

常规超声特征鉴别胆囊肿瘤性与非肿瘤性息肉样病变的临床价值

邓张亮^{1,2}, 赵雨^{1,3}, 马芳^{1,2*}

¹安徽医科大学研究生学院, 安徽 合肥

²合肥市第二人民医院超声医学科, 安徽 合肥

³合肥市第二人民医院急诊科, 安徽 合肥

收稿日期: 2026年7月13日; 录用日期: 2026年8月6日; 发布日期: 2026年8月14日

摘要

目的: 探讨常规超声特征鉴别胆囊肿瘤性与非肿瘤性息肉样病变的临床价值, 比较纯超声模型与临床-超声联合模型的判别效能, 并进行内部验证。方法: 回顾性纳入合肥市第二人民医院2023年1月至2025年12月经术前常规超声检查并获手术病理证实的胆囊息肉样病变患者236例。按病理结果分为非肿瘤性组175例和肿瘤性组61例。记录临床资料、二维灰阶及彩色多普勒超声特征, 以病理诊断为参照标准, 采用单因素分析、多因素Logistic回归和受试者工作特征曲线分析。以年龄、性别构建临床模型, 以7项核心超声征象构建纯超声模型, 并进一步构建临床-超声联合模型; 采用Bootstrap重抽样1000次进行内部验证, 报告乐观度校正后的AUC及95% CI。结果: 两组基线资料及主要超声特征差异均有统计学意义($P < 0.05$)。纯超声模型中, 病灶最大径 ≥ 10 mm、广基底/无蒂、CDFI可见血流信号、邻近胆囊壁增厚、高回声点/彗星尾缺如、单发病灶及合并胆泥/结石均与肿瘤性病变独立相关($P < 0.05$)。纯超声模型的表观AUC为0.902 (95% CI: 0.858~0.946), Bootstrap校正AUC为0.887 (95% CI: 0.842~0.935); 临床模型和临床-超声联合模型的校正AUC分别为0.842 (95% CI: 0.793~0.893)和0.907 (95% CI: 0.873~0.943)。联合模型较纯超声模型的表观AUC增加0.025, 差异无统计学意义(DeLong检验 $P = 0.064$)。结论: 常规超声征象结构化整合具有较好的判别能力, Bootstrap校正后仍保持稳定。年龄和性别在纯超声模型基础上仅带来小幅增量, 其差异未达到统计学意义。由于本研究仅纳入手术病理病例, 结果不宜直接外推至无症状筛查或非手术随访人群。

关键词

胆囊息肉样病变, 常规超声, 肿瘤性病变, 鉴别诊断, Logistic回归, 受试者工作特征曲线

*通讯作者。

Clinical Value of Conventional Ultrasound Features for Differentiating Neoplastic from Non-Neoplastic Gallbladder Polypoid Lesions

Zhangliang Deng^{1,2}, Yu Zhao^{1,3}, Fang Ma^{1,2*}

¹Graduate School of Anhui Medical University, Hefei Anhui

²Department of Ultrasound Medicine, Hefei Second People's Hospital, Hefei Anhui

³Department of Emergency, Hefei Second People's Hospital, Hefei Anhui

Received: July 13, 2026; accepted: August 6, 2026; published: August 14, 2026

Abstract

Objective: To investigate the clinical value of conventional ultrasound features for differentiating neoplastic from non-neoplastic gallbladder polypoid lesions, compare an ultrasound-only model with a clinical-ultrasound model, and perform internal validation. **Methods:** A total of 236 patients with gallbladder polypoid lesions who underwent preoperative conventional ultrasound and had postoperative pathological confirmation at Hefei Second People's Hospital from January 2023 to December 2025 were retrospectively enrolled. According to pathological results, 175 lesions were classified as non-neoplastic and 61 as neoplastic. Clinical data, two-dimensional grayscale findings, and color Doppler flow imaging features were collected. Pathology was used as the reference standard. Univariate analysis, multivariable logistic regression, and receiver operating characteristic analysis were performed. A clinical model was constructed using age and sex, an ultrasound-only model using seven core sonographic findings, and a combined clinical-ultrasound model using both sets of variables. Internal validation was performed with 1000 bootstrap resamples, and optimism-corrected AUCs with 95% CIs were reported. **Results:** Baseline variables and key ultrasound features differed significantly between the two groups ($P < 0.05$). In the ultrasound-only model, lesion size ≥ 10 mm, sessile morphology, Doppler vascularity, adjacent gallbladder wall thickening, absence of hyperechoic spots/comet-tail artifact, solitary lesion, and concomitant sludge/stones were independently associated with neoplastic lesions ($P < 0.05$). The apparent AUC of the ultrasound-only model was 0.902 (95% CI: 0.858~0.946), and the bootstrap-corrected AUC was 0.887 (95% CI: 0.842~0.935). The corrected AUCs of the clinical model and the combined clinical-ultrasound model were 0.842 (95% CI: 0.793~0.893) and 0.907 (95% CI: 0.873~0.943), respectively. The apparent AUC increased by 0.025 after adding age and sex, but the difference was not statistically significant (DeLong $P = 0.064$). **Conclusion:** Structured integration of conventional ultrasound findings showed good discrimination and remained stable after bootstrap correction. Age and sex provided only a small, non-significant incremental value beyond the ultrasound-only model. Because only surgically treated patients with pathological confirmation were included, direct extrapolation to asymptomatic screening or non-surgical surveillance populations is inappropriate.

Keywords

Gallbladder Polypoid Lesion, Conventional Ultrasound, Neoplastic Lesion, Differential Diagnosis, Logistic Regression, Receiver Operating Characteristic Curve



1. 引言

胆囊息肉样病变是腹部超声检查中常见的胆囊腔内隆起性病变，病理类型涵盖胆固醇性息肉、炎性息肉、腺肌增生、腺瘤及早期胆囊癌等，其中肿瘤性病变虽所占比例较低，却直接关系到胆囊癌早期识别和手术时机选择[1]。目前临床仍以常规超声作为首选筛查和随访工具，但非肿瘤性病变与早期肿瘤性病变在二维图像上可有重叠，单纯依赖直径阈值容易造成过度手术或延误处理[2]。

近年系统评价提示，病灶大小、单发、广基底、合并胆囊壁增厚、内部回声及血流信号等超声特征与肿瘤性病变存在稳定关联[3]。2025 年韩国腹部放射学会建议在报告中结构化描述胆囊息肉样病变的大小、形态、附着方式、胆囊壁情况及危险分层，而不仅报告“息肉大小”这一单一指标[4]。多中心真实世界研究表明，不同年龄层患者中术前超声特征与肿瘤性胆囊息肉的预测关系并不完全一致[5]；欧洲多中心研究也提出，形态、单发、血流和胆泥/结石等变量可用于偶然发现胆囊息肉的风险分层，但相关模型在不同医院层级中的适用性仍需结合具体病例构成审慎解释[6]。

基于上述背景，本研究以合肥市第二人民医院手术病理证实病例为基础，围绕“常规超声能否在术前有效识别肿瘤性胆囊息肉样病变”这一核心问题，分析常规超声特征的独立价值，比较纯超声模型与临床-超声联合模型的判别效能，并通过 Bootstrap 重抽样进行内部验证，以更审慎地界定模型的性能及适用边界。

2. 资料与方法

2.1. 研究对象

本研究为单中心回顾性诊断研究。连续收集 2023 年 1 月至 2025 年 12 月于合肥市第二人民医院行术前常规超声检查并接受胆囊切除术、术后病理明确的胆囊息肉样病变患者资料。纳入标准：(1) 年龄 ≥ 18 岁；(2) 术前 30 d 内完成腹部常规超声检查；(3) 超声、手术记录及病理资料完整；(4) 病灶表现为向胆囊腔内突出的局灶性隆起，体位改变后无移动，且无典型声影。排除标准：(1) 急性胆囊炎或胆囊积脓导致胆囊壁弥漫性改变并影响测量；(2) 弥漫浸润型胆囊癌无法确定息肉样病灶边界；(3) 既往接受胆囊相关介入治疗；(4) 术前超声图像缺失或质量不能满足复核；(5) 术前超声至手术间隔 > 30 d。

近期关于 ≥ 7 mm 胆囊息肉的回顾性研究强调，病灶大小和附着方式需在同一套图像中复核，避免不同操作者报告差异影响风险判断[7]。本研究按最终石蜡病理结果分为非肿瘤性组和肿瘤性组。非肿瘤性病变包括胆固醇性息肉、炎性息肉、增生性息肉、局灶性腺肌增生及其他非上皮性假性息肉；肿瘤性病变包括腺瘤、伴上皮内瘤变的腺瘤、胆囊内乳头状肿瘤及腺癌。同一标本存在多种病理成分时，按最高级别或侵袭性最强的成分归类。

2.2. 资料收集与变量定义

由两名研究者从医院信息系统、超声 PACS 系统和病理系统中提取资料。临床变量包括性别、年龄、体质指数、右上腹症状或体检异常、糖尿病、血脂异常、肝功能指标、空腹血糖、低密度脂蛋白胆固醇及 CA19-9。年龄和 BMI 按连续变量记录；右上腹症状包括右上腹疼痛、胀闷、进食油腻后不适或反复消化道症状。

常规超声变量包括病灶最大径、数量、附着方式、表面形态、内部回声、是否存在点状高回声或彗星尾伪像、CDFI 血流信号、邻近胆囊壁厚度、基底宽度、宽高比以及是否合并胆泥或结石。病灶最大径为胆囊充分显示时沿病灶最长轴测得的最大值；单发指全胆囊仅见 1 个息肉样隆起；广基底/无蒂指基底宽而无清晰细蒂；邻近胆囊壁增厚定义为病灶附着处或邻近局灶性壁厚 $> 3 \text{ mm}$ ；CDFI 可见血流信号定义为病灶内部或基底部可重复显示彩色血流。

已有术前预测模型提示，非肿瘤性与良性肿瘤性胆囊息肉之间的差异并非只由大小决定，临床变量和超声形态变量共同进入模型后可提高判别效能[8]。本研究预先设定“大小 - 形态 - 回声 - 血流 - 胆囊壁”五个超声维度作为主要分析框架，并将年龄、性别作为临床模型的核心候选变量。选择年龄和性别主要基于其临床可获得性、组间关联强度及减少有限事件数条件下过拟合的考虑；其余实验室指标用于描述基线差异和探索性分析，不进入主要预测模型。

2.3. 超声检查方法

患者检查前禁食 8 h 以上，采用彩色多普勒超声诊断仪，常规使用 3.5~5.0 MHz 凸阵探头扫查，必要时加用 7.0~12.0 MHz 线阵探头观察病灶基底和胆囊壁。患者取仰卧位、左侧卧位及必要时坐位或半坐位，多切面观察胆囊长轴、短轴和病灶附着部位。对所有病灶记录最大径；多发病灶以最大或最可疑病灶作为分析对象。CDFI 增益调至不出现明显背景噪声，以低速血流显示为原则。

多级超声评分系统研究显示，规范化采集和分层记录可降低观察者差异，并使简单指标转化为可推广的临床评分[9]。本研究中，所有图像由 2 名具有 8 年以上腹部超声经验的医师在不知道病理结果的情况下独立复核；意见不一致时由 1 名具有 15 年以上经验的主任医师裁定。

2.4. 质量控制与数据复核

研究开始前统一制定变量字典和测量模板，明确每一项超声征象的判定标准。随机抽取 10% 的病例在 2 周后再次复核病灶最大径、基底宽度及主要分类征象；重复测量或分类判断出现分歧时，回溯原始动态图像并由主任医师裁定，最终以一致意见形成分析记录。

数据录入采用双人独立录入和交叉核对。对于年龄、检验指标、病灶直径、手术日期、病理类型等关键变量，研究者逐项回查 HIS、PACS 及病理报告；对缺失、异常值或逻辑冲突数据进行来源追溯。纳入分析前由统计人员再次检查分组、变量编码和表格输出，确保分析数据集与原始复核表一致。

可解释机器学习研究提示，模型变量应能回溯到清晰的影像征象，否则难以在临床报告中落地[10]。本研究仅纳入常规超声可直接观察、可重复判定的指标，不采用图像组学或黑箱特征，以增强临床可解释性。

2.5. 统计学方法

采用 SPSS 26.0 和 R 4.3.2 进行统计分析。符合近似正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差表示，组间比较采用独立样本 t 检验；偏态分布资料以中位数(四分位数)表示，组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以例数(百分比)表示，组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。为避免仅依据 P 值解释组间差异，基线比较同时报告效应量：连续变量和二分类变量采用标准化差异(SMD)，偏态变量采用 $r=Z/\sqrt{N}$ 。敏感度、特异度、准确率、阳性预测值和阴性预测值的 95% CI 采用 Wilson 法估计。

多因素分析以临床可解释性和预先设定为基础，并避免同一信息的连续形式与二分类形式同时进入模型。分别构建 3 个 Logistic 回归模型：临床模型纳入年龄(每增加 10 岁)和性别；纯超声模型纳入病灶最大径 $\geq 10 \text{ mm}$ 、广基底/无蒂、CDFI 可见血流信号、邻近胆囊壁增厚、高回声点/彗星尾缺如、单发病

灶及合并胆泥/结石；临床-超声联合模型同时纳入上述临床与超声变量。报告回归系数、OR 值及 95% CI。采用 ROC 分析评价单一二分类指标及 3 个模型的判别效能，以 Youden 指数确定各模型最佳截断值，并计算敏感度、特异度、准确率、阳性预测值和阴性预测值。采用 DeLong 检验比较模型 AUC，联合模型相对纯超声模型的 AUC 变化用于评价临床变量的增量判别价值。采用 Bootstrap 重抽样 1000 次进行内部验证：在每个重抽样样本中重新拟合模型，分别计算其在重抽样样本和原始样本中的 AUC，以两者差值估计乐观度，并从表观 AUC 中扣除平均乐观度获得校正 AUC；校正 AUC 的 95% CI 采用 Bootstrap 百分位法估计。双侧 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3. 结果

研究对象纳入流程见图 1。最终石蜡病理将 175 例归入非肿瘤性组、61 例归入肿瘤性组；复合性病变按最高级别病理成分归类。两组临床与实验室基线资料及效应量见表 1。除统计学检验外，年龄及合并胆泥/结石的组间效应量较大，提示手术病理队列存在明显基线差异。

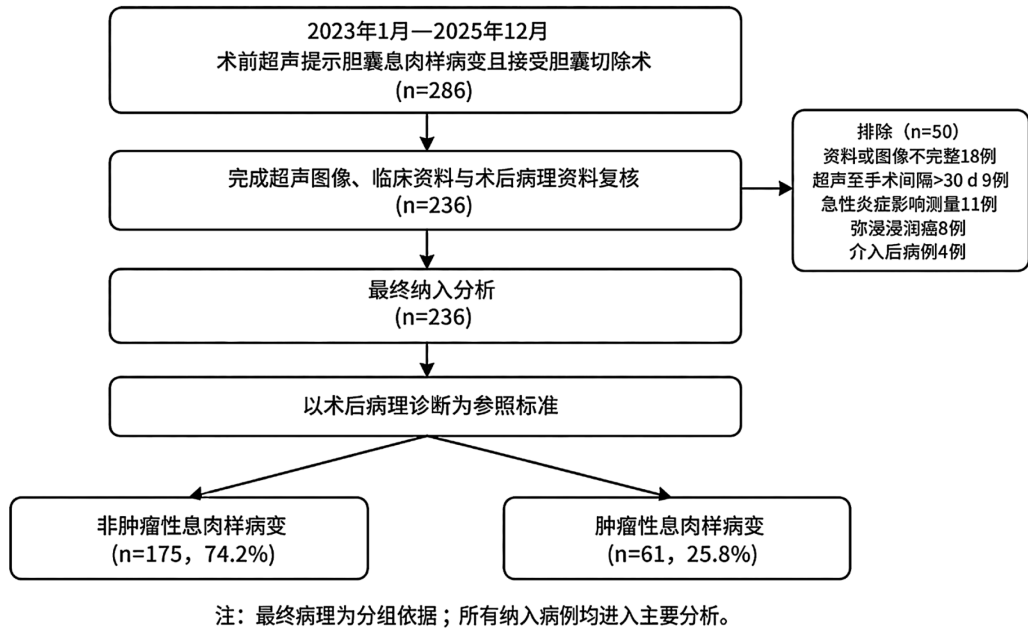


Figure 1. Flowchart of study subject enrollment
图 1. 研究对象纳入流程图

两组常规超声特征差异见表 2，病灶大小、数量、附着方式、表面形态、内部回声、高回声点/彗星尾、血流信号、邻近胆囊壁增厚、基底宽度、宽高比及胆泥/结石差异均有统计学意义($P < 0.001 \sim P = 0.004$)；两组各类二分类超声征象的检出差异将在后文图 4 直观展示。

多因素 Logistic 回归分析结果见表 3，各变量独立效应及相对贡献详见后文图 3(a)。纯超声模型中，病灶最大径 ≥ 10 mm、广基底/无蒂、CDFI 可见血流信号、邻近胆囊壁增厚、高回声点/彗星尾缺如、单发病灶及合并胆泥/结石均与肿瘤性病变独立相关($P < 0.001 \sim P = 0.044$)。在临床-超声联合模型中，年龄每增加 10 岁与肿瘤性病变风险升高独立相关($OR = 2.33$, 95% CI: 1.45~3.74, $P < 0.001$)，男性与结局的关联未达到统计学意义($OR = 2.04$, 95% CI: 0.86~4.84, $P = 0.105$)。超声变量中，病灶最大径 ≥ 10 mm、广基底/无蒂、CDFI 可见血流信号及合并胆泥/结石仍有统计学意义(均 $P < 0.05$)；邻近胆囊壁增厚、高回声点/彗星尾缺如及单发病灶的效应方向保持一致，但 95% CI 跨越 1。

ROC 分析结果见表 4 和图 2。纯超声模型的表观 AUC 为 0.902 (95% CI: 0.858~0.946), 最佳截断值为 0.281; 敏感度为 83.6% (95% CI: 72.4%~90.8%), 特异度为 84.6% (95% CI: 78.5%~89.2%), 准确率为 84.3% (95% CI: 79.1%~88.4%), 阳性预测值为 65.4% (95% CI: 54.3%~75.0%), 阴性预测值为 93.7% (95% CI: 88.7%~96.5%)。Bootstrap 重抽样 1000 次后, 纯超声模型的平均乐观度为 0.015, 校正 AUC 为 0.887 (95% CI: 0.842~0.935)。临床模型的表观 AUC 和校正 AUC 分别为 0.846 (95% CI: 0.792~0.900) 和 0.842 (95% CI: 0.793~0.893); 临床-超声联合模型的表观 AUC 和校正 AUC 分别为 0.926 (95% CI: 0.890~0.963) 和 0.907 (95% CI: 0.873~0.943)。联合模型较纯超声模型的表观 AUC 提高 0.025, DeLong 检验 $P=0.064$ 。联合模型最佳截断值为 0.226, 敏感度为 88.5%, 特异度为 82.3%, 准确率为 83.9%。

对纯超声模型的多因素 Logistic 回归系数进行最大值归一化后, 各变量的相对贡献排序见表 5 和图 3(b)。病灶最大径 ≥ 10 mm 的回归系数最高, 设为 100%; 广基底/无蒂、CDFI 可见血流信号和邻近胆囊壁增厚的相对贡献依次为 81.5%、77.9% 和 71.9%。该结果仅用于比较纯超声模型中各变量在本队列内的相对关联强度, 不作为可直接用于个体决策的临床积分。

Table 1. Comparison of clinical and laboratory baseline characteristics and effect sizes between the two patient groups
表 1. 两组患者临床与实验室基线资料及效应量比较

变量	总体 (n = 236)	非肿瘤性组 (n = 175)	肿瘤性组 (n = 61)	效应量	统计量	P 值
男性	102 (43.2)	64 (36.6)	38 (62.3)	SMD = 0.53	$\chi^2 = 11.17$	<0.001
年龄(岁)	49.8 $\pm$ 11.7	46.3 $\pm$ 10.4	59.8 $\pm$ 9.0	SMD = 1.34	$t = 9.66$	<0.001
BMI (kg/m ²)	23.7 $\pm$ 2.6	23.4 $\pm$ 2.3	24.6 $\pm$ 3.1	SMD = 0.47	$t = 2.86$	0.005
右上腹症状或体检异常	86 (36.4)	55 (31.4)	31 (50.8)	SMD = 0.40	$\chi^2 = 6.53$	0.011
糖尿病	42 (17.8)	25 (14.3)	17 (27.9)	SMD = 0.34	$\chi^2 = 4.81$	0.028
血脂异常	65 (27.5)	38 (21.7)	27 (44.3)	SMD = 0.49	$\chi^2 = 10.42$	0.001
合并胆泥/结石	90 (38.1)	49 (28.0)	41 (67.2)	SMD = 0.85	$\chi^2 = 27.84$	<0.001
ALT (U/L)	27.7 $\pm$ 11.6	25.9 $\pm$ 10.8	32.9 $\pm$ 12.3	SMD = 0.62	$t = 3.96$	<0.001
AST (U/L)	23.9 $\pm$ 10.9	22.2 $\pm$ 9.0	28.9 $\pm$ 14.0	SMD = 0.64	$t = 3.54$	<0.001
总胆红素(μ mol/L)	12.1 $\pm$ 4.6	11.4 $\pm$ 4.1	14.1 $\pm$ 5.4	SMD = 0.60	$t = 3.59$	<0.001
空腹血糖(mmol/L)	5.3 $\pm$ 0.7	5.2 $\pm$ 0.7	5.7 $\pm$ 0.7	SMD = 0.71	$t = 5.39$	<0.001
LDL-C (mmol/L)	2.9 $\pm$ 0.7	2.8 $\pm$ 0.7	3.1 $\pm$ 0.7	SMD = 0.43	$t = 3.37$	0.001
CA19-9 (U/ml)	—	8.9 (6.4, 11.4)	16.3 (12.1, 24.6)	$r = 0.47$	$Z = 7.17$	<0.001

注: 计量资料为 $\bar{x} \pm s$ 或 M (P25, P75), 计数资料为 n (%). SMD 为标准化差异; CA19-9 采用 $r = Z/\sqrt{N}$ 表示效应量。总体 CA19-9 中位数无法由分组汇总值准确合并, 故未列示。

Table 2. Comparison of conventional ultrasonographic features between the two groups
表 2. 两组常规超声特征比较

超声特征	非肿瘤性组(n = 175)	肿瘤性组(n = 61)	检验方法	统计量	P 值
病灶最大径(mm)	8.5 $\pm$ 2.7	13.7 $\pm$ 3.7	t	10.12	<0.001
病灶最大径 ≥ 10 mm	47 (26.9)	49 (80.3)	χ^2	51.40	<0.001
单发病灶	70 (40.0)	47 (77.0)	χ^2	23.38	<0.001

续表

广基底/无蒂	26 (14.9)	35 (57.4)	χ^2	40.48	<0.001
表面不规则或分叶	15 (8.6)	31 (50.8)	χ^2	48.79	<0.001
低回声或混合回声	40 (22.9)	27 (44.3)	χ^2	9.17	0.002
高回声点/彗星尾缺如	52 (29.7)	41 (67.2)	χ^2	25.09	<0.001
CDFI 可见血流信号	29 (16.6)	38 (62.3)	χ^2	44.29	<0.001
邻近胆囊壁增厚(>3 mm)	12 (6.9)	26 (42.6)	χ^2	40.23	<0.001
基底宽度(mm)	4.2 ± 1.5	7.3 ± 2.6	t	9.01	<0.001
宽高比	0.8 ± 0.2	1.2 ± 0.4	t	7.59	<0.001
合并胆泥/结石	49 (28.0)	41 (67.2)	χ^2	27.84	<0.001

注：CDFI 为彩色多普勒血流显像。

Table 3. Multivariate logistic regression analysis of the pure ultrasound model and the clinical-ultrasound combined model
表 3. 纯超声模型与临床 - 超声联合模型的多因素 Logistic 回归分析

变量	纯超声模型 β	纯超声模型 OR (95% CI)	P 值	临床 - 超声联合模型 OR (95% CI)	P 值
年龄(每增加 10 岁)	—	—	—	2.33 (1.45~3.74)	<0.001
男性	—	—	—	2.04 (0.86~4.84)	0.105
病灶最大径 ≥ 10 mm	1.461	4.31 (2.15~8.62)	<0.001	3.73 (1.50~9.31)	0.005
广基底/无蒂	1.190	3.29 (1.65~6.56)	0.001	2.51 (1.01~6.21)	0.048
CDFI 可见血流信号	1.138	3.12 (1.54~6.31)	0.002	2.76 (1.12~6.84)	0.028
邻近胆囊壁增厚	1.051	2.86 (1.29~6.35)	0.010	2.15 (0.71~6.52)	0.178
高回声点/彗星尾缺如	0.986	2.68 (1.33~5.42)	0.006	2.18 (0.91~5.25)	0.082
单发病灶	0.793	2.21 (1.10~4.44)	0.026	1.82 (0.72~4.60)	0.207
合并胆泥/结石	0.718	2.05 (1.02~4.12)	0.044	2.72 (1.12~6.58)	0.027

注：以非肿瘤性病变为参照；OR 为比值比，CI 为置信区间。临床 - 超声联合模型各项数值须使用病例级数据按表中模型设定复算。

Table 4. Individual routine ultrasound indicators and diagnostic performance and internal validation of different models
表 4. 单项常规超声指标及不同模型的诊断效能与内部验证

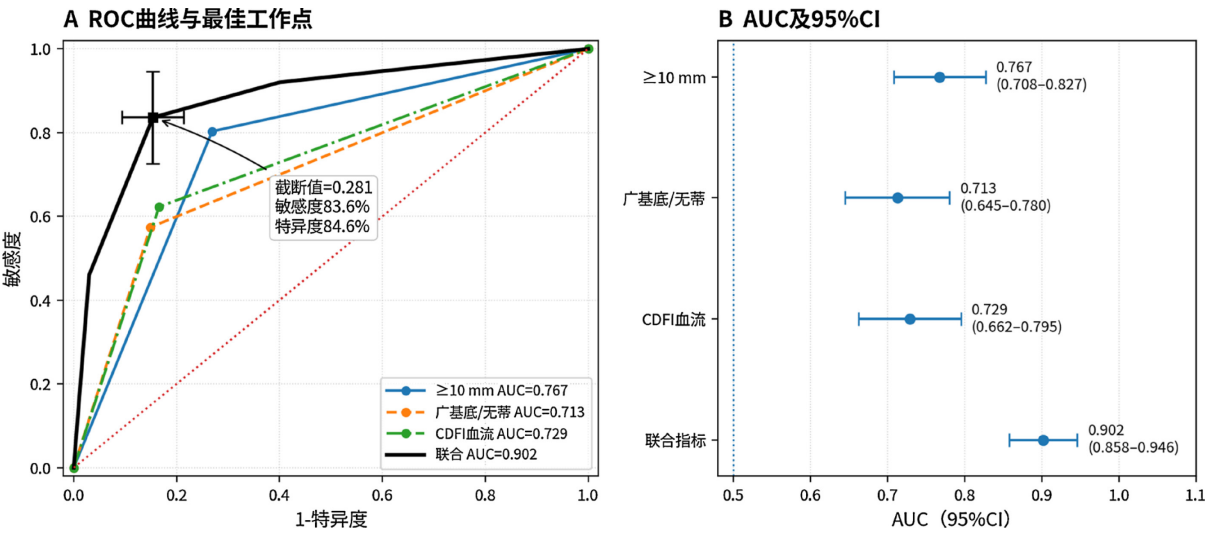
指标/模型	敏感度 (%)	特异度 (%)	准确率 (%)	PPV (%)	NPV (%)	表观 AUC	校正 AUC	截断值
病灶最大径 ≥ 10 mm	80.3	73.1	75.0	51.0	91.4	0.767 (0.708~0.827)	—	阳性
广基底/无蒂	57.4	85.1	78.0	57.4	85.1	0.713 (0.645~0.780)	—	阳性
CDFI 血流信号	62.3	83.4	78.0	56.7	86.4	0.729 (0.662~0.795)	—	阳性
临床模型	73.8	82.9	80.5	60.0	90.1	0.846 (0.792~0.900)	0.842 (0.793~0.893)	0.310
纯超声模型	83.6	84.6	84.3	65.4	93.7	0.902 (0.858~0.946)	0.887 (0.842~0.935)	0.281
临床 - 超声联合模型	88.5	82.3	83.9	63.5	95.4	0.926 (0.890~0.963)	0.907 (0.873~0.943)	0.226

注：AUC 为受试者工作特征曲线下面积；PPV 为阳性预测值，NPV 为阴性预测值。临床模型包括年龄和性别；纯超声模型包括病灶最大径 ≥ 10 mm、广基底/无蒂、CDFI 可见血流信号、邻近胆囊壁增厚、高回声点/彗星尾缺如、单发病灶及合并胆泥/结石；临床 - 超声联合模型同时纳入上述变量。Bootstrap 重抽样 1000 次用于估计乐观度并校正 AUC，校正 AUC 的 95% CI 采用百分位法估计；联合模型与纯超声模型的表观 AUC 差为 0.025，DeLong 检验 P = 0.064。

Table 5. Relative contribution ranking of variables in the logistic regression of the pure ultrasound model
表 5. 纯超声模型 Logistic 回归变量的相对贡献排序

变量	β	相对贡献(%)	排序
病灶最大径 ≥ 10 mm	1.461	100.0	1
广基底/无蒂	1.190	81.5	2
CDFI 可见血流信号	1.138	77.9	3
邻近胆囊壁增厚	1.051	71.9	4
高回声点/彗星尾缺如	0.986	67.5	5
单发病灶	0.793	54.3	6
合并胆泥/结石	0.718	49.1	7

注：相对贡献按 $\beta/\text{最大}\beta \times 100\%$ 计算，仅用于描述纯超声模型中各变量回归系数的相对大小，不等同于经验证的临床积分或个体化风险概率。



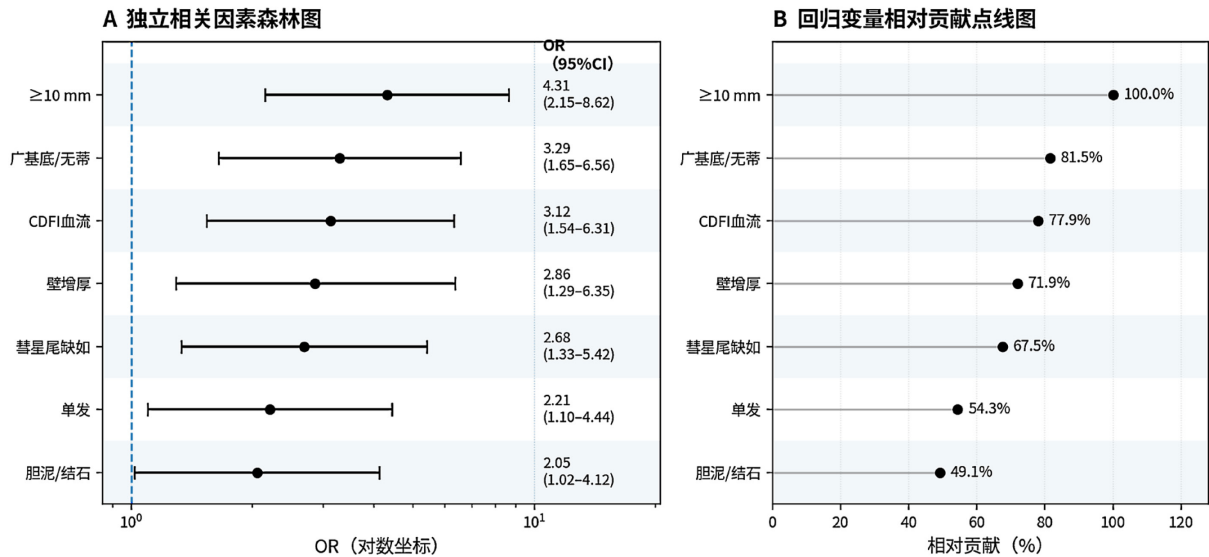
(A) 三项二分类超声指标的 ROC 折线及纯超声模型最佳工作点；(B) 单一指标与纯超声模型的 AUC 及 95% CI。临床模型、临床 - 超声联合模型及 Bootstrap 校正结果见表 4。

Figure 2. Comparison of the diagnostic performance of individual conventional ultrasound parameters and the pure ultrasound model

图 2. 单项常规超声指标及纯超声模型诊断效能比较

4. 讨论

本研究显示，常规超声中“病灶较大、单发、广基底、内部缺乏胆固醇性强回声或彗星尾、可见血流以及邻近胆囊壁增厚”共同指向肿瘤性胆囊息肉样病变。Radiographics 关于胆囊息肉管理更新的解读强调，随访和手术建议不应停留在直径阈值，而应结合形态与风险类别进行综合判断[11]。病灶最大径 ≥ 10 mm 仍是最容易获得且最稳定的危险征象。近年来随访管理更新指出，直径增长和超过关键阈值时应提高对腺瘤及早期癌变的警惕，但直径并不能解释全部风险，因此需与其他超声征象合并判断[12]。广基底或无蒂病灶在本研究中保持独立相关性，其机制可能与肿瘤性上皮沿胆囊黏膜局部增生、底部部黏膜 - 肌层界面受累及纤维血管轴形成有关。SRU 建议相关研究显示，观察者对息肉大小和形态分类的分歧会影响管理建议，提示报告中必须明确附着方式和危险类别[13]。



(A) 肿瘤性胆囊息肉样病变独立相关因素的森林图; (B) 回归变量相对贡献点线图。

Figure 3. Multivariate Logistic regression results and relative contribution of variables in the pure ultrasound model
图 3. 纯超声模型的多因素 Logistic 回归结果及变量相对贡献

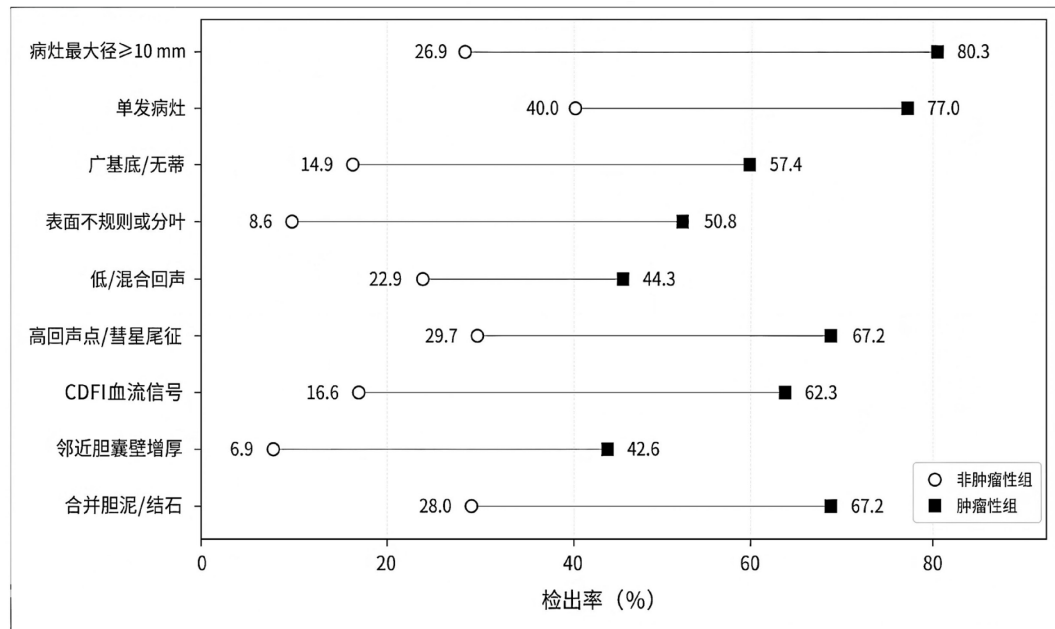


Figure 4. Point-line comparison of detection rates of the main binary conventional ultrasound signs between the two groups
图 4. 两组主要二分类常规超声征象检出率点线比较

如图 4 所示, 肿瘤性组在病灶最大径≥10 mm、单发病灶、广基底/无蒂、表面不规则或分叶、低回声或混合回声、高回声点/彗星尾征、CDFI 血流信号、邻近胆囊壁增厚及合并胆泥/结石等主要二分类超声征象上的检出率均高于非肿瘤性组, 提示这些征象在两组间具有较好的区分度。

CDFI 可见血流信号具有重要鉴别意义。肿瘤性病变常存在增生活跃的上皮和纤维血管核心, 局部微血管增多使病灶内或基底部更易显示血流; 相反, 胆固醇性息肉主要由泡沫细胞和胆固醇沉积构成, 血流通常较少。EUS 弹性成像研究也提示, 除大小外, 组织硬度和内部结构差异可反映病理基础, 从机制

上支持多参数鉴别思路[14]。邻近胆囊壁增厚提示病灶与壁层反应关系更密切,可能来源于局部炎症、纤维化、黏膜增生或早期浸润性改变。CEUS 影像组学研究表明,增强灌注及纹理信息可提高对 $> 10\text{ mm}$ 胆囊息肉肿瘤性的预测,但其临床开展依赖设备、造影剂和后处理条件[15]。

高回声点或彗星尾伪像缺如也是本研究的重要阳性结果。胆固醇性息肉或腺肌增生常因胆固醇结晶、罗-阿窦及微小气体/结晶界面形成点状高回声或彗星尾;当该征象缺如且病灶呈低回声或混合回声时,提示非胆固醇性或上皮性增生概率增加。实用 CEUS 风险预测研究同样将形态和灌注特征用于区分腺瘤与胆固醇性息肉,说明该病理差异可通过影像表型表达[16]。合并胆泥/结石在多因素模型中仍有统计学意义,可能与慢性机械刺激、胆汁成分改变及局部炎症微环境有关。但该因素并非肿瘤特异征象,单独使用易造成误判,需与病灶大小、基底、血流和胆囊壁特征共同解释。超声引导射频消融治疗研究中对胆囊功能保留和病灶消退进行了探索,也提示精准术前分层对选择手术、随访或保胆治疗路径具有现实意义[17]。

本研究纯超声模型显示较高的表观 AUC,提示常规超声除发现病灶外,还可通过结构化信息整合提高术前风险提示能力。Bootstrap 重抽样后,纯超声模型校正 AUC 为 0.887,表观 AUC 与校正 AUC 之差为 0.015,提示模型存在轻度乐观偏倚,但总体判别能力仍较稳定。进一步纳入年龄和性别后,临床-超声联合模型校正 AUC 为 0.907,较纯超声模型校正值提高 0.020;其表观 AUC 提高 0.025,但 DeLong 检验 $P = 0.064$,未达到统计学意义。该结果表明,年龄和性别可带来一定辅助信息,但主要判别信息仍来自病灶大小、附着方式、血流、胆囊壁和内部回声等超声征象。年龄在联合模型中保持独立相关,而性别的 95% CI 跨越 1,因此临床变量更适合作为结构化超声风险提示的辅助修正因素。不同学会指南比较研究显示,管理策略差异可导致手术数量和随访成本明显不同,因此基于形态、血流和胆囊壁特征的结构化报告有助于提高风险沟通的一致性[18]。

本研究存在以下局限。第一,回顾性单中心设计且仅纳入接受胆囊切除术的病例,存在选择偏倚和疾病谱偏倚,结果不适用于全部偶然发现的低风险息肉或无症状筛查人群。第二,肿瘤性事件仅 61 例,而临床-超声联合模型包含 9 个候选变量;虽然采用 Bootstrap 重抽样 1000 次校正乐观度,但仍不能替代独立外部验证,模型参数和截断值仍可能不稳定。第三,本研究尚未在前瞻性非手术随访队列中评价校准表现和临床净获益。第四,肿瘤性病变合并分析,不能分别反映腺瘤、上皮内瘤变和早期胆囊癌的特征差异。第五,图像复核采用独立判读、分歧裁定和一致意见记录,未将观察者一致性作为独立研究终点。第六,结论的适用边界主要限于同类设备、检查流程及手术病理人群。

综上,病灶大小、附着方式、血流信号、邻近胆囊壁改变、内部高回声点/彗星尾及病灶数量等常规超声征象与胆囊息肉样病变的肿瘤性具有独立关联。纯超声模型经 Bootstrap 校正后的 AUC 为 0.887,显示较稳定的内部判别能力;加入年龄和性别后,联合模型校正 AUC 为 0.907,但表观 AUC 增量仅为 0.025,模型间差异无统计学意义。相关结果可用于完善术前风险提示,但在无症状筛查和非手术随访人群中应用前仍需前瞻性外部验证。

5. 结论

常规超声形态、回声、血流及胆囊壁特征结构化整合后,对胆囊肿瘤性与非肿瘤性息肉样病变显示出较好的鉴别能力。纯超声模型 Bootstrap 校正 AUC 为 0.887,临床-超声联合模型校正 AUC 为 0.907;加入年龄和性别后效能仅小幅提高,表观 AUC 差异无统计学意义。相关模型不能替代病理诊断,也不能单独作为手术决策依据,尤其不应直接外推至无症状筛查人群。

参考文献

- [1] Wang, K., Xu, Q., Xia, L., Sun, J., Shen, K., Liu, H., *et al.* (2024) Gallbladder Polypoid Lesions: Current Practices and

- Future Prospects. *Chinese Medical Journal*, **137**, 1674-1683. <https://doi.org/10.1097/cm9.0000000000003019>
- [2] Riddell, Z.C., Corallo, C., Albazaz, R. and Foley, K.G. (2023) Gallbladder Polyps and Adenomyomatosis. *The British Journal of Radiology*, **96**, Article ID: 20220115. <https://doi.org/10.1259/bjr.20220115>
- [3] Lee, S., Chang, W., Kim, Y., Park, J.Y., Jeon, S.K., Lee, J.E., *et al.* (2026) Ultrasound Imaging Features Associated with Neoplastic Gallbladder Polyps: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Korean Journal of Radiology*, **27**, 332-343. <https://doi.org/10.3348/kjr.2025.1126>
- [4] Chang, W., Lee, S., Kim, Y., Park, J.Y., Jeon, S.K., Lee, J.E., *et al.* (2025) Interpretation, Reporting, Imaging-Based Workups, and Surveillance of Incidentally Detected Gallbladder Polyps and Gallbladder Wall Thickening: 2025 Recommendations from the Korean Society of Abdominal Radiology. *Korean Journal of Radiology*, **26**, 102-134. <https://doi.org/10.3348/kjr.2024.0914>
- [5] Li, Q., Dou, M., Liu, H., Jia, P., Wang, X., Geng, X., *et al.* (2024) Prediction of Neoplastic Gallbladder Polyps in Patients with Different Age Level Based on Preoperative Ultrasound: A Multi-Center Retrospective Real-World Study. *BMC Gastroenterology*, **24**, Article No. 146. <https://doi.org/10.1186/s12876-024-03240-9>
- [6] Tang, C., Geng, Z., Wen, J., Wang, L., You, Q., Jin, Y., *et al.* (2024) Risk Stratification Model for Incidentally Detected Gallbladder Polyps: A Multicentre Study. *European Journal of Radiology*, **170**, Article ID: 111244. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2023.111244>
- [7] Chai, J.L., Baranov, E., Licaros, A.R. and Frates, M.C. (2025) Sonographic Characteristics of ≥ 7 mm Gallbladder Polyps: A Retrospective Analysis. *Journal of Ultrasound in Medicine*, **44**, 57-66. <https://doi.org/10.1002/jum.16578>
- [8] Wang, Y., Peng, J., Liu, K., Sun, P., Ma, Y., Zeng, J., *et al.* (2024) Preoperative Prediction Model for Non-Neoplastic and Benign Neoplastic Polyps of the Gallbladder. *European Journal of Surgical Oncology*, **50**, Article ID: 107930. <https://doi.org/10.1016/j.ejso.2023.107930>
- [9] Jiang, L., Xu, M., Yao, J., Yang, Z., Zhang, X., Wu, W., *et al.* (2025) Multilevel Scoring Systems Based on Ultrasound for Differentiating between Gallbladder Adenomatous Polyps and Non-Neoplastic Polyps. *Clinical Radiology*, **89**, Article ID: 107024. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2025.107024>
- [10] Dou, M., Liu, H., Tang, Z., Quan, L., Xu, M., Wang, F., *et al.* (2025) Non-Invasive Classification of Non-Neoplastic and Neoplastic Gallbladder Polyps Based on Clinical Imaging and Ultrasound Radiomics Features: An Interpretable Machine Learning Model. *European Journal of Surgical Oncology*, **51**, Article ID: 109709. <https://doi.org/10.1016/j.ejso.2025.109709>
- [11] Konstantinoff, K.S., Feister, K.F. and Mellnick, V.M. (2023) *RadioGraphics* Update: New Follow-Up and Management Recommendations for Polypoid Lesions of the Gallbladder. *RadioGraphics*, **43**, e220189. <https://doi.org/10.1148/rg.220189>
- [12] Son, J.H. (2023) Recent Updates on Management and Follow-Up of Gallbladder Polyps. *The Korean Journal of Gastroenterology*, **81**, 197-202. <https://doi.org/10.4166/kjg.2023.038>
- [13] Anderson, M.A., Mercaldo, S., Cao, J., Mroueh, N., Furtado, F.S., Cochran, R.L., *et al.* (2024) Society of Radiologists in Ultrasound Consensus Conference Recommendations for Incidental Gallbladder Polyp Management: Interreader Agreement among 10 Radiologists. *American Journal of Roentgenology*, **222**, e2330720. <https://doi.org/10.2214/ajr.23.30720>
- [14] Cho, I.R., Lee, S.H., Choi, J.H., Chun, J.W., Lee, M.W., Lee, M.H., *et al.* (2024) Diagnostic Performance of EUS-Guided Elastography for Differential Diagnosis of Gallbladder Polyp. *Gastrointestinal Endoscopy*, **100**, 449-456.e1. <https://doi.org/10.1016/j.gie.2024.02.015>
- [15] Jiang, D., Qian, Y., Gu, Y., Wang, R., Yu, H., Wang, Z., *et al.* (2025) Establishing a Radiomics Model Using Contrast-Enhanced Ultrasound for Preoperative Prediction of Neoplastic Gallbladder Polyps Exceeding 10 mm. *European Journal of Medical Research*, **30**, Article No. 66. <https://doi.org/10.1186/s40001-025-02292-1>
- [16] Fei, X., Cheng, Z., Zhu, L., Han, P., Li, N., Jiao, Z., *et al.* (2024) A Practical Contrast-Enhanced Ultrasound Risk Prediction of Gallbladder Polyp: Differentiation of Adenoma from Cholesterol Polyp Lesion. *Abdominal Radiology*, **50**, 747-756. <https://doi.org/10.1007/s00261-024-04566-4>
- [17] Yue, W., Dong, G., Qing, Y., Sun, L. and Li, N. (2024) Safety and Efficacy of Ultrasound-Guided Radiofrequency Ablation in the Treatment of Gallbladder Polyps. *Academic Radiology*, **31**, 3157-3164. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2024.01.016>
- [18] Garcia, L., Dygean, F., Bortree, E., Seifi, R., Yu, B., Ferris, J., *et al.* (2025) A Comparison of Society Guidelines in the Management of Gallbladder Polyps. *The American Journal of Surgery*, **240**, Article ID: 116099. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2024.116099>