

doi:10.3969/j.issn.1005-3697.2026.06.010

✧ 临床医学研究 ✧

术前载脂蛋白 B/载脂蛋白 A1 比值与非体外循环冠脉搭桥术后急性肾损伤风险的关联研究

杨莞莹, 杜婷, 龚倩

(安徽医科大学第一附属医院心脏大血管外科 ICU, 安徽 合肥 230022)

【摘要】目的: 探讨术前载脂蛋白 B/载脂蛋白 A1(ApoB/ApoA1)比值与非体外循环冠脉搭桥术后急性肾损伤(AKI)发生风险之间的关联。**方法:** 采用回顾性队列研究设计。收集接受非体外循环冠脉搭桥术的 107 例患者临床资料。根据术后是否发生 AKI(依据 KDIGO 标准)分为 AKI 组($n=34$)和非 AKI 组($n=73$)。收集并比较两组患者性别、年龄、合并症、术前实验室指标(包括 ApoB/ApoA1 比值、白蛋白、血红蛋白、血肌酐)及手术方式等资料。采用单因素及多因素 Logistic 回归分析筛选术后 AKI 的独立危险因素。**结果:** AKI 组患者的术前 ApoB/ApoA1 比值高于非 AKI 组($P<0.05$)。单因素分析显示,体质量及 ApoB/ApoA1 比值是 AKI 的影响因素($P<0.10$)。多因素 Logistic 回归分析显示,校正年龄、体质量及术前血肌酐后,术前较高的 ApoB/ApoA1 比值是非体外循环冠脉搭桥术后发生 AKI 的独立危险因素($P<0.05$)。**结论:** 术前 ApoB/ApoA1 比值升高与非体外循环冠脉搭桥术后 AKI 风险增加独立相关,该指标或可作为术前评估肾损伤风险的一个潜在生物标志物。

【关键词】 非体外循环冠脉搭桥术;急性肾损伤;载脂蛋白类;肾功能;危险因素

【中图分类号】 R654.2 **【文献标志码】** A

Association between preoperative apolipoprotein B/apolipoprotein A1 ratio and risk of acute kidney injury after coronary artery bypass grafting

YANG Wan-ying, DU Ting, GONG Qian

(Department of Cardiovascular Surgery ICU, the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230022, Anhui, China)

【Abstract】Objective: To investigate the association between preoperative apolipoprotein B/apolipoprotein A1 ratio (ApoB/ApoA1) and the risk of developing acute kidney injury (AKI) following off pump coronary artery bypass grafting (OPCABG). **Methods:** A retrospective cohort study was conducted. Clinical data from 107 patients who underwent OPCABG were collected. Patients were divided into an AKI group ($n=34$) and a non-AKI group ($n=73$) based on postoperative occurrence of AKI defined by KDIGO criteria. Data, including gender, age, comorbidities, preoperative laboratory parameters (ApoB/ApoA1 ratio, albumin, hemoglobin, serum creatinine), and surgical approach, were collected and compared between the two groups. Univariate and multivariate Logistic regression analyses were performed to identify independent risk factors for postoperative AKI. **Results:** The preoperative ApoB/ApoA1 ratio was higher in the AKI group than in the non-AKI group ($P<0.05$). Univariate analysis revealed that body weight and ApoB/ApoA1 ratio were influencing factors for AKI ($P<0.10$). Multivariate Logistic regression analysis demonstrated that after adjusting for age, body weight, and preoperative serum creatinine, a higher preoperative ApoB/ApoA1 ratio remained an independent risk factor for AKI following OPCABG ($P<0.05$). **Conclusion:** An elevated preoperative ApoB/ApoA1 ratio is independently associated with an increased risk of AKI after OPCABG. This ratio may serve as a potential biomarker for preoperative assessment of renal injury risk.

【Key words】 Off pump coronary artery bypass grafting; Acute kidney injury; Apolipoproteins; Renal function; Risk factors

非体外循环冠脉搭桥术已成为治疗冠心病的关键手段,然而术后急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)是其常见且可能危及生命的并发症^[1-2]。

AKI 的发生会明显延长患者住院周期,增加医疗支出,并提升短期死亡风险;同时,它也是远期肾功能下降以及心血管不良事件的一项独立预测因素^[3]。

基金项目: 安徽省卫生健康科研项目(AHWJ2024Aa20043)

作者简介: 杨莞莹(1991—),女,硕士,主治医师。E-mail:15215526801@163.com

通讯作者: 龚倩。E-mail:54xiaoqian@sina.com

因此,如何在术前及时识别具有 AKI 高风险的患者并实施个体化干预,对提升冠脉搭桥患者的整体预后具有关键意义。当前临床实践中,评估 AKI 风险仍主要依据年龄、糖尿病史、基线肾功能不全等传统术前因素^[4-5]。然而,这些指标在预测能力上存在一定局限,且更多反映的是已形成的器官功能损害,而非潜在于损伤背后的病理生理过程。近年研究^[6-7]发现,血脂代谢异常,尤其是致动脉粥样硬化与抗动脉粥样硬化脂蛋白之间的平衡状态,与系统性内皮功能失调、持续低度炎症反应及氧化应激紧密相关。载脂蛋白 B(apolipoprotein B, ApoB)作为所有致动脉粥样硬化脂蛋白颗粒的主要载脂蛋白,与主要存在于高密度脂蛋白(HDL)中的载脂蛋白 A1 (apolipoprotein A-1, ApoA1) 之间的比值(ApoB/ApoA1),已被视为较传统血脂参数更准确的心血管风险评估指标^[8]。尽管 ApoB/ApoA1 比值在动脉粥样硬化性心血管疾病预测中已获认可,但目前仍少有研究探讨其与冠脉搭桥术后 AKI 风险之间的关联。厘清这一关系,或可从脂蛋白平衡与血管健康的新角度,为术前 AKI 风险分层提供一个易于获取的新型生物学标志物。基于上述背景,本研究采用回顾性队列分析方法,旨在系统探讨术前 ApoB/ApoA1 比值与冠脉搭桥术后 AKI 发生风险之间的独立关联。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用回顾性队列研究设计。纳入 2024 年 1 月至 2024 年 6 月安徽医科大学第一附属医院收治的非体外循环冠脉搭桥术的 107 例患者为研究对象。根据患者术后是否发生 AKI,分为 AKI 组($n=34$)与非 AKI 组($n=73$)。纳入标准:(1)年龄 ≥ 18 岁;(2)首次接受非体外循环下冠脉搭桥术(off-pump coronary artery bypass grafting, OPCABG)。排除标准:(1)术前已接受长期肾脏替代治疗;(2)急诊手术或同期合并其他心脏大手术(如瓣膜置换术、主动脉手术);(3)临床资料缺失。本研究已通过本院伦理委员会审查,并豁免患者知情同意。

1.2 方法

通过医院电子病历系统收集患者资料。(1)术前一般资料:性别、年龄、体质量、合并症包括高血压病史、糖尿病史、慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)史、慢性肾脏病(chronic kidney disease, CKD)史、外周血管疾病史。实验室指标:术前血肌酐、血清白蛋白、血红蛋白,以及用于计算核心暴露变量—ApoB/ApoA1

比值的 ApoA1 和 ApoB 水平。(2)围术期资料。手术方式:非体外循环冠脉搭桥术(OPCABG);术后情况:记录术后是否使用血管活性药物。(3)结局指标:术后 AKI 的发生。诊断与分期严格依据 2012 年改善全球肾脏病预后组织(KDIGO)的血清肌酐标准^[9]:以术前最近一次血肌酐为基线,术后 7 d 内血肌酐升高 $\geq 26.5 \mu\text{mol/L}$ 或升高至基线值的 1.5 倍及以上即诊断为 AKI。

1.3 统计学分析

本研究采用 SPSS 26.0 软件进行数据分析。计量资料符合正态分布以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,组间比较采用独立样本 t 检验;不符合正态分布的计量资料以 $[M(Q_1, Q_3)]$ 表示,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。计数资料以 $[n(\%)]$ 表示,组间比较采用独立样本 χ^2 检验。采用二元 Logistic 回归分析术前 ApoB/ApoA1 比值与术后 AKI 风险的关联。为控制混杂因素,将单因素分析中 $P < 0.10$ 的变量及临床公认的重要变量纳入多因素模型。采用方差膨胀因子(VIF)评估变量间多重共线性,最终模型报告各变量的比值比(OR)及其 95%CI。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般资料比较

两组患者一般资料比较,AKI 组患者术前 ApoB/ApoA1 比值高于非 AKI 组($P < 0.05$)。在性别、年龄、合并症、其他实验室指标及手术方式等方面比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。

表 1 两组患者一般资料比较 $[\bar{x} \pm s, M(Q_1, Q_3), n(\%)]$

资料	AKI 组($n=34$)	非 AKI 组($n=73$)	$\chi^2/t/Z$ 值	P 值
性别			2.456	0.117
男	27(79.41)	47(64.38)		
女	7(20.59)	26(35.62)		
年龄(岁)	66.35 $\pm$ 9.03	65.29 $\pm$ 8.09	0.611	0.543
体质量(kg)	70.09 $\pm$ 13.09	66.37 $\pm$ 9.07	1.497	0.141
ApoB/ApoA1 比值	0.804(0.633, 0.932)	0.696(0.575, 0.818)	2.111	0.035
高血压	22(64.71)	52(71.23)	0.463	0.496
糖尿病	8(23.53)	24(32.88)	0.967	0.325
COPD	0	0	—	—
CKD	0	0	—	—
外周血管疾病	21(61.76)	43(58.90)	0.079	0.779
使用血管活性药物	1(2.94)	3(4.11)	Fisher	1.000
白蛋白(g/L)	40.16 $\pm$ 3.73	40.39 $\pm$ 3.94	0.286	0.776
血红蛋白(g/L)	125.97 $\pm$ 16.51	125.63 $\pm$ 16.79	0.098	0.922
肌酐($\mu\text{mol/L}$)	76.05(65.20, 98.30)	68.10(57.75, 85.15)	1.549	0.121

2.2 术后 AKI 风险的单因素分析

以是否发生 AKI 为因变量进行单因素 Logistic 回归分析。结果显示,体质量与术前 ApoB/ApoA1

比值是术后 AKI 的影响因素($P<0.10$)。其余变量与 AKI 发生的关联无统计学意义($P>0.05$)。见表 2。

表 2 患者 AKI 风险的单因素 Logistic 回归分析

因素	β 值	SE 值	Wald 值	OR 值(95%CI)	P 值
性别女	-0.758	0.490	2.397	0.469(0.180~1.223)	0.122
年龄	0.016	0.025	0.378	1.016(0.966~1.067)	0.539
体质量	0.033	0.020	2.796	1.034(0.994~1.075)	0.095
ApoB/ApoA1 比值	2.075	0.927	5.014	7.963(1.295~48.948)	0.025
高血压	-0.301	0.442	0.462	0.740(0.311~1.762)	0.497
糖尿病	-0.465	0.475	0.958	0.628(0.248~1.593)	0.328
外周血管疾病	0.120	0.426	0.079	1.127(0.489~2.595)	0.779
使用血管活性药物	-0.347	1.174	0.087	0.707(0.071~7.057)	0.768
白蛋白	-0.016	0.054	0.083	0.985(0.886~1.094)	0.773
血红蛋白	0.001	0.013	0.010	1.001(0.977~1.026)	0.921
肌酐	0.000	0.002	0.000	1.000(0.996~1.004)	0.984

2.3 术后 AKI 风险的多因素分析

将单因素分析中 $P<0.10$ 的变量(体质量、ApoB/ApoA1 比值)及临床重要因素(年龄、术前血肌酐)纳入多因素 Logistic 回归模型。VIF 诊断显示,各变量 VIF 均 ≤ 5 ,提示不存在多重共线性。多因素分析显示,在校正了年龄、体质量及术前肾功能后,术前 ApoB/ApoA1 比值仍是术后发生 AKI 的独立危险因素($OR = 6.499, 95\% CI: 1.031 \sim 40.982, P<0.05$)。而年龄、体质量及术前血肌酐在本模型中未显示与发生 AKI 的独立关联($P>0.05$)。见表 3。

表 3 患者 AKI 风险的多因素 Logistic 回归分析

因素	β 值	SE 值	Wald 值	OR 值(95%CI)	P 值
年龄	0.026	0.028	0.859	1.026(0.972~1.083)	0.354
ApoB/ApoA1 比值	1.872	0.940	3.968	6.499(1.031~40.982)	0.046
体质量	0.031	0.021	2.201	1.032(0.990~1.075)	0.138
术前肌酐	0.000	0.002	0.028	1.000(0.996~1.004)	0.867

3 讨论

本研究通过回顾性队列分析发现,术前较高的 ApoB/ApoA1 比值是非体外循环冠脉搭桥术后发生 AKI 的独立危险因素。即使在校正了年龄、体质量及基线肾功能后,其关联依然存在($OR = 6.499, 95\% CI: 1.031 \sim 40.982$)。这一结果为术前识别 AKI 高危患者提供了一个新的、基于脂蛋白代谢的潜在生物标志物。

本研究在临床队列中揭示了术前脂蛋白颗粒失

衡(以 ApoB/ApoA1 比值升高为标志)与非体外循环冠脉搭桥术后 AKI 风险的独立关联。ApoB/ApoA1 比值升高,本质上是致动脉粥样硬化脂蛋白颗粒相对增多、而保护性颗粒相对减少的生物学状态^[10]。这种失衡可能通过以下协同机制增加肾脏的易损性,(1)内皮功能障碍与微循环调节受损: ApoB/ApoA1 比值升高是全身血管内皮功能受损的敏感标志^[11]。内皮功能不全可导致肾血管收缩异常、一氧化氮生物利用度下降,从而削弱肾脏在手术应激(如低血压、体外循环)下的血流自调节能力,使其更易发生缺血性损伤^[12]。(2)代谢综合征的共同病理基础:高 ApoB/ApoA1 比值常与胰岛素抵抗、高血压等代谢异常共存,这些因素共同构成了损害肾脏微血管和肾小管间质的“代谢记忆”^[13-14]。因此,该比值可能是一个整合了代谢紊乱、血管内皮健康及炎症负荷的复合指标,有助于识别那些常规检查“看似正常”但肾脏储备功能实则受限的隐匿性高危患者。

已有研究^[15]表明,ApoB/ApoA1 比值的增加与缺血性疾病的发生相关,尤其是缺血性脑血管疾病和周围动脉疾病的发生,近期的一项研究^[16]进一步提示,其与经皮冠状动脉介入治疗患者的不良预后相关。然而,将 ApoB/ApoA1 比值应用于预测外科手术相关的器官损伤,尤其是 AKI 的研究极为有限。本研究创新性地将这一经典心血管风险标志物的应用场景拓展至围手术期肾脏预后评估领域。与多数聚焦于术中血流动力学波动或术后早期生物标志物动态变化的 AKI 研究^[17-18]不同,本研究重点关注术前稳定的、反映长期代谢-血管健康状态的指标。这提示,在手术打击到来之前,患者体内存在的稳态失调已为器官损伤埋下伏笔。这一视角为术前风险分层与干预开辟了新的时间窗口。

本发现具有明确的临床转化价值。载脂蛋白检测已广泛开展,ApoB/ApoA1 比值作为一个易于计算的指标,具备成为一项经济、便捷的术前常规风险评估工具的潜力^[19-20]。对于该比值升高的患者,临床团队可实施更个体化的围术期管理策略,例如:更精细的血流动力学目标管理、审慎使用肾毒性药物、以及加强术后肾功能的早期与密集监测,从而实现 AKI 的预防与早期诊治。此外,这一关联也为未来探讨他汀类药物或其他改善代谢、抗炎干预措施对特定高危患者的肾脏保护作用,提供了新的机制假说与研究思路。

综上,本研究初步证实,术前 ApoB/ApoA1 比值升高是非体外循环冠脉搭桥术后发生 AKI 的独立危险因素。该指标可能通过整合内皮功能、炎症

及代谢风险,来识别肾脏易损患者。未来需要在前瞻性、大样本、多中心队列中验证本结论,并进一步探索其是否能为现有 AKI 临床风险预测模型提供增量预测价值。同时,针对术前 ApoB/ApoA1 比值升高的患者,开展旨在优化围术期管理的干预性研究,将是验证其临床效用、最终改善患者预后的关键步骤。

参考文献

- [1] 康磊,陈蓉蓉.早期抗阻力训练对冠脉搭桥术患者术后康复进程的影响[J].川北医学院学报,2024,39(10):1428-1431.
- [2] 张舒,许珊,秦开秀,等.冠脉搭桥术后发生早期急性肾损伤的风险评估[J].重庆医科大学学报,2022,47(8):963-969.
- [3] Xu J, Chen X, Xie Y, *et al.* Improvement of cardiac function after coronary artery bypass grafting surgery reduces the risk of postoperative acute kidney injury[J]. *Clinical Cardiology*, 2022, 45(2):173-179.
- [4] Peng W, Yang B, Qiao H, *et al.* Prediction of acute kidney injury following coronary artery bypass graft surgery in elderly Chinese population [J]. *Journal of Cardiothoracic Surgery*, 2023, 18(1):287.
- [5] Rafiq Abbasi MS, Sultan K, Manzoor R, *et al.* Assessment of renal function and prevalence of acute kidney injury following coronary artery bypass graft surgery and associated risk factors: a retrospective cohort study at a tertiary care hospital in Islamabad, Pakistan[J]. *Medicine*, 2023, 102(42):e35482.
- [6] Vekic J, Stromsnes K, Mazzalai S, *et al.* Oxidative stress, atherogenic dyslipidemia, and cardiovascular risk[J]. *Biomedicines*, 2023, 11(11):2897.
- [7] Tejchman K, Kotfis K, Sieńko J. Biomarkers and mechanisms of oxidative stress-last 20 years of research with an emphasis on kidney damage and renal transplantation[J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2021, 22(15):8010.
- [8] Zhang JX, Huang ZQ, Yang JM, *et al.* Serum apolipoprotein B levels and apolipoprotein B/apolipoprotein A1 ratio as predictors of dyslipidemia risk in patients treated with second-generation antipsychotics: a retrospective cohort study[J]. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 2025, 21:2795-2804.
- [9] Khwaja A. KDIGO clinical practice guidelines for acute kidney injury [J]. *Nephron Clinical Practice*, 2012, 120 (4): c179-c184.
- [10] Hua R, Li Y, Li W, *et al.* Apolipoprotein B/A1 ratio is associ-

ated with severity of coronary artery stenosis in CAD patients but not in non-CAD patients undergoing percutaneous coronary intervention[J]. *Disease Markers*, 2021, 2021(1):8959019.

- [11] Wang S, Gao H, Zhang M, *et al.* High apolipoprotein B/apolipoprotein A1 is associated with vitamin D deficiency among type 2 diabetes patients[J]. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, 2024, 17:2357-2369.
- [12] Fonseca C, Baptista R, Franco F, *et al.* Worsening heart failure: progress, pitfalls, and perspectives[J]. *Heart Failure Reviews*, 2025, 30(4):715-734.
- [13] He H, Feng J, Zhang S, *et al.* The apolipoprotein B/A1 ratio is associated with metabolic syndrome components, insulin resistance, androgen hormones, and liver enzymes in women with polycystic ovary syndrome[J]. *Frontiers in Endocrinology*, 2022, 12:773781.
- [14] Dong H, Yang X, Zhang Y, *et al.* Associations of serum apolipoprotein A1, B levels and their ratio with blood pressure in Chinese adults with coronary artery disease[J]. *Blood Pressure Monitoring*, 2021, 26(6):401-406.
- [15] Fu C, Liu D, Liu Q, *et al.* Revisiting an old relationship: the causal associations of the ApoB/ApoA1 ratio with cardiometabolic diseases and relative risk factors-a Mendelian randomization analysis[J]. *Cardiovascular Diabetology*, 2024, 23(1):51.
- [16] Ye Z, Xie E, Lin Z, *et al.* Validation of the role of apolipoproteins in coronary artery disease patients with impaired kidney function for prognosis: a prospective cohort study in China[J]. *Nutrition Journal*, 2025, 24(1):11.
- [17] Dai A, Zhou Z, Jiang F, *et al.* Incorporating intraoperative blood pressure time-series variables to assist in prediction of acute kidney injury after type a acute aortic dissection repair: an interpretable machine learning model[J]. *Annals of Medicine*, 2023, 55(2):2266458.
- [18] Wang X, Lin X, Xie B, *et al.* Early serum cystatin C-enhanced risk prediction for acute kidney injury post cardiac surgery: a prospective, observational, cohort study[J]. *Biomarkers*, 2020, 25(1):20-26.
- [19] 宗道然.载脂蛋白 B/A1 对老年急性心肌梗死患者介入治疗后预后不良的预测价值[J].河南医学研究, 2023, 32 (7): 1237-1240.
- [20] Jung HW, Hong SP, Kim KS. Comparison of apolipoprotein B/A1 ratio, TC/HDL-C, and lipoprotein (a) for predicting outcomes after PCI[J]. *PLoS One*, 2021, 16(7):e0254677.

(收稿日期:2026-02-10

修回日期:2026-03-24)