

·论著·

腹膜透析在小儿先天性心脏病手术后的应用

庞亚昌 徐卓明 张明杰 王丽平 陈 曦



全文二维码



开放科学码

【摘要】 目的 探讨儿童先天性心脏病(congenital heart disease, CHD)手术后腹膜透析(peritoneal dialysis, PD)的危险因素及早期腹膜透析的应用指征及临床意义。**方法** 以2015年1月至2018年12月于上海儿童医学中心行心脏手术的12 922例CHD患者作为研究对象,其中679例术后进行了腹膜透析(PD组),12 243例未进行腹膜透析(NPD组),通过单因素及多因素分析探究PD的危险因素,进一步通过倾向性评分匹配后分析早期腹膜透析与延迟腹膜透析对预后的影响。**结果** 多因素 Logistic 回归分析显示:行姑息手术($OR = 2.864, 95\% CI: 2.082 \sim 3.938$)、延迟关胸($OR = 4.789, 95\% CI: 3.611 \sim 6.353$)、术前缺氧($OR = 4.452, 95\% CI: 3.571 \sim 5.551$)、RACHS-1 评分 ≥ 3 分($OR = 2.919, 95\% CI: 2.337 \sim 3.646$)、体外循环时间(CPB) ≥ 120 min($OR = 1.897, 95\% CI: 1.441 \sim 2.498$)、ACC ≥ 60 min($OR = 1.913, 95\% CI: 1.457 \sim 2.511$)及年龄较小($OR = 1.011, 95\% CI: 1.002 \sim 1.020$)是先天性心脏病术后行腹膜透析的危险因素。倾向性评分匹配后发现,早期腹膜透析和延迟腹膜透析组病死率及腹膜透析持续时间差异无统计学意义($P > 0.05$),而呼吸机支持时间、CICU 滞留时间及住院时间差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** 姑息手术、延迟关胸、术前缺氧、RACHS-1 评分 ≥ 3 分、CPB ≥ 120 min、ACC ≥ 60 min 及年龄是影响先天性心脏病手术后是否需行腹膜透析的危险因素。早期腹膜透析虽然对病死率及腹膜透析持续时间影响不大,但可以明显缩短呼吸机支持时间、CICU 滞留时间及住院天数。

【关键词】 心脏病/先天性; 心脏缺损, 先天性/外科学; 腹膜透析; 治疗结果; 儿童

【中图分类号】 R541 R459.51 R726.1

Application and effect of peritoneal dialysis in children after congenital heart surgery. Pang Yachang, Xu Zhuoming, Zhang Mingjie, Wang Liping, Chen Xi. Department of Cardiovascular & Thoracic Surgery, Shanghai Children's Medical Center, Shanghai Jiao Tong University, School of Medicine, Shanghai 200127, China. Corresponding author: Xu Zhuoming, Email: zmxzyfb@163.com

【Abstract】 Objective To explore the risk factors for peritoneal dialysis after congenital heart surgery in children and discuss the indications and clinical significance of early peritoneal dialysis. **Methods** Clinical data were reviewed for 12,922 children undergoing heart surgery from January 2015 to December 2018. For study group, 679 cases of peritoneal dialysis were recruited while another 12,243 children without peritoneal dialysis selected as control group. The occurring risk factors of peritoneal dialysis were examined by single and multiple-factor analysis. And the prognosis was compared between early and delayed peritoneal dialysis. **Results** Palliative operation, delayed sterna closure, preoperative hypoxia, RACHS-1 ≥ 3 , CPB ≥ 120 min, ACC ≥ 60 min and age had significant differences ($P < 0.05$). While there was no difference of statistical significance of mortality between early and delayed PD group, hospital stay, ICU stay and mechanical support time were shorter in early PD group. **Conclusion** Palliative operation, delayed sternal closure, preoperative hypoxia, RACHS-1 ≥ 3 , CPB ≥ 120 min, ACC ≥ 60 min and age are the occurring risk factors of PD after congenital heart surgery. Though without effect on mortality, early peritoneal dialysis can decrease the durations of hospital stay, ICU stay and mechanical support time.

【Key words】 Heart Diseases/CN; Heart Defects, Congenital/SU; Peritoneal Dialysis; Treatment Outcome; Child

DOI:10.12260/lcxewkzz.2021.08.009

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

通信作者:徐卓明, Email: zmxzyfb@163.com

急性肾损伤(acute kidney injury, AKI)在先天性心脏病(简称先心病)手术后发生率较高,可导致患者病死率增加^[1,2]。对于 AKI 的治疗,成人多采用血液透析,儿童多采用腹膜透析(peritoneal dialysis,

PD),因为儿童单位体质量的腹膜面积是成人的2倍,有天然的优势,且PD用于先心病术后少尿患者中安全有效^[3-6]。但是关于先心病手术后腹膜透析危险因素文献报道较少,在Pubmed中应用自由词检索方式搜索相关文章,仅有3篇,分别为:2003年1篇,样本量182例^[7];2012年1篇,样本量23例^[8];2013年1篇,样本量82例^[9]。近年关于早期腹膜透析的研究较多,诸多研究结果表明早期腹膜透析有助于改善患者预后^[10-12]。上海儿童医学中心每年行先心病手术3 000余台,本研究回顾性收集2015年1月至2018年12月先心病手术患者作为研究对象,分析术后行腹膜透析的危险因素,进一步探讨早期腹膜透析对先心病手术后结局的影响。

材料与方法

一、临床资料

回顾性分析2015年1月至2018年12月于上海儿童医学中心心胸外科行先心病手术治疗患者临床资料,排除非体外循环下动脉导管结扎术、术前已行PD治疗和术后PD治疗时间>30 d患者以及数据缺失者。共12 922例纳入研究,其中术后行PD治疗者679例(PD组),术后未行PD治疗者12 243例(NPD组)。PD组患者体质量2~51 kg,中位数6.9 kg,年龄0.9天至15岁6个月,中位数7个月19天。NPD组患者体质量2~79 kg,中位数6.9 kg,年龄0.9天至17岁11个月,中位数11.1个月。PD组前五位诊断依次为:大血管转位(transposition of the great arteries, TGA)107例,占15.8%;肺动脉闭锁(pulmonary atresia, PA)85例,占12.5%;法洛四联征(Tetralogy of fallot, TOF)76例,占11.2%;右室双出口(double outlet right ventricle, DORV)75例,占11%;单心室(single ventricle, SV)57例,占8.4%。NPD组前五位诊断依次为室间隔缺损(ventricular septal defect, VSD)4 300例,占35.1%;房间隔缺损(atrial septal defect, ASD)1 386例,占11.3%;TOF 878例,占7.2%;瓣膜疾病760例,占6.2%;房室间隔缺损(atrioventricular septal defect, AVSD)391例,占3.2%。

二、腹膜透析指征

①进行性少尿,尿量 $<1\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 、经常规强心、利尿治疗 $\geq 3\text{ h}$ 无效;②持续血钾增高, $\geq 5.5\text{ mmol/L}$;③持续代谢性酸中毒;④液体超负荷

且血液动力学不稳定。符合上述任一情况时,应考虑尽早放宽指征实施腹膜透析,维持液体与电解质平衡。心脏手术后腹膜透析宜早不宜迟,部分患者可预防性腹腔置管,必要时行腹膜透析。通常在少尿持续3~4 h,血钾不断上升和水负荷加重时开始行腹膜透析,此时可不考虑血尿素氮、肌酐值是否达到透析指标。禁忌证:①已发生局限性腹膜炎;②弥漫性腹膜炎;③近期经历腹腔大手术带有腹腔引流管;④腹膜广泛粘连;⑤妊娠;⑥严重慢性呼吸衰竭。

早期腹膜透析定义为术后24 h内行腹膜透析治疗(早期腹膜透析组);延迟腹膜透析指术后超过24 h行腹膜透析治疗(延迟腹膜透析组)。早期腹膜透析组与延迟腹膜透析组患者行腹膜透析的指征相同。

三、腹膜透析方法

穿刺置入留置导管(Able导管,广东百合医疗公司),年龄 <1 岁者选择脐旁位置,型号为8F; >1 岁者选择左下腹反麦氏点位置,型号为10F。头端入盆腔,尾端接三通开关与透析液输入管、排出管相连接。②透析液采用1.5%~2.5%葡萄糖液(百特透析液),透析液加温至 37°C ,如需提高浓度至3%~4%,可追加50%的葡萄糖。每次透析量约 20 mL/kg 。③透析时进液时间为30 min,根据患者情况保留30~60 min,排出时间30~60 min,每隔2~3 h重复1次,待出现尿液后逐步延长腹膜透析间隔时间。

停止腹膜透析指征:尿量 $\geq 2\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$,且持续6 h,尿比重在正常范围,无电解质紊乱。

四、统计学方法

应用SPSS 25.0统计学软件进行数据整理与分析,对于正态分布计量资料以均数加减标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用独立样本 t 检验;非正态分布资料采用中位数及四分位数间距 $[M, (P_{25}, P_{75})]$ 表示,两组间比较采用Mann-Whitney U 检验;计数资料以百分数(%)表示,组间比较用 χ^2 检验。Logistic回归分析用于PD相关危险因素分析,以 $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

病例匹配方法(倾向性评分匹配):倾向性评分匹配是一种统计学方法,用于处理观察性研究的数据。因为在观察性研究中,由于种种原因,数据偏差和混杂变量较多,倾向评分匹配可减少这些偏差和混杂因素的影响,使得要比较的两组研究对象在临床特征上具有可比性。为了使早期腹膜透析和

延迟腹膜透析患者具有可比性,本研究运用此方法进行匹配,早期腹膜透析组 494 例,延迟腹膜透析组 185 例,进行 1:1 匹配后,早期腹膜透析组和延迟腹膜透析组各 149 例,匹配因素为年龄、体重、术前血氧饱和度 (oxyhemoglobin saturation, SpO_2)、术前有无特殊处理 (有无机械通气史、有无正性肌力药物治疗史、有无复苏治疗史、有无球囊扩张术史)、姑息/根治手术、RACHS-1 评分、体外循环时间 (CPB)、主动脉阻断时间 (ACC)、是否延迟关胸以及是否为单心室,卡钳值为 0.02。

结 果

一、腹膜透析危险因素分析

1. 单因素分析:PD 组患者年龄及体重中位数均小于 NPD 组,差异有统计学意义 ($P < 0.001$);PD 组术前 $\text{SpO}_2 < 90\%$ 的比例、RACHS-1 评分 ≥ 3 的比例、CPB 时间 $> 120 \text{ min}$ 比例、主动脉阻断时间 $\geq 60 \text{ min}$ 的比例、延迟关胸比例、姑息手术比例以及术前有特殊处理者的比例均高于 NPD 组,差异有统计学意义 ($P < 0.001$),见表 1。

表 1 腹膜透析危险因素单因素分析

Table 1 Analyzing risk factors of peritoneal dialysis by single factor analysis

分组	例数	年龄	体重	术前 $\text{SPO}_2 [n(\%)]$		术前特殊处理 $[n(\%)]$		手术术式 $[n(\%)]$	
		[月, $M(P_{25}, P_{75})$]	[kg, $M(P_{25}, P_{75})$]	$< 90\%$	$\geq 90\%$	有	无	根治性手术	姑息性手术
PD 组	679	7.65(1.67, 38.27)	6.9(4.13, 2)	429(63.2)	250(36.8)	81(11.9)	598(88.1)	524(77.2)	155(22.8)
NPD 组	12 243	11.1(5.4, 30.1)	8.5(6.2, 12.4)	1 768(14.4)	10 471(85.6)	386(3.2)	11 857(96.8)	11 603(94.8)	640(5.2)
χ^2/Z 值	-	6.526	7.385	1 082.522		142.255		345.146	
P 值	-	< 0.001	< 0.001	< 0.001		< 0.001		< 0.001	
分组	例数	RACHS-1 $[n(\%)]$		CPB $[n(\%)]$		ACC $[n(\%)]$		延迟关胸 $[n(\%)]$	
		< 3 分	≥ 3 分	$< 120 \text{ min}$	$\geq 120 \text{ min}$	$< 60 \text{ min}$	$\geq 60 \text{ min}$	是	否
PD 组	679	214(31.6)	464(68.4)	322(50.2)	320(49.8)	233(39.0)	365(61.0)	222(32.7)	457(67.3)
NPD 组	12 243	9 084(74.2)	3 153(25.8)	10 528(91.0)	1 040(9.0)	9 199(84.3)	1 707(15.7)	368(3.0)	11 875(97.0)
χ^2 值	-	580.117		1 025.67		790.759		1 301.376	
P 值	-	< 0.001		< 0.001		< 0.001		< 0.001	

2. 多因素分析:将单因素有意义的变量纳入多因素 Logistic 回归模型中,分析结果显示:姑息手术 ($OR = 2.864, 95\% CI: 2.082 \sim 3.938$)、延迟关胸 ($OR = 4.789, 95\% CI: 3.611 \sim 6.353$)、术前缺氧 ($OR = 4.452, 95\% CI: 3.571 \sim 5.551$)、RACHS-1 评分 ≥ 3 分 ($OR = 2.919, 95\% CI: 2.337 \sim 3.646$)、CPB $\geq 120 \text{ min}$ ($OR = 1.897, 95\% CI: 1.441 \sim 2.498$)、ACC $\geq 60 \text{ min}$ ($OR = 1.913, 95\% CI: 1.457 \sim 2.511$)及年龄较小 ($OR = 1.011, 95\% CI: 1.002 \sim 1.020$)是先心病患者手术后行腹膜透析的危险因素 ($P < 0.05$),见表 2、表 3。

二、早期腹膜透析组及延迟腹膜透析组预后比较

1. 早期腹膜透析组与延迟腹膜透析组基线资料比较:本研究在 679 例腹膜透析病例 (早期腹膜透析 494 例,延迟腹膜透析 185 例)中进行 1:1 倾向性评分匹配,匹配后早期腹膜透析组和延迟腹膜透析组各有 149 例,表 4 显示匹配后两组患者基线资料差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

表 2 先心病手术后行 PD 治疗的多因素 Logistic 回归赋值表

Table 2 Assignment table of multi-factor regression analysis

变量	赋值
术前特殊处理	有 = 1; 无 = 0
手术术式	姑息 = 1; 根治 = 0
延迟关胸	是 = 1; 否 = 0
术前 SPO_2	$\geq 90\% = 1$; $< 90\% = 0$
RACHS-1 评分	≥ 3 分 = 1; < 3 分 = 0
CPB	$\geq 120 \text{ min} = 1$; $< 120 \text{ min} = 0$
ACC	$\geq 60 \text{ min} = 1$; $< 60 \text{ min} = 0$
体重 (kg)	原始值
年龄 (月)	原始值

2. 早期腹膜透析组与延迟腹膜透析组预后比较:两组病死率及腹膜透析持续时间差异无统计学意义 ($P > 0.05$),而机械通气时间、CICU 滞留时间及住院时间差异有统计学意义 ($P < 0.05$),见表 5。

表 3 先心病患者手术后行 PD 治疗的多因素 Logistic 回归分析

Table 3 Analysis of risk factors by multi-factor regression

因素	β 值	Wald χ^2 值	OR 值	OR 值 95% CI	P 值
术前特殊处理	-296	2.227	0.744	0.504 ~ 1.097	0.136
手术式	1.052	41.904	2.864	2.082 ~ 3.938	<0.001
延迟关胸	1.566	118.145	4.789	3.611 ~ 6.353	<0.001
术前 SPO ₂	1.493	176.139	4.452	3.571 ~ 5.551	<0.001
RACHS-1 评分	1.071	89.159	2.919	2.337 ~ 3.646	<0.001
CPB	0.640	20.788	1.897	1.441 ~ 2.498	<0.001
ACC	0.649	21.842	1.913	1.457 ~ 2.511	<0.001
体重(kg)	-0.041	3.665	0.960	0.921 ~ 1.001	0.056
年龄(月)	0.011	5.575	1.011	1.002 ~ 1.020	0.019

表 4 倾向性评分后的早期腹膜透析组和延迟腹膜透析组基线资料比较

Table 4 Baseline comparison between early and delayed PD groups

分组	例数	年龄	体重	术前 SPO ₂	术前 HCT	术前特殊处理[<i>n</i> (%)]		手术方式[<i>n</i> (%)]	
		[月, <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	[kg, <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	[%, <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]		有	无	根治性 手术	姑息性 手术
早期腹膜透析组	149	4.77(1.63,11.88)	5.8(3.85,8.1)	90(77,96)	36(32,42.9)	10(6.7)	139(93.3)	141(94.6)	8(5.4)
延迟腹膜透析组	149	6.53(2.23,13.18)	6.3(4.05,8.70)	88(80,95.5)	35(32,41)	14(9.4)	135(90.6)	140(94.0)	9(6.0)
χ ² / <i>Z</i> 值	—	1.279	0.803	0.292	0.178	0.725		0.062	
<i>P</i> 值	—	0.201	0.422	0.770	0.859	0.394		0.803	

分组	例数	RACHs-1	CPB	ACC	延迟关胸[<i>n</i> (%)]		单心室
		[分, <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	[min, <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	[min, <i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	是	否	[<i>n</i> (%)]
早期腹膜透析组	149	3(1,4)	119(37,435)	68(16,193)	51(34.2)	98(65.8)	3(2.0)
延迟腹膜透析组	149	3(2,6)	121(38,535)	73(9,285)	56(37.6)	93(62.4)	2(1.3)
χ ² / <i>Z</i> 值	—	0.554	0.673	0.393	0.365		0.203
<i>P</i> 值	—	0.579	0.501	0.694	0.546		0.652

表 5 早期 PD 组与延迟 PD 组预后指标比较

Table 5 Comparison of prognostic markers between early and delayed PD groups

分组	例数	机械通气时间 [d, $M(P_{25}, P_{75})$]	CICU 留滞时间 [d, $M(P_{25}, P_{75})$]	住院时间 [d, $M(P_{25}, P_{75})$]	腹膜透析持续时间 [d, $M(P_{25}, P_{75})$]	死亡 [n(%)]
早期腹膜透析组	149	5(3, 8)	7.86(5.57, 13.4)	20(14, 26)	5(3, 7)	31(20.8)
延迟腹膜透析组	149	6(4, 11)	10(6.69, 15.8)	24(17, 31)	5(2, 7)	30(20.1)
χ^2/Z 值	-	2.889	2.845	3.278	0.268	0.021
P 值	-	0.004	0.004	0.001	0.788	0.886

讨 论

手术相关的 AKI 是成人心脏手术后最常见的并发症, 儿童心脏手术后其发生率也较高。成人多

采用血液透析进行治疗, 儿童多采用 PD 进行治疗。2012 年 Catarina^[8] 等回顾性分析了 23 例术后行 PD 治疗的先心病患者临床资料, 发现低体重、体外循环(cardiopulmonary bypass, CPB)时间长、强心药的使用时间以及机械通气时间长是先心病术后行 PD

治疗的危险因素。2013年,Özker^[9]等聚焦于TGA患者,研究了82例行PD患者的临床资料,发现有心脏骤停病史、CPB时间长及术后发生低心排出量综合征患者为先心病术后行PD治疗的危险因素。2017年Daishi^[13]等回顾性分析418例先心病患者治疗结果,发现年龄<1岁,CPB时间>90 min, RACHs-1 \geq 4分是术后发生AKI的危险因素。同年, Lee^[14]等分析了135例先心病手术患者,发现体重、体表面积、术前机械通气是术后发生AKI的独立危险因素。其他相关文章中,术前低血红蛋白、肺动脉高压等也可能与术后AKI的发生有关^[15,16]。本研究发现姑息手术、延迟关胸、术前缺氧、RACHs-1评分 \geq 3分、CPB \geq 120 min、ACC \geq 60 min及年龄较小是影响PD的危险因素,与其他研究结果基本相同。

先心病手术后发生AKI,选择合适的PD时机对其预后至关重要。大部分研究表明,早期行PD患者的预后优于延迟行PD者。但目前关于早期的时间界定尚未统一。Mirela等^[17]将109例先心病手术后进行早期PD患者与37例延迟PD患者的术后90 d病死率进行了比较,结果发现早期PD组与延迟PD组术后90 d病死率分别为27.5%和51.3%,差异有统计学意义($P<0.05$)。该研究将早期PD定义为术后当天或术后第1天进行,延迟PD定义为术后第2天或之后进行。Alexander^[18]等开展的成人临床随机对照试验,将231例先心病患者进行早期和延迟肾替代治疗(renal replacement therapy, RRT)比较,发现两组术后90 d病死率有差异(39.3% vs. 54.7%, $HR=0.66$)。早期RRT定义为诊断AKI二期后8 h内,延迟RRT指诊断AKI三期后12 h内,除此以外还有Tuo等^[10]将早期PD定义为术后6 h内。本研究发现早期腹膜透析组患者机械通气时间、ICU滞留时间、住院时间均更低,体现了早期PD对患者带来的益处,但两组病死率差异无统计学意义,这与大部分文献结果不同,其原因可能是:①本研究定义早期腹膜透析为术后24 h内进行PD者,与Mirela^[17]研究不同(根据手术结束至PD开始时间的中位数为1 d,确定早期PD为术后1 d内);与Alexander^[18]等研究亦不同,其早期与延迟RRT组的AKI分别为2期与3期,类似于已经进行了干预。②本研究未对患者进行干预,两者进行PD的指征相同,而部分研究中心进行早期PD标准较延迟PD的标准更加积极^[19]。

关于PD持续时间的相关研究较少,研究结果

也不尽相同。Alexander等^[18]开展的成人临床随机对照试验中,早期RRT组比延迟RRT组RRT持续时间更短(9 d vs. 25 d, $P=0.04$, $HR=0.69$); Yang^[20]等回顾性分析了213例心脏手术患者,59例早期RRT,154例延迟RRT, RRT持续时间两者差异没有统计学意义($P=0.392$)。同样Mirela等^[17]开展的儿童病例研究中,早期PD组与延迟PD组的PD持续时间也没有差异($P=0.08$),本研究比较了早期PD与延迟PD患者的腹膜透析持续时间,结果也无差异($P=0.788$),但是持续时间的长短究竟会给患者带来什么影响,以及持续时间的影响因素尚需进一步研究。

综上所述,PD是儿童先心病手术后AKI的有效治疗措施,早期PD有助于缩短患者的呼吸机支持时间、住院时间。本研究的缺点为早期腹膜透析组与延迟腹膜透析组只是开始行腹膜透析时间的差异,而进行PD的标准相同,未形成很好的对比。虽然大部分文章结果均为早期PD更能改善患者预后,但是“早期”与“延迟”的定义尚未统一,也未能确定哪些患者更适合PD治疗,这一系列问题尚需要更多前瞻性研究来验证。

参考文献

- 1 Ueno K, Shiokawa N, Takahashi Y, et al. kidney disease: improving global outcomes in neonates with acute kidney injury after cardiac surgery [J]. Clin Exp Nephrol, 2020, 24 (2): 167-173. DOI: 10.1007/s10157-019-01805-7.
- 2 杨宇齐,袁立英,陈爽,等.先天性心脏病患儿术后急性肾损伤相关因素分析[J].中华医学杂志,2019,99(22): 1717-1721. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2019.22.00.
- 3 Yang YQ, Yuan LY, Chen S, et al. Risk factors for acute kidney injury after pediatric congenital heart surgery [J]. Natl Med J China, 2019, 99 (22): 1717-1721. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2019.22.00.
- 3 Wang Y, Bellomo R. Cardiac surgery-associated acute kidney injury: risk factors, pathophysiology and treatment [J]. Nat Rev Nephrol, 2017, 13 (11): 697-711. DOI: 10.1038/nrneph.2017.119.
- 4 敖翔.儿童腹膜透析的应用[J].临床肾脏病杂志,2017,17(3): 132-135. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2390.2017.03.001.
- Ao X. Application of peritoneal dialysis in children [J]. J Clin Nephrol, 2017, 17 (3): 132-135. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2390.2017.03.001.

- 5 全雪丽,王洁.腹膜透析在婴幼儿先天性心脏病手术后的应用[J].临床小儿外科杂志,2018,17(10):795-798. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2018.10.016.
Quan XL, Wang J. Application of peritoneal dialysis for infants and toddlers after operations for congenital heart disease [J]. J Clin Ped Sur, 2018, 17(10):795-798. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2018.10.016.
- 6 Kwiatkowski DM, Krawczeski CD. Acute kidney injury and fluid overload in infants and children after cardiac surgery [J]. Pediatr Nephrol, 2017, 32(9):1509-1517. DOI: 10.1007/s00467-017-3643-2.
- 7 Chan KL, Ip P, Chiu CS, et al. Peritoneal dialysis after surgery for congenital heart disease in infants and young children [J]. Ann Thorac Surg, 2003, 76(5):1443-1449. DOI: 10.1016/s0003-4975(03)01026-9.
- 8 Santos CR, Branco PQ, Gaspar A, et al. Use of peritoneal dialysis after surgery for congenital heart disease in children [J]. Perit Dial Int, 2012, 32(3):273-279. DOI: 10.3747/pdi.2009.00239.
- 9 Özker E, Saritaş B, Vuran C, et al. Early initiation of peritoneal dialysis after arterial switch operations in newborn patients [J]. Ren Fail, 2013, 35(2):204-209. DOI: 10.3109/0886022X.2012.745773.
- 10 Pan T, Li D, Li SJ, et al. Early initiation of peritoneal dialysis improves postoperative recovery in children with right ventricular outflow tract obstructive lesions at high risk of fluid overload: a propensity score-matched analysis [J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2018, 27(2):250-256. DOI: 10.1093/icvts/ivy048.
- 11 Namachivayam SP, Butt W, Millar J, et al. Early Peritoneal dialysis and major adverse events after pediatric cardiac surgery: a propensity score analysis [J]. Pediatr Crit Care Med, 2019, 20(2):158-165. DOI: 10.1097/PCC.0000000000001793.
- 12 Kwiatkowski DM, Menon S, Krawczeski CD, et al. Improved outcomes with peritoneal dialysis catheter placement after cardiopulmonary bypass in infants [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2015, 149(1):230-236. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2013.11.040.
- 13 Hirano D, Ito A, Yamada A, et al. independent risk factors and 2-year outcomes of acute kidney injury after surgery for congenital heart disease [J]. Am J Nephrol, 2017, 46(3):204-209. DOI: 10.1159/000480358.
- 14 Lee SH, Kim SJ, Kim HJ, et al. acute kidney injury following cardiopulmonary bypass in children-risk factors and outcomes [J]. Circ J, 2017, 81(10):1522-1527. DOI: 10.1253/circj.CJ-17-0075.
- 15 Park SK, Hur M, Kim E, et al. Risk factors for acute kidney injury after congenital cardiac surgery in infants and children: a retrospective observational study [J]. PLoS One, 2016, 11(11):e0166328. DOI: 10.1371/journal.pone.0166328.
- 16 Lee JH, Jung JY, Park SW, et al. Risk factors of acute kidney injury in children after cardiac surgery [J]. Acta Anaesthesiol Scand, 2018, 62(10):1374-1382. DOI: 10.1111/aas.13210.
- 17 Bojan M, Gioanni S, Vouh, et al. Risk factors of acute kidney injury in children after cardiac surgery [J]. Acta Anaesthesiol Scand: a propensity score-matched study [J]. PLoS One-Surgd, 2012, 82(4):474-481. DOI: 10.1038/ki.2012.172.
- 18 Zarbock A, Kellum JA, Schmidt C, et al. Effect of early vs delayed initiation of renal replacement therapy on mortality in critically ill patients with acute kidney injury: The ELAIN Randomized Clinical Trial [J]. JAMA, 2016, 315(20):2190-2199. DOI: 10.1001/jama.2016.5828.
- 19 Tu GW, Xu JR, Liu L, et al. Preemptive renal replacement therapy in post-cardiotomy cardiogenic shock patients: a historically controlled cohort study [J]. Ann Transl Med, 2019, 7(20):534. DOI: 10.21037/atm.2019.09.140.
- 20 Yang XM, Tu GW, Gao J, et al. A comparison of preemptive versus standard renal replacement therapy for acute kidney injury after cardiac surgery [J]. J Surg Res, 2016, 204(1):205-212. DOI: 10.1016/j.jss.2016.04.073.

(收稿日期:2020-03-09)

本文引用格式: 庞亚昌, 徐卓明, 张明杰, 等. 腹膜透析在小儿先天性心脏病手术后的应用 [J]. 临床小儿外科杂志, 2021, 20(8): 749-754. DOI: 10.12260/lcxewkzz.2021.08.009.

Citing this article as: Pang YC, Xu ZM, Zhang MJ, et al. Application and effect of peritoneal dialysis in children after congenital heart surgery [J]. J Clin Ped Sur, 2021, 20(8): 749-754. DOI: 10.12260/lcxewkzz.2021.08.009.