



(扫描二维码查看原文)

· 医学循证 ·

冠状动脉旁路移植术患者并发急性肾损伤影响因素的 Meta 分析

陈晨, 陈园园, 刘欣怡, 尚星辰, 祝娉婷

【摘要】 背景 冠状动脉旁路移植术 (CABG) 是临床治疗冠状动脉粥样硬化性心脏病的主要手术方式, 急性肾损伤 (AKI) 是其常见的严重并发症之一。早期总结 CABG 患者并发 AKI 的危险因素对识别高危人群并制定干预措施具有重要意义, 目前尚未见相关 Meta 分析及系统评价报道。**目的** 采用 Meta 分析法探讨 CABG 患者并发 AKI 的影响因素, 以期预防 CABG 患者并发 AKI 提供循证依据。**方法** 计算机检索 PubMed、Embase、Cochrane Library 及中国知网、万方数据知识服务平台、维普网、中国生物医学文献数据库, 检索时限为建库至 2021 年 6 月。检索 CABG 患者并发 AKI 影响因素的相关文献。病例组为 CABG 后并发 AKI 患者, 对照组为 CABG 后未并发 AKI 患者。收集患者一般因素、客观指标、疾病类型、手术因素进行 Meta 分析。采用漏斗图分析纳入相关指标的文献是否存在发表偏倚。**结果** 最终纳入 25 篇文献, 包含 16 035 例患者, 其中对照组 11 959 例, 病例组 4 076 例。Meta 分析结果显示, 两组患者年龄、体质指数 (BMI)、血肌酐 (Scr) 水平、估算肾小球滤过率 (eGFR)、欧洲心血管手术危险因素评分系统 (EuroSCORE) 评分、血红蛋白水平、心肌梗死发生率、高血压发生率、高脂血症发生率、慢性阻塞性肺疾病 (COPD) 发生率、卒中发生率、糖尿病发生率、急诊手术者占比、输血率、主动脉阻断时间、主动脉内球囊反搏术 (IABP) 治疗率、旁路移植数量、机械通气时间、体外循环 (CPB) 时间、ICU 入住时间比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。漏斗图分析结果显示, 报道年龄、男性占比、BMI、左心室射血分数、Scr 水平、心肌梗死发生率、高血压发生率、糖尿病发生率、急诊手术者占比、IABP 治疗率、CPB 时间文献的数据点基本对称均匀, 且所有数据点分布于漏斗图内部, 提示上述文献发表偏倚较小。**结论** 本 Meta 分析结果显示, 年龄、BMI、Scr 水平、eGFR、EuroSCORE 评分、血红蛋白水平、心肌梗死、高血压、高脂血症、COPD、卒中、糖尿病、急诊手术、输血、主动脉阻断时间、IABP、旁路移植数量、机械通气时间、CPB 时间、ICU 入住时间可能是 CABG 患者并发 AKI 的影响因素。

【关键词】 急性肾损伤; 冠状动脉旁路移植术; 影响因素分析; Meta 分析

【中图分类号】 R 692.5 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2021.00.294

陈晨, 陈园园, 刘欣怡, 等. 冠状动脉旁路移植术患者并发急性肾损伤影响因素的 Meta 分析 [J]. 实用心脑血管病杂志, 2022, 30 (1): 78-84. [www.syxnf.net]

CHEN C, CHEN Y Y, LIU X Y, et al. Influencing factors of acute kidney injury in patients with coronary artery bypass grafting: a meta-analysis [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2022, 30 (1): 78-84.

Influencing Factors of Acute Kidney Injury in Patients with Coronary Artery Bypass Grafting: a Meta-analysis CHEN

Chen, CHEN Yuanyuan, LIU Xinyi, SHANG Xingchen, ZHU Pingting

School of Nursing, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China

Corresponding author: ZHU Pingting, E-mail: ptzhu@yzu.edu.cn

【Abstract】 Background Coronary artery bypass grafting (CABG) is the main surgical method for coronary heart disease in clinic, and acute kidney injury (AKI) is one of its common and minor complications. Therefore, it is necessary to explore the risk factors of AKI in patients with CABG, so as to identify high-risk patients and formulate intervention. No relevant meta-analysis or systematic reviews has been reported so far. **Objective** To explore the influencing factors of AKI in patients with CABG via meta-analysis, so as to provide evidence for the prevention of AKI in patients with CABG. **Methods** Electronic databases which included PubMed, Embase, Cochrane Library, CNKI, Wanfang Data, VIP, CBM were searched from inception to June 2021. The related literature of influencing factors of AKI in CABG patients were searched. The case group was the patients with AKI after CABG, and the control group was the patients without AKI after CABG. General factors, objective indicators, type of disease and surgical factors of patients were collected for meta-analysis. Funnel plot was used to analyze whether there was

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (82174129); 江苏省研究生科研与实践创新计划项目 (KYCX20_3006); 江苏省人兽共患病学重点实验室“护馨基金”项目 (HX2002); 扬州大学“青蓝工程” (扬大人事〔2018〕44号)

225009 江苏省扬州市, 扬州大学护理学院

通信作者: 祝娉婷, E-mail: ptzhu@yzu.edu.cn

publication bias in the literature included in relevant indicators. **Results** Finally, a total of 25 articles were recruited, including 16 035 cases of patients, among them, there were 11 959 cases in the control group and 4 076 cases in the case group. Meta-analysis results showed that there were statistically significant differences in age, body mass index (BMI), serum creatinine (Scr) level, estimated glomerular filtration rate (eGFR), European System for Cardiac Operative Risk Evaluation (EuroSCORE), hemoglobin level, incidence of myocardial infarction, incidence of hypertension, incidence of hyperlipidemia, incidence of chronic obstructive pulmonary disease (COPD), incidence of stroke, incidence of diabetes, proportion of emergency surgery, blood transfusion rate, aortic occlusion time, intra-aortic balloon pump (IABP) treatment rate, number of bypass transplants, mechanical ventilation time, cardiopulmonary bypass (CPB) time, ICU stay time between the two groups ($P < 0.05$). Funnel plots analysis showed that, the data points of articles which reported age, male proportion, BMI, left ventricular ejection fraction, Scr level, incidence of myocardial infarction, incidence of hypertension, incidence of diabetes, proportion of emergency surgery, IABP treatment rate, CPB time were basically symmetrical and uniform, and were evenly distributed in the funnel plot, indicated that the publication bias of above articles was small. **Conclusion** The results of this meta-analysis show that age, BMI, Scr level, eGFR, EuroSCORE score, hemoglobin level, myocardial infarction, hypertension, hyperlipidemia, COPD, stroke, diabetes, emergency surgery, blood transfusion, aortic occlusion time, IABP, number of bypass grafts, mechanical ventilation time, CPB time, ICU stay time may be the influencing factors of AKI in patients with CABG.

【Key words】 Acute kidney injury; Coronary artery bypass grafting; Root cause analysis; Meta-analysis

冠状动脉旁路移植术 (coronary artery bypass grafting, CABG) 是一种血运重建技术, 可解决病变冠状动脉供血范围内的心肌缺血问题。急性肾损伤 (acute kidney injury, AKI) 是 CABG 常见的严重并发症之一^[1], 发生率为 5%~45%^[2-3], 除可延长患者 ICU 入住时间及总住院时间外, 还会增加患者住院死亡风险^[4-5]。因此, 早期总结 CABG 患者并发 AKI 的危险因素对识别高危人群并制定干预措施具有重要意义。基于此, 本研究采用 Meta 分析法探讨 CABG 患者并发 AKI 的影响因素, 以期预防 CABG 患者并发 AKI 提供循证依据。

1 资料与方法

1.1 文献纳入与排除标准 纳入标准: (1) 研究类型: 国内外发表的队列研究或病例对照研究; (2) 研究对象: 年龄 ≥ 18 岁的行 CABG 的患者; (3) 病例组为 CABG 后并发 AKI 患者, 对照组为 CABG 后未并发 AKI 患者; (4) 语种为中文或英文。排除标准: (1) 重复发表文献; (2) 会议论文、综述、述评等非队列研究或随机对照研究; (3) 数据有误、无法提取数据资料的文献; (4) 无法获取全文的文献。

1.2 检索策略 计算机检索 PubMed、Embase、Cochrane Library 及中国知网、万方数据知识服务平台、维普网、中国生物医学文献数据库, 检索时限为建库至 2021 年 6 月。采取主题词和自由词相结合的方式检索 CABG 患者并发 AKI 影响因素的相关文献, 其中英文检索词包括 coronary artery bypass、coronary artery bypass*、coronary artery bypass surgery、aortocoronary bypass、coronary bypass grafting、coronary artery bypass grafting、CABG、acute kidney injury、acute kidney injur、acute renal injur*、acute renal insufficienc*、acute kidney insufficienc*、acute renal failure、acute kidney failure、risk factors、health correlates、risk score、risk factor score、population at risk、predictor、relevant factor、associate factor; 中文检索词包括冠状动脉旁路移植术、冠脉旁路移植术、冠状动脉搭桥术、冠脉搭桥术、急性肾损伤、急性肾功能损伤、急性肾功能不全、急性肾损害、危险因素、影响因素、相关因素、

预测因素。

1.3 文献筛选、资料提取及质量评价 由两位研究者按照文献纳入与排除标准独立筛选文献、提取资料并评价纳入文献的方法学质量。如遇分歧, 则交由第三方裁决。资料提取内容包括: (1) 纳入文献的基本特征: 第一作者、发表年份、地区、研究类型、诊断方法、样本量。(2) 纳入文献的观察指标: 一般因素〔年龄、性别、体质指数 (body mass index, BMI)、吸烟史〕、客观指标〔纽约心脏病协会 (New York Heart Association, NYHA) 分级及术前左心室射血分数、血肌酐 (serum creatinine, Scr) 水平、估算肾小球滤过率 (estimated glomerular filtration rate, eGFR)、欧洲心血管手术危险因素评分系统 (European System for Cardiac Operative Risk Evaluation, EuroSCORE) 评分、白蛋白水平、血红蛋白水平〕、疾病类型〔心肌梗死、高血压、高脂血症、慢性阻塞性肺疾病 (chronic obstructive pulmonary disease, COPD)、卒中、周围血管病、脑血管疾病、左主干病变、糖尿病〕、手术因素〔急诊手术、输血、主动脉阻断时间、主动脉内球囊反搏术 (intra-aortic balloon pump, IABP)、旁路移植数量、机械通气时间、体外循环 (cardiopulmonary bypass, CPB) 时间、ICU 入住时间。(3) 采用纽卡斯尔-渥太华量表 (Newcastle-Ottawa Scale, NOS) 评估纳入文献的方法学质量, 将 NOS 总分 ≥ 6 分视为高质量文献^[6]。

1.4 统计学方法 采用 RevMan 5.3 统计学软件进行数据处理。计量资料以均数差 (mean difference, MD) 或标准化均数差 (standardized mean difference, SMD) 及 95% 置信区间 (confidence interval, CI) 表示; 计数资料以比值比 (odds ratio, OR) 及 95% CI 表示。纳入研究的异质性分析采用 Q 检验, 同时结合 I^2 定量判断异质性的程度。采用固定效应模型进行 Meta 分析, 以 $P < 0.1$, $I^2 > 50\%$ 表示各文献间有统计学异质性, 则进一步采用随机效应模型进行 Meta 分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。采用漏斗图分析纳入相关指标的文献是否存在发表偏倚。

2 结果

2.1 文献筛选结果、基本特征及质量评价 初步检索获得文献 1 519 篇, 经过逐层筛选, 最终纳入 25 篇文献^[5, 7-30], 包含 16 035 例患者, 其中对照组 11 959 例, 病例组 4 076 例。文献 NOS 评分均 ≥ 6 分, 文献质量较高。文献筛选流程见图 1, 纳入文献的基本特征及质量评价结果见表 1。

2.2 Meta 分析结果 固定效应模型结果显示, 报道年龄、男性占比、吸烟史、NYHA 分级 \geq Ⅲ级者占比、心肌梗死发生率、高血压发生率、高脂血症发生率、COPD 发生率、卒中发生率、周围血管病发生率、脑血管疾病发生率、左主干病变发生率、急诊手术者占比的各文献间无统计学异质性 ($P > 0.05$); 报道 BMI、左心室射血分数、Scr 水平、eGFR、EuroSCORE 评分、白蛋白水平、血红蛋白水平、糖尿病发生率、输血率、主动脉阻断时间、IABP 治疗率、旁路移植数量、机械通气时间、CPB 时间、ICU 入住时间的各文献间有统计学异质性 ($P < 0.05$), 进一步采用随机效应模型进行 Meta 分析, 结果显示, 两组患者年龄、BMI、Scr 水平、eGFR、EuroSCORE 评分、血红蛋白水平、心肌梗死发生率、高血压发生率、高脂血症发

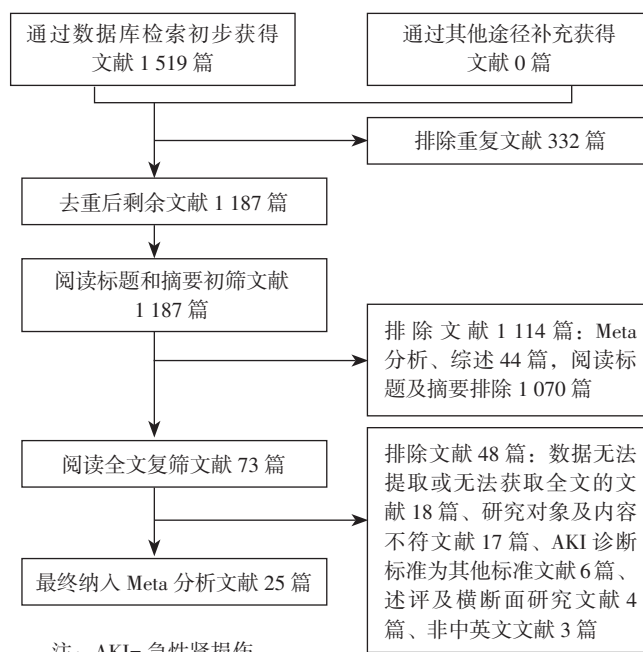


图 1 文献筛查流程图

Figure 1 Flow chart of literature searching and screening

表 1 纳入文献的基本特征及 NOS 评分
Table 1 Basic characteristics of the included literature and NOS score

第一作者	发表年份(年)	地区	研究类型	诊断方法	样本量(病例组/对照组)	观察指标	NOS 评分(分)
AMINI ^[5]	2019	伊朗	队列研究	AKIN	275/1 462	abdefglmsvx	8
CHEN ^[7]	2016	中国台湾	队列研究	KDIGO	102/251	abfimtuvwxyzAB	6
ORTEGA-LOUBON ^[8]	2018	西班牙	病例对照研究	RIFLE	54/381	abcedghilmnpqtuAB	8
DOLAPOGLU ^[9]	2019	土耳其	病例对照研究	AKIN	88/248	abedfghjmotuxA	7
GREENWOOD ^[10]	2019	英国	队列研究	KDIGO	40/97	abht	8
HIEW ^[11]	2016	马来西亚	病例对照研究	RIFLE	445/783	abcegluwxA	8
KIM ^[12]	2011	韩国	病例对照研究	AKIN	34/414	ablot	7
KUMADA ^[13]	2017	日本	病例对照研究	AKIN	47/251	bhmqrtu	8
KWON ^[14]	2019	韩国	病例对照研究	KDIGO	85/125	abfghmpqtuv	8
RETTIG ^[15]	2017	荷兰	队列研究	KDIGO	386/1 505	abcegiklmoptvA	8
NG ^[16]	2014	新加坡	队列研究	AKIN	391/1 057	abcegmtuvxyA	8
WINTGEN ^[17]	2021	芬兰	队列研究	KDIGO	79/142	abedgkmnoqrtaA	8
YUE ^[18]	2019	中国	病例对照研究	KDIGO	151/541	abceghjklmortuwyzA	8
艾力夏提·阿里甫 ^[19]	2016	中国	病例对照研究	AKIN	54/101	bglmtxyB	7
董高翔 ^[20]	2019	中国	病例对照研究	AKIN	79/180	abcefgjkmrtvy	6
樊国亮 ^[21]	2020	中国	病例对照研究	KDIGO	132/1 317	abedglnmptwxyzA	6
桂雷 ^[22]	2012	中国	病例对照研究	AKIN	79/458	abfglmnrtyzB	7
郭建中 ^[23]	2014	中国	队列研究	AKIN	29/232	afgB	7
韩增强 ^[24]	2016	中国	队列研究	RIFLE	50/455	abcefglmstxyzB	6
江慧琦 ^[25]	2014	中国	队列研究	AKIN	18/171	abfgimotwxzAB	6
李西慧 ^[26]	2017	中国	病例对照研究	AKIN	111/188	abcegmmostxzB	7
牛永胜 ^[27]	2014	中国	病例对照研究	AKIN	55/145	abcefgmostuxy	8
杨立猛 ^[28]	2019	中国	病例对照研究	KDIGO	1 105/469	abdfglmqrt	7
张国安 ^[29]	2019	中国	队列研究	KDIGO	48/75	abfgyz	8
张仁腾 ^[30]	2016	中国	病例对照研究	AKIN	139/911	blux	7

注: AKIN= 急性肾损伤网络标准, KDIGO= 改善肾脏病全球预后标准, RIFLE= 危险-伤害-衰竭-肾功能丧失-晚期肾衰竭标准, NOS= 纽卡斯尔-渥太华量表; a 表示年龄, b 表示性别, c 表示体质指数(BMI), d 表示吸烟史, e 表示纽约心脏病协会(NYHA)分级, f 表示术前左心室射血分数, g 表示血肌酐(Scr)水平, h 表示估算肾小球滤过率(eGFR), i 表示欧洲心血管手术危险因素评分系统(EuroSCORE)评分, j 表示白蛋白水平, k 表示血红蛋白水平, l 表示心肌梗死, m 表示高血压, n 表示高脂血症, o 表示慢性阻塞性肺疾病(COPD), p 表示卒中, q 表示周围血管病, r 表示脑血管疾病, s 表示左主干病变, t 表示糖尿病, u 表示急诊手术, v 表示输血, w 表示主动脉阻断时间, x 表示主动脉内球囊反搏术(IABP), y 表示旁路移植数量, z 表示机械通气时间, A 表示体外循环(CPB)时间, B 表示 ICU 入住时间

生率、COPD 发生率、卒中发生率、糖尿病发生率、急诊手术者占比、输血率、主动脉阻断时间、IABP 治疗率、旁路移植数量、机械通气时间、CPB 时间、ICU 入住时间比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 见表 2。

2.3 发表偏倚 针对报道年龄、男性占比、BMI、左心室射血分数、Scr 水平、心肌梗死发生率、高血压发生率、糖尿病发生率、急诊手术者占比、IABP 治疗率、CPB 时间的文献 (均 ≥ 10 篇) 分别绘制漏斗图, 结果显示, 数据点基本对称均匀, 且所有数据点分布于漏斗图内部, 提示上述文献的发表偏倚较小。

3 讨论

AKI 是 CABG 常见的严重并发症之一, 明确 CABG 患者

并发 AKI 的危险因素对早期识别高危人群并进行干预具有重要意义。本 Meta 分析纳入文献的 NOS 评分均 ≥ 6 分, 文献质量均较高。研究表明, 老年患者的肾功能存在不同程度的下降, 加之对手术耐受性较差, 故较易并发 AKI^[31]。随着年龄的增加, 老年人机体抵抗力出现不同程度的下降, 且多数伴随多种基础疾病, 服药种类较多, 较易引发肾小球硬化、机体代谢能力下降, 进而导致肾损伤发生风险增高。此外, 肥胖患者多存在肾小球肥大和局灶性节段性肾小球硬化, 过度激活肾素-血管紧张素系统, 导致肾脏血流动力学改变, 进而增加肾损伤发生风险^[32]。本 Meta 分析结果显示, 两组患者年龄、BMI 比较差异有统计学意义, 提示年龄、BMI 可能是 CABG

表 2 CABG 患者发生 AKI 影响因素的 Meta 分析
Table 2 Meta-analysis of influencing factors of AKI in patients with CABG

因素	纳入文献 （篇）	样本量 （例）	统计学异质性检验结果		效应 模型	合并 效应值	95%CI	P 值
			P 值	I ² 值（%）				
一般因素								
年龄	22 ^{〔5, 7-12, 14-18, 20-29〕}	14 037	0.06	35	固定	3.01 ^a	（2.65, 3.37）	< 0.01
男性	24 ^{〔5, 7-22, 24-30〕}	15 633	< 0.01	49	固定	0.93 ^c	（0.84, 1.01）	0.10
BMI	13 ^{〔5, 8-9, 11, 15-18, 20-21, 24, 26-27〕}	10 558	< 0.01	63	随机	0.34 ^a	（0.03, 0.66）	0.03
吸烟史	6 ^{〔5, 8-9, 17, 21, 28〕}	5 752	0.58	0	固定	0.89 ^c	（0.76, 1.04）	0.15
客观指标								
NYHA 分级≥Ⅲ级	3 ^{〔5, 8, 24〕}	2 677	0.14	50	固定	1.28 ^c	（1.00, 1.62）	0.05
左心室射血分数	12 ^{〔5, 7, 9, 14, 20, 22-25, 27-29〕}	6 293	< 0.01	97	随机	-2.14 ^a	（-4.98, 0.71）	0.14
Scr 水平	20 ^{〔5, 8-9, 11, 14-29〕}	13 608	< 0.01	95	随机	0.28 ^h	（0.08, 0.48）	< 0.01
eGFR	6 ^{〔8-10, 13-14, 18〕}	1 957	< 0.01	88	随机	-11.63 ^a	（-19.03, -4.22）	< 0.01
EuroSCORE 评分	5 ^{〔7-8, 15-16, 25〕}	4 317	< 0.01	99	随机	3.15 ^a	（0.24, 6.07）	0.03
白蛋白水平	3 ^{〔9, 18, 20〕}	1 136	< 0.01	96	随机	-0.45 ^h	（-1.11, 0.22）	0.19
血红蛋白水平	4 ^{〔15, 17-18, 20〕}	2 912	< 0.01	86	随机	-0.33 ^h	（-0.59, -0.06）	0.02
疾病类型								
心肌梗死	13 ^{〔5, 7-8, 11-12, 15, 18-19, 21-22, 24, 28, 30〕}	11 904	0.03	48	固定	1.39 ^c	（1.24, 1.55）	< 0.01
高血压	19 ^{〔5, 7-9, 13-22, 24-28〕}	12 647	0.02	45	固定	1.51 ^c	（1.36, 1.66）	< 0.01
高脂血症	6 ^{〔8, 13, 17, 21-22, 26〕}	3 239	0.37	7	固定	1.31 ^c	（1.02, 1.67）	0.03
COPD	9 ^{〔8-9, 12, 15, 17-18, 25-27〕}	4 569	0.33	13	固定	1.70 ^c	（1.32, 2.18）	< 0.01
卒中	4 ^{〔8, 14-15, 21〕}	3 985	0.62	0	固定	1.82 ^c	（1.34, 2.49）	< 0.01
周围血管病	5 ^{〔8, 13-14, 17, 28〕}	2 738	0.45	0	固定	0.95 ^c	（0.68, 1.33）	0.75
脑血管疾病	6 ^{〔13, 17-18, 20, 22, 28〕}	3 430	0.47	0	固定	1.14 ^c	（0.88, 1.47）	0.32
左主干病变	4 ^{〔5, 24, 26-27〕}	2 750	0.21	34	固定	1.07 ^c	（0.86, 1.34）	0.53
糖尿病	20 ^{〔7-10, 12-22, 24-28〕}	11 495	< 0.01	64	随机	1.59 ^c	（1.32, 1.91）	< 0.01
手术因素								
急诊手术	10 ^{〔7-9, 11, 13-14, 16-18, 27, 30〕}	5 993	0.05	47	固定	1.61 ^c	（1.38, 1.89）	< 0.01
输血	5 ^{〔5, 14-16, 20〕}	5 545	0.03	63	随机	2.32 ^c	（1.70, 3.16）	< 0.01
主动脉阻断时间	5 ^{〔7, 11, 18, 21, 25〕}	3 760	0.02	66	随机	8.47 ^a	（4.03, 12.91）	< 0.01
IABP	12 ^{〔5, 7, 9, 11, 16, 19, 21, 24-27, 30〕}	8 962	< 0.01	71	随机	3.71 ^c	（2.57, 5.36）	< 0.01
旁路移植数量	9 ^{〔16, 18-22, 24, 27, 29〕}	5 227	< 0.01	92	随机	0.31 ^a	（0.08, 0.54）	< 0.01
机械通气时间	8 ^{〔7, 18, 21-22, 24-26, 29〕}	3 996	< 0.01	98	随机	18.78 ^a	（6.50, 31.07）	< 0.01
CPB 时间	10 ^{〔7-9, 11, 15-18, 21, 25〕}	8 091	< 0.01	93	随机	13.54 ^a	（5.44, 21.64）	< 0.01
ICU 入住时间	8 ^{〔7-8, 19, 22-26〕}	2 735	< 0.01	99	随机	2.05 ^h	（0.98, 3.13）	< 0.01

注: ^a 表示均数差 (MD) 值, ^b 表示标准化均数差 (SMD) 值, ^c 表示比值比 (OR) 值

患者并发 AKI 的影响因素。

本 Meta 分析结果显示, 两组患者 Scr 水平、eGFR、EuroSCORE 评分、血红蛋白水平比较差异有统计学意义, 提示 Scr 水平、eGFR、EuroSCORE 评分、血红蛋白水平可能是 CABG 患者并发 AKI 的影响因素。Scr、eGFR 是反映肾功能的重要指标。有研究表明, CABG 患者术前 Scr 水平越高, 其术后 AKI 发生风险越高^[4], 且 eGFR 也是 AKI 的影响因素^[33]。肾功能损伤会降低肾脏的缺血耐受性, 而 CABG 也会导致机体肾血流分布不均, 增加肾血管阻力, 改变肾脏灌注, 进而导致 AKI 发生风险增大。EuroSCORE 是临床针对心血管手术危险因素的评分系统, 具有可量化、客观、简便等特点。血红蛋白可反映肾小管的损伤程度。KELLER^[34]研究表明, 血红蛋白越低, AKI 发生风险越高。目前临床关于血红蛋白与 AKI 关系的研究较少。

本 Meta 分析结果显示, 两组患者心肌梗死发生率、高血压发生率、高脂血症发生率、COPD 发生率、卒中发生率、糖尿病发生率比较差异有统计学意义, 提示心肌梗死、高血压、高脂血症、COPD、卒中、糖尿病可能是 CABG 患者并发 AKI 的影响因素。分析原因为: CABG 患者常伴有多种基础疾病, 心肌梗死患者存在血流动力学改变, 如心排量下降, 致使各脏器的灌注随之受到影响, 而肾脏对于低灌注较敏感, 因此该类患者 AKI 发生风险较高^[35]。高血压可增加肾小球被膜压力, 导致肾小球纤维化和肾动脉硬化, 进而激活肾素-血管紧张素系统, 导致肾内血管收缩、供血不足^[32]。糖尿病患者多伴随高血压、高脂血症, 极易引发肾小球硬化, 进而造成肾单位缺血缺氧及功能下降, 从而导致 AKI。COPD 患者常伴有低氧血症及高碳酸血症, 缺氧可反射性通过交感神经致使肾血管收缩, 高碳酸血症会出现呼吸性酸中毒, 引起肾血管痉挛, 二者均易导致肾脏灌注减少, 肾血流量减少, 从而较易引发 AKI^[25]。卒中患者 AKI 发生风险较高, 原因在于卒中患者脑血流量减少, 可导致神经内分泌功能紊乱, 促使肾素-血管紧张素分泌增加, 进而致使肾脏缺血严重, 进而较易发生 AKI^[15]。

本 Meta 分析结果还显示, 两组患者急诊手术者占比、输血率、主动脉阻断时间、IABP 治疗率、旁路移植数量、机械通气时间、CPB 时间、ICU 入住时间比较差异有统计学意义, 提示急诊手术、输血、主动脉阻断时间、IABP、旁路移植数量、机械通气时间、CPB 时间、ICU 入住时间可能是 CABG 患者并发 AKI 的影响因素。有研究表明, 术中麻醉、应用血管活性药物、输入血液制品均可促进细胞因子分泌、释放, 从而损伤近端肾小血管, 使肾血流量减少^[19]; 此外, 血液中的杂质易阻塞肾小管, 进而影响肾小球滤过功能, 从而增加 AKI 发生风险。CPB 时间及主动脉阻断时间延长可导致全身炎症反应及缺血再灌注损伤^[18]。IABP 是一种机械辅助循环方法, 常用于心功能较差患者的辅助治疗^[35], 此类患者肾脏灌注少, 易出现肾损伤。旁路移植数量越多, 表明患者病变血管越多, 而移植血管再通后易产生小血栓^[22], 较易引发 AKI。机械通气可通过改变肾脏血流动力学、神经体液及炎症递质释放等影响肾小球滤过功能, 极易引发 AKI, 而 AKI 可导致肺水肿,

进而延长机械通气时间^[25], 造成恶性循环。

本 Meta 分析结果显示, 年龄、BMI、Scr 水平、eGFR、EuroSCORE 评分、血红蛋白水平、心肌梗死、高血压、高脂血症、COPD、卒中、糖尿病、急诊手术、输血、主动脉阻断时间、IABP、旁路移植数量、机械通气时间、CPB 时间、ICU 入住时间可能是 CABG 患者并发 AKI 的影响因素, 对后续相关研究临床指标的选择有一定的指导价值。

本文价值及局限性:

(1) 本文价值: 本 Meta 分析纳入文献数量较多, 样本量较大, 纳入指标多且较全面; 此外, 本 Meta 分析将纳入文献的指标进行了单因素分析, 可较好地排除混杂因素, 对后续相关研究临床指标的选择具有一定的指导价值。(2) 本文局限性: 本 Meta 分析仅纳入了中、英文文献, 未纳入其他语种文献, 且部分研究样本量较小, 研究对象、急性肾损伤 (AKI) 诊断标准不尽相同, 且部分指标相应的文献过少, 未进行合并; 此外, 本研究仅为单因素分析, 无法进行多因素分析, 导致结论存在一定偏倚。因此, 今后还需开展多中心、大样本量、高质量的研究进一步明确冠状动脉旁路移植术 (CABG) 患者并发 AKI 的影响因素。

作者贡献: 陈晨、祝婷婷进行文章的构思与设计, 研究的实施与可行性分析; 陈晨、陈园园、刘欣怡、尚星辰进行数据的收集、整理、分析, 结果的分析与解释; 陈晨撰写、修订论文; 祝婷婷负责文章的质量控制及审校, 并对文章整体负责、监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] ALSHAIKH H N, KATZ N M, GANI F, et al. Financial impact of acute kidney injury after cardiac operations in the United States [J]. *Ann Thorac Surg*, 2018, 105 (2): 469-475. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2017.10.053.
- [2] SHAW A. Update on acute kidney injury after cardiac surgery [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2012, 143 (3): 676-681. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2011.08.054.
- [3] HOBSON C E, YAVAS S, SEGAL M S, et al. Acute kidney injury is associated with increased long-term mortality after cardiothoracic surgery [J]. *Circulation*, 2009, 119 (18): 2444-2453. DOI: 10.1161/circulationaha.108.800011.
- [4] WANG Y, BELLOMO R. Cardiac surgery-associated acute kidney injury: risk factors, pathophysiology and treatment [J]. *Nat Rev Nephrol*, 2017, 13 (11): 697-711. DOI: 10.1038/nrneph.2017.119.
- [5] AMINI S, NAJAFI M N, KARRARI S P, et al. Risk factors and outcome of acute kidney injury after isolated CABG surgery: a prospective cohort study [J]. *Braz J Cardiovasc Surg*, 2019, 34 (1): 70-75. DOI: 10.21470/1678-9741-2017-0209.
- [6] STANG A. Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa Scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses

- [J]. *Eur J Epidemiol*, 2010, 25 (9): 603-605. DOI: 10.1007/s10654-010-9491-z.
- [7] CHEN S W, CHANG C H, FAN P C, et al. Comparison of contemporary preoperative risk models at predicting acute kidney injury after isolated coronary artery bypass grafting: a retrospective cohort study [J]. *BMJ Open*, 2016, 6 (6): e010176. DOI: 10.1136/bmjopen-2015-010176.
- [8] ORTEGA-LOUBON C, FERNÁNDEZ-MOLINA M, PAÑEDA-DELGADO L, et al. Predictors of postoperative acute kidney injury after coronary artery bypass graft surgery [J]. *Braz J Cardiovasc Surg*, 2018, 33 (4): 323-329. DOI: 10.21470/1678-9741-2017-0251.
- [9] DOLAPOGLU A, AVCI E, KIRIS T, et al. The predictive value of the prognostic nutritional index for postoperative acute kidney injury in patients undergoing on-pump coronary bypass surgery [J]. *J Cardiothorac Surg*, 2019, 14 (1): 74. DOI: 10.1186/s13019-019-0898-7.
- [10] GREENWOOD S A, MANGAHIS E, CASTLE E M, et al. Arterial stiffness is a predictor for acute kidney injury following coronary artery bypass graft surgery [J]. *J Cardiothorac Surg*, 2019, 14 (1): 51. DOI: 10.1186/s13019-019-0873-3.
- [11] HIEW K C, SACHITHANANDAN A, ARIF M, et al. Acute kidney injury following coronary artery bypass graft surgery in a tertiary public hospital in Malaysia: an analysis of 1228 consecutive cases [J]. *Med J Malays*, 2016, 71 (3): 126-130.
- [12] KIM M Y, JANG H R, HUH W, et al. Incidence, risk factors, and prediction of acute kidney injury after off-pump coronary artery bypass grafting [J]. *Ren Fail*, 2011, 33 (3): 316-322. DOI: 10.3109/0886022X.2011.560406.
- [13] KUMADA Y, YOSHITANI K, SHIMABARA Y, et al. Perioperative risk factors for acute kidney injury after off-pump coronary artery bypass grafting: a retrospective study [J]. *JA Clin Rep*, 2017, 3 (1): 55. DOI: 10.1186/s40981-017-0125-2.
- [14] KWON J T, JUNG T E, LEE D H. Predictive risk factors of acute kidney injury after on-pump coronary artery bypass grafting [J]. *Ann Transl Med*, 2019, 7 (3): 44. DOI: 10.21037/atm.2018.12.61.
- [15] RETTIG T C D, PEELEN L M, GEUZEBROEK G S C, et al. Impact of intraoperative hypotension during cardiopulmonary bypass on acute kidney injury after coronary artery bypass grafting [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2017, 31 (2): 522-528. DOI: 10.1053/j.jvca.2016.07.040.
- [16] NG R R, CHEW S T, LIU W, et al. Identification of modifiable risk factors for acute kidney injury after coronary artery bypass graft surgery in an Asian population [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 147 (4): 1356-1361. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2013.09.040.
- [17] WINTGEN L, DAKKAK A R, SHAKAKI M A, et al. Acute kidney injury following coronary artery bypass grafting and control angiography: a comprehensive analysis of 221 patients [J]. *Heart Vessels*, 2021, 36 (1): 1-6. DOI: 10.1007/s00380-020-01655-4.
- [18] YUE Z, YAN-MENG G, JI-ZHUANG L. Prediction model for acute kidney injury after coronary artery bypass grafting: a retrospective study [J]. *Int Urol Nephrol*, 2019, 51 (9): 1605-1611. DOI: 10.1007/s11255-019-02173-7.
- [19] 艾力夏提·阿里甫, 张明明, 木拉提·阿不都热合曼, 等. 非体外循环下冠状动脉旁路移植术后急性肾损伤的相关因素分析 [J]. *中国微创外科杂志*, 2016, 16 (3): 197-200. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6604.2016.03.002.
- AILIXIATI·A L F, ZHANG M M, MULATI·A B D R H M, et al. Analysis of relative factors of acute kidney injury after off-pump coronary artery bypass grafting [J]. *Chinese Journal of Minimally Invasive Surgery*, 2016, 16 (3): 197-200. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6604.2016.03.002.
- [20] 董高翔, 严中亚. 不停跳冠脉搭桥术后急性肾损伤的危险因素分析 [J]. *安徽卫生职业技术学院学报*, 2019, 18 (2): 25-26, 29. DOI: 10.3969/j.issn.1671-8054.2019.02.011.
- DONG G X, YAN Z Y. Analysis of risk factors associated with acute kidney injury after off-pump coronary artery bypass grafting [J]. *Journal of Anhui Health Vocational & Technical College*, 2019, 18 (2): 25-26, 29. DOI: 10.3969/j.issn.1671-8054.2019.02.011.
- [21] 樊国亮, 王正清, 唐渊, 等. 冠状动脉旁路移植术后急性肾损伤影响因素及预后 [J]. *肾脏病与透析肾移植杂志*, 2020, 29 (2): 114-118. DOI: 10.3969/j.issn.1006-298X.2020.02.003.
- FAN G L, WANG Z Q, TANG Y, et al. Risk factor and prognosis of acute kidney injury after coronary artery bypass grafting [J]. *Chinese Journal of Nephrology, Dialysis & Transplantation*, 2020, 29 (2): 114-118. DOI: 10.3969/j.issn.1006-298X.2020.02.003.
- [22] 桂雷, 陈庆良, 姜楠, 等. 非体外循环冠状动脉旁路移植术后急性肾损伤的危险因素分析 [J]. *天津医药*, 2012, 40 (4): 387-388. DOI: 10.3969/j.issn.0253-9896.2012.04.027.
- [23] 郭建中, 李大连, 程智广, 等. 非体外循环下冠状动脉旁路移植术后急性肾损伤危险因素分析 [J]. *国际外科学杂志*, 2014, 41 (11): 747-750. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4203.2014.11.009.
- GUO J Z, LI D L, CHENG Z G, et al. Analysis of the risk factors acute kidney injury after off-pump coronary artery bypass surgery [J]. *International Journal of Surgery*, 2014, 41 (11): 747-750. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4203.2014.11.009.
- [24] 韩增强, 陈生龙, 刘刚, 等. 非体外冠状动脉旁路移植术后急性肾损伤临床分析 [J]. *临床心血管病杂志*, 2016, 32 (8): 819-822. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1439.2016.08.016.
- HAN Z Q, CHEN S L, LIU G, et al. Clinical analysis on acute kidney injury after off pump coronary artery bypass surgery [J]. *Journal of Clinical Cardiology*, 2016, 32 (8): 819-822. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1439.2016.08.016.
- [25] 江慧琦, 曾宽, 王萌, 等. 体外循环下冠脉搭桥术后急性肾损

- 伤的危险因素和预后分析 [J]. 岭南现代临床外科, 2014, 14 (3): 256-260.DOI: 10.3969/j.issn.1009-976X.2014.03.008.
- JIANG H Q, ZENG K, WANG M, et al. Analysis risk factors and short-term outcomes of acute kidney injury following CABG with extracorporeal circulation [J]. Lingnan Modern Clinics in Surgery, 2014, 14 (3): 256-260.DOI: 10.3969/j.issn.1009-976X.2014.03.008.
- [26] 李西慧, 肖锋, 张思宇. 不停跳冠状动脉旁路移植术后急性肾损伤的影响因素探讨及3年随访结果 [J]. 北京大学学报 (医学版), 2017, 49 (1): 131-136.DOI: 10.3969/j.issn.1671-167X.2017.01.024.
- LI X H, XIAO F, ZHANG S Y. Investigation of risk factors of acute kidney injury after off-pump coronary artery bypass grafting and 3 years' follow-up [J]. Journal of Peking University (Health Sciences), 2017, 49 (1): 131-136.DOI: 10.3969/j.issn.1671-167X.2017.01.024.
- [27] 牛永胜, 章淬, 薛寅莹, 等. 冠状动脉旁路移植术后急性肾损伤的危险因素临床分析 [J]. 国际外科学杂志, 2014, 41 (12): 820-823.DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4203.2014.12.009.
- NIU Y S, ZHANG C, XUE Y Y, et al. Clinical analysis of the risk factors of acute renal injury after coronary artery bypass graft surgery [J]. International Journal of Surgery, 2014, 41 (12): 820-823.DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4203.2014.12.009.
- [28] 杨立猛, 施野, 张志鹏, 等. 冠状动脉旁路移植术后急性肾损伤的发生情况与危险因素分析 [J]. 中国血液净化, 2019, 18 (11): 738-741.DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2019.11.002.
- YANG L M, SHI Y, ZHANG Z P, et al. Incidence and risk factors of acute renal injury after coronary artery bypass grafting [J]. Chinese Journal of Blood Purification, 2019, 18 (11): 738-741.DOI: 10.3969/j.issn.1671-4091.2019.11.002.
- [29] 张国安, 黄晓燕, 冯大伟, 等. 冠状动脉旁路移植术后急性肾损伤的影响因素分析 [J]. 中国心血管病研究, 2019, 17 (11): 979-982.DOI: 10.3969/j.issn.1672-5301.2019.11.005.
- ZHANG G A, HUANG X Y, FENG D W, et al. Analysis of influential factors of acute renal injury after coronary artery bypass grafting [J]. Chinese Journal of Cardiovascular Research, 2019, 17 (11): 979-982.DOI: 10.3969/j.issn.1672-5301.2019.11.005.
- [30] 张仁腾, 王辉山, 姜辉, 等. 非体外循环冠状动脉旁路移植术后肾损伤风险因素的分析 [J]. 心肺血管病杂志, 2016, 35 (4): 285-289.DOI: 10.3969/j.issn.1007-5062.2016.04.009.
- ZHANG R T, WANG H S, JIANG H, et al. Risk factors of renal injury after off-pump coronary artery bypass grafting [J]. Journal of Cardiovascular and Pulmonary Diseases, 2016, 35 (4): 285-289.DOI: 10.3969/j.issn.1007-5062.2016.04.009.
- [31] OGAWA M, DOI K, YAMADA Y, et al. Renal outcome in off-pump coronary artery bypass grafting: predictors for renal impairment with multivariate analysis [J]. Innovations (Phila), 2007, 2 (4): 192-197.DOI: 10.1097/imi.0b013e31811f4644.
- [32] ANDROGA L, SHARMA D, AMODU A, et al. Sarcopenia, obesity, and mortality in US adults with and without chronic kidney disease [J]. Kidney Int Rep, 2017, 2 (2): 201-211.DOI: 10.1016/j.ekir.2016.10.008.
- [33] 申志祥, 刘宇, 刘敏, 等. 基于肌酐与胱抑素的肾小球滤过率估算方程对人群肾功能分期的评价及应用 [J]. 中华流行病学杂志, 2017, 38 (11): 1557-1562.DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2017.11.024.
- SHEN Z X, LIU Y, LIU M, et al. Evaluation and application of estimation of glomerular filtration rate based on serum creatinine and cystatin C in renal function staging [J]. Chinese Journal of Epidemiology, 2017, 38 (11): 1557-1562.DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2017.11.024.
- [34] KELLER D M. Anemia raises risk for acute kidney injury, poorer recovery [EB/OL]. (2014-11-14) [2021-1-11]. https://www.medscape.com/viewarticle/834954#vp_1.
- [35] 陈宇阳, 马梦青, 万辛, 等. 急性心肌梗死后急性肾损伤的发病机制及早期诊断研究进展 [J]. 中华肾脏病杂志, 2020, 36 (10): 804-811.DOI: 10.3760/cma.j.cn441217-20191123-00142.
- CHEN Y Y, MA M Q, WAN X, et al. Research progress in pathogenesis and early diagnosis of acute kidney injury after acute myocardial infarction [J]. Chinese Journal of Nephrology, 2020, 36 (10): 804-811.DOI: 10.3760/cma.j.cn441217-20191123-00142.

(收稿日期: 2021-10-10; 修回日期: 2021-12-12)

(本文编辑: 李越娜)