

冠状动脉旁路移植术后发生低心排综合征危险因素meta分析

姜若曦¹ 杨少娣¹ 马丽慧¹ 曾海丽¹ 黄丽茹¹ 陆惠慧²▲

1. 广州医科大学附属清远医院 广东省清远市人民医院心脏大血管外科, 广东清远 511500;

2. 广州医科大学附属清远医院 广东省清远市人民医院护理部, 广东清远 511500

[摘要] 目的 通过 meta 分析探讨冠状动脉旁路移植(CABG)术后患者发生低心排量综合征(LCOS)的危险因素。方法 中、外文相关文献经过检索、筛选、资料提取、质量评价和 meta 分析。结果 最终纳入 14 篇文献, 涉及 12 605 例患者资料。meta 分析结果显示三支血管病变 [OR=1.12, 95%CI (0.28, 4.47)] 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。meta 分析得出 CABG 术后发生 LCOS 的危险因素为心律失常 [OR=7.22, 95%CI (4.93, 10.58)]、心肌梗死 [OR=2.28, 95%CI (1.65, 3.14)]、糖尿病 [OR=1.72, 95%CI (1.45, 2.04)]、脑梗死 [OR=4.63, 95%CI (2.01, 10.65)]、紧急手术 [OR=2.61, 95%CI (2.24, 3.04)]、急性肾功能衰竭 [OR=3.80, 95%CI (2.16, 6.70)]、左心室射血分数低 [OR=3.50, 95%CI (2.17, 5.66)]、年龄 ≥ 60 岁 [OR=2.47, 95%CI (1.71, 3.56)]、不完全血运重建 [OR=0.33, 95%CI (0.24, 0.46)]、左主干病变 [OR=1.97, 95%CI (1.11, 3.51)]、肌酐高 [WMD=15.94, 95%CI (7.26, 24.61)]、术中失血量大 [WMD=189.07, 95%CI (148.07, 230.07)] 和手术时间长 [WMD=0.68, 95%CI (0.45, 0.90)]。结论 在当前现有证据情况下, meta 分析得到 13 个 CABG 术后发生 LCOS 的有效危险因素。

[关键词] 冠状动脉旁路移植术; 低心排综合征; 危险因素; meta 分析

[中图分类号] R654.2

[文献标识码] A

[文章编号] 2095-0616 (2025)02-0079-05

DOI:10.20116/j.issn2095-0616.2025.02.19

Meta-analysis of risk factors of low cardiac output syndrome after coronary artery bypass grafting

JIANG Ruoxi¹ YANG Shaodi¹ MA Lihui¹ ZENG Haili¹ HUANG Liru¹ LU Huihui²

1. Department of Cardiovascular and Vascular Surgery, Qingyuan Hospital Affiliated to Guangzhou Medical University, the People's Hospital in Qingyuan City, Guangdong, Qingyuan 511500, China; 2. Department of Nursing, Qingyuan Hospital Affiliated to Guangzhou Medical University, the People's Hospital in Qingyuan City, Guangdong, Qingyuan 511500, China

[Abstract] **Objective** To investigate the risk factors of low cardiac output syndrome (LCOS) after coronary artery bypass grafting (CABG) by meta-analysis. **Methods** Relevant documents in Chinese and foreign languages were searched, screened, extracted, evaluated and analyzed by meta-analysis. **Results** Finally, 14 articles were included, involving data from 12 605 patients. The meta-analysis results showed that there was no statistically significant difference ($P > 0.05$) in 3 vessel lesions (OR=1.12, 95%CI [0.28, 4.47]). Meta analysis showed that the risk factors for LCOS after CABG were in the following. They were arrhythmia (OR=7.22, 95%CI [4.93, 10.58]), myocardial infarction (OR=2.28, 95%CI [1.65, 3.14]), diabetes (OR=1.72, 95%CI [1.45, 2.04]), cerebral infarction (OR=4.63, 95%CI [2.01, 10.65]), emergency surgery (OR=2.61, 95%CI [2.24, 3.04]), acute renal failure (OR=3.80, 95%CI [2.16, 6.70]), left ventricular ejection low score (OR=3.50, 95%CI [2.17, 5.66]), age ≥ 60 years (OR=2.47, 95%CI [1.71, 3.56]), incomplete revascularization (OR=0.33, 95%CI [0.24, 0.46]), left main artery disease (OR=1.97, 95%CI [1.11, 3.51]), high creatinine (WMD=15.94, 95%CI [7.26, 24.61]), large intraoperative hemorrhage (WMD=189.07, 95%CI [148.07, 230.07]) and long operation time (WMD = 0.68, 95%CI [0.45, 0.90]). **Conclusion** Based on the existing evidence, 13 effective risk factors of LCOS after CABG were obtained by meta-analysis.

[Key words] Coronary artery bypass grafting; Low cardiac output syndrome; Risk factors; Meta-analysis

[基金项目] 广东省清远市社会发展领域自筹经费科技计

划项目 (200727104561374)。

▲通讯作者

冠状动脉旁路移植即冠状动脉搭桥术 (coronary artery bypass grafting, CABG) 是治疗冠状动脉粥样硬化性心脏病常用有效手段。术后会因心室功能障碍,再加上术前冠状动脉硬化的病理基础,易发生全身灌注减少的临床综合征即低心排量综合征 (low cardiac output syndrome, LCOS)^[1],简称低心排综合征。LCOS 是 CABG 术后严重并发症之一,发生率为 5.7% ~ 30.0%^[2],约 25.4% 会危及生命^[3]。心脏术后 24 ~ 48 h 是 LCOS 的高发期^[4],高发期是临床医护人员高度关注阶段,警惕发生严重并发症。预防并发症 LCOS 发生的前提是熟知其危险因素,识别和干预 LCOS 可逆性因素,营养和保护患者心肌。为预防此类并发症提供参考依据,本研究通过 meta 分析探讨 CABG 术后 LCOS 的危险因素。

1 资料与方法

1.1 文献纳入及排除标准

纳入标准:①病例对照研究或队列研究;②已满 18 周岁行 CABG;③术后发生 LCOS^[5]。

排除标准:①合并瓣膜置换术;②非中、英文;③会议论文、综述等研究类型不符;④无法获取全文、无法提取数据或数据转化;⑤质量评分 ≤ 4 分。

1.2 文献检索

检索 PubMed、Web of Science、Embase、Cochrane Library、CINAHL、Scopus、中国知网、万方、维普及中国生物医学文献数据库,检索建库至 2023 年 11 月文献。中文以中国知网为例:(主题 = 冠状动脉分流术 + 冠状动脉旁路移植术 + 冠状动脉旁路手术 + 主动脉冠状动脉分流术 + 冠状动脉搭桥) AND (主题 = 低心排量综合征 + 低心排综合征 + 低心排出量综合征 + 低心排出量) AND (主题 = 危险因素 + 影响因素 + 风险因素 + 相关因素 + 病理因素 + 原因分析)。外文以 Web of Science 为例。TS=("Coronary Artery Bypass" OR "Artery Bypass, Coronary" OR "Artery Bypasses, Coronary" OR "Bypasses, Coronary Artery" OR "Coronary Artery Bypasses" OR "Coronary Artery Bypass Surgery" OR "Bypass, Coronary Artery" OR "Aortocoronary Bypass" OR "Aortocoronary Bypasses" OR "Bypass, Aortocoronary" OR "Bypasses, Aortocoronary" OR "Bypass Surgery, Coronary Artery" OR "Coronary Artery Bypass Grafting" OR CABG) AND TS=("Cardiac Output, Low" OR "Output, Low Cardiac" OR "Low Cardiac Output" OR "Low Cardiac Output Syndrome") AND TS=("risk factor" OR "influence factor" OR "related factor" OR predictor)。

1.3 文献筛选和资料提取

将检索的文献导入 NoteExpress, 经过去重、阅读文题和摘要初筛、阅读全文二次复筛,确定最终纳入的文献。并从中提取作者、危险因素等数据。

1.4 文献质量评价

2 名研究者独立使用纽卡斯尔-渥太华量表 (the Newcastle-Ottawa scale, NOS)^[6] 评价文献,若存在异议时讨论商定。NOS 评价内容共 0 ~ 9 分, ≤ 4 分为文献质量低。

1.5 统计学方法

使用 Stata 14.0 统计学软件进行 meta 分析。二分类变量采用比值比 (odds ratio, OR) 及 95%CI 表示,连续性变量采用加权均数差 (weighted mean difference, WMD) 和 95%CI 描述。研究间异质性以 I^2 检验及 P 值判断,若 $I^2 \geq 50\%$ 采用随机效应模型,反之则用固定效应模型。对异质性较大的研究结果,采用敏感性分析寻找异质性来源。对纳入某危险因素数量 ≥ 10 篇的文献,绘制漏斗图、进行 Egger's 和 Begg's 检验评估发表偏倚。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。危险因素研究数量少、数据无法合并故采用描述性评价。

2 结果

2.1 文献检索结果

10 个数据库共检索文献 843 篇 (外文 732 篇、中文 111 篇),初筛后得到 103 篇,阅读全文后最终纳入 14 篇文献^[3,7-19],中文^[7-13] 和外文各 7 篇^[3,14-19]。见图 1。

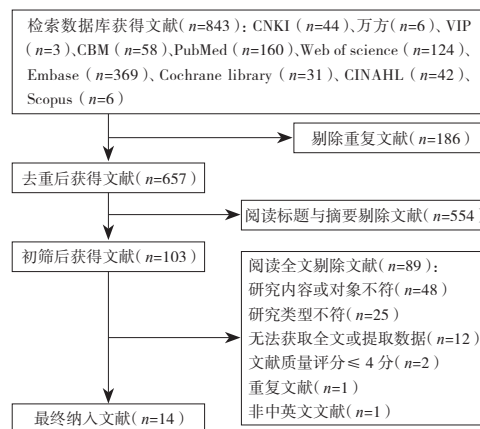


图 1 文献筛选流程及结果

2.2 纳入研究的基本特征

14 篇研究^[3,7-19] 中有 10 篇^[7-14,16,18] 病例对照研究,4 篇^[3,15,17,19] 队列研究,涉及 12 605 例患者,病例组 1493 例,对照组 11 112 例。共提取了 19 个相关因素。见表 1。

2.3 meta 分析结果

对涉及 >2 篇研究的 14 个相同影响因素进行效

表1 纳入研究的基本特征及质量评价结果

研究	国家	研究类型	样本量 (例)		危险因素	NOS 评分 (分)
			病例组	对照组		
国鹏飞等 2022 ^[7]	中国	病例对照	58	707	①②④⑨⑭⑮⑰	8
国鹏飞 2022 ^[8]	中国	病例对照	99	666	④⑫⑬⑭⑯	7
唐茂华 2021 ^[9]	中国	病例对照	11	48	②⑫⑬	6
杨良龙 2021 ^[10]	中国	病例对照	55	397	①②③⑦⑧⑩⑬⑭	7
刘海渊等 2020 ^[11]	中国	病例对照	40	270	①⑦⑧⑨⑫	6
伍育旗等 2014 ^[12]	中国	病例对照	13	79	①②⑤⑰	7
李淑珍等 2009 ^[13]	中国	病例对照	29	124	①②⑩	5
Mendes 等 2023 ^[14]	比利时	病例对照	355	2451	⑤⑥⑦⑱	7
Rana 等 2023 ^[3]	尼泊尔	队列研究	43	157	④⑥	5
Dedemoğlu 等 2019 ^[15]	土耳其	队列研究	27	99	①②⑥	5
Ding 等 2015 ^[16]	中国	病例对照	205	1319	②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪	8
SáM 等 2012 ^[17]	巴西	队列研究	89	516	②⑤⑦⑧⑩	7
Açil 等 2006 ^[18]	土耳其	病例对照	57	133	②⑦⑫	7
Rao 等 1996 ^[19]	加拿大	队列研究	412	4146	②③④⑤⑦⑧⑨⑩⑰⑱	5

注 ①心律失常; ②心肌梗死; ③糖尿病; ④脑梗死; ⑤紧急手术; ⑥急性肾功能衰竭; ⑦左心室射血分数低; ⑧年龄 ≥ 60 岁; ⑨三支血管病变; ⑩左主干病变; ⑪不完全血运重建; ⑫肌酐高; ⑬手术时间长; ⑭术中失血量大; ⑮肺部病变; ⑯吸烟史; ⑰女性; ⑱心脏手术史; ⑲颈动脉狭窄或闭塞; NOS: 纽卡斯尔-渥太华量表

应量合并。meta 分析显示心律失常等 13 个有效危险因素与发生 LCOS 相关。见表 2。

2.4 描述性分析

对于原始文献中报道的相关因素无足够文献数量进行效应量合并时,进行描述性分析。包括女性^[12,19]、肺部病变^[7]、吸烟史^[8]、心脏手术史^[14,19]、颈动脉狭窄或闭塞^[7]的文献数量 ≤ 2,无法合并效应量,结果有待进一步验证。

2.5 敏感性分析

将 $I^2 \geq 50\%$ 的研究进行敏感性分析,更换效应

模型(随机效应模型换为固定效应模型),结果显示三支血管病变的效应量和 P 值发生根本性转变,通过敏感性分析得到异质性来源是 Ding 等^[16]的研究,见图 2。其余研究的 meta 分析结果基本稳健。见表 3。

2.6 发表偏倚

纳入心肌梗死的漏斗图显示散点左右分布不完全对称,提示可能存在一定的发表偏倚,见图 3, Begg's 检验显示, $Z=0.36, P=0.72$,见图 4; Egger's 检验显示, $t=0.95, P=0.37$,见图 5,提示发表偏倚的可能性较小。

表2 LCOS危险因素异质性检验及meta分析结果

危险因素	纳入研究数	异质性检验		效应模型	meta 分析结果			
		P 值	I^2 (%)		OR/WMD 值	95%CI	Z 值	P 值
心律失常	6 ^[7, 10-13, 15]	0.292	19	固定	7.22	4.93, 10.58	10.14	<0.001
心肌梗死	10 ^[7, 9-10, 12-13, 15-19]	0.003	65	随机	2.28	1.65, 3.14	5.00	<0.001
糖尿病	3 ^[10, 16, 19]	0.504	0	固定	1.72	1.45, 2.04	6.32	<0.001
脑梗死	5 ^[3, 7-8, 16, 19]	<0.001	90	随机	4.63	2.01, 10.65	3.00	<0.001
紧急手术	5 ^[12, 14, 16-17, 19]	0.408	0	固定	2.61	2.24, 3.04	12.30	<0.001
急性肾功能衰竭	4 ^[3, 14-16]	0.004	78	随机	3.80	2.16, 6.70	4.62	<0.001
左心室射血分数低	7 ^[10-11, 14, 16-19]	<0.001	89	随机	3.50	2.17, 5.66	5.13	<0.001
年龄 ≥ 60 岁	5 ^[10-11, 16-17, 19]	0.009	71	随机	2.47	1.71, 3.56	4.81	<0.001
三支血管病变	4 ^[7, 11, 16, 19]	<0.001	98	随机	1.12	0.28, 4.47	0.17	0.868
不完全血运重建	3 ^[13, 16-17]	0.865	0	固定	0.33	0.24, 0.46	6.71	<0.001
左主干病变	3 ^[10, 16, 19]	<0.001	88	随机	1.97	1.11, 3.51	2.30	0.021
肌酐高	4 ^[8-9, 11, 18]	0.490	0	固定	15.94 ^a	7.26, 24.61	3.60	<0.001
术中失血量大	3 ^[7-8, 10]	0.288	20	固定	189.07 ^a	148.07, 230.07	9.04	<0.001
手术时间长	3 ^[8-10]	0.346	6	固定	0.68 ^a	0.45, 0.90	5.97	<0.001

注 ^aWMD 值

表3 LCOS危险因素敏感性分析

危险因素	随机效应模型			固定效应模型		
	OR 值	95%CI	P 值	OR 值	95%CI	P 值
心肌梗死	2.28	1.65, 3.14	<0.001	2.07	1.78, 2.41	<0.001
脑梗死	4.63	2.01, 10.65	<0.001	4.93	3.87, 6.28	<0.001
急性肾功能衰竭	3.80	2.16, 6.70	<0.001	2.74	2.26, 3.32	<0.001
左心室射血分数低	3.50	2.17, 5.66	<0.001	3.11	2.69, 3.61	<0.001
年龄 ≥ 60 岁	2.47	1.71, 3.56	<0.001	2.24	1.91, 2.63	<0.001
三支血管病变	1.12	0.28, 4.47	0.868	0.78	0.67, 0.91	0.001
左主干病变	1.97	1.11, 3.51	0.021	1.57	1.32, 1.88	<0.001

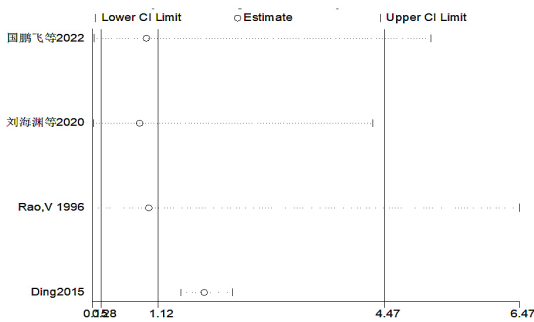


图2 三支血管病变的敏感性分析

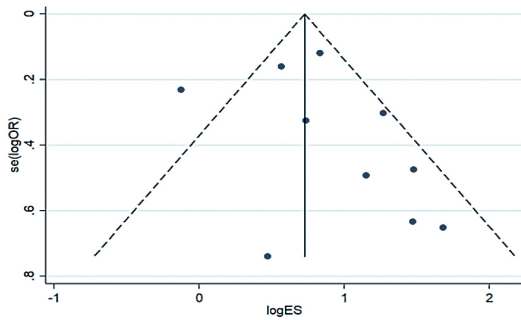


图3 漏斗图

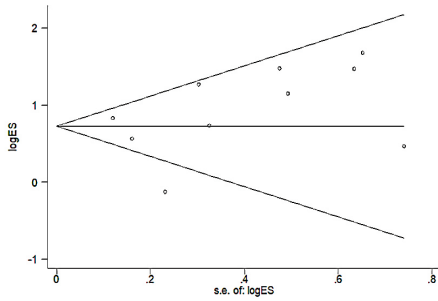


图4 Begg's 图

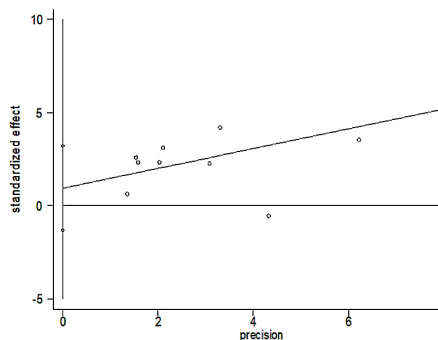


图5 Egger's 图

3 讨论

3.1 人口学因素

meta 分析结果显示,年龄是 CABG 术后发生 LCOS 的危险因素。进入老年阶段,人体生理机能随之衰减^[16]以及合并慢病等病理损害^[17],机体对手术的耐受性下降^[10],增加了术后并发症的风险。

3.2 疾病相关因素

本 meta 分析显示,心律失常、心肌梗死、糖尿病、脑梗死、肌酐高、急性肾功能衰竭、左主干病变和左心室射血分数低均为 CABG 术后 LCOS 的危险因素。分析原因。①心律失常、心肌梗死、左主干病变和左心室射血分数低可归纳为心脏自身的病变。左主干作为冠状动脉重要分支,当其病变时会出现不同程度的射血分数降低^[10]。当一支或多支冠状动脉狭窄或病变,会伴随不同程度的心排量下降,若心肌持久的急性缺血,会发生心肌梗死。心脏的血流动力学与心脏节律变化密切相关,当机体出现缓慢型或快速型心律失常,都会影响每搏量和心肌收缩力,导致心排量减少,组织灌注不足而引发 LCOS^[2]。②糖尿病、脑梗、肌酐高、急性肾功能衰竭可归纳为合并其他脏器损害的病理基础。糖尿病患者体内糖类和脂质代谢紊乱,LCOS 风险更高^[19]; CABG 的患者术前合并有脑血管病变,术后 LCOS 的发生可达 30%^[3]。肌酐水平高于 707 $\mu\text{mol/L}$ 时,肾排水、排钠功能障碍,体内持续高容量状态,腹腔静脉压增高,导致全身低血压和心排量下降^[20]。

3.3 手术相关因素

本研究中紧急手术是 CABG 术后 LCOS 的危险因素。相比于择期手术,急诊手术的风险、LCOS 概率显著增高^[17]。术中失血量大是 CABG 术后 LCOS 的危险因素,其机制探讨最常见的是氧气供需失衡而导致的 LCOS^[21]。Ding 等^[16] 研究中,不完全血运重建为 CABG 术后 LCOS 的危险因素,与本研究结果一致,在 CABG 中,不完全血运重建会产生不同程度的心肌损伤,进而诱发并发症的发生。

3.4 研究的局限性

本研究纳入的大多为病例对照研究,其因果论证力度比较弱;只纳入了公开发表的中、英文文献,可能存在选择偏倚。

综上所述,本研究整合相关原始文献结果,在扩大样本量的基础上,以 meta 分析探讨 CABG 术后 LCOS 的危险因素,得出 13 个有效危险因素。

利益冲突:所有作者声明不存在利益冲突。

[参考文献]

- [1] Kochar A, Zheng Y, van Diepen S, et al. Predictors and associated clinical outcomes of low cardiac output syndrome following cardiac surgery: insights from the LEVO-CTS trial[J]. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*, 2022, 11 (11) : 818-825.
- [2] Dos Santos ER, Lopes CT, Maria VL, et al. Risk factors for decreased cardiac output after coronary artery bypass grafting: a prospective cohort study[J]. *Eur J Cardiovasc Nurs*, 2017, 16 (4) : 352-359.
- [3] Rana KB, Ansari A, Sharma P, et al. Frequency of Low Cardiac Output Syndrome Following on Pump Coronary Artery Bypass Grafting Surgery and it's Association with Degree of Pre-operative Left Ventricular Dysfunction[J]. *Kathmandu Univ Med J*, 2023, 21 (81) : 79-84.
- [4] 中国医师协会心脏重症专家委员会. 低心排量综合征中国专家共识[J]. *解放军医学杂志*, 2017, 42 (11) : 933-944.
- [5] Alten J A, Gaies M. Defining low cardiac output syndrome: an ode to justice potter Stewart[J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2017, 18 (1) : 85-87.
- [6] Lo CK, Mertz D, Loeb M. Newcastle-Ottawa Scale: comparing reviewers' to authors' assessments[J]. *BMC Med Res Methodol*, 2014, 14: 45.
- [7] 国鹏飞, 高政, 颜文龙, 等. 非体外循环下冠状动脉旁路移植术后低心排量综合征危险因素分析[J]. *实用医学杂志*, 2022, 38 (11) : 1359-1364.
- [8] 国鹏飞. 非体外循环下冠状动脉旁路移植术后低心排量综合征危险因素分析及转归[D]. 青岛: 青岛大学, 2022: 59.
- [9] 唐茂华. 体外循环术后低心排相关因素分析[D]. 遵义: 遵义医科大学, 2021: 52.
- [10] 杨良龙. 冠状动脉旁路移植术后低心排量综合征危险因素分析[D]. 银川: 宁夏医科大学, 2021: 51.
- [11] 刘海渊, 张成鑫, 刘状, 等. 体外循环下冠状动脉旁路移植术后患者发生低心排量综合征危险因素分析[J]. *岭南心血管病杂志*, 2020, 26 (2) : 170-175.
- [12] 伍育旗, 余旻, 刘玉英, 等. 冠状动脉旁路移植术后低心排的危险因素[J]. *心脏杂志*, 2014, 26 (3) : 320-322.
- [13] 李淑珍, 朱宪明, 刘志平, 等. 冠状动脉旁路移植术后低心排量综合征的危险因素分析与防治[J]. *内蒙古医学院学报*, 2009, 31 (5) : 461-465.
- [14] Mendes MA, Fabre M, Amabili P, et al. Development and Validation of a Prediction Score for Low-Cardiac-Output Syndrome After Adult Cardiac Surgery[J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2023, 37 (10) : 1967-1973.
- [15] Dedemoğlu M, Aksoy E. Higher Gensini Angiographic Score Predicts Poor Outcomes in High Weight Patients Undergoing Coronary Artery Bypass Grafting[J]. *Firat Tip Dergisi*, 2019, 24 (4) : 205-210.
- [16] Ding WJ, Ji Q, Shi YQ, et al. Predictors of Low Cardiac Output Syndrome After Isolated Coronary Artery Bypass Grafting[J]. *Int Heart J*, 2015, 56 (2) : 144-149.
- [17] Sá M P, Nogueira JR, Ferraz PE, et al. Risk factors for low cardiac output syndrome after coronary artery bypass grafting surgery[J]. *Rev Bras Cir Cardiovasc*, 2012, 27 (2) : 217-223.
- [18] Açıl T, Türköz R, Açıl M, et al. Value of prolonged QRS duration as a predictor of low cardiac output syndrome in patients with impaired left ventricular systolic function who undergo isolated coronary artery bypass grafting[J]. *Am J Cardiol*, 2006, 98 (10) : 1357-1362.
- [19] Rao V, Ivanov J, Weisel RD, et al. Predictors of low cardiac output syndrome after coronary artery bypass[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1996, 112 (1) : 38-51.
- [20] Afsar B, Ortiz A, Covic A, et al. Focus on renal congestion in heart failure[J]. *Clin Kidney J*, 2016, 9 (1) : 39-47.
- [21] 柴晓利, 张臣, 丰庆春. 老年重症心脏瓣膜疾病患者术后发生低心排量综合征危险因素分析[J]. *心血管病学进展*, 2022, 43 (11) : 1043-1049.

(收稿日期: 2024-02-15)