

· 论 著 ·

DOI: 10.13498/j.cnki.chin.j.ecc.2021.03.05

目标导向灌注管理在感染性心内膜炎瓣膜手术的应用

彭勤宝,孟维朋,官莉,陆军,郑少忆

[摘要]:目的 探讨心肺转流(CPB)期间目标导向灌注策略(GDP)的实施对接受心脏瓣膜手术的感染性心内膜炎(IE)患者早期预后的影响。方法 回顾性分析在2017年1月至2020年4月期间择期行心脏瓣膜手术的88例IE患者,依据CPB管理策略的不同分为GDP组(A组,n=46)和依据CPB常规及灌注师经验管理的传统组(B组,n=42),比较两组患者术中及术后早期的各项临床指标。结果 两组患者基线可比(各项 $P>0.05$),CPB期间灌注流量(PF)A组高于B组($P<0.01$),氧供氧耗比值(DO_2/VO_2 值)A组高于B组($P<0.01$),两组CPB时间、主动脉阻断时间、术中平均动脉压、鼻咽温、膀胱温、关胸时间、术中及术后早期各个时点血清乳酸值及红细胞压积、术后24h胸液引流量、清醒时间、呼吸机时间、血管活性药评分、严重并发症发生率(严重器官栓塞、恶性心律失常、急性肾损伤、低心排量综合征等)、围术期红细胞输注率及使用量等比较均无统计学差异($P>0.05$),ICU停留时间A组明显短于B组($P<0.01$),术后早期共计5例(5.7%)患者死亡,其中A组3例,B组2例,两组间死亡率比较无统计学差异($P>0.05$)。结论 基于GDP指导下的CPB管理策略使接受瓣膜手术IE患者获得更高的PF及 DO_2/VO_2 值,缩短术后ICU停留时间,而高流量应用不增加围术期红细胞使用及器官栓塞事件发生。

[关键词]: 心肺转流;感染性心内膜炎;目标导向;灌注管理;瓣膜置换术;预后

Application of goal-directed perfusion management in valvular surgery for infective endocarditis

Peng Qinbao, Meng Weipeng, Guan Li, Lu Jun, Zheng Shaoyi

Department of Cardiovascular Surgery, Nanfang Hospital, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China

Corresponding author: Zheng Shaoyi, Email: shaoyi_zsy@sohu.com

[Abstract]: Objective To investigate the effect of the goal-directed perfusion (GDP) strategy during cardiopulmonary bypass (CPB) on the early prognosis of infective endocarditis (IE) patients undergoing heart valve surgery. **Methods** To compare the clinical indicators of the two groups during and early after the operation, from January 2017 to April 2020, the clinical data of 88 IE patients undergoing elective heart valve surgery were retrospectively collected and analysed. They were divided into GDP group (group A: goal-directed perfusion, n=46) and traditional group (group B: CPB routine and perfusion management experience, n=42) according to different CPB management strategies. The intraoperative and early postoperative clinical indicators of the two groups were compared. **Results** The two groups were comparable at baseline ($P>0.05$). During CPB, the perfusion flow (PF) ($P<0.01$) and the oxygen consumption ratio (DO_2/VO_2 value) ($P<0.01$) in group A were significant higher than those in group B. There was no statistical difference on the duration of CPB, aortic cross-clamping time, mean arterial pressure (MAP), nasopharyngeal temperature, bladder temperature, duration of sternal closure, serum lactic acid value and hematocrit at various points intraoperatively and early postoperatively, and postoperative 24 h pleural fluid drainage, wake time, ventilation time, incidence of serious complications (severe organ embolism, malignant arrhythmia, acute kidney injury, low cardiac output syndrome, etc.), perioperative red blood cell transfusion rate and usage between the two groups ($P>0.05$). ICU stay time in group A was significantly shorter than that of group B ($P<0.01$), a total of 5 (5.7%) patients died in the early postoperative period (3 cases in group A and 2 cases in group B). There was no statistical difference in mortality between the two groups ($P>0.05$). **Conclusion** The GDP strategy resulted in higher PF and DO_2/VO_2 values in IE patients undergoing valvular surgery, and shortened the postoperative ICU stay, while high flow application did not increase perioperative red blood cell use and organ embolization events.

[Key words]: Cardiopulmonary bypass; Infective endocarditis; Goal-directed; Perfusion management; Valve replacement surgery; Prognosis

作者单位:510515 广州,南方医科大学南方医院心血管外科

通信作者:郑少忆,Email:shaoyi_zsy@sohu.com

感染性心内膜炎(infective endocarditis, IE)为危及生命的急症,其并发症多、病死率高^[1],随着心脏外科技术的发展,研究表明早期手术干预有利于患者预后^[2-4]。理想的心肺转流(cardiopulmonary bypass, CPB)管理策略应保证机体组织最佳灌注的同时减少术后并发症,研究表明以氧供指数(oxygen delivery indexed, DO₂I)及平均动脉压(mean arterial pressure, MAP)作为核心指标的目标导向灌注策略(goal-directed perfusion, GDP)比以灌注流量(perfusion flow, PF)、红细胞压积(haematocrit, HCT)、混合静脉血氧饱和度(mixed venous oxygen saturation, SvO₂)等指标指导的传统策略更有优势^[5]。由公式 $DO_2I [ml/(m^2 \cdot min)] = 动脉血氧分压(PaO_2, mmHg) \times 0.003 + 血红蛋白(Hb, g/L) \times 动脉血氧饱和度(SaO_2) \times 1.34 (ml/g) \times PF [L/(m^2 \cdot min)]$ 可知,对大多合并贫血的 IE 患者实施 GDP 策略更为棘手^[6-7],本研究将两种不同 CPB 管理策略的比较如下。

1 资料与方法

1.1 研究对象 回顾性分析从 2017 年 1 月至 2020 年 4 月南方医科大学南方医院诊断符合改良 Duke 标准并接受心脏瓣膜手术的 IE 患者共 88 名^[8]。纳入标准:性别不限,年龄 18~70 岁,体质量指数 18~30 kg/m²,美国麻醉医师协会(American Society of Anesthesiologists, ASA)分级 II~IV 级,术前纽约心脏协会(New York Heart Association, NYHA)心功能分级 II~III 级。排除标准:术前存在严重心力衰竭尚未纠正、严重血流动力学障碍需主动脉内球囊反搏或者体外膜氧合支持,严重肺部疾病或中、重度肺动脉高压、肝肾功能障碍、严重脑血管疾病、术前发生赘生物脱落导致严重栓塞事件。

1.2 外科手术 手术在静吸复合全麻、正中开胸、全身肝素化后经升主动脉、腔静脉/右心房插管、浅低温(32~34℃)CPB 下进行,心肌保护采用 del Nido 含血晶体停搏液(DN 液),术中探查瓣周及瓣叶情况,清除赘生物并常规送培养,合并瓣周脓肿者予以清除并用稀释碘伏反复冲洗,根据瓣膜受累情况行瓣膜成形或置换术,合并其他心内畸形行同期矫治。

1.3 CPB 方法及分组 使用 Stockert 5 型滚压泵人工心肺机(索林,德国),非搏动灌注模式,连续动静脉血气监测仪(BMU40,迈柯维,德国),自制 CPB 电子记录模块^[9]。采用 Fusion 氧合器(BB841,美敦力,美国),Medos 停搏液灌注装置(米道斯,北京),

Maquet 成人型血液浓缩器、BMU 40 动脉/静脉样本池(迈柯维,德国)及配套管道包(科威,东莞)等为 CPB 主要耗材。传统组(B 组, n=42)依据 CPB 常规,转流期间维持 PF 在 2.2~3.0 L/(m²·min), MAP 维持在麻醉诱导基线下降值<25%(50~90 mmHg),超出此范围时在满足灌注流量的前提下采用去氧肾上腺素升压或吸入 1%~8%七氟烷降压进行调整, SvO₂ 保持在 65%~85%,转中 HCT 维持在 0.24 以上,氧合器动脉出口外氧分压维持在 200~250 mmHg,术前严重贫血者予红细胞预充、血液稀释严重者转中采取利尿、超滤、输注红细胞悬液等措施以达到目标值,灌注师根据手术进度并结合自身经验进行 CPB 管理。GDP 组(A 组, n=46)在 B 组的基础上将氧供氧耗相关公式导入 CPB 电子记录模块并实时自动生成患者 DO₂I 及氧供氧耗比值(DO₂/VO₂ 值),术中维持 DO₂I > 280 ml/(m²·min)、氧供/氧耗(DO₂/VO₂)值>3.5,低于目标值时则予调整 PF[最高不超过 3.5 L/(min·m²)]及 HCT,当高 PF 转流引起储血罐液平面下降至储血罐最低安全平面则使用真空负压辅助静脉引流(vacuum assisted venous drainage, VAVD)技术维持平面高度,保持储血罐负压不超过 -40 mmHg,术中数据采集时间间隔为 5~10 min/次。

1.4 收集指标

1.4.1 一般资料 收集患者性别、年龄、身高、体表面积、ASA 分级、心功能 NYHA 分级、左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)、欧洲心血管手术危险因素评分(EuroScore)、术前诊断、手术方式等。

1.4.2 CPB 相关资料 包括 CPB 时间、主动脉阻断(aortic cross clamp, ACC)时间、预充量、转中超滤量、总出入量、主泵泵压、PF、MAP、SvO₂、DO₂I、DO₂/VO₂ 比值、最低鼻咽温、血制品使用情况等。

1.4.3 标本采集 采集和记录以下时点的血清乳酸(lactic acid, Lac)及 HCT 值:麻醉诱导后(T1)、主动脉阻断后 10 min(T2)、主动脉开放后 10 min(T3)、CPB 停机(T4)、回 ICU 即刻 0 h(T5)、6 h(T6)、12 h(T7)、24 h(T8)。

1.4.4 术后早期恢复指标 包括清醒时间、呼吸机时间、ICU 停留时间、术后 24 h 引流量、ICU 24 h 最差血管活性药物评分(vasoactive inotrope score, VIS) [VIS=多巴胺×1+多巴酚丁胺×1+米力农×10+肾上腺素×100+去氧肾上腺素×10+去甲肾上腺素×100+垂体后叶素×10 000(药物单位:垂体后叶素为 U/(kg·min),其余为 μg/(kg·min))],严重并发症

(严重器官栓塞、恶性心律失常、急性肾损伤、低心排量综合征等)发生率及死亡病例。

1.5 统计学分析 运用 SPSS 20.0 软件进行分析,计数资料用频数(构成比)表示,组间比较使用卡方检验,计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,正态分布数据组间比较采用独立样本 *t* 检验,非正态分布数据采用非参数检验,不同时点 Lac 及 HCT 的比较采用重复测量方差分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者一般资料 两组患者在一般基本信息、ASA 分级、NYHA 心功能分级等比较差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。

2.2 CPB 临床资料 CPB 期间 A 组的 PF、 DO_2/VO_2 值均显著高于 B 组($P < 0.01$),两组 CPB 时间、ACC 时间、术中 MAP、鼻咽温、血制品使用、超滤量、转中出入量等比较差异无统计学意义,详见表 2。

2.3 术后早期恢复指标 A 组死亡 3 例(多器官衰竭、大面积脑梗、严重低心排各 1 例),B 组死亡 2 例(感染无法控制、恶性心律失常各 1 例),两组死亡率无差异($P > 0.05$)。两组患者严重并发症发生率无统计学差异($P > 0.05$),除死亡病例外,其中 A 组发生术后透析 4 例、气管切开 1 例、肠系膜动脉栓塞

1 例(行开腹探查)、蛛网膜下腔出血 1 例;B 组透析 4 例、延迟苏醒 1 例、主动脉内球囊反搏使用 1 例、脑梗 1 例,均经对症治疗后康复出院。A 组的 ICU 停留时间明显短于 B 组($P < 0.01$),其余指标比较无统计学差异($P > 0.05$),详见表 3。

2.4 围术期 Lac 的比较 重复测量方差分析示 Mauchly 球形度检验 $P < 0.01$,经 Greenhouse-Geisser 法校正发现不同时点主体内效应 $P < 0.01$,且与分组无交互作用($P = 0.825$),由多变量法方差分析比较后发现时点 T3、T4、T5、T6 与前一时点相比差异有统计学意义($P < 0.01$),即患者从术中升主动脉开放后至回 ICU 6 h 时 Lac 呈逐步升高趋势,而同一时点两组间 Lac 水平无统计学意义(主体间效应的检验, $P = 0.868$),见图 1。

2.5 围术期 HCT 的比较 重复测量方差分析示 Mauchly 球形度检验 $P < 0.01$,经 Greenhouse-Geisser 法校正发现不同时点主体内效应 $P < 0.01$,且与分组无交互作用($P = 0.565$),由多变量法方差分析比较后发现时点 T2、T3、T4、T6 与前一时点相比差异有统计学意义($P < 0.01$),即患者从 CPB 启动后受血液稀释影响 HCT 明显下降,经超滤、利尿、输血等处理逐渐升高,直至回 ICU 6 h 达到最高值,而同一时点两组间 Lac 水平无统计学意义(主体间效应的检验, $P = 0.988$),见图 2。

表 1 两组患者基线资料的比较

项目	A 组(n=46)	B 组(n=42)	<i>t</i> 值/ χ^2 值	<i>P</i> 值
年龄(岁)	46.35±14.94	44.9±15.92	0.439	0.662
男性(n)	33	33	0.547	0.46
身高(cm)	165.24±7.76	167.69±10.24	-1.272	0.207
体重(kg)	52.93±8.98	56.88±9.87	-1.964	0.06
体表面积(m ²)	1.69±0.38	1.82±0.34	-1.708	0.09
ASA 评级 II/III(n)	30/16	28/14	0.021	0.886
NYHA 分级 II/III(n)	27/19	29/13	0.313	0.378
EuroScore(分)	5.3±2.7	5.07±3.85	0.204	0.84
LVEF(%)	67.45±6.53	61.71±8.87	2.06	0.06
白细胞计数($\times 10^9/L$)	9.39±1.2	9.31±1.57	0.273	0.786
C 反应蛋白(mg/L)	24.13±1.71	23.93±2.22	0.48	0.632
血清肌酐($\mu\text{mol/L}$)	96.96±41.59	96.67±44.48	0.32	0.975
血红蛋白(g/L)	83.3±10.71	82.45±12.04	0.35	0.726
发热>38℃(n)	26	20	0.522	0.267
伴心内赘生物(n)	26/20	23/19	0.028	0.868
处理瓣膜 M/A/D/T(n)	22/5/18/1	28/5/8/1	4.393	0.222

注:ASA:美国麻醉医师协会;NYHA:纽约心脏协会;LVEF:左室射血分数;EuroScore:欧洲心血管手术危险因素评分;M:二尖瓣(或伴 TVP);A:主动脉瓣(或伴 TVP);D:二尖瓣+主动脉瓣(或伴 TVP);T:单纯三尖瓣成形术;TVP:三尖瓣成形

表 2 两组患者心肺转流资料比较

项目	A 组 (n=46)	B 组 (n=42)	t 值/χ ² 值	P 值
心肺转流时间 (min)	143.37±64.77	122.52±38.23	1.857	0.067
ACC 时间 (min)	94.39±48.03	82.26±30.71	1.423	0.159
鼻咽温 (°C)	34.39±0.76	34.58±0.61	-1.095	0.278
膀胱温 (°C)	34.39±0.76	34.58±0.61	-1.095	0.278
PF [L/(m ² ·min)]	3.21±0.16	2.78±0.18	11.987	<0.01
MAP (mmHg)	59.35±7.24	60.58±7.19	-0.677	0.501
最高主泵压力 (mmHg)	183.57±26.62	186.64±21.99	-0.588	0.558
SvO ₂ (%)	73.78±2.45	73.83±5.50	-0.035	0.973
DO ₂ /VO ₂ 值	3.95±0.38	3.17±0.28	10.964	<0.01
平均 HCT	0.24±0.02	0.24±0.03	0.225	0.823
最低 HCT	0.21±0.03	0.22±0.04	-1.192	0.237
红细胞预充 (n)	20	11	0.876	0.09
红细胞预充量 (ml)	232.5±87.77 *	259.09±106.81 *	-0.747	0.461
红细胞总用量 (ml)	380.43±242.32	358.33±256.60	0.416	0.679
红细胞输注 [n (%)]	41 (89.1)	33 (78.6)	1.83	0.176
预充量 (ml)	1 525.39±320.48	1 464.02±341.88	0.869	0.387
超滤量 (ml)	4 046.09±1917.64	3 696.43±1757.16	0.889	0.376
超滤速度 [ml/(kg·h)]	35.14±15.38	32.57±11.01	0.909	0.366
转中出入量 (ml)	-1 339.98±1 377.88	-1 278.62±1 335.69	-0.212	0.833

注:ACC:主动脉阻断;PF:灌注流量;MAP:平均动脉压;SvO₂:静脉氧饱和度;DO₂/VO₂:氧供/氧耗;* :A 组 (n=20) 和 B 组 (n=11) 的平均值

表 3 两组患者术后早期恢复指标比较

项目	A 组 (n=46)	B 组 (n=42)	t 值/χ ² 值	P 值
清醒时间 (h)	7.45±6.55	8.25±12.74	-0.304	0.762
呼吸机时间 (h)	20.69±11.99	19.48±8.24	0.457	0.65
ICU 停留时间 (d)	4.46±1.05	5.55±1.06	-4.843	<0.01
血管活性药物评分	5.59±1.75	5.67±2.09	-0.195	0.846
24 h 引流量 (ml)	259.67±127.81	318.44±211.18	-1.315	0.194
严重并发症 [n (%)]	10 (21.7)	9 (21.4)	0.01	1
死亡 [n (%)]	3 (6.5)	2 (4.8)	0.125	0.544

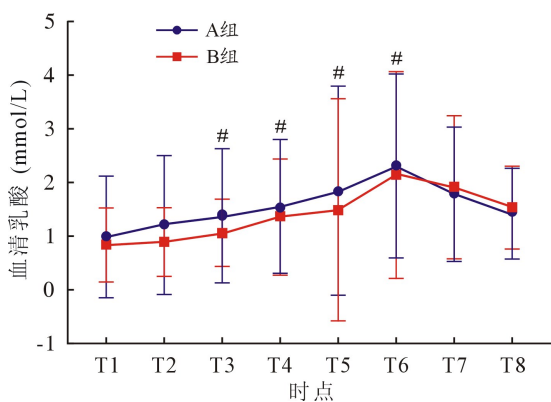


图 1 围术期不同时段两组 Lac 的比较

注:#为组内与前一时点比较 P<0.05

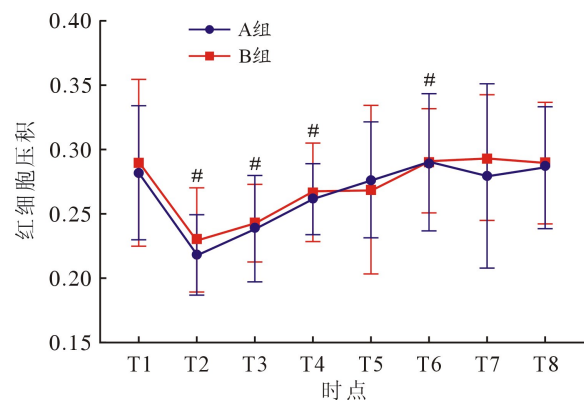


图 2 围术期不同时段两组 HCT 的比较

注:#为组内与前一时点比较 P<0.05

3 讨论

3.1 GDP 策略下的高灌注流量 成人生理状态下的 DO_2I 为 $350 \sim 500 \text{ ml}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$, 临床上将机体通过提高氧摄取率(正常 DO_2/VO_2 值 $4 \sim 5 : 1$)至最大值($2 : 1$)时的最低安全 DO_2I 值称为 DO_2I 临界阈值, 低于该值会引起组织缺氧导致代谢性酸中毒^[10-11]。Rancucci 等^[12]研究表明当 DO_2I 临界阈值低于 $260 \text{ ml}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ 会造成高乳酸血症, 低于 $272 \text{ ml}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ 且每降低 $10 \text{ ml}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ 则急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)的发生率会提高 7% ^[13-14]。本研究中两组患者在 CPB 早期血液稀释程度大致相同(时点 T1 及 T2 两组 HCT 比较无差异, 见图 2), 低温机体氧耗接近(转中鼻咽温及膀胱温比较无差异, 见表 2), 由于 A 组的 DO_2I 临界阈值设定 $>280 \text{ ml}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$, 结合上述公式可知在不调整 HCT 的情况下迫使提升 PF 使 A 组的 PF 显著高于 B 组, 低温虽可减少机体组织氧耗需求使得反映全身氧供氧耗平衡的指标 SvO_2 无显著差异, 但 A 组 DO_2/VO_2 值更接近正常生理值且显著高于 B 组, 提示临床上若仅以 SvO_2 作为灌注是否充分的指标则会忽略了机体在缺氧状态下氧摄取率的代偿性增高。发热作为 IE 患者最常见的临床表现本身就预示机体处于高氧耗状态^[15], 本研究中两组患者均出现术前发热的现象, 有研究表明高代谢状态下的 DO_2I 临界阈值应提升至 $340 \text{ ml}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ ^[16], 加之感染发展至严重脓毒症甚至休克对血流动力学影响往往表现为“高排低阻”^[17], 在血管张力降低的情况下高 PF 转流仿生机体的代偿生理过程, 本研究中 GDP 组术后 24 h 内 VIS 评分与 B 组差别不大, 表明高流量转流并未加重全身感染引致血管麻痹综合征的发生。有学者担忧 CPB 会加重 IE 患者全身菌血症及诱发赘生物脱落导致围术期器官栓塞事件的发生^[18-19], 但本研究数据表明即便是在高 PF 转流下 A 组患者在术后早期此类并发症发生率并未高于 B 组。临床中一般会根据患者体重选取合适的动、静脉插管以达成血液引流及回输目的, 本研究中两组由于体重相当、选用插管尺寸相近, 高 PF 有可能使流量偏离造成泵压偏高及引流不畅, 尽管滚压泵高速转动或 VAVD 使用会带来潜在的红细胞破坏风险^[20], 但表 2 数据表明两组在 MAP 及 VAVD 负压值控制得当的情况下最高主泵压力、围术期红细胞使用、术后 24 h 引流量等指标差异不大, 其使用是相对安全的。

3.2 GDP 策略下尽可能维持高 HCT 水平 为保证

大多术前合并贫血的 IE 患者 CPB 过程中充足的氧输送, 术中维持较高水平 HCT 显得尤为重要^[21], 本研究中一方面通过加强超滤使得两组患者术中超滤量均超过 $3\ 500 \text{ ml}$, 转中出入量维持大于 $1\ 000 \text{ ml}$ 以上的负平衡, 另一方面通过降低 CPB 系统回路预充量、必要时采用红细胞预充从而减少血液稀释使得转中最低 HCT 均保持在 0.20 以上, 有研究表明术中过低的 HCT 是 IE 患者围术期 AKI 发生的独立危险因素^[7, 22]。对 IE 患者选用氧合器应遵循低预充(静态+动态)、少“兜血”、高效“祛微栓”、稳定氧合性能的原则, 本研究中两组患者体重较轻, 血容量不大, 术中积极超滤往往使得储血罐液平面较低, 在较低液平面下高 PF 转流产生的气穴现象使气体在储血罐出血口被卷入血液中形成微气栓(gaseous micro-emboli, GME), 氧合器静脉回流室及心切开储血室因滤网孔径及设计工艺的不同使其“兜血”现象各不相同导致动态预充量存在差异, Fusion 氧合器最低安全液平面为 200 ml 、动态预充量低、且为膜前型预排气设计, 可有效防止静脉来源的 GME^[23], 且即便在 $6 \text{ L}/\text{min}$ 的额定流量运转下分流量仅为 $0.3 \text{ L}/\text{min}$, 可保证 GDP 策略实施过程中对 DO_2I 计算的测量精度^[24], 而储血罐罐体减压阀泄压范围为 $-100 \sim 5 \text{ mmHg}$ 可有效防止 VAVD 操作带来的 GME 侵入^[25], 氧合室的中空纤维排列为六层渐进式加密排列的内置式动脉滤器设计使其静态预充量降至 260 ml 进一步减少血液稀释^[26], 而膜面积未明显下降保证其氧合效能的稳定^[27], 文献表明 CPB 过程中血液稀释程度与术后高乳酸血症成正相关并影响患者预后^[12, 28], 结合 VAVD 技术控制预充量是有效减少 CPB 红细胞输注的有效手段^[29], 图 1 及图 2 表明两组患者得益于围术期 HCT 控制较好使得乳酸水平不高, 而在术中及术后早期未发生氧合器栓塞或氧合不良等相关不良事件。有文献表明延长的 CPB 时间及 ACC 时间均为 IE 患者围术期死亡的独立危险因素^[30-31], 而越来越多研究证实在成人心脏手术中采用 DN 液作为心肌保护停搏液可缩短手术时间且不影响心肌保护效果^[32-33], 本研究中虽采用 DN 液, 但由于单次灌注会增加 800 ml 晶体入量, 因此超滤时机应提前且滤水速度要加快, 尽可能在灌注过程中维持 $HCT > 0.23$ 以保证 DN 液的效果^[34], 对于可暴露冠状静脉窦的手术可使用血液回收装置吸走 DN 液避免加重血液稀释^[35]。

本研究具有一定的局限性, 为单中心回顾性分析且样本量偏小, 缺乏脑氧饱和度监测仪监测脑、肾等器官是否存在奢灌, 缺乏中远期随访数据。在未

来的研究中仍需多中心、大样本量的随机对照试验来对这项技术的有效性及其安全性进行进一步研究。

4 结 论

基于 GDP 指导下的 CPB 管理策略使接受瓣膜手术 IE 患者获得更高的 PF 及 DO_2/VO_2 值, 缩短术后 ICU 停留时间, 而高 PF 应用不增加围术期红细胞使用及器官栓塞事件发生。

参考文献:

- [1] Kumar A, Anstey C, Tesar P, *et al*. Risk factors for mortality in patients undergoing cardiothoracic surgery for infective endocarditis [J]. *Ann Thorac Surg*, 2019, 108(4): 1101-1106.
- [2] 鞠胜杰, 彭晓波, 陈劲进, 等. 137 例感染性心内膜炎的外科治疗策略[J]. *局解手术学杂志*, 2019, 28(11): 918-921.
- [3] 李亚雄, 李华, 王戈楠, 等. 感染性心内膜炎外科诊治进展[J]. *心肺血管病杂志*, 2019, 38(7): 811-813.
- [4] 孙鹤, 孟旭, 焦玉清, 等. 161 例感染性心内膜炎手术治疗临床分析[J]. *中国心血管病研究*, 2018, 16(11): 1029-1032.
- [5] 卢娟, 刘融, 魏新广, 等. 心肺转流中目标导向管理对冠状动脉旁路移植术患者预后的影响[J]. *中国体外循环杂志*, 2020, 18(1): 34-37.
- [6] Toom S, Xu Y. Hemolytic anemia due to native valve subacute endocarditis with *actinomyces israelii* infection [J]. *Clin Case Rep*, 2018, 6(2): 376-379.
- [7] 张思宇, 李西慧, 肖锋. 合并急性肾损伤的感染性心内膜炎的临床特点和预后分析[J]. *北京大学学报(医学版)*, 2019, 51(4): 737-741.
- [8] Habib G, Lancellotti P, Antunes MJ, *et al*. 2015 ESC Guidelines for the management of infective endocarditis: The Task Force for the Management of Infective Endocarditis of the European Society of Cardiology (ESC). Endorsed by: European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS), the European Association of Nuclear Medicine (EANM) [J]. *Eur Heart J*, 2015, 36(44): 3075-3128.
- [9] 彭勤宝, 刘亚湘, 毛向辉, 等. 基于 Excel 宏及函数构建的体外循环电子记录模块[J]. *中国体外循环杂志*, 2018, 16(4): 236-240.
- [10] 彭勤宝, 郑少忆. 静脉-动脉体外膜肺氧合过程发生氧合器假性氧合不良的识别与处理[J]. *中国现代手术学杂志*, 2020, 24(2): 99-102.
- [11] 周秀娟, 周荣华, 刘斌. 目标导向灌注的体外循环管理策略的探讨[J]. *中国体外循环杂志*, 2019, 17(4): 244-248.
- [12] Ranucci M, Carboni G, Cotza M, *et al*. Hemodilution on cardiopulmonary bypass as a determinant of early postoperative hyperlactatemia [J]. *PLoS One*, 2015, 10(5): e126939.
- [13] Newland RF, Baker RA, Woodman RJ, *et al*. Predictive capacity of oxygen delivery during cardiopulmonary bypass on acute kidney injury [J]. *Ann Thorac Surg*, 2019, 108(6): 1807-1814.
- [14] Ranucci M, Aloisio T, Carboni G, *et al*. Acute kidney injury and hemodilution during cardiopulmonary bypass: a changing scenario [J]. *Ann Thorac Surg*, 2015, 100(1): 95-100.
- [15] 曹红, 周洪莲, 邢铭友. 感染性心内膜炎 168 例临床特点分析 [J]. *医学研究杂志*, 2019, 48(6): 145-148.
- [16] Bojan M, Gioia E, Di Corte F, *et al*. Lower limit of adequate oxygen delivery for the maintenance of aerobic metabolism during cardiopulmonary bypass in neonates [J]. *Br J Anaesth*, 2020, 124(4): P395-P402.
- [17] Rivers EP, Yataco AC, Jaehne AK, *et al*. Oxygen extraction and perfusion markers in severe sepsis and septic shock: diagnostic, therapeutic and outcome implications [J]. *Curr Opin Crit Care*, 2015, 21(5): 381-387.
- [18] 陈宗辉, 励峰, 赵金龙, 等. 感染性心内膜炎手术危险因素分析 [J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2019, 26(6): 558-564.
- [19] 刘子嘉, 惠尚懿, 校搏, 等. 活动期感染性心内膜炎患者行体外循环下心脏瓣膜手术的麻醉管理 [J]. *中华麻醉学杂志*, 2017, 37(8): 958-963.
- [20] Budak AB, McCusker K, Gunaydin S. A Cardiopulmonary bypass based blood management strategy in adult cardiac surgery [J]. *Heart Surg Forum*, 2017, 20(5): E195-E198.
- [21] 王盛宇, 高扬, 刘新宾, 等. 重症感染性心内膜炎的外科治疗 [J]. *中国心血管病研究*, 2017, 15(1): 34-36.
- [22] Ellis MC, Paugh TA, Dickinson TA, *et al*. Nadir hematocrit on bypass and rates of acute kidney injury: does sex matter [J]? *Ann Thorac Surg*, 2015, 100(5): 1549-1554.
- [23] Benstoem C, Bleilevens C, Borchard R, *et al*. Retrospective analysis of air handling by contemporary oxygenators in the setting of cardiac surgery [J]. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*, 2018, 24(5): 230-237.
- [24] Baker RA. Variation in measurement and reporting of goal directed perfusion parameters [J]. *J Extra Corpor Technol*, 2017, 49(2): P2-P7.
- [25] Nygaard K, Thiara AS, Tronstad C, *et al*. VAVD vacuum may cause bubble transgression in membrane oxygenators [J]. *Perfusion*, 2016, 31(8): 648-652.
- [26] Boks RH, van Pelt C, Takkenberg JJ, *et al*. Minimizing the perfusion system by integration of the components. does it affect the hematocrit drop and transfused red blood cells? A retrospective audit [J]. *Perfusion*, 2015, 30(2): 127-131.
- [27] Hamilton C, Marin D, Weinbrenner F, *et al*. A new method to measure oxygenator oxygen transfer performance during cardiopulmonary bypass: clinical testing using the medtronic fusion oxygenator [J]. *Perfusion*, 2017, 32(2): 133-140.
- [28] 章晓华, 熊卫萍, 庄建. 血浆乳酸水平与成人心脏手术预后关系 [J]. *中国体外循环杂志*, 2018, 16(6): 351-356.
- [29] Gao S, Li Y, Diao X, *et al*. Vacuum-assisted venous drainage in adult cardiac surgery: a propensity-matched study [J]. *Interact CardioVasc Thorac Surg*, 2020, 30(2): 236-242.
- [30] 余春辉, 胡雁南, 邵鑫, 等. 感染性心内膜炎术后院内死亡危险因素分析 [J]. *国际心血管病杂志*, 2018, 45(5): 296-300.
- [31] 贺继刚, 李永武, 桂龙升, 等. 感染性心内膜炎患者手术死亡相关风险因素研究 [J]. *中国急救医学*, 2019, 39(1): 12-15.
- [32] Sanetra K, Gerber W, Shrestha R, *et al*. The del Nido versus cold blood cardioplegia in aortic valve replacement: A randomized trial [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2020, 159(6): 2275-2283.