

· 论著 · 先天性心脏病 ·

# 小儿法四根治术后血流动力学评估：两种方法对比研究



杨帆, 王建明, 谷疆蓉, 姚俊平, 朱晓丽, 张雪杰, 韩喆

河北省儿童医院 心脏外科(石家庄 050031)

**【摘要】** 目的 探讨法洛四联症婴幼儿术后通过超声心动图和 Mostcare 监护仪对血流动力学的评估应用。方法 63 例法洛四联症患儿均行一期根治手术, 其中 19 例采用牛心包做跨环补片重建右室流出道, 44 例采用非跨环补片处理流出道。所有病例术后即刻 (T 0), 8 h (T 1), 12 h (T 2), 24 h (T 3) 和 48 h (T 4) 记录超声心动图和 Mostcare 监护仪参数, 同时检测血脑利钠肽协助佐证, 研究两种监测方法的参数在法四根治术后的变化趋势及相关性。结果 左室射血分数在 T 1 时 (43.49%±3.82%) 低于 T 0 时 (48.29%±4.55%)、T 2 时 (45.83%±3.69%)、T 3 (53.76%±4.43%) 时和 T 4 时 (53.76%±4.43%,  $P<0.05$ )。心指数在 T 1 时 [(1.85±0.35) L/min·m<sup>2</sup>] 低于 T 0 时 [(2.11±0.38) L/min·m<sup>2</sup>]、T 2 时 [(2.07±0.36) L/min·m<sup>2</sup>]、T 3 [(2.42±0.37) L/min·m<sup>2</sup>] 时和 T 4 时 [(2.82±0.42) L/min·m<sup>2</sup>,  $P<0.05$ ]。心脏循环效率在 T 1 时 (0.19±0.05) 低于 T 0 时 (0.22±0.06)、T 2 时 (0.22±0.05)、T 3 (0.28±0.06) 时和 T 4 时 (0.34±0.06,  $P<0.05$ )。右心室两腔心切面面积变化分数在 T 1 时 (23.17±3.11) 低于 T 0 时 (25.81±3.74)、T 2 时 (25.38±3.43)、T 3 (30.60±4.50) 时和 T 4 时 (36.94±5.85, ( $P<0.05$ )。脉压变异度在 T 0 时 (18.76±3.58) 高于 T 1 时 (14.81±3.32)、T 2 时 (12.44±2.94)、T 3 (10.39±2.96) 时和 T 4 时 (9.18±1.92) ( $P<0.05$ )。血脑利钠肽在 T 1 时 [(846.67±362.95) pg/ml] 高于 T 0 时 [(42.60±18.06) pg/ml]、T 2 时 [(730.95±351.09) pg/ml]、T 3 [(510.98±290.39) pg/ml] 时和 T 4 时 [(364.41±243.56) pg/ml] ( $P<0.05$ )。跨环补片组的左室射血分数、心脏循环效率和心指数与非跨环补片组差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )；跨环补片组的右心室两腔心切面面积变化分数在各时点均明显低于非跨环补片组 ( $P<0.05$ )；血脑利钠肽、脉压变异度在跨环补片组明显高于非跨环补片组 ( $P<0.05$ )。左室射血分数与心指数 ( $r=0.637$ ,  $P=0.001$ )、心脏循环效率 ( $r=0.462$ ,  $P=0.001$ ) 呈明显正相关, 与血脑利钠肽 ( $r=-0.419$ ,  $P=0.001$ ) 呈明显负相关。结论 两种方法均可准确反映心功能状态, Mostcare 与超声心动图一致性良好; 采用跨环补片处理右室流出道者对右室收缩功能影响更大; Mostcare 监护仪可以实时、连续、准确的指导法四根治术后的血流动力学管理。

**【关键词】** 法洛四联症; Mostcare 监护仪; 超声心动图; 血流动力学

## Hemodynamic assessment in pediatric with tetralogy of Fallot after radical surgery: comparison of two methods

YANG Fan, WANG Jianming, GU Jiangrong, YAO Junping, ZHU Xiaoli, ZHANG Xuejie, HAN Zhe

Cardiac Surgery Department of Hebei Province Children's Hospital, Shijiazhuang, 050031, China

Corresponding author: WANG Jianming, Email: wang\_li\_w@163.com

**【Abstract】 Objective** To explore the hemodynamic assessment after radical surgery in pediatric with tetralogy of Fallot by both echocardiography and Mostcare monitor. **Methods** Sixty-three children with tetralogy of Fallot underwent primary repair. There were 19 patients who underwent transannular patch reconstruction of the right ventricular outflow tract while 44 patients retained the pulmonary valve annulus. The echocardiography and Mostcare monitor parameters were recorded and test brain natriuretic peptide to assist certificate at the time points of 0, 8, 12, 24 and 48 hours after operation (T 0, T 1, T 2, T 3, T 4). To analyze their correlations and the change trand at different time point after radical surgery. **Results** The left ventricular ejection fraction at T 1 time point (43.49±3.82) was lower than T 0 (48.29±4.55), T 2 (45.83±3.69), T 3 (53.76±4.43) and T 4 (53.76 ± 4.43) ( $P<0.05$ ). The cardiac index at T 1 time

DOI: 10.7507/1007-4848.201807064

基金项目: 河北省卫生和计划生育委员会科研基金项目 (20160427)

通信作者: 王建明, Email: wang\_li\_w@163.com

point( $1.85\pm 0.35$  L/min·m<sup>2</sup>) was lower than T 0 ( $2.11\pm 0.38$  L/min·m<sup>2</sup>), T 2 ( $2.07\pm 0.36$  L/min·m<sup>2</sup>), T 3 ( $2.42\pm 0.37$  L/min·m<sup>2</sup>) and T 4 ( $2.82\pm 0.42$  L/min·m<sup>2</sup>,  $P<0.05$ ). The cardiac circulation efficiency at T1 time point ( $0.19\pm 0.05$ ) was lower than T 0 ( $0.22\pm 0.06$ ), T 2 ( $0.22\pm 0.05$ ), T 3 ( $0.28\pm 0.06$ ) and T 4 ( $0.34\pm 0.06$ ,  $P<0.05$ ). The right ventricular two-chambers view fraction area change at T 1 ( $23.17\pm 3.11$ ) was lower than T 0 ( $25.81\pm 3.74$ ), T 2 ( $25.38\pm 3.43$ ), T 3 ( $30.60\pm 4.50$ ) and T 4 ( $36.94\pm 5.85$ ) ( $P<0.05$ ). The pulse pressure variability was the highest at T 0 ( $18.76\pm 3.58$ ), followed by T 1 ( $14.81\pm 3.32$ ), T 2 ( $12.44\pm 2.94$ ), T 3 ( $10.39\pm 2.96$ ), and T 4 ( $9.18\pm 1.92$ ) in turns ( $P<0.05$ ). The blood brain natriuretic peptide was higher at T 1 ( $846.67\pm 362.95$  pg/ml) than T 0 ( $42.60\pm 18.06$  pg/ml), T 2 ( $730.95\pm 351.09$  pg/ml), T 3 ( $510.98\pm 290.39$  pg/ml) and T 4 ( $364.41\pm 243.56$  pg/ml,  $P<0.05$ ). There was no significant difference in left ventricular ejection fraction, cardiac circulation efficiency and heart index between the two groups ( $P>0.05$ ). The right ventricular two-chambers view fraction area change of transannular patch group was significantly lower than non-transannular patch group at each time point ( $P<0.05$ ). The blood brain natriuretic peptide and pulse pressure variability were significantly higher of transannular patch group than the non-transannular patch group, the difference was statistically significant ( $P<0.05$ ). Left ventricular ejection fraction was positively correlated with cardiac index ( $r=0.637$ ,  $P=0.001$ ) and cardiac circulation efficiency ( $r=0.462$ ,  $P=0.001$ ) while was significantly negatively correlated with blood brain natriuretic peptide ( $r=-0.419$ ,  $P=0.001$ ). **Conclusion** Both methods can accurately reflect the state of cardiac function. Mostcare have a good consistency with echocardiography. Using transannular patch to reconstitute right ventricular outflow tract in operation took more influence on right ventricular systolic function. The Mostcare monitor can guide the hemodynamic management after surgery in real-time, continuously and accurately.

**【Key words】** Tetralogy of Fallot; Mostcare monitor; echocardiography; hemodynamic

法洛四联症 (congenital tetralogy of Fallot, TOF) 是最常见的紫绀型先天性心脏病, 发病率约占所有先天性心脏病 10%<sup>[1]</sup>。该病是一种较为严重的先天性心脏畸形, 手术是治疗 TOF 的唯一方法<sup>[2]</sup>。近年来, 随着技术的发展, TOF 手术成功率不断提高, 可高达 98%~99%<sup>[3-4]</sup>, 而术后的心功能与并发症、手术预后密切相关, 尤其当患儿术后出现肺动脉瓣返流、肺动脉瓣关闭不全、右心室扩张及充血性心力衰竭等将严重影响治疗效果和患儿生存质量<sup>[5-6]</sup>。因此, 准确评估 TOF 患儿术后心功能是临床研究的重点和难点<sup>[7-8]</sup>。目前临床对 TOF 患儿围手术期心功能评估主要依赖超声心动图, 但超声心动图无法实现实时监测, 不能及时反映术后患儿心功能的动态变化情况<sup>[9-10]</sup>。Mostcare 监护仪是近年来体外循环手术中运用较多的有创循环血流动力学监测系统, 其核心技术是压力记录分析法 (pressure recording analytical method, PRAM), 可实现实时动态血流监测。本研究采用超声心动图和 Mostcare 监护仪对 TOF 婴幼儿进行术后心功能评估, 探讨两种方法的相关性, 为术后血流动力学评估及预后判断提供参考。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料 and 分组

回顾性分析 2016 年 2 月至 2018 年 6 月在我院心脏外科接受一期根治术治疗 63 例 TOF 患儿的临

床资料, 其中男 34 例、女 29 例; 合并畸形房间隔缺损 (ASD) 或卵圆孔未闭 (PFO) 28 例, 合并动脉导管未闭 (PDA) 5 例。分为跨环补片组 19 例和非跨环补片组 44 例; 年龄 6~24 ( $9.82\pm 5.77$ ) 个月。患儿均有静息状态下发绀, 静息经皮血氧饱和度 78%~90% ( $81.73\pm 3.19\%$ ); 术前红细胞压积 0.37~0.53 ( $0.44\pm 0.34$ )。体格检查提示胸骨左缘 II 级及以上收缩期杂音。术前辅助检查: 心电图示明显右心室肥厚征象; X 线胸片可见靴型心影, 心胸比 0.44~0.65 ( $0.54\pm 0.18$ ); 术前超声评估 McGoon 比值 1.21~1.96 ( $1.69\pm 0.30$ ); NYHA 心功能分级在 I~II 级; (伦理审查批准号: 2018011); 见表 1。

### 1.2 方法

**1.2.1 心脏彩超 (GE Vivid i) 检查左心室功能参数测定** 将超声探头置于患儿胸骨旁, 调整探头位置以获取胸骨旁左心室长轴切面, 调整 M 型取样线于二尖瓣腱索水平以获取超声结果; 根据 M 型超声图结果测量左室射血分数 (left ventricular ejection function, LVEF)。右心室功能参数测定: 取改良大动脉短轴切面, 沿着右心室侧壁、心尖部及室间隔部的心内膜, 获得右心室最小收缩面积 (right ventricular end-systolic area, RVESA) 和最大舒张面积 (right ventricular end-diastolic area, RVESA), 并计算右心室两腔心切面面积变化分数 (right ventricular two-chambers view fraction area

change, RV-2FAC), RV-2FAC=(RVEDA-RVESA)/RVEDA×100%。

**1.2.2 Mostcare 监护仪监测** MostCare 通过分析外周动脉波形得到参数。选取桡动脉或股动脉予以穿刺置管,使用标准压力换能器连接监护仪(Philips IntelliVue MP70),监护仪双出口压力模块经一根信号线输出信号至 Mostcare。于监护仪上输入患者类型和信息,包括身高、体质量、血管类型、数据通道等,与常规监护仪同时归零压力后即可使用。持续记录并收集术后即刻(T0)、8 h(T1)、12 h(T2)、24 h(T3)、48 h(T4)的 Mostcare 监测参数,包括心指数(cardiac output index, CI)、心脏循环效率(cardiac cycle efficiency, CCE)和脉压变异度(pulse pressure variation, PPV)。

**1.2.3 血 BNP 检测** 所有患儿均在术后即刻(T0)、8 h(T1)、12 h(T2)、24 h(T3)和 48 h(T4)记录超声心动图和 Mostcare 监护仪参数。于术后即刻(T0)、8 h(T1)、12 h(T2)、24 h(T3)和 48 h(T4)抽取静脉血,放入抗凝管中,应用循环增强荧光分析仪(型号:PylonCore)测定患儿血浆 BNP 水平。

**1.3 研究指标**

于术后即刻(T0)、8 h(T1)12 h(T2)、24 h(T3)和 48 h(T4),通过超声技术分别采集以下参数信息:(1)左室射血分数(LVEF):即心脏每搏输出量占心室舒张末期容积量的百分比,≥50%属正常范围,反映左心室心肌收缩能力;(2)右心室两腔心切面面积变化分数(RV-2FAC):包含右心室流入道、流出道及心尖三部分结构的收缩运动信息,反映右心总体收缩功能。通过 Mostcare 监护仪采集(1)心指数(CI):即心指数,为人体静息时的心输出量与个体表面积之比;(2)心脏循环效率(CCE):是心脏在收缩期消耗能量与在整个心动周期消耗能量的比值

(CCE=Wsys / Wbeat•K),反映心脏、动脉系统、静脉系统、肺循环等整个循环系统的能量效率;(3)脉压变异度(PPV):是一种评价循环容量反应性的功能性血流动力学监测指标。

**1.4 统计学分析**

用 SPSS 21.0 软件进行统计分析,计量资料以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,多组比较采用方差分析,两两比较采用 LSD 检验;计数资料采用 $\chi^2$ 检验;两种方法各指标的相关性采用 Pearson 相关性分析;检验水准  $\alpha=0.05$ 。

**2 结果**

**2.1 手术情况:**

63 例 TOF 患儿一期根治术中、术后均无死亡,术后恢复顺利,未出现明显低心排量综合征。术后超声心动图提示均未见室间隔缺损残余漏;心脏听诊杂音均降至 II 级及以下。患儿出院时无发绀,心功能正常。

**2.2 术后各时间点血流动力学变化**

患儿术后 LVEF、CI、CCE 和 RV-2FAC 在 T1

表 1 63 例患者的基本资料 [ $\bar{x} \pm s$ /例 (%) ]

指标	统计结果
性别(男/女)	34/29
手术年龄(月)	9.82±5.77
体重(kg)	7.85±1.76
术前经皮血氧饱和度(%)	81.73±3.19
术前红细胞压积	0.44±0.04
心胸比例	0.54±0.18
Mcgoon 比值	1.99±0.30
跨环补片	19 (30.16)
主动脉阻断时间(min)	59.11±11.06
机械通气时间(min)	21.89±4.68

表 2 不同时间点研究参数的比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

指标	T0	T1	T2	T3	T4	F	P
LVEF (%)	48.29±4.55	43.49±3.82 <sup>a</sup>	45.83±3.69 <sup>ab</sup>	53.76±4.43 <sup>abc</sup>	60.54±3.23 <sup>abcd</sup>	695.387	<0.001
RV-2FAC (%)	25.81±3.74	23.17±3.11 <sup>a</sup>	25.38±3.43 <sup>ab</sup>	30.60±4.50 <sup>abc</sup>	36.94±5.85 <sup>abcd</sup>	595.286	<0.001
BNP (pg/mL)	42.60±18.06	846.67±362.95 <sup>a</sup>	730.95±351.09 <sup>ab</sup>	510.98±290.39 <sup>abc</sup>	364.41±243.56 <sup>abcd</sup>	239.661	<0.001
CCE	0.22±0.06	0.19±0.05	0.22±0.05 <sup>ab</sup>	0.28±0.06 <sup>abc</sup>	0.34±0.06 <sup>abcd</sup>	437.664	<0.001
PPV (%)	18.76±3.58	14.81±3.32 <sup>a</sup>	12.44±2.94 <sup>ab</sup>	10.39±2.96 <sup>abc</sup>	9.18±1.92 <sup>abcd</sup>	472.273	<0.001
CI (L·min <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> )	2.11±0.38	1.85±0.35 <sup>a</sup>	2.07±0.36 <sup>ab</sup>	2.42±0.37 <sup>abc</sup>	2.82±0.42 <sup>abcd</sup>	432.584	<0.001

a: 与 0 h 比较, P<0.05; b: 与 8 h 比较, P<0.05; c: 与 12 h 比较, P<0.05; d: 与 48 h 比较, P<0.05

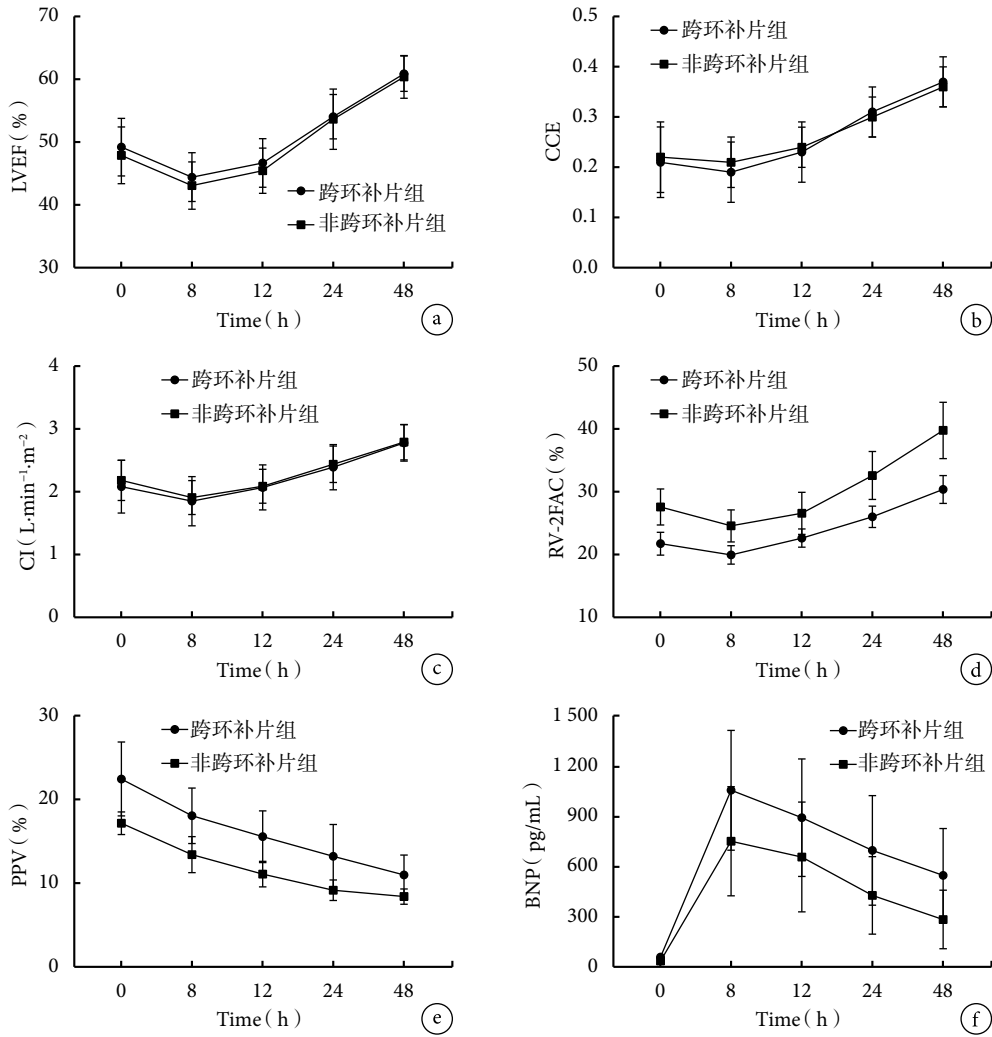


图1 跨环补片组与非跨环补片组各指标变化趋势及差异图

a: 左室射血分数; b: 心脏循环效率; c: 心指数; d: 右心室两腔心切面面积变化分数[RV-2FAC(%)]；e: 脉压变异度(PPV)；f: 血脑利钠肽(BNP)

时明显低于 T 0、T 2、T 3 和 T 4 ( $P < 0.05$ )，T 0 到 T 1 呈下降趋势，于 T 1 时达到最低值后，各时点呈逐渐上升趋势。PPV 在 T 0 时明显高于 T 1、T 2、T 3 和 T 4 ( $P < 0.05$ )，于术后呈持续下降趋势。BNP 在 T 1 时明显高于 T 0、T 2、T 3 和 T 4 ( $P < 0.05$ )，于 T 1 后各时点呈持续下降趋势；见表 2。

跨环补片组的 LVEF、CCE、CI 与非跨环补片组差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )；跨环补片组的 RV-2FAC 在各时点均明显低于非跨环补片组，差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )；PPV、血 BNP 在跨环补片组明显高于非跨环补片组，差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )；见图 1。

LVEF 与 CI ( $r = 0.637, P = 0.001$ )、CCE ( $r = 0.462, P = 0.001$ ) 呈明显正相关，与血 BNP ( $r = -0.419, P = 0.001$ ) 呈明显负相关；见表 3。

### 3 讨论

TOF 是常见的复杂先心病，这类患儿一般伴有不同程度的心功能不全和低氧血症，心脏畸形矫治前、后常因血流动力学明显波动而使用正性肌力药<sup>[11]</sup>。所以，术后患儿循环功能的早期监测和干预是提高术后存活率，减少手术相关并发症关键<sup>[12]</sup>。因此，术后采用有效的循环监测系统是提高手术治愈率、降低病死率的重要措施。既往有关心功能和容量负荷的监测，多使用 Swan-ganzs 导管。Swan-ganzs 导管技术也有其局限性，如创伤性大、易致心律失常、费用高等。接着脉搏指示持续心输出量技术 (PiCCO) 使用于临床。相对于 Swan-ganzs 导管来说，PiCCO 反映心脏前负荷较准确，并发症较少，相对无创，费用也有所下降，但是 PiCCO 需经过低温盐水的校准，其操作过程较复杂，且股动脉

表 3 各研究参数 Pearson 相关性分析

指标		LVEF	RV-2FAC	BNP	CCE	PPV	CI
LVEF	<i>r</i>	1	0.053	-0.419 <sup>#</sup>	0.462 <sup>#</sup>	0.029	0.637 <sup>*</sup>
	<i>P</i>		0.677	0.001	0.001	0.823	0.001
RV-2FAC	<i>r</i>	0.053	1	0.473	0.414	0.539	0.414
	<i>P</i>	0.677		0.121	0.279	0.473	0.061
BNP	<i>r</i>	-0.419 <sup>#</sup>	0.473	1	0.485	0.606	-0.430 <sup>#</sup>
	<i>P</i>	0.001	0.121		0.072	0.247	0.001
CCE	<i>r</i>	0.462 <sup>#</sup>	0.414	0.485	1	-0.372	0.433 <sup>#</sup>
	<i>P</i>	0.001	0.279	0.072		0.103	0.001
PPV	<i>r</i>	0.029	0.539	0.606	-0.372	1	0.402
	<i>P</i>	0.823	0.473	0.247	0.103		0.311
CI	<i>r</i>	0.637 <sup>*</sup>	0.414	-0.430 <sup>#</sup>	0.433 <sup>#</sup>	0.402	1
	<i>P</i>	0.001	0.061	0.001	0.001	0.311	

\*:  $P < 0.05$ ; #:  $P < 0.01$

置管有时会影响外科手术,其使用性受到很大限制<sup>[13-14]</sup>。近年来 PRAM 技术的应用为临床血流动力学的监测提供新的选择,其独特指标心脏循环效率(CCE)能直接反映心脏收缩功能<sup>[15]</sup>,脉压变异度(PPV)能动态的反映机体容量的变化<sup>[16]</sup>,为临床心功能的监测提供了新的参考。

本研究针对 TOF 根治术后血流动力学变化展开,通过收集 Mostcare 监护仪及超声心动图两种不同手段记录的数据进行变化趋势及相关性研究。其中 LVEF、CI 和 CCE 为左心功能评估的敏感指标,均在术后 8 h 降至最低水平,术后 8 至 12 h 呈缓慢升高趋势,至术后 12 h 后开始快速升高,三者有良好的相关性。这说明心肌经历体外循环术后出现缺血再灌注损伤<sup>[17]</sup>,由于氧自由基的大量产生、心肌细胞的凋亡以及炎性因子的释放,抑制心肌收缩力。因此,患儿心功能在术后先呈下降趋势,直至术后 8 h 达到最低水平,即低心排综合征的高发时刻。至术后 8 h 之后,心功能开始逐渐出现好转。其中术后 8~12 h 期间心功能缓慢恢复,从术后 12 h 开始出现明显持续稳定的好转。本研究发现 CCE 不仅与 CI、LVEF 呈正相关性,它们还可直接反映心肌收缩做功水平,有助于指导血管活性药的临床应用。在实验中我们发现,当 CCE<0.01 时,适当增加正性肌力药物剂量,可明显提高心指数。另有研究表明,相同心排指数水平下,CCE 越高其心室-动脉偶联越好,心肌能量代谢(氧耗量)水平越低,且 CCE 变化先于心功能变

化,并且具有预后价值<sup>[18]</sup>。因此,临床可根据 CCE、CI 及 LVEF 及时了解心脏功能状态,调整血管活性药物剂量以改善循环能量效率、心室弹性和动脉弹性的匹配关系。对此,作者在大量的临床实践中也得到了证实。

右室流出道重建术后对右心功能的评估对围术期患儿监护及临床干预有重要意义。右心室两腔切面包含右心室流入道、流出道及心尖三部分结构的运动信息,因此 RV-2FAC 能够反映右心室纵向以及横向的收缩功能。美国超声心动图协会定义当 RV-2FAC<35% 时考虑存在右心功能衰竭,而在右心功能正常的不同人群中参考值范围为 35%~63%<sup>[19]</sup>。我们的研究发现,术后 RV-2FAC 呈明显下降趋势,在术后 8 h 达最低点,之后缓慢上升,直至术后 12 h 开始稳定快速上升,这亦与术后低心排综合征高发时点相符。本研究发现在手术中采用跨环补片加宽处理右室流出道组的 RV-2FAC 明显低于非跨环补片组,考虑这与更多的右室流出道重建损伤、肺动脉瓣返流而降低右室总体收缩功能有关。

PPV 在以往的研究中被认为是评估容量反应性的有效指标,并广泛使用在容量反应性评估中,当左心室处于 Frank-Starling 曲线上升段时,这个指标值增加,且与每搏输出量变化值存在很高相关性<sup>[20]</sup>。相关研究认为在预测容量反应性方面 PPV 优于中心静脉压、肺动脉楔压、右室舒张末容积等传统指标<sup>[21]</sup>。当 PPV<15% 时,提示循环系统对通过

适当增加循环容量而提高每搏输出量反应良好<sup>[22]</sup>。本研究发现法四根治术后各时点 PPV 呈逐渐下降趋势；跨环补片组 PPV 水平总体高于非跨环补片组。说明法四根治术后早期即需要适当增加循环血容量，以此来达到充足的心排量。随着术后心室收缩功能的逐渐恢复以及前负荷的逐渐增高，这种依靠提高血容量来增加心排量的作用将逐渐下降。

血 BNP 主要由心室合成和分泌，可以反映心室功能的变化，并用于心功能的评估。当心室容量符合增加、心脏压力负荷加重和室壁肌张力增高时，心肌细胞的 BNP 基因被激活，导致 BNP 合成增多。在我们的研究中发现血 BNP 术后迅速升高，至术后 8 h 逐渐下降，与 LVEF 及 CI 呈负相关。同时，跨环补片组血 BNP 水平明显高于非跨环补片组。这可能由于手术跨环补片导致右室流出道损伤、肺动脉瓣关闭不全等原因致右心系统功能异常所致。

由此可见，与超声心动图相比，Mostcare 监护仪具有实时、连续、准确记录术后心脏功能细微变化的优点，且其指标与超声心动图参数间具有较好的一致性，能准确反映心功能变化，为术后血流动力学管理及预后评估提供重要参考价值。

#### 参考文献

- Anguaco MJ, Sachdeva R, Jaquiss RD, *et al.* Long-term outcomes of intraoperative pulmonary artery stent placement for congenital heart disease. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2011, 77(3): 395-399.
- 张宝宁, 张磊, 雷军荣, 等. 法洛四联症根治术 117 例. *第四军医大学学报*, 2006, 27(5): 480-480.
- Moustafa S, Merchant N, Prieur T. Unusual operation for tetralogy of fallot. *Arch Cardiovasc Dis*, 2013, 106(3): 180-181.
- Hata T, Mashima M, Ito M, *et al.* Three-Dimensional HD live Rendering Images of the Fetal Heart. *Ultrasound Med Biol*, 2013, 301(13): 662-665.
- 张长江, 王德才, 杜德禄, 等. 小儿法洛四联症的外科治疗. *实用儿科临杂志*, 2012, 27(17): 1370-1371.
- Polito A, Piga S, Cogo PE, *et al.* Increased morbidity and mortality in very preterm/VLBW infants with congenital heart disease. *Intensive Care Med*, 2013, 39(6): 1104-1112.
- Quandt D, Ramchandani B, Penford G, *et al.* Right ventricular outflow tract stent *versus* BT shunt palliation in tetralogy of Fallot. *Heart*, 2017, 103(24): 1985-1991.
- LI J, LUO S, LIU F, *et al.* Systolic function of right ventricular outflow tract is a better predictor to exercise performance after pulmonary valve replacement in tetralogy of Fallot. *PediatrCardiol*, 2017, 38(8): 1556-1561.
- Wilder TJ, Van Arsdell GS, Benson L, *et al.* Young infants with severe tetralogy of Fallot: early primary surgery versus transcatheter palliation. *Thorac Cardiovasc Surg*, 2017, 154(5): 1692-1700.
- Kobayashi M, Takahashi K, Yamada M, *et al.* Assessment of early diastolic interventricular pressure gradient in the left ventricle among patients with repaired tetralogy of Fallot. *Heart Vessels*, 2017, 32(11): 1364-1374.
- 韩丁, 罗毅, 贾清彦, 等. 压力记录分析法用于小儿法洛四联症根治术中循环能量效率研究. *心肺血管病杂志*, 2016, 35: 623-627.
- 李桐, 张燕博, 杨克明, 等. 成人法洛四联症一期根治术后 ICU 延迟恢复的危险因素. *中华实用诊断与治疗杂志*, 2017, 31(9): 878-880.
- 凌文通, 李建伟, 袁勇. 脉搏轮廓温度稀释连续心输出量测定与热稀释法心输出量测定的相关性分析. *河北医学*, 2009, 15: 132.
- Bognar Z, Foldi V, Rezman B, *et al.* Extravascular lung water index as a sign of developing sepsis in burns. *Burns*, 2010, 36: 1263-1270.
- Modesti PA, Gamberi T, Bazzini C, *et al.* Response of serum proteome in patients undergoing infraaortic aneurysm repair. *Anesthesiology*, 2009, 11: 844-854.
- JM Alonso-Inigo, MJ Fas, V Osca, *et al.* Goal-directed fluid and hemodynamic therapy in major colon surgery with the pressure recording analytical method cardiac output monitor (MostCare/PRAM): prospective analysis of 58 patients. *Crit Care*, 2012, 16(1): 242-246.
- Sanada S, Komuro I, Kitakaze M. Pathophysiology of myocardial reperfusion injury: preconditioning, postconditioning and translational aspects of protective measures. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2011, 301: H1723-H1741.
- Romagnoli S, Romano M, Lazzeri C, *et al.* Cardiac cycle efficiency: a new index for cardiac work estimation tested during aortic valve plasty. *Crit Care*, 2010, 14: P127.
- Schuuring MJ, Bolmers PP, Mulder BJ, *et al.* Right ventricular function declines after cardiac surgery in adult patients with congenital heart disease. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2012, 28: 755-762.
- 汪华玲, 何胜虎, 徐日新, 等. 全心舒张末期容量指数及脉压变异预测感染性休克继发 ALI 容量反应性. *中华急诊医学杂志*, 2014, 23(3): 267-272.
- 支琳琳, 冯伟, 郭轶男, 等. 感染性休克患者不同时期液体负荷对机体影响的前瞻性临床研究. *中华危重病急救医学*, 2015, 27(1): 13-16.
- AgudeloTorres DE, Naverro Martinez J, Galiana Lvars M, *et al.* Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring task force of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med*, 2014, 40: 1795-1815.

收稿日期: 2018-07-29 修回日期: 2018-09-06

本文编辑: 董敏