

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2022.15.004
文章编号: 1005-8982 (2022) 15-0020-07

儿科疾病专题·论著

LVEF、NT-proBNP联合cTnI对先天性心脏病 患儿术后低心排量综合征的预测价值*

莫李媚, 赵丽, 吴鸿雁, 王冰冰, 邢存乔

(上海儿童医学中心三亚市妇女儿童医院 儿童重症监护室, 海南 三亚 572000)

摘要: **目的** 分析左心室射血分数(LVEF)、N-末端脑钠肽前体(NT-proBNP)联合心肌肌钙蛋白I(cTnI)对先天性心脏病患儿术后低心排量综合征的预测价值。**方法** 选取2019年6月—2021年9月于上海儿童医学中心三亚市妇女儿童医院接受体外循环下先天性心脏病矫正术的121例患儿,按术后是否发生低心排量综合征分为低心排量综合征组和非低心排量综合征组。比较两组患儿的性别、年龄、体重、主动脉阻断时间、体外循环时间、机械通气时间、血管活性药物评分及先天性心脏病类型;比较两组患儿的LVEF、NT-proBNP、cTnI;采用多因素Logistic回归模型分析先天性心脏病患儿术后低心排量综合征发生的影响因素;绘制ROC曲线,分析LVEF、NT-proBNP、cTnI及三者联合对先天性心脏病患儿术后低心排量综合征发生的预测效能。**结果** 121例体外循环下先天性心脏病矫正术患儿术后发生低心排量综合征39例,发生率为32.23%;两组的年龄、主动脉阻断时间、体外循环时间、机械通气时间及LVEF、NT-proBNP、cTnI比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$),低心排量综合征组年龄小于非低心排量综合征组,LVEF低于非低心排量综合征组,主动脉阻断时间、体外循环时间、机械通气时间长于非低心排量综合征组,NT-proBNP、cTnI高于非低心排量综合征组;多因素Logistic回归分析发现,年龄[OR=0.436(95% CI:0.186,0.769)]、LVEF [OR=0.877(95% CI:0.779,0.987)]是先天性心脏病患儿术后低心排量综合征发生的保护因素($P < 0.05$),主动脉阻断时间 [OR=3.652(95% CI:1.425,7.002)]、体外循环时间 [OR=3.702(95% CI:1.463,8.652)]、机械通气时间 [OR=2.025(95% CI:1.165,5.385)]、NT-proBNP [OR=1.005(95% CI:1.003,1.007)]、cTnI [OR=3.758(95% CI:1.549,9.121)]是危险因素($P < 0.05$);ROC曲线分析结果显示,LVEF、NT-proBNP、cTnI及三者联合预测先天性心脏病患儿术后低心排量综合征发生的敏感性分别为76.5%(95% CI:0.682,0.875)、81.2%(95% CI:0.751,0.932)、78.6%(95% CI:0.693,0.887)、86.5%(95% CI:0.793,0.932),特异性分别为73.5%(95% CI:0.602,0.835)、79.6%(95% CI:0.693,0.900)、75.5%(95% CI:0.659,0.861)、84.2%(95% CI:0.782,0.935)。**结论** LVEF、NT-proBNP、cTnI是先天性心脏病患儿术后低心排量综合征发生的独立预测因子,且三者联合可有效预测低心排量综合征的发生。

关键词: 先天性心脏病;低心排量综合征;体外循环;左心室射血分数;N-末端脑钠肽前体;心肌肌钙蛋白I

中图分类号: R725.4

文献标识码: A

Predictive value of LVEF, NT-proBNP, combined cTnI in children with low cardiac output syndrome after congenital heart disease surgery*

Li-mei Mo, Li Zhao, Hong-yan Wu, Bing-bing Wang, Cun-qiao Xing

(Pediatric Intensive Care Unit, Sanya Women and Children's Hospital Managed by Shanghai Children's
Medical Center Sanya, Sanya, Hainan 572000, China)

收稿日期: 2022-03-25

* 基金项目: 海南省卫生健康行业项目(No.: 21A200005)

Abstract: Objective To analyze the predictive value of left ventricular ejection fraction (LVEF) and N-terminal pro brain natriuretic peptide (NT-proBNP) combined cardiac troponin I (cTnI) in children with low cardiac output syndrome after congenital heart disease surgery. **Methods** A total of 121 children with congenital heart disease undergoing cardiopulmonary bypass in Sanya Women and Children's Hospital Managed by Shanghai Children's Medical Center Sanya, from June 2019 to September 2021, were selected. According to postoperative low cardiac output syndrome, they were divided into low cardiac output syndrome group and non-low cardiac output syndrome group. Sex, age, body weight, aortic block time, cardiopulmonary bypass time, mechanical ventilation time, vasoactive drug score, congenital heart defect type, LVEF, NT-proBNP, and cTnI were compared between the two groups. Logistic multiple regression model was used to analyze the risk factors of postoperative low cardiac output syndrome in children with congenital heart defect, to analyze the value of LVEF, NT-proBNP, CTNI, and their combination in predicting the occurrence of postoperative low cardiac output syndrome in congenital heart defect children. **Results** 39 LCOS in 121 children with congenital heart disease, the incidence rate was 32.23%. There were significant differences in age, aortic occlusion time, cardiopulmonary bypass time, mechanical ventilation time, LVEF, NT-proBNP, and cTnI between the two group by *t* test ($P < 0.05$); age and LVEF of LCOS group were lower than those of non-LCOS group; aortic occlusion time, extracorporeal circulation time and mechanical ventilation time were longer than those of non-LCOS group; NT-proBNP and cTnI were higher than those of non-LCOS group. The logistic regression results found that, age [$\hat{OR} = 0.436$ (95% CI: 0.186, 0.769)], LVEF [$\hat{OR} = 0.877$ (95% CI: 0.779, 0.987)] were protective factors for the occurrence of LCOS after pediatric congenital heart disease ($P < 0.05$), Time to aortic blockade [$\hat{OR} = 3.652$ (95% CI: 1.425, 7.002)], time of cardiopulmonary bypass [$\hat{OR} = 3.702$ (95% CI: 1.463, 8.652)], mechanical ventilation time [$\hat{OR} = 2.025$ (95% CI: 1.165, 5.385)], NT-proBNP [$\hat{OR} = 1.005$ (95% CI: 1.003, 1.007)], and cTnI [$\hat{OR} = 3.758$ (95% CI: 1.549, 9.121)] were risk factors ($P < 0.05$); ROC result display that the sensitivity of LVEF, NT-proBNP, cTnI, and the combined prediction of LCOS occurrence after congenital heart disease in brain children is 76.5% (95% CI: 0.682, 0.875), 81.2% (95% CI: 0.751, 0.932), 78.6% (95% CI: 0.693, 0.887), 86.5% (95% CI: 0.793, 0.932) respectively, and speciality were 73.5% (95% CI: 0.602, 0.835), 79.6% (95% CI: 0.693, 0.900), 75.5% (95% CI: 0.659, 0.861), and 84.2% (95% CI: 0.782, 0.935), respectively. **Conclusion** LVEF, NT-proBNP, and cTnI were independent predictors of LCOS after pediatric congenital heart disease, and the combination of the three could effectively predict the occurrence of LCOS.

Keywords: heart disease, congenital; low cardiac output syndrome; extracorporeal circulation; left ventricular ejection fraction; N-terminal pro brain natriuretic peptide; cardiac troponin I

先天性心脏病属于一种常见的先天性畸形, 是在胚胎发育时期, 由于心脏及大血管形成障碍、或出生后应自动关闭的通道未能闭合而引起的一组心脏局部解剖结构异常的疾病^[1-2]。全身麻醉体外循环下先天性心脏病矫正是治疗该病的主要术式, 手术成功率高, 但由于患儿术前心功能受损, 加之体外循环易导致心肌能量供需失衡, 造成缺血-再灌注损伤、心排量急剧降低、心肌钝抑, 从而诱发低心排量综合征、急性呼吸窘迫综合征等并发症^[3-4]。国外研究^[5]发现, 先天性心脏病患儿心脏直视手术的术后低心排量综合征发生率高达 25%~60%, 其不仅会造成重要组织器官处于低灌注状态, 加重诸多脏器的损伤, 且是导致患儿术后死亡的主要原因之一。因此, 早期识别、防治是预防术后低心排量综合征发生、降低病死率的关键。由于超声心动图的结果易受患

者心率及操作医师综合知识水平、技能等因素影响, 评估心脏功能存在一定限制^[6], 故急需一种客观、快速、操作简便的评估方法。本研究分析左心室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF)、N-末端脑钠肽前体 (N-terminal pro-brain natriuretic peptide, NT-proBNP) 联合心肌肌钙蛋白 I (cardiac troponin I, cTnI) 对先天性心脏病患儿术后低心排量综合征的预测价值, 旨在为临床早期识别高危人群提供依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2019 年 6 月—2021 年 9 月于上海儿童医学中心三亚市妇女儿童医院接受体外循环下先天性心脏病矫正术的 121 例患儿。其中, 男性 70 例, 女性 51 例; 年龄 1~10 岁, 平均 (5.26±2.02) 岁; 体重

8~27 kg, 平均(18.63±2.42)kg; 先天性心脏病类型: 室间隔缺损 50 例, 房间隔缺损 30 例, 法洛四联症 10 例, 完全肺静脉异位引流 6 例, 动脉导管未闭 14 例, 肺动脉瓣狭窄 9 例, 右室双出口 1 例, 完全性大动脉转位 1 例。纳入标准: 经心脏超声证实为先天性心脏病, 且符合体外循环下先天性心脏病矫正术适应证; 患儿家属知情同意并自愿签署知情同意书。排除标准: 术中或术后 48 h 内死亡; 肾功能严重不全; 严重心律失常; 甲状腺疾病; 先天性代谢缺陷、多畸形综合征; 有症状的原发性肺部疾病, 需接受长期皮质激素、茶碱等治疗; 急诊手术; 近期接受外科手术或存在外伤; 感染性疾病。本研究已获医院医学伦理委员会审核批准。

1.2 方法

1.2.1 低心排血量综合征诊断标准^[7] ①收缩压比术前降低>20%或收缩压<90 mmHg; ②心脏指数<2 L/(min·m²); ③尿量<0.5 mL/(kg·h), 连续超过 2 h; ④四肢冰冷, 中心温度与外周温度相差>5℃; ⑤中心静脉压>15 cmH₂O。符合 2 项及以上即为低心排血量综合征。

1.2.2 分组 按术后是否发生低心排血量综合征分为低心排血量综合征组和非低心排血量综合征组。比较两组的性别、年龄、体重、主动脉阻断时间、体外循环时间、机械通气时间、血管活性药物评分及先天性心脏病类型。其中, 血管活性药物评分=多巴酚丁胺[μg/(kg·min)]+多巴胺[μg/(kg·min)]+100×肾上腺素[μg/(kg·min)]+10×米力农[μg/(kg·min)]+100×去甲肾上腺素[μg/(kg·min)]+10 000×垂体后叶素[u/(kg·min)]。

1.2.3 LVEF 选用 GE Vivid 7 Dimension 型超声诊断仪(美国 GE 公司), 配备 3 V 矩阵探头, 探头频率为 1.5~4.0 MHz。术前, 取所有患儿左侧位, 取心尖四腔心切面, 通过改良 Simpson 单平面法计算 LVEF, 取 3 个心动周期的平均值。

1.2.4 血浆 NT-proBNP、cTnI 水平检测 术前 2 h 采集所有患儿静脉血 3 mL, 3 000 r/min 离心 5 min, 离心半径为 8 cm, 取上清液。采用自动电化学发光免疫分析法测定血浆 NT-proBNP、cTnI 水平, 试剂盒购自上海羽喙生物科技有限公司。

1.3 统计学方法

数据分析采用 SPSS 23.0 统计软件。计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示, 比较采用 *t* 检验; 计数资料以构成比或率(%)表示, 比较采用 χ^2 检验; 绘制 ROC 曲线; 影响因素的分析用多因素 Logistic 回归模型。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般资料、围手术期指标比较

121 例体外循环下先天性心脏病矫正术患儿术后发生低心排血量综合征 39 例, 发生率为 32.23%。两组患儿的性别、体重、血管活性药物评分及先天性心脏病类型比较, 差异均无统计学意义(*P*>0.05); 两组患儿的年龄、主动脉阻断时间、体外循环时间、机械通气时间比较, 差异均有统计学意义(*P*<0.05), 低心排血量综合征组的年龄小于非低心排血量综合征组, 主动脉阻断时间、体外循环时间、机械通气时间长于非低心排血量综合征组。见表 1。

2.2 两组术前 LVEF 及血浆 NT-proBNP、cTnI 比较

两组术前 LVEF 及血浆 NT-proBNP、cTnI 比较, 差异均有统计学意义(*P*<0.05), 低心排血量综合征组的 LVEF 低于非低心排血量综合征组, NT-proBNP、cTnI 高于非低心排血量综合征组。见表 2。

2.3 先天性心脏病患儿术后低心排血量综合征发生的影响因素

将先天性心脏病患儿术后是否发生低心排血量综合征作为因变量(1=发生, 0=未发生), 将单因素分析中差异有统计学意义的指标作为自变量, 采用多因素 Logistic 回归分析, 结果: 年龄[$\hat{OR}=0.436$ (95% CI: 0.186, 0.769)]、LVEF[$\hat{OR}=0.877$ (95% CI: 0.779, 0.987)]是先天性心脏病患儿术后低心排血量综合征发生的保护因素(*P*<0.05), 主动脉阻断时间[$\hat{OR}=3.652$ (95% CI: 1.425, 7.002)]、体外循环时间[$\hat{OR}=3.702$ (95% CI: 1.463, 8.652)]、机械通气时间[$\hat{OR}=2.025$ (95% CI: 1.165, 5.385)]、NT-proBNP[$\hat{OR}=1.005$ (95% CI: 1.003, 1.007)]、cTnI[$\hat{OR}=3.758$ (95% CI: 1.549, 9.121)]是先天性心脏病患儿术后低心排血量综合征发生的危险因素(*P*<0.05)。见表 3。

表 1 两组患儿一般资料、围手术期指标比较

组别	n	男/女/例	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	体重/(kg, $\bar{x} \pm s$)	主动脉阻断时间/(h, $\bar{x} \pm s$)	体外循环时间/(h, $\bar{x} \pm s$)	机械通气时间/(h, $\bar{x} \pm s$)	血管活性药物评分 ($\bar{x} \pm s$)
非低心排量综合征组	82	47/35	6.32 ± 1.24	14.62 ± 1.15	1.29 ± 0.41	2.16 ± 0.54	2.76 ± 0.74	9.20 ± 1.24
低心排量综合征组	39	23/16	4.36 ± 1.02	14.23 ± 1.39	1.63 ± 0.39	2.68 ± 0.46	5.13 ± 0.85	9.35 ± 1.32
χ^2/t 值		0.030	8.581	1.628	4.330	5.183	15.685	0.609
P 值		0.863	0.000	0.106	0.002	0.000	0.000	0.544

组别	先天性心脏病类型							
	室间隔缺损	房间隔缺损	法洛四联症	完全肺静脉异位引流	动脉导管未闭	肺动脉瓣狭窄	右室双出口	完全性大动脉转位
非低心排量综合征组	34	21	7	4	9	6	1	0
低心排量综合征组	16	9	3	2	5	3	0	1
χ^2/t 值					1.136			
P 值					0.118			

表 2 两组患儿术前 LVEF 及血浆 NT-proBNP、cTnI 比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	LVEF/%	NT-proBNP/($\mu\text{g/L}$)	cTnI/(mg/L)
非低心排量综合征组	82	52.10 ± 4.84	524.82 ± 88.57	12.22 ± 1.84
低心排量综合征组	39	42.54 ± 7.33	731.06 ± 90.62	15.93 ± 3.56
t 值		7.413	9.149	7.567
P 值		0.000	0.000	0.000

表 3 儿童先天性心脏病术后低心排量综合征发生影响因素的 Logistic 回归分析参数

自变量	b	S_b	Wald χ^2	P 值	OR	95% CI	
						下限	上限
年龄	-0.425	0.326	4.165	0.014	0.436	0.186	0.769
主动脉阻断时间	1.956	0.513	7.452	0.006	3.652	1.425	7.002
体外循环时间	1.762	0.473	8.332	0.004	3.702	1.463	8.652
机械通气时间	1.066	0.405	5.726	0.011	2.025	1.165	5.385
LVEF	-0.131	0.060	4.756	0.029	0.877	0.779	0.987
NT-proBNP	0.005	0.001	15.812	0.000	1.005	1.003	1.007
cTnI	1.324	0.452	8.567	0.003	3.758	1.549	9.121
常量	-22.427	9.109	6.062	0.014	0.000	-	-

2.4 LVEF、NT-proBNP、cTnI 及三者联合对低心排量综合征发生的预测效能

将 LVEF、NT-proBNP、cTnI 作为状态变量, 低心排量综合征发生状态作为检验变量 (0 = 未发生, 1 = 发生), 绘制 ROC 曲线, 结果显示, LVEF、NT-proBNP、cTnI 及三者联合预测先天性心脏病患儿术后低心排量综合征发生的敏感性分

别为 76.5% (95% CI: 0.682, 0.875)、81.2% (95% CI: 0.751, 0.932)、78.6% (95% CI: 0.693, 0.887)、86.5% (95% CI: 0.793, 0.932), 特异性分别为 73.5% (95% CI: 0.602, 0.835)、79.6% (95% CI: 0.693, 0.900)、75.5% (95% CI: 0.659, 0.861)、84.2% (95% CI: 0.782, 0.935)。见表 4 和图 1。

表 4 LVEF、NT-proBNP、cTnI 及三者联合对低心排量综合征发生的预测效能分析

指标	截断值	AUC	95% CI		P 值	敏感性/%	95% CI		特异性/%	95% CI	
			下限	上限			下限	上限		下限	上限
LVEF	45.32 %	0.798	0.702	0.902	0.000	76.5	0.682	0.875	73.5	0.602	0.835
NT-proBNP	2 243.65 $\mu\text{g/L}$	0.872	0.801	0.942	0.000	81.2	0.751	0.932	79.6	0.693	0.900
cTnI	13.98 mg/L	0.838	0.767	0.910	0.000	78.6	0.693	0.887	75.5	0.659	0.861
三者联合	-	0.903	0.825	0.968	0.000	86.5	0.793	0.932	84.2	0.782	0.935

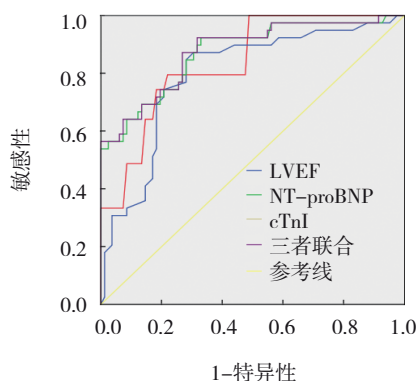


图 1 LVEF、NT-proBNP、cTnI 及三者联合预测 ROC 图

3 讨论

先天性心脏病矫正术中进行体外循环时，患儿机体处于“控制性休克”状态，体外循环时间过长可减少全身脏器的有效血流灌注，导致缺血-再灌注损伤、心肌能量供需失衡，增加机体总氧需求量，严重影响正常的氧输送、氧合功能及心排量^[8-9]。同时，手术创伤、心肌缺血再灌注及体外循环等均可能诱发全身炎症反应，激活内皮细胞，促进一氧化氮、内毒素、补体等因子释放，造成心肌舒张功能、收缩功能发生障碍，从而增加术后低心排量综合征的发生风险^[10-11]。

LVEF 是监测低心排量综合征较为敏感的参数，也是评估左心功能的可靠指标。DING 等^[12]研究发现，术前 LVEF 值较低的患者心脏储备功能相对较弱，在经历术中心肌缺血后发生低心排量综合征等术后并发症的风险更高。MAGANTI 等^[13]研究发现，术前 LVEF < 40% 是影响瓣膜病患者二尖瓣修复或置换术后低心排量综合征发生的危险因素。刘海渊等^[14]研究报道，LVEF < 45% 是冠状动脉粥样硬化性心脏病患者体外循环下冠状动脉旁路移植术后低心排量综合征的独立危险因素。

本研究结果发现，低心排量综合征组术前 LVEF 比非低心排量综合征组低，且 LVEF 是先天性心脏病患儿术后低心排量综合征发生的保护因素，证实低 LVEF 值可能会增加术后低心排量综合征的发生风险。其原因可能在于 LVEF 与心肌收缩力呈正相关，心肌收缩力越弱，心脏每搏排出量越小，则 LVEF 越低。当患儿 LVEF 值降低时意味着心肌收缩功能严重受损，心肌纤维化加重，心室重构加快，左心功能减弱甚至失代偿，而体外循环后血流动力学恢复，心脏负荷增加，导致心脏每搏排出量急剧降低，影响心肌传导、收缩力及电活动，故增加围手术期低心排量综合征的发生风险^[15]。

脑钠尿肽分泌增加的主要刺激因素在于心脏前后负荷增加而致的心室壁张力上升，其可通过降低外周小血管阻力、扩血管、抑制肾素-血管紧张素-醛固酮系统等途径而发挥改善心功能的作用^[16-17]。而 NT-proBNP 是脑钠尿肽激素原分裂后的 N-端片段，具有更高的血浆稳定性。cTnI 是肌钙蛋白-肌球蛋白调节复合物中的蛋白之一，与心肌钙离子共同参与心肌收缩活动，可发挥预防心肌收缩的作用。当心肌细胞出现脂质过氧化、线粒体 DNA 获得性损伤时，心肌细胞内线粒体肿胀变性、肌原纤维溶解及细胞水肿等变化可导致血浆 cTnI 升高^[18-19]。作为反映心脏功能的生化指标，NT-proBNP、cTnI 在成人心脏衰竭的综合治疗管理、危险分层及诊断中发挥重要作用。GAO 等^[20]研究发现，NT-proBNP、cTnI 水平与慢性心力衰竭患者的左心室功能密切相关，且可指导临床治疗方案的调整。BLANCO 等^[21]研究证实，NT-proBNP、cTnI 水平与急性心力衰竭患者的预后有关，可有效预测主要心血管不良事件发生。吴海荣等^[22]研究报

道, NT-proBNP 可用于慢性肺源性心脏病患者右心结构、肺动脉压力变化的评估中。但关于先天性心脏病患儿 NT-proBNP、cTnI 的变化及与心功能相关性的研究较少。本研究中, 低心排量综合征组 NT-proBNP、cTnI 比非低心排量综合征组高, NT-proBNP、cTnI 是术后低心排量综合征发生的危险因素, 可见血浆 NT-proBNP、cTnI 水平与先天性心脏病患儿术后低心排量综合征的发生密切相关, 其发生机制可能在于: ①由于先天性心脏病患儿心脏结构生长发育异常, 长期存在左向右分流的血流动力学异常, 进而增加心脏房室压力负荷、容量, 导致心脏舒张功能及收缩功能降低, 诱发低心排量综合征。而压力负压过大及心肌重构加重, 可激活肾素-血管紧张素-醛固酮系统, 诱导心室肌细胞分泌 BNP, 从而导致血浆 NT-proBNP 水平上升。②当心肌细胞坏死或损伤时, cTnI 可经受损的心肌细胞膜依次进入细胞间质、血管及淋巴管内, 且 cTnI 水平与心肌细胞缺血缺氧呈正相关。本研究 ROC 曲线分析发现, LVEF、NT-proBNP、cTnI 及三者联合预测先天性心脏病患儿术后低心排量综合征发生的 AUC 分别为 0.798、0.872、0.838、0.903, 可见三者联合可有效预测术后低心排量综合征发生, 故临床应密切监测先天性心脏病患儿围手术期 LVEF、NT-proBNP、cTnI 变化, 以进一步防治低心排量综合征。

综上所述, LVEF、NT-proBNP、cTnI 是先天性心脏病患儿术后低心排量综合征发生的独立预测因子, 且三者联合可有效预测低心排量综合征的发生。但本研究样本来源单一、样本量相对较小均可能造成结果产生偏倚, 未分析其他影响低心排量综合征发生的危险因素, 只采集术前即刻的数据, 未比较围术期 LVEF、NT-proBNP、cTnI 指标的变化, 且未明确三者之间相关性及其作用机制, 故后期将会以上述不足作为重点, 进一步开展大样本量、多中心的研究。

参 考 文 献 :

- [1] 余幸娟, 王琦光, 王健铭, 等. 先天性心脏病对胎儿生长发育影响研究[J]. 临床军医杂志, 2021, 49(5): 493-496.
- [2] 于泓, 王静石, 崔春明, 等. 先天性心脏病胎儿脑容积的磁共振 3D 成像研究[J]. 中国临床医学影像杂志, 2020, 31(12): 841-845.
- [3] WILLIAMS K, CARSON J, LO C. Genetics of congenital heart disease[J]. Biomolecules, 2019, 9(12): 879.
- [4] SALOMON J, ERICSSON A, PRICE A, et al. Dysbiosis and intestinal barrier dysfunction in pediatric congenital heart disease is exacerbated following cardiopulmonary bypass[J]. JACC Basic Transl Sci, 2021, 6(4): 311-327.
- [5] UHLIG K, EFREMOV L, TONGERS J, et al. Inotropic agents and vasodilator strategies for the treatment of cardiogenic shock or low cardiac output syndrome[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2020, 11(11): CD009669.
- [6] 李东林, 邱国玲. 心脏彩色多普勒超声诊断小儿先天性心脏病的临床价值研究[J]. 实用临床医药杂志, 2020, 24(3): 13-15.
- [7] ALTEN J A, GAIES M. Defining low cardiac output syndrome: an ode to justice potter Stewart[J]. Pediatr Crit Care Med, 2017, 18(1): 85-87.
- [8] WHITSON B A. Commentary: low cardiac output syndrome: a definition or a diagnosis code? [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2022, 163(5): 1902-1903.
- [9] ASLAN N, YILDIZDAŞ D, GÖÇEN U, et al. Low cardiac output syndrome score to evaluate postoperative cardiac surgery patients in a pediatric intensive care unit[J]. Turk Kardiyol Dern Ars, 2020, 48(5): 504-513.
- [10] 戴巍, 戴华, 李珊珊, 等. 心脏标志物在儿童先天性心脏病矫治术后低心排量综合征的预测价值[J]. 中华胸心血管外科杂志, 2020, 36(6): 330-335.
- [11] 向军, 何玲, 舒凯森, 等. 儿童先天性心脏病术后低心排量综合征的危险因素分析[J]. 临床心血管病杂志, 2020, 36(6): 554-558.
- [12] DING W J, JI Q, SHI Y Q, et al. Predictors of low cardiac output syndrome after isolated coronary artery bypass grafting[J]. Int Heart J, 2015, 56(2): 144-149.
- [13] MAGANTI M, BADIWALA M, SHEIKH A, et al. Predictors of low cardiac output syndrome after isolated mitral valve surgery[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2010, 140(4): 790-796.
- [14] 刘海渊, 张成鑫, 刘状, 等. 体外循环下冠状动脉旁路移植术后患者发生低心排量综合征危险因素分析[J]. 岭南心血管病杂志, 2020, 26(2): 170-175.
- [15] PENG D, LIU J H. Improvement of LVEF in patients with HFrEF with coronary heart disease after revascularization-a real-world study[J]. J Interv Cardiol, 2018, 31(6): 731-736.
- [16] CAO Z P, JIA Y Q, ZHU B L. BNP and NT-proBNP as diagnostic biomarkers for cardiac dysfunction in both clinical and forensic medicine[J]. Int J Mol Sci, 2019, 20(8): 1820.
- [17] RØRTH R, JHUND P S, YILMAZ M B, et al. Comparison of BNP and NT-proBNP in patients with heart failure and reduced

- ejection fraction[J]. *Circ Heart Fail*, 2020, 13(2): e006541.
- [18] NATALE M, BEHNES M, KIM S H, et al. High sensitivity troponin T and I reflect left atrial function being assessed by cardiac magnetic resonance imaging[J]. *Ann Clin Biochem*, 2018, 55(2): 264-275.
- [19] MYHRE P L, CLAGGETT B, BALLANTYNE C M, et al. Association between circulating troponin concentrations, left ventricular systolic and diastolic functions, and incident heart failure in older adults[J]. *JAMA Cardiol*, 2019, 4(10): 997-1006.
- [20] GAO Y, XING C T, HAO W J, et al. The impact of sacubitril/valsartan on clinical treatment and hs-cTnT and NT-ProBNP serum levels and the left ventricular function in patients with chronic heart failure[J]. *Int Heart J*, 2020, 61(1): 1-6.
- [21] BLANCO R, AMBROSIO G, BELZITI C, et al. Prognostic value of NT-proBNP, and echocardiographic indices of diastolic function, in hospitalized patients with acute heart failure and preserved left ventricular ejection fraction[J]. *Int J Cardiol*, 2020, 317: 111-120.
- [22] 吴海荣, 王慧琴, 王伟萍. NT-proBNP 对高海拔地区慢性肺源性心脏病患者肺动脉压力及右室结构的评估价值[J]. *海南医学*, 2021, 32(11): 1369-1372.

(张蕾 编辑)

本文引用格式: 莫李媚, 赵丽, 吴鸿雁, 等. LVEF、NT-proBNP 联合 cTnI 对先天性心脏病患儿术后低心排量综合征的预测价值[J]. *中国现代医学杂志*, 2022, 32(15): 20-26.

Cite this article as: MO L M, ZHAO L, WU H Y, et al. Predictive value of LVEF, NT-proBNP, combined cTnI in children with low cardiac output syndrome after congenital heart disease surgery[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2022, 32(15): 20-26.