

DOI: 10.12235/E20230373

文章编号: 1007-1989 (2024) 04-0036-09

论著

基于决策树模型的内镜逆行胰胆管造影术后胆总管 结石复发的研究

张振宇¹, 孙艳², 耿利利¹, 崔立阳², 应丽娜², 李瑞芳², 张骏¹

(1. 蚌埠医科大学 研究生院, 安徽 蚌埠 233030; 2. 浙江省人民医院 浙江省胃肠病学重点实验室, 浙江 杭州 310014)

摘要: 目的 通过决策树模型, 探讨内镜逆行胰胆管造影术 (ERCP) 后胆总管结石复发的危险因素及风险。**方法** 回顾性分析该院2016年1月—2020年12月因胆总管结石行ERCP取石术的500例患者的临床资料, 分别建立决策树模型和Logistic回归模型, 并绘制受试者操作特征曲线 (ROC curve), 用曲线下面积 (AUC)、敏感度和特异度对两种模型的预测效果进行评价, 筛选影响ERCP后胆总管结石复发的独立危险因素, 并使用模型预测患者复发风险。**结果** 决策树分析结果显示, 既往有胆道取石史 ($P=0.000$)、胆总管直径 > 1.60 cm ($P=0.000$) 和既往有胆囊切除史 ($P=0.004$) 为ERCP后胆总管结石复发的高危危险因素; 多因素Logistic回归分析显示, 既往有胆囊切除史 ($P=0.003$)、既往有胆道取石史 ($P=0.000$)、胆总管直径 > 1.60 cm ($P=0.000$)、结石数量 ≥ 2 枚 ($P=0.001$) 和胆道支架 ($P=0.038$) 为影响ERCP后胆总管结石复发的独立危险因素, 白蛋白 ≥ 40.5 g/L ($P=0.026$) 为保护性因素。决策树模型与多因素Logistic回归模型相比, 总体准确率为92.2%和93.3%, AUC为0.890 (95%CI: 0.839~0.940) 和0.926 (95%CI: 0.887~0.964), 敏感度为87.0%和85.3%, 特异度为81.0%和89.2%。**结论** 既往有胆道取石史、胆总管直径 > 1.60 cm和既往有胆囊切除史是影响结石复发的高危危险因素。决策树模型简单易行, 可以较好地预测结石患者的复发风险, 可用于筛选ERCP后胆总管结石复发的高危人群, 并针对性预防。

关键词: 胆总管结石; 内镜逆行胰胆管造影术 (ERCP); 决策树; 预测模型

中图分类号: R657.42

A decision tree model-based investigation of the recurrence of calculus of common bile duct following endoscopic retrograde cholangiopancreatography

Zhang Zhenyu¹, Sun Yan², Geng Lili¹, Cui Liyang², Ying Lina², Li Ruifang², Zhang Jun¹

(1. Graduate School of Bengbu Medical University, Bengbu, Anhui 233030, China; 2. Zhejiang Provincial Key Laboratory of Gastroenterology, Zhejiang Provincial People's Hospital, Hangzhou, Zhejiang 310014, China)

Abstract: Objective The decision tree model was utilized to investigate the risk factors and recurrence probability of calculus of common bile duct following endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP). **Methods** Clinical data of 500 patients who underwent ERCP with calculus of common bile duct from January 2016 to December 2020 were retrospectively analyzed. Decision tree and Logistic regression models were separately established, and the receiver operator characteristic curve (ROC curve) were established, area under the

收稿日期: 2023-08-18

[通信作者] 张骏, E-mail: 19587372@qq.com

curve (AUC), sensitivity, and specificity were used to evaluate the predictive performance of both models. Independent risk factors of recurrence for calculus of common bile duct after ERCP were identified, and the models were utilized to predict the risk of recurrence in patients. **Results** The decision tree analysis revealed that the history of choledocholithotomy ($P = 0.000$), common bile duct diameter > 1.60 cm ($P = 0.000$), and history of cholecystectomy ($P = 0.004$) were significant risk factors for calculus of common bile duct recurrence after ERCP. Furthermore, Logistic regression analysis identified independent risk factors for calculus of common bile duct recurrence after ERCP, including the history of cholecystectomy ($P = 0.003$), history of choledocholithotomy ($P = 0.000$), common bile duct diameter > 1.60 cm ($P = 0.000$), number of stones ≥ 2 ($P = 0.001$), and biliary stent ($P = 0.038$), albumin level ≥ 40.5 g/L ($P = 0.026$) as a protective factor. Compared to the Logistic regression model (93.3%), the decision tree model had an overall accuracy of 92.2%, an AUC of 0.890 (95%CI: 0.839 ~ 0.940) and 0.926 (95%CI: 0.887 ~ 0.964), sensitivity of 87.0% and 85.3%, and specificity of 81.0% and 89.2%. **Conclusion** The history of choledocholithotomy, common bile duct diameter > 1.60 cm, and cholecystectomy significantly contribute to the risk of stone recurrence. The decision tree model offers a simple and user-friendly approach that enhances the prediction accuracy of stone patients' recurrence risk. It can serve as a valuable tool for screening and targeted prevention strategies aimed at high-risk groups susceptible to calculus of common bile duct recurrence after ERCP.

Keywords: calculus of common bile duct; ERCP; decision tree; prediction model

胆总管结石是一种会引起腹痛、发热和黄疸等临床症状的消化系统常见疾病, 通常分为原发性结石和继发性结石两种, 发病率为5%~20%, 且呈现出不断上升的趋势^[1]。内镜逆行胰胆管造影术(endoscopic retrograde cholangiopancreatography, ERCP)是目前治疗胆总管结石的首选方法之一, 其具有创伤小、手术时间短、并发症少和预后好等特点^[2]。尽管ERCP结石清除率高达95%, 但术后胆总管结石复发的风险较高, 约为4%~25%^[3-4]。复发性胆总管结石是ERCP后常见的晚期并发症^[5], 已逐渐成为患者和医疗保健系统的负担, 如何精准地预测并预防结石的复发, 是治疗的关键。

决策树是一种常见的数据挖掘技术^[6], 可以将其看作是一种拆分技术^[7], 根据变量的重要性, 将数据样本划分为递减的级别, 并生成符合精确拆分规则的同质数据子集。决策树主要组成部分是节点和分支, 而构建决策树最重要的步骤是拆分、停止和修剪^[8], 从根节点到内部节点, 再到叶节点的每条路径, 表示为一个分类决策规则, 这些决策树路径也可以表示为“if-then”规则。决策树模型克服了线性模型的约束, 并提供了预测规则的可视化表示, 结果简洁明了, 易于理解, 在临床上得到了广泛应用^[9]。目前, 对胆总管结石复发相关危险因素的研究很多, 但试图构建结石复发预测模型的研究相对较少, 且以往研究^[10]结果主要依赖于传统的Logistic回归模型或列线图模型。本研究旨在通过单因素分析、Logistic回归分析和决

策树分析, 研究ERCP后胆总管结石复发的危险因素, 建立预测模型, 为临床预防ERCP后胆总管结石复发提供帮助。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析浙江省人民医院2016年1月—2020年12月因胆总管结石行ERCP取石术的500例患者的临床资料, 根据有无胆总管结石复发分为: 复发组和未复发组。其中, 复发组69例, 未复发组431例。记录患者的一般情况[包括: 年龄、体重指数(body mass index, BMI)、性别、高血压、糖尿病、冠心病、既往胆囊切除史和既往胆道取石史]、胆道情况(包括: 胆总管直径、结石大小、白蛋白、总胆固醇、十二指肠乳头周围瘘口、十二指肠周围壶腹憩室和结石数量)和ERCP手术相关情况[包括: 操作者经验、是否放置胆道支架、手术方式和术后是否使用利胆药, 手术方式包括: 内镜十二指肠乳头括约肌切开术(endoscopic sphincterotomy, EST)、内镜下乳头球囊扩张术(endoscopic papillary balloon dilation, EPBD)和EST+EPBD]。

纳入标准: 年龄18~80岁; 首次行ERCP; ERCP治疗后, 胆总管造影显示无结石残留; 胆总管结石复发经腹部超声、CT或MRCP确诊, 复发时间距ERCP治疗间隔超过6个月; 病历和随访资料完整。排除标准: 合并肝内胆管结石、先天性胆总管囊肿、

胆道系统或十二指肠乳头肿瘤者；伴有严重心肺疾病，不能耐受ERCP；妊娠或哺乳期妇女；对造影剂过敏者；随访资料不完整者。

1.2 相关定义

胆总管结石复发是指：首次ERCP取石术后 ≥ 6 个月发生的胆总管结石^[3]。

1.3 统计学方法

采用SPSS 26.0统计软件，计数资料以例（%）表示，比较采用 χ^2 检验。两组患者间差异有统计学意义的因素为自变量，以结石是否复发为因变量，构建ERCP后胆总管结石复发因素的决策树模型。决策树分析采用卡方自动交互检测（chi-squared automatic interaction detection, CHAID）算法，参考决策树研究的建议^[8]，避免模型过度拟合。选取最小个案树：父节点125，子节点5，最大树深度3层，拆分合并节点的显著性水平 $\alpha=0.05$ ，并采用十折交叉验证，对决策树分析结果进行验证。采用多因素Logistic回归模型，绘制受试者操作特征曲线（receiver operator characteristic curve, ROC curve），计算曲线下面积（area under curve, AUC）、敏感度和特异度，以评价其效能。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 单因素分析ERCP后胆总管结石复发的影响因素

符合纳入标准的500例患者中，复发组69例（13.8%），未复发组431例（86.2%）。两组患者年龄、胆总管直径、结石大小、白蛋白、既往有胆囊切除史、既往有胆道取石史、十二指肠乳头周围瘘口、结石数量、操作者经验、胆道支架和手术方式比较，差异均有统计学意义（ $P<0.05$ ）；BMI、总胆固醇、性别、高血压、糖尿病、冠心病、十二指肠周围壶腹憩室和术后使用利胆药比较，差异均无统计学意义（ $P>0.05$ ）。见表1。

2.2 决策树分析

ERCP后胆总管结石复发的预测决策树见图1。决策树分析显示3个变量，即：既往有胆道取石史

（ $P=0.000$ ）、既往有胆囊切除史（ $P=0.004$ ）和胆总管直径（ $P=0.000$ ），该决策树包含3层，共8个节点，5个终端节点，提取5条分类规则（表2），分别为：1）既往有胆道取石史，占该节点构成的81.2%；2）既往无胆道取石史，胆总管直径 >1.60 cm，占该节点构成的28.6%；3）既往无胆道取石史，胆总管直径（1.10，1.60]cm，既往有胆囊切除史，占该节点构成的18.6%；4）既往无胆道取石史，胆总管直径（1.10，1.60]cm，既往无胆囊切除史，占该节点的3.0%；5）既往无胆道取石史，胆总管直径 ≤ 1.10 cm，占该节点的2.4%。胆总管结石复发患者所占节点的构成比例，代表该人群ERCP后胆总管结石复发的风险，按以上规则筛选出3类人群。其中，高危人群：规则1）和2）；中危人群：规则3）；低危人群：规则4）与5）。

2.3 多因素Logistic回归分析ERCP后胆总管结石复发的影响因素

以单因素分析中差异有统计学意义的因素为自变量，以结石是否复发为因变量，行多因素Logistic回归分析。结果显示：既往有胆囊切除史（ $OR=4.034$ ，95%CI：1.596~10.193）、既往有胆道取石史（ $OR=21.607$ ，95%CI：8.054~57.967）、胆总管直径 >1.60 cm（ $OR=6.405$ ，95%CI：2.673~15.349）、结石数量 ≥ 2 枚（ $OR=3.725$ ，95%CI：1.703~8.145）和胆道支架（ $OR=3.701$ ，95%CI：1.073~12.758）为影响ERCP后胆总管结石复发的独立危险因素，白蛋白 ≥ 40.5 g/L（ $OR=0.919$ ，95%CI：0.853~0.990）为保护性因素。见表3。而年龄、结石大小、十二指肠乳头周围瘘口、操作者经验及手术方式差异无统计学意义（ $P>0.05$ ）。随后构建多因素Logistic回归方程，变量赋值为-3.189。

2.4 决策树模型与多因素Logistic回归模型的预测效果比较

结果显示：决策树模型的AUC为0.890（95%CI：0.839~0.940），预测总体准确率为92.2%，敏感度为87.0%，特异度为81.0%；多因素Logistic回归模型AUC为0.926（95%CI：0.887~0.964），预测总体准确率为93.3%，敏感度为85.3%，特异度为89.2%。

表1 单因素分析ERCP后胆总管结石复发的影响因素

Table 1 Univariate analysis of factors influencing the recurrence of calculus of common bile duct after ERCP

组别	年龄/岁	BMI/(kg/m ²)	胆总管直径/cm		结石大小/cm	
复发组(n=69)	62.77±13.47	22.52±2.76	1.62±0.58		0.99±0.66	
未复发组(n=431)	58.16±13.76	23.19±3.28	1.04±0.34		0.53±0.42	
<i>t/χ²</i> 值	-2.59 [†]	1.58 [†]	-11.53 [†]		-7.74 [†]	
<i>P</i> 值	0.010	0.116	0.000		0.000	

组别	白蛋白/(g/L)	总胆固醇/(mmol/L)	性别 例(%)		高血压 例(%)	
			男	女	有	无
复发组(n=69)	36.90±4.90	4.19±1.39	38(55.1)	31(44.9)	15(21.7)	54(78.3)
未复发组(n=431)	39.52±5.14	4.42±1.10	197(45.7)	234(54.3)	128(29.7)	303(70.3)
<i>t/χ²</i> 值	3.95 [†]	0.57 [†]	2.09		1.85	
<i>P</i> 值	0.000	0.517	0.148		0.174	

组别	糖尿病 例(%)		冠心病 例(%)		既往有胆囊切除史 例(%)	
	有	无	有	无	有	无
复发组(n=69)	9(13.0)	60(87.0)	5(7.3)	64(92.7)	60(87.0)	9(13.0)
未复发组(n=431)	44(10.2)	387(89.8)	21(4.9)	410(95.0)	135(31.0)	296(68.7)
<i>t/χ²</i> 值	0.50		0.28		77.38	
<i>P</i> 值	0.478		0.594		0.000	

组别	既往有胆道取石史 例(%)		十二指肠乳头周围瘘口 例(%)		十二指肠周围壶腹憩室 例(%)	
	有	无	有	无	有	无
复发组(n=69)	39(56.5)	30(43.5)	4(5.8)	65(94.2)	13(18.8)	56(81.2)
未复发组(n=431)	9(2.1)	422(97.9)	5(1.2)	426(98.8)	67(15.6)	364(84.4)
<i>t/χ²</i> 值	203.07		4.85		0.48	
<i>P</i> 值	0.000		0.028		0.488	

组别	胆道支架 例(%)		使用利胆药 例(%)		结石数量 例(%)	
	有	无	有	无	<2枚	≥2枚
复发组(n=69)	11(15.9)	58(84.1)	35(50.7)	34(49.3)	26(37.7)	43(62.3)
未复发组(n=431)	9(2.1)	422(97.9)	196(45.5)	235(54.5)	294(68.2)	137(31.8)
<i>t/χ²</i> 值	26.15		0.85		24.07	
<i>P</i> 值	0.000		0.357		0.000	

组别	操作者经验 例(%)		手术方式 例(%)		
	≥3年	<3年	EST	EPBD	EST+EPBD
复发组(n=69)	62(89.9)	7(10.1)	37(53.6)	12(17.4)	20(29.0)
未复发组(n=431)	417(96.8)	14(3.2)	301(69.8)	5(1.2)	125(29.0)
<i>t/χ²</i> 值	5.39		-2.34		
<i>P</i> 值	0.020		0.019		

注: †为*t*值。

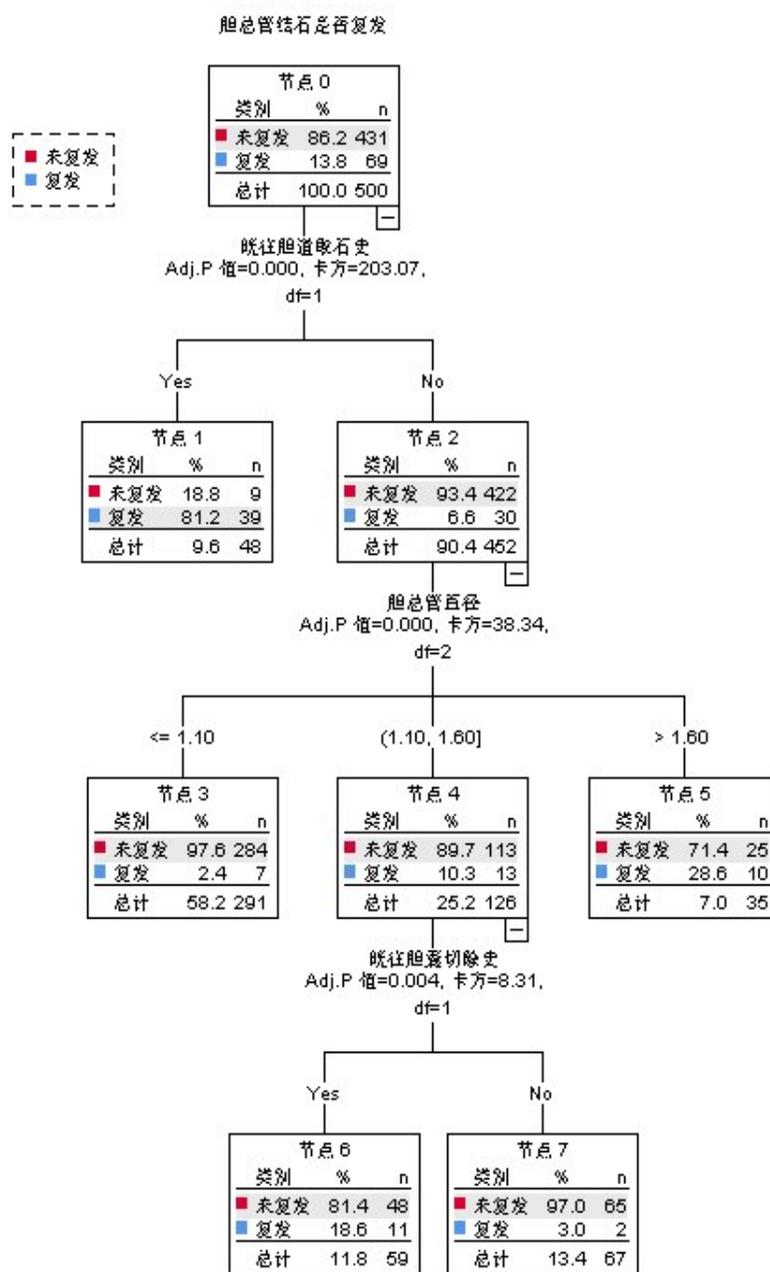


图 1 ERCP后胆总管结石复发的决策树

Fig.1 Decision tree for recurrence of calculus of common bile duct after ERCP

表 2 ERCP后胆总管结石复发决策树分类规则

Table 2 Classification rules of decision tree for recurrence of calculus of common bile duct after ERCP

规则	既往有胆道取石史	胆总管直径	既往有胆囊切除术	胆总管结石复发风险/%
1)	+	-	-	81.2
2)	-	>1.60 cm	-	28.6
3)	-	(1.10, 1.60] cm	+	18.6
4)	-	(1.10, 1.60] cm	-	3.0
5)	-	≤ 1.10 cm	-	2.4

表3 多因素 Logistic 回归分析 ERCP 术后胆总管结石复发的影响因素

Table 3 Multivariate Logistic regression analysis of the factors influencing the recurrence of calculus of common bile duct after ERCP

因素	<i>B</i>	<i>SE</i>	Wald χ^2	<i>P</i> 值	\hat{OR}	95% <i>CI</i>
既往有胆囊切除史	1.395	0.473	8.697	0.003	4.034	1.596 ~ 10.193
既往有胆道取石史	3.073	0.504	37.248	0.000	21.607	8.054 ~ 57.967
胆总管直径 > 1.60 cm	1.857	0.446	17.342	0.000	6.405	2.673 ~ 15.349
结石数量 ≥ 2枚	1.315	0.399	10.848	0.001	3.725	1.703 ~ 8.145
白蛋白 ≥ 40.5 g/L	-0.084	0.038	4.940	0.026	0.919	0.853 ~ 0.990
胆道支架	1.308	0.631	4.294	0.038	3.701	1.073 ~ 12.758

3 讨论

3.1 ERCP 治疗胆胰疾病的临床应用

目前, ERCP 已经成为我国诊断和治疗胆胰疾病的重要手段, 并且是治疗胆总管结石的金标准^[11]。但 ERCP 后常出现胰腺炎、出血、胆道感染、穿孔和结石复发等并发症。其中, 晚期并发症以结石复发最为常见, 且棘手^[12]。本研究以决策树数据挖掘方法为基础, 使用 CHAID 算法构建了预测 ERCP 后胆总管结石复发的决策树模型, 有 3 个危险因素纳入了决策树模型中, 分别为: 既往有胆道取石史 ($P=0.000$)、胆总管直径 ($P=0.000$) 和既往有胆囊切除史 ($P=0.004$)。多因素 Logistic 回归分析结果得出, 既往有胆囊切除史 ($P=0.003$)、既往有胆道取石史 ($P=0.000$)、胆总管直径 > 1.60 cm ($P=0.000$)、结石数量 ≥ 2枚 ($P=0.001$) 和胆道支架 ($P=0.038$) 为影响 ERCP 后胆总管结石复发的独立危险因素, 白蛋白 ≥ 40.5 g/L ($P=0.026$) 为保护性因素。CHAID 决策树每一步分析都会选择与因变量交互作用最强的独立预测因素^[13], 综合多因素 Logistic 回归分析结果, 可以确定: 既往有胆道取石史、胆总管直径 > 1.60 cm 和既往有胆囊切除史, 为影响 ERCP 后胆总管结石复发的高危危险因素 ($P<0.05$), 结石数量 ≥ 2枚和胆道支架是相对的中危危险因素, 而白蛋白 ≥ 40.5 g/L 则为保护性因素。

3.2 决策树模型分析影响胆总管结石的复发风险

3.2.1 根节点 既往有胆道取石史作为决策树的根节点, 是最主要的危险因素。当患者既往有胆道取石史时, 胆总管结石复发的风险将高达 81.2%, 建议采取针对性的预防措施。本研究中, 既往有胆道取石史

是指: 使用了除 ERCP 以外的胆道取石方法, 包括: 腹腔镜胆总管探查术 (laparoscopic common bile duct exploration, LCBDE) 和开腹胆总管探查术等^[14]。胆道手术不可避免地会引起胆道损伤。ERCP 常联合使用括约肌切除术, 会导致奥迪括约肌的完整性受损, 影响奥迪括约肌的生理功能, 使肠道内容和细菌等回流到胆总管, 容易引起胆总管结石复发^[15]。此外, 胆道手术也会改变胆道微环境, 使胆道微生物菌群失调, 从而导致胆总管结石的复发^[16-17]。有研究^[12]证实, 胆总管结石复发的患者中, 胆汁中的微生物丰富度和多样性明显降低, 肠球菌较丰富, 以 β-葡萄糖醛酸酶活性的细菌在复发患者中最为常见。反复的胆道手术, 会使奥迪括约肌和胆管上皮受损, 导致胆道炎症、坏死、瘢痕形成和狭窄, 进而增加胆总管结石复发风险^[5]。ERCP 与 LCBDE 在处理胆道结石方面各有优缺点^[14, 18-19], 两者在治疗胆总管结石方面具有相似的治疗效果, 但各有优劣。ERCP 手术时间更短, 操作相对简单, 不影响胃肠功能, 术后恢复更快, 但其长期疗效仍存在争议。LCBDE 对胆道损伤小, 可保留奥迪括约肌的完整性, 但对患者要求较高, 手术时间较长, 部分患者可能难以承受。故 LYU 等^[18]认为, ERCP 在治疗胆总管结石方面优于 LCBDE, 而 ZHANG 等^[19]则认为 LCBDE 更好。

3.2.2 第 2 个节点 决策树的第 2 个分支节点为胆总管直径。当患者既往没有胆道取石史, 但胆总管直径 > 1.60 cm 时, 胆总管结石复发的风险为 28.6%, 将其分类为高危人群, 需要采取针对性的预防措施, 以防止胆总管结石复发。扩张的胆总管是影响 ERCP 后胆总管结石复发的高危风险因素, 这已经成为了共识^[5]。扩张的胆总管会导致胆道平滑肌纤维减少, 胆

道收缩功能受损,进而使胆汁排泄困难,造成胆汁淤积和细菌感染,促进结石的形成^[3]。但是,扩大的胆总管直径的具体数值,尚未明确。一项Meta分析^[20]显示,胆总管直径>15 mm是胆总管结石复发的危险因素;CHOE等^[12]也认为,胆总管直径>15 mm是ERCP后胆总管结石复发的独立危险因素。但是, RAMCHANDANI等^[21]认为,胆总管直径>13 mm是胆总管结石复发的危险因素;PARK等^[22]则认为,胆总管直径>10 mm就可以视作是胆总管结石复发的危险因素。NZENZA等^[15]回顾性收集了1 148例接受ERCP取石的患者的临床数据,分析得出:当胆总管直径<12 mm时,复发率为20.0% ($\hat{RR}=0.50, P=0.053$),胆总管直径在12~15 mm之间时,复发率为34.0% ($\hat{RR}=1.19, P=0.054$),而胆总管直径>15 mm时,复发率为46.0% ($\hat{RR}=1.70, P=0.039$),随着胆总管直径的扩张,结石复发的风险逐渐增加。在本研究中,CHAID决策树从统计显著性角度,将胆总管直径进行分层^[23],选择最佳的分区值,当胆总管直径>1.60 cm时,是影响ERCP后胆总管结石复发的高危危险因素。

3.2.3 第3个节点 既往有胆囊切除史是本研究决策树的第3个分支节点。当患者既往无胆道取石史,胆总管直径在(1.10~1.60] cm时,患者既往有胆囊切除史的,胆总管结石复发的风险为18.6%,属于中危人群,建议适当干预并定期随访;当患者既往无胆囊切除史时,胆总管结石复发的风险只有3.0%,属于低危人群,无需特殊处理,定期随访即可。胆囊有排泄胆汁,冲洗胆道,防止结石形成的功能^[3],胆囊的电刺激或机械刺激,会反射性抑制奥迪括约肌的收缩,降低奥迪括约肌压力,促进胆汁排入肠道^[24]。当胆囊被切除时,这些功能也将丧失,且会导致胆总管扩张,成为胆总管结石复发的另一个危险因素。胆囊对胆道结石的形成有着明显的影响^[4, 25-26],临床上将胆总管结石分为原发性胆总管结石和继发性胆总管结石。原发性胆总管结石指形成于胆总管的结石,主要为胆色素结石,继发性胆总管结石指起源于胆囊,并从胆囊脱落到胆总管的结石,主要为胆固醇结石。CHOE等^[4]发现,从胆囊掉落到胆总管的胆固醇结石,是ERCP后胆总管结石复发的独立危险因素,CHOI等^[26]研究认为,急性胆囊炎是胆总管结石复发的危险因素,因为急性胆囊炎的患者,胆囊切除手术时间

长,增加了胆囊结石掉落至胆总管的风险,胆总管结石残留的发生率明显更高。PARK等^[22]的一项多中心研究认为,既往有胆囊切除史是胆总管结石复发的危险因素,RYU等^[20]的Meta分析也进一步证实,既往有胆囊切除史是胆总管结石复发的危险因素。本研究通过对500例患者的回顾性分析也认为,既往有胆囊切除史是影响ERCP后胆总管结石复发的高危危险因素。

3.3 多因素Logistic回归模型分析影响ERCP后胆总管结石复发的独立危险因素

影响ERCP后胆总管结石复发的危险因素是多方面的,除了上述提到的3种外,多因素Logistic回归分析得出:结石数量 ≥ 2 枚和胆道支架也是影响ERCP后胆总管结石复发的危险因素,而白蛋白 ≥ 40.5 g/L则是ERCP后胆总管结石复发的保护因素。YOO等^[27]认为,结石数量 ≥ 2 枚是胆总管结石复发的危险因素;KANEKO等^[28]研究认为,长期放置胆道支架会使胆道扩张,促进结石的复发。本研究发现白蛋白是胆总管结石复发的保护性因素,当白蛋白<40.5 g/L时,会增加胆总管结石复发的风险,而白蛋白 ≥ 40.5 g/L时,结石复发风险降低。白蛋白降低常提示患者营养不良,存在严重的基础疾病或感染等,这些都可能会导致患者胆道微环境改变,从而促进胆总管结石的形成。目前,尚无研究明确地证实白蛋白是ERCP后胆总管结石复发的相关因素。本研究结果显示,白蛋白是胆总管结石复发的影响因素之一,白蛋白减少会增加胆总管结石复发的风险,但具体机制尚需进一步研究明确。相较于上述的6种因素,还有如:胆总管成角、十二指肠壶腹憩室、手术方式和年龄 ≥ 65 岁等是影响胆总管结石复发的危险因素,这些因素已在临床上形成共识^[15, 29-30]。在本研究中,十二指肠壶腹憩室($P=0.488$)两组间比较,差异无统计学意义,而手术方式($P=0.019$)和年龄($P=0.010$)虽然在单因素分析中差异有统计学意义,但是在多因素Logistic回归分析中差异无统计学意义,故未被选入最后的决策树模型和多因素Logistic回归模型中,表明:在本研究中,这两者相对于纳入决策树与回归模型的6种危险因素来说,对ERCP后胆总管结石复发的重要性要远低于另外6种因素。有待将来进一步研究,证明影响胆总管结石复发的危险因素,从而指导临床采取更有针对性的措施,以预防

ERCP后胆总管结石复发。

3.4 CHAID决策树与多因素Logistic回归模型的优劣

CHAID决策树是一种非参数数据挖掘技术^[31],与传统的多因素Logistic回归模型相比,CHAID决策树可以说明预测变量之间的多层次相互作用,直观地了解不同预测变量之间的关系、层次结构和重要性^[7, 32]。CHAID决策树分析的结果以树形图表示,其决策规则可视化,且易于解释,在临床环境中更易于操作和理解,比多因素Logistic回归模型更适用于在临床上帮助医师诊断疾病和制定治疗方案^[33-34]。本研究使用CHAID决策树构建了一个预测ERCP后胆总管结石复发的决策树模型,共纳入3项危险因素,生成了5条规则,并根据胆总管结石复发的风险比例将患者分为高危、中危和低危3种人群,针对不同的人群,建议采取不同的预防措施。随后又构建了一个多因素Logistic回归模型,与决策树相比,两者在预测准确率方面相差不大(92.2%和93.3%),决策树的敏感度稍高于回归模型(87.0%和85.3%),而特异度低于回归模型(81.0%和89.2%),两者的AUC分别为0.890和0.926,表明:两个模型均有很好的分类预测能力。决策树在预测胆总管结石复发的阳性患者方面优于多因素Logistic回归模型,且在保证较高的预测准确率下,决策树更简单,需要用到的预测因素更少,结果可视化,且直观、易懂。

3.5 本研究的局限性

第一,本研究是一项回顾性的单中心研究,样本量偏小,可能存在选择偏倚;第二,没有对患者进行统一的长期随访,患者有可能在随访后不久就复发胆总管结石;第三,本研究使用CHAID决策树分析方法,样本量较少,可能会影响结果的稳定性,虽然笔者通过剪枝尽量避免模型过度拟合,但模型仍可能存在过度拟合的情况。有待今后大样本、多中心的前瞻性研究来验证本次实验的结果,使结果更具有说服力。

综上所述,本研究通过CHAID决策树和多因素Logistic回归模型分析得出:既往有胆道取石史、既往有胆囊切除史和胆总管直径 >1.60 cm是影响ERCP后胆总管结石复发的高危危险因素,结石数量 ≥ 2 枚和胆道支架是ERCP后胆总管结石复发的中危危险因素,而白蛋白 ≥ 40.5 g/L则是影响ERCP后胆总管结石复发的保护因素,未来临床可以根据这些因素采取

相应的措施,以预防胆总管结石的复发。本研究还建立了一个CHAID决策树模型,与多因素Logistic回归模型比较,两者预测准确率相似,但决策树模型有更高的敏感度,可以更好地发现胆总管结石复发的阳性患者,可用于筛选ERCP后胆总管结石复发的高危人群,以及采用针对性预防措施。

参 考 文 献 :

- [1] CAI J S, QIANG S, YIN B B. Advances of recurrent risk factors and management of choledocholithiasis[J]. Scand J Gastroenterol, 2017, 52(1): 34-43.
- [2] PENG L J, CHENG X N, ZHANG L. Risk factors of stone recurrence after endoscopic retrograde cholangiopancreatography for common bile duct stones[J]. Medicine (Baltimore), 2020, 99(27): e20412.
- [3] WU Y, XU C J, XU S F. Advances in risk factors for recurrence of common bile duct stones[J]. Int J Med Sci, 2021, 18(4): 1067-1074.
- [4] CHOE J W, KIM S Y, LEE D W, et al. Incidence and risk factors for postoperative common bile duct stones in patients undergoing endoscopic extraction and subsequent cholecystectomy[J]. Gastrointest Endosc, 2021, 93(3): 608-615.
- [5] MANSOUR S, KLUGER Y, KHURI S. Primary recurrent common bile duct stones: timing of surgical intervention[J]. J Clin Med Res, 2022, 14(11): 441-447.
- [6] FENG X, YE G F, CAO R Y, et al. Identification of predictors for hemorrhagic transformation in patients with acute ischemic stroke after endovascular therapy using the decision tree model[J]. Clin Interv Aging, 2020, 15: 1611-1624.
- [7] TURCATO G, ZABOLI A, PFEIFER N, et al. Decision tree analysis to predict the risk of intracranial haemorrhage after mild traumatic brain injury in patients taking DOACs[J]. Am J Emerg Med, 2021, 50: 388-393.
- [8] SONG Y Y, LU Y. Decision tree methods: applications for classification and prediction[J]. Shanghai Arch Psychiatry, 2015, 27(2): 130-135.
- [9] AL FRYAN L H, SHOMO M I, ALAZZAM M B, et al. Processing decision tree data using Internet of Things (IoT) and artificial intelligence technologies with special reference to medical application[J]. Biomed Res Int, 2022, 2022: 8626234.
- [10] WANG H, HE Y Q, DONG S Y, et al. Recurrence of common bile duct stones after choledocholithotomy in elderly patients: risk factor analysis and clinical prediction model development[J]. Front Med (Lausanne), 2023, 10: 1239902.
- [11] 中华医学会消化内镜学分会ERCP学组,中国医师协会消化医师分会胆胰学组,国家消化系统疾病临床医学研究中心.中国ERCP指南(2018版)[J].中华内科杂志, 2018, 57(11): 772-801.
- [11] ERCP Group, Chinese Society of Digestive Endoscopy,

- Biliopancreatic Group, Chinese Association of Gastroenterologist and Hepatologist, National Clinical Research Center for Digestive Diseases. Chinese guidelines for ERCP (2018) [J]. Chinese Journal of Internal Medicine, 2018, 57(11): 772-801. Chinese
- [12] CHOE J W, LEE J M, HYUN J J, et al. Analysis on microbial profiles & components of bile in patients with recurrent CBD stones after endoscopic CBD stone removal: a preliminary study[J]. J Clin Med, 2021, 10(15): 3303.
- [13] STOJADINOVIC M M, PEJOVIC T. Regression tree for choledocholithiasis prediction[J]. Eur J Gastroenterol Hepatol, 2015, 27(5): 607-613.
- [14] TAN D, ZHANG Y. Differences in outcome and comparison of stress and immune status in patients with recurrent common bile duct stones after biliary tract surgery choosing three procedures (ERCP, OCBDE, and LCBDE) for treatment[J]. Comput Math Methods Med, 2022, 2022: 9197990.
- [15] NZENZA T C, AL-HABBAL Y, GUERRA G R, et al. Recurrent common bile duct stones as a late complication of endoscopic sphincterotomy[J]. BMC Gastroenterol, 2018, 18(1): 39.
- [16] TAN W H, CHEN R Y, SONG J, et al. Microbiota analysis with next-generation 16S rDNA gene sequencing in recurrent common bile duct stones[J]. Ann Transl Med, 2022, 10(10): 576.
- [17] LEE J, PARK J S, BAE J, et al. Bile microbiome in patients with recurrent common bile duct stones and correlation with the duodenal microbiome[J]. Life (Basel), 2022, 12(10): 1540.
- [18] LYU Y X, CHENG Y X, LI T, et al. Laparoscopic common bile duct exploration plus cholecystectomy versus endoscopic retrograde cholangiopancreatography plus laparoscopic cholecystectomy for cholecystocholedocholithiasis: a Meta-analysis[J]. Surg Endosc, 2019, 33(10): 3275-3286.
- [19] ZHANG R J, LIU J L, LI H Z, et al. Evaluation of therapeutic efficacy, safety and economy of ERCP and LTCBDE in the treatment of common bile duct stones[J]. Front Physiol, 2022, 13: 949452.
- [20] RYU S, JO I H, KIM S, et al. Clinical impact of common bile duct angulation on the recurrence of common bile duct stone: a Meta-analysis and review[J]. Korean J Gastroenterol, 2020, 76(4): 199-205.
- [21] RAMCHANDANI M, PAL P, REDDY D N. Endoscopic management of acute cholangitis as a result of common bile duct stones[J]. Dig Endosc, 2017, 29 Suppl 2: 78-87.
- [22] PARK S Y, HONG T H, LEE S K, et al. Recurrence of common bile duct stones following laparoscopic common bile duct exploration: a multicenter study[J]. J Hepatobiliary Pancreat Sci, 2019, 26(12): 578-582.
- [23] CAO Z H, CHEN T, CAO Y Q. Effect of occupational health and safety training for Chinese construction workers based on the CHAID decision tree[J]. Front Public Health, 2021, 9: 623441.
- [24] SONODA Y, TAKAHATA S, JABAR F, et al. Electrical activation of common bile duct nerves modulates sphincter of Oddi motility in the Australian possum[J]. HPB (Oxford), 2005, 7(4): 303-312.
- [25] YASUI T, TAKAHATA S, KONO H, et al. Is cholecystectomy necessary after endoscopic treatment of bile duct stones in patients older than 80 years of age[J]. J Gastroenterol, 2012, 47(1): 65-70.
- [26] CHOI Y S, DO J H, SUH S W, et al. Risk factors for the late development of common bile duct stones after laparoscopic cholecystectomy[J]. Surg Endosc, 2017, 31(11): 4857-4862.
- [27] YOO E S, YOO B M, KIM J H, et al. Evaluation of risk factors for recurrent primary common bile duct stone in patients with cholecystectomy[J]. Scand J Gastroenterol, 2018, 53(4): 466-470.
- [28] KANEKO J, KAWATA K, WATANABE S, et al. Clinical characteristics and risk factors for stent-stone complex formation following biliary plastic stent placement in patients with common bile duct stones[J]. J Hepatobiliary Pancreat Sci, 2018, 25(10): 448-454.
- [29] KEIZMAN D, SHALOM M I, KONIKOFF F M. An angulated common bile duct predisposes to recurrent symptomatic bile duct stones after endoscopic stone extraction[J]. Surg Endosc, 2006, 20(10): 1594-1599.
- [30] PARRA-MEMBRIVES P, MARTÍNEZ-BAENA D, LORENTE-HERCE J M, et al. Choledocholithiasis recurrence following laparoscopic common bile duct exploration[J]. Cir Esp (Engl Ed), 2019, 97(6): 336-342.
- [31] VAN DER OEST M J W, PORSIUS J T, MACDERMID J C, et al. Item reduction of the patient-rated wrist evaluation using decision tree modelling[J]. Disabil Rehabil, 2020, 42(19): 2758-2765.
- [32] RODRÍGUEZ A H, AVILÉS-JURADO F X, DÍAZ E, et al. Procalcitonin (PCT) levels for ruling-out bacterial coinfection in ICU patients with influenza: a CHAID decision-tree analysis[J]. J Infect, 2016, 72(2): 143-151.
- [33] FUKUI S, INUI A, SAITA M, et al. Clinical prediction rule for bacteremia with pyelonephritis and hospitalization judgment: chi-square automatic interaction detector (CHAID) decision tree analysis model[J]. J Int Med Res, 2022, 50(1): 3000605211065658.
- [34] OSMAN S M I, SABIT A. Predictors of COVID-19 vaccination rate in USA: a machine learning approach[J]. Mach Learn Appl, 2022, 10: 100408.

(吴静 编辑)

本文引用格式:

张振宇, 孙艳, 耿利利, 等. 基于决策树模型的内镜逆行胰胆管造影术后胆总管结石复发的研究[J]. 中国内镜杂志, 2024, 30(4): 36-44.

ZHANG Z Y, SUN Y, GENG L L, et al. A decision tree model-based investigation of the recurrence of calculus of common bile duct following endoscopic retrograde cholangiopancreatography[J]. China Journal of Endoscopy, 2024, 30(4): 36-44. Chinese