

· 论 著 ·

DOI: 10.13498/j.cnki.chin.j.ecc.2022.03.05

先天性心脏病患儿行机械辅助术后 神经行为发育的随访研究

沈 佳, 杨寅愉, 张 蔚, 于新迪, 郭 铮, 姜 磊, 王 伟

[摘要]:目的 分析先天性心脏病(CHD)患儿行机械辅助术后早期连续两年的神经行为发育随访研究。方法 2019 年对本院 2013 年 1 月至 2018 年 12 月因 CHD 纠治术后循环衰竭行机械辅助存活的 45 例患儿进行筛选,符合随访条件(≤ 8 岁)的为 24 例,随访内容包括连续两年的头颅核磁共振(MRI)、Griffiths 神经行为发育评估。结果 符合连续两年至本院完成随访项目的患儿 17 例,随访率 70.8%。第一次头颅 MRI 评分为(1.594 \pm 0.953)分,第二次头颅 MRI 影像学表现较第一次有改善的为 8 例(47.06%),平均得分为(0.906 \pm 1.004)分,改善明显($P=0.050$)。患儿 Griffiths 神经行为发育评估结果为,不同领域所处的百分位数普遍处于均值至均值减一个标准差的范围内,D 领域即手眼协调能力,患儿表现出随年龄增长进一步落后的趋势,具有统计学差异($P=0.031$)。第一次评估时,患儿在 A 运动领域和 C 语言领域,距正常月龄的月龄差距最大,分别为(-6.09 \pm 11.54)月和(-4.62 \pm 7.01)月。第二次评估时表现为 C 语言领域和 D 手眼协调能力上的落后更为显著,分别为(-4.41 \pm 9.57)月和(-4.78 \pm 7.51)月。尚未能发现影像学图像的异常与神经行为发育近期结果之间存在相关性。当头颅 MRI 结果较差时(≥ 2 分时),患儿在 E 表现领域,即视觉空间能力,工作速度及准确性方面明显落后,百分位处于(23.00 \pm 16.05)%($P=0.034$)。结论 儿童心脏术后行机械辅助后的神经行为发育落后具有发病率高以及“成长性疾病”的特点,应尽早建立系统、连续、紧密的术后随访体系,发现问题,积极干预,以期提高患儿及其家庭的生存质量。

[关键词]: 先天性心脏病;儿童;心脏术后;机械辅助;神经行为发育;随访研究

Neurobehavioral development trend in patients with congenital heart disease after mechanical assistant support

Shen Jia, Yang Yinyu, Zhang Wei, Yu Xindi, Guo Zheng, Jiang Lei, Wang Wei

Department of Cardio-thoracic Surgery, Shanghai Children's Medical Center, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200127, China

Corresponding author: Wang Wei, Email: wangwei@scmc.com.cn

[Abstract]: Objective To analyze the neurobehavioral development trend in patients with congenital heart disease (CHD) after mechanical assistant support in the first two postoperative years. **Methods** This study enrolled 17 cases who underwent mechanical assistant support for circulatory failure after operation of CHD, and the follow-up included cranial MRI and Griffiths neurobehavioral development assessment for two consecutive years. **Results** From January 2013 to December 2018, a total of 45 patients who survived with mechanical support in our hospital were screened in 2019. 24 cases were eligible for follow-up, and 17 cases completed the follow-up in our hospital for two consecutive years, with a follow-up rate of 70.8%. The first cranial MRI score was (1.594 \pm 0.953), and the imaging results of the second cranial MRI was significantly improved in 8 cases (47.06%), with an average score of (0.906 \pm 1.004) ($P=0.050$). The Griffiths assessment showed that the percentiles of different fields were generally within one standard deviation below the normative mean. Field D, the hand-eye coordination ability, showed a trend of further falling behind with age, with statistical difference ($P=0.031$). In the first evaluation, the larger monthly age differences were in the field A of exercise and the field C of language, which were (-6.09 \pm 11.54) m and (-4.62 \pm 7.01) m, respectively. In the second evaluation, the lags in the field C of language and in the field D of hand-eye coordination ability, were more significant, which were (-4.41 \pm 9.57) m and (-4.78 \pm 7.51) m, respectively. We were not able to find a correlation between the abnormal MRI images and the recent results of neurobehavioral

基金项目:上海儿童医学中心中长期临床项目研究(ZCQ-SCMC8-7)

作者单位:200127 上海,上海交通大学医学院附属上海儿童医学中心心胸外科

通信作者:王 伟,Email:wangwei@scmc.com.cn

development. When the cranial MRI results were poor (the score ≥ 2), the patient was significant backward in the field E of performance area, that was visual spatial ability, working speed and accuracy, and the percentile was at $(23.00 \pm 16.05)\%$ ($P = 0.034$). **Conclusion** The neurobehavioral development of CHD patient after mechanical assistant support is characterized by high incidence rate and "growing disease". A systematic, continuous and close postoperative follow-up system should be established as soon as possible to identify problems and positive interventions that should be taken in order to improve the quality of life of children and their families.

[Key words]: Congenital heart disease; Children; Postcardiac surgery; Mechanical assistant support; Neurobehavioral development; Follow-up study

机械辅助作为目前最高级的生命支持手段,已成为挽救危重症先天性心脏病(congenital heart disease, CHD)患儿术后循环衰竭的重要利器。但 CHD 患儿术后行机械辅助存活出院后的远期存活率,尤其是患儿术后的神经行为发育情况值得我们长期关注。

1 资料和方法

1.1 临床资料 回顾性分析 2013 年 1 月至 2018 年 12 月,于本院行 CHD 纠治术后因循环衰竭行机械辅助,包括体外膜氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)和心室辅助装置(ventricular assist device, VAD)的存活患儿,总计 45 例。至 2019 年随访时,符合随访条件(年龄 ≤ 8 岁)的患儿为 24 例,连续两年至本院完成随访项目的为 17 例,随访率 70.8%。所有检查项目进行前均由患儿家长签署知情同意书。本临床研究经院伦理委员会批准(SCMCIRB-K2018054)。

1.2 方法

1.2.1 随访流程 头颅核磁共振(magnetic resonance imaging, MRI)检查,神经行为发育评估,一般生长发育及原发病的评估。此流程自 2019 年 4 月开始实施,本研究为回顾性分析,故所有结果为近两年的连续性评估的结果。

1.2.2 随访内容

1.2.2.1 一般随访内容 包括患儿一般生存情况、生长发育情况、原发 CHD 的一般评估包括心脏超声、心电图、胸片、血常规、心肌酶谱等生化检查。

1.2.2.2 头颅 MRI 检查 所有的 MRI 均在本院放射科完成,采用 GE 3.0T Discovery MR750 磁共振扫描仪。扫描的序列包含 3D T1 BRAVO(层厚 1 mm)、T2 FLAIR、DWI、磁敏感序列(层厚 5 mm)。MRI 的报告由两位放射科医生(盲于患儿的临床情况)审校。头颅 MRI 脑损伤的程度参考新生儿缺血缺氧性脑病(hypoxic ischemic encephalopathy, HIE)的图像分级标准进行量化评价(国家儿童健康和人类发育,婴儿研究网络;National Institute of Child Health and Human Development Neonatal Research

Network; NICHD NRN score, 0、1A、1B、2A、2B、3)^[1]。

1.2.2.3 Griffiths 心理发育评估 (Griffiths 发育评估量表中文版, Griffiths Development Scales-Chinese Edition, GDS-C) 可从 A:运动; B:个人-社会; C:语言; D:手眼协调; E:表现; F:实际推理等 6 个领域系统评价 0~8 岁患儿的神经行为心理发育情况。以百分位数代表患儿的表现情况在同年龄孩子中所处的位置,该数值在 16%~84% 内为正常范围($M \pm 2SD$),当该数值低于 16% 时,建议患儿需要进一步的诊断、随访或干预。

1.3 统计学方法 应用 SPSS 23.0 统计软件进行分析。符合正态分布的计量数据采用均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,两组间差异分析采用 *t* 检验;偏态分布的用中位数描述,计数资料采用比例(%)表示,两组间差异分析 Mann-Whitney 检验。Pearson 相关性分析检验头颅 MRI 结果与 Griffiths 评分之间的关系。 $P < 0.05$ 为具有统计学差异, $P < 0.01$ 为具有显著统计学差异。

2 结果

2.1 一般随访情况 机械辅助后存活出院的 45 例患儿中,2019 年电话随访时,2 例死亡,2 例失访,生存率 91.1%。同时满足随访条件(≤ 8 岁),且在本院连续两年完成头颅 MRI+Griffiths 评估的患儿为 17 例。出院至第一次随访的时间间隔(22.33 ± 13.12)月,第一次随访时的年龄平均为(42.49 ± 37.04)月,中位年龄 23.35(7, 144)月,第一次 Griffiths 发育评估的平均年龄为(29.98 ± 20.81)月。

2.2 病例分布情况 接受机械辅助患儿的平均年龄为(20.16 ± 32.32)月,中位年龄 4(0.07, 120.00)月,机械辅助时间为(102.45 ± 47.76)h,中位时间 83(38, 191)h。术前诊断病例分布情况见表 1。

2.3 头颅 MRI 情况 根据新生儿 HIE 的图像分级标准进行量化评价(NICHD NRN score)。术后随访头颅 MRI 无明显异常的患儿,第一次为 6 例,第二次为 8 例。第一次头颅 MRI 评分为(1.594 ± 0.953)分,第二次头颅 MRI 影像学表现较第一次有改善的为 8 例,平均得分为(0.906 ± 1.004)分,属于不累及

表 1 机械辅助患儿术前诊断分布情况

疾病诊断	例数
完全性大动脉转位/室间隔完整	1
完全性大动脉转位/室间隔缺损	1
左冠状动脉起源于肺动脉	5
室间隔缺损/主动脉弓狭窄	3
完全性房室瓣膜缺损	1
肺动脉闭锁	1
三尖瓣下移畸形	1
威廉姆斯综合症	1
室间隔缺损	1
主动脉狭窄 主动脉反流	1
室间隔缺损 心肌疏松	1
总计	17

重要功能区域的微小大脑病变, MRI 评分改善 ($P = 0.050$), 具有统计学差异。第二次得分较第一次平均改善 (0.625 ± 1.618) 分。发现机械辅助患儿头颅 MRI 具有三个特点: ①脑白质区域多见微出血灶, 磁敏感序列可见陈旧性的含铁血黄素沉积; ②部分患儿表现类似 HIE 后脑实质变化; ③脑发育不良的危险因素包括: 转流意外、术前低氧血症、新生儿、心肺复苏。

2.4 Griffiths 心理发育评估的结果 评估机械辅助患儿术后神经发育在不同领域所处的百分位数见表 2, 患儿普遍处于均值至均值减一个标准差的范围内。当该数值低于 16% 时, 建议患儿进一步至相关科室行进一步的诊断、密切随访和干预。连续两次百分位数的比较, D 领域即手眼协调能力, 患儿表现出随年龄增长进一步落后的趋势, 具有统计学差异 ($P = 0.031$)。第一次评估时, 月龄差在 A 运动领域和 C 语言领域差距最大, 分别为 (-6.085 ± 11.544) 月和 (-4.623 ± 7.009) 月。随着生长发育, 对身体机能需求的进一步扩大, 第二次评估时表现为 C 语言领域和 D 手眼协调能力上的落后更为显著, 分别为 (-4.406 ± 9.570) 月和 (-4.781 ± 7.506) 月 (表 3)。从月龄差的自身对照研究上可以发现, 患儿在 A 运动领域的的能力随着年龄增长有所提高。其他领域表现为基本持平或进一步落后, 结果见表 4。

2.5 头颅 MRI 结果与神经行为发育评分之间的关系 本次随访未能发现影像学图像的异常与神经行为发育近期结果之间存在相关性。NICHD NRN score ≥ 2 分为 ECMO 相关脑损伤程度较重。本组随访患儿头颅 MRI < 2 分为 12 例, MRI ≥ 2 分为 5 例, 比较两组患儿神经行为发育各领域的差异, 结果发现当头颅 MRI 结果较差时 (≥ 2 分时), 患儿在 E 表现领域, 即视觉空间能力, 工作速度及准确性方面明显落后, 百分位处于 (23.00 ± 16.05)% ($P = 0.034$)。

表 2 评估患儿术后神经发育在不同领域所处的百分位数 [$n = 17, (%)$] ($\bar{x} \pm s$)

领域	第一次随访百分位数	第二次随访百分位数	P 值
A 运动	31.962 \pm 25.173	41.406 \pm 32.056	0.394
B 个人-社会	49.423 \pm 33.916	43.093 \pm 37.527	0.641
C 语言	33.462 \pm 28.624	34.506 \pm 32.142	0.928
D 手眼协调	44.577 \pm 25.982	24.596 \pm 21.419	0.031
E 表现	47.308 \pm 20.271	36.513 \pm 33.385	0.316

注: 以百分位数代表患儿的表现情况在同年龄孩子中所处的位置, 该数值在 16% ~ 84% 内为正常范围 ($M \pm 2SD$)

表 3 患儿术后神经发育评估不同领域的月龄差 ($n = 17, \bar{x} \pm s$)

领域	第一次评估		第二次评估	
	年龄差(月)	P 值	年龄差(月)	P 值
A 运动	-6.085 \pm 11.544	0.432	-3.031 \pm 9.069	0.444
B 个人-社会	-1.392 \pm 8.834	0.683	-2.969 \pm 11.220	0.675
C 语言	-4.623 \pm 7.009	0.946	-4.406 \pm 9.570	0.944
D 手眼协调	-1.585 \pm 6.471	0.236	-4.781 \pm 7.506	0.229
E 表现	-0.354 \pm 3.935	0.319	-2.531 \pm 6.849	0.294

表 4 患儿术后神经发育在不同领域月龄差的自身对照比较 [n=17, $\bar{x}\pm s$]

领域	第一次评估年龄差(月)	第二次评估年龄差(月)	P 值
A 运动	-6.085±11.544	-3.456±10.058	0.206
B 个人-社会	-1.392±8.834	-3.315±12.463	0.587
C 语言	-4.623±7.009	-4.585±10.401	0.990
D 手眼协调	-1.585±6.471	-5.508±8.183	0.124
E 表现	-0.354±1.091	-2.623±2.096	0.404

3 讨论

3.1 神经系统并发症发生率高,影响患儿远期生存质量 儿童心脏术后需行 ECMO 支持的比例约 2%~5%^[2],出院存活率 40%~49%^[3]。随着 ECMO 技术的不断成熟与提高,临床医生的关注重点逐渐从降低早期死亡率扩展至对患儿远期结果的评估,如预防致残率,如何提高 ECMO 家庭的生活质量^[4]。虽然 ECMO 挽救了生命,但长期严重的并发症,包括神经性听力受损^[5],慢性肾功能不全^[6]和神经系统并发症都非常普遍。而神经系统并发症是最严重的并发症,约 75%发生在转流 72 h 内^[4]。ECMO 辅助期间的神经系统并发症包括惊厥、颅内出血和卒中^[7],其影响因素包括 ECMO 前临床情况极差,合并严重的基础疾病,ECMO 插管方式,以及 ECMO 系统抗凝的管理^[4]。有研究报道 19%的 ECMO 存活者存在明显的远期功能不全^[8]。由于这些伴随终身的并发症的存在,明显降低了婴幼儿 ECMO 存活者的生存质量^[7]。

在本研究中,因 CHD 行机械辅助患儿出院后的生存率为 92.3%。患儿接受第一次头颅 MRI 检查和神经行为发育评估的平均间隔期为术后 2 年左右,评估年龄为接近 30 个月,处于儿童快速生长发育期,而这些患儿 Griffiths 发育评估的结果普遍处于均值至均值减一个标准差的范围内。Boyle 等对 2000~2016 年间发表的关于婴幼儿 ECMO 辅助后神经系统随访结果的 60 篇文献进行回顾分析。出院时,48%的存活者无明显并发症,但长期随访结果显示 10%~50%的儿童在认知测试中,低于普通人群 2 个标准差以上,16%~46%的患儿表现出行为问题,12%存在严重的运动不协调。另一项包含新生儿和儿童的研究中,术后 6 个月和 1 年的神经学和神经行为学的评估结果显示,ECMO 存活者在适应性行为以及认知、神经、生活质量上都低于普通人群的平均值,但差值大多在一个标准差之内^[9-10]。

而且,相较于呼吸 ECMO 支持或各种类型 ECMO 人群资料,神经行为发育结果在先天性隔疝、心脏病、以及心跳骤停的病例中更差^[11]。本研究在

随访中发现因心脏骤停行体外心肺复苏 (ECMO CPR, ECPR)、ECMO 转流中发生意外事件、术前存在低氧血症以及新生儿期手术后需行 ECMO 辅助的患儿,头颅 MRI 和神经行为发育结果更差。因此,对于这部分病例的围术期管理更应值得重视,尽量避免可能引起大脑损伤的危险因素。

3.2 呈现出“成长性疾病”的特点,有必要建立紧密随访机制 新生儿时期接受 ECMO 治疗的新生儿,在青少年时期表现为短期和长期的非言语记忆力,视觉空间记忆力,以及工作记忆力明显落后^[12]。这是由于儿童神经行为发育的特点所决定的,大脑特定区域的微妙的慢性损伤,直到随着更高级的认知功能发育的需要,才能显现,即呈现出“成长性疾病”的特点。虽然这些患儿在整个发育过程中,智力处于平均水平,但在学龄期会表现出:①持续注意力障碍;②语言能力不全;③空间记忆能力不全。本研究选用的 Griffiths 心理发育评估可从运动、个人-社会、语言、手眼协调、表现、实际推理等 6 个领域,对 0~8 岁患儿的神经行为发育水平进行连续性评估。在本随访中发现,月龄较小时,患儿表现为运动和语言能力落后。但随着生长发育和对身体机能的更高级的需求,虽然患儿的大运动能力有所改善,但随着年龄增长,多表现出语言能力和精细运动能力的落后。Boston 儿童医院的近期研究发现,根据 Barley-III 评分,心脏 ECMO 患者的神经行为发育评分在大运动 (61%),语言 (43%) 和认知 (29%) 领域处于平均值减一个标准差的水平^[13]。

语言能力不全在这部分患儿中具有普遍性。研究发现,语言能力与海马体大小具有相关性^[14]。ECMO 转流期间,海马体局部的缺血缺氧性损伤可引起术后海马体大小的改变^[14]。有研究发现语言能力的延迟,可能是由于未发现的感觉神经性听力受损引起的,或者是与口腔运动协调性差相关。听力受损在 ECMO 存活者中的发生率约为 25%,可能出院时就存在,亦有可能随着时间而进一步加重。因此有必要在 ECMO 存活者中进行系统的听力评

估,尤其是那些存在语言功能不全的患儿。如果确诊,应积极干预^[13]。

同时也应重视儿童有着强大的可塑性及可修复性,经过科学合理的康复治疗可能可以降低后遗症带来的损害^[15]。因此,对于因心脏原因行 ECMO 支持的患儿发育明显延迟,且发生率高,有必要建立紧密的神经行为发育方面的随访体系^[13]。若在随访过程中发现问题,应强调积极干预和康复训练,以提高患儿及其家庭的生存质量。

3.3 头颅 MRI 的价值及其与神经行为发育评估的关系 头颅 MRI 是诊断 ECMO 相关脑损伤的最佳影像学诊断工具,对诊断脑卒中和脑白质损伤具有极高的敏感性和特异性^[17]。与颅内超声和头颅 CT 相比,MRI 不需要放射线暴露^[16]。Rollins 等的单中心回顾性研究发现,50%的 ECMO 运行期间颅内超声正常的新生儿,撤机后 MRI 存在异常,这可能是由于颅内超声经常可能漏诊非出血性病变^[17]。单中心回顾性研究发现,50 例 ECMO 后新生儿,24%头颅 B 超异常,62% MRI 异常。头颅 B 超异常者 MRI 均异常,40% MRI 异常,头颅 B 超正常^[17]。

但同时研究也发现,头颅 CT 或 MRI 上的影像学发现与神经行为发育的早期结果可能并不一致^[17]。在本研究中,亦未能发现两者的相关性。但若头颅 MRI 提示脑损伤严重(NICHD NRN score ≥ 2 分),患儿的视觉空间能力,工作速度及准确性方面明显落后。新生儿期脑损伤的 MRI 图像可以预测患儿 6~7 岁时的智力发育水平^[1]。影像学图像的异常与长期神经行为发育结果之间的关系,仍有待病例的累积和长期的术后随访结果^[17]。

4 结论

儿童心脏术后行机械辅助后的神经行为发育落后现象,值得重视。针对其“成长性疾病”的特点,除了对患儿原发心脏病的随访,采用影像学检查和神经行为发育评估相结合的方法,尽早建立系统、连续、紧密的随访体系,发现问题,积极干预,以期提高患儿及其家庭的生存质量。

参考文献:

- [1] Shankaran S, McDonald SA, Laptook AR, *et al.* Neonatal magnetic resonance imaging pattern of brain injury as a biomarker of childhood outcomes following a trial of hypothermia for neonatal hypoxic-ischemic encephalopathy[J]. *J Pediatr*, 2015, 167(5): 987-993.
- [2] Mascio CE, Austin EH 3rd, Jacobs JP, *et al.* Perioperative mechanical circulatory support in children: an analysis of the society

- of thoracic surgeons congenital heart surgery database[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 147(2): 658-664.
- [3] Paden ML, Rycus PT, Thiagarajan RR, *et al.* Update and outcomes in extracorporeal life support[J]. *Semin Perinatol*, 2014, 38(2): 65-70.
- [4] Ijsselstijn H, Hunfeld M, Schiller RM, *et al.* Improving long-term outcomes after extracorporeal membrane oxygenation: from observational follow-up programs toward risk stratification[J]. *Front Pediatr*, 2018, 6: 177.
- [5] Fligor BJ, Neault MW, Mullen CH, *et al.* Factors associated with sensorineural hearing loss among survivors of extracorporeal membrane oxygenation therapy[J]. *Pediatrics*, 2005, 115(6): 1519-1528.
- [6] Zwiers AJ, de Wildt SN, Hop WC, *et al.* Acute kidney injury is a frequent complication in critically ill neonates receiving extracorporeal membrane oxygenation: a 14-year cohort study[J]. *Crit Care*, 2013, 17(4): R151.
- [7] Polito A, Barrett CS, Wypij D, *et al.* Neurologic complications in neonates supported with extracorporeal membrane oxygenation. An analysis of ELSO registry data[J]. *Intensive Care Med*, 2013, 39(9): 1594-1601.
- [8] Chrysostomou C, Maul T, Callahan PM, *et al.* Neurodevelopmental outcomes after pediatric cardiac ECMO support[J]. *Front Pediatr*, 2013, 1: 47.
- [9] Bembea MM, Felling RJ, Caprarola SD, *et al.* Neurologic outcomes in a two-center cohort of neonatal and pediatric patients supported on extracorporeal membrane oxygenation[J]. *ASAIO J*, 2020, 66(1): 79-88.
- [10] Said AS, Williams KP, Bembea MM. Neurological monitoring and complications of pediatric extracorporeal membrane oxygenation support[J]. *Pediatr Neurol*, 2020, 108: 31-39.
- [11] Boyle K, Felling R, Yiu A, *et al.* Neurologic outcomes after extracorporeal membrane oxygenation: a systematic review[J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2018, 19(8): 760-766.
- [12] Madderom MJ, Schiller RM, Gischler SJ, *et al.* Growing up after critical illness: verbal, visual-spatial, and working memory problems in neonatal extracorporeal membrane oxygenation survivors[J]. *Crit Care Med*, 2016, 44(6): 1182-1190.
- [13] Sadhwani A, Cheng H, Stopp C, *et al.* Early neurodevelopmental outcomes in children supported with ECMO for cardiac indications[J]. *Pediatr Cardiol*, 2019, 40(5): 1072-1083.
- [14] Schiller R, Ijsselstijn H, Hoskote A, *et al.* Memory deficits following neonatal critical illness: a common neurodevelopmental pathway[J]. *Lancet Child Adolesc Health*, 2018, 2(4): 281-289.
- [15] 程晔,陆铸今,闫宪刚,等. 儿童体外膜肺氧合术后随访分析[J]. *中华儿科杂志*, 2016, 54(11): 847-850.
- [16] Wien MA, Whitehead MT, Bulas D, *et al.* Patterns of brain injury in newborns treated with extracorporeal membrane oxygenation[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2017, 38(4): 820-826.
- [17] Rollins MD, Yoder BA, Moore KR, *et al.* Utility of neuroradiographic imaging in predicting outcomes after neonatal extracorporeal membrane oxygenation[J]. *J Pediatr Surg*, 2012, 47(1): 76-80.

(收稿日期:2021-07-02)

(修订日期:2021-08-16)