



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.250694
http://dx.doi.org/10.7659/j.issn.1005-6947.250694
China Journal of General Surgery, 2026, 35(2):334-342.

· 临床研究 ·

ERCP后胰腺炎的危险因素分析及风险预测模型构建

员百慧¹, 宋知远¹, 王浩¹, 张伟杰¹, 戚添¹, 徐鑫赫¹, 于艳龙²

(1. 内蒙古医科大学赤峰临床医学院, 内蒙古 赤峰 024000; 2. 内蒙古医科大学赤峰临床医学院/赤峰市医院 肝胆外科, 内蒙古 赤峰 024000)

摘要

背景与目的: 内镜逆行胰胆管造影术 (ERCP) 后胰腺炎 (PEP) 是最常见且影响预后的主要并发症, 其发生增加住院时间及医疗负担。尽管已有部分危险因素被识别, 但临床上仍缺乏基于常规变量、便于应用的风险评估工具。本研究旨在分析 PEP 的危险因素, 并构建实用的风险预测模型。

方法: 回顾性分析 2020 年 1 月—2025 年 6 月于内蒙古医科大学赤峰市医院 537 例行 ERCP 患者的临床资料, 按是否发生 PEP 分组。采用单因素及多因素 Logistic 回归筛选独立危险因素, 并据此建立列线图模型。通过受试者工作特征 (ROC) 曲线及校准曲线评价模型性能。

结果: 537 例患者中 93 例 (17.3%) 发生 PEP。多因素分析显示, 高血压史 ($OR=2.014$)、胰管显影 ($OR=4.663$)、十二指肠乳头球囊扩张术 ($OR=2.459$) 及插管时间 >57 min ($OR=3.530$) 为 PEP 的独立危险因素 (均 $P<0.05$)。基于上述变量构建的列线图模型具有良好的区分度 ($AUC=0.750$) 及校准度 (Hosmer-Lemeshow 检验 $P=0.793$)。在接受十二指肠乳头球囊扩张术患者中, 放置与未放置胰管支架患者的 PEP 发生率差异无统计学意义 ($P>0.05$)。

结论: 高血压史、胰管显影、十二指肠乳头球囊扩张术及插管时间延长与 PEP 的发生密切相关。所建立的预测模型具有较好的预测效能, 可用于 ERCP 患者围手术期风险分层及个体化预防策略制定。

关键词

胰胆管造影术, 内窥镜逆行; 手术后并发症; 胰腺炎; 危险因素; 列线图
中图分类号: R657.4

Risk factors for pancreatitis following ERCP and development of its risk prediction model

YUAN Baihui¹, SONG Zhiyuan¹, WANG Hao¹, ZHANG Weijie¹, QI Tian¹, XU Xinhe¹, YU Yanlong²

(1. Chifeng Clinical College of Inner Mongolia Medical University, Chifeng, Inner Mongolia 024000, China; 2. Department of Hepatobiliary Surgery, Chifeng Clinical College of Inner Mongolia Medical University, Chifeng, Inner Mongolia 024000, China)

Abstract

Background and Aims: Post-endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP) pancreatitis (PEP) is the most common complication and is associated with prolonged hospitalization and increased healthcare burden. Although several risk factors have been identified, a simple and clinically applicable prediction tool based on routine variables remains lacking. This study aimed to identify risk factors for PEP and to develop a practical prediction model.

基金项目: 内蒙古自治区卫生健康委员会公立医院科研联合基金资助项目 (2023GLLH0306)。

收稿日期: 2025-12-09; **修订日期:** 2026-02-03。

作者简介: 员百慧, 内蒙古医科大学赤峰临床医学院硕士研究生, 主要从事肝胆胰腺方面的研究。

通信作者: 于艳龙, Email: yuyanlong1895@163.com

Methods: A retrospective analysis was conducted on 537 patients who underwent ERCP between January 2020 and June 2025. Patients were divided into PEP and non-PEP groups. Univariate and multivariate logistic regression analyses were performed to identify independent risk factors. A nomogram was constructed and evaluated using receiver operating characteristic (ROC) and calibration curves.

Results: PEP occurred in 93 patients (17.3%). Multivariate analysis identified a history of hypertension ($OR=2.014$), pancreatic duct opacification ($OR=4.663$), endoscopic papillary balloon dilation ($OR=2.459$), and cannulation time >57 min ($OR=3.530$) as independent risk factors (all $P<0.05$). The nomogram demonstrated good discrimination ($AUC=0.750$) and calibration (Hosmer-Lemeshow test, $P=0.793$). Among patients undergoing endoscopic papillary balloon dilation, there was no significant difference in the incidence of PEP between those with and without pancreatic duct stent placement ($P>0.05$).

Conclusion: A history of hypertension, pancreatic duct opacification, endoscopic papillary balloon dilation, and prolonged cannulation time are closely associated with the occurrence of PEP. The proposed nomogram provides a simple and effective tool for individualized risk prediction and may assist in optimizing preventive strategies for ERCP patients.

Key words

Cholangiopancreatography, Endoscopic Retrograde; Postoperative Complications; Pancreatitis; Risk Factors; Nomograms

CLC number: R657.4

内镜逆行胰胆管造影术 (endoscopic retrograde cholangiopancreatography, ERCP) 由 McCune 等^[1]于 1968 年最先提出, 已成为胰胆疾病诊疗的基石技术, 然而其最常见的并发症 ERCP 术后胰腺炎 (post-ERCP pancreatitis, PEP) 始终是临床实践中的重大挑战。PEP 不仅发生率高 (总体发生率 3.5%~10%), 且重症病例可危及生命, 给患者和社会带来显著的疾病与经济负担^[2-3]。尽管其预防已成为临床共识, 并形成了以直肠非甾体抗炎药和临时胰管支架置入为核心的联合预防策略^[4]。但全球 PEP 发生率并未显著下降^[5]。这提示当前 PEP 管理的重心已从“缺乏有效干预手段”转变为“如何将有限且有创的预防措施, 精准施用于最需要的高危患者”。在此需求驱动下, PEP 风险预测模型的研究已成为近年来的热点, 相关出版物在近 2 年激增^[6]。一方面, 前沿研究致力于探索人工智能与机器学习的潜力, 旨在通过复杂算法 (如深度学习) 整合内镜图像等数据以追求预测性能的上限; 另一方面, 大量已发表的模型虽然基于传统逻辑回归, 便于临床理解, 但普遍存在外部验证缺失、校准效能未知的严重缺陷, 导致其预测风险与实际发生率可能脱节, 临床转化价值存疑^[7]。基于以

上现状, 笔者认为, 在追求预测性能极限的同时, 开发一个兼具良好区分度、具有校准度验证且完全基于围手术期常规临床变量的实用型预测模型, 对于推动 PEP 精准预防的广泛落地具有迫切的现实意义。本研究旨在构建一个易获取变量的 PEP 风险模型, 可直接服务于临床决策, 将指南推荐的预防策略精准导向高危个体, 从而实现医疗资源的最优配置。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究为一项单中心回顾性队列研究。连续纳入 2020 年 1 月—2025 年 6 月于内蒙古医科大学赤峰市医院行 ERCP 的所有患者。纳入标准为: (1) 年龄 ≥ 18 岁; (2) 接受 ERCP 术, 且主要目的为结石取出; (3) 术前完成血生化、肝肾功能, 血清淀粉酶, 心电图、腹部彩超或腹部 CT 检查, 术后 36 h 内完善血生化、血清淀粉酶及肝功能检查。排除标准为: (1) 明显的数据库缺失; (2) 术前合并恶性肿瘤、妊娠、胰腺炎的患者; (3) 非原生乳头 (包括括约肌切开术后、乳头切开术后、乳头球囊扩张术后、

胆总管空肠切开术后)。初筛患者610例,依据纳入排除标准,排除73例(主要原因为:术前胰腺炎及关键资料缺失 $\geq 20\%$),最终537例患者进入分析。胰腺炎的诊断遵循统一的亚特兰大标准^[8]。本研究已获得内蒙古医科大学赤峰市医院伦理委员会的批准(批准文号:CK2023087)。本研究仅使用去标识化的历史数据,未对参与者进行任何新的接触或干预。因此,本研究被认为符合伦理豁免原则,并处于原始伦理批准的范畴之内。

1.2 ERCP过程

本研究所有ERCP患者均由至少1名经验丰富的内镜医师和1名熟练掌握该技术的护士完成。患者采用全身麻醉后内镜医师将电子内窥镜试探性沿食道插入,进入十二指肠球部,观察乳头的形态结构。根据术中具体情况选择胰胆管插管,是否行十二指肠乳头括约肌切开,十二指肠乳头球囊扩张等。所有患者均在术前预防性使用100 mg 哌唑美辛栓。

1.3 观察指标

收集所有患者的基线数据,包括性别,年龄,总胆红素,既往胰腺炎病史、糖尿病病史、吸烟史、饮酒史、高血压史、胆囊切除史、手术史、胆囊结石史、胆管结石史,术中情况包括胆总管扩张(≥ 8 mm)、胰管显影、胰管括约肌切开术、胆管括约肌切开术、十二指肠乳头切开术、十二指肠乳头球囊扩张术、胆管支架、胰管支架、多次插管尝试(≥ 3 次)、插管时间(特指从内镜经口插入开始,至完成所有治疗操作并退出内镜的整个ERCP手术总时间),合并十二指肠乳头憩室。

1.4 统计学处理

使用SPSS软件(27.0)版进行统计分析。计数资料采用例数(百分比)[n (%)]表示,比较采用 χ^2 ;连续性变量胆红素及插管时间进行单独处理,由于胆红素数据呈偏态分布,采用中位数(四分位数间距)进行描述,组间比较采用Mann-

Whitney U 检验。采用单因素和多因素Logistic回归模型分析临床资料与PEP发生的关系,确定独立危险因素。将获得的独立危险因素利用R软件的“rms”包构建列线图模型用于评估PEP的风险,同时绘制了校准曲线和受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线,以评估列线图模型的性能, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者基线数据及术中指标

537例患者中,术后93例发生PEP,444例未发生PEP。通过ROC曲线分析和最大Youden指数法确定插管时间的最佳截断值为56.5 min,考虑到临床实用性和操作便利性,采用57 min作为二分类变量分界点进行分析(图1)。对比PEP组与无PEP组的基线资料和术中指标,结果显示,两组在高血压史、胰管显影、十二指肠乳头切开术、十二指肠乳头球囊扩张术、多次插管尝试、插管时间 > 57 min方面差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)(表1)。单独对胆红素进行的Mann-Whitney U 检验显示,非PEP组与PEP组患者的胆红素水平差异无统计学意义[45.2(18.5~102.3) $\mu\text{mol/L}$ vs. 38.7(16.8~85.4) $\mu\text{mol/L}$, $Z = -1.583$, $P = 0.113$]。

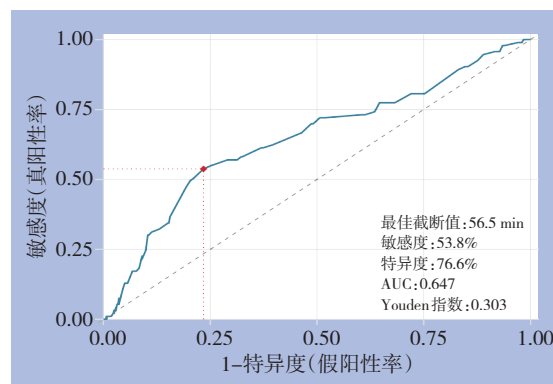


图1 插管时间预测PEP的ROC曲线

Figure 1 ROC curve of cannulation time for predicting PEP

表 1 PEP组与非PEP组的临床资料比较[n (%)]
Table 1 Comparison of data between the pancreatitis and non-pancreatitis groups [n (%)]

| 变量 | 无PEP组(n=444) | PEP组(n=93) | χ^2 | P | 变量 | 无PEP组(n=444) | PEP组(n=93) | χ^2 | P |
|-----------|--------------|------------|----------|-------|---------------------|--------------|------------|----------|--------|
| 性别 | | | | | 胆总管扩张(≥ 8 mm) | | | | |
| 男 | 241(54.3) | 45(48.4) | 1.072 | 0.300 | 否 | 318(71.6) | 72(77.4) | 1.300 | 0.254 |
| 女 | 203(45.7) | 48(51.6) | | | 是 | 126(28.4) | 21(22.6) | | |
| 年龄(岁) | | | | | 胰管显影 | | | | |
| ≤ 60 | 145(32.7) | 40(43.0) | 3.650 | 0.056 | 否 | 433(97.5) | 81(87.1) | 20.387 | <0.001 |
| >60 | 299(67.3) | 53(57.0) | | | 是 | 11(2.5) | 12(12.9) | | |
| 既往胰腺炎病史 | | | | | 胰管括约肌切开术 | | | | |
| 无 | 439(98.9) | 92(98.9) | 0.002 | 0.966 | 否 | 441(99.3) | 92(98.9) | 0.166 | 0.684 |
| 有 | 5(1.1) | 1(1.1) | | | 是 | 3(0.7) | 1(1.1) | | |
| 糖尿病病史 | | | | | 胆管括约肌切开术 | | | | |
| 无 | 371(83.6) | 83(89.2) | 1.904 | 0.168 | 否 | 443(99.8) | 93(100.0) | 0.210 | 0.647 |
| 有 | 73(16.4) | 10(10.8) | | | 是 | 1(0.2) | 0(0.0) | | |
| 吸烟史 | | | | | 十二指肠乳头切开术 | | | | |
| 无 | 413(93.0) | 87(93.5) | 0.034 | 0.854 | 否 | 234(52.7) | 32(34.4) | 10.295 | 0.001 |
| 有 | 31(7.0) | 6(6.5) | | | 是 | 210(47.3) | 61(65.6) | | |
| 饮酒史 | | | | | 十二指肠乳头球囊扩张术 | | | | |
| 无 | 412(92.8) | 86(92.5) | 0.012 | 0.914 | 否 | 223(50.2) | 26(28.0) | 15.333 | <0.001 |
| 有 | 32(7.2) | 7(7.5) | | | 是 | 221(49.8) | 67(72.0) | | |
| 高血压史 | | | | | 胆管支架 | | | | |
| 无 | 291(65.5) | 49(52.7) | 5.468 | 0.019 | 未放置 | 376(84.7) | 80(86.0) | 0.107 | 0.743 |
| 有 | 153(34.5) | 44(47.3) | | | 放置 | 68(15.3) | 13(14.0) | | |
| 胆囊切除史 | | | | | 胰管支架 | | | | |
| 无 | 330(74.3) | 72(77.4) | 0.391 | 0.532 | 未放置 | 431(97.1) | 90(96.8) | 0.024 | 0.878 |
| 有 | 114(25.7) | 21(22.6) | | | 放置 | 13(2.9) | 3(3.2) | | |
| 手术史 | | | | | 多次插管尝试 | | | | |
| 无 | 183(41.2) | 43(46.2) | 0.795 | 0.373 | 否 | 438(98.6) | 88(94.6) | 6.209 | 0.013 |
| 有 | 261(58.8) | 50(53.8) | | | 是 | 6(1.4) | 5(5.4) | | |
| 胆囊结石史 | | | | | 十二指肠乳头旁憩室 | | | | |
| 无 | 326(73.4) | 71(76.3) | 0.340 | 0.560 | 无 | 389(87.6) | 83(89.2) | 0.165 | 0.685 |
| 有 | 118(26.6) | 22(23.7) | | | 有 | 55(12.4) | 10(10.8) | | |
| 胆管结石史 | | | | | 插管时间 >57 min | | | | |
| 无 | 397(89.4) | 86(92.5) | 0.795 | 0.373 | 否 | 349(78.6) | 46(49.5) | 33.572 | <0.001 |
| 有 | 47(10.6) | 7(7.5) | | | 是 | 95(21.4) | 47(50.5) | | |

2.2 PEP危险因素分析

单因素分析显示, 高血压史、胰管显影、十二指肠乳头切开术、十二指肠乳头球囊扩张术、多次插管、插管时间 >57 min 与PEP明显有关 ($P < 0.05$), 此外, 患者年龄也显示出潜在的关系 ($P = 0.056$) (表2)。基于年龄作为已知的临床潜在风险因素, 将其与上述六个变量一并纳入多因素

Logistic 回归分析, 以确定与发生PEP风险相关的独立因素。结果显示, 高血压史 ($OR=2.014$, $95\% CI=1.238\sim 3.279$)、胰管显影 ($OR=4.663$, $95\% CI=1.867\sim 11.643$)、十二指肠乳头球囊扩张术 ($OR=2.459$; $95\% CI=1.468\sim 4.118$)、插管时间 >57 min ($OR=3.53$, $95\% CI=2.160\sim 5.767$) 为PEP的独立危险因素 (均 $P < 0.05$) (表3)。

表2 PEP危险因素的单因素分析

Table 2 Univariate analysis of risk factors for post-ercp pancreatitis

| 因素 | <i>P</i> | OR(95% CI) |
|-------------|----------|---------------------|
| 女性 | 0.301 | 0.79(0.505~1.235) |
| >60岁 | 0.057 | 1.556(0.986~2.455) |
| 胰腺炎病史 | 0.966 | 1.048(0.121~9.075) |
| 糖尿病病史 | 0.171 | 1.633(0.809~3.297) |
| 吸烟史 | 0.854 | 1.088(0.441~2.688) |
| 饮酒史 | 0.914 | 0.954(0.408~2.233) |
| 高血压史 | 0.020 | 1.708(1.708~2.683) |
| 胆囊切除史 | 0.532 | 1.184(0.697~2.014) |
| 手术史 | 0.373 | 1.227(0.783~1.922) |
| 胆囊结石史 | 0.560 | 0.856(0.508~1.444) |
| 胆管结石史 | 0.404 | 1.424(0.622~3.620) |
| 胆总管扩张 | 0.255 | 1.358(0.801~2.304) |
| 胰管显影 | 0.001 | 5.832(2.488~13.669) |
| 胰管括约肌切开术 | 0.686 | 1.598(0.164~15.533) |
| 十二指肠乳头切开术 | 0.002 | 2.124(1.332~3.387) |
| 十二指肠乳头球囊扩张术 | 0.001 | 2.600(1.594~4.243) |
| 胆管支架 | 0.743 | 0.899(0.474~1.705) |
| 胰管支架 | 0.878 | 0.905(0.253~3.241) |
| 多次插管尝试 | 0.021 | 4.148(1.238~13.891) |
| 插管时间>57 min | 0.001 | 3.079(1.880~5.042) |
| 十二指肠乳头旁憩室 | 0.685 | 0.863(0.422~1.763) |

表3 PEP危险因素的多因素分析

Table 3 Multivariate analysis of risk factors for post-ercp pancreatitis

| 因素 | 回归系数 | OR(95% CI) | <i>P</i> |
|-------------|-------|---------------------|----------|
| 高血压史 | 0.7 | 2.014(1.238~3.279) | 0.005 |
| 胰管显影 | 1.54 | 4.663(1.867~11.643) | <0.001 |
| 十二指肠乳头球囊扩张术 | 0.9 | 2.459(1.468~4.118) | <0.001 |
| 插管时间>57 min | 1.261 | 3.53(2.160~5.767) | <0.001 |

2.3 PEP风险预测模型的建立与验证

基于多因素 Logistic 回归分析筛选出的四个独立危险因素（高血压史、胰管显影、十二指肠乳头球囊扩张术及插管时间>57 min），构建 PEP 风险预测列线图模型。各变量按照其回归系数赋予相应权重，并通过总积分实现个体化风险概率的直观估计（图 2A）。模型性能评估结果显示，该列线图具有良好的区分能力（AUC=0.750，95% CI=0.693~0.80）（图 2B），提示模型对 PEP 发生具有较好的判别能力。同时，校准曲线显示预测概率与实际发生率之间具有良好一致性（Hosmer-Lemeshow

检验， $P=0.793$ ，平均绝对误差=0.019）（图 2C），提示模型拟合度良好，未见明显过拟合，进一步证明其预测稳定性较高。

2.4 十二指肠乳头球囊扩张术亚组分析

共 288 例患者接受十二指肠乳头球囊扩张术，其中 5 例（1.7%）同时放置胰管支架（支架组），283 例（98.3%）未放置支架（非支架组）。支架组 PEP 发生率为 0（0/5），非支架组为 23.7%（67/283），但组间差异无统计学意义（Fisher 精确检验， $P=0.594$ ）（表 4）。

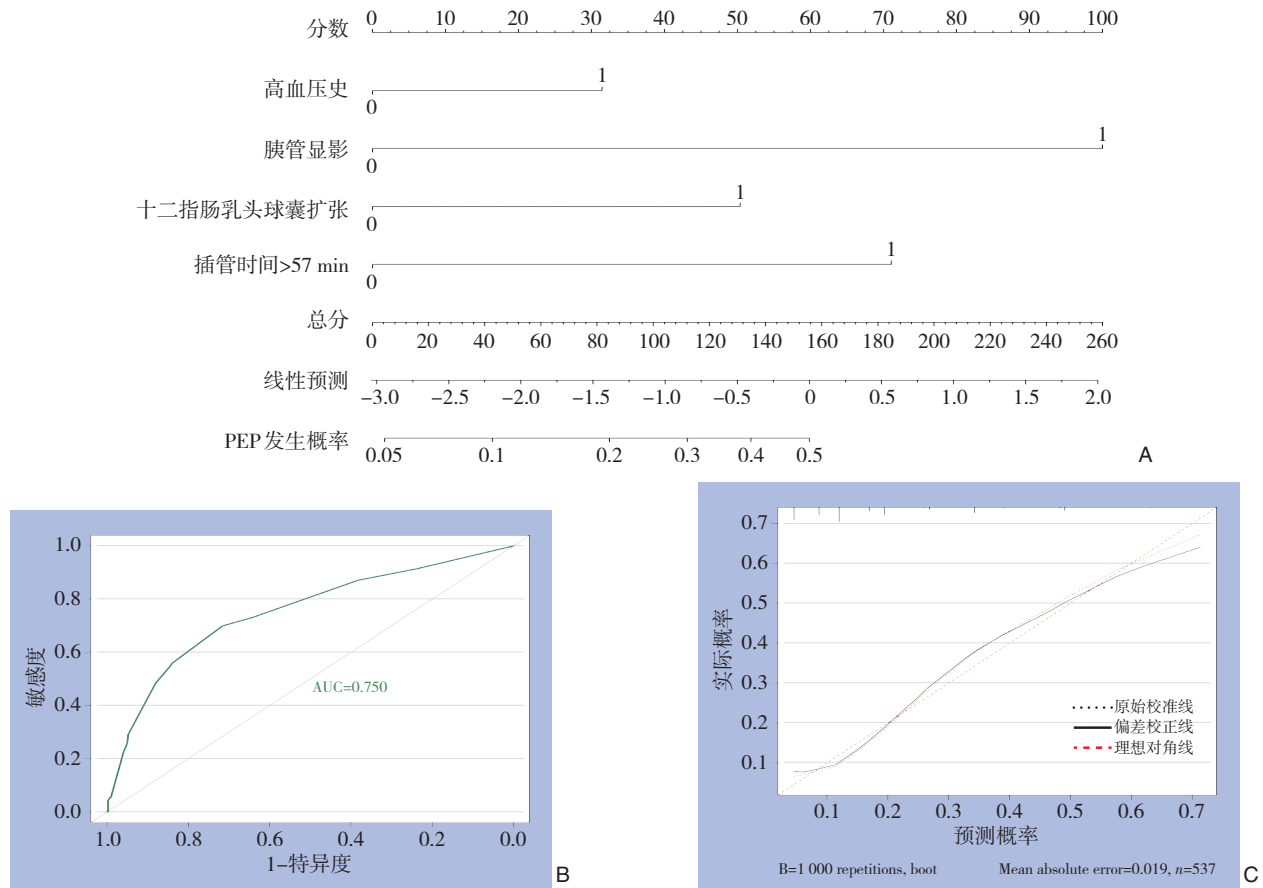


图2 PEP预测模型构建与验证 A: 列线图; B: 预测模型的ROC曲线; C: 列线图预测PEP的校准曲线

Figure 2 Development and validation of the nomogram for PEP A: Nomogram for predicting PEP risk; B: ROC curve of the prediction model; C: Calibration curve of the nomogram

表4 十二指肠乳头球囊扩张术PEP发生率亚组分析

Table 4 Subgroup analysis of incidence of PEP in patients undergoing endoscopic papillary balloon dilation

| 组别 | 总例数(n) | PEP |
|------|--------|----------|
| 支架组 | 5 | 0(0.0) |
| 非支架组 | 283 | 67(23.7) |
| P | | 0.594 |

3 讨论

ERCP是胰胆管疾病的重要治疗方法,但是其并发症和死亡风险也不可忽视。PEP作为ERCP常见并发症一直是众学者的探讨对象。为了更好地预防PEP的发生,了解PEP的危险因素就显得格外重要^[9]。本研究PEP发生率较既往报道偏高,可能与纳入人群复杂性、操作难度较高及研究中心为区域转诊中心有关。

本研究结果显示,高血压史、胰管显影、十二指肠乳头球囊扩张术、插管时间>57 min是PEP

的独立危险因素。高血压这个危险因素在以往研究中较少提及,但Yan等^[10]在2024年发表的横断性研究也得出了相同的结论。从病理生理学来说,笔者推测,高血压是一种全身性血管疾病,可能会导致患者潜在的血管内皮功能紊乱和微循环储备不足,从而影响胰腺的“抗打击性”。然而,已有研究提出了更深入的病理生理学见解,Cohen等^[11]表明,胰腺作为一个高血流、低阻力的微血管床,大动脉僵硬度的增加本身就是导致胰腺微血管损伤和新发糖尿病的重要危险因素。基于此,当ERCP操作本身引发胰腺实质的炎症和水肿时,已经受损的血管和微循环会受到进一步打击,最终增加了PEP的发生风险。另一方面,有高血压的患者多有脂质代谢异常,而已有研究^[12-13]表明高血脂患者患有胰腺炎的风险也会明显增加。除此之外,一个不可忽视的潜在因素就是降压药物的使用,本研究中的高血压患者绝大多数正在接受药物治疗。Eland等^[14]进行的大型病例对照研究表明,血管紧张素转换酶抑制剂(ACEI)的使用,

特别是在治疗初期，是急性胰腺炎的独立危险因素。Chen等^[15]也有类似的发现，他们在纳入超过300万例高血压初治患者的跨国队列研究中提到，与血管紧张素Ⅱ受体阻滞剂（ARB）相比，使用ACEI的患者发生急性胰腺炎的风险显著增加了32%。一篇关于药物急性胰腺炎的综述^[16]提到了相关机制，ACEI类药物会抑制血管紧张素的活性而导致体内缓激肽水平的升高，而缓激肽的积聚会增加胰腺血管的通透性，继而导致胰腺组织水肿，这可能会压迫胰管导致胰液引流不畅，胰腺自身消化酶被提前激活，启动“自我消化”过程，最终导致胰腺炎的发生。另一方面，噻嗪类利尿剂（如氢氯噻嗪）也可通过诱发代谢紊乱来增加胰腺炎的风险。该综述指出，此类药物可引起高钙血症和高甘油三酯血症，而这两种情况本身就是公认的急性胰腺炎危险因素。一项针对药物性急性胰腺炎的回顾性研究^[17]发现，利尿剂（氢氯噻嗪）是导致患者因胰腺炎住院的最常见药物之一（导致了5次住院），其与胰腺炎的关联具有明确的流行病学证据。本研究未对用药情况进行详细分层，这是研究的局限性。尽管如此，本研究的发现也提示，对于合并高血压的ERCP患者，临床医生应该给予更多的关注。尤其是对于正在服用ACEI或利尿剂的患者，应采取更积极的预防策略并加强围手术期护理。对于特定降压药物对PEP风险的潜在影响及ERCP前更换降压药物的可行性等问题，需要未来更细致的前瞻性研究来探索。

胰管显影作为胰腺炎广泛认可的危险因素，已被大量文献^[18-21]提出，在本研究中也再次得到证实。其背后的病理生理学机制是多方面的，主要包括流体静力性损伤、造影剂的化学刺激以及注射压力导致的机械性损伤等^[22]。这些因素共同作用，可引发胰酶提前激活、腺泡细胞损伤及炎症级联反应，最终导致胰腺炎的发生。当操作中不可避免地发生胰管显影时，临床医生应该采用积极的预防措施。除药物预防外，围手术期的管理策略也至关重要。Wu等^[23]的系统评价与Meta分析综合了10项随机对照试验的结果，证实了围ERCP期使用乳酸林格液进行积极水化是降低PEP发生风险的有效策略。此外，Cho等^[18]最近提出的“个体化积极水化”策略显示，根据术后早期（4~6 h）的临床表现（腹痛和血淀粉酶水平）来动态调整水化方案，不仅能有效预防PEP，还能显著

减少不必要的液体输注量和时间，为实现精准、高效的PEP预防提供了新思路。

本研究得出的十二指肠乳头球囊扩张术这一危险因素在近期一篇系统综述中得到印证^[24]；同时也与近期Beran等^[25]的Meta分析的结果一致，该研究纳入了159项研究，涵盖超过31万例ERCP操作，发现十二指肠乳头球囊扩张术是PEP的独立危险因素。为了探索其有效的预防策略，本研究进一步分析了在接受了十二指肠乳头球囊扩张术的亚组中放置胰管支架的保护作用。尽管以往已经有众多研究报道了胰管支架可降低PEP的风险^[4,26-28]，本研究却并未证实其保护作用（PEP发生率：置入组0 vs. 未置入组23.7%， $P=0.594$ ）。但是由此得出“胰管支架对于十二指肠乳头球囊扩张术后患者无益”这个结论是不严谨的。首先，本研究无法排除选择偏倚带来的影响，如一些操作风险高，插管困难的患者可能因为种种原因未能成功放置胰管支架，导致了偏倚的发生。第二，支架组的样本量过小（ $n=5$ ），这导致了统计效能的显著下降。第三，从病理生理学来说，球囊扩张这一操作对十二指肠乳头及胰管开口造成的创伤和水肿可能在瞬间完成，足以启动胰腺炎的炎症级联反应，若胰管支架的放置在此时间窗之后，其保护机制可能已经无法阻断这一进程。此外，如Rustagi等^[29]的综述，大量证据表明胰管支架的核心作用在于减轻PEP的严重程度，特别是显著降低重症PEP的风险（风险比可低至0.26），而非绝对地阻止其发生。其作用机制在于通过维持胰管引流畅通，缓解术后胰管高压，从而遏制轻症胰腺炎向中重症转化。遗憾的是，本研究因重症胰腺炎样本过少，未能就这一假设进行分析。未来值得通过更大样本、设计更严谨的研究进一步验证。

本研究通过ROC曲线分析，首次确定了插管时间的最佳截断值为56.5 min。以此为基础，采用57 min作为二分类变量分界点进行分析后，证实了插管时间 >57 min是PEP的一个独立危险因素。与以往的大多研究相比，本研究对插管时间进行了量化，为其作为胰腺炎的预测指标提供了一个客观的临界值，提升了其在临床实践和未来研究的应用价值。在手术中，当插管时间接近57 min时，内镜医师应该意识到该患者PEP的风险已显著增加，这对指导术中决策改变和强化预防措施的应用都具有重要意义。

值得注意的是,本研究并未发现年龄与性别与PEP发生存在独立的统计学关联。这一结果与部分经典研究结论不尽相同^[25,30-31]。但是Katsinelos等^[32]在对2 715例患者的回顾性研究中也得到了与本研究同样的阴性结果。笔者认为,这种差异恰恰反映了不同研究人群、操作者经验及预防策略所带来的异质性,当然也有可能与本研究队列的特定构成有关。但是相比于年龄、性别等不可改变的基线特征,操作相关的因素(如插管时间)是更值得关注和干预的PEP预测指标。此外,本研究提出了新的PEP预测模型,经校正后与实际观测值吻合良好。ROC曲线(AUC=0.750)也表明其具有良好的预测价值。但是,本研究也有一些局限性。首先,这是一项样本量较少的单中心回顾性研究,所有入组患者的术者并非同一组术者,可能存在选择偏倚和数据偏差。其次,由于现有数据有限,无法将预测模型运用到实践中来进行验证。未来需要更多的多中心前瞻性研究来验证本研究的结论。

综上所述,本研究明确了高血压、胰管显影、十二指肠乳头球囊扩张术以及插管时间>57 min是PEP的独立危险因素。建议临床医生在术前对上述因素进行细致评估,以降低PEP的发生率。此外,本研究构建的预测模型有助于评估PEP发生风险,为采取个性化的治疗与预防策略提供参考,从而可能改善ERCP患者的预后。

作者贡献声明:员百慧负责研究设计、数据收集、统计分析、结果解读及论文初稿撰写;宋知远,王浩,张伟杰参与研究设计、数据验证、图表制作及论文重要内容的修订;戚添,徐鑫赫负责病例筛选与临床数据的提取与整理;于艳龙提出研究构想、获取资源、负责研究监督、项目管理及论文的最终定稿。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] McCune WS, Shorb PE, Moscovitz H. Endoscopic cannulation of the Ampulla of Vater: a preliminary report[J]. *Ann Surg*, 1968, 167(5):752-756. doi:10.1097/0000658-196805000-00013.
- [2] Ashat M, Kandula S, Cote GA, et al. Utilization pattern of prophylactic measures for prevention of post-ERCP pancreatitis: a National Survey Study[J]. *Gastrointest Endosc*, 2023, 97(6):1059-1066. doi:10.1016/j.gie.2023.01.049.
- [3] Mukai S, Takeyama Y, Itoi T, et al. Clinical practice guidelines for post-ERCP pancreatitis 2023[J]. *Dig Endosc*, 2025, 37(6):573-587. doi:10.1111/den.15004.
- [4] 纪连栋,袁洪涛,魏伟,等. 2024年《美国胃肠病学会指南:急性胰腺炎的管理》更新解读[J]. *中国普通外科杂志*, 2024, 33(9):1414-1421. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2024.09.008.
- [5] Ji LD, Yuan HT, Wei W, et al. Interpretation of the updates in the 2024 American college of gastroenterology guidelines: management of acute pancreatitis[J]. *China Journal of General Surgery*, 2024, 33(9): 1414-1421. doi: 10.7659/j. issn. 1005-6947.2024.09.008.
- [6] Akshintala VS, Kanthasamy K, Bhullar FA, et al. Incidence, severity, and mortality of post-ERCP pancreatitis: an updated systematic review and meta-analysis of 145 randomized controlled trials[J]. *Gastrointest Endosc*, 2023, 98(1): 1-6. doi: 10.1016/j.gie.2023.03.023.
- [7] Putra JA, Pertiwi KR. Research trends on post-ERCP complications: focus on pancreatitis, perforation, and infections[J]. *Pol Przegł Chir*, 2025, 97(5): 72-78. doi: 10.5604/01.3001.0055.2378.
- [8] Sabrie N, Minahs G, Vaska M, et al. a239 performance of clinical risk prediction models for post-ercp pancreatitis: a systematic review[J]. *J Can Assoc Gastroenterol*, 2025, 8(Supplement_1):i99. doi:10.1093/jcag/gwae059.239.
- [9] Banks PA, Bollen TL, Dervenis C, et al. Classification of acute pancreatitis: 2012: revision of the Atlanta classification and definitions by international consensus[J]. *Gut*, 2013, 62(1): 102-111. doi:10.1136/gutjnl-2012-302779.
- [10] Borrelli de Andreis F, Mascagni P, Schepis T, et al. Prevention of post-ERCP pancreatitis: current strategies and novel perspectives[J]. *Therap Adv Gastroenterol*, 2023, 16: 17562848231155984. doi:10.1177/17562848231155984.
- [11] Yan C, Zheng J, Tang H, et al. Prediction for post-ERCP pancreatitis in non-elderly patients with common bile duct stones: a cross-sectional study at a major Chinese tertiary hospital (2015-2023) [J]. *BMC Med Inform Decis Mak*, 2024, 24(1): 143. doi: 10.1186/s12911-024-02541-z.
- [12] Cohen JB, Mitchell GF, Gill D, et al. Arterial stiffness and diabetes risk in Framingham heart study and UK biobank[J]. *Circ Res*, 2022, 131(6):545-554. doi:10.1161/CIRCRESAHA.122.320796.
- [13] Albai O, Roman D, Frandes M. Hypertriglyceridemia, an important and independent risk factor for acute pancreatitis in patients with type 2 diabetes mellitus[J]. *Ther Clin Risk Manag*, 2017, 13:515-522. doi:10.2147/TCRM.S134560.
- [14] Masci E, Mariani A, Curioni S, et al. Risk factors for pancreatitis following endoscopic retrograde cholangiopancreatography: a meta-analysis[J]. *Endoscopy*, 2003, 35(10): 830-834. doi: 10.1055/s-2003-42614.

- [14] Eland IA, Sundström A, Velo GP, et al. Antihypertensive medication and the risk of acute pancreatitis: the European case-control study on drug-induced acute pancreatitis (EDIP)[J]. *Scand J Gastroenterol*, 2006, 41(12): 1484-1490. doi: 10.1080/00365520600761676.
- [15] Chen RJ, Suchard MA, Krumholz HM, et al. Comparative first-line effectiveness and safety of ACE (angiotensin-converting enzyme) inhibitors and angiotensin receptor blockers: a multinational cohort study[J]. *Hypertension*, 2021, 78(3): 591-603. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.120.16667.
- [16] Jones MR, Hall OM, Kaye AM, et al. Drug-induced acute pancreatitis: a review[J]. *Ochsner J*, 2015, 15(1):45-51.
- [17] Gagnon AL, Lavoie A, Frigon MP, et al. A drug-induced acute pancreatitis retrospective study[J]. *Can J Gastroenterol Hepatol*, 2020, 2020:1516493. doi:10.1155/2020/1516493.
- [18] Cho E, Kim SH, Park CH, et al. Tailored hydration with lactated Ringer's solution for postendoscopic retrograde cholangiopancreatography pancreatitis prevention: a randomized controlled trial[J]. *Am J Gastroenterol*, 2024, 119(12): 2426-2435. doi: 10.14309/ajg.0000000000002903.
- [19] Shatsnimitkul E, Laopeamthong I, Tansawat A, et al. High-volume lactated Ringer's solution with human albumin versus standard-volume infusion as a prophylactic treatment for post-endoscopic retrograde cholangiopancreatography pancreatitis: randomized clinical trial[J]. *BJS Open*, 2024, 9:zrae149. doi: 10.1093/bjsopen/zrae149.
- [20] 魏杰, 王翔. 经内镜逆行胰胆管造影术后并发胰腺炎及胆管炎的危险因素分析[J]. *中国普通外科杂志*, 2023, 32(9):1415-1420. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2023.09.016.
- Wei J, Wang X. Analysis of risk factors for pancreatitis and cholangitis after endoscopic retrograde cholangiopancreatography[J]. *China Journal of General Surgery*, 2023, 32(9): 1415-1420. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2023.09.016.
- [21] Bishay K, Meng ZW, Khan R, et al. Adverse Events Associated With Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography: Systematic Review and Meta-Analysis[J]. *Gastroenterology*, 2025, 168(3):568-586. doi:10.1053/j.gastro.2024.10.033.
- [22] Tryliskyy Y, Bryce GJ. Post-ERCP pancreatitis: Pathophysiology, early identification and risk stratification[J]. *Adv Clin Exp Med*, 2018, 27(1):149-154. doi:10.17219/acem/66773.
- [23] Wu MM, Jiang SY, Lu XG, et al. Aggressive hydration with lactated ringer solution in prevention of post-endoscopic retrograde cholangiopancreatography pancreatitis: a systematic review and meta-analysis[J]. *Medicine*, 2021, 100(16): e25598. doi: 10.1097/MD.00000000000025598.
- [24] Barakat M, Saumoy M, Forbes N, et al. Complications of endoscopic retrograde cholangiopancreatography[J]. *Gastroenterology*, 2025, 169(2): 230-243. e8. doi: 10.1053/j.gastro.2025.03.009.
- [25] Beran A, Aboursheid T, Ali AH, et al. Predictors of post-endoscopic retrograde cholangiopancreatography pancreatitis: a comprehensive systematic review and meta-analysis[J]. *Clin Gastroenterol Hepatol*, 2025, 23(11):1905-1916. doi:10.1016/j.cgh.2024.11.014.
- [26] Choi JH, Lee SH, Kim JS, et al. Combinatorial effect of prophylactic interventions for post-ERCP pancreatitis among patients with risk factors: a network meta-analysis[J]. *Gut Liver*, 2023, 17(5):814-824. doi:10.5009/gnl220268.
- [27] An Y, Xu S, Wang S, et al. Early intervention with rescue ERCP and pancreatic stenting for unanticipated post-ERCP pancreatitis: a comparative study[J]. *Ann Med*, 2025, 57(1):2527363. doi:10.1080/07853890.2025.2527363.
- [28] 王盟, 杨阳, 张红宇, 等. 胰管支架对胆总管插管困难患者内镜逆行胰胆管造影术后胰腺炎的影响[J]. *临床肝胆病杂志*, 2025, 41(9):1877-1882. doi:10.12449/JCH250924.
- Wang M, Yang Y, Zhang HY, et al. Influence of pancreatic stent on pancreatitis after endoscopic retrograde cholangiopancreatography in patients with difficult common bile duct intubation[J]. *Journal of Clinical Hepatology*, 2025, 41(9): 1877-1882. doi: 10.12449/JCH250924.
- [29] Rustagi T, Jamidar PA. Endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP) -related adverse events[J]. *Gastrointest Endosc Clin N Am*, 2015, 25(1): 107-121. doi: 10.1016/j.giec.2014.09.006.
- [30] 李婧伊, 刘飞, 马跃峰, 等. 年龄对ERCP治疗胆总管结石术后并发胰腺炎及严重程度的影响[J]. *中国普通外科杂志*, 2019, 28(8): 936-942. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2019.08.005.
- Li JY, Liu F, Ma YF, et al. Influence of age on postoperative pancreatitis and its severity after ERCP for choledocholithiasis[J]. *China Journal of General Surgery*, 2019, 28(8): 936-942. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2019.08.005.
- [31] Wang P, Li Z, Liu F, et al. Risk factors for ERCP-related complications: a prospective multicenter study[J]. *Am J Gastroenterol*, 2009, 104(1):31-40. doi:10.1038/ajg.2008.5.
- [32] Katsinelos P, Lazaraki G, Chatzimavroudis G, et al. Risk factors for therapeutic ERCP-related complications: an analysis of 2, 715 cases performed by a single endoscopist[J]. *Ann Gastroenterol*, 2014, 27(1):65-72.

(本文编辑 姜晖)

本文引用格式: 员百慧, 宋知远, 王浩, 等. ERCP后胰腺炎的危险因素分析及风险预测模型构建[J]. *中国普通外科杂志*, 2026, 35(2): 334-342. doi:10.7659/j.issn.1005-6947.250694

Cite this article as: Yuan BH, Song ZY, Wang H, et al. Risk factors for pancreatitis following ERCP and development of its risk prediction model[J]. *Chin J Gen Surg*, 2026, 35(2): 334-342. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.250694