS单独诊断的准确率均低于联合诊断，在肝细胞癌亚组中，CEUS单独诊断的准确率低于联合诊断，差异有统计学意义（P<0.05）。见表3。

表3 SMI、CEUS单独及联合对不同亚组肝脏占位病变的诊断准确率［n（%）］

亚组	例数	SMI	CEUS	SMI联合CEUS	χ^2值	P值
病灶大小						
≤3 cm	52	35（67.31）	33（63.46）	45（86.54）[ab]	7.962	0.019
>3 cm	63	51（80.95）	56（88.89）	56（88.89）	2.230	0.328
恶性病理亚型						
肝细胞癌	32	25（78.13）	24（75.00）	31（96.88）[b]	6.450	0.040
肝转移癌	12	9（75.00）	8（66.67）	11（91.67）	2.250	0.325
肝内胆管细胞癌	4	2（50.00）	2（50.00）	4（100.00）	3.000	0.223
良性病理亚型						
肝血管瘤	42	32（76.19）	35（83.33）	35（83.33）	0.927	0.629
肝腺瘤	12	9（75.00）	10（83.33）	11（91.67）	1.200	0.549
局灶性结节增生	8	5（62.50）	6（75.00）	7（87.50）	1.333	0.513
其他良性病变	5	4（80.00）	4（80.00）	5（100.00）	2.809	0.246

注：SMI为超微血管成像；CEUS为超声造影；[a]与SMI对比，P<0.05；[b]与CEUS对比，P<0.05。

2.4 不同肝脏占位病变的常规超声特征对比

恶性组的内部高回声、后方回声衰减、形态不规则、边界不清晰占比均高于良性组，差异有统计学意义（P<0.05）。见表 4。

表 4 不同肝脏占位病变的常规超声特征对比

超声特征	良性组（n=67）	恶性组（n=48）	χ^2/t 值	P 值
病灶位置［n（%）］			0.565[a]	0.754
左侧	24（35.82）	14（29.17）		
右侧	39（58.21）	31（64.58）		
双侧	4（5.97）	3（6.25）		
病灶直径（cm，$\bar{x} \pm s$）	3.52 ± 1.53	4.05 ± 1.54	1.827[b]	0.070
病灶数目（个，$\bar{x} \pm s$）	1.26 ± 0.23	1.40 ± 0.57	1.817[b]	0.072
内部回声［n（%）］			8.932[a]	0.003
低/混合回声	44（65.67）	18（37.50）		
高回声	23（34.33）	30（62.50）		
后方回声［n（%）］			5.364[a]	0.021
衰减	8（11.94）	14（29.17）		
无衰减	59（88.06）	34（70.83）		
形态［n（%）］			16.521[a]	<0.001
规则	57（85.07）	24（50.00）		
不规则	10（14.93）	24（50.00）		
边界［n（%）］			26.500[a]	<0.001
清晰	53（79.10）	15（31.25）		
不清晰	14（20.90）	33（68.75）		

注：[a]为 χ^2 值；[b]为 t 值。

2.5 肝脏占位恶性病变的超声特征的 Logistic 回归分析

以手术或穿刺病理结果为因变量（恶性 =1，良性 =0），以 SMI 联合 CEUS 诊断结果（恶性 =1，良性 =0）、内部回声（高回声 =1，低/混合回声 =0）、后方回声（衰减 =1，无衰减 =0）、形态（不规则 =1，规则 =0）、边界（不清晰 =1，清晰 =0）为自变量，进行 Logistic 回归分析，结果显示，SMI 联合 CEUS 诊断结果、内部回声、后方回声、形态、边界均是肝脏占位恶性病变的影响因素（P <0.05）。见表 5。基于此构建回归模型，采用 Bootstrap 自抽样法对模型进行内部验证，结果显示模型的一致性指数为 0.955（95% CI：0.940 ~ 0.962），内部校正曲线与理想曲线的拟合反映良好，Hosmer–Lemeshow 拟合优度检验结果显示，模型预测结局发生情况与实际情况基本一致（χ^2=4.162，P=0.526）；决策曲线评估结果显示，该模型在 0.01 ~ 0.09、0.33 ~ 0.93 阈值概率范围内具有较高的净收益率，最大净收益率为 0.414。见图 3。

3 讨论

肝脏占位病变是临床肝胆外科高发病变，病变涵盖良性、恶性两类，恶性占位进展速度快、预后差，早期精准鉴别病变性质是制定治疗方案、改善患者预后的关键。肝脏病灶微血管结构及血流特征是鉴别占位病变良恶性的重要评估指标，影像学精准识别微血管差异对临床诊断具有关键指导意义。本研究结果显示，SMI、CEUS 单独检测恶性病灶检出率分别为 75.00%、70.83%，而二者联合检测恶性病灶检出率可达 95.83%。同时，联合检测的敏感度、准确率、阴性预测值均显著高于单一检测方式，且一致性检验 K 值为 0.757，提示 SMI 联合 CEUS 检测与病理诊断金标准的一致性良好，具备更高的临床诊断可靠性。

SMI 作为新型微血管成像技术，可通过滤波算法剔除组织运动产生的杂波干扰，精准捕捉病灶内部低速、微小的血流信号，清晰呈现病灶微血管分

表 5 肝脏占位恶性病变的超声特征的 Logistic 回归分析

指标	β	SE	Wald χ^2 值	P 值	OR 值	95%CI
SMI 联合 CEUS 诊断结果	2.291	0.471	23.681	<0.001	9.883	3.928 ~ 24.864
内部回声	1.664	0.758	4.828	0.028	5.283	1.197 ~ 23.318
后方回声	1.900	0.896	4.492	0.034	6.686	1.154 ~ 38.747
形态	1.874	0.822	5.198	0.023	6.517	1.301 ~ 32.647
边界	1.541	0.718	4.608	0.032	4.670	1.143 ~ 19.069

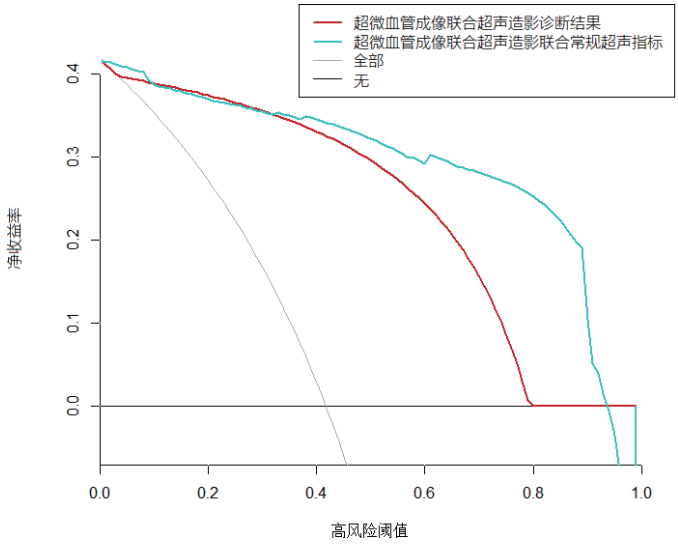


图3 基于常规超声特征的SMI联合CEUS定性诊断肝脏占位病变的决策曲线

布形态、走行特征。从病理层面分析，在肝脏占位恶性病变中，肿瘤细胞会诱导异常新生血管生成，具有血管生成紊乱、微血管密集增生的病理学特点，而良性病变血管分布稀疏、形态规则[8]。同时，本研究采用Adler血流分级标准判定病变性质，Ⅱ～Ⅲ级血流判定为恶性病灶，该分级方式操作简便、适配临床快速诊断[9]。不过，本研究中SMI单独诊断存在一定漏诊、误诊病例，或许是由于部分体积较小的恶性病灶微血管分布稀疏、血流信号微弱，SMI难以精准捕捉，且部分良性病变如肝血管瘤，病灶内部血管走行紊乱，易被误判为恶性病变[10]。由此可见，单一采用SMI检测存在局限性，仅能反映病灶血管形态特征，无法评估病灶血流灌注动态变化。

CEUS是肝脏病变影像学诊断的常用技术，依托超声造影微泡，可实时动态观察病灶在动脉期、门静脉期、延迟期的血流灌注变化，凭借典型的增强模式鉴别病变良恶性。具体而言，恶性病灶因新生血管通透性高、血液流速快，多表现为动脉期高增强、门静脉期及延迟期快速消退的特征[11]。相较之下，良性病灶血流灌注平稳，各时期多呈等增强或无增强状态。该成像方式可清晰显示病灶血流灌注时序特征，成像分辨率受腹壁脂肪、肠道气体干扰较小[12]。不过，本研究中CEUS单独诊断敏感度偏低，这是由于部分分化程度较高的原发性肝癌，病灶恶性特征不典型，造影后增强模式与良性肝腺瘤相似度较高；同时，部分微小恶性病灶血供匮乏，造影剂灌注速度缓慢，各时期增强差异不明显，难以通过肉眼区分病变性质[13]。此外，CEUS仅能评估血流灌注宏观特征，无法清晰显示微血管细微结构，单独应用诊断效能有限。本研究中CEUS单独诊断的准确率仅为77.39%，对恶性病灶的检出率为70.83%。这或许是由于本研究纳入病灶≤3 cm的患者占比达45.2%，小病灶新生血管尚未完全形成，血供特征不典型，部分乏血供恶性病灶动脉期增强不显著，门静脉期消退延迟，难以通过典型的“快进快出”模式识别。同时，部分高分化肝细胞癌病灶细胞异型性小、血流灌注接近正常肝组织，造影增强特征不典型，易与良性病变混淆，造成漏诊与误诊。

SMI、CEUS两种技术联用可兼顾病灶解剖形态、微血管微观细节，同时覆盖血流功能灌注、造影动态时序特征，从而形成多维度诊断体系，针对性地弥补单一方法的诊断盲区。从成像原理层面分析，SMI侧重静态观察病灶微血管数量、形态及空间分布，精准捕捉低速微小血管，弥补CEUS对细微血管显示不足的缺陷[14]。CEUS侧重动态监测病灶血流灌注时序变化、增强强度，弥补SMI无法判定血流灌注动力学特征的短板[15]。二者结合可同时获取病灶微血管解剖结构与血流灌注功能双重信息，规避单一检查的判定盲区。从具体互补机制来看：①针对小病灶与乏血供恶性病灶，CEUS对

低速、微弱灌注的识别能力有限，而SMI可精准捕捉病灶内微小穿支血管、紊乱分支等形态学异常，通过血管结构特征提示恶性可能，弥补CEUS灌注不典型的缺陷；②针对增强模式不典型的高分化肝癌、良性腺瘤，SMI仅观察血管形态易造成误判，而CEUS可通过门静脉期、延迟期的灌注消退特征提供功能学依据，降低误诊率；③SMI灰阶模式可清晰显示血管走行与空间分布细节，CEUS可提供时序化的灌注强度变化，二者结合可同时获取病灶微血管的结构信息与功能信息，对不典型病灶的鉴别价值尤为突出。本研究亚组分析也证实，在≤3 cm小病灶、乏血供恶性亚型中，联合诊断的准确率提升幅度显著高于大病灶与富血供恶性亚型，进一步验证了二者的协同互补价值。对于不典型微小病灶，SMI可识别紊乱的微血管结构，CEUS辅助判断血流灌注变化，大幅降低漏诊概率；对于血管形态异常的良性病灶，结合CEUS稳定的增强特征，可有效规避良性病灶误诊为恶性的情况。同时联合检测特异度与CEUS持平，提示联用不会增加误诊风险，诊断安全性较高。另外，本研究通过进一步回归分析筛选出肝脏占位恶性病变相关的常规超声特征，并将其与SMI联合CEUS诊断结果相结合，构建了回归模型，发现模型内部校准曲线拟合效果理想，预测结果与真实病例结局一致性高；决策曲线分析证实，该模型在0.01 ~ 0.09、0.33 ~ 0.93风险阈值区间内可稳定产生临床净收益，峰值净收益可达0.414，提示该模型可有效辅助临床医师精准定性诊断肝脏占位病变，避免过度筛查与医疗资源浪费，同时减少漏诊情况，为临床干预提供科学依据。

综上所述，SMI联合CEUS对肝脏占位病变的定性诊断价值较高，可有效辅助常规超声鉴别肝脏占位病变良恶性，为临床治疗方案制定、病情评估提供可靠的影像学依据，具备较高的临床推广应用价值。不过，本研究仍存在一定局限性，一是本研究为单中心回顾性研究，研究结果存在一定偏倚；二是人为阅片存在主观误差，虽由专业医师判定图像，但仍无法完全规避主观判断偏差。因此，后续需开展多中心、大样本、前瞻性对照研究，统一图像判定标准，进一步完善联合诊断的判定体系。

[参 考 文 献]

[1] 陈聪燕, 陆彦岑, 陈旭晓, 等. 磁共振弹性成像在肝脏占位性病变中的研究进展[J]. 磁共振成像, 2023, 14(4): 176–180.

[2] 林亚茹, 吴春茂, 罗元满, 等. 基于MRI影像的肝脏占位性病变性质鉴别量化模型的构建与验证[J]. 影像科学与光化学, 2025, 43(2): 18–23.

[3] 余细平, 胡吉波, 王俊丽, 等. 钆塞酸二钠增强MRI肝胆期高信号肝脏占位性病变的研究进展[J]. 中国医学影像学杂志, 2023, 31(11): 1222–1229.

[4] 王正华, 王明达, 张晓谦. 超声造影诊断肝脏占位性病变良恶性效能分析[J]. 实用肝脏病杂志, 2024, 27(4): 607–610.

[5] 张晓倩, 李榕榕. 超声造影联合血清AFP、CEA诊断肝脏占位性病变良恶性的应用价值[J]. 中西医结合肝病杂志, 2025, 35(11): 1389–1393.

[6] 王希英, 王树伟. 超微血管成像联合VTQ参数对肝脏占位性病变良恶性的鉴别诊断价值[J]. 齐齐哈尔医学院学报, 2024, 45(3): 252–255.

[7] Adler D D, Carson P L, Rubin J M, et al. Doppler ultrasound color flow imaging in the study of breast cancer: preliminary findings[J]. Ultrasound Med Biol, 1990, 16(6): 553–559.

[8] 杨凡, 刘春伟, 忻晓洁, 等. 超微血管成像在肝脏局灶性病变中的应用价值[J]. 中华肿瘤杂志, 2021, 43(9): 959–967.

[9] 杨爽, 刘宏武, 祝艳秋, 等. 超声造影微血管成像对乳腺良恶性病变的诊断效能[J]. 中国医学装备, 2023, 20(3): 94–97.

[10] 张燕群, 陈雪君, 俞清, 等. 超微血管成像技术在胆囊占位性病变中的应用价值[J]. 肿瘤影像学, 2022, 31(1): 16–20.

[11] 吴江云, 习广晓, 韩菲燕. 动态三维超声造影联合剪切波弹性成像鉴别诊断良恶性肝脏局灶性病变价值研究[J]. 实用肝脏病杂志, 2026, 29(2): 309–312.

[12] 刘琳琳, 程启帆, 王鑫雅, 等. 超声造影技术在评估肝脏血管异常中的应用进展[J]. 肝脏, 2025, 30(4): 568–571.

[13] 李晶晶, 范智慧, 梅冬雪, 等. 肝脏实性占位性病变超声造影声像学特征及其诊断价值分析[J]. 实用肝脏病杂志, 2025, 28(2): 274–277.

[14] 郝菲, 徐梓祎, 原韶玲. 超声造影联合超微血流成像鉴别诊断肝脏局灶性病变的临床价值[J]. 临床超声医学杂志, 2023, 25(12): 1024–1028.

[15] 杨雪. 超声造影联合超微血管成像在肝脏局灶性病变及射频消融术后评估中的应用价值[D]. 锦州: 锦州医科大学, 2024.