

# ECMO 联合应用期间 CRRT 非计划性下机的预测模型构建

万娜, 于洋, 王淑芹, 张春艳, 张小建, 袁庆伶, 贾燕瑞

**摘要:**目的 探讨体外膜肺氧合(ECMO)联合应用期间连续性肾脏替代治疗(CRRT)非计划性下机的影响因素,构建预测模型并评价其效能。方法 选择呼吸重症监护病房行 ECMO 联合 CRRT 治疗的 45 例患者,统计 ECMO 联合应用期间 CRRT 发生非计划性下机的例次,对比计划下机组和非计划性下机组指标,采用 logistic 回归方程构建预测模型,运用 ROC 曲线下面积检验模型预测效果。结果 45 例患者共行 ECMO 联合 CRRT 治疗 343 例次,其中无明确诱因的 CRRT 非计划性下机为 212 例次(61.8%),logistic 回归分析显示,CRRT 血流速度( $OR=0.924$ )、ECMO 血流速度( $OR=1.706$ )及 ECMO 模式( $OR=4.764$ )是 ECMO 联合应用期间 CRRT 非计划性下机的预测因子,预测模型 ROC 曲线下面积为 0.812,灵敏度 0.825,特异度 0.696,最大约登指数 0.521,预测模型拟合优势比  $\chi^2=10.113$ , $P=0.257$ 。结论 本预测模型效果良好,临床医务人员在 ECMO 联合 CRRT 治疗期间,可结合预测模型做好运行监测并进行针对性处理。

**关键词:**体外膜肺氧合; 连续性肾脏替代治疗; 非计划性下机; 预测模型

**中图分类号:**R472.2;R459.7 **文献标识码:**A **DOI:**10.3870/j.issn.1001-4152.2022.12.006

**Development of a prediction model for unplanned failure of continuous renal replacement therapy during extracorporeal membrane oxygenation** Wan Na, Yu Yang, Wang Shunqin, Zhang Chunyan, Zhang Xiaojian, Yuan Qingling, Jia Yanrui. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Beijing Institute of Respiratory Medicine and Beijing Chao-yang Hospital, Capital Medical University, Beijing 100020, China

**Abstract:** **Objective** To explore the influencing factors of unplanned failure of continuous renal replacement therapy(CRRT) during extracorporeal membrane oxygenation(ECMO), and to build a prediction model and evaluate its efficacy. **Methods** A total of 45 patients on CRRT during ECMO were selected. The number of unplanned failure cases of CRRT during ECMO was counted, the indexes in the planned and unplanned failure groups were compared, and logistic regression model was used to construct a prediction model, and the area under ROC curve was used to test the prediction efficacy of the model. **Results** The 45 patients received 343 sessions of CRRT+ECMO combination treatment, with 212 sessions (61.8%) having unplanned failure without definite inducement. Logistic regression analysis showed that CRRT blood flow velocity ( $OR=0.924$ ), ECMO blood flow velocity ( $OR=1.706$ ) and ECMO mode ( $OR=4.764$ ) were predictors of unplanned failure of CRRT during ECMO. The area under the ROC curve of the prediction model was 0.812, the sensitivity is 0.825, the specificity was 0.696, and the maximum Youden index was 0.521, with prediction model fitting odds ratio  $\chi^2=10.113$  ( $P=0.257$ ). **Conclusion** The prediction model enjoys good performance. Clinical medical workers are recommended to use the prediction model for monitoring of CRRT+ECMO combination treatment, and take targeted interventions.

**Key words:** extracorporeal membrane oxygenation; continuous renal replacement therapy; unplanned failure; prediction model

体外膜肺氧合治疗(Extracorporeal Membrane Oxygenation, ECMO)作为一种有效的心肺支持手段,已广泛应用于心肺衰竭患者救治。ECMO 期间易发生急性肾损伤和容量超负荷<sup>[1]</sup>,连续性肾脏替代治疗(Continuous Renal Replacement Therapy, CRRT)能最大限度地模拟肾脏对水和溶质的清除模式,持续、大量、缓慢地清除体内水和溶质,稳定内环境和减轻肺水肿<sup>[2]</sup>,ECMO 联合 CRRT 治疗作为救治危重患者的新手段安全有效,但其联合应用期间的治疗管理经验尚处于探索阶段。CRRT 治疗中由于各种原因导致的非计划性下机会使治疗终止,不仅影响危重患者的治疗效果,与 ECMO 联合进行 CRRT

管路的连接操作复杂,反复进行 CRRT 上下机增加患者发生导管相关血流感染的概率及护理人员工作量<sup>[3]</sup>。如何减少 CRRT 非计划性下机,保障 ECMO 联合 CRRT 治疗的顺畅进行是管理重点及难点。有关 CRRT 非计划性下机已有较多相关报道<sup>[4-6]</sup>,但 ECMO 联合应用期间发生的 CRRT 非计划性下机有哪些影响因素需进一步深入探讨。本研究对 ECMO 联合应用期间 CRRT 非计划性下机的影响因素进行分析,建立预测模型并评估其效能,以期对 ECMO 联合 CRRT 患者进行有效管理提供依据。

## 1 对象与方法

**1.1 对象** 采用连续入组方便取样的方法,选择 2017 年 7 月至 2021 年 7 月在北京市某三级甲等医院呼吸重症监护病房行 ECMO 联合 CRRT 治疗的患者为研究对象。纳入标准:年龄>18 周岁;接受 ECMO 联合 CRRT 治疗;CRRT 治疗模式为连续性静脉-静脉血液滤过(Continuous Veno-venous Hemofiltration, CV-VH)。排除临床资料不完善者。本研究所有研究对象

作者单位:首都医科大学附属北京朝阳医院呼吸与危重症医学科,北京市呼吸疾病研究所(北京,100020)

万娜:女,硕士,主管护师

通信作者:王淑芹,wsq1980@163.com

科研项目:北京市属医院科研培育计划项目(PX2018012)

收稿:2022-01-12;修回:2022-03-21

或家属均知情同意,愿意参与本研究。本研究经医院伦理委员会批准(伦理号:2017-科-129)。共纳入患者 45 例,男 33 例,女 12 例;年龄 23~72 岁,中位年龄 53 (41,66)岁。其中重症肺炎呼吸衰竭 38 例,绒毛膜癌肺转移 1 例,多发伤 1 例,重症心力衰竭 5 例。

## 1.2 方法

### 1.2.1 ECMO 联合 CRRT 实施方案

ECMO 联合 CRRT 的连接方式多样,本组患者均采用 CRRT 管路 & ECMO 管路并联的方式,利用 ECMO 管路预留接口作为 CRRT 的引血端及回血端,接口的选择遵循体外膜式氧合治疗成人重症呼吸衰竭推荐意见<sup>[7]</sup>中建议的膜肺后引血膜肺前回血的连接方式。ECMO 装置采用德国迈柯唯公司的 Rotaflow 或 Cardiohelp,均采用微创穿刺进行体内置管留置,治疗模式根据患者疾病类型选择静脉-静脉体外膜肺氧合(VV-ECMO)或静脉-动脉体外膜肺氧合(VA-ECMO),血泵转速为 1 510~5 370 RPM,血流量为 1.43~6.39 L/min。CRRT 采用瑞典金宝 Prismaflex 或德国费森 Multifiltrate 及其配套装置,治疗模式为 CVVH(连续性静-静脉血液滤过),置换液采用青山利康公司生产的血液滤过置换基础液,根据患者检验结果进行电解质添加,置换液速度为 2 000 mL/h,临床上依据患者病情、生命体征、凝血情况确定 CRRT 上机时间、频次、是否应用抗凝剂及类型、置换液稀释方式、血泵及脱水速度,给予个体化治疗方案。

### 1.2.2 ECMO 联合应用期间 CRRT 非计划性下机的指征

对未完成 CRRT 治疗目标或未达到 CRRT 计划时间而终止治疗的界定为 CRRT 非计划性下机,反之称为 CRRT 计划性下机<sup>[8]</sup>。查阅文献结合临床确定 ECMO 联合应用期间 CRRT 非计划性下机的标准:以滤器凝血 II 级或以上、压力上升速度明显,机器提示管路凝血,各种报警不能排除导致下机为标准。滤器凝血以《血液净化治疗标准手册》<sup>[9]</sup> III 级凝血为标准:0 级,无凝血或数条纤维凝血;I 级,<10%纤维凝血;II 级,<50%纤维凝血;III 级,>50%纤维凝血。

### 1.2.3 资料收集方法

在参照相关文献<sup>[2-5,10]</sup>并咨询重症医学、护理学专家的基础上制订 ECMO 联合 CRRT 资料收集表。记录项目包括患者一般资料、ICU 住院时间、ECMO 联合应用期间 CRRT 运行总时间及例次、ECMO 治疗模式及血流速度、CRRT 血流速度及脱水速度、抗凝方式、稀释方式、CRRT 机型、治疗时长、血常规、血气分析、感染及凝血指标、下机原因、是否使用血制品等。其中检验指标为每次治疗前的测量值,包括红细胞计数、血红蛋白、红细胞压积、血小板、活化部分凝血活酶时间、凝血酶原时间、国际标准化比值、降钙素原、血气分析中的 pH 值、游离钙离子及乳酸水平。由经科室资质授权的 ECMO 护士实施 ECMO 联合 CRRT 监测与护理,并据实填写 ECMO 联合 CRRT 资料收集表。资料收集完成后由经培训的研究

小组成员进行复核,确认无误后行计算机录入。

### 1.2.4 统计学方法

采用 SPSS22.0 软件进行统计分析,计数资料用频数及百分比表示,计量资料用均数±标准差或中位数与四分位间距表示,采用独立样本 *t* 检验、Mann-Whitney *U* 检验、 $\chi^2$  检验。采用 logistic 回归方程构建预测模型,运用 ROC 曲线下面积检验模型预测效果,采用 Hosmer-Lemeshow 检验对模型一致性进行评判。检验水准  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 ECMO 联合应用期间 CRRT 治疗完成情况

45 例患者完成 ECMO 联合 CRRT 治疗 343 例次。因达到治疗目的或治疗时间 CRRT 下机 92 例次(26.8%);因患者放弃治疗、死亡下机 11 例次(3.2%);因撤除 ECMO、更换膜肺、外出 CT 检查等治疗相关因素下机 22 例次(6.4%);因滤器凝血 II 级或以上、机器提示管路凝血及各种报警不能排除导致的非计划性下机 218 例次(63.6%)。218 例次中无明确诱因 212 例次,运行时间 19.0(12.0,29.0)h,≤24 h 内下机的占 57.1%;有明确诱因 6 例次,包括血滤机故障被迫下机 2 例次,滤器破膜 1 例次,ECMO 膜肺血栓导致血滤机血泵多次停转下机 3 例次。

### 2.2 ECMO 联合应用期间 CRRT 非计划性下机的单因素分析

见表 1。

### 2.3 ECMO 联合应用期间 CRRT 非计划性下机的多因素分析

以是否发生非计划性下机为因变量(否=0,是=1),单因素分析有统计学意义的因素为自变量行多因素 logistic 回归分析,结果见表 2。

### 2.4 预测模型及效果评价

ECMO 联合应用期间 CRRT 非计划性下机的风险因素计算公式为:Logit(*P*)=7.599-0.079×CRRT 血流速度+0.534×ECMO 血流速度+1.561×ECMO 模式,根据预测模型计算绘制 ROC 曲线(见图 1),最终得到 ROC 曲线下面积为 0.812,95%CI(0.754,0.869),约登指数最大值为 0.521,最佳诊断值为 0.694,灵敏度为 0.825,特异度为 0.696。该预测模型使用 Hosmer-Lemeshow 检验, $\chi^2=10.113$ ,*P*=0.257,拟合度较好。

## 3 讨论

### 3.1 构建 ECMO 联合应用期间 CRRT 非计划性下机预测模型的临床意义

ECMO 联合 CRRT 的主要技术难点是连接方式的选择、抗凝药物的调整和管路相关并发症的监测与处理<sup>[11]</sup>。国外相关研究就 ECMO 联合 CRRT 的开始时机、不同连接方式的对比及抗凝剂的选择进行了有益的探索<sup>[12-14]</sup>,国内相关文章多为经验性总结,缺乏高质量的数据支持<sup>[2]</sup>。本研究采用前瞻性队列研究的形式观察分析 ECMO 联合应用期间 CRRT 非计划性下机的影响因素并构建预测模型,为临床早期预警识别 CRRT 非计划性下机高危患者,减少 ECMO 联合 CRRT 治疗期间管路相关不良事件提供了一定数据支撑。本预测模型将

ECMO联合应用期间CRRT非计划性下机风险因素直观的展现在公式中,针对现存风险因素进行积极干预,如适当调整ECMO血流速度及CRRT血流速度,有利于减少ECMO联合应用期间CRRT非计划性下机发生,提高医疗资源利用率,减轻家属负担及医务人员工作量。

表1 ECMO联合应用期间CRRT非计划性下机的单因素分析

项目	非计划性下机 (n=212)	计划下机 (n=92)	统计量	P
机器型号[例次(%)]			$\chi^2=0.027$	0.869
Multifiltrate	7(77.78)	2(22.22)		
Prismaflex	205(69.49)	90(30.51)		
抗凝方式[例次(%)]			$\chi^2=3.251$	0.355
无抗凝	68(76.40)	21(23.60)		
肝素	96(65.75)	50(34.25)		
肝素+枸橼酸	7(63.64)	4(36.36)		
阿加曲班	41(70.69)	17(29.31)		
置换液前稀释比例[例次(%)]			$\chi^2=4.492$	0.106
50	27(84.38)	5(15.62)		
80~90	178(67.68)	85(32.32)		
100	7(77.78)	2(22.22)		
使用血制品[例次(%)]	176(71.26)	71(28.74)	$\chi^2=1.439$	0.230
CRRT血流速度* (mL/min)	120(120,120)	135(120,150)	Z=7.243	0.000
CRRT超滤速度* (mL/h)	147.50 (92.50,195.50)	115.00 (73.00,173.00)	Z=1.975	0.048
ECMO血流速度* (L/min)	4.31(3.81,4.94)	3.76(3.02,4.72)	Z=3.027	0.002
ECMO模式[例(%)]			$\chi^2=32.759$	0.000
VA-ECMO	19(36.54)	33(63.46)		
VV-ECMO	193(76.59)	59(23.41)		
降钙素原*(ng/mL)	2.08(0.70,7.17)	1.85(0.61,13.98)	Z=0.275	0.783
红细胞*( $\times 10^{12}/L$ )	2.73(2.41,3.02)	2.43(2.17,2.73)	Z=4.206	0.000
血红蛋白 (g/L, $\bar{x}\pm s$ )	84.04 $\pm$ 15.06	77.38 $\pm$ 13.82	t=3.759	0.000
红细胞压积 (%, $\bar{x}\pm s$ )	25.44 $\pm$ 4.58	23.49 $\pm$ 4.25	t=3.584	0.000
血小板*( $\times 10^9/L$ )	80.00 (45.00,118.00)	77.50 (47.50,136.00)	Z=0.400	0.689
活化部分凝血	40.10	38.35	Z=1.480	0.139
活酶时间*(s)	(36.15,45.95)	(30.45,50.55)		
凝血酶原时间*(s)	14.10 (13.00,15.70)	13.90 (13.20,15.15)	Z=0.678	0.498
国际化比值*	1.19(1.07,1.36)	1.15(1.07,1.22)	Z=1.672	0.094
pH值( $\bar{x}\pm s$ )	7.39 $\pm$ 0.06	7.39 $\pm$ 0.05	t=0.054	0.957
乳酸*(mmol/L)	1.70(1.30,2.20)	1.70(1.20,2.35)	Z=0.177	0.859
离子钙*(mmol/L)	1.20(1.13,1.24)	1.20(1.11,1.25)	Z=0.235	0.815

注:\*表示 $M(P_{25},P_{75})$ 。

表2 ECMO联合应用期间CRRT非计划下机的logistic回归分析

自变量	$\beta$	SE	Wald $\chi^2$	P	OR	95%CI
常量	7.599	1.882	16.304	0.000	—	—
CRRT血流速度	-0.079	0.013	37.027	0.000	0.924	0.901~0.948
ECMO血流速度	0.534	0.159	11.361	0.001	1.706	1.251~2.328
ECMO模式	1.561	0.388	16.147	0.000	4.764	2.225~10.200

注:CRRT血流速度、ECMO血流速度均以原值输入,ECMO模式赋值,0=VA-ECMO,1=VV-ECMO。

### 3.2 ECMO联合应用期间CRRT非计划性下机影响因素分析

#### 3.2.1 CRRT血流速度 本研究发现,ECMO联合

应用期间CRRT血流速度是CRRT非计划性下机的保护因素,CRRT血流速度越快越不容易发生非计划性下机,与单独行CRRT治疗的多项研究结果一致<sup>[4,8]</sup>。本研究中计划下机组血流速度中位数为135 mL/min,非计划性下机组为120 mL/min,两组比较,差异有统计学意义( $P<0.01$ )。单独行CRRT治疗时最佳血流速度推荐为150~200 mL/min<sup>[15]</sup>,本研究中两组血流速度均低于推荐值,虽然充足的血流量是CRRT顺利实施的保障,但ECMO联合CRRT治疗患者病情危重,CRRT血流速度设定要依据患者血流动力学、ECMO运行情况及抗凝方式的选择等多方面因素考虑综合确定。

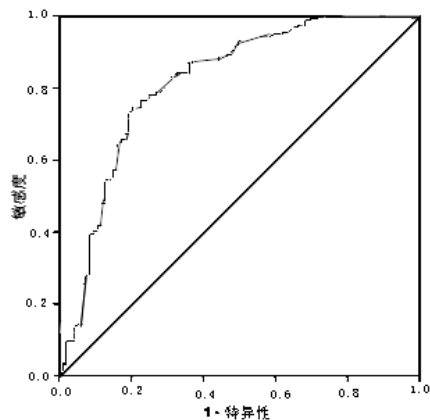


图1 预测ECMO联合应用期间CRRT非计划性下机的ROC曲线

3.2.2 ECMO血流速度 ECMO血流速度是ECMO联合应用期间CRRT非计划性下机的风险因素,ECMO血流速度越快越易发生CRRT非计划性下机,这与Pelenc等<sup>[16]</sup>研究结果一致。ECMO的高流速会使CRRT各压力阈值超范围,易导致CRRT压力紊乱,反复停机从而影响运行效率,甚至出现极端情况破膜发生<sup>[17]</sup>。本研究中也出现1例次因管路压力过高导致滤器破膜下机。单独行CRRT治疗时常根据滤器前压(PFP)、跨膜压(TMP)及静脉压(PV)数值判断管路凝血<sup>[18]</sup>,ECMO并联后CRRT压力参数并不能真正反映管路凝血情况,需更关注压力上升趋势,如压力上升明显,机器提示管路凝血及时下机,避免滤器或静脉壶完全阻塞无法回血造成血液丢失。针对如何减少ECMO血流速度对CRRT管路压力影响可借鉴文献经验选择相应方法。许程飞等<sup>[19]</sup>通过旋转ECMO与CRRT连接处三通,降低血液流经三通时流速,使三通起到限流作用,降低ECMO血流速度对CRRT引血压力影响。陈丽花等<sup>[20]</sup>通过选用可正负压调节CRRT机器,使用正压控制模式避免CRRT高压报警。有学者研究显示,在CRRT引血端、回血端使用额外的压力控制线可提高CRRT管路寿命<sup>[21]</sup>。

#### 3.2.3 ECMO模式 本研究结果显示,VV-ECMO

模式下 CRRT 非计划性下机发生率是 VA-ECMO 模式的 4.764 倍,与 Na 等<sup>[21]</sup>研究结果一致,其研究发现 ECMO 联合应用期间 CRRT 管路 72 h 内更换概率 VV-ECMO 模式是 VA-ECMO 模式的 1.33 倍。考虑可能与 ECMO 模式不同的适用人群特点有关。VV-ECMO 模式主要针对呼吸衰竭患者,支持力度高且运行时间长,而 VA 模式主要针对心脏衰竭患者,支持力度相对低且运行时间短。支持力度、运行时间等不同可能对 CRRT 运行产生影响,后期需要进一步研究加以证实,本研究结果提示医务人员在 VV-ECMO 模式下更应关注 CRRT 运行情况。

**3.3 ECMO 联合应用期间 CRRT 非计划性下机预测模型的预测效能较好** 本研究采用 Hosmer-Lemeshow 评价模型的拟合优度。验证结果显示差异无统计学意义,说明该模型预测结果与实际发生率吻合度较高。当 ROC 曲线下面积为 0.5~0.7 时,表示预测效果低;当曲线下面积为 0.7~0.9 时,表示预测效果中等;当曲线下面积>0.9 时,表示预测效果好<sup>[22]</sup>。本研究模型的 ROC 曲线下面积为 0.812,约登指数最大值为 0.521,最佳诊断值为 0.694,灵敏度为 0.825,特异度为 0.696,证明该模型预测和鉴别 ECMO 联合应用期间 CRRT 非计划性下机的效果良好。当预测模型评分≥0.694 分时,表明患者极可能发生 CRRT 非计划性下机,应引起医护人员的重视,必要时进行治疗参数调整;当评分接近临界值时,医护人员也应提高警惕,根据患者病情制订前瞻性干预方案,最大限度地避免 CRRT 非计划性下机的发生。

**4 小结**

本研究通过收集 ECMO 联合 CRRT 治疗患者住院期间相关数据构建 ECMO 联合应用期间 CRRT 非计划性下机预测模型,该模型具有较好的预测性能,为临床医护人员早期识别 CRRT 非计划性下机高危患者提供了便捷的筛查工具。但本研究为单中心研究,且缺乏外部验证,未来需要进行多中心、更大样本的前瞻性队列研究,以完善模型预测效能。此外,相关研究显示 ECMO 联合 CRRT 的不同连接方式对 CRRT 的运行有明显影响,本研究并未采取多种连接方式,未来可在不同的中心采取不同的 ECMO 联合 CRRT 连接方式,评估不同连接方式对 CRRT 非计划性下机的影响,构建更完善的预测模型。

**参考文献:**

[1] 中国医师协会体外生命支持专业委员会. 成人体外膜氧合循环辅助专家共识[J]. 中华医学杂志, 2018, 98(12): 886-894.

[2] 李洪娜, 夏莹, 刘桂英, 等. 体外膜肺氧合联合连续性肾脏替代治疗的护理进展[J]. 中华现代护理杂志, 2019, 25(25): 3296-3300.

[3] Selewski D T, Wille K M. Continuous renal replacement therapy in patients treated with extracorporeal membrane oxygenation[J]. Semin Dial, 2021, 34(6): 537-549.

[4] 查丽玲, 周松, 王婧, 等. ICU 患者持续性肾脏替代治疗

非计划性下机相关因素的研究[J]. 护理学杂志, 2017, 32(13): 31-34.

[5] 张仲华, 曾铁英, 黄博伦, 等. 无抗凝连续性肾脏替代治疗体外循环装置使用时间影响因素的研究[J]. 护理学杂志, 2019, 34(13): 22-27.

[6] 李雪洁, 郑茜子, 于重燕, 等. 延长间断肾脏替代治疗非计划性下机相关因素分析[J]. 中国血液净化, 2020, 19(1): 3-6.

[7] 中国医师协会呼吸医师分会危重症医学专业委员会, 中华医学会呼吸病学分会危重症医学学组. 体外膜式氧合治疗成人重症呼吸衰竭推荐意见[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2019, 42(9): 660-684.

[8] 查丽玲, 周松, 江榕. ICU 行枸橼酸抗凝 CRRT 病人非计划性下机影响因素研究[J]. 护理研究, 2018, 32(18): 2926-2930.

[9] 陈香美. 血液净化标准操作规程[M]. 北京: 人民军医出版社, 2010: 43-49.

[10] 孔丽丽, 陈二辉, 邱寅龙, 等. ICU 连续性肾脏替代治疗护理核查单的设计和应用[J]. 中华护理杂志, 2017, 52(5): 558-560.

[11] 缪惠洁, 张育才. 体外膜肺氧合下连续性肾替代治疗的难点和对策[J]. 中国小儿急救医学, 2018, 25(5): 321-325.

[12] Murphy H J, Eklund M J, Hill J, et al. Early continuous renal replacement therapy during infant extracorporeal life support is associated with decreased lung opacification[J]. J Artif Organs, 2019, 22(4): 286-293.

[13] Ostermann M, Lumlertgul N. Acute kidney injury in ECMO patients[J]. Crit Care, 2021, 25(1): 313-324.

[14] Giani M, Scaravilli V, Stefanini F, et al. Continuous renal replacement therapy in venovenous extracorporeal membrane oxygenation: a retrospective study on regional citrate anticoagulation[J]. ASAIO J, 2020, 66(3): 332-338.

[15] 李文奇, 刘俊雅, 刘伟权, 等. 连续性肾脏替代治疗非计划性下机危险因素研究进展[J]. 护理研究, 2017, 31(24): 2976-2978.

[16] Pelenc Q, Allou N, de Tymowski C, et al. CRRT connected to ECMO: managing high pressures[J]. ASAIO J, 2017, 63(1): 48-52.

[17] De Tymowski C, Desmard M, Lortat-Jacob B, et al. Impact of connecting continuous renal replacement therapy to the extracorporeal membrane oxygenation circuit [J]. Anaesth Crit Care Pain Med, 2018, 37(6): 557-564.

[18] 中国重症血液净化协作组, 中国重症血液净化协作组护理学组. 中国重症血液净化护理专家共识(2021 年)[J]. 中华现代护理杂志, 2021, 27(34): 4621-4632.

[19] 许程飞, 刘彦飞, 陈韵芳, 等. 体外膜肺氧合联合连续性肾脏替代疗法治疗急性呼吸窘迫综合征患者的护理[J]. 护士进修杂志, 2018, 33(22): 2080-2082.

[20] 陈丽花, 谢派玲, 曾丽婷, 等. 体外膜肺氧合联合连续性肾脏替代治疗的连接方式及护理[J]. 护理研究, 2020, 34(18): 3355-3358.

[21] Na S J, Choi H J, Chung C R, et al. Using additional pressure-control lines when connecting a continuous renal replacement therapy device to an extracorporeal membrane oxygenation circuit[J]. BMC Nephrol, 2018, 19(1): 369-372.

[22] 王海波, 李克鹏, 徐丽娟, 等. 重症合并急性肾损伤患者持续静脉-静脉血液透析滤过治疗时滤器凝血预测模型的建立与评价[J]. 潍坊医学院报, 2019, 41(1): 52-54, 74.