

· 论著 · 获得性心脏病 ·

# 急性 Stanford A 型主动脉夹层术后急性肾功能损伤的危险因素分析

生伟<sup>1</sup>, 栾天<sup>1</sup>, 池一凡<sup>1</sup>, 牛兆倬<sup>1</sup>, 孙龙<sup>1</sup>, 张文峰<sup>1</sup>, 吴建涛<sup>1</sup>, 杨海芹<sup>2</sup>

1. 青岛大学附属青岛市市立医院 心脏外科 (山东青岛 266071)

2. 青岛优抚医院 心理干预科 (山东青岛 266071)

**【摘要】** 目的 分析急性 Stanford A 型主动脉夹层术后急性肾功能损伤的危险因素。方法 回顾性分析青岛市市立医院 2010 年 9 月至 2017 年 9 月间 220 例 Stanford A 型主动脉夹层手术患者的资料。平均年龄 (52.3±8.7) 岁, 男 162 例 (73.6%), 女 58 例 (26.4%)。按患者术后是否发生急性肾功能损伤 (AKI) 分 2 组, 发生 AKI 者 40 例 (A 组), 其中男 29 例、女 11 例, 平均年龄 (54.6±9.2) 岁。未发生 AKI 者 180 例 (B 组), 男 133 例、女 47 例, 平均年龄 (48.5±7.9) 岁。对两组患者围术期多项指标进行单因素和多因素分析。结果 住院死亡 12 例 (5.5%), 发生 AKI 组患者死亡 7 例 (17.5%), 未发生 AKI 组患者死亡 5 例 (2.8%)。单因素分析显示, 两组患者年龄、术前血清肌酐值、术前白细胞水平、欧洲心血管手术危险因素评分、体外循环时间、深低温停循环 (DHCA) 时间、主动脉根部处理、主动脉弓置换、术中及术后 24 h 输注红细胞量、术后机械通气时间、ICU 滞留时间、住院时间、院内死亡率等方面差异有统计学意义。多因素分析显示, 术前血清肌酐值、术前白细胞水平、体外循环时间和术中及术后 24 h 输注红细胞量是术后 AKI 的独立危险因素。结论 术前血清肌酐值、术前白细胞水平、体外循环时间和术中及术后 24 h 输注红细胞量是急性 Stanford A 型主动脉夹层术后急性肾功能损伤的独立危险因素。临床上可以根据上述危险因素采取相应的预防措施, 保护肾脏功能, 减少围术期死亡率。

**【关键词】** 主动脉夹层; 肾功能损伤; 危险因素

## Predictive risk factors for acute kidney injury after surgery for acute aortic dissection Stanford type A

SHENG Wei<sup>1</sup>, LUAN Tian<sup>1</sup>, CHI Yifan<sup>1</sup>, NIU Zhaozhuo<sup>1</sup>, SUN Long<sup>1</sup>, ZHANG Wengfen<sup>1</sup>,  
Wu Jiantao<sup>1</sup>, YANG Jaiqin<sup>2</sup>

1. Department of Cardiovascular Surgery, Qingdao Municipal Hospital, Medical College of Qingdao University, Qingdao, 266071, Shandong, P.R.China

2. Department of Mental Intervention, Qingdao Preferential Hospital, Qingdao, 266071, Shandong, P.R.China

Corresponding author: YANG Jaiqin, Email: rose8118@126.com

**【Abstract】 Objective** To identify the predictors of postoperative acute kidney injury in patients undergoing surgery for acute aortic dissection type A. **Methods** A total of 220 patients who underwent surgery for acute aortic dissection type A in Qingdao Municipal Hospital from September 2010 to September 2017 were divided into two groups including a group A and a group B based on whether acute kidney injury occurred or not after surgery. There were 40 patients with 29 males and 11 females with the mean age of 54.6±9.2 years in the group A, 180 patients with 133 males and 47 females with the mean age of 48.5±7.9 years in the group B. Univariate and multivariate analysis (logistic regression) were used to identify the predictive risk factors. **Results** Overall in-hospital mortality was 5.5%. In univariate analyses, there was statistically significant differences with respect to the age, preoperative creatinine, preoperative white blood cell, the European system for cardiac operative risk evaluation (EuroSCORE), total cardiopulmonary bypass (CPB) time, deep hypothermic circulatory arrest (DHCA), arch replacement, red blood cell transfusion intraoperative and in 24 hours postoperatively, postoperative mechanical ventilation time, ICU stay duration, hospital stay duration and in-

DOI: 10.7507/1007-4848.201804042

基金项目: 青岛市卫计委课题 (2014-WJZD030)

通信作者: 杨海芹, Email: rose8118@126.com

hospital mortality. Multivariate logistic analysis showed that preoperative creatinine, preoperative white blood cell, CPB time, and red blood cell transfusion intraoperative and in 24 hours postoperatively were the independent predictors for postoperative acute kidney injury. **Conclusion** The incidence of acute kidney injury is high after surgery for acute aortic dissection type A. It can be predicted based on above factors, for patients with these risk factors, more perioperative care strategies are needed in order to induce the incidence of acute kidney injury.

**【Key words】** Acute aortic dissection; acute kidney injury; risk factors

急性主动脉夹层起病急,病情重,死亡率高,是心血管疾病的极危重症之一。随着基层医院诊断水平的提高,发病率呈逐年上升趋势。尤其是Stanford A型夹层,保守治疗死亡率极高,手术是最主要的治疗手段,随着心脏外科手术技术的提高,孙氏手术、去分支手术等常规术式在越来越多的基层医院开展,夹层的外科救治取得了显著成果,术后并发症及死亡率仍然较高<sup>[1]</sup>。同其他心脏手术相比,Stanford A型主动脉夹层患者术后急性肾功能损伤发生率仍较高,导致患者住院费用增加,消耗医疗资源。2010年9月至2017年9月,青岛市市立医院心脏外科对220例急性Stanford A型主动脉患者采用外科手术治疗,分析患者的临床资料。旨在探讨影响Stanford A型主动脉夹层术后急性肾功能损伤的危险因素,为减少术后严重并发症的发生、进一步提高夹层外科治疗效果提供帮助。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料和分组

本组共220例急性主动脉夹层患者,男162例、女58例,年龄21~79(52.3±8.7)岁。220例患者均经CT血管成像(CTA)确诊Stanford A型主动脉夹层。2005年急性肾损伤网络(acute kidney injury network, AKIN)修订的急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)诊断及分级标准是目前使用最广泛的诊断标准。AKIN将AKI定义为:48h内血清肌酐(SCr)上升 $\geq 26.4 \mu\text{mol/L}$ 或较基础值(术前最近一次SCr值)增幅 $\geq 50\%$ 和(或)尿量 $< 0.5 \text{ ml}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 达6h<sup>[2-3]</sup>。根据患者术后是否发生急性肾功能损伤分为两组。A组40例,术后发生AKI。B组180例,术后未发生AKI。两组患者术前的临床资料见表1。

### 1.2 方法

**1.2.1 手术方法** 所有手术均在全身麻醉和体外循环下进行。手术采用胸部正中切口,常规股动脉或右侧腋动脉及右心房插管建立体外循环,近无名动脉起始部阻断循环,切开主动脉,经左、右冠状动脉开口灌注冷含血心脏停搏液行心肌保护。其中

深低温停循环手术150例。中低温体外循环手术70例。其中升主动脉置换/Bentall手术+全弓置换+象鼻手术71例,升主动脉置换/升主动脉+主动脉弓置换91例,单纯Bentall手术38例,David 8例,去分支杂交手术3例,升主动脉成形4例,升主动脉置换/Bentall手术+降主动脉支架置入术5例,同期行冠状动脉旁路移植术23例。

**1.2.2 监测指标** 对220例患者术前一般资料及术中术后可能会影响肾功能的因素进行分析。术前指标包括性别、年龄、体重指数、高血压、糖尿病、术前肌酐值、术前白细胞(WBC)水平、脑血管病(CVD)史、慢性阻塞性肺疾病(COPD),心功能(NYHA)分级Ⅲ~Ⅳ级、欧洲心血管手术危险因素评分、左室射血分数(LVEF)、急诊手术。术中指标包括是否同期行冠状动脉旁路移植术、主动脉根部处理、主动脉弓置换手术、体外循环时间、主动脉阻断时间、DHCA、DHCA时间、最低直肠温度、术中和术后24h红细胞输注量、正性肌力药物。术后指标包括术后并发症(脑卒中、再次气管插管、再次开胸止血)、机械通气时间、ICU滞留时间、住院时间以及院内死亡率。

重要变量定义:急诊手术定义为入院24h内接受手术治疗。正性肌力药物:术中应用多巴胺、多巴酚丁胺、肾上腺素、去甲肾上腺素、异丙肾上腺素等微量泵注射大于30min。体重指数依据公式计算为:体重(kg)/身高(m<sup>2</sup>)。术后脑卒中:经过神经科医师评估、并进行影像学检查确定诊断的持续性脑功能障碍。

### 1.3 统计学分析

采用SPSS 16.0统计软件进行统计处理。正态分布的计量资料以均数±标准差( $\bar{X} \pm s$ )表示,组间比较采用t检验;计数资料比较用 $\chi^2$ 检验。筛选可能的危险因素,再以所有可能的危险因素作为自变量,进行多因素logistic回归分析,计算优势比及95%CI,分析术后AKI的独立危险因素。之后采用受试者工作特征(ROC)曲线来评价分析结果的分辨率。采用Hosmer-Lemeshow拟合优度检验(Goodness-of-Fit Testing)评价分析结果的校准

度。P<0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

220 例患者中, 40 例 (18.2%) 术后出现急性肾功能损伤, 其中有 15 例接受 CRRT 治疗。术后住院时间为 (28.5±11.9) d。院内死亡 7 例 (17.5%)。180 例 (81.8%) 术后未出现急性肾功能衰竭。住院时间为 (20.6±9.7) d。院内死亡 5 例 (2.8%)。全组总病死率为 5.5% (12/220)。死因为多器官功能衰竭 8 例, 脑出血 1 例, 严重感染性休克 1 例, 心力衰竭 2 例。

### 2.1 术前资料的比较

单因素分析显示, 两组患者性别比例、体重指数、高血压、糖尿病、脑血管病 (CVD) 史、COPD、心功能 (NYHA 分级) III ~ IV 级、术前 LVEF 方面、急诊手术差异无统计学意义。年龄、术前肌酐水平、术前白细胞水平、欧洲心血管手术危险因素评分方面差异有统计学意义; 见表 1。

### 2.2 术中、术后资料比较

两组患者体外循环时间、DHCA 时间、主动脉弓置换手术、术中及术后 24 h 红细胞悬液输注量方面差异有统计学意义。术后转归显示机械通气时间、ICU 滞留时间、住院时间以及院内死亡率差异

表 1 急性 Stanford A 型主动脉夹层患者术前临床资料比较 [例 (%) / ( $\bar{x} \pm s$ ) ]

临床资料	A 组 (n=40)	B 组 (n=180)	t 值/ $\chi^2$ 值	P 值
年龄 (岁)	54.6±9.2	48.5±7.9	2.879	0.004
性别			0.033	0.857
男	29 (72.5)	133 (73.9)		
女	11 (27.5)	47 (26.1)		
体重指数 (kg/m <sup>2</sup> )	26.2±4.1	25.3±3.7	1.364	0.174
慢性阻塞性肺疾病史	3 (7.5)	9 (5.0)	0.397	0.529
高血压病史	27 (67.5)	129 (71.7)	0.275	0.600
脑血管疾病史	2 (5.0)	8 (4.4)	0.023	0.879
糖尿病史	3 (7.5)	12 (6.7)	0.036	0.850
心功能分级 (NYHA III ~ IV 级)	9 (22.5)	35 (19.4)	0.191	0.662
欧洲心血管手术危险因素评分	8.3±2.5	7.2±2.1	2.891	0.004
术前肌酐值 (μmol/L)	110.4±23.5	82.1±20.5	7.685	0.000
术前白细胞水平 (×10 <sup>9</sup> )	14.8±3.5	11.5±2.8	6.427	0.000
左室射血分数 (%)	55.3±7.5	56.8±8.1	1.073	0.284
急诊手术	34 (85.0)	145 (80.6)	0.426	0.514

有统计学意义; 见表 2、表 3。

### 2.3 多因素分析

将上述资料单因素分析结果中有显著性差异的指标作为自变量引入多因素非条件 logistic 回归分析模型, 以术后是否发生 AKI 作为因变量, 采用 Enter 法进行回归分析。分析显示: 术前肌酐值、术前白细胞水平、体外循环时间和术中及术后 24 h 输注红细胞悬液量是急性主动脉夹层术后 AKI 的独立危险因素, 见表 4。

### 2.4 对分析结果的分辨度和校准度进行检验

采用受试者工作特征 (ROC) 曲线来评价分析结果的分辨度。概率预报模型的建立: 根据上述 logistic 回归分析结果 (表 3) 得出术后 AKI 的概率预报模型, 在 SPSS 工作表中产生 1 个个体预测值

表 2 急性 Stanford A 型主动脉夹层患者术中及术后资料单因素分析 [例/例 (%) /  $\bar{x} \pm s$  ]

指标	A 组 (n=40)	B 组 (n=180)	t 值/ $\chi^2$ 值	P 值
同期冠状动脉旁路移植	6 (15.0)	17 (9.4)	1.079	0.299
主动脉根部处理			3.479	>0.05
主动脉根部置换	11	78		
主动脉瓣成形	2	6		
升主动脉置换	26	93		
升主动脉成形	1	3		
主动脉弓置换手术	31 (77.5)	107 (59.4)	4.563	0.033
体外循环时间 (min)	195.6±45.7	160.5±41.2	4.776	0.000
主动脉阻断时间 (min)	102.2±25.3	95.5±24.6	1.550	0.123
深低温停循环	31 (77.5)	119 (66.1)	1.957	0.162
深低温停循环时间 (min)	42.5±7.9	38.9±7.1	2.841	0.005
最低直肠温度 (°C)	23.2±1.5	23.5±1.7	1.030	0.304
术中及术后 24 h 输红细胞悬液 (U)	9.6±3.2	7.5±2.9	4.064	0.000
正性肌力药物	27 (67.5)	101 (56.1)	1.745	0.187

表 3 急性 Stanford A 型主动脉夹层患者术后转归结果比较

指标	A 组 (n=40)	B 组 (n=180)	t 值/ $\chi^2$ 值	P 值
脑卒中	3 (7.5)	7 (3.9)	0.984	0.321
再次气管插管	4 (10.0)	9 (5.0)	1.472	0.225
再次开胸止血	3 (7.5)	12 (6.7)	0.036	0.850
机械通气时间 (h)	95.7±19.6	42.5±9.2	25.887	0.000
ICU 滞留时间 (h)	115.4±18.5	49.5±14.6	24.527	0.000
术后住院时间 (d)	28.5±11.9	20.6±9.7	4.462	0.000
院内死亡率 (%)	7 (17.5)	5 (2.8)	13.755	0.000

表 4 急性 Stanford A 型主动脉夹层患者术后急性肾功能衰竭多因素分析结果

变量	偏回归系数	标准误	Wald $\chi^2$ 值	OR 值	95% 可信区间	P 值
年龄	0.038	0.026	2.177	1.039	0.988 ~ 1.092	0.140
术前肌酐水平	1.156	0.485	5.688	3.177	1.229 ~ 8.215	0.017
术前白细胞水平	0.621	0.379	8.790	1.860	1.234 ~ 2.805	0.003
欧洲心血管手术危险因素评分	0.188	0.571	0.246	0.829	0.394 ~ 1.742	0.620
体外循环时间	0.068	0.017	15.230	1.070	1.034 ~ 1.107	0.000
DHCA 时间	0.862	0.535	2.592	2.367	0.829 ~ 6.759	0.107
主动脉弓手术	0.529	0.580	0.830	1.696	0.544 ~ 5.289	0.362
术中及术后 24h 输血量	0.898	0.203	19.477	2.455	1.647 ~ 3.657	0.000
常量	-38.349	7.737	24.566	0.000		0.000

表 5 各检验变量的曲线下面积、标准误、P 值和 95% 可信区间

检验变量	曲线下面积	标准误	P 值	95% 可信区间
术前肌酐水平	0.712	0.038	0.000	0.637 ~ 0.788
术前白细胞水平	0.651	0.050	0.000	0.553 ~ 0.748
体外循环时间	0.853	0.032	0.000	0.821 ~ 0.942
术中及术后 24 h 输血量	0.826	0.031	0.000	0.769 ~ 0.905
新变量 Pre	0.937	0.019	0.000	0.900 ~ 0.975

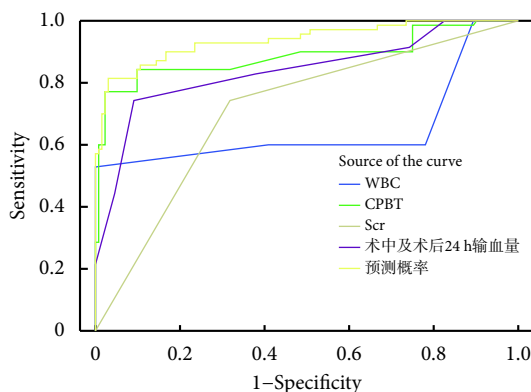


图 1 该组患者各变量曲线下面积

的新变量 Pre, 分别以新变量 Pre、术前肌酐水平、术前白细胞水平、体外循环时间和术中及术后 24 h 输注红细胞悬液量为检验变量, 以 AKI 是否发生为状态变量, 作 ROC 曲线分析, 得出各检验变量的曲线下面积 (AUC) 见表 5, 可以看出新变量的 AUC 高于其他所有检验变量的 AUC。曲线下面积为 0.937,  $P=0.000$ , 95% 可信区间为 0.900 ~ 0.975, 见图 1, 说明结果的分辨能力良好。采用 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验 (Goodness-of-Fit Testing) 来评价分析结果的校准度。这些指标用于预测术后 AKI 发生的校准度良好 ( $\chi^2=13.120$ ,  $P=0.108$ )。

### 3 讨论

急性主动脉夹层起病急骤, 预后凶险, 病变往往较为广泛, 手术复杂, 手术风险亦较大。近年来, 随着心脏外科技术水平的提高, 夹层术后近期的死亡率有了明显下降。但急性肾功能衰竭发生率仍较高, 增加围术期死亡率, 降低了夹层外科治疗效果。因此, 分析急性主动脉夹层术后急性肾功能衰竭的危险因素对于减少术后肾损伤的发生、缩短 ICU 住院时间及总住院时间具有十分重要的临床意义。

目前有部分报道显示夹层术后肾功能衰竭的危险因素有年龄、术前左心功能不全、体外循环时间、深低温停循环、术前肾功能不全、输血量等<sup>[4-6]</sup>, 但目前仍无定论。本研究分析我院近年来急性主动脉夹层手术病人病例, 分析临床资料, 进一步分析术后肾功能损伤的危险因素, 以期对术后肾损伤的发生提供临床指导意义。

本研究证实术前肌酐水平升高、术前白细胞水平升高、体外循环时间、和术中及术后 24 h 输注红细胞悬液量是导致急性 Stanford A 型主动脉夹层术后急性肾功能损伤的独立危险因素。

本研究结果显示, 术前肌酐水平升高是术后发生 AKI 的独立危险因素。Stanford A 型急性主动脉夹层患者, 术前多数会出现夹层撕裂累及肾动脉, 肾脏缺血, 导致术前肾功能损伤的发生, 再加上术中 DHCA、全身炎症反应、缺血再灌注损伤等打击, 术后肾功能可急剧恶化<sup>[7]</sup>。因此, 对此类患者术中要重视肾脏保护, 更要警惕术后肾功能的恶化, 围术期应保证足够的肾脏灌注。术后一旦出现肾功能不全加重, 尽早行透析治疗。大部分夹层患者术前长期伴有高血压, 已经出现了肾脏靶器官损



害,但是常规的肾功能检查早期并不能反映肾功能损伤,经过手术打击,也会出现肾功能的恶化甚至肾衰,因此,此类患者围术期的肾功能保护也不容忽视。

许多研究表明,体外循环时间延长是心脏手术后呼吸机辅助时间延长、肾功能衰竭、ICU 时间延长甚至死亡的危险因素<sup>[8-9]</sup>。本研究中也证实了体外循环时间是急性 Stanford A 型主动脉夹层术后急性肾功能损伤的一个独立危险因素。体外循环过程中血液成分的破坏、各个组织器官的缺血再灌注损伤以及手术本身引起的创伤以及体外循环过程中内毒素血症的发生等都可以导致全身炎症反应综合征(SIRS)的发生<sup>[10-11]</sup>,体外循环过程引起诸多细胞因子的激活<sup>[12-13]</sup>。这些因子在被释放后会导致血管内内皮的损伤,从而在再灌注发生时会引起器官组织的损伤,导致肾脏滤过系统的损伤。体外循环较长时间肾脏为平流低灌注,肾血流下降,导致细胞壁受损,细胞水肿逐渐发展至细胞死亡,引起肾功能异常;体外循环过程中破坏的红细胞,小的血栓、气栓和脂肪栓等都会导致肾组织损伤<sup>[14-15]</sup>。体外循环时间与疾病的复杂程度及手术者的手术技巧及熟练程度有一定关系,应尽量缩短体外循环时间,减少体外循环时间延长带来的多器官功能的损害,减少夹层术后 AKI 的发生。

本研究显示术前 WBC 水平是急性 Stanford A 型主动脉夹层术后急性肾功能衰竭的一个独立危险因素。急性主动脉夹层发生后,主动脉血管壁中层组织大量细胞外基质广泛暴露于血液中,导致中性粒细胞和单核/巨噬细胞大量聚集并被激活,大量炎症因子释放入血<sup>[16-17]</sup>,从而发生 SIRS。有研究发现主动脉夹层术前发生 SIRS 的比例高达 29.80%<sup>[18]</sup>。WBC 水平是全身炎症反应的指标,是重要的炎症标记物,与炎症反应密切相关,能间接反映急性主动脉夹层的严重状况和肾损伤及术后的多种并发症都具有相关性<sup>[19]</sup>。炎症反应在急性主动脉夹层围术期肾功能损伤的发生发展过程中起了重要作用。

心血管外科手术的异体输血率居所有外科手术之首。但是输血同样也带来的一定的并发症。可以引起各种急慢性输血反应,输血相关性急性肺损伤(TRALI),免疫抑制等<sup>[20]</sup>。短时间内大量输注库存血,库血中红细胞碎片以及微栓等,本身可以阻塞肾小管,引起肾功能损伤。输注库血还可引起溶血反应,临床可出现血红蛋白尿,血红蛋白阻塞肾小管,使肾小球滤过率降低引起肾功能损害。浓

缩红细胞中,随着储存时间的延长,输氧能力、血管调节作用逐渐减弱,最终产生细胞毒作用、血管收缩和氧化应激,这些因素可能导致或加重了急性肾损伤,并且其影响程度与输血量呈正相关<sup>[21]</sup>。本组的研究结果显示,术后 24 h 内输红细胞悬液量是主动脉夹层患者术后 AKI 发生的独立危险因素。采用血液保护措施,减少输血可降低并发症的发生率<sup>[22]</sup>。因此,应加强围术期血液保护,避免血液过度稀释,提倡自体血液回收和回输技术,外科医生加强止血技术,尽最大努力减少术中和术后失血,及时诊断凝血紊乱,严格把握输血指征,合理输血,防止术后 AKI 的发生。

主动脉夹层手术手术时间长,术式复杂。应进一步提高手术技术,选择合适的手术方式和手术技巧,应用对血液有形成分损伤小的体外循环材料、减少术中炎症反应措施的应用,如白细胞滤过<sup>[23]</sup>,减少出血,术中应尽量缩短手术时间和体外循环时间,严格把握输血指征,尽量减少肾脏并发症的发生。对于术后出现 AKI 的患者,应及早采取措施,可尽早行连续性肾脏替代治疗。

#### 参考文献

- 1 生伟,池一凡,牛兆倬,等.急性 Stanford A 型主动脉夹层术后 ICU 监护时间延长的危险因素分析.中国胸心血管外科临床杂志,2016,23(5):434-439.
- 2 Mehta RL, Kellum JA, Shah SV, *et al.* Acute Kidney Injury Network: report of an initiative to improve outcomes in acute kidney injury. *Crit Care*, 2007, 11: R31.
- 3 Palomba H, de Castro I, Neto AL *et al.* Acute kidney injury prediction following elective cardiac surgery: AKICS Score. *Kidney Int*, 2007, 72: 624-631.
- 4 潘旭东,赵宏磊,白涛,等.超重急性 A 型主动脉夹层患者孙氏术后急性肾损伤的危险因素分析.中华胸心血管外科杂志,2017,33(5):295-299.
- 5 尚蔚,马敏,葛翼鹏,等.急性主动脉夹层术后急性肾衰竭 5 年生存率分析.中华胸心血管外科杂志,2017,33(5):300-303.
- 6 敬毅,刘建平,夏洪韬,等.Stanford A 型主动脉夹层术后急性肾功能衰竭的救治分析.中国医药指南,2015,13(20):14-15.
- 7 Wang X, Ren HM, Hu CY, *et al.* Predictors and in-hospital outcomes of preoperative acute kidney injury in patients with type A acute aortic dissection. *J Geriatr Cardiol*, 2016, 13(8): 679-684.
- 8 Tribuddharat S, Sathitkarnmanee T, Ngamsaengsirirup K, *et al.* Validation of open-heart intraoperative risk score to predict a prolonged intensive care unit stay for adult patients undergoing cardiac surgery with cardiopulmonary bypass. *Ther Clin Risk Manag*, 2018, 14: 53-57.
- 9 Moreira R, Jacinto T, Neves P, *et al.* Predictors of Acute Kidney Injury in the Postoperative Period of Cardiac Surgery Associated with Cardiopulmonary Bypass. *Rev Port Cir Cardiorac Vasc*, 2017, 24(3-4): 154.
- 10 Caputo M, Mokhtari A, Miceli A, *et al.* Controlled reoxygenation

- during cardiopulmonary bypass decreases markers of organ damage, inflammation, and oxidative stress in single-ventricle patients undergoing pediatric heart surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 148(3): 792-801.
- 11 Korotcova L, Kumar S, Agematsu K, *et al*. Prolonged White Matter Inflammation After Cardiopulmonary Bypass and Circulatory Arrest in a Juvenile Porcine Model. *Ann Thorac Surg*, 2015, 100(3): 1030-1037.
- 12 Floh AA, Nakada M, La Rotta G, *et al*. Systemic inflammation increases energy expenditure following pediatric cardiopulmonary bypass. *Pediatr Crit Care Med*, 2015, 16(4): 343-351.
- 13 Floh AA, Manliot C, Redington AN, *et al*. Insulin resistance and inflammation are a cause of hyperglycemia after pediatric cardiopulmonary bypass surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 150(3): 498-504.
- 14 杨艳丽, 马骏. 老年患者体外循环心脏手术后急性肾功能损伤及预后危险因素. *中国医药*, 2017, 12(8): 1205-1208.
- 15 文质斌, 崔晓光. 体外循环相关急性肾损伤的研究进展. *现代医学*, 2016, 44(1): 147-150.
- 16 Del Porto F, di Gioia C, Tritapepe L, *et al*. The multitasking role of macrophages in Stanford type A acute aortic dissection. *Cardiology*, 2014, 127(2): 123-129.
- 17 Anzai A, Shimoda M, Endo J, *et al*. Adventitial cxcl 1/g-csf expression in response to acute aortic dissection triggers local neutrophil recruitment and activation leading to aortic rupture. *Circ Res*, 2015, 116(4): 612-623.
- 18 庞秀慧, 何亮, 社宇奎, 等. Stanford B 型主动脉夹层术前发生全身炎症反应综合征的多因素 Logistic 回归分析. *国际外科学杂志*, 2016, 43(6): 375-378.
- 19 Takahashi T, Hasegawa T, Hirata N, *et al*. Impact of acute kidney injury on in-hospital outcomes in patients with DeBakey type III acute aortic dissection. *Am Cardiol*, 2014, 113(11): 1904-1910.
- 20 廖刃, 刘进. 围手术期血液管理: 由限制性输血走向个体化输血. *中华医学杂志*, 2014, 94(7): 481-482.
- 21 戴萍, 车辑, 张卫梅, 等. 心脏瓣膜置换术患者应用改良贮存式自体输血和异体输血的效果比较. *临床输血与检验*, 2014, 16(2): 142-145.
- 22 Moskowitz DM, McCullough JN, Shander A, *et al*. The impact of blood conservation on outcomes in cardiac surgery: is it safe and effective? *Ann Thorac Surg*, 2010, 90: 451-458.
- 23 黄初生, 周慧, 覃家锦, 等. 白细胞滤过在体外循环中应用的 Meta 分析. *医学信息*, 2014, (13): 152-154.

收稿日期: 2018-04-14 修回日期: 2018-04-29

本文编辑: 刘雪梅