

Cox 迷宫Ⅲ联合心脏瓣膜手术后急性肾损伤风险预测模型的构建与评价

席志龙 仇冰梅 刘强 张雷 孙磊 吴海卫 王常田

【摘要】 目的:探讨 Cox 迷宫Ⅲ联合心脏瓣膜手术后发生急性肾损伤 (AKI) 的危险因素,建立 AKI 风险发生的列线图预测模型,并验证其效能。 **方法:**回顾性分析 2015 年 10 月至 2023 年 6 月在东部战区总医院行 Cox 迷宫Ⅲ联合心脏瓣膜手术的 160 例合并心房颤动的心脏瓣膜病患者的临床资料。经单因素及多因素 logistic 回归分析明确术后发生 AKI 的独立危险因素,建立列线图预测模型,并通过受试者工作特征 (ROC) 曲线、校准曲线及决策曲线分析 (DCA) 验证其效能。 **结果:**160 例患者中,82 例 (51.3%) 出现 AKI,其中 10 例 (6.3%) 需行连续性肾脏替代治疗。多因素 Logistic 回归分析显示,年龄、糖尿病、术前 1 周使用造影剂、术前纽约心脏病协会 (NYHA) 心功能分级 ≥ 3 级、围手术期血浆输注、术后乳酸峰值是 Cox 迷宫Ⅲ联合心脏瓣膜手术后发生 AKI 的独立危险因素。列线图预测模型的 ROC 曲线下面积 (AUC) 为 0.847 (95%CI :0.788~0.906), 敏感度为 70.73%, 特异性为 84.62%。校准曲线具有较高的拟合度,DCA 提示该模型对临床决策具有重要意义。 **结论:** Cox 迷宫Ⅲ联合心脏瓣膜手术后 AKI 的发生率较高,高龄、合并糖尿病、术前 1 周使用造影剂、术前 NYHA 心功能分级 ≥ 3 级、围手术期血浆输注、术后高乳酸血症的患者术后更易发生 AKI。该研究构建的列线图预测模型预测能力良好,有助于术后 AKI 的早期预测及干预。

【关键词】 Cox 迷宫手术;心脏瓣膜手术;心房颤动;急性肾损伤

doi: 10.3969/j.issn.1673-6583.2024.04.016

Construction and evaluation of a nomogram to predict acute kidney injury in patients undergoing Cox Maze III procedure combined with cardiac valve surgery XI Zhilong, QIU Bingmei, LIU Qiang, ZHANG Lei, SUN Lei, WU Haiwei, WANG Changtian Department of Cardiothoracic Surgery, General Hospital of Eastern Theater Command, Nanjing 210002, China

【Abstract】 Objective: This study aimed to establish a nomogram to predict the risk of acute kidney injury (AKI) in patients undergoing Cox Maze III procedure combined with cardiac valve surgery. **Methods:** Clinical data of 160 patients who underwent Cox Maze III procedure combined with cardiac valve surgery in the General Hospital of Eastern Command from October 2015 to January 2023 were retrospectively collected. A nomogram was established after screening for relevant variables by univariate and multivariate logistic regression analysis. This nomogram was then evaluated by depicting the receiver operating characteristic (ROC) curve, calibration curve and decision curve. **Results:** Overall, AKI occurred in 82 patients (51.3%), 10 (6.3%) requiring continuous renal replacement therapy. Multivariate logistic regression analysis showed that age, diabetesmellitus, use of contrast media 1 week before surgery, NYHA class ≥ 3 , plasma infusion and hyperlacticemia were independent factors for AKI. The area under ROC curve (AUC) for the established nomogram was 0.847 (95%CI: 0.788~0.906), with a sensitivity of 70.73% and specificity of 84.62%, respectively. Depicted calibration curve demonstrated a well-fitted prediction and observation probability. In addition, decision curve analysis revealed that the established nomogram was significant for clinical decision-making. **Conclusion:** This study

基金项目:东部战区总医院军事医学研究专项 (2023JSYXQN68)

作者单位:210002 南京,东部战区总医院 (原南京军区南京总医院) 心胸外科

通信作者:王常田, E-mail: wangct35037@163.com

indicates that incidence of AKI is high in patients undergoing Cox Maze III procedure combined with cardiac valve surgery, especially for those who were older or diabetic, received contrast medium 1 week before surgery, and had poor functional status (NYHA class ≥ 3), peri-procedural plasma infusion, and hyperlactemic operation. Using the nomogram constructed in this study could provide individual prediction of AKI which might benefit pre- and post-operative care for these patients.

【Key words】 Cox Maze procedure; Cardiac valve surgery; Atrial fibrillation; Acute kidney injury

心房颤动(房颤)是心脏瓣膜病常见的并发症,可引起心力衰竭和血栓栓塞事件。研究表明,房颤会显著增加心脏手术围术期并发症的发生率及死亡率^[1]。目前房颤治疗指南建议在行心脏瓣膜手术时同期行房颤射频消融治疗^[2]。Cox 迷宫 III 手术通过切缝的手段隔离心脏电活动,具有较高的窦性心律转复率和维持率,是房颤外科治疗的金标准^[3-4]。有研究报道,Cox 迷宫 III 手术后 1 年以上窦性心律维持率为 90.0%~98.2%,而双极射频消融和导管消融术后 5 年窦性心律维持率仅为 50.0%~60.0%^[5]。因此,虽然 Cox 迷宫 III 手术会增加手术时间,但对于合并房颤的心脏瓣膜病患者,其仍然是首选的治疗方法。急性肾损伤(AKI)是心脏术后最常见的并发症,本研究旨在探讨 Cox 迷宫 III 联合心脏瓣膜手术后发生 AKI 的危险因素,建立 AKI 发生的列线图预测模型,并验证其效能,以期为术后 AKI 风险发生的早期预测及干预提供参考。

1 对象和方法

1.1 研究对象

回顾性分析 2015 年 10 月至 2023 年 6 月在东部战区总医院行 Cox 迷宫 III 联合心脏瓣膜手术的 160 例合并房颤的心脏瓣膜病患者的临床资料。纳入标准:(1)行心脏瓣膜手术且同期行 Cox 迷宫 III 手术治疗房颤;(2)临床资料完整。排除标准:(1)术前存在肾功能不全或行血液透析治疗;(2)术中死亡或术后 48 h 内死亡;(3)临床资料不完整。本研究经东部战区总医院伦理委员会批准(批准号:2018NZKY-028-01)。

1.2 观察指标及 AKI 诊断标准

收集入选的 160 例患者的术前资料,包括性别、年龄、体质量指数(BMI)、吸烟史、既往病史(如高血压、糖尿病、脑梗死等)、左室射血分数(LVEF)、纽约心脏病协会(NYHA)心功能分级、术前 1 周是否使用造影剂、术前血红蛋白、尿酸、

肌酐等指标;术中资料,包括体外循环(CPB)时间、主动脉阻断时间等;术后资料,包括是否出现 AKI、围术期输血情况、术后 1 周乳酸峰值、血红蛋白最低值、术后并发症情况、术后重症监护病房(ICU)停留时间、术后住院时间及 30 d 死亡率等。

根据 2012 年改善全球肾脏病预后组织(KDIGO)指南对 AKI 进行诊断和分期^[6]。符合以下任一条件即可诊断:(1)48 h 内血清肌酐增加 ≥ 0.3 mg/dL ($26.5 \mu\text{mol/L}$);(2)过去 7 d 内血清肌酐增加至基础值的 1.5 倍;(3)连续 6 h 尿量 < 0.5 mL/(kg·h)。

1.3 手术方式

采用静脉吸入复合麻醉,在低温($26 \sim 28^\circ\text{C}$) CPB 下由主动脉根部或左、右冠状动脉开口处直接灌注组氨酸-色氨酸-酮戊二酸盐液进行心肌保护。胸骨正中开胸建立 CPB,按照经典 Cox 迷宫 III 线路^[7]分别对右房和左房进行切缝,对三尖瓣瓣环、二尖瓣瓣环、冠状静脉窦内外壁辅助射频消融。左心耳切除后采用两毡条夹闭的“三明治”方式缝闭残端。完成左、右房 Cox 迷宫手术后继续进行心脏瓣膜手术。二尖瓣手术时经房间沟完成二尖瓣成形或置换,主动脉瓣手术时经主动脉根部横行切口完成主动脉瓣成形或置换,三尖瓣手术时经右房切口完成成形或置换。术毕缝合各切口,并于右室表面安置临时起搏导线,待生命体征平稳后撤除 CPB 完成手术。

1.4 统计学方法

采用 IBM SPSS 20.0 软件进行统计学分析,计量资料采用 Kolmogorov-Smirnov 检验法进行正态性分析,符合正态分布的资料采用均数 \pm 标准差表示,组间比较采用 t 检验或单因素方差分析;非正态分布的资料采用中位数(四分位数)表示,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以频数(百分比)表示,组间比较采用卡方检验。将单因素分析中 $P < 0.05$ 的变量纳入多因素 logistic 回归

分析,采用 R 软件绘制列线图预测模型,通过受试者工作特征(ROC)曲线和校准曲线判别模型的区分度和契合度,决策曲线分析(DCA)评估其临床实用性。 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 临床资料比较

160 例患者中,82 例(51.3%)出现 AKI,其中 10 例(6.3%)需行连续性肾脏替代治疗。术后 30 d 死亡 3 例(1.9%),1 例因心功能衰竭死亡,

1 例因感染致多器官功能衰竭死亡,1 例于术后第 16 天突发心搏骤停死亡。

肾功能正常组与 AKI 组患者在性别、年龄、糖尿病病史、NYHA 心功能分级 ≥ 3 级、术前 1 周使用造影剂、术前血红蛋白值、CPB 时间、主动脉阻断时间、围手术期血浆输注量、输血总量、术后 1 周乳酸峰值、血红蛋白最低值、肺部感染发生率、ICU 住院时间上差异存在统计学意义(P 均 <0.05)。见表 1。

表1 2组患者临床资料比较

项目	总数($n=160$)	肾功能正常组($n=78$)	AKI组($n=82$)	P
男性/例(%)	70(43.8)	41(52.6)	29(35.4)	0.028
年龄/岁	56.01 \pm 8.26	54.10 \pm 7.02	57.82 \pm 8.97	0.004
BMI/kg \cdot m ⁻²	23.85 \pm 3.24	23.71 \pm 2.99	23.98 \pm 3.48	0.596
吸烟/例(%)	46(28.8)	25(32.1)	21(25.6)	0.368
高血压/例(%)	33(20.6)	13(16.7)	20(24.4)	0.227
糖尿病/例(%)	14(8.8)	2(2.6)	12(14.6)	0.015
脑梗死/例(%)	32(20.0)	14(17.9)	18(22.0)	0.527
LVEF/%	55.63 \pm 7.83	55.12 \pm 7.57	56.11 \pm 8.09	0.424
NYHA心功能分级 ≥ 3 级/例(%)	95(59.4)	32(41.0)	63(76.8)	<0.001
术前1周使用造影剂/例(%)	136(85.0)	61(78.2)	75(91.5)	0.019
术前血红蛋白/g \cdot L ⁻¹	137.56 \pm 16.54	140.64 \pm 16.95	134.62 \pm 15.68	0.021
术前尿酸/ μ mol \cdot L ⁻¹	391.98 \pm 111.33	390.59 \pm 107.54	393.30 \pm 115.46	0.878
术前肌酐/ μ mol \cdot L ⁻¹	68.37 \pm 15.78	69.81 \pm 15.16	67.00 \pm 16.31	0.262
CPB时间 ≥ 160 min/例(%)	104(65.0)	41(52.6)	63(76.8)	0.001
主动脉阻断时间 ≥ 120 min/例(%)	75(46.9)	27(34.6)	48(58.5)	0.002
围手术期血浆用量/mL	430.0(302.5, 570.0)	395.0(287.5, 500.0)	480.0(327.5, 642.5)	0.006
围手术期红细胞用量/U	6.0(4.0, 6.0)	6.0(4.0, 6.0)	6.0(4.0, 8.0)	0.149
围手术期冷沉淀用量/U	10.0(10.0, 10.0)	10.0(10.0, 10.0)	10.0(10.0, 10.0)	0.090
围手术期血小板用量/U	1.0(1.0, 2.0)	1.0(1.0, 2.0)	1.0(1.0, 2.0)	0.554
围手术期输血总量/mL	1 900.0(1 540.0, 2 240.0)	1 770.0(1 535.0, 2 080.0)	1 945.0(1 540.0, 2 500.0)	0.022
术后乳酸峰值/mmol \cdot L ⁻¹	10.0(7.0, 14.0)	8.0(7.0, 11.0)	12.0(8.0, 16.0)	<0.001
术后血红蛋白最低值/g \cdot L ⁻¹	103.50 \pm 15.82	108.73 \pm 13.59	98.52 \pm 16.26	<0.001
出血/例(%)	4(2.5)	3(3.8)	1(1.2)	0.262
室性心律失常/例(%)	7(4.4)	0(0.0)	7(8.5)	0.577
肺部感染/例(%)	5(3.1)	0(0.0)	5(6.1)	0.014
气管切开/例(%)	2(1.3)	2(2.6)	0(0.0)	0.059
切口愈合不良/例(%)	2(1.3)	0(0.0)	2(2.4)	0.236
ICU停留时间/d	2(2, 3)	2(2, 3)	2(2, 5)	0.003
住院时间/d	11(10, 14)	11(10, 13)	12(10, 16)	0.100
死亡/例(%)	3(1.9)	0(0.0)	3(3.7)	0.121

2.2 Cox迷宫Ⅲ联合心脏瓣膜手术后发生AKI的危险因素分析

将单因素分析中 $P<0.05$ 的变量纳入多因素 logistic 回归分析,年龄、糖尿病、术前 1 周使用造

影剂、NYHA 心功能分级 ≥ 3 级、围手术期血浆输注、术后乳酸峰值是 Cox 迷宫Ⅲ联合心脏瓣膜手术后发生 AKI 的独立危险因素(P 均 <0.05)。见表 2。

表2 Cox迷宫Ⅲ联合心脏瓣膜手术后发生AKI的多因素
logistic回归分析

因素	OR	95.0%CI	P
性别	2.011	0.763~5.303	0.158
年龄	1.083	1.022~1.148	0.007
糖尿病	0.044	0.004~0.458	0.009
术前1周使用造影剂	0.168	0.043~0.654	0.010
NYHA心功能分级≥3级	0.202	0.081~0.502	0.001
术前血红蛋白	0.972	0.939~1.007	0.113
CPB时间≥160 min	0.341	0.112~1.038	0.058
主动脉阻断时间≥120 min	0.700	0.246~1.994	0.504
围手术期输血总量	1.000	0.999~1.001	0.511
围手术期血浆输注量	1.032	1.002~1.062	0.034
术后血红蛋白最低值	0.985	0.954~1.017	0.352
术后乳酸峰值	1.207	1.074~1.356	0.002

2.3 列线图模型的建立与验证

将多因素 logistic 回归分析确定的 6 项独立危险因素纳入列线图预测模型, 见图 1。采用 Bootstrap 法重复抽样进行内部验证, 该模型 ROC 曲线下面积 (AUC) 为 0.847 (95%CI : 0.788~0.906), 敏感度为 70.73%, 特异性为 84.62%, 区分度良好, 见图 2。Hosmer-lemeshow 检验结果提示, $c^2=6.136$, $P=0.632$ 。校准曲线斜率接近 1, 提示模型契合度良好, 见图 3。DCA 结果提示, 采用该模型对 Cox 迷宫Ⅲ联合心脏瓣膜手术后 AKI 的发生进行预测可以获得较高的临床获益。见图 4。

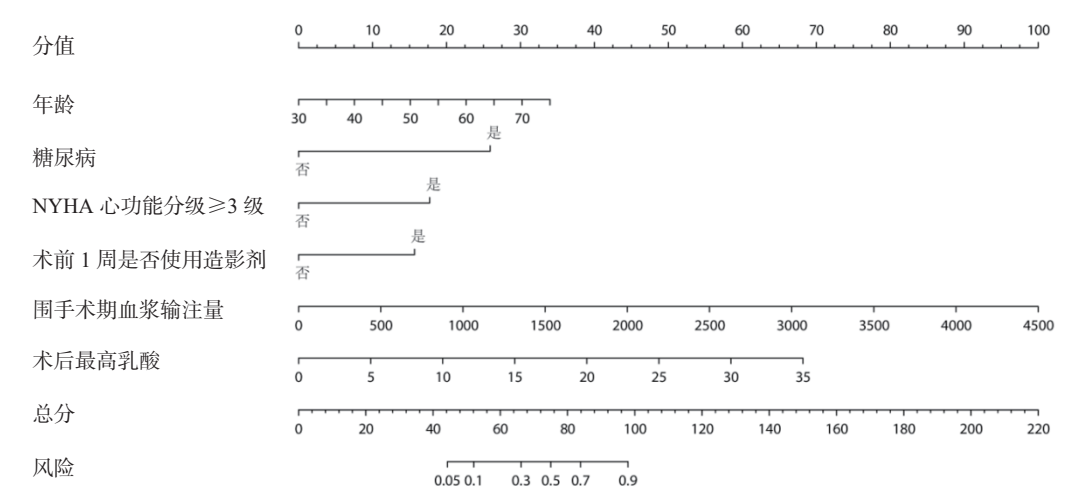


图1 Cox迷宫Ⅲ联合心脏瓣膜手术后发生AKI的列线图预测模型图

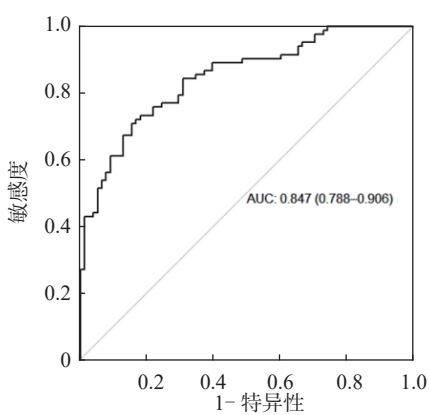


图2 列线图模型预测Cox迷宫Ⅲ联合心脏瓣膜手术后发生
AKI的ROC曲线

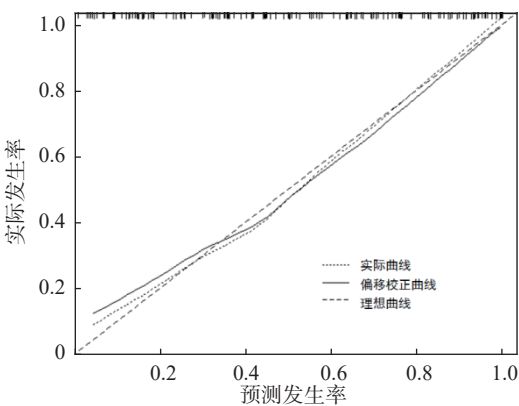


图3 Cox迷宫Ⅲ联合心脏瓣膜手术后发生AKI的列线图预
测模型校准曲线

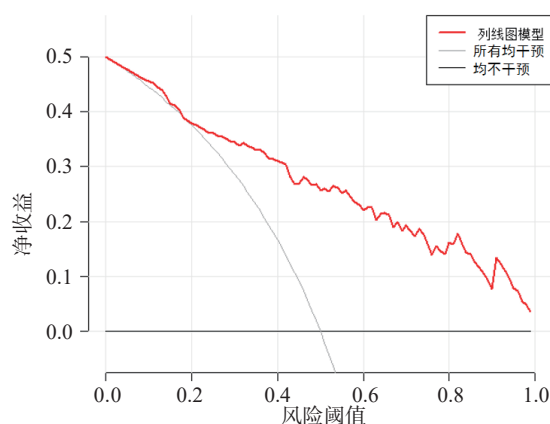


图4 列线图模型预测Cox迷宫Ⅲ联合瓣膜手术后AKI发生的决策曲线

3 讨论

AKI 是心脏手术后的主要并发症,发生率为 40.0%~62.5%,其发病机制包括肾缺血再灌注损伤、炎症、溶血、氧化应激等^[8-10]。在心脏瓣膜手术同期行 Cox 迷宫Ⅲ治疗房颤会使 CPB 时间延长,导致更严重的肾脏损伤。目前,国内外对心脏术后 AKI 发生的危险因素的研究有限。本研究中,术后 AKI 发生的独立危险因素为年龄、糖尿病、术前 1 周使用造影剂、NYHA 心功能分级 ≥ 3 级、围手术期血浆输注和术后乳酸峰值,以此建立的列线图预测模型,可以快速、直观、准确地预测 Cox 迷宫Ⅲ联合心脏瓣膜手术后 AKI 的发生风险。

高龄是心脏术后 AKI 发生的公认危险因素,这与高龄患者肾脏结构和功能改变及手术创伤有关^[11-12]。2012 年 KDIGO 指南^[6]提出糖尿病是心脏术后 AKI 发生的独立危险因素。糖尿病患者细胞内高糖状态会损伤血管内皮、改变血管通透性,进而引起肾脏损伤。我国成人围手术期血糖监测专家共识^[13]也指出,约 80% 的心脏外科患者会出现围术期高血糖,心脏手术中手术创伤、CPB、器官缺血再灌注等产生的炎症反应会导致血糖异常升高,进一步造成肾脏损伤。本研究中,术前合并糖尿病是 Cox 迷宫Ⅲ手术后发生 AKI 的独立危险因素,与国内外研究结论相符。因此,参照美国糖尿病学会对于危重患者的血糖管理策略,Cox 迷宫Ⅲ手术患者的围手术期血糖建议控制在 7.8~10.0 mmol/L,并减少波动^[14]。

造影剂肾病已成为医源性急性肾功能衰竭的重要原因之一^[15]。拟行心脏手术的患者多数需行 CT 血管造影 (CTA) 及冠状动脉造影等检查,进

一步排查冠状动脉、主动脉及颈部血管问题。造影剂肾病的机制包括:肾髓质缺血、高毒性氢氧自由基形成、直接损伤肾小管上皮细胞及激活炎症反应等。手术创伤及 CPB 会进一步加重肾脏损伤,导致术后 AKI 的发生率增加。因此,在 Cox 迷宫Ⅲ手术前应尽量减少使用造影剂,并在造影检查后充分水化、碱化,以减少造影剂对于肾脏的损伤^[16]。

心肾综合征指心脏和肾脏之间互相作用、彼此影响并形成恶性循环,其机制包括低动脉灌注、静脉充血和神经激素或炎症因子激活 2 个器官之间的多向通路等^[17]。NYHA 心功能分级 ≥ 3 级的患者多处于心功能衰竭状态,是心血管疾病的终末阶段,此时患者大多已处于肾功能损伤状态,而 CPB 手术加重了上述病理生理变化,从而导致术后 AKI 的高发生率。

在本研究中,血浆的输注量与 AKI 的发生密切相关。国内外的一些研究中也得出了相似的结论,其可能与血浆中存在的异体白细胞引发的免疫反应有关^[18-20]。Kindzelski 等^[21]的研究发现心脏手术围手术期红细胞、血浆、血小板输注量每增加 1 个单位,术后 AKI 的发生率分别增加 1.18、1.19、1.04 倍。因此,在心脏手术中应充分止血,减少输血,以降低术后 AKI 发生率。

乳酸是无氧代谢的产物,是组织低灌注和缺氧的生物标志物及代谢指标,常用于判断患者病情的严重程度及预后转归^[22]。有研究发现,心脏术后 10 d 内最大乳酸阈值 4.4 mmol/L 能准确预测术后死亡率^[23]。也有研究指出,乳酸峰值 >4 mmol/L 是心脏术后发生 AKI 的危险因素^[24]。本研究统计了术后血气分析中乳酸的峰值,其在肾功能正常组及 AKI 组间的差异有统计学意义,经多因素 logistic 回归分析,仍为独立危险因素。因此,对于 Cox 迷宫Ⅲ联合心脏瓣膜手术后高乳酸血症有助于提示术后 AKI 的发生。

在国外的研究中,性别、BMI、CPB 时间、主动脉阻断时间、术中最低红细胞比容等因素也是 Cox 迷宫手术后 AKI 发生的独立危险因素^[11-12]。但在本研究中,未观测到上述结果,可能是因为样本差异。本研究也存在一定的局限性:(1) 单中心研究病例数有限;(2) 回顾性研究;(3) 对于 AKI 的诊断主要依据肌酐数值变化,而肌酐数值可能受其他因素干扰,为研究数据带来偏差;(4) 采用的列线图模型缺乏外部数据验证。

综上, Cox 迷宫Ⅲ联合心脏瓣膜手术后 AKI 的发生率较高, 出现 AKI 后将增加 ICU 住院时间, 影响患者预后。其中年龄、糖尿病、术前 1 周使用造影剂、NYHA 心功能分级 ≥ 3 级、围手术期血浆输注和术后乳酸峰值是 AKI 发生的独立危险因素。基于上述危险因素建立的列线图预测模型具有良好的效能, 可有效预测 Cox 迷宫Ⅲ联合心脏瓣膜手术后 AKI 的发生风险, 有助于术后 AKI 的早期预测及防治。

参 考 文 献

- [1] Anghel D, Anghel R, Corciova F, et al. Preoperative arrhythmias such as atrial fibrillation: cardiovascular surgery risk factor[J]. Biomed Res Int, 2014, 2014:584918.
- [2] Badhwar V, Rankin JS, Damiano RJ Jr, et al. The society of thoracic surgeons 2017 clinical practice guidelines for the surgical treatment of atrial fibrillation[J]. Ann Thorac Surg, 2017, 103(1):329-341.
- [3] Albåge A, Johansson B, Kennebäck G, et al. Long-term follow-up of cardiac rhythm in 320 patients after the Cox-maze Ⅲ procedure for atrial fibrillation[J]. Ann Thorac Surg, 2016, 101(4):1443-1449.
- [4] Garcia-Villarreal OA, Fernández-Ceseña E, Vega-Hernández R. Cox maze Ⅲ procedure: the best alternative in surgery for atrial fibrillation[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2014, 148(1):368-369.
- [5] Stulak JM, Suri RM, Burkhart HM, et al. Surgical ablation for atrial fibrillation for two decades: are the results of new techniques equivalent to the Cox maze Ⅲ procedure?[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2014, 147(5):1478-1486.
- [6] Khwaja A. KDIGO clinical practice guidelines for acute kidney injury[J]. Nephron Clin Pract, 2012, 120(4):c179-c184.
- [7] 王常田, 张雷, 秦涛, 等. 改良Cox迷宫Ⅲ治疗瓣膜病合并房颤的安全性及疗效分析[J]. 医学研究生学报, 2021, 34(4):394-398.
- [8] Massoth C, Zarbock A, Meersch M. Acute kidney injury in cardiac surgery[J]. Crit Care Clin, 2021, 37(2):267-278.
- [9] 后青, 陆凤霞, 姚昊, 等. 心脏及血管手术后急性肾损伤的危险因素分析[J]. 临床肾脏病杂志, 2022, 22(1):5-9.
- [10] O'Neal JB, Shaw AD, Billings FT 4th. Acute kidney injury following cardiac surgery: current understanding and future directions[J]. Crit Care, 2016, 20(1):187.
- [11] Hong HJ, Lee Y, Kim SH, et al. Incidence and risk factors of acute kidney injury after maze operation in patients with rheumatic mitral valve disease[J]. J Thorac Dis, 2022, 14(9):3408-3414.
- [12] Bakir NH, Khiabani AJ, MacGregor RM, et al. Concomitant surgical ablation for atrial fibrillation is associated with increased risk of acute kidney injury but improved late survival[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2022, 164(6):1847-1857.e3.
- [13] 陈莉明, 陈伟, 陈燕燕, 等. 成人围手术期血糖监测专家共识[J]. 中国糖尿病杂志, 2021, 29(2):81-85.
- [14] Moghissi ES, Korytkowski MT, DiNardo M, et al. American Association of Clinical Endocrinologists and American Diabetes Association consensus statement on inpatient glycemic control[J]. Endocr Pract, 2009, 15(4):353-369.
- [15] 桑文涛, 杨可慧, 李笑, 等. 造影剂肾病早期预防的研究进展[J]. 中华危重病急救医学, 2019, 31(9):1174-1178.
- [16] Stacul F, van der Molen AJ, Reimer P, et al. Contrast induced nephropathy: updated ESUR Contrast Media Safety Committee guidelines[J]. Eur Radiol, 2011, 21(12):2527-2541.
- [17] McCallum W, Testani JM. Updates in cardiorenal syndrome[J]. Med Clin North Am, 2023, 107(4):763-780.
- [18] 曾晓东, 雷黎明, 熊卫萍, 等. 输血与心脏移植术后急性肾损伤相关性研究[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2020, 27(4):426-430.
- [19] Rasmussen SR, Kandler K, Nielsen RV, et al. Association between transfusion of blood products and acute kidney injury following cardiac surgery[J]. Acta Anaesthesiol Scand, 2020, 64(10):1397-1404.
- [20] Parreiras VC, Rocha Ide S, Martins AS, et al. Influence of fresh frozen plasma as a trigger factor for kidney dysfunction in cardiovascular surgery[J]. Rev Bras Cir Cardiovasc, 2012, 27(3):405-410.
- [21] Kindzelski BA, Corcoran P, Siegenthaler MP, et al. Postoperative acute kidney injury following intraoperative blood product transfusions during cardiac surgery[J]. Perfusion, 2018, 33(1):62-70.
- [22] Okorie ON, Dellinger P. Lactate: biomarker and potential therapeutic target[J]. Crit Care Clin, 2011, 27(2):299-326.
- [23] Kogan A, Preisman S, Bar A, et al. The impact of hyperlactatemia on postoperative outcome after adult cardiac surgery[J]. J Anesth, 2012, 26(2):174-178.
- [24] Radovic M, Bojic S, Kotur-Stevuljevic J, et al. Serum lactate as reliable biomarker of acute kidney injury in low-risk cardiac surgery patients[J]. J Med Biochem, 2019, 38(2):118-125.

(收稿:2023-10-15 修回:2024-05-30)

(本文编辑:王群)