

· 重症医学 ·

嗜铬细胞瘤患者术后急性肾功能损伤的危险因素分析

孔昊 李楠 黄达

【摘要】 目的 探究嗜铬细胞瘤患者术后急性肾功能损伤(AKI)的独立危险因素。**方法** 收集 2005 年 1 月至 2017 年 10 月行嗜铬细胞瘤手术患者的人口学信息、术前症状、合并症、实验室检查、肿瘤的位置和直径、手术时间、血管活性药物的使用情况、出入量、血流动力学指标等。采用 Logistic 回归模型分析嗜铬细胞瘤患者术后 AKI 的独立危险因素。**结果** 共纳入 308 例患者,其中 42 例(13.6%)患者术后出现 AKI。在单因素 Logistic 回归分析中,男性、糖尿病史、术前白蛋白<40 g/L、术前肌酐>95 $\mu\text{mol/L}$ 、肿瘤直径>10 cm、手术时间>120 min、术中使用血管收缩药、术中人工胶体液输注 $\geq 2\,000$ ml、输注异体血、出血量 $\geq 1\,000$ ml 和 SBP<70%基础值累计时间>10 min 与嗜铬细胞瘤患者术后 AKI 相关;多因素 Logistic 回归分析显示,男性、白蛋白<40 g/L、术中出血量 $\geq 1\,000$ ml 和 SBP<70%基础值累计时间>10 min 是嗜铬细胞瘤术后 AKI 的独立危险因素。**结论** 男性、白蛋白<40 g/L、术中出血量 $\geq 1\,000$ ml 和 SBP<70%基础值累计时间>10 min 是嗜铬细胞瘤患者术后 AKI 的独立危险因素。

【关键词】 嗜铬细胞瘤;急性肾功能损伤;危险因素

Analysis of risk factors for postoperative acute kidney injury in patients with pheochromocytoma

KONG Hao, LI Nan, HUANG Da. Departments of Anesthesiology and Critical Care Medicine, Peking University First Hospital, Beijing 100034, China

Corresponding author: KONG Hao, Email: konghao2438@126.com

【Abstract】 Objective To investigate the independent risk factors of postoperative acute kidney injury(AKI) in patients with pheochromocytoma. **Methods** A retrospective analysis of patients who underwent surgery for pheochromocytoma from January 2005 to October 2017. Data were collected retrospectively comprised of demographic characteristics, symptoms, comorbidities, laboratory test results, location and diameter of the tumor, duration of surgery, use of vasoactive drugs, fluid infusion, hemodynamic parameters, etc. The logistic regression model was adopted to analyze the independent risk factors of postoperative AKI in patients with pheochromocytoma. **Results** A total of 308 patients were enrolled, of whom 42 (13.6%) had AKI after surgery. Univariate logistic regression analysis showed male, diabetes mellitus, preoperative albumin < 40 g/L, preoperative creatinine > 95 $\mu\text{mol/L}$, tumor diameter>10 cm, duration of surgery > 120 min, intraoperative use of vasoconstrictors, intraoperative artificial colloidal solution infusion $\geq 2\,000$ ml, infusion of allogeneic blood, bleeding volume $\geq 1\,000$ ml and cumulative time of SBP <70% baseline >10 min were associated with postoperative AKI. Multivariate logistic regression analysis showed that male, preoperative albumin<40 g/L, bleeding volume $\geq 1\,000$ ml and cumulative time of SBP <70% baseline >10 min were independent risk factors for postoperative AKI. **Conclusion** Male, preoperative albumin < 40 g/L, bleeding volume $\geq 1\,000$ ml and cumulative time of SBP < 70% baseline >10 min are independent risk factors for postoperative AKI in patients with pheochromocytoma.

【Key words】 Pheochromocytoma; Acute kidney injury; Risk factor

急性肾功能损伤(acute kidney injury, AKI)是术后常见并发症。在择期非心脏手术的患者中,术后 AKI 的发生率为 6% 左右^[1]。AKI 的发生伴随患者并发症增加、死亡率升高、住院时间延长和医疗费用增加^[2]。嗜铬细胞瘤是起源于肾上腺皮质或

副神经节并分泌儿茶酚胺的罕见的神经内分泌肿瘤。由于嗜铬细胞瘤切除术中会伴随剧烈的血流动力学变化,可能会增加术后 AKI 的发生。本研究通过回顾分析嗜铬细胞瘤患者的围术期资料,探讨术后发生 AKI 的危险因素。

DOI:10.12089/jca.2020.05.011

作者单位:100034 北京大学第一医院麻醉与重症医学科

通信作者:孔昊,Email: konghao2438@126.com

资料与方法

一般资料 本研究为回顾性队列研究。选择

2005 年 1 月至 2017 年 10 月行嗜铬细胞瘤手术的患者, 年龄 ≥ 18 岁, 服用 α 受体阻断药进行术前准备, 术后病理确诊为嗜铬细胞瘤。排除标准: 经尿道手术; 围术期资料不全。

术前准备和术中管理 门诊确认或怀疑嗜铬细胞瘤的患者, 给予 α 受体阻断药进行术前准备, 目标 BP $< 140/90$ mmHg。加用 α 受体阻断药后, 如果患者 HR > 90 次/分, 加用 β 受体阻断药, 待患者 BP、HR 稳定后行手术治疗。术前鼓励患者多饮水。

患者入手术室后, 开放大管径的外周静脉通路, 进行桡动脉置管持续监测血压。麻醉诱导后进行气管插管和中心静脉置管。其他术中监测包括 ECG、 SaO_2 、 $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 、鼻咽温度和尿量。麻醉科医师根据临床常规进行术中补液, 根据患者循环情况决定使用血管活性药物的时机。在手术结束时, 麻醉科医师根据患者的状态和血流动力学状况转入麻醉恢复室或重症监护室。

资料提取 通过历史病案系统收集与术后 AKI 相关的危险因素, 包括人口学特征(年龄、性别、身高和体重), 术前资料(临床诊断、症状、合并症、实验室检查、肿瘤的位置和直径), 术中资料(手术时间、血管活性药物的使用剂量、出入量、血流动力学指标), 术后资料(是否入住 ICU、升压药物使用持续时间、并发症和术后住院时间)。

诊断标准 本研究采用 2012 年 KDIGO-AKI 标准^[3] 诊断术后 AKI, 即: 术后 48 h 肌酐升高 ≥ 0.3 mg/dl, 或术后 7 d 内升高 ≥ 1.5 倍基线肌酐水平(术前 2 周内的肌酐值), 或尿量 $< 0.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 持续 ≥ 6 h。

统计分析 采用 SPSS 22.0 软件进行统计分析。正态分布计量资料以均值 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 组间比较采用独立样本 t 检验; 非正态分布计量资料以中位数 (M) 和四分位数间距 (IQR) 表示, 组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以例 (%) 表示, 采用 χ^2 检验或 Fisher 精确检验。

使用单因素 Logistic 回归模型筛选可能与术后 AKI 有关的危险因素 ($P < 0.10$)。使用方差膨胀因子 (variance inflation factor, VIF) > 10 来确定相关变量之间是否存在多重共线性。如果参数之间存在多重共线性, 则根据 P 值大小和临床意义, 仅保留一个变量进行分析。最后采用多因素 Logistic 回归模型筛选出术后 AKI 的独立危险因素, 并对该模型进行 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验和 C-statistic 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

本研究最终纳入 308 例患者, 术后有 42 例 (13.6%) 患者发生 AKI, 其中 AKI-I 级 38 例 (12.3%), AKI-II 级和 AKI-III 级各 2 例 (0.6%) (表 1)。

在单因素分析中, 男性、糖尿病史、术前白蛋白 $< 40 \text{ g/L}$ 、术前肌酐 $> 95 \text{ } \mu\text{mol/L}$ 、肿瘤直径 $> 10 \text{ cm}$ 、手术时间 $> 120 \text{ min}$ 、术中使用血管收缩剂、术中人工胶体液输注 $\geq 2000 \text{ ml}$ 、输注异体血、出血量 $\geq 1000 \text{ ml}$ 和 SBP $< 70\%$ 基础值累计时间 $> 10 \text{ min}$ 是嗜铬细胞瘤患者术后 AKI 的危险因素 (表 2)。多重共线性检验肿瘤直径 $> 10 \text{ cm}$ 和手术时间 $> 120 \text{ min}$ 相关 ($\text{VIF} > 10$); 术中人工胶体液总量 $\geq 2000 \text{ ml}$ 、出血量 $\geq 1000 \text{ ml}$ 和输注异体血相关 ($\text{VIF} > 10$); SBP $< 70\%$ 基础值累计时间 $> 10 \text{ min}$ 和使用血管收缩剂相关 ($\text{VIF} > 10$)。将肿瘤直径 $> 10 \text{ cm}$ 、出血量 $\geq 1000 \text{ ml}$ 、SBP $< 70\%$ 基础值累计时间 $> 10 \text{ min}$ 、男性、糖尿病史、术前白蛋白 $< 40 \text{ g/L}$ 和术前肌酐 $> 95 \text{ } \mu\text{mol/L}$ 纳入多因素 Logistic 回归模型, 结果显示男性 ($\text{OR} = 2.182$, 95% CI 1.023 ~ 4.652, $P = 0.043$)、白蛋白 $< 40 \text{ g/L}$ ($\text{OR} = 2.696$, 95% CI 1.216 ~ 5.977, $P = 0.015$)、术中出血量 $\geq 1000 \text{ ml}$ ($\text{OR} = 3.143$, 95% CI 1.322 ~ 7.373, $P = 0.010$) 和 SBP $< 70\%$ 基础值累计时间 $> 10 \text{ min}$ ($\text{OR} = 2.655$, 95% CI 1.189 ~ 5.928, $P = 0.017$) 是嗜铬细胞瘤术后 AKI 的独立危险因素。Hosmer-Lemeshow 检验显示模型具有很好的拟合度 ($P = 0.804$), C-statistic 检验模型有比较好的判别能力 ($\text{C-index} = 0.768$) (表 2)。

与非 AKI 患者比较, 术后发生 AKI 的患者入住重症监护病房和机械通气的比例更高 ($P < 0.01$)。在嗜铬细胞瘤术后发生 AKI 的患者伴随并发症发生率明显增加 ($P < 0.01$), 术后住院时间明显延长 ($P < 0.01$) (表 3)。

讨 论

本研究通过回顾分析 308 例嗜铬细胞瘤手术患者的围术期资料, 发现术后 AKI 的发生率为 13.6%。术后 AKI 的独立危险因素包括男性、白蛋白 $< 40 \text{ g/L}$ 、术中出血量 $\geq 1000 \text{ ml}$ 和 SBP $< 70\%$ 基础值累计时间 $> 10 \text{ min}$ 。

术后 AKI 的危险因素较多, 不同的研究得到的结果也不同。主要的危险因素包括: 高龄、低 BMI、术前合并糖尿病、COPD、慢性肾脏病、周围血管疾病、贫血、低白蛋白血症、输血、出血量多、人工胶体

表 1 术后 AKI 和非 AKI 患者的临床特点的比较

指标	AKI(<i>n</i> = 42)	非 AKI(<i>n</i> = 266)	<i>P</i> 值
人口学资料			
男/女(例)	28/14	113/153	0.003
年龄(岁)	45.5±14.2	45.1±15.5	0.853
BMI(kg/m ²)	23.9±3.3	23.1±3.4	0.124
术前合并疾病[例(%)]			
糖尿病	13(31.0)	35(13.2)	0.003
慢性肾功能不全	1(2.4)	2(0.8)	0.357
冠心病	1(2.4)	18(6.8)	0.488
术前检查			
Hb(g/dl)	13.3±1.7	13.4±1.8	0.730
白蛋白(g/L)	42.1±4.8	43.0±3.7	0.135
肌酐(mmol/L)	84.0±35.4	74.9±14.6	0.004
血浆肾上腺素阳性[例(%)]	6(14.3)	54(20.3)	0.370
血浆去甲肾上腺素阳性[例(%)]	28(66.7)	163(61.3)	0.455
疾病特征			
典型症状[例(%)]	30(71.4)	156(58.6)	0.115
肿瘤直径(cm)	5.9(4.5~8.8)	5.1(4.0~7.0)	0.036
异位/肾上腺肿瘤(例)	11/31	56/210	0.453
术前最高 SBP(mmHg)	180(158~220)	180(150~200)	0.195
术前准备			
选择性/非选择性 α 受体阻断药(例)	20/22	153/113	0.230
α 受体阻断药服用时间(d)	23(14~47)	20(13~32)	0.290
术中资料			
剖腹/腹腔镜手术(例)	21/21	98/168	0.104
手术时间(min)	182(116~286)	123(77~172)	0.001
使用血管收缩剂[例(%)] ^a	26(61.9)	126(47.4)	0.080
使用血管扩张剂[例(%)] ^b	34(81.0)	211(79.3)	0.808
术中人工胶体液总量(ml)	1 500(1 000~2 500)	1 000(500~1 500)	<0.001
出血量(ml)	500(100~1 800)	100(50~400)	<0.001
SBP>70%基础值累计时间(min) ^{cd}	7.3(0.4~23.8)	9.7(2.0~27.9)	0.266
SBP<70%基础值累计时间(min) ^{cd}	8.4(0.5~22.1)	1.0(0.0~10.1)	0.001

注:^a包括肾上腺素、去甲肾上腺素和多巴胺;^b包括酚妥拉明、乌拉地尔和尼卡地平;^c基础 BP 是手术当天早晨在病房测量的 BP;^d由手麻系统后台获取的间隔 10 s 记录 1 次的 BP 计算而来

液输注等^[1, 4-5]。不同的手术类型和方式,术后 AKI 的发生率也不同。另外,有研究证实术中低血压是

术后 AKI 的危险因素^[6]。AKI 的发生伴随患者并发症增加、死亡率升高、住院时间延长^[2]。本研究

表 2 嗜铬细胞瘤患者术后 AKI 危险因素的单因素与多因素 Logistic 回归分析

危险因素	单因素 Logistic 回归分析			多因素 Logistic 回归分析		
	OR 值	95%CI	P 值	OR 值	95%CI	P 值
男性	2.708	1.364~5.378	0.004	2.182	1.023~4.652	0.043
糖尿病史	2.959	1.405~6.229	0.004			
术前白蛋白<40 g/L	2.181	1.085~4.385	0.029	2.696	1.216~5.977	0.015
肌酐>95 $\mu\text{mol/L}$ ^a	2.600	1.020~6.630	0.045			
肿瘤直径>10 cm	2.929	1.134~7.564	0.026			
手术时间>120 min	2.390	1.173~4.867	0.016			
使用血管收缩药 ^b	1.806	0.926~3.520	0.083			
术中人工胶体液总量 $\geq 2\ 000$ ml	2.286	1.135~4.605	0.021			
输注异体血	4.651	2.162~9.854	<0.001			
出血量 $\geq 1\ 000$ ml	4.950	2.441~10.038	<0.001	3.143	1.322~7.373	0.010
SBP<70%基础值累计时间>10 min ^{cd}	4.578	2.330~8.994	<0.001	2.655	1.189~5.928	0.017

注:^a界值根据 AUC 结果确定;^b包括肾上腺素、去甲肾上腺素和多巴胺;^c基础 BP 是手术当天早晨在病房测量的 BP;^d由手麻系统后台获取的间隔 10 s 记录 1 次的 BP 计算而来。

中嗜铬细胞瘤术后发生 AKI 的患者同样伴随并发症的增加和住院时间的延长。

本研究表明,男性嗜铬细胞瘤患者术后 AKI 的发生明显高于女性。在慢性肾脏疾病中,女性对肾脏功能具有保护性的作用,这可能与男女激素水平不同有关。然而在对 AKI 的临床研究中,不同的研究结果不同。在心脏手术、氨基糖苷类、造影剂和横纹肌溶解造成的肾损伤中,女性是 AKI 的危险因素^[7-9];合并 HIV、疟疾、梅毒和其他社区获得性疾病的研究中,男性 AKI 的发生率更高^[3]。一项大样本量的研究表明,男性住院期间 AKI 的发生率是女性的 1.27 倍,AKI 相关透析治疗的发生率是女性的 2 倍^[10]。许多动物实验支持雌性对肾脏的保护作用。在缺血-再灌注损伤导致的 AKI 中,雌性是肾功能的保护性因素,卵巢切除术或给予睾酮可去除该保护作用,而阉割或补充外源性雌激素对缺血-再灌注后的肾损伤有保护作用^[11]。在实验模型和人类受试者中已经证实,性别在一氧化氮的产生、内皮素-1 的合成和血管对其反应以及血管紧张素 II 对肾脏血流动力学反应中存在差异。另外性别在缺血-再灌注损伤的炎症反应、血流动力学和体液免疫中也存在差异^[12]。

多项研究证实术前低白蛋白血症与术后 AKI 相关。术前血浆白蛋白<38 g/L 是脑肿瘤切除术后

AKI 的独立危险因素^[13]。在接受冠脉搭桥术的患者中,随着术前白蛋白水平的逐渐升高,术后 AKI 的发生率逐渐降低;术后肾功能良好和发生 AKI 的白蛋白界值为 39.3 g/L^[5]。白蛋白介导的肾保护可以用几种机制解释,包括维持肾脏灌注,保留近端肾小管完整性和功能,结合内源性毒素和肾毒性药物,防止氧化损伤和运送保护性溶血磷脂酸。白蛋白有清除氧自由基的作用,可以减缓了肾小管细胞的凋亡^[14]。另外,白蛋白还可以和 NO 结合形成 S-亚硝基-白蛋白,它可以通过舒张肾血管来维持肾脏灌注和肾小球滤过率^[15]。

术中出血>1 000 ml 是嗜铬细胞瘤患者术后 AKI 增加的独立危险因素,术中出血增多往往伴随血制品和人工胶体液输注的增多,本研究中术中出血量 $\geq 1\ 000$ ml 与术中人工胶体液总量 $\geq 2\ 000$ ml、输注异体血存在多重共线性。Furrer 等^[16]研究发现术中出血多是膀胱根治性切除术后 AKI 的独立危险因素。围术期异体红细胞输注是心脏手术后 AKI 的危险因素,每 2U 红细胞可使 AKI 的发生率增加 10%~20%^[17]。重症患者输注羟乙基淀粉后,AKI 和肾脏替代治疗的发生率增加^[18]。因此,术后 AKI 的发生与术中出血量密切相关。

很多术后 AKI 的发生与术中肾脏低灌注有关,原因包括:低血压、低血容量或心功能不全。嗜铬

表 3 术后 AKI 与非 AKI 患者预后的比较

指标	AKI (<i>n</i> = 42)	非 AKI (<i>n</i> = 266)	<i>P</i> 值
术后入重症监护病房[例(%)]	39(92.9)	171(64.3)	<0.001
重症监护病房停留时间(d) ^a	1.0(1.0~2.0)	1.0(1.0~2.0)	0.031
术后机械通气[例(%)]	33(78.6)	110(41.4)	<0.001
机械通气时间(h) ^b	4.0(2.0~8.3)	3.0(2.0~5.3)	0.201
术后使用升压药[例(%)] ^c	15(35.7)	64(24.1)	0.108
升压药持续泵注时间(h) ^d	22.0(1.0~38.0)	7.0(2.0~20.0)	0.284
术后并发症[例(%)]	10(23.8)	11(4.1)	<0.001
低血糖 ^e	4(9.5)	10(3.8)	0.108
肺部感染 ^f	2(4.8)	6(2.3)	0.359
出血 ^g	1(2.4)	3(1.1)	0.494
脑卒中 ^h	1(2.4)	1(0.4)	0.255
新发心率失常 ⁱ	1(2.4)	1(0.4)	0.255
尿路感染 ^j	1(2.4)	0(1.5)	0.156
深静脉血栓 ^k	1(2.4)	0(0.7)	0.156
肺栓塞 ^l	1(2.4)	1(0.4)	0.255
尿崩 ^m	0(0.0)	1(0.4)	>0.999
术后死亡	1(2.4)	0(0.7)	0.156
术后住院时间(d)	8.0(6.0~10.0)	6.0(4.0~7.0)	<0.001

注:^a仅比较入住重症监护病房的患者;^b仅比较术后机械通气的患者;^c包括去甲肾上腺素、肾上腺素和/或多巴胺;^d仅比较术后持续循环支持的患者;^e术后血糖值低于 55 mg/dl;^f至少存在一种以下表现(痰液增多或变色、新发或有变化的肺部浸润影、发热、WBC>12.0×10⁹/L)和需要抗生素治疗;^g术后出血且需要 2 次手术止血;^h新发局灶性神经功能受损并得到神经影像学检查的证实;ⁱ需要药物治疗的新发心房颤动或阵发性室上性心动过速;^j通过尿液检查和尿培养确认并需要抗生素治疗;^k通过超声确认的深静脉血栓;^l通过 CT 肺血管造影确认;^m尿量>4 L/d,尿渗透压<200 mOsm/L,比重<1.010,抗利尿激素治疗有效

细胞瘤患者在肿瘤切除后,体内儿茶酚胺水平迅速下降,常伴有血压急剧下降和容量相对不足,可引起肾脏灌注不足。Linn 等^[19]的研究证明,在非心脏手术中,术中血压低于基础值 50%持续 5 min 以上,可使术后 AKI 的发生率增加 2.27 倍。Walsh 等^[20]发现术中 MAP<55 mmHg 与术后 AKI 的发生相关;而且随着低血压时间延长,AKI 的发生率会增加。一项纳入了超过 15 000 例术前肾功能正常的患者的观察性研究显示,术后发生 AKI 的患者术中 MAP<40 mmHg 的几率更大^[21]。我们的研究也得到了同样的结论,术中收缩压小于术前基础血压 30%累计时间超过 10 min 可使术后 AKI 发生的风险增加 2.655 倍。

慢性肾脏疾病(chronic kidney disease, CKD)是 AKI 重要的危险因素,而 AKI 被认为是 CKD 进展的重要加速器。一项大规模研究表明,在 1746 例住院期间发生 AKI 并需要透析的患者中,74%发生在肾小球滤过率(GFR)<60 ml·min⁻¹·1.73m⁻²的患者中。GFR 45~59 ml·min⁻¹·1.73m⁻²的患者 AKI 的发生率增加 2 倍,GFR<15 ml·min⁻¹·1.73m⁻²患者 AKI 发生率增加 40 倍,因此 CKD 是 AKI 最重要的危险因素^[22]。本研究中,由于术前合并慢性肾功能不全的患者仅有 3 例,因此未发现慢性肾功能不全是术后 AKI 的危险因素。

本研究的局限性主要有以下几点:(1)本研究使用 KDIGO-AKI 诊断标准,该标准需要通过每小时

的尿量进行诊断。该研究中,患者在 ICU 的每小时尿量可记录,但在普通病房记录的为每小时的平均尿量,因此可能会低估 AKI 的发生。(2)二元 Logistic 分析要求各危险因素之间独立存在,不能存在显著共线性,在统计分析中对相关因素进行多重共线性检验,除外了有共线性的因素,但由于各危险因素之间存在错综复杂的关系,因此进行多因素分析时存在一定的限制,故不能除外选择偏倚。(3)确定的围术期危险因素与结局之间的相关性并不能证明因果关系,而仅仅代表一种关联。

综上所述,AKI 是嗜铬细胞瘤术后的并发症之一。男性、术前白蛋白 $<40\text{ g/L}$ 、术中出血量 $\geq 1\ 000\text{ ml}$ 和 SBP $<70\%$ 基础值累计时间 $>10\text{ min}$ 是术后 AKI 的独立危险因素。充分的术前准备、优化术中液体平衡和循环管理可能会降低术后 AKI 的发生。

参 考 文 献

- [1] Iyigun M, Aykut G, Tosun M, et al. Perioperative risk factors of acute kidney injury after non-cardiac surgery: a multicenter, prospective, observational study in patients with low grade American Society of Anesthesiologists physical status. *Am J Surg*, 2019, 218(3): 457-461.
- [2] Chertow GM, Burdick E, Honour M, et al. Acute kidney injury, mortality, length of stay, and costs in hospitalized patients. *J Am Soc Nephrol*, 2005, 16(11): 3365-3370.
- [3] Khwaja A. KDIGO clinical practice guidelines for acute kidney injury. *Nephron Clin Pract*, 2012, 120(4): c179-184.
- [4] Kee YK, Kim H, Jhee JH, et al. Incidence of and risk factors for delayed acute kidney injury in patients undergoing colorectal surgery. *Am J Surg*, 2019, 218(5): 907-912.
- [5] 孔昊, 王东信. 非体外循环下冠脉搭桥患者术前白蛋白水平与术后急性肾功能损伤的关系. *实用医学杂志*, 2017, 33(6): 938-942.
- [6] Maheshwari K, Turan A, Mao G, et al. The association of hypotension during non-cardiac surgery, before and after skin incision, with postoperative acute kidney injury: a retrospective cohort analysis. *Anaesthesia*, 2018, 73(10): 1223-1228.
- [7] Moore RD, Smith CR, Lipsky JJ, et al. Risk factors for nephrotoxicity in patients treated with aminoglycosides. *Ann Intern Med*, 1984, 100(3): 352-357.
- [8] Neugarten J, Sandilya S, Singh B, et al. Sex and the risk of AKI following cardio-thoracic surgery: a meta-analysis. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2016, 11(12): 2113-2122.
- [9] McMahon GM, Zeng X, Waikar SS. A risk prediction score for kidney failure or mortality in rhabdomyolysis. *JAMA Intern Med*, 2013, 173(19): 1821-1828.
- [10] Neugarten J, Golestaneh L, Kolhe NV. Sex differences in acute kidney injury requiring dialysis. *BMC Nephrol*, 2018, 19(1): 131.
- [11] Metcalfe PD, Meldrum KK. Sex differences and the role of sex steroids in renal injury. *J Urol*, 2006, 176(1): 15-21.
- [12] Hutchens MP, Dunlap J, Hum PD, et al. Renal ischemia: does sex matter. *Anesth Analg*, 2008, 107(1): 239-249.
- [13] Kim K, Bang JY, Kim SO, Kim S, Kim JU, Song JG. Association of preoperative hypoalbuminemia with postoperative acute kidney injury in patients undergoing brain tumor surgery: a retrospective study. *J Neurosurg*, 2018, 128(4): 1115-1122.
- [14] Quinlan GJ, Mumby S, Martin GS, et al. Albumin influences total plasma antioxidant capacity favorably in patients with acute lung injury. *Crit Care Med*, 2004, 32: 755-759.
- [15] Wiedermann CJ, Wiedermann W, Joannidis M. Hypoalbuminemia and acute kidney injury: a meta-analysis of observational clinical studies. *Intensive Care Med*, 2010, 36(10): 1657-1665.
- [16] Furrer MA, Schneider MP, Burkhard FC, et al. Incidence and perioperative risk factors for early acute kidney injury after radical cystectomy and urinary diversion. *Urol Oncol*, 2018, 36(6): 306.e17-306.e23.
- [17] Karkouti K. Transfusion and risk of acute kidney injury in cardiac surgery. *Br J Anaesth*, 2012, 109 Suppl 1: i29-29i38.
- [18] Zarychanski R, Abou-Setta AM, Turgeon AF, et al. Association of hydroxyethyl starch administration with mortality and acute kidney injury in critically ill patients requiring volume resuscitation: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*, 2013, 309(7): 678-688.
- [19] Hallqvist L, Granath F, Huldt E, et al. Intraoperative hypotension is associated with acute kidney injury in noncardiac surgery: an observational study. *Eur J Anaesthesiol*, 2018, 35(4): 273-279.
- [20] Walsh M, Devereaux PJ, Garg AX, et al. Relationship between intraoperative mean arterial pressure and clinical outcomes after noncardiac surgery: toward an empirical definition of hypotension. *Anesthesiology*, 2013, 119(3): 507-515.
- [21] Kheterpal S, Tremper KK, Englesbe MJ, et al. Predictors of postoperative acute renal failure after noncardiac surgery in patients with previously normal renal function. *Anesthesiology*, 2007, 107(6): 892-902.
- [22] Hsu CY, Ordoñez JD, Chertow GM, et al. The risk of acute renal failure in patients with chronic kidney disease. *Kidney Int*, 2008, 74(1): 101-107.

(收稿日期:2019-07-14)