

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2022.24.010

急性 Stanford A 型主动脉夹层患者术后发生急性肾损伤的影响因素 及术前尿 NGAL 联合血清 $\beta 2$ -MG、Mb 的预测价值*

陈晴晴 曾智慧 樊小倩 朱 童 管玉珍[△]

(江苏省人民医院 / 南京医科大学第一附属医院心脏大血管外科 江苏 南京 221000)

摘要 目的: 探讨急性 Stanford A 型主动脉夹层(TAAD)患者术后发生急性肾损伤(AKI)的影响因素,分析术前尿中性粒细胞明胶酶相关脂质转运蛋白(NGAL)联合血清 $\beta 2$ -微球蛋白($\beta 2$ -MG)、肌红蛋白(Mb)对术后 AKI 的预测价值。**方法:** 选择 2019 年 1 月至 2022 年 1 月我院收治的 100 例 TAAD 患者,根据术后是否发生 AKI 将患者分为 AKI 组(38 例)和非 AKI 组(62 例),检测并比较两组术前尿 NGAL、血清 $\beta 2$ -MG、Mb 水平。分析 TAAD 患者术后发生 AKI 的影响因素,以及术前尿 NGAL 联合血清 $\beta 2$ -MG、Mb 对 TAAD 患者术后发生 AKI 的预测价值。**结果:** AKI 组术前尿 NGAL、血清 $\beta 2$ -MG、Mb 水平均高于非 AKI 组($P < 0.05$)。AKI 组体质量指数(BMI)、肾动脉受累比例、术中尿量、术中输血量、术前血肌酐(Scr)水平均高于非 AKI 组,体外循环时间、深低温停循环时间长于非 AKI 组,年龄大于非 AKI 组($P < 0.05$)。多因素 Logistic 回归分析结果显示:肾动脉受累、体外循环时间过长、术前 Scr、尿 NGAL、血清 $\beta 2$ -MG、Mb 水平较高是 TAAD 患者术后发生 AKI 的危险因素($P < 0.05$)。术前尿 NGAL 联合血清 $\beta 2$ -MG、Mb 预测 TAAD 患者术后发生 AKI 的曲线下面积为 0.847,明显高于三指标单独检测的 0.689、0.678、0.677($P < 0.05$)。**结论:** 术前尿 NGAL、血清 $\beta 2$ -MG、Mb 水平较高、肾动脉受累、体外循环时间过长是 TAAD 患者术后发生 AKI 的危险因素,联合检测术前尿 NGAL、血清 $\beta 2$ -MG、Mb 水平对术后 AKI 的发生具有一定预测价值。

关键词: 急性 Stanford A 型主动脉夹层;急性肾损伤;NGAL; $\beta 2$ -MG;Mb;危险因素;预测价值

中图分类号:R543.1;R692 文献标识码:A 文章编号:1673-6273(2022)24-4654-05

Influencing Factors of Postoperative Acute Kidney Injury in Patients with Acute Stanford Type A Aortic Dissection and the Predictive Value of Preoperative Urine NGAL Combined with Serum $\beta 2$ -MG and Mb*

CHEN Qing-qing, ZENG Zhi-hui, FAN Xiao-qian, ZHU Tong, GUAN Yu-zhen[△]

(Department of Cardiovascular Surgery, Jiangsu Provincial People's Hospital/The First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing, Jiangsu, 221000, China)

ABSTRACT Objective: To investigate the influencing factors of postoperative acute kidney injury (AKI) in patients with acute Stanford Type A aortic dissection (TAAD), and to analyze the predictive value of preoperative neutrophil gelatinase-associated lipid transporter (NGAL) combined with serum $\beta 2$ -microglobulin ($\beta 2$ -MG) and myoglobin (Mb) in postoperative AKI. **Methods:** 100 patients with TAAD who were treated in our hospital from January 2019 to January 2022 selected, and they were divided into AKI group (38 cases) and non-AKI group (62 cases) according to the occurrence of postoperative AKI. Preoperative urinary NGAL and serum $\beta 2$ -MG, Mb levels were detected and compared between the two groups. The influencing factors of the occurrence of postoperative AKI in patients with TAAD were analyzed, and the predictive value of preoperative urinary NGAL combined with serum $\beta 2$ -MG and Mb for the occurrence of postoperative AKI in patients with TAAD was analyzed. **Results:** The preoperative urinary NGAL, serum $\beta 2$ -MG and Mb levels in AKI group were higher than those in non-AKI group ($P < 0.05$). Body mass index (BMI), renal artery involvement ratio, intraoperative urine volume, intraoperative blood transfusion volume, preoperative serum creatinine (Scr) levels in AKI group were higher than those in non-AKI group, and the time of cardiopulmonary bypass and deep low temperature cycle stop time were longer than those in non-AKI group, and the age was longer than that in non-AKI group ($P < 0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that renal artery involvement, long time of cardiopulmonary bypass, preoperative Scr, urinary NGAL, high levels of serum $\beta 2$ -MG and Mb were the risk factors for the occurrence of postoperative AKI in patients with TAAD ($P < 0.05$). The area under curve of preoperative urine NGAL combined with serum $\beta 2$ -MG and Mb for predicting the occurrence of postoperative AKI in patients with TAAD was 0.847, which was significantly higher than 0.689, 0.678 and 0.677 of the three indicators alone ($P < 0.05$). **Conclusion:** High preoperative urinary NGAL, serum $\beta 2$ -MG and Mb levels, renal artery involvement, and long time of cardiopulmonary bypass are risk factors for the

* 基金项目:江苏省自然科学基金项目(BK201506417)

作者简介:陈晴晴(1985-),女,硕士研究生,从事心血管外科方向的研究,E-mail: CQQ7597@163.com

[△] 通讯作者:管玉珍(1971-),女,本科,主任医师,从事心血管外科方向的研究,E-mail: guanyuzhen139214@163.com

(收稿日期:2022-06-08 接受日期:2022-06-30)

occurrence of postoperative AKI in patients with TAAD. Combined detection of preoperative urinary NGAL, serum β 2-MG and Mb levels has certain predictive value for the occurrence of postoperative AKI.

Key words: Acute Stanford Type A aortic dissection; Acute kidney injury; NGAL; β 2-MG; Mb; Risk factors; Predictive value

Chinese Library Classification(CLC): R543.1; R692 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2022)24-4654-05

前言

急性 Stanford A 型主动脉夹层(TAAD)是一种高死亡率的心血管急症,尽管诊断手段、手术技术和围手术期护理方面不断改善,但是围术期并发症和死亡率依然较高^[1,2]。急性肾损伤(AKI)是 TAAD 术后常见的并发症,AKI 的发生会显著延长患者住院时间,增加患者死亡率^[3,4]。因此,明确 AKI 发生的影响因素,以及寻找可有效预测 AKI 发生的生物学指标,对于改善 TAAD 手术患者的预后具有重要意义。中性粒细胞明胶酶相关脂质转运蛋白(NGAL)属于脂质转运蛋白超家族,研究表明 AKI 患者尿液和血清 NGAL 表达增加,尿 NGAL 水平与肾损伤的严重程度密切相关^[5]。 β 2-微球蛋白(β 2-MG)是一种小分子球蛋白,通过肾小球自由过滤后被肾近端近曲小管重新吸收,血清 β 2-MG 水平增加可反映肾小球过滤功能下降^[6]。肌红蛋白(Mb)是一种细胞质血红蛋白,在心脏组织和骨骼肌中表达,在调节线粒体耗氧和脂肪酸代谢中具有重要作用^[7],有研究发现 Mb 水平在严重创伤后发生 AKI 患者中明显升高^[8],表明 Mb 有望成为 AKI 的标志物。本研究拟探讨 TAAD 患者术后发生 AKI 的危险因素,并在基础上分析术前尿 NGAL、血清 β 2-MG、Mb 预测 TAAD 患者术后发生 AKI 的价值,报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选择 2019 年 1 月至 2022 年 1 月我院收治的 100 例 TAAD 患者。纳入标准:①符合《主动脉夹层诊断与治疗规范中国专家共识》^[9]中 TAAD 的诊断标准,并经 CT 血管造影(CTA)或磁共振血管造影(MRA)检查证实;②均接受低温体外循环下手术治疗;③年龄 18 周岁以上。排除标准:①术前进临床诊断的肾病综合征、肾小球肾炎、慢性肾功能衰竭等;②肾癌以及其它类型恶性肿瘤;③术后入住重症监护室不到 24 h 死亡者。本研究已经获得我院伦理会批准,患者及其家属均知情同意签署同意书。AKI 定义:术后 48 h 内血肌酐(Scr)升高 $\geq 26.5 \mu\text{mol/L}$;

7 d 内 Scr 升至 ≥ 1.5 倍基线值;连续 6 h 尿量 $<0.5 \text{ mL}(\text{kg} \cdot \text{h})$,并排除其它因素引起的肾功能损伤^[10]。根据是否发生 AKI 将本次研究患者分为 AKI 组(38 例)和非 AKI 组(62 例)。

1.2 方法

所有患者术前采集清晨中段尿标本 5ml,采用免疫增强比浊法(试剂盒购自重庆业为基生物科技有限公司)检测尿 NGAL 水平。所有患者术前采集空腹外周静脉血 6 mL 分装两管,一管经离心处理(相对离心力 $680 \times g$,离心时间 5 min)分离血清,采用酶联免疫吸附法(试剂盒购自上海酶研生物科技有限公司)检测血清 β 2-MG 水平,采用 AU480 全自动生化分析仪(美国贝克曼库尔特公司)检测血清 Mb 以及尿素氮(BUN)、Scr 水平。另一管抗凝试管血标本充分混匀,采用 LH 750 全自动血细胞分析仪(美国贝克曼库尔特公司)检测血小板计数(PLT)、血红蛋白(Hb)水平。通过医院病历系统收集患者的年龄、性别、体质量指数(BMI)、既往病史、实验室检查结果、肾动脉受累、入院至手术时间、手术信息(手术时间、手术方式、体外循环时间、主动脉阻断时间、深低温停循环时间、术中尿量、术中输血量)等资料。

1.3 统计学分析

SPSS 25.00 进行数据分析,正态分布计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,采用独立样本 t 检验。偏态计量资料以 M(Q1, Q3)表示,采用 Wilcoxon 秩和检验。计数资料以例(百分比)表示,采用 χ^2 检验。多因素 Logistic 回归分析 TAAD 患者术后发生 AKI 的影响因素,受试者工作特征曲线(ROC)分析术前尿 NGAL、血清 β 2-MG 和 Mb 预测 TAAD 患者术后发生 AKI 的。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 两组术前尿 NGAL、血清 β 2-MG、Mb 水平比较

AKI 组术前尿 NGAL、血清 β 2-MG、Mb 水平均高于非 AKI 组($P<0.05$),见表 1。

表 1 两组术前尿 NGAL、血清 β 2-MG、Mb 水平差异 $(\bar{x} \pm s)$

Table 1 Preoperative differences in urinary NGAL, serum β 2-MG and Mb levels between the two groups $(\bar{x} \pm s)$

Groups	n	NGAL($\mu\text{mol/L}$)	β 2-MG(mg/L)	Mb(ng/mL)
AKI group	38	76.23 $\pm$ 23.09	5.02 $\pm$ 1.71	1053.12 $\pm$ 201.56
Non-AKI group	62	20.42 $\pm$ 5.41	2.15 $\pm$ 0.64	623.15 $\pm$ 143.74
t		18.284	11.950	12.428
P		0.000	0.000	0.000

2.2 影响 TAAD 患者术后发生 AKI 的单因素分析

AKI 组 BMI、肾动脉受累比例、术中尿量、术中输血量、术前 Scr 水平均高于非 AKI 组,体外循环时间、深低温停循环时

间长于非 AKI 组,年龄大于非 AKI 组($P<0.05$),两组间性别、既往病史、入院至手术时间、手术时间、手术方式、主动脉阻断时间、术前 BUN、术前 PLT、术前 Hb 水平比较差异无统计学意

义($P>0.05$),见表2。

表2 影响TAAD患者术后发生AKI的单因素分析

Table 2 Univariate analysis of the occurrence of postoperative AKI in patients with TAAD

Factors	AKI groups(n=38)	Non-AKI group(n=62)	t/z/ χ^2	P
Age(years)	51.32±8.03	48.15±6.59	2.147	0.034
Gender				
Male	25(65.79)	37(59.68)	0.374	0.541
Female	13(34.21)	25(40.32)		
BMI(kg/m ²)	26.49±3.02	24.35±2.74	3.646	0.000
Past medical history				
Hypertension	15(39.47)	29(46.77)	0.510	0.475
Type 2 diabetes mellitus	17(44.74)	32(51.61)	0.446	0.504
Renal artery involvement	16(42.11)	11(17.74)	7.095	0.008
Time from admission to operation(d)	2.03(1, 3)	2.11(1, 3)	1.262	0.210
Operation time(min)	521.35(426,635)	519.65(415,624)	0.267	0.790
Operation mode				
Aortic valve replacement	12(31.58)	19(30.65)		
Ascending aorta replacement	20(52.63)	31(50.00)	0.205	0.903
Total arch replacement	6(15.79)	12(19.35)		
Time of cardiopulmonary bypass(min)	260.32±36.59	215.32±30.47	6.636	0.000
Time of aortic occlusion(min)	120.35±21.35	119.35±20.47	0.233	0.816
Deep low temperature cycle stop time(min)	36.35±6.59	28.19±5.43	6.719	0.000
Intraoperative urine volume(mL)	923.35±201.16	831.42±182.03	2.355	0.021
Intraoperative blood transfusion volume(mL)	1402.35±62.35	842.35±43.19	53.014	0.000
Preoperative BUN(mmol/L)	26.35±4.13	25.11±4.09	1.466	0.146
Preoperative Scr(μ mol/L)	115.02±10.35	79.35±16.43	11.991	0.000
Preoperative PLT($\times 10^9$ /L)	189.35±32.46	190.42±32.47	0.160	0.873
Preoperative Hb(g/L)	126.35±26.28	127.15±27.01	0.142	0.885

表3 影响TAAD患者术后发生AKI的多因素Logistic回归方程

Table 3 Multivariate Logistic regression equation affecting the occurrence of postoperative AKI in patients with TAAD

Factors	β	SE	Wald χ^2	OR(95%CI)	P
Constant term	6.032	1.298	21.596	-	0.000
Renal artery involvement	1.352	0.372	13.209	3.865(1.864~8.013)	0.000
Time of cardiopulmonary bypass	0.853	0.263	10.520	2.347(1.401~3.929)	0.000
Preoperative Scr	0.777	0.209	13.821	2.175(1.444~3.276)	0.000
Preoperative urinary NGAL	0.532	0.193	7.598	1.702(1.166~2.485)	0.002
Preoperative serum β 2-MG	0.492	0.178	7.640	1.635(1.154~2.318)	0.006
Preoperative serum Mb	0.408	0.157	6.753	1.504(1.105~2.046)	0.010

2.3 影响TAAD患者术后发生AKI的多因素Logistic回归分析

以是否发生AKI为因变量(赋值:0=否,1=是),将年龄、BMI、肾动脉受累(赋值:0=否,1=是)、体外循环时间、深低温停循环时间、术中尿量、术中输血量、术前Scr、尿NGAL、血清 β 2-MG、Mb为自变量,纳入多因素Logistic回归模型,采用向

后逐步法筛选变量,最终分析得出:肾动脉受累、体外循环时间过长、术前Scr、尿NGAL、血清 β 2-MG、Mb水平较高是TAAD患者术后发生AKI的危险因素($P<0.05$),见表3。

2.4 术前尿NGAL、血清 β 2-MG、Mb对TAAD患者术后发生AKI的预测价值

术前尿 NGAL、血清 β 2-MG、Mb 预测 TAAD 患者术后发生 AKI 的 ROC 曲线下面积为 0.689、0.678、0.677, 三项指标联

合应用时的曲线下面积为 0.847, 预测效能明显更高, 见表 4 和图 1。

表 4 术前尿 NGAL、血清 β 2-MG、Mb 预测 TAAD 患者术后发生 AKI 的效能

Table 4 Efficacy of preoperative urinary NGAL, serum β 2-MG and Mb in predicting the occurrence of postoperative AKI in patients with TAAD

Indicators	Area under curve(95%CI)	Threshold value	Sensitivity(%)	Specificity(%)	Yoden Index
Preoperative urinary NGAL	0.689(0.589~0.778)	42.35 μ mol/L	71.05	69.35	0.404
Preoperative serum β 2-MG	0.678(0.577~0.768)	3.01 mg/L	65.79	72.58	0.384
Preoperative serum Mb	0.677(0.576~0.767)	821.03 ng/mL	60.53	79.03	0.396
Unite	0.847(0.761~0.911)	-	81.58	88.71	0.703

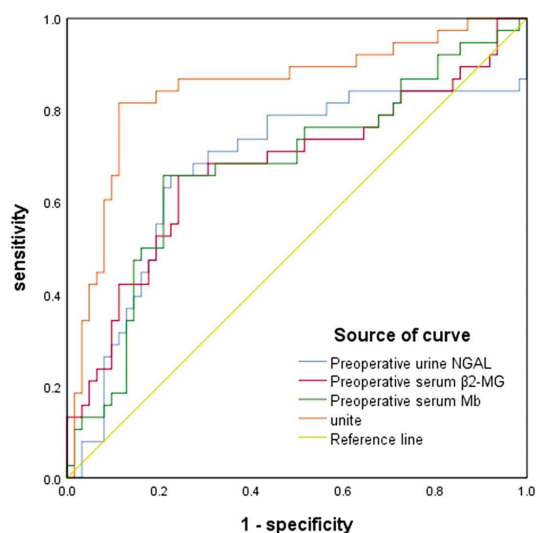


图 1 术前尿 NGAL、血清 β 2-MG、Mb 预测 TAAD 患者术后发生 AKI 的 ROC 曲线图

Fig.1 ROC curve of preoperative urinary NGAL, serum β 2-MG and Mb predicting the occurrence of postoperative AKI in patients with TAAD

3 讨论

术后 AKI 被认为是接受低温体外循环下手术治疗的 TAAD 患者死亡的危险因素^[11], TAAD 术后发生 AKI 的机制为: 主动脉管壁内膜出现破口, 血液进入动脉壁中层形成夹层血肿, 当血流通过非内皮化的夹层假腔时, 触发血小板和凝血/纤溶系统的激活, 加之在手术和体外循环刺激下凝血因子过度消耗, 纤溶系统过度激活, 导致围术期失血, 血流动力学不稳, 肾灌注不良, 增加潜在 AKI 发生风险^[12,13]。AKI 是一种常见且可能危及生命的疾病, 早期预测 AKI 的发生有重要意义。目前诊断 AKI 的标志物是尿量和 Scr, 但是上述两项指标是肾功能标志物, 不是肾损伤标志物, 且易受年龄、性别、肌肉量等影响, 因此需寻找新的 AKI 相关生物学标志物^[14,15]。

NGAL 是一种来自脂质运载蛋白家族的糖蛋白, 存在于脂肪细胞、系膜和小胶质细胞、肾上皮细胞和血管平滑肌细胞等多种组织和细胞类型中, 正常生理状态下 NGAL 呈低表达, 在炎症、代谢、神经疾病和恶性肿瘤中表达增高^[16]。研究表明 NGAL 通过受损肾脏组织在体液中快速合成和分泌, 肾缺血性损伤早期大鼠肾组织中 NGAL mRNA 表达可增加 1 000 倍^[17], 尿和/或血液中 NGAL 水平增高是急性肾功能衰竭的生物

标志物, 比蛋白尿更敏感, 能反映肾脏早期病变^[18]。本研究结果显示 AKI 组尿液 NGAL 水平高于非 AKI 组, NGAL 是 TAAD 术后发生 AKI 的危险因素之一, 表明 NGAL 是 TAAD 术后 AKI 的生物学标志物。

β 2-MG 是主要组织相容性抗原 I 类分子复合物, 主要由人淋巴细胞产生, 相对分子量为 11 800, 可自由通过肾小球滤过膜, 正常生理状态下 99% 的 β 2-MG 通过肾小球重新吸收, 血清中 β 2-MG 水平极低, 当肾小管功能受损时会导致外周血游离 β 2-MG 水平增高^[19]。本研究结果表明血清 β 2-MG 水平升高是 TAAD 术后 AKI 的危险因子, Wang 等人^[20]报道也指出与低 β 2-MG 相比, 高 β 2-MG 患者在住院期间发生 AKI 的风险显著较高, β 2-MG 预测 AKI 的曲线下面积为 0.712。Zhang 等人^[21]认为血清 β 2-MG 是诊断新生儿窒息后肾损伤的早期特异性指标。

Mb 是一种在骨骼肌和心肌中普遍表达的单体血红素蛋白, 其作用是储存氧气并将其输送到线粒体, 在缺氧期间充当线粒体的氧气库, 以促进细胞呼吸^[22]。现有研究发现 Mb 水平与横纹肌溶解症的严重程度有关, 骨骼横纹肌细胞分解后 Mb 被释放至外周血中, Mb 随循环血液进入肾组织, 被过滤并积聚在肾脏中, 产生细胞毒性作用, 损伤肾小管上皮细胞, 导致急性肾功能衰竭^[23,24], 在创伤性横纹肌溶解症诱导的 AKI 预测方面具有较高的价值^[25]。Han 等人^[26]发现肝移植术后发生 AKI 患者血清 Mb 水平显著高于非 AKI 组, 与 AKI 发生独立相关, Lee 等人^[27]报道结果显示较高的术前 Mb 水平是接受瓣膜手术或冠状动脉旁路移植术患者发生 AKI 的独立危险因素。本研究结果也显示术前高 Mb 水平与 TAAD 术后 AKI 的发生有关。

本研究回归分析结果显示肾动脉受累、体外循环时间、术前 Scr 与 TAAD 术后发生 AKI 也存在密切关系, 分析原因为肾动脉受累影响肾组织血流灌注, 导致肾缺血缺氧性损伤, 肾功能障碍; 而术前 Scr 水平增高预示着术前已经存在肾功能损伤, 加上手术创伤, 术中血流动力学剧烈波动影响, 术后发生 AKI 的风险更大; 体外循环时间过长则导致肾血流量和灌注不足, 其次体外循环破坏红细胞结构, 大量血红蛋白积聚在肾小管, 引起肾小管堵塞和肾小球滤过率下降^[28]。葛翼鹏等人^[29]报道指出肾动脉受累是 TAAD 深低温停循环术后发生 3 期 AKI 的独立危险因素。郭拓等人^[30]报道结果也显示术前 Scr 水平、体外循环时间和肾动脉受累是术后并发 AKI 的独立危险因素。

ROC 曲线分析结果显示, 术前尿 NGAL、血清 β 2-MG、Mb 预测 TAAD 患者术后发生 AKI 均具有一定价值, 联合预测效

能更高,表明联合多种肾损伤标志物可提高对 TAAD 患者术后发生 AKI 的预测效能,为临床早期识别 AKI 提供更可靠的信息。

综上,TAAD 术后发生 AKI 患者术前尿 NGAL、血清 β 2-MG、Mb 水平均增高,尿 NGAL、血清 β 2-MG、Mb 水平较高均与 TAAD 术后 AKI 的发生有关。联合检测术前尿 NGAL、血清 β 2-MG、Mb 对术后 AKI 的发生有一定预测价值,有助于改并发症的临床诊治和预防。

参考文献(References)

- [1] Chiu P, Miller DC. Evolution of surgical therapy for Stanford acute type A aortic dissection[J]. *Ann Cardiothorac Surg*, 2016, 5(4): 275-295
- [2] Kuang J, Yang J, Wang Q, et al. A preoperative mortality risk assessment model for Stanford type A acute aortic dissection[J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2020, 20(1): 508
- [3] Li CN, Ge YP, Liu H, et al. Blood Transfusion and Acute Kidney Injury After Total Aortic Arch Replacement for Acute Stanford Type A Aortic Dissection[J]. *Heart Lung Circ*, 2022, 31(1): 136-143
- [4] Dong N, Piao H, Du Y, et al. Development of a practical prediction score for acute renal injury after surgery for Stanford type A aortic dissection[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2020, 30(5): 746-753
- [5] Shang W, Wang Z. The Update of NGAL in Acute Kidney Injury[J]. *Curr Protein Pept Sci*, 2017, 18(12): 1211-1217
- [6] Cao J, Hou R, Lu J, et al. The predictive value of β 2-MG and TGF- β for elderly hypertensive nephropathy [J]. *Exp Ther Med*, 2019, 17(4): 3065-3070
- [7] Braganza A, Quesnelle K, Bickta J, et al. Myoglobin induces mitochondrial fusion, thereby inhibiting breast cancer cell proliferation[J]. *J Biol Chem*, 2019, 294(18): 7269-7282
- [8] Tarazona V, Figueiredo S, Hamada S, et al. Admission serum myoglobin and the development of acute kidney injury after major trauma[J]. *Ann Intensive Care*, 2021, 11(1): 140
- [9] 中国医师协会心血管外科分会大血管外科专业委员会. 主动脉夹层诊断与治疗规范中国专家共识 [J]. *中华胸心血管外科杂志*, 2017, 33(11): 641-654
- [10] Khwaja A. KDIGO clinical practice guidelines for acute kidney injury[J]. *Nephron Clin Pract*, 2012, 120(4): 179-184
- [11] Amano K, Takami Y, Ishikawa H, et al. Lower body ischaemic time is a risk factor for acute kidney injury after surgery for type A acute aortic dissection [J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2020, 30(1): 107-112
- [12] 赵永波, 岳月红, 王彦芝, 等. 急性 Stanford A 型主动脉夹层患者的临床特征及术后院内死亡危险因素分析[J]. *现代生物医学进展*, 2019, 19(7): 1362-1366
- [13] Tong J, Cao L, Liu L, et al. Impact of autologous platelet rich plasma use on postoperative acute kidney injury in type A acute aortic dissection repair: a retrospective cohort analysis [J]. *J Cardiothorac Surg*, 2021, 16(1): 9
- [14] 王洪岩, 赵永波, 刘晓, 等. 急性主动脉夹层患者入院时血钠水平与其术后 30 天院内死亡的相关性研究 [J]. *中国全科医学*, 2021, 24(29): 3678-3683, 3691
- [15] Schrezenmeier EV, Barasch J, Budde K, et al. Biomarkers in acute kidney injury - pathophysiological basis and clinical performance[J]. *Acta Physiol (Oxf)*, 2017, 219(3): 554-572
- [16] Bauvois B, Susin SA. Revisiting Neutrophil Gelatinase-Associated Lipocalin (NGAL) in Cancer: Saint or Sinner?[J]. *Cancers (Basel)*, 2018, 10(9): 336
- [17] Han M, Li Y, Wen D, et al. NGAL protects against endotoxin-induced renal tubular cell damage by suppressing apoptosis [J]. *BMC Nephrol*, 2018, 19(1): 168
- [18] Lalanne A, Beaudoux JL, Bernard MA. NGAL: a biomarker of acute and chronic renal dysfunction[J]. *Ann Biol Clin (Paris)*, 2011, 69(6): 629-636
- [19] Zhang L, Sun J, Zhang M, et al. The significance of combined detection of CysC, urinary mAlb and β 2-MG in diagnosis of the early renal injury in pregnancy-induced hypertension syndrome [J]. *Saudi J Biol Sci*, 2019, 26(8): 1982-1985
- [20] Wang R, Hu H, Hu S, et al. β 2-microglobulin is an independent indicator of acute kidney injury and outcomes in patients with intracerebral hemorrhage [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2020, 99(8): e19212
- [21] Zhang Y, Zhang B, Wang D, et al. Evaluation of Novel Biomarkers for Early Diagnosis of Acute Kidney Injury in Asphyxiated Full-Term Newborns: A Case-Control Study [J]. *Med Princ Pract*, 2020, 29(3): 285-291
- [22] Premru V, Kovač J, Ponikvar R. Use of myoglobin as a marker and predictor in myoglobinuric acute kidney injury [J]. *Ther Apher Dial*, 2013, 17(4): 391-395
- [23] Samuel HU, Balasubramanian T, Thirumavalavan S, et al. Rhabdomyolysis with myoglobin-induced acute kidney injury: A case series of four cases [J]. *Indian J Pathol Microbiol*, 2021, 64(2): 382-384
- [24] Guerrero-Hue M, Rubio-Navarro A, Sevillano Á, et al. Adverse effects of the renal accumulation of haem proteins. Novel therapeutic approaches[J]. *Nefrologia (Engl Ed)*, 2018, 38(1): 13-26
- [25] Raju NA, Rao SV, Joel JC, et al. Predictive Value of Serum Myoglobin and Creatine Phosphokinase for Development of Acute Kidney Injury in Traumatic Rhabdomyolysis [J]. *Indian J Crit Care Med*, 2017, 21(12): 852-856
- [26] Han YZ, Zhang J, Gao RY, et al. Predictive utility of postoperative serum myoglobin in acute kidney injury after liver transplantation[J]. *Ann Palliat Med*, 2021, 10(11): 11265-11277
- [27] Lee KS, Kim HJ, Lee YS, et al. Investigating preoperative myoglobin level as predictive factor for acute kidney injury following cardiac surgery with cardiopulmonary bypass: a retrospective observational study[J]. *Braz J Anesthesiol*, 2021, S0104-0014(21)00370-5
- [28] Li CH, Leta R, Pons-Lladó G. Myocardial hypoperfusion in acute aortic dissection [J]. *Revista Española De Cardiol Engl Ed*, 2014, 67(4): 323
- [29] 葛翼鹏, 里程楠, 钟永亮, 等. 肾动脉受累: 急性 Stanford A 型主动脉夹层中低温停循环术后急性肾损伤 KDIGO 3 期的独立危险因素[J]. *中华胸心血管外科杂志*, 2021, 37(6): 335-338
- [30] 郭拓, 柴湘平, 周阳, 等. 急性 Stanford A 型主动脉夹层患者术后并发急性肾损伤的相关因素研究[J]. *中国急救复苏与灾害医学杂志*, 2021, 16(5): 536-539, 544