

机器人心脏外科术后急性肾功能损伤的危险因素分析*

吴文军¹ 丁任重¹ 陈建明¹ 袁焯¹ 宋毅¹ 严曼榕¹ 胡义杰¹

[摘要] 目的:分析机器人心脏外科手术的安全性及有效性,探讨术后急性肾功能损伤(CSA-AKI)的危险因素。方法:回顾性分析陆军军医大学大坪医院2016年7月—2022年6月147例机器人体外循环(CPB)下心脏外科手术患者的资料,统计其人口学资料及相关临床资料。按患者术后是否发生CSA-AKI,将其分为CSA-AKI组(37例)与非CSA-AKI组(109例),1例患者因术后早期死亡未纳入分组。对两组围术期危险因素进行单因素分析,再将筛选出的有意义的变量纳入多因素logistic回归分析。结果:147例机器人心脏外科术后发生CSA-AKI 37例,发生率为25.34%,1期CSA-AKI 28例(19.18%),2期CSA-AKI 6例(4.11%),3期CSA-AKI 3例(2.05%),肾功能衰竭透析1例(0.68%),院内死亡1例(0.68%)。CSA-AKI组与非CSA-AKI组年龄、性别、肥胖分级、高血压、吸烟、饮酒、NYHA分级、左房前后径(LAD)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、丙氨酸氨基转移酶(ALT)、手术时间、主动脉阻断时间、CPB时间及手术类型均差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)。多因素logistic回归分析提示,术前TG($OR = 1.756, 95\%CI: 1.058 \sim 2.914, P = 0.029$)与手术时间 ≥ 300 min($OR = 3.649, 95\%CI: 1.061 \sim 12.553, P = 0.04$)是机器人心脏外科术后CSA-AKI的独立危险因素。CSA-AKI组术后气管带管时间、监护室停留时间、术后住院时间明显延长,术后肺部感染、肝功能损伤及低蛋白血症发生率明显增加,术后大剂量输血事件明显增加(均 $P < 0.05$)。结论:术前TG、手术时间 ≥ 300 min是机器人心脏外科术后CSA-AKI的独立危险因素;CSA-AKI患者术后气管带管时间、监护室停留时间、术后住院时间明显延长,术后肺部感染、肝功能损伤、低蛋白血症发生率明显增加,术后大剂量输血事件显著增加。

[关键词] 机器人手术;心脏手术;体外循环;急性肾功能损伤;危险因素

DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2023.01.010

[中图分类号] R654.2 **[文献标志码]** A

Risk factors of acute kidney injury after robotic cardiac surgery

WU Wenjun DING Renzhong CHEN Jianming YUAN Ye SONG Yi
YAN Manrong HU Yijie

(Department of Cardiovascular Surgery, Daping Hospital of Army Medical University, Chongqing, 400042, China)

Corresponding author: HU Yijie, E-mail: cts_hu@163.com

Abstract Objective: To analyze the safety and efficacy of robotic cardiac surgery, and to explore the risk factors of postoperative acute kidney injury(CSA-AKI). **Methods:** The data of 147 patients who underwent cardiac surgery under robotic cardiopulmonary bypass(CPB) from July 2016 to June 2022 in Daping Hospital of Army Medical University were retrospectively analyzed, and their demographic data and related clinical data were statistically analyzed. The patients were divided into the CSA-AKI group($n = 37$) and the non-CSA-AKI group($n = 109$) according to whether CSA-AKI occurred after operation, and 1 patient died in the early postoperative period and was not included in the group. Univariate analysis was performed for perioperative risk factors in both groups, followed by multivariate logistic regression analysis for variables selected to be more significant. **Results:** Thirty-seven of 147 patients(25.34%) developed CSA-AKI after robotic cardiac surgery, 28(19.18%) had stage 1 CSA-AKI, 6(4.11%) had stage 2 CSA-AKI, 3(2.05%) had stage 3 CSA-AKI, 1(0.68%) had renal failure dialysis, and 1(0.68%) died in the hospital. There were significant differences in age, gender, obesity class, hypertension, smoking, alcohol consumption, NYHA class, left atrial anteroposterior diameter(LAD), triglyceride(TG), high-density lipoprotein cholesterol(HDL-C), alanine aminotransferase(ALT), operation time, aortic cross-clamp time, CPB time, and operation type in CSA-AKI group and non-CSA-AKI group(all $P < 0.05$). Multivariate logistic regression analysis suggested that preoperative TG($OR = 1.756, 95\%CI: 1.058 - 2.914, P = 0.029$) and operation time ≥ 300 min($OR = 3.649, 95\%CI: 1.061 - 12.553, P = 0.04$) were independent risk factors for CSA-AKI after robotic cardiac surgery. In the CSA-AKI group, the postoperative tracheal intubation time, inten-

*基金项目:重庆市科卫联合医学科研项目(No:2018ZDXM003)

¹陆军军医大学大坪医院心脏血管外科(重庆,400042)

通信作者:胡义杰,E-mail:cts_hu@163.com

sive care unit stay, and postoperative hospital stay were significantly prolonged, the incidence of postoperative pulmonary infection, liver function injury, and hypoproteinemia was significantly increased, and postoperative high-dose transfusion events were significantly increased (all $P < 0.05$). **Conclusion:** Preoperative TG and operation time ≥ 300 min were independent risk factors of CSA-AKI after robotic cardiac surgery. In patients with postoperative CSA-AKI, postoperative tracheal intubation time, intensive care unit stay, and postoperative hospital stay were significantly prolonged, the incidence of postoperative pulmonary infection, liver function injury, and hypoproteinemia are significantly increased, and postoperative high-dose blood transfusion events are significantly increased.

Key words robotic surgery; cardiac surgery; cardiopulmonary bypass; acute kidney injury; risk factors

随着外科微创技术的发展,机器人外科手术技术随之成熟,机器人心脏外科手术孕育而生,目前已被证明是安全有效的^[1-4]。心脏外科术中肾脏缺血再灌注损伤,导致术后急性肾功能损伤(CSA-AKI)发生率高,术后并发症增加。本中心以机器人微创心脏外科为特色,近年来手术例数位居国内前列,术后疗效显著,心脏外科的发展朝着微创方向探索。本研究总结 147 例机器人体外循环(CPB)下心脏外科手术围术期资料,分析术后 CSA-AKI 的危险因素,评估该技术的安全性及有效性,以期为术后 CSA-AKI 的预测、诊断与治疗提供理论依据。

1 对象与方法

1.1 对象

选取陆军军医大学大坪医院 2016 年 7 月—2022 年 6 月行机器人 CPB 下心脏外科手术患者 147 例。纳入标准:①年龄 ≥ 18 岁,性别、种族不限,无长期服用明显肾功能损害药物史,无基础肾脏疾病;②术前经血管评估检查判断适合手术,包括:胸腹部计算机断层扫描(CT)、经胸超声心动图(TTE)、经食管超声心动图(TEE)、下肢血管超声检查;③我科行机器人心脏外科手术,包括单纯或联合行二尖瓣置换术、二尖瓣成形术、主动脉瓣置换术、三尖瓣成形术、三尖瓣置换术、先天性心脏病矫正术、心脏肿物切除术;④患者电子病历信息完整,特别是围术期资料完整。排除标准:①年龄 < 18 岁,急诊手术,慢性肾脏病;②机器人非 CPB 心脏手术,如冠状动脉旁路移植术、心包囊肿切除术等;③严重冠状动脉疾病、主动脉钙化、胸腔组织粘连、大血管病变、髂股动脉疾病、严重心功能不全、呼吸功能不全、肝肾功能不全、凝血功能障碍患者;④既往有肾脏切除术、肾脏移植术或肾动脉狭窄病史;⑤没有完整的所需采集的临床资料。根据术后是否发生 CSA-AKI,将患者分为 CSA-AKI 组(37 例)和非 CSA-AKI 组(109 例),术后早期死亡 1 例未纳入分组。

本研究已通过中国人民解放军陆军特色医学中心伦理委员会审批[批准号:医研伦审(2022)第 265 号]。

1.2 方法

1.2.1 监测指标 采用我院电子病例系统、医嘱系统、手术麻醉系统收集患者信息,基本信息:住院号、性别、年龄、身高、体重、体重指数(BMI)、体表面积(BSA)、肥胖分级、高血压、糖尿病、吸烟、饮酒、NYHA 心功能分级、左室射血分数(LVEF)、左室缩短分数(LVFS)、心脏房内径、三尖瓣跨瓣压差、肺动脉压(SPAP);围术期资料:手术时间、CPB 时间、主动脉阻断时间、术中血液制品输入量、术后第 1 天引流量、术后气管带管时间、术后监护室停留时间、术后住院时间、术后并发症情况、心脏手术类型;实验室检验:术前及术后生化指标及血常规。根据临床需要,术后 CSA-AKI 诊断及分期标准为:24 h 内血清肌酐(SCr)上升 $\geq 6.4 \mu\text{mol/L}$,或较基础值(术前最近一次 SCr 值)增幅 $\geq 50\%$,或者尿量 $< 0.5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 持续 6 h^[5-6]。本研究术后患者尿量资料统计不全,故未采用尿量评估肾功能。连续肾脏替代疗法(CRRT)治疗适应证包括容量超负荷、严重代谢性酸中毒、代谢产物堆积、高钾血症以及低心排血量综合征等^[7]。

1.2.2 手术方法 全身麻醉、气管插双腔管成功后,经食管置入超声探头。患者取平卧位,右侧垫高 30°C ,右上臂外展,头低脚低。机器人内镜孔位于右侧胸壁第 4 肋间、腋前线 6 cm 处,避开乳腺组织,直径约 1 cm;工作孔位于右侧胸壁第 4 肋间、内镜孔下方 3 cm 处,直径约 2 cm;左右机械臂分别位于右侧胸壁第 2 肋间隙、腋前线 4 cm 处和第 6 肋间隙、腋前线 2 cm 处,直径约 1 cm;主动脉阻断孔于腋中线 3 肋间,直径约 0.5 cm。采用右侧颈内静脉、右下肢股动、静脉插管建立外周体外循环,主刀医师于控制台前完成手术操作,助手台上协助主刀医师操作。手术结束彻底止血,于右侧操作孔安置胸腔引流管 1 根。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 22.0 软件分析数据。正态分布计量资料以 $\bar{X} \pm S$ 表示,组间比较采用 t 检验。计数资料以例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。对单因素 $P < 0.01$ 的因素进行多因素分析,多因素分析采用 logistic 回归分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者预后及转归

术后 CSA-AKI 37 例(25.34%),其中 1 期 28 例(19.18%), 2 期 6 例(4.11%), 3 期 3 例(2.05%), 肾功能衰竭透析 1 例(0.68%)。术中转小切口手术 4 例,术中张力性气胸 1 例,术中肝脏出血 1 例,乳糜胸 1 例。术后早期大出血死亡 1

例,二尖瓣瓣周瘘 1 例,出血非计划二次开胸 3 例,脑梗死 1 例,心肌梗死 1 例,术后谵妄 5 例。

2.2 术前资料比较

非 CSA-AKI 组与 CSA-AKI 组患者术前年龄、性别、肥胖分级、高血压、吸烟、饮酒、NYHA 分级、LAD、TG、HDL-C、ALT 等均差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)。见表 1、2。

表 1 患者术前一般资料
Table 1 Preoperative general data

| 项目 | 非 CSA-AKI 组(109 例) | CSA-AKI 组(37 例) | χ^2/t | 例(%), $\bar{X} \pm S$ |
|---------------------------|--------------------|-----------------|------------|-----------------------|
| 年龄/岁 | 41.19±13.10 | 47.84±11.53 | 7.530 | 0.007 |
| 男性 | 34(31.19) | 21(56.76) | 8.005 | 0.005 |
| 身高/cm | 160.77±7.72 | 161.29±7.78 | 0.293 | 0.589 |
| 体重/kg | 57.30±11.13 | 61.35±11.89 | 3.529 | 0.062 |
| BMI/(kg·m ⁻²) | 22.12±3.60 | 23.42±3.77 | 3.510 | 0.063 |
| BSA/m ² | 1.59±0.17 | 1.62±0.18 | 2.936 | 0.089 |
| 肥胖分级 | | | 6.172 | 0.014 |
| 偏瘦 | 14(12.84) | 3(8.11) | | |
| 正常 | 66(60.55) | 15(40.54) | | |
| 超重及肥胖 | 29(26.61) | 19(51.35) | | |
| 糖尿病 | 1(0.09) | 2(5.41) | 2.779 | 0.098 |
| 高血压 | 10(9.17) | 8(21.62) | 4.014 | 0.047 |
| 吸烟 | 15(13.76) | 13(35.14) | 8.504 | 0.004 |
| 饮酒 | 12(11.01) | 15(40.54) | 17.701 | <0.001 |
| NYHA 分级 | | | 6.668 | 0.011 |
| I 级 | 2(1.83) | 0(0) | | |
| II 级 | 77(70.64) | 18(48.64) | | |
| III 级 | 30(27.53) | 19(48.66) | | |
| LVFS/% | 36.53±4.71 | 36.49±4.59 | 0.003 | 0.959 |
| LVEF/% | 66.28±6.51 | 66.38±5.21 | 0.006 | 0.937 |
| LAD/mm | 34.28±6.54 | 37.51±7.32 | 6.329 | 0.013 |
| LVDs/mm | 42.51±6.97 | 43.78±6.69 | 0.935 | 0.335 |
| RAD/mm | 37.88±7.91 | 36.95±6.72 | 0.414 | 0.521 |
| RVDs/mm | 28.11±8.84 | 26.72±6.41 | 1.358 | 0.246 |
| 三尖瓣跨瓣压差/mmHg | 26.26±12.38 | 29.24±11.22 | 1.682 | 0.197 |
| SPAP/mmHg | 35.34±15.49 | 37.32±13.17 | 0.487 | 0.486 |

注:LAD:左房前后径;LVDs:左室前后径;RAD:右房横径;RVDs:右室前后径。

2.3 手术资料比较

非 CSA-AKI 组与 CSA-AKI 组手术时间 ≥ 300 min、CPB 时间、主动脉阻断时间、术中红细胞悬液输入量 ≥ 800 mL、术中血浆输入量 ≥ 800 mL 及手术类型均差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)。见表 3。

2.4 术后资料比较

非 CSA-AKI 组与 CSA-AKI 组术后气管带管

时间、监护室停留时间、术后住院天数、术后大剂量输血、肺部感染、肝功能损伤及低蛋白血症差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)。见表 4。

2.5 CSA-AKI 危险因素的 logistic 回归分析

为防止混杂因素的干预,纳入上述单因素分析 $P < 0.01$ 的因素进行进一步的多因素 logistic 回归分析,结果显示, TG 与手术时间 ≥ 300 min 是 CSA-AKI 的独立危险因素。见表 5。

表 2 患者术前检验资料
Table 2 Preoperative examination data

| 项目 | 非 CSA-AKI 组(109 例) | CSA-AKI 组(37 例) | χ^2/t | P | $\bar{X} \pm S$ |
|-------------------------------------------|--------------------|-----------------|------------|-------|-----------------|
| TC/(mmol · L ⁻¹) | 3.92 ± 0.93 | 3.96 ± 1.09 | 0.031 | 0.861 | |
| TG/(mmol · L ⁻¹) | 1.15 ± 0.71 | 1.62 ± 1.13 | 9.002 | 0.003 | |
| LDL/(mmol · L ⁻¹) | 2.37 ± 0.64 | 2.45 ± 0.71 | 0.338 | 0.562 | |
| HDL/(mmol · L ⁻¹) | 1.27 ± 0.41 | 1.12 ± 0.33 | 4.336 | 0.039 | |
| ALT/(U · L ⁻¹) | 19.40 ± 11.71 | 24.62 ± 17.04 | 4.301 | 0.040 | |
| AST/(U · L ⁻¹) | 22.63 ± 7.78 | 23.41 ± 10.32 | 0.230 | 0.632 | |
| TBIL/(μmol · L ⁻¹) | 14.25 ± 7.23 | 13.76 ± 6.22 | 0.133 | 0.716 | |
| DBIL/(μmol · L ⁻¹) | 2.77 ± 1.71 | 2.91 ± 2.38 | 0.132 | 0.717 | |
| ALB/(g · L ⁻¹) | 41.44 ± 4.19 | 41.25 ± 3.82 | 0.062 | 0.804 | |
| PA/(mg · L ⁻¹) | 224.62 ± 42.93 | 232.66 ± 64.99 | 0.733 | 0.393 | |
| SCr/(μmol · L ⁻¹) | 60.82 ± 13.28 | 65.79 ± 17.11 | 3.329 | 0.070 | |
| GFR/% | 144.94 ± 34.87 | 142.79 ± 45.02 | 0.090 | 0.764 | |
| UA/(μmol · L ⁻¹) | 322.29 ± 92.65 | 340.92 ± 76.86 | 1.211 | 0.273 | |
| HGB/(g · L ⁻¹) | 136.67 ± 25.66 | 136.65 ± 16.47 | 0.000 | 0.996 | |
| PLT/(×10 ⁹ · L ⁻¹) | 226.47 ± 67.92 | 225.49 ± 56.53 | 0.096 | 0.757 | |
| RDW/% | 43.41 ± 4.16 | 43.64 ± 3.68 | 0.091 | 0.763 | |
| NE/(×10 ⁹ · L ⁻¹) | 3.34 ± 1.31 | 3.84 ± 1.43 | 3.849 | 0.052 | |
| LY/(×10 ⁹ · L ⁻¹) | 1.88 ± 0.68 | 1.81 ± 0.52 | 0.415 | 0.520 | |

注:TC:总胆固醇;TG:甘油三酯;LDL-C:低密度脂蛋白胆固醇;HDL-C:高密度脂蛋白胆固醇;ALT:丙氨酸氨基转移酶;AST:天门冬氨酸氨基转移酶;TBIL:总胆红素;DBIL:直接胆红素;ALB:白蛋白;PA:前白蛋白;GFR:肾小球滤过率;UA:尿酸;HGB:血红蛋白;PLT:血小板;RDW:红细胞宽度;NE:中性粒细胞计数;LY:淋巴细胞计数。

表 3 患者手术资料
Table 3 Operation data

| 项目 | 非 CSA-AKI 组(109 例) | CSA-AKI 组(37 例) | χ^2/t | P | 例(%), $\bar{X} \pm S$ |
|---------------------|--------------------|-----------------|------------|--------|-----------------------|
| 手术时间 ≥ 300 min | 48(44.04) | 29(78.38) | 14.983 | <0.001 | |
| CPB 时间/min | 123.49 ± 74.08 | 181.01 ± 89.36 | 14.948 | <0.001 | |
| 主动脉阻断时间/min | 69.58 ± 56.04 | 112.32 ± 70.28 | 14.058 | <0.001 | |
| 术中红细胞悬液输入量 ≥ 800 mL | 10(9.17) | 8(21.62) | 4.891 | 0.029 | |
| 术中血浆输入量 ≥ 800 mL | 4(3.67) | 4(10.81) | 3.983 | 0.048 | |
| 手术类型 | | | 9.168 | 0.003 | |
| 瓣膜置换或成形术 | 69(63.31) | 14(37.84) | | | |
| 先心病矫正术 | 14(12.84) | 5(13.51) | | | |
| 心脏良性肿瘤切除术 | 26(23.85) | 18(48.65) | | | |

表 4 患者术后资料
Table 4 Postoperative data

| 项目 | 非 CSA-AKI 组(109 例) | CSA-AKI 组(37 例) | χ^2/t | P 值 | 例(%), $\bar{X} \pm S$ |
|------------------|--------------------|-----------------|------------|--------|-----------------------|
| 术后第 1 天引流量/mL | 337.34 ± 313.91 | 398.11 ± 312.84 | 1.037 | 0.310 | |
| 气管带管时间/h | 12.33 ± 6.25 | 18.23 ± 8.89 | 19.597 | <0.001 | |
| 监护室停留时间/h | 53.22 ± 18.64 | 64.72 ± 25.93 | 8.516 | 0.004 | |
| 术后住院时间/d | 9.06 ± 3.24 | 11.35 ± 5.14 | 10.055 | 0.002 | |
| 术后大剂量输血 ≥ 800 mL | 10(9.17) | 11(29.73) | 9.997 | 0.002 | |
| 肺部感染 | 29(26.61) | 17(45.95) | 4.883 | 0.029 | |
| 心律失常 | 14(12.84) | 9(24.32) | 2.757 | 0.099 | |
| 肝功能损伤 | 14(12.84) | 10(27.03) | 4.104 | 0.045 | |
| 胆红素代谢异常 | 68(62.39) | 27(72.97) | 1.356 | 0.246 | |
| 低白蛋白血症 | 55(50.46) | 28(75.68) | 7.427 | 0.007 | |
| 低前白蛋白血症 | 17(15.59) | 9(24.32) | 1.432 | 0.233 | |

表5 CSA-AKI 危险因素的多因素 logistic 回归分析
Table 5 Risk factors of CSA-AKI analyzed by multivariate logistic regression analysis

| 危险因素 | β | SE | P | OR(95%CI) |
|------------------------|---------|-------|-------|---------------------|
| 年龄 | 0.034 | 0.020 | 0.090 | 1.034(0.995~1.076) |
| 男性 | -0.116 | 0.558 | 0.835 | 0.890(0.298~2.661) |
| 吸烟 | 0.287 | 0.765 | 0.707 | 1.333(0.298~5.970) |
| 饮酒 | 1.312 | 0.712 | 0.065 | 3.715(0.920~15.009) |
| TG | 0.563 | 0.258 | 0.029 | 1.756(1.058~2.914) |
| 手术时间 \geq 300 min | 1.295 | 0.630 | 0.040 | 3.649(1.061~12.553) |
| CPB 时间 | -0.007 | 0.009 | 0.406 | 0.993(0.976~1.010) |
| 主动脉阻断 时间 | 0.011 | 0.010 | 0.279 | 1.011(0.991~1.032) |
| 常量 | -5.566 | 1.700 | 0.001 | |

3 讨论

机器人心脏外科手术具有创伤小、操作精确等特点,患者术后恢复快、并发症少、监护室停留时间短、住院时间短,极大程度提高了医院工作效率、改善了患者预后和术后生活质量^[1-4]。机器人心脏外科手术目前已被证明是安全有效的,但同样存在缺点,如需要更长的手术时间,费用较常规手术明显升高,而且对于肥胖或胸廓较小的患者,由于缺乏足够的空间及视野,该系统可能无法使用^[8]。

机器人心脏手术由于操作过程复杂、操作空间局限等特点,会造成手术时间、CPB 时间、主动脉阻断时间等不同程度延长。欧洲一项大型回顾性研究(2563 例)分析 CPB 下心脏手术,其平均 CPB 时间(148.6 min vs 140.7 min)、主动脉阻断时间(88.7 min vs 80.8 min)、手术时间(223.4 min vs 351.9 min)、围手术期因出血非计划二次开胸(2.2% vs 2.72%)、脑卒中(0.6% vs 0.68%)、院内死亡(1.1% vs 0.68%)、术后住院时间中位数(6.6 d vs 9.4 d)与本研究比较均差异无统计学意义(均 $P > 0.05$)^[9]。本研究术中 CPB 时间、主动脉阻断时间、中转率、脑卒中率、院内死亡率、术后住院时间,与先前研究基本一致^[9-10]。本研究中 1 例死亡病例为拔出主动脉灌注针后出血,延长切口修补并压迫止血返回病房后,突发心搏骤停,经抢救无效后死亡。死亡原因考虑为 CPB 时间长、凝血功能紊乱、内环境紊乱,术后大出血最终导致恶性心律失常。

CSA-AKI 是心脏术后重要的并发症之一,目前各研究中心关于其发病率报道差异较大,这可能与各研究采用的关于 AKI 的诊断标准不同以及患者所接受的手术类型差异相关,本研究结果显示 CSA-AKI 发病率为 25.34%,为低水平,考虑本研究对象以简单先天性心脏病患者为主。CSA-AKI 与术后严重并发症发病率和病死率增加、监护室停

留时间延长、住院时间延长和医疗费用增加有关^[11-13]。机器人心脏手术因学习曲线长、术者相互配合需长期磨合等特点,导致手术时间、CPB 时间、主动脉阻断时间延长,最终术后并发症发生率增加。本研究表明 CSA-AKI 患者术后气管带管时间、监护室停留时间、术后住院时间明显延长,术后肺部感染、肝功能损伤、低蛋白血症发生率明显增加,术后大剂量输血事件明显增加,与既往研究结果保持一致。既往一项对 2004—2014 年 CSA-AKI 全球发病率和结果的荟萃分析表明,CSA-AKI 所有阶段的发病率约为 22%,合并的短期和长期病死率分别为 10.7% 和 30%,并随着 CSA-AKI 的严重程度而增加^[11]。即使是心脏术后血清肌酐的轻微增加也与 30 d 病死率的显著增加有关^[14]。严重的 CSA-AKI 引发的急性肾功能衰竭可能导致患者围术期死亡危险骤增,同时迫使患者不得不接受 CRRT 治疗。本研究中 1 例二尖瓣机械瓣置换患者术后乳酸持续升高、高钾、少尿行 CRRT 治疗。

心脏术后 CSA-AKI 与围术期多种因素有关。研究表明,高龄、男性、吸烟、糖尿病、LVEF $< 35\%$ 、术前肾功能不全、术前 Scr 水平、术前造影剂使用是术后发生 CSA-AKI 的独立危险因素^[15-17]。本研究多因素分析提示,术前 TG 水平是术后 CSA-AKI 的独立危险因素。既往研究表明,HDL-C 具有全身抗炎和抗氧化特性,较高的术前高水平 HDL-C 与心脏术后 CSA-AKI 降低相关,术前和围术期他汀类药物治疗增强了这种关联性。但是目前关于术前他汀类药物在预防 CSA-AKI 中的作用存在相互矛盾的说法,需要后续研究证实^[18]。本研究表明术前 TG 水平与机器人心脏术后 CSA-AKI 独立相关,是一项新的发现,术前 TG 水平升高是否与 HDL-C 水平降低是否存在关联性,对肾功能损伤机制是否存在差异,期待后续研究证实。心脏术后 CSA-AKI 与手术因素同样密切相关,既往研究表明,CPB 期间的 HBG 浓度、红细胞比积、CPB 时间是心脏术后 CSA-AKI 的独立危险因素^[19]。本研究表明手术时间 ≥ 300 min 是术后 CSA-AKI 的独立危险因素,未证实 CPB 期间对肾功能的影响,考虑本研究以简单心脏病为主,手术技术相对成熟,但由于机器人心脏手术流程复杂,造成手术时间明显延长,这部分患者术后可能出现 CSA-AKI。本研究提示术者对机器人心脏手术的熟练程度对术后 CSA-AKI 的发生至关重要。

综上,机器人心脏手术虽然存在价格昂贵、学习曲线漫长等特点,但其安全性和有效性已被证实,其实用性有待进一步发展。机器人心脏术后 CSA-AKI 以 1 期 AKI 为主,与围术期多种因素有关,本研究表明术前 TG 水平、手术时间 ≥ 300 min

是其独立危险因素。术后 CSA-AKI 导致术后气管带管时间、监护室停留时间、术后住院时间明显延长,术后肺部感染、肝功能损伤、低蛋白血症发生率明显增加,术后大剂量输血事件显著增加,因此科学有效的预防及治疗尤为重要。本研究是小样本单中心回顾性研究,缺乏术后随访数据,期待后续研究证实。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Girdeuskas E, Pausch J, Harmel E, et al. Minimally invasive mitral valve repair for functional mitral regurgitation[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2019, 55 (Suppl 1):i17-i25.
- [2] Darr C, Cheufou D, Weinreich G, et al. Robotic thoracic surgery results in shorter hospital stay and lower postoperative pain compared to open thoracotomy: a matched pairs analysis [J]. *Surg Endosc*, 2017, 31 (10):4126-4130.
- [3] Yanagawa F, Perez M, Bell T, et al. Critical Outcomes in Nonrobotic vs Robotic-Assisted Cardiac Surgery [J]. *JAMA Surg*, 2015, 150(8):771-777.
- [4] 许李力, 李平, 徐屹, 等. 机器人心脏外科手术早期随访的安全性及有效性研究[J]. *机器人外科学杂志(中英文)*, 2021, 2(6):421-430.
- [5] Mehta RL, Kellum JA, Shah SV, et al. Acute Kidney Injury Network: report of an initiative to improve outcomes in acute kidney injury[J]. *Crit Care*, 2007, 11 (2):R31.
- [6] Palomba H, de Castro I, Neto A L, et al. Acute kidney injury prediction following elective cardiac surgery: AKICS Score[J]. *Kidney Int*, 2007, 72(5):624-631.
- [7] Haines RW, Kirwan CJ, Prowle JR. Continuous renal replacement therapy: individualization of the prescription[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2018, 24(6):443-449.
- [8] Nifong LW, Chitwood WR, Pappas PS, et al. Robotic mitral valve surgery: a United States multicenter trial [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2005, 129(6):1395-1404.
- [9] Cerny S, Oosterlinck W, Onan B, et al. Robotic cardiac surgery in Europe: Status 2020 [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2021, 8:827515.
- [10] Gillinov AM, Mihaljevic T, Javadikasgari H, et al. Early results of robotically assisted mitral valve surgery: Analysis of the first 1000 cases [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2018, 155(1):82-91.
- [11] Hu J, Chen R, Liu S, et al. Global Incidence and Outcomes of Adult Patients With Acute Kidney Injury After Cardiac Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2016, 30 (1):82-89.
- [12] Vandenberghe W, Gevaert S, Kellum J A, et al. Acute Kidney Injury in Cardiorenal Syndrome Type 1 Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis [J]. *Cardiorenal Med*, 2016, 6(2):116-128.
- [13] Nadim MK, Forni LG, Bihorac A, et al. Cardiac and Vascular Surgery-Associated Acute Kidney Injury: The 20th International Consensus Conference of the ADQI (Acute Disease Quality Initiative) Group [J]. *J Am Heart Assoc*, 2018, 7(11):e008834.
- [14] Lassnigg A, Schmidlin D, Mouhieddine M, et al. Minimal changes of serum creatinine predict prognosis in patients after cardiothoracic surgery: a prospective cohort study [J]. *J Am Soc Nephrol*, 2004, 15(6):1597-1605.
- [15] Helgason D, Helgadóttir S, Ahlsson A, et al. Acute kidney injury after acute repair of type A aortic dissection [J]. *Ann Thorac Surg*, 2021, 111(4):1292-1298.
- [16] Fu HY, Chou NK, Chen YS, et al. Risk factor for acute kidney injury in patients with chronic kidney disease receiving valve surgery with cardiopulmonary bypass [J]. *Asian J Surg*, 2021, 44(1):229-234.
- [17] Reazaul KH, Yunus M, Dey S. A retrospective comparison of preoperative estimated glomerular filtration rate as a predictor of postoperative cardiac surgery associated acute kidney injury [J]. *Ann Card Anaesth*, 2020, 23(1):53-58.
- [18] Wang J, Gu C, Gao M, et al. Preoperative Statin Therapy and Renal Outcomes After Cardiac Surgery: A Meta-analysis and Meta-regression of 59,771 Patients [J]. *Can J Cardiol*, 2015, 31(8):1051-1060.
- [19] Wittlinger T, Maus M, Kutschka I, et al. Risk assessment of acute kidney injury following cardiopulmonary bypass [J]. *J Cardiothorac Surg*, 2021, 16(1):4.

(收稿日期:2022-08-17)