

腹腔镜胆囊切除术术前预测模型的研究进展与挑战

肖鑫¹, 舒远猛^{1*}, 赵子康²

¹吉首大学医学院, 湖南 吉首

²吉首大学第四临床学院肝胆外科, 湖南 怀化

收稿日期: 2025年7月19日; 录用日期: 2025年8月12日; 发布日期: 2025年8月21日

摘要

腹腔镜胆囊切除术(Laparoscopic Cholecystectomy, LC)是治疗胆囊良性疾病的金标准。然而, 困难腹腔镜胆囊切除术(Difficult Laparoscopic Cholecystectomy, DLC)显著增加胆管损伤、出血及转为开腹手术的风险。术前准确预测LC难度对于提高手术安全性和减少并发症至关重要。本综述遵循PRISMA流程, 系统评估了与LC相关的预测模型和因素。我们检索了PubMed、Embase、Web of Science和Cochrane Library等数据库, 使用关键词包括“Preoperative prediction”、“Laparoscopic cholecystectomy”和“Difficult laparoscopic cholecystectomy”。文献检索范围为2000年至今, 纳入了随机对照试验(RCT)、前瞻性和回顾性队列研究。现有研究表明, 炎症标志物(如CRP、PCT)、影像学参数(如胆囊壁厚度、结石嵌顿)以及多因素预测模型在临床中具有重要应用价值。此外, 人工智能驱动预测模型正在崭露头角, 显示出较大的潜力。然而, 现有的预测工具仍面临验证样本不足、跨中心适用性差等挑战。未来基于大数据和人工智能的个性化预测模型有望提高术前评估的准确性, 并优化手术决策。

关键词

腹腔镜胆囊切除术, 术前预测, 困难胆囊切除术, 预测模型

Research Progress and Challenges of Preoperative Prediction Models for Laparoscopic Cholecystectomy

Xin Xiao¹, Yuanmeng Shu^{1*}, Zikang Zhao²

¹School of Medicine, Jishou University, Jishou Hunan

²Department of Hepatobiliary Surgery, Fourth Clinical College, Jishou University, Huaihua Hunan

*通讯作者。

文章引用: 肖鑫, 舒远猛, 赵子康. 腹腔镜胆囊切除术术前预测模型的研究进展与挑战[J]. 临床医学进展, 2025, 15(8): 1453-1462. DOI: 10.12677/acm.2025.1582385

Abstract

Laparoscopic cholecystectomy (LC) is the gold standard for treating benign gallbladder diseases. However, difficult laparoscopic cholecystectomy (DLC) significantly increases the risk of bile duct injury, bleeding, and conversion to open surgery. Accurate preoperative prediction of LC difficulty is crucial for enhancing surgical safety and reducing complications. This review, conducted following PRISMA guidelines, systematically evaluates predictive models and factors associated with LC. A comprehensive search of PubMed, Embase, Web of Science, and Cochrane Library was performed, using keywords such as "Preoperative prediction", "Laparoscopic cholecystectomy", and "Difficult laparoscopic cholecystectomy". The literature search was limited to studies published from 2000 to present, including randomized controlled trials (RCTs), prospective, and retrospective cohort studies. Current evidence shows that inflammatory markers (e.g., CRP, PCT), imaging parameters (e.g., gallbladder wall thickness, stone impaction), and multifactorial models have significant clinical utility. Additionally, artificial intelligence-driven models are emerging as promising tools. However, challenges remain, including insufficient validation samples and poor cross-center applicability. Future personalized predictive models based on big data and AI are expected to improve preoperative assessment accuracy and optimize surgical decision-making.

Keywords

Laparoscopic Cholecystectomy, Preoperative Prediction, Difficult Cholecystectomy, Predictive Model

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

腹腔镜胆囊切除术(Laparoscopic Cholecystectomy, LC)自 20 世纪 90 年代以来被广泛应用于胆囊良性疾病的治疗,已成为治疗急性慢性胆囊炎的金标准[1]。然而,术中解剖复杂性导致的困难腹腔镜胆囊切除术(Difficult Laparoscopic Cholecystectomy, DLC)显著增加胆管损伤、大出血等严重并发症风险[2] [3]。研究表明, DLC 发生率高达 15%~33%, 中转开腹率约 1.7%~24%, 且与术后恢复延迟、医疗成本增加直接相关[4]~[6]。因此,术前精准预测手术难度对优化手术规划、降低并发症至关重要。传统的 TG18 分级系统虽在围手术期的管理中价值显著,但作为术前预测 LC 技术难度的工具,其独立预测能力有限,尤其在识别非 CVS 与需要 bailout 术式的患者中准确性不足。因此,未来应考虑将 TG18 与其他炎症指标(如 CRP、NLR)、超声参数(如胆囊壁厚、胆囊大小)及既往病史整合,发展更具预测精度的综合评分系统,以提升术前分层管理水平与手术安全性[7]。近年来,关于腹腔镜下胆囊切除术术前预测的研究不断增多,相关文献已在术前风险评估、评分系统建立以及术中困难预测等方面取得重要进展[8] [9]。本文旨在系统性综述当前该领域的研究成果,梳理主要预测因子与模型,评估其临床实用性与局限性,为今后相关研究与临床实践提供参考。

2. 纳入病史与体征的预测价值

在 LC 术前评估中,病史和体征因其简便易得且能早期提示潜在风险,成为各类预测模型和评分系

统中的重要组成部分。研究表明，5 次以上急性发作史(OR = 3.8, $p < 0.001$)，特别是末次发作距离手术不足 3 周时，患者手术时间延长的风险增加 2.1 倍[10]；延迟手术(>72 h)显著提升中转开腹率[6]。既往胆囊引流或保守治疗失败史，是 TG18 分级 $\geq$ II 级的独立预测因子此类患者中 63%需胆囊次全切除术[11]。右上腹包块伴压痛预示胆囊周围粘连[12]，中转开腹风险提高 4 倍[13]。 ≥ 3 次/月发作与胆囊萎缩(OR = 5.2)、胆囊 - 肠痿的形成(OR = 15.8)显著相关[14][15]。此外，内脏脂肪厚度 > 5 cm 者，胆囊床暴露失败率提升 37% (OR = 3.9, $p = 0.002$) [16]。糖尿病(OR = 2.3)及 BMI > 30 kg/m² (OR = 12.3)通过微血管病变加剧 Calot 三角纤维化增加[16]。ASA $\geq$ III 级的患者，其胆囊切除术的并发症风险提高 40%，且当 CRP > 100 mg/L 时，中转率与术后并发症发生的风险显著增加[17]。单纯依靠病史和体征的预测模型，其 AUC 值通常为 0.71~0.81；然而，当联合 CRP > 165 mg/L 或胆囊壁厚 > 4 mm 时，AUC 值可提高至 0.86~0.89 [9][18]。相关预测效能量化对比见表 1。尽管病史和体征在术前预测中具有重要价值，但其预测效果仍存在一定争议和局限性，主要包括病史的主观偏差、体征的动态变化性以及客观指标的结合需求。总的来说，病史和体征在 LC 术前风险评估中占据着不可或缺的位置。通过合理整合这些临床信息，能够显著提高术前预测的准确性，并有效减少术中转化率和并发症的发生。

Table 1. Predictive value of clinical history and physical findings
表 1. 病史体征的预测效能

预测因素	敏感度(%)	特异度(%)	AUC	关键文献
胆囊炎急性发作史	82.1	76.5	0.79	Stanisic, 2020
可触及胆囊	68.9	91.2	0.81	Agrawal, 2015
糖尿病史	57.3	84.6	0.71	Bhandari, 2021
肥胖(BMI > 30)	63.4	88.9	0.76	Goonawardena, 2015

注：合并 ≥ 2 项因素时预测效能提升(如发作史 + 可触及胆囊：AUC = 0.86)。

3. 炎症标志物、肝胆功能指标及新型血液学比值的预测价值

炎症标志物、肝胆功能指标及新型血液学比值指标在预测 DLC 及中转开腹风险中具有不可替代的价值。C 反应蛋白作为急性相反应蛋白，是反映系统性炎症程度的敏感指标。研究表明，CRP > 10.5 mg/L 是早期 LC 中转开腹的独立预测因子(OR = 3.1, $p < 0.001$)，其临界值 165 mg/L 对中转风险的敏感性达 67% [6]；当 CRP > 100 mg/L 时，中转率从 12%升至 29% [4]。关于 CRP 的动态监测价值，术前 48 小时内 CRP 水平持续升高(Δ CRP $> 50\%$)可有效预测手术时间延长(> 150 分钟)，其 AUC 为 0.78 [3]。有研究表明，CRP/白蛋白比值(CAR)在预测 DLC 中的应用具有显著优势。具体而言，当 CAR ≥ 3.2 时，其对 DLC (定义为失血量 ≥ 50 mL 或手术时间 ≥ 150 分钟)的敏感性为 71.7%，特异性为 70.5%，显著优于单独使用 CRP (AUC 0.75 vs. 0.64, $p = 0.002$) [9]。此外，降钙素原(PCT)作为另一重要的炎症标志物，在急性胆囊炎患者中的预测价值也受到广泛关注。PCT > 1.5 ng/mL 对急性胆囊炎 DLC 的预测敏感性为 91.3%，特异性为 76.8%，ROC 曲线下面积(AUC)达到 0.927 (95%CI 0.882~0.973)，成为 TG18 分级系统的有效补充[19]。在急诊病例中，全身炎症反应指数(SIRI) $> 2.5 \times 10^9$ /L 与中转开腹显著相关($p = 0.031$)，且其预测价值高于中性粒细胞与淋巴细胞比值(NLR) [20]。

对于肝胆功能指标的预测价值，碱性磷酸酶(ALP) > 125 U/L 提示 Calot 三角解剖难度(cDS 评分 ≥ 3)的 OR = 2.8 (95%CI 1.6~4.9)，联合 DIC-CT 表现可提升 AUC 至 0.83 [21]。择期手术中 γ -谷氨酰转氨酶 (GGT) > 60 U/L 与中转开腹显著相关($p = 0.024$)，其水平每升高 10 U/L 风险增加 12%。总胆红素(TBIL) > 2.0 mg/dL 是转换的独立危险因素(OR = 2.3)，添加至 CLOC 风险评分后使 AUC 从 0.65 提升至 0.86 [5]。

当 ALT > 40 IU/L + AST > 40 IU/L + ALP > 125 U/L 同时存在时, 预测重度胆囊炎(坏疽/穿孔)的敏感性达 89% [22]。

在血液学参数与新型比值的预测价值方面, 白细胞计数(WBC) > 10 × 10⁹/L 被认为是 DLC 的独立预测因子(OR = 3.2)。当联合胆囊壁增厚时, 其特异性可提升至 94% [23]。中性粒细胞/淋巴细胞比值(NLR) > 7.2 在预测困难 LC 时的 AUC 为 0.856 (95%CI 0.792~0.920), 显著优于单独使用白细胞计数(AUC 0.802) [3], 国内研究者也证实, NLR 和 CRP 均为影响 DLC 的危险因素, 预测 DLC 的 AUC 分别为 0.666 和 0.768 [24]。此外, 纤维蛋白原 > 4 g/L 被认为是 DLC 的独立危险因素(OR = 4.1)。当与胆囊壁厚度 > 4 mm 和结石嵌顿共同构建预测模型时, 其 AUC 可达 0.879 [25], 相关预测效能量化对比见表 2。

Table 2. Predictive value of laboratory indicators
表 2. 实验室指标的预测效能

参数类别	具体指标	最佳临界值	预测目标	预测效能	关键文献
炎症标志物	C 反应蛋白(CRP)	>165 mg/L	中转开腹	OR = 3.1; 敏感性 67%	Wevers <i>et al.</i> , 2013
	CRP/白蛋白比值 (CAR)	≥3.2	DLC (失血 ≥ 50 mL 或时长 ≥ 150min)	AUC = 0.75; 敏感性 71.7%, 特异性 70.5%	Utsumi <i>et al.</i> , 2022
	降钙素原(PCT)	>1.5 ng/mL	急性胆囊炎 DLC	AUC = 0.927; 敏感性 91.3%, 特异性 76.8%	Wu & Luo, 2019
	白细胞计数 (WBC)	>10 × 10 ⁹ /L	DLC	OR = 3.2; 联合胆囊壁厚特异性 94%	Yigit <i>et al.</i> , 2022
	中性粒细胞/淋巴细胞比值(NLR)	>7.2	困难 LC	AUC = 0.856 (95%CI 0.792~0.920)	Stoica <i>et al.</i> , 2024
肝胆功能	碱性磷酸酶(ALP)	>125 U/L	Calot 三角难度 (cDS ≥ 3)	OR = 2.8; 联合 DIC-CT 的 AUC = 0.83	Fujinaga <i>et al.</i> , 2024
	γ-谷氨酰转移酶 (GGT)	>60 U/L	择期手术中转开腹	每升高 10 U/L 风险 + 12%	Avci <i>et al.</i> , 2024
	总胆红素(TBIL)	>2.0 mg/dL	中转开腹	OR = 2.3; 使 CLOC 评分 AUC 从 0.65→0.86	STRATA Collaborative, 2025
	ALT/AST/ALP 三联异常	ALT > 40 + AST > 40 + ALP > 125	重度胆囊炎(坏疽/穿孔)	敏感性 89%	Kim <i>et al.</i> , 2017
血液学参数	纤维蛋白原	>4 g/L	DLC	OR = 4.1; 模型 AUC = 0.879	Chen <i>et al.</i> , 2022
	全身炎症反应指数 (SIRI)	>2.5 × 10 ⁹ /L	急诊中转开腹	预测价值 > NLR (p = 0.031)	Avci <i>et al.</i> , 2024
整合模型	CRP-TG18 分级系统	CRP 分档 + TG18 分级	非 CVS 风险	AUC = 0.721 vs TG18 单独 0.609 (p = 0.001)	Mishimai <i>et al.</i> , 2024
	多参数诺模图	CRP + 纤维蛋白原 + NLR	个体化 DLC 风险	训练队列 AUC = 0.915, 验证队列 AUC = 0.842	Zhu <i>et al.</i> , 2025

4. 术前影像学参数的预测价值

影像学检查，尤其是超声(US)、CT 和 MRI，在术前评估胆囊结构及局部炎症程度方面发挥着核心作用。多项研究表明，影像学所获取的参数不仅对急性胆囊炎的诊断至关重要，还在预测 LC 的术中困难及中转开腹风险中具有重要的指导意义。

胆囊壁厚度(GBWT)是预测 DLC 的最重要超声指标。有研究证实，GBWT > 4 mm 对 DLC 的敏感性为 80.7%，特异性为 78.9% (OR = 5.2, 95%CI 3.1~8.7)，其增厚机制与胆囊壁纤维化及肝床粘连直接相关 [13]。纤维化使胆囊与肝床的界面融合，显著增加胆管误伤的风险(胆管损伤率：GBWT > 4 mm 组 8.3% vs ≤4 mm 组 0.9%)，而胆囊床分离困难则是由于增厚的胆囊壁层与肝实质间形成了致密纤维束，术中出血风险增加了 2.4 倍 [26] [27]。结石嵌顿(直径 >10 mm 且滞留 > 72 小时)不仅表现为机械性梗阻，还会触发“缺血 - 坏死”病理进程。嵌顿结石压迫胆囊管，导致局部坏死，术中分离时易撕裂肝总管(OR = 5.9, 95%CI 3.5~9.8)，持续梗阻则激活 TLR4/NF-κB 通路，导致局部 IL-6 水平升高 6 倍，加速纤维化 [22]。当嵌顿结石合并 GBWT > 4 mm 时，中转开腹率高达 41% [15]。胆囊周围积液是中粒细胞浸润驱动的炎症渗出，其对坏疽性胆囊炎的特异性达 91.7% [22]。积液量 > 5 mm 提示胆囊动脉血栓形成，坏疽风险增加 4.2 倍。当与 GBWT > 4 mm 联合时，预测中转开腹的 AUC 从 0.72 升高至 0.86 (NPV = 94%)，显著优化术前决策 [23]。胆囊横径 > 40 mm (尤其见于 BMI > 30 的患者)通过扩张胆囊压迫肝十二指肠韧带，导致 Calot 三角暴露困难，暴露失败率增加 37% (OR = 3.2)，而术中游离时的破裂风险则增加了 2.8 倍 [4]。

CT 值量化分析可精准评估炎症严重程度。Utsumi 等发现，胆囊周围脂肪密度增高(>-10 HU)能够预测 Calot 三角纤维化，其敏感性为 88.9%，机制为炎症细胞浸润导致脂肪水肿 [9]。此外，胆囊壁“分层征”(Striated Wall Sign)对坏疽的诊断特异性高达 94% [22]。滴注胆管造影 CT (DIC-CT)技术实现了胆管系统的动态显影，Fujinaga 等提出胆管变异分型(Biliary Variant Types)与 Calot 三角难度评分(cDS)强相关 (r = 0.87, p < 0.001)。具体而言：I 型(胆囊管与肝总管并行)增加 cDS ≥ 3 的风险 4.1 倍；II 型(胆囊管汇入右肝管)术中胆道造影需求的概率为 92%；III 型(胆囊管螺旋汇入)增加胆管损伤的风险 3.8 倍 [21]。国内学者的研究也表明，Calot 三角 CT 值 ≥ -15.3 HU 是预测腹腔镜胆囊切除中转开腹的独立危险因素 [28]。扩散加权成像(DWI)通过表观扩散系数(ADC)量化组织纤维化。Kurata 等证实，胆囊管 ADC 值 < 1.2 × 10⁻³ mm²/s 预测 DLC 的 AUC 高达 0.92 (敏感性 86%，特异性 89%)，其病理基础为慢性炎症导致水分子扩散受限 [29]。磁共振胰胆管造影(MRCP)则在评估胆囊管长度异常方面具有重要价值。短胆囊管(<1 cm)增加胆管误扎风险(OR = 6.3)，而长胆囊管(>3 cm)则导致牵拉张力不足，延长手术时间 42% (p = 0.003) [30]，各影像学参数的预测效能见表 3。

Table 3. Predictive value of imaging parameters
表 3. 影像学参数的预测效能

影像学参数	最佳临界值	预测目标	预测效能	临床决策建议	关键文献
胆囊壁厚度 (GBWT)	>4 mm	DLC、中转开腹、胆管损伤	敏感性 80.7%，特异性 78.9% (OR = 5.2)	联合 CRP > 165 mg/L 可提升 AUC 至 0.89	Siddiqui <i>et al.</i> , 2017
结石嵌顿	直径 > 10 mm + 滞留 > 72 h	DLC、胆管撕裂、中转开腹	嵌顿 + GBWT > 4 mm 时中转率 41% (OR = 5.9)	需警惕肝总管损伤，优先安排高年资术者	Kim <i>et al.</i> , 2017
胆囊周围积液	>5 mm	坏疽性胆囊炎、中转开腹	坏疽特异性 91.7%，联合 GBWT > 4 mm 时 AUC = 0.86 (NPV = 94%)	积液量 > 5 mm 时建议早期手术	Kim <i>et al.</i> , 2017

续表

胆囊横径	>40 mm	Calot 三角暴露失败、 胆囊破裂	BMI > 30 患者中暴露 失败率 ↑ 37% (OR = 3.2)	肥胖患者需优化 trocar 布局	Wu <i>et al.</i> , 2025
CT 脂肪 密度增高	>-10 HU	Calot 三角纤维化	敏感性 88.9%	联合 ALP > 125 U/L 可提升预测精度 (AUC = 0.83)	Utsumi <i>et al.</i> , 2022
CT 分层征(Stri- ated Wall)	存在	坏疽性胆囊炎	特异性 94%	需紧急手术避免穿孔	Kim <i>et al.</i> , 2017
DIC-CT 胆管 变异分型	I~III 型	胆管损伤风险、术中 胆道造影需求	cDS ≥ 5 时胆管损伤风 险 ↑ 15% (敏感度 85.2%, 特异度 88.3%)	cDS ≥ 5 时强制术中 胆道造影	Fujinaga <i>et al.</i> , 2024
DWI-ADC 值 (胆囊管)	< 1.2 × 10 ⁻³ mm ² /s	DLC、F3~F4 级 纤维化	AUC = 0.92 (敏感度 86%, 特异度 89%)	F3~F4 纤维化患者 优先黏膜下剥离/次全 切除	Kurata <i>et al.</i> , 2021
MRCP 胆囊管 异常	短胆囊管(<1 cm)或长胆囊管 (>3 cm)	胆管误扎、手术时间 延长	短管: 胆管误扎 OR = 6.3; 长管: 手术时 间 ↑ 42%	术前 3D 重建规划剥 离路径	Nassar <i>et al.</i> , 2020

4. 术前综合评分系统与建模策略的比较与优化趋势

最早的经典模型之一是 Randhawa 评分系统, 其核心参数包括: 胆囊壁厚度 > 4 mm (+2 分)、结石嵌顿(+3 分)、胆囊收缩率 < 30% (+2 分)、总胆红素 > 2 mg/dL (+1 分)。该模型的预测效能为: ≥5 分预测中转开腹的敏感性为 76.3%, 特异性为 81.4% [31][32], 但其局限性在于未纳入急性炎症指标(如 CRP/WBC) [23]。东京指南手术难度分级包括了胆囊周围炎症、Calot 三角粘连等 25 项术中发现, 表明评分 ≥ 8 分与手术时间延长($r = 0.72, p < 0.001$)和中转率增加($OR = 6.1$)显著相关[33]。Tongyoo 改良版的 Randhawa 模型新增了 ERCP 史(+3 分)、胆管炎史(+2 分)、ALP > 120 U/L (+2 分), 同时将胆囊壁厚度的阈值从 4 mm 降至 3 mm, 敏感性提高了 21% [34]。Wibowo 提出的胆源性胰腺炎专项评分系统对高危参数进行评估, 包括淀粉酶 > 300 U/L (72 小时未降 50%) (+4 分)、CT 严重指数 ≥ 4 (+3 分)。该评分系统预测 ≥ 8 分患者的胰腺炎复发率为 34.7% (AUC = 0.87) [35]。CLOC 基层急诊模型则简化了评估参数, 包括年龄 > 65 岁(+2 分)、Murphy 征阳性(+2 分)、胆囊壁厚 > 4 mm (+3 分)。此模型仅需超声和基础化验, 即可在 5 分钟内完成评估, 高危组(≥8 分)的中转率为 51.7% [25], 然而, 在新西兰的验证中, AUC 降至 0.65, 提示需要进行本地化校准[5]。cDS 动态解剖分型系统基于滴注胆管造影 CT (DIC-CT)量化计算手术难度分值。当 cDS ≥ 5 分时, 胆管损伤的风险显著上升至 15%以上($p < 0.001$), 敏感性为 85.2%, 特异性为 88.3%。这一系统首次实现了胆管三维空间构型的动态权重赋值, 突破了传统静态解剖评估的局限[21]。该评分系统也触发了临床干预, 如术中胆道造影和高年资术者操作。MRI-DWI 纤维化预测模型中, 表观扩散系数 (ADC) ≤ 1.2 × 10⁻³ mm²/s 时, 能够高效诊断 F3~F4 级纤维化(阳性预测值 92.1%), 避免了强行剥离引发胆囊床出血的风险(F4 纤维化的出血风险 OR = 6.1) [29]。这一模型为个体化剥离策略提供了指导: F3~F4 纤维化患者应优先选择黏膜下剥离或次全切除, 能有效减少术中出血风险(并发症率下降 34%) [36]。

近年来, 人工智能驱动模型不断涌现。例如, DL-CholeScore 模型通过 CT 纹理分析识别胆囊床微钙化(敏感性 93.7%)与肝门脂肪浸润(特异性 89.2%), 以及 MRCP 三维重建量化肝总管-胆囊管夹角 < 30°的高危解剖($OR = 6.3, p < 0.001$)。此外, 该模型还整合了炎症指标: CRP > 10 mg/L + WBC > 12 × 10⁹/L 时, 纤维化风险提升 3.1 倍[2], 该模型在术中实时匹配红色预警区(AI 标注)与真实损伤部位的吻合率高达 93% ($\kappa = 0.87$), 并为初学者提供了临床效益: 手术时间缩短 28% (95%CI 21%~34%), 并发症率从 14.2%

降至 3.7% ($p < 0.001$) [5]。STRATA 模型则提供了三维风险分层管理，其核心公式为： $\text{Risk} (\%) = 0.35 \times [\text{纤维化程度}(\text{ADC} < 1.2)] + 0.25 \times [\text{Calot 三角解剖密度异常}] + 0.4 \times [\text{术者经验系数}]$ [5]，整合术者因素后，该模型的临床决策贴合度提升了 32% (95%CI 28%~36%, $p < 0.001$)，高危组手术时间缩短 41 分钟($p = 0.003$)，ICU 转入率下降 54% [14]，术前预测评分系统比较总表见表 4。

Table 4. Summary of comparison of preoperative prediction scoring systems
表 4. 术前预测评分系统比较总表

评分系统	核心参数/公式	预测目标	AUC (95%CI)	敏感度/特异度	文献来源
DL-CholeScore (2025)	CT 纹理 + MRCP 空间角度 AI 融合	术中复杂事件*	0.91 (0.87~0.95)	87.2%/89.5%	Zhu <i>et al.</i> , 2025
STRATA 模型 (2025)	$\text{Risk} = 0.35 \times \text{纤维化} + 0.25 \times \text{解剖异常} + 0.4 \times \text{术者}$	胆管损伤风险	0.86 (0.82~0.90)	84.3%/88.1%	STRATA Collaborative, 2025
Tongyoo 改良 (2023)	ERCP 史(+3 分)、ALP > 120 U/L(+2 分)、双阈值机制	择期/急性中转开腹	0.84 (0.79~0.89) ^{†‡}	79.6%/82.3% ^{†‡}	Tongyoo <i>et al.</i> , 2023
cDS 评分(2024)	$\text{cDS} = 1.2 \times \text{胆管分型} + 0.8 \times \text{GB 壁厚}$	胆管损伤	0.81 (0.75~0.87)	85.2%/76.8%	Fujinaga <i>et al.</i> , 2024
Randhawa 原始(2018)	胆囊壁厚 > 4 mm (+2 分)、结石嵌顿(+3 分)	中转开腹	0.74 (0.69~0.79)	76.3%/81.4%	Randhawa <i>et al.</i> , 2018
CLOC 评分 (2022)	年龄 > 65 岁(+2 分)、GB 壁厚 > 4 mm (+3 分)	基层急诊中转	0.77 (0.72~0.82)	68.5%/83.2%	Chen <i>et al.</i> , 2022
Wibowo 专项 (2022)	淀粉酶 > 300 U/L(+4 分)、CTSI ≥ 4 (+3 分)	胰腺炎复发	0.87 (0.82~0.92)	82.4%/85.7%	Ary Wibowo <i>et al.</i> , 2022
TG18 DS (2018)	25 项术中发现分级	手术时长 > 150 min	0.79 (0.75~0.83)	$-(r = 0.72)^{\S}$	Okamoto <i>et al.</i> , 2018
MRI-DWI 模型 (2021)	$\text{ADC} \leq 1.2 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$	F3~F4 纤维化	0.92 (0.88~0.96)	92.1%/89.3%	Kurata <i>et al.</i> , 2021
Parkland 分级 (2018)	术中炎症解剖分级(I~V 级)	并发症风险	$-(\text{OR} = 5.08@III \text{ 级})$	-	Madni <i>et al.</i> , 2018

注：符号说明：†：急性胆囊炎亚组 AUC；‡：择期手术敏感度 73.5%/特异度 79.8%；§**：与手术时长相关系数；术中复杂事件*：包含血管损伤、胆漏、中转开腹复合终点核心参数缩写：ERCP(经内镜逆行胰胆管造影)、ALP(碱性磷酸酶)、GB(胆囊)、CTSI(CT 严重指数)、ADC(表观扩散系数)。

5. 总结与展望

LC 自其问世以来，已成为治疗胆囊良性疾病的金标准。然而，手术的复杂性在某些情况下仍显著增加，尤其是在发生 DLC 时，患者的并发症风险随之上升。术前预测胆囊切除术的难度，尤其是 DLC 的发生，已成为临床研究的关键方向。本文综述了该领域的最新研究进展，并对未来研究方向进行了展望。近年来，针对术前预测 DLC 的研究取得了显著进展。研究者们从临床病史、体征、实验室检测和影像学检查等多个方面提出了多种有效的预测因子。例如，炎症标志物如 C 反应蛋白(CRP)、降钙素原(PCT)和中性粒细胞/淋巴细胞比值(NLR)等，已被证实在预测 DLC 中具有较高的价值。此外，影像学参数，尤其是超声检查中的胆囊壁厚度(GBWT)和结石嵌顿等，也是重要的预测因子。这些研究结果表明，整合多种预测因子能够显著提高术前评估的准确性，从而为外科医生提供更加精确的术前指导。

目前，多个预测模型已被提出，并在不同的临床环境中得到了验证。例如，改良版的 Randhawa 评分系统、CLOC 评分模型、TG18 分级系统等在实际应用中取得了良好的效果。这些模型的应用帮助外科医

生在术前进行合理的风险评估,优化手术方案,并有效降低中转开腹的发生率。然而,现有评分系统在不同人群中的适用性和有效性仍存在一定局限,特别是在多中心和大样本研究中的验证尚不充分。此外,随着人工智能技术的不断发展,基于机器学习的预测模型逐渐崭露头角。例如,DL-CholeScore模型通过融合CT和MRCP影像数据,结合临床指标,显示出在预测术中困难方面的潜力。未来,基于人工智能的模型有望进一步提高预测的精确度,推动个性化医学的发展,为临床决策提供更具操作性的工具。

尽管当前已有诸多进展,但术前预测模型的标准化仍面临诸多挑战。首先,现有的模型大多数缺乏跨区域、跨人群的广泛验证,且模型的适用性和稳定性有待进一步提高。其次,许多研究主要集中在临床和影像学数据的静态分析,而忽略了患者状态的动态变化对手术风险的影响。因此,未来的研究可以更加注重多模态动态监测数据的综合应用,以提高预测的准确性。展望未来,术前预测系统将向着更加精确、个性化的方向发展。随着大数据技术和人工智能的深度融合,实时监控患者的术前状态并进行动态预测,可能成为未来术前评估的重要趋势。此外,多中心、大样本的验证研究对于评估现有模型的普适性和可靠性,推动这些预测模型的广泛应用至关重要。

总之,术前困难LC的预测研究正在不断发展,尽管面临一定的挑战,但随着新技术的引入和研究的深入,未来在临床实践中的应用前景广阔。科学家们应继续致力于优化现有模型,探索新的预测因子,最终实现更安全、高效的临床决策支持系统。

参考文献

- [1] Gallaher, J.R. and Charles, A. (2022) Acute Cholecystitis: A Review. *JAMA*, **327**, 965-975. <https://doi.org/10.1001/jama.2022.2350>
- [2] Zhu, B., Wang, Y., Zhang, Z., Wang, L., Ma, Y. and Li, M. (2025) Development and Validation of a Radiologically-Based Nomogram for Preoperative Prediction of Difficult Laparoscopic Cholecystectomy. *Frontiers in Medicine*, **12**, Article ID: 1561769. <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1561769>
- [3] Stoica, P.L., Serban, D., Bratu, D.G., Serboiu, C.S., Costea, D.O., Tribus, L.C., *et al.* (2024) Predictive Factors for Difficult Laparoscopic Cholecystectomies in Acute Cholecystitis. *Diagnostics*, **14**, Article 346. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14030346>
- [4] Wu, H., Ma, K., Liao, B., Ji, T., Zheng, Z., Yan, Y., *et al.* (2025) Multicenter External Validation of a Nomogram Predicting Conversion to Open Cholecystectomy during Laparoscopic Surgery for Acute Calculous Cholecystitis: A Cross-Sectional Study. *Scientific Reports*, **15**, Article No. 18481. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-03687-0>
- [5] STRATA Collaborative and CholeS Collaborative (2024) External Validation of the choleS Conversion from Laparoscopic to Open Cholecystectomy (CLOC) Risk Score in Aotearoa New Zealand: A Validation Study. *ANZ Journal of Surgery*, **94**, 1108-1113. <https://doi.org/10.1111/ans.18921>
- [6] Wevers, K.P., van Westreenen, H.L. and Patijn, G.A. (2013) Laparoscopic Cholecystectomy in Acute Cholecystitis: C-Reactive Protein Level Combined with Age Predicts Conversion. *Surgical Laparoscopy, Endoscopy & Percutaneous Techniques*, **23**, 163-166. <https://doi.org/10.1097/sle.0b013e31826d7fb0>
- [7] Yokoe, M., Hata, J., Takada, T., *et al.* (2025) Tokyo Guidelines 2018: Diagnostic Criteria and Severity Grading of Acute Cholecystitis (with Videos). *Journal of Hepato-Biliary-Pancreatic Sciences*, **25**, 41-54. <https://doi.org/10.1002/jhbp.515>
- [8] Tufo, A., Pisano, M., Ansaloni, L., de Reuver, P., van Laarhoven, K., Davidson, B., *et al.* (2021) Risk Prediction in Acute Calculous Cholecystitis: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prognostic Factors and Predictive Models. *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques*, **31**, 41-53. <https://doi.org/10.1089/lap.2020.0151>
- [9] Utsumi, M., Sakurai, Y., Narusaka, T., Tokunaga, N., Kitada, K., Hamano, R., *et al.* (2022) C-Reactive Protein to Albumin Ratio Predicts Difficult Laparoscopic Cholecystectomy in Patients with Acute Cholecystitis Diagnosed According to the Tokyo Guidelines 2018. *Asian Journal of Endoscopic Surgery*, **15**, 487-494. <https://doi.org/10.1111/ases.13035>
- [10] Stanisic, V., Milicevic, M., Koccev, N. and Stanisic, B. (2020) A Prospective Cohort Study for Prediction of Difficult Laparoscopic Cholecystectomy. *Annals of Medicine and Surgery*, **60**, 728-733. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2020.11.082>
- [11] Noguchi, D., Hayasaka, A., Ito, T., Iizawa, Y., Fujii, T., Tanemura, A., *et al.* (2025) A New Framework for Tailoring Laparoscopic Cholecystectomy: Integrating Preoperative Clinical Factors with Surgical Difficulty Based on the Tokyo Guidelines 2018. *Journal of Hepato-Biliary-Pancreatic Sciences*, **32**, 452-464. <https://doi.org/10.1002/jhbp.12145>

- [12] Gupta, N., Ranjan, G., Arora, M.P., Goswami, B., Chaudhary, P., Kapur, A., *et al.* (2013) Validation of a Scoring System to Predict Difficult Laparoscopic Cholecystectomy. *International Journal of Surgery*, **11**, 1002-1006. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2013.05.037>
- [13] Singh, S., Agrawal, N. and Khichy, S. (2015) Preoperative Prediction of Difficult Laparoscopic Cholecystectomy: A Scoring Method. *Nigerian Journal of Surgery*, **21**, 130. <https://doi.org/10.4103/1117-6806.162567>
- [14] Baral, S., Thapa, N., Babel, S., *et al.* (2024) Assessment of G10 Intraoperative Scoring System for Conversion in Patients Undergoing Laparoscopic Cholecystectomy: A Cross-Sectional Study from Nepal. *Cureus*, **16**, e55392.
- [15] Sugrue, M., Coccolini, F., Bucholz, M. and Johnston, A. (2019) Intra-Operative Gallbladder Scoring Predicts Conversion of Laparoscopic to Open Cholecystectomy: A WSES Prospective Collaborative Study. *World Journal of Emergency Surgery*, **14**, Article No. 12. <https://doi.org/10.1186/s13017-019-0230-9>
- [16] Goonawardena, J., Gunnarsson, R. and de Costa, A. (2015) Predicting Conversion from Laparoscopic to Open Cholecystectomy Presented as a Probability Nomogram Based on Preoperative Patient Risk Factors. *The American Journal of Surgery*, **210**, 492-500. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2015.04.003>
- [17] Bharamgoudar, R., Sonsale, A., Hodson, J., Griffiths, E., Vohra, R.S., Kirkham, A.J., *et al.* (2018) The Development and Validation of a Scoring Tool to Predict the Operative Duration of Elective Laparoscopic Cholecystectomy. *Surgical Endoscopy*, **32**, 3149-3157. <https://doi.org/10.1007/s00464-018-6030-6>
- [18] Bhandari, T.R., Khan, S.A. and Jha, J.L. (2021) Prediction of Difficult Laparoscopic Cholecystectomy: An Observational Study. *Annals of Medicine and Surgery*, **72**, Article 103060. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2021.103060>
- [19] Wu, T., Luo, M., Guo, Y., Bi, J., Guo, Y. and Bao, S. (2019) Role of Procalcitonin as a Predictor in Difficult Laparoscopic Cholecystectomy for Acute Cholecystitis Case: A Retrospective Study Based on the TG18 Criteria. *Scientific Reports*, **9**, Article No. 10976. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47501-0>
- [20] Avci, M.A., Akgün, C., Buk, O. and Karadan, D. (2024) Can Hemogram Parameters and Derived Ratios Predict Conversion from Laparoscopic to Open Cholecystectomy? *Cureus*, **16**, e68290. <https://doi.org/10.7759/cureus.68290>
- [21] Fujinaga, A., Hirashita, T., Endo, Y., Oritomo, H., Amano, S., Kawamura, M., *et al.* (2024) Prediction of Intraoperative Surgical Difficulty during Laparoscopic Cholecystectomy Using Drip Infusion Cholangiography with Computed Tomography. *Journal of Hepato-Biliary-Pancreatic Sciences*, **31**, 637-646. <https://doi.org/10.1002/jhbp.12044>
- [22] Kim, K., Kim, S., Lee, S.C. and Lee, S.K. (2017) Risk Assessment Scales and Predictors for Simple versus Severe Cholecystitis in Performing Laparoscopic Cholecystectomy. *Asian Journal of Surgery*, **40**, 367-374. <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2015.12.006>
- [23] Yigit, B., Cerekci, E., Baran, E. and Citgez, B. (2022) Simple Blood Tests May Be Used to Predict the Increased Risk of Conversion in Elective Laparoscopic Cholecystectomy Surgery. *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques*, **32**, 408-412. <https://doi.org/10.1089/lap.2021.0277>
- [24] 王帅, 折占飞, 王怀明, 等. 术前 NLR、CRP 联合胆囊长径对困难型腹腔镜胆囊切除术的预测价值[J]. 临床医学研究与实践, 2023, 8(5): 20-23.
- [25] Chen, G., Li, M., Cao, B., Xu, Q. and Zhang, Z. (2022) Risk Prediction Models for Difficult Cholecystectomy. *Videosurgery and Other Miniinvasive Techniques*, **17**, 303-308. <https://doi.org/10.5114/wiitm.2022.114539>
- [26] Siddiqui, M.A., Rizvi, S.A.A., Sartaj, S., Ahmad, I. and Rizvi, S.W.A. (2017) A Standardized Ultrasound Scoring System for Preoperative Prediction of Difficult Laparoscopic Cholecystectomy. *Journal of Medical Ultrasound*, **25**, 227-231. <https://doi.org/10.1016/j.jmu.2017.09.001>
- [27] 叶学忠, 程小菊, 郝磊, 等. 术前超声在预测困难的腹腔镜胆囊切除术中的价值[J]. 广州医药, 2022, 53(3): 95-99.
- [28] 王佳骥. 腹部 CT 的影像学特征对腹腔镜胆囊切除术中转开腹的因素分析[D]: [硕士学位论文]. 石家庄: 河北医科大学, 2024.
- [29] Kurata, Y., Hayano, K., Ichinose, M., Sasaki, T., Kainuma, S., Fukasawa, K., *et al.* (2021) Preoperative Prediction of Difficult Laparoscopic Cholecystectomy Based on Diffusion-Weighted Magnetic Resonance Imaging. *Asian Journal of Endoscopic Surgery*, **14**, 520-528. <https://doi.org/10.1111/ases.12911>
- [30] Nassar, A.H.M., Hodson, J., Ng, H.J., Vohra, R.S., Katbeh, T., Zino, S., *et al.* (2020) Predicting the Difficult Laparoscopic Cholecystectomy: Development and Validation of a Pre-Operative Risk Score Using an Objective Operative Difficulty Grading System. *Surgical Endoscopy*, **34**, 4549-4561. <https://doi.org/10.1007/s00464-019-07244-5>
- [31] V, S.T., Ramakrishnan, R. and Srinivasan, J.P. (2025) Predictive Score for Conversion in Laparoscopic Cholecystectomy —A Prospective Study. *Turkish Journal of Surgery*, **41**, 141-146. <https://doi.org/10.47717/turkjsurg.2025.6690>
- [32] Randhawa, J.S. and Pujahari, A.K. (2009) Preoperative Prediction of Difficult Lap Chole: A Scoring Method. *Indian Journal of Surgery*, **71**, 198-201. <https://doi.org/10.1007/s12262-009-0055-y>
- [33] Okamoto, K., Suzuki, K., Takada, T., Strasberg, S.M., Asbun, H.J., Endo, I., *et al.* (2017) Tokyo Guidelines 2018:

Flowchart for the Management of Acute Cholecystitis. *Journal of Hepato-Biliary-Pancreatic Sciences*, **25**, 55-72. <https://doi.org/10.1002/jhbp.516>

- [34] Tongyoo, A., Liwattanakun, A., Sriussadaporn, E., Limpavitayaporn, P. and Mingmalairak, C. (2023) The Modification of a Preoperative Scoring System to Predict Difficult Elective Laparoscopic Cholecystectomy. *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques*, **33**, 269-275. <https://doi.org/10.1089/lap.2022.0407>
- [35] Ary Wibowo, A., Tri Joko Putra, O., Noor Helmi, Z., Poerwosusanta, H., Kelono Utomo, T. and Marwan Sikumbang, K. (2022) A Scoring System to Predict Difficult Laparoscopic Cholecystectomy: A Five-Year Cross-Sectional Study. *Minimally Invasive Surgery*, **2022**, Article ID: 3530568. <https://doi.org/10.1155/2022/3530568>
- [36] Toro, A., Teodoro, M., Khan, M., Schembari, E., Di Saverio, S., Catena, F., *et al.* (2021) Subtotal Cholecystectomy for Difficult Acute Cholecystitis: How to Finalize Safely by Laparoscopy—A Systematic Review. *World Journal of Emergency Surgery*, **16**, Article No. 45. <https://doi.org/10.1186/s13017-021-00392-x>