

· 论 著 ·

DOI: 10.13498/j.cnki.chin.j.ecc.2022.03.02

## 华西综合血液管理策略降低体外循环后急性肾损伤发生风险

李吟雨, 谭赵霞, 秦臻, 喻翔, 汪勃, 周秀娟, 刘婷, 罗明, 刘侠丽, 周荣华, 熊际月, 杜磊

**[摘要]:**目的 本研究旨在评价华西医院体外循环推行综合血液管理(HIBM)策略是否能通过减少输血而降低围术期并发症发生风险。方法 回顾分析四川大学华西医院于2019年1月1日至2020年12月31日在体外循环下行成人心血管手术患者。根据策略实施时间,将患者分为实施前(2020.5.31前)、推行期(开始实施HIBM部分策略,2020.6.1~7.31)、实施后(2020.8.1后)三组。主要结局指标为急性肾损伤。次要指标为死亡率、应用体外膜氧合或主动脉内球囊反搏、二次开胸止血手术和消化系统并发症。结果 3292例患者纳入分析,其中实施前为2265例,推行期318例,实施后709例。与实施前比较,HIBM实施后全主动脉弓置换等大血管手术比例更高(14.7% vs. 22.7%,  $P < 0.01$ );瓣膜置换手术比例减少(76.1% vs. 67.0%,  $P < 0.01$ );输血率(61.1% vs. 14.8%)和平均输血量(3.74 U vs. 0.8 U)均显著下降( $P < 0.01$ )。急性肾损伤发生率在瓣膜置换手术患者(13.3% vs. 9.3%,  $P = 0.006$ )和全人群(14.2% vs. 11.9%,  $P = 0.015$ )均显著下降。逻辑回归显示,综合血液管理策略能显著降低瓣膜手术患者急性肾损伤发生风险(OR:0.665,95%CI:0.473~0.934,  $P = 0.019$ ),但使用输血指标校正后,这一显著性消失(OR:0.983,95%CI:0.684~1.413,  $P = 0.927$ )。HIBM实施前、后患者死亡率、ECMO或IABP、出血和消化系统等并发症发生率无显著性差异。结论 HIBM能降低体外循环后瓣膜手术患者的急性肾损伤发生风险,这可能与降低输血有关。

**[关键词]:** 综合血液管理策略;体外循环;心血管手术;输血;急性肾损伤

### Huaxi integrated blood management reduces the risk of acute kidney injury after cardiac surgery

Li Lingyu, Tan Zhaoxia, Qin Zhen, Yu Xiang, Wang Bo, Zhou Xiujian, Liu Ting, Luo Ming, Liu Xiali, Zhou Ronghua, Xiong Jiyue, Du Lei

Department of Anesthesiology, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 614000, China

Corresponding author: Du Lei, Email: dulei@scu.edu.cn

**[Abstract]: Objective** This retrospective study was to evaluate whether Huaxi integrated blood management (HIBM) strategy could reduce the adverse events in patients undergoing cardiac surgery on pump. **Methods** From Jan. 1, 2019 to Dec. 31, 2020, patients over 18 years and with cardiovascular surgery on pump in West China Hospital of Sichuan University were included into analysis. Patients were divided into control group (prior to May 31, 2020), partial-blood management group (PBM, from June 1, 2020 to July 31, 2020, started implementing some HIBM strategies), and Huaxi integrated blood management (HIBM, after Aug. 1, 2020). The primary outcome was acute kidney injury (AKI) after surgery. Secondary outcomes were mortality, the need for ECMO or IABP, bleeding, and digestive complications. **Results** There were 3292 cases retrospectively reviewed, in which 2265 in control group, 318 in PBM group, and 709 in HIBM group. Compared with control group, blood requirement (3.74 Units/person vs 0.8 Units/person) was significantly lower, while aortic surgery cases (14.7% vs 22.7%) were more in HIBM group (all  $P < 0.01$ ). The incidence of AKI was significantly lower in HIBM group than in control group for patients undergoing valve surgery (13.3% vs. 9.3%,  $P = 0.006$ ), and univariate logistic regression analysis showed that HIBM was associated with lower incidence of AKI (OR 0.665, 95%CI: 0.473–0.934,  $P = 0.019$ ). However, the significance disappeared after adjusted by blood transfusion (OR: 0.983, 95%CI: 0.684–1.413,  $P = 0.927$ ). There were no significant differences among the groups in mortality, the need for ECMO or IABP, bleeding and digestive complications.

基金项目:四川大学华西医院 135 卓越发展计划资助项目(2017-120)

作者单位:610041 成都,四川大学华西医院麻醉科

通信作者:杜磊,Email: dulei@scu.edu.cn

**Conclusion** Huaxi integrated blood management strategy reduces the risk of AKI for patients undergoing valve surgery, which may be via reducing the requirement of allogeneic blood transfusion.

**[Key words]:** Integrated blood management; Cardiopulmonary bypass; Cardiovascular surgery; Blood transfusion; Acute kidney injury

大量异体血输入以及与之相关的高死亡率和高并发症发生率仍旧是困扰现代胸心血管外科的主要问题。大样本回顾性研究<sup>[1-3]</sup>显示,输血患者死亡率为未输血患者的 10 倍,而每增加 3 U 异体血输入,患者死亡风险增加 1.88 倍。如输入超过 5 U 红细胞,死亡风险增加 6 倍<sup>[4-5]</sup>。Patrick Möhnle 等<sup>[6]</sup>研究显示,红细胞输注使急性肾损伤发生风险增加 2.37 倍,胃肠道事件风险增加 1.18 倍。

为降低异体血需要量,华西医院体外循环组根据血液破坏的相关因素<sup>[7]</sup>,于 2020 年 6 月至 7 月经过多次试用、推行,形成综合血液管理(Huaxi integrated blood management, HIBM)策略。本研究回顾分析实施前、后数据,评估 HIBM 是否能改善患者预后。为获得更好的统计学效能,采用发生频率最高的并发症-急性肾损伤(acute kidney injury, AKI),作为主要指标。本研究将会为改善心肺转流(cardiopulmonary bypass, CPB)下的心血管手术预后提供重要思路。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 收集 2019 年 1 月 1 日至 2020 年 12 月 31 日在四川大学华西医院行 CPB 下心血管手术的成年( $\geq 18$  周岁)患者临床资料。排除标准:①先天性心脏病手术;②心脏移植手术;③肺栓塞手术;④CPB 下行开胸探查及心包剥离手术。另外,手术后 4 h 内死亡患者不纳入分析。收集数据包括患者的一般情况、术中资料、术后转归。

**1.2 麻醉与 CPB 管理** 整个观察期间,麻醉诱导维持及转中管理均采用相同策略。CPB 使用材料包括 Stockert S5 人工心肺机(德国)、膜式氧合器(Medtronic, 美国)、负压调节器(西安西京医疗用品有限公司),预充液为佳乐施、25%甘露醇 250 ml、30 mg 肝素抗凝。全身肝素化(3 mg/kg)后建立 CPB。术中维持活化凝血时间(activated clotting time, ACT) $>480$  s。根据手术需要,瓣膜置换、心脏肿瘤、冠状动脉旁路移植术、无需停循环的大血管手术维持最低鼻咽温 34℃,需要停循环的手术维持最低鼻咽温 24℃左右。

心肌保护均采用含血心脏停搏液(晶体:血液 1:4),经主动脉根部或左、右冠状动脉顺行灌注,

或经冠状静脉窦逆行灌注。返回停搏液直接入循环。转中维持红细胞压积 $>0.20$ 、静脉血氧饱和度 $>70\%$ 、平均动脉压 50~80 mmHg。

**1.3 HIBM** 根据 CPB 中异体血需要量增加原因,HIBM 包括减少预充量(使用整合微栓过滤器的膜肺、改进管道、使用逆预充技术)、负压辅助静脉引流(vacuum assist venous drainage, VAVD)装置(西安西京医疗用品有限公司)常规使用、改善凝血功能(血小板分离技术、剩余机血管理技术)、减少血液丢失技术(自体血液回收技术、CPB 管道洗涤)、减少异物(必要时安装超滤)。

根据 HIBM 实施时间将患者分为 3 组:实施前(2019.1.1~2020.5.31)、推行期(开始实施 HIBM 部分策略,2020.6.1~2020.7.31)、实施后(2020.8.1~2020.12.31)。

**1.4 结局指标** 主要结局指标为术后急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)。根据改善全球肾脏病预后组织(KDIGO)诊断标准<sup>[7-8]</sup>: I 级:血肌酐增加 $\geq 3$  mg/L(26.4  $\mu$ mol/L),或比术前血肌酐增加 1.5~2 倍,或 6 h 尿量 $<0.5$  ml/kg; II 级:比术前血肌酐增加 2~3 倍,或 12 h 尿量 $<0.5$  ml/kg; III 级:血肌酐增加 $>3$  倍术前肌酐;或血肌酐增加 $\geq 40$  mg/L(354  $\mu$ mol/L)且急性增加超过 5 mg/L(44  $\mu$ mol/L),或 24 h 尿量 $<0.3$  ml/kg,或需要透析治疗。

次要结局指标包括住院期间全因死亡率、应用体外膜氧合或主动脉内球囊反搏辅助、二次开胸手术止血和消化系统并发症。术后全因死亡定义为从手术结束 4 h 到出院期间任何原因导致的死亡。消化系统并发症<sup>[9]</sup>定义为以下任何一种情况:①肠系膜出血;②胃肠出血;③肝胆胰功能障碍;④机械性肠梗阻;⑤芽孢杆菌结肠炎。

**1.5 统计学处理** 采用 SPSS 23.0 和 Graphpad 统计学软件进行数据处理和统计学分析。正态分布计量资料用均数 $\pm$ 标准差表示,进行 Summary T-Test 检验;非正态分布计量资料用中位数(25%, 75%)表示,使用秩和检验;计数资料采用[n(%)]表示,进行卡方检验。HIBM 对 AKI 影响(实施后 vs. 实施前)使用逻辑回归分析,矫正分为 2 步,第一步使用性别、年龄、术前合并症、手术方式、阻断时间、CPB 时间矫正;第二步使用以上指标,以及红细胞、新鲜

冰冻血浆、血小板矫正。风险评估使用 OR(比值比)和 95% CI(可信区间)表示,  $P < 0.05$  认为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 患者一般情况** 共 3 809 例患者纳入研究,因先天性心脏病手术、其他手术类型(包括心脏移植、肺栓塞、CPB 下行开胸探查及心包剥离手术)分别排除 473 例和 44 例,剩余 3 292 例患者纳入统计分析,其中男性 1 629 例(49.5%),年龄 18~80(54±11)岁,体重 28~165(61±11)kg。

实施后瓣膜手术的比例低于实施前(67% vs. 76%),而大血管手术量则显著高于实施前(22.7% vs. 14.7%,  $P < 0.001$ ),主动脉阻断时间长,但围术期红细胞、血浆和血小板输血量则显著降低。推行期间,患者的平均输血量低于实施前而高于实施后。3 组患者术前合并症,如高血压、糖尿病、冠心病、慢性阻塞性肺疾病(慢阻肺)等均无明显统计学差异。见表 1、图 1。

**2.2 AKI 并发症** HIBM 实施前、推行期、实施后患者 AKI 的情况见表 2。

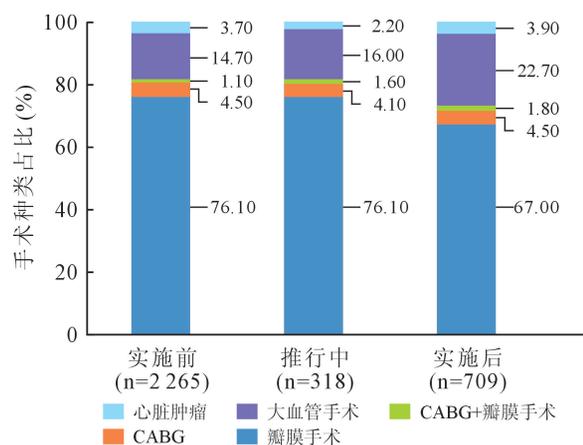


图 1 HIBM 实施前、推行期、实施后患者手术种类

**2.3 HIBM 对 AKI 的影响** 为进一步分析 HIBM 对 AKI 的影响,首先使用逻辑回归分析寻找 AKI 的风险因素。患者性别、年龄、术前高血压、糖尿病、阻断时间、CPB 时间、异体血输入为 AKI 的风险因素。经多因素逻辑回归分析后,患者年龄、高血压、CPB 时间、红细胞输入被鉴定为 AKI 的独立风险因素。详见表 3。

表 1 三组患者的一般情况比较

项目	实施前(n=2 265)	推行期(n=318)	实施后(n=709)	P 值*	P 值#	P 值
年龄(岁)	54±11	53±12	54±11	0.129	1.000	0.191
男性[n(%)]	1 106(48.83)	160(50.31)	363(51.20)	0.620	0.271	0.793
体重(kg)	61±12	61±11	62±11	1.000	0.048	0.178
心脏功能						
NYHA I 级[n(%)]	872(38.50)	145(30.91)	201(36.03)	0.015	<0.001	<0.001
NYHA II 级[n(%)]	668(29.49)	106(33.69)	226(31.18)	0.161	0.227	0.644
NYHA III 级[n(%)]	668(29.49)	88(33.69)	145(31.18)	0.504	<0.001	0.011
NYHA IV 级[n(%)]	57(2.52)	2(1.71)	15(1.61)	0.035	0.544	0.084
术前合并症						
原发性高血压[n(%)]	494(21.81)	76(23.90)	178(25.11)	0.400	0.067	0.679
糖尿病[n(%)]	146(6.45)	24(7.56)	40(5.64)	0.458	0.440	0.243
冠心病[n(%)]	174(7.68)	26(8.18)	59(8.32)	0.758	0.580	0.938
慢阻肺[n(%)]	22(0.97)	1(0.31)	2(0.28)	0.243	0.073	0.929
术中指标						
阻断时间(min)	85±63	93±48	94±56	0.030	0.001	0.782
CPB 时间(min)	128±79	127±60	130±65	0.828	0.540	<0.001
输血量						
红细胞(U)	2.43±3.94	0.97±2.67	0.42±1.58	<0.001	<0.001	<0.001
新鲜冰冻血浆(U)	0.78±1.78	0.47±1.49	0.15±0.70	0.003	<0.001	<0.001
血小板(U)	0.53±0.94	0.29±0.67	0.13±0.44	<0.001	<0.001	<0.001

注:NYHA;美国纽约心脏病协会心功能分级; \* P 值:推行期与实施前比较; # P 值:实施后与实施前比较; P 值:推行期与实施后比较

表 2 HIBM 实施前、推行期和实施后急性肾损伤并发症率

项目	实施前(n=2 265)	推行期(n=318)	实施后(n=709)	P 值*	P 值#	P 值
总例数(n)	2 265	318	709			
I 级[n(%)]	216(9.54)	18 (5.67)	53 (7.48)	0.024	0.095	0.289
II 级[n(%)]	66(2.91)	5 (1.57)	21 (2.96)	0.171	0.947	0.190
III 级[n(%)]	39(1.72)	5 (1.57)	10 (1.41)	0.847	0.570	0.842
合计[n(%)]	321(14.2)	28(8.8)	84(11.8)	0.009	0.115	0.148
瓣膜手术例数(n)	1 721	242	475			
I 级[n(%)]	161 (9.36)	12(4.96)	28(5.89)	0.024	0.017	0.606
II 级[n(%)]	45(2.61)	4 (1.65)	10 (2.11)	0.369	0.529	0.679
III 级[n(%)]	23 (1.34)	3 (1.24)	6 (1.26)	0.902	0.901	0.979
合计[n(%)]	229(13.31)	19(7.85)	44(9.26)	0.017	0.018	0.528
CABG 例数(n)	102	13	32			
I 级[n(%)]	7 (6.86)	0	4 (12.5)	0.330	0.311	0.182
II 级[n(%)]	0 (0.00)	0	0	NS	NS	NS
III 级[n(%)]	1 (0.98)	0	0	0.720	0.574	NS
合计[n(%)]	8(7.84)	0	4(12.5)	0.295	0.421	0.182
CABG+瓣膜置换例数(n)	25	5	13			
I 级[n(%)]	6 (24.00)	1 (20.00)	3 (23.08)	0.847	0.949	0.888
II 级[n(%)]	0	0	1 (7.69)	NS	0.160	0.523
III 级[n(%)]	2 (8.00)	0	0	0.513	0.295	NS
合计[n(%)]	8(32.00)	1(20.00)	4(30.77)	0.593	0.938	0.648
心脏肿瘤例数(n)	83	7	28			
I 级[n(%)]	4 (4.82)	0	0 (0.00)	0.552	0.237	NS
III 级[n(%)]	1 (1.20)	0	0	0.770	0.560	NS
合计[n(%)]	5(6.02)	0	0	0.504	0.184	NS
大血管手术例数(n)	334	51	161			
I 级[n(%)]	38 (11.38)	5 (9.80)	18(11.18)	0.740	0.948	0.783
II 级[n(%)]	21 (6.29)	1 (1.96)	10(6.61)	0.215	0.974	0.233
III 级[n(%)]	12 (3.59)	2 (3.92)	4 (2.48)	0.907	0.514	0.590
合计[n(%)]	71(21.26)	8 (15.69)	32(19.88)	0.359	0.723	0.505

注:CABG:冠状动脉旁路移植术; \* P 值:推行期与实施前比较; #P 值:实施后与实施前比较; P 值:推行期与实施后比较

逻辑回归分析显示,与 HIBM 实施前比较,实施后总人群 AKI 发生风险呈现降低趋势 ( $P = 0.116$ ) (表 4)。使用性别、年龄、术前合并症、手术方式、阻断时间、CPB 时间矫正后,这一趋势未变。使用以上指标,以及红细胞、新鲜冰冻血浆、血小板矫正后,则这一趋势消失。

在瓣膜手术中,HIBM 组 AKI 发生风险显著低于实施前。使用性别、年龄、术前合并症、手术方式、阻断时间、CPB 时间矫正后,仍保持统计学差异 ( $P = 0.042$ )。然而使用以上指标,以及红细胞、新鲜冰冻血浆、血小板矫正后,这一差异不再有统计学意义 ( $P = 0.927$ )。见表 4。

**2.4 其他不良事件** 与 HIBM 实施前比较,实施后患者术后死亡率、应用体外膜氧合或主动脉内球囊

反搏、二次开胸、消化系统并发症等均有不同程度下降,但无统计学差异。见表 5。

表 4 HIBM 实施前后对瓣膜手术患者 AKI 的影响

项目	OR	95%CI	P 值
瓣膜手术			
矫正前	0.665	0.473~0.934	0.019
矫正-1	0.697	0.492~0.987	0.042
矫正-2	0.983	0.684~1.413	0.927
所有人群			
矫正前	0.814	0.630~1.052	0.116
矫正-1	0.796	0.610~1.038	0.093
矫正-2	1.164	0.879~1.543	0.290

注:矫正-1:使用性别、年龄、术前合并症、手术方式、阻断时间、CPB 时间矫正;矫正-2:使用以上指标,以及红细胞、新鲜冰冻血浆、血小板矫正

表 3 术后 AKI 风险因素分析

变量	单因素分析		多因素分析*	
	OR(95%CI)	P 值	OR(95%CI)	P 值
性别	1.247(1.018~1.525)	0.033	1.039(0.839~1.286)	0.727
年龄	1.021(1.011~1.030)	<0.001	1.018(1.008~1.028)	0.001
体重	1.002(0.994~1.011)	0.604		
术前合并症				
原发性高血压	1.979(1.592~2.461)	<0.001	1.598(1.262~2.023)	<0.001
糖尿病	1.503(1.041~2.169)	0.030	1.190(0.806~1.755)	0.382
冠心病	1.308(0.924~1.850)	0.130		
慢阻肺	2.100(0.834~5.289)	0.115		
术中指标				
阻断时间	1.005(1.003~1.006)	<0.001	1.001(0.999~1.003)	0.293
CPB 时间	1.006(1.005~1.007)	<0.001	1.005(1.004~1.007)	0.001
输血量				
红细胞	1.158(1.130~1.186)	<0.001	1.133(1.093~1.175)	<0.001
新鲜冰冻血浆	1.001(1.001~1.001)	<0.001	1.000(1.000~1.000)	0.979
血小板	1.646(1.486~1.824)	<0.001	1.153(0.996~1.335)	0.056

注: \* : 矫正因素为: 性别、年龄、原发性高血压、糖尿病、阻断时间、CPB 时间、红细胞、新鲜冰冻血浆、血小板输入量

表 5 HIBM 实施前、中、后不良事件发生率[n(%)]

项目	实施前(n=2 265)	推行期(n=318)	实施后(n=709)	P 值
总并发症发生率	62(2.74)	9(2.83)	19(2.68)	0.991
死亡率	16(0.71)	4(1.26)	6(0.84)	0.571
瓣膜手术	8(0.46)	1(0.41)	3(0.63)	
CABG	0(0)	0(0)	0(0)	
CABG+瓣膜手术	1(4.00)	1(20.00)	0(0)	
心脏肿瘤	0(0)	0(0)	0(0)	
大血管手术	7(2.09)	2(3.92)	3(1.86)	
应用 ECMO 或 IABP	9(0.39)	1(0.31)	4(0.56)	0.796
瓣膜手术	6(0.34)	0(0)	3(0.63)	
CABG	1(0.98)	0(0)	0(0)	
CABG+瓣膜手术	2(8.00)	0(0)	0(0)	
心脏肿瘤	0(0)	0(0)	0(0)	
大血管手术	0(0)	1(1.96)	1(0.62)	
二次开胸止血	36(1.59)	6(1.89)	10(1.41)	0.850
瓣膜手术	19(1.10)	2(0.83)	4(0.84)	
CABG	2(1.96)	1(7.69)	0(0)	
CABG+瓣膜手术	1(4.00)	0(0)	0(0)	
心脏肿瘤	0(0)	1(14.29)	0(0)	
大血管手术	14(4.19)	2(3.92)	6(3.72)	
消化系统并发症	4(0.17)	1(0.31)	2(0.28)	0.796

注: CABG: 冠状动脉旁路移植术; ECMO: 体外膜氧合; IABP: 主动脉内球囊反搏

### 3 讨论

本研究通过对 3 292 名行 CPB 心血管手术的患者回顾性分析发现, HIBM 降低患者输血风险的同时, 使 AKI 发生率降低 17%(从 14.2% 降低至 11.8%)。

这在瓣膜手术患者中更为显著: 这一策略的实施使 AKI 发生率下降 30%, 发生风险降低至 0.7。

输血问题一直阻碍着现代心血管外科的发展。研究<sup>[10]</sup>显示, 随着术后血红蛋白的降低, 患者的并发症发生率逐渐增加<sup>[3]</sup>。随着输血量的增加, 并发

症发生风险也会增加。因此,对于此类患者,何时输血和输多少血的问题依然困扰着临床。事实上,决定是否输血是一个平衡低血红蛋白-输血风险的纠结僵局,而通过血液保护策略减少出血是打破这一僵局的重要措施。根据术中血液破坏的原因,HIBM 能够降低 80% 的输血量,并可保持较高术后血红蛋白水平。

为评价这一策略对预后的影响,本研究选择了发生率较高的术后并发症-AKI 作为主要指标,而这一指标与输血呈现显著相关性<sup>[6,11]</sup>,输血增加 AKI 的发生风险也与本结果相似。本研究发现,尽管 HIBM 实施后大血管手术的比例增加,但依然呈现出 AKI 减少趋势。为避免手术种类对 AKI 的影响,本研究对瓣膜手术患者进行分析。结果发现,HIBM 能够显著降低 AKI 的发生风险,但使用输血因素矫正后,则显著性消失。这些证据提示,HIBM 可能通过降低输血而降低 AKI 的风险。

尽管死亡<sup>[12-13]</sup>、术后心肌梗死<sup>[14]</sup>、胃肠道并发症<sup>[9,15]</sup>等也与输血密切相关,但本研究并未发现 HIBM 实施前、中、后三组患者术后的死亡率、应用体外膜氧合或主动脉内球囊反搏、出血、消化系统并发症,以及非瓣膜置换手术患者 AKI 的发生率有显著差异。这一结果与 David Mazer 等的研究相似<sup>[16]</sup>,心脏手术中,限制性输血策略(术中或术后血红蛋白低于 7.5 g/L)患者的输血量显著低于开放性输血策略(术中或术后在 ICU 时血红蛋白低于 9.5 g/L,或在非 ICU 病房时血红蛋白低于 8.5 g/L),但 2 组患者的全因死亡率、心肌梗死、中风,或新发肾衰竭相似。其原因可能有以下几个:①相对于 AKI,死亡、心肌梗死、新发肾衰竭等不良事件发生率较低,因此需要更多样本量观察 HIBM 对这些并发症的影响;②手术因素,特别是大血管手术,对这些预后指标的影响较大,因此成为重要干扰因素而影响了本研究结果。

事实上,来自阜外医院 CPB 的报道也得出了相似的结果:降低 CPB 系统预充能减少成人患者血制品输注率及平均输注量,并减少胸腔引流量、缩短机械通气时间,但对术后并发症(脑血管事件、肝功能衰竭、肾功能衰竭、心肌梗死)并无减少作用<sup>[17]</sup>。这可能也与样本量较少有关。

需要指出的是,对于 HIBM 的每一个策略,仍需要进一步确定其使用范围,分析、验证其在临床中的价值。例如:减少预充量能够提高术中血红蛋白浓度,降低输血风险。然而血红蛋白水平并非越高越好。在前期研究中发现,当血红蛋白高于 120 g/L,则有增加术后并发症趋势<sup>[10]</sup>。因此对于术前高血

红蛋白患者,是否需要其他措施,如血液分离技术,降低 CPB 中血红蛋白浓度?再如,术后将 CPB 管道和膜肺的血液洗涤后回输给患者(大约可回收 250 ml),这些红细胞是否会迅速被破坏而增加了游离血红蛋白对机体的损伤?这些问题仍需要进一步探索。

尽管如此,本研究仍可说明,HIBM 能够降低瓣膜手术患者术后 AKI 发生风险,这一作用可能与降低血制品输注量有关。此策略在临床中实施简单有效,因此值得推荐。

#### 参考文献:

- [1] Seese L, Sultan I, Gleason TG, *et al*. The impact of major postoperative complications on long-term survival after cardiac surgery [J]. *Ann Thorac Surg*, 2020, 110(1): 128-135.
- [2] 陈长伟,杜磊. 心脏疾病患者围术期输血策略:限制性或宽松性[J]. *中国输血杂志*, 2018, 31(8): 898-904.
- [3] Ming Y, Liu J, Zhang F, *et al*. Transfusion of red blood cells, fresh frozen plasma, or platelets is associated with mortality and infection after cardiac surgery in a dose-dependent manner [J]. *Anesth Analg*, 2020, 130(2): 488-497.
- [4] Paone G, Likosky DS, Brewer R, *et al*. Transfusion of 1 and 2 units of red blood cells is associated with increased morbidity and mortality [J]. *Ann Thorac Surg*, 2014, 97(1): 87-93.
- [5] Raphael J, Mazer CD, Subramani S, *et al*. Society of cardiovascular anesthesiologists clinical practice improvement advisory for management of perioperative bleeding and hemostasis in cardiac surgery patients [J]. *Anesth Analg*, 2019, 129(5): 1209-1221.
- [6] Mohrle P, Snyder-Ramos SA, Miao Y, *et al*. Postoperative red blood cell transfusion and morbid outcome in uncomplicated cardiac surgery patients [J]. *Intensive Care Med*, 2011, 37(1): 97-109.
- [7] 熊际月,谭赵霞,杜磊. 心脏手术围术期血液保护研究进展 [J]. *中国输血杂志*, 2016, 29(2): 222-226.
- [8] Murphy GJ, Pike K, Rogers CA, *et al*. Liberal or restrictive transfusion after cardiac surgery [J]. *N Engl J Med*, 2015, 372(11): 997-1008.
- [9] Elgharably H, Gamaleldin M, Ayyat KS, *et al*. Serious gastrointestinal complications after cardiac surgery and associated mortality [J]. *Ann Thorac Surg*, 2021, 112(4): 1266-1274.
- [10] Zhou L, Liu X, Yan M, *et al*. Postoperative nadir hemoglobin and adverse outcomes in patients undergoing on-pump cardiac operation [J]. *Ann Thorac Surg*, 2021, 112(3): 708-716.
- [11] Garg AX, Badner N, Bagshaw SM, *et al*. Safety of a restrictive versus liberal approach to red blood cell transfusion on the outcome of AKI in patients undergoing cardiac surgery: a randomized clinical trial [J]. *J Am Soc Nephrol*, 2019, 30(7): 1294-1304.
- [12] Tran L, Greiff G, Wahba A, *et al*. Relative impact of red blood cell transfusion and anaemia on 5-year mortality in cardiac surgery [J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2021, 32(3): 386-394.