

体外膜肺氧合对急性右心衰竭犬血流动力学的影响

郑俊波 于凯江 叶明 王洪亮 姜雪松 刘海涛

【摘要】 目的 探讨体外膜肺氧合(ECMO)对急性右心衰竭犬血流动力学的影响。方法 体重 20~25 kg 健康成年雄性犬 10 只,按随机数字表法分为急性右心衰竭模型组和 ECMO 治疗组,每组 5 只。犬麻醉后行胸廓切开术,于右心房、右心室、肺动脉放置相关测压导管,测量右心房压(RAP)、右心室压(RVP)及肺动脉压(PAP);于主动脉及肺动脉放置血管超声探头,测量心排血量(CO)及肺动脉流量(QPA),测得结果为基础值。ECMO 组建立静脉-动脉体外膜肺氧合(VA-ECMO)转流,分别经股动脉和股静脉建立动、静脉插管,随后连接预充的 ECMO 装置。两组均逐渐套扎肺动脉以使 QPA 分别降至基础值的 60%、40%和 0%,每降至一个程度保持 30 min,并测量上述血流动力学指标,观察其变化。结果 模型组与 ECMO 组血流动力学指标基础值比较无明显差异。套扎肺动脉后,模型组 CO(L/min)于 QPA 降至 60%和 40%时均较基础值明显下降(1.80 ± 0.19 、 1.48 ± 0.22 比 3.24 ± 0.23 ,均 $P < 0.05$),且显著低于 ECMO 组(60%QPA: 1.80 ± 0.19 比 3.24 ± 0.35 ;40%QPA: 1.48 ± 0.22 比 3.20 ± 0.37 ,均 $P < 0.05$);ECMO 组 CO 于 QPA 降至 60%、40%和 0%时与基础值比较差异无统计学意义(3.24 ± 0.35 、 3.20 ± 0.37 、 3.12 ± 0.28 比 3.44 ± 0.32 ,均 $P > 0.05$)。模型组 PAP、RAP 和 RVP(均 mm Hg, 1 mm Hg=0.133 kPa)于 QPA 降至 60%和 40%时均较基础值明显增加(PAP: 36.2 ± 5.3 、 39.8 ± 5.4 比 17.4 ± 2.7 ; RAP: 11.2 ± 2.8 、 12.8 ± 2.6 比 4.4 ± 1.7 ; RVP: 25.6 ± 4.9 、 27.8 ± 4.5 比 11.6 ± 1.8 ,均 $P < 0.05$),且显著高于 ECMO 组(60%QPA: PAP 36.2 ± 5.3 比 23.2 ± 5.2 , RAP 11.2 ± 2.8 比 6.2 ± 2.3 , RVP 25.6 ± 4.9 比 15.2 ± 3.5 ;40%QPA: PAP 39.8 ± 5.4 比 24.4 ± 4.8 , RAP 12.8 ± 2.6 比 7.0 ± 2.4 , RVP 27.8 ± 4.5 比 16.8 ± 4.2 ,均 $P < 0.05$);而平均动脉压(MAP, mm Hg)较基础值明显下降(81.2 ± 15.8 、 62.2 ± 14.4 比 128.6 ± 16.4 ,均 $P < 0.05$),且显著低于 ECMO 组(60%QPA: 81.2 ± 15.8 比 128.0 ± 26.5 ;40%QPA: 62.2 ± 14.4 比 124.6 ± 25.4 ,均 $P < 0.05$)。ECMO 组心率(HR, 次/min)、PAP、RAP 和 RVP 于 QPA 降至 60%、40%和 0%时均较基础值略有增加(HR: 161.4 ± 14.8 、 160.6 ± 13.1 、 157.6 ± 11.9 比 152.6 ± 14.5 ; PAP: 23.2 ± 5.2 、 24.4 ± 4.8 、 25.2 ± 6.2 比 18.8 ± 3.4 ; RAP: 6.2 ± 2.3 、 7.0 ± 2.4 、 7.6 ± 4.2 比 4.6 ± 1.5 ; RVP: 15.2 ± 3.5 、 16.8 ± 4.2 、 16.2 ± 3.3 比 12.2 ± 2.3),MAP 则略有下降(128.0 ± 26.5 、 124.6 ± 25.4 、 121.2 ± 21.4 比 135.8 ± 22.2),但差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。结论 VA-ECMO 可以有效改善急性右心衰竭犬的心功能,并保持血流动力学稳定。

【关键词】 体外膜肺氧合; 右心衰竭,急性; 血流动力学; 犬

Effects of extracorporeal membrane oxygenation on hemodynamics in acute right heart failure in dogs

ZHENG Jun-bo, YU Kai-jiang, YE Ming, WANG Hong-liang, JIANG Xue-song, LIU Hai-tao. Intensive Care Unit, the Second Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin 150086, Heilongjiang, China
Corresponding author: YU Kai-jiang, Email: drkaijiang@sohu.com

【Abstract】 **Objective** To investigate the effects of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) on the hemodynamics in dogs with acute right heart failure. **Methods** Ten healthy adult male dogs (weighted 20–25 kg) were randomly divided into two groups: acute right heart failure group ($n=5$) and ECMO group ($n=5$). Under anesthesia, dogs were underwent thoracotomy, then the catheters were placed in the right atrium, right ventricle, and pulmonary artery, for measuring the relevant pressures, including right arterial pressure (RAP), right ventricular pressure (RVP), and pulmonary artery pressure (PAP). The vascular ultrasound probe were placed on the aorta and pulmonary artery for measuring the cardiac output (CO) and pulmonary artery flow rate (QPA). Then, a baseline measurement was acquired. The femoral artery and femoral vein were cannulated and used for the venoarterial extracorporeal membrane oxygenation (VA-ECMO), and then connected to extracorporeal circuit, which was initially primed. The pulmonary artery was progressively ligated to decrease blood flow until QPA was 60%, 40%, and 0% of baseline in both groups. The above flow conditions were respectively maintained for 30 minutes, after which hemodynamic data were collected. **Results** The baseline hemodynamic measurements were not different between acute right heart failure group and ECMO group. After ligating the pulmonary artery, compared with baseline, CO (L/min) decreased significantly at 60% and 40% QPA in acute right heart failure group (1.80 ± 0.19 , 1.48 ± 0.22 vs. 3.24 ± 0.23 , both $P < 0.05$), and significantly lower than that of ECMO group (60%QPA: 1.80 ± 0.19 vs. 3.24 ± 0.35 ; 40%QPA: 1.48 ± 0.22 vs. 3.20 ± 0.37 , both $P < 0.05$). CO was not significantly different from baseline in ECMO group at 60%, 40% and 0% QPA (3.24 ± 0.35 , 3.20 ± 0.37 , 3.12 ± 0.28 vs. 3.44 ± 0.32 , all $P > 0.05$). PAP, RAP and RVP (all mm Hg, 1 mm Hg=0.133 kPa) were significantly elevated in acute right heart failure group at 60% and 40% QPA compared with baseline (PAP: 36.2 ± 5.3 , 39.8 ± 5.4 vs. 17.4 ± 2.7 ; RAP: 11.2 ± 2.8 , 12.8 ± 2.6 vs. 4.4 ± 1.7 ; RVP: 25.6 ± 4.9 , 27.8 ± 4.5

vs. 11.6 ± 1.8 , all $P < 0.05$), and significantly higher than those of ECMO group (60%QPA: PAP 36.2 ± 5.3 vs. 23.2 ± 5.2 , RAP 11.2 ± 2.8 vs. 6.2 ± 2.3 , RVP 25.6 ± 4.9 vs. 15.2 ± 3.5 ; 40%QPA: PAP 39.8 ± 5.4 vs. 24.4 ± 4.8 , RAP 12.8 ± 2.6 vs. 7.0 ± 2.4 , RVP 27.8 ± 4.5 vs. 16.8 ± 4.2 , all $P < 0.05$), whereas mean artery pressure (MAP, mm Hg) was significantly lowered compared with that of baseline (81.2 ± 15.8 , 62.2 ± 14.4 vs. 128.6 ± 16.4 , both $P < 0.05$), and it was lower than that of ECMO group (60%QPA: 81.2 ± 15.8 vs. 128.0 ± 26.5 ; 40%QPA: 62.2 ± 14.4 vs. 124.6 ± 25.4 , both $P < 0.05$). At 60%, 40% and 0% QPA in ECMO group, whereas heart rate (HR, beats/min), PAP, RAP and RVP were slightly increased compared with those of baseline (HR: 161.4 ± 14.8 , 160.6 ± 13.1 , 157.6 ± 11.9 vs. 152.6 ± 14.5 ; PAP: 23.2 ± 5.2 , 24.4 ± 4.8 , 25.2 ± 6.2 vs. 18.8 ± 3.4 ; RAP: 6.2 ± 2.3 , 7.0 ± 2.4 , 7.6 ± 4.2 vs. 4.6 ± 1.5 ; RVP: 15.2 ± 3.5 , 16.8 ± 4.2 , 16.2 ± 3.3 vs. 12.2 ± 2.3), but MAP was slightly decreased (128.0 ± 26.5 , 124.6 ± 25.4 , 121.2 ± 21.4 vs. 135.8 ± 22.2), however, all differences were not statistically significant (all $P > 0.05$).

Conclusion These findings demonstrate that VA-ECMO could be helpful in improving cardiac function, and maintaining stability of hemodynamics in dogs with acute right heart failure.

【Key words】 Extracorporeal membrane oxygenation; Acute right heart failure; Hemodynamics; Dog

在各种心肺疾病过程中,急性右心衰竭临床上容易被忽视,且治疗手段有限,治疗效果差,病死率高,是重症医学科常见的治疗难题^[1-3]。体外膜肺氧合(ECMO)作为一种有效的心肺支持治疗手段,越来越广泛地用于终末期心肺疾病患者心肺功能的恢复或移植前的过渡^[4-5]。尤其对于急性右心衰竭患者,ECMO已成为一种有效的新方法^[6]。在此方面我国尚处于起步阶段,并且未见动物实验研究报道。本研究中以犬作为实验对象,在急性右心衰竭条件下,观察 ECMO 对血流动力学的影响,为进一步临床治疗提供帮助。

1 材料与方 法

1.1 实验动物及分组:健康成年雄性犬 10 只,体重 20 ~ 25 kg,由本院动物实验中心提供,动物合格证号:SYXK(黑)20040002。按随机数字表法分为急性右心衰竭模型组和 ECMO 治疗组,每组 5 只,两组动物体重分别为(21.8 ± 0.8) kg 和(22.6 ± 1.1) kg,差异无统计学意义,有可比性。

1.2 主要仪器:ECMO 机器(MAQUET,德国)及其动、静脉插管(Medtronic,美国),麻醉机(Dräger,德国),多参数监护仪(Philips,荷兰),超声血流仪(Transsonic,美国),活化凝血时间(ACT)监测仪(Medtronic,美国);其他材料包括气管插管、压力传感器,以及各种型号的动脉、静脉插管等。

1.3 动物准备:给予氯胺酮($10 \sim 20$ mg/kg)、安定($1 \sim 2$ mg/kg)肌肉注射(肌注)诱导后,用戊巴比妥($1 \sim 4$ mg·kg⁻¹·h⁻¹或必要时静脉注射(静注))和巴夫龙(0.1 mg/kg 推注后, $0.5 \sim 1.0$ mg/h 静注)静脉麻醉;行气管插管机械通气,呼吸机参数设置为潮气量 20 ml/kg,呼吸频率 15 次/min,氧浓度 1.00;经左

侧股动脉和颈静脉建立动脉及静脉通路,动脉置管连接压力传感器以持续监测血压,并用于抽取血液标本,静脉通路用于术中补液以及抽取血液标本。

行胸廓切开术,经左侧第四肋间隙进入胸腔,随后打开心包,将血管导管分别置入右心房和肺动脉,并连接压力传感器以监测右心房压(RAP)和肺动脉压(PAP)。将测压导管插入到右心室游离壁的圆锥区域,连接压力传感器以监测右心室压(RVP)。将血管超声多普勒探头置于升主动脉以测量心排血量(CO),置于肺动脉以测量肺动脉流量(QPA)。

1.4 ECMO 建立与管理:应用 800 ml 乳酸林格液预充 ECMO 装置。静注 500 mg 甲泼尼龙、100 U/kg 肝素后,建立静脉-动脉体外膜肺氧合(VA-ECMO)插管,应用 Seldinger 血管穿刺技术将 17 Fr 静脉插管置入右侧股静脉建立引流通路,将 15 Fr 动脉插管置入股动脉建立灌注通路,然后将动、静脉插管与预充的 ECMO 装置连接。ECMO 流量保持在 1.5 ~ 2.0 L/min,空氧混合器的氧浓度为 1.00,氧气流量与 ECMO 血流量比例保持在 1 : 1 ~ 2 : 1。每 30 min 测定 1 次 ACT,肝素 100 ~ 200 U·kg⁻¹·h⁻¹持续静脉滴注(静滴),维持 ACT 在 180 ~ 220 s。

1.5 建立急性右心衰竭动物模型:两组均在放置完各测压导管及超声探头后进行测量记录(基础值),随后模型组逐渐套扎肺动脉以使 QPA 分别降至基础值的 60%、40%和 0%,每降低至一个程度保持 30 min。ECMO 组在连接装置运行后逐渐套扎肺动脉分别至上述程度,每一程度亦保持 30 min。右心衰竭判断标准为 CO 较基础值降低 40%以上。

本研究动物处置方法符合动物伦理学标准。

1.6 观察项目:血流动力学指标包括心率(HR)、平均动脉压(MAP)、CO、RAP、RVP、PAP 及 QPA。所有指标分别在测定基础值后套扎肺动脉导致 QPA 降至基础值的 60%、40%和 0%,并保持 30 min,然后进

行测量记录。

1.7 统计学方法:所测数据以均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,应用 SPSS 13.0 软件进行统计学处理,多重比较采用 Bonferroni 检验,两组内观察指标与基础值的比较采用 *t* 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

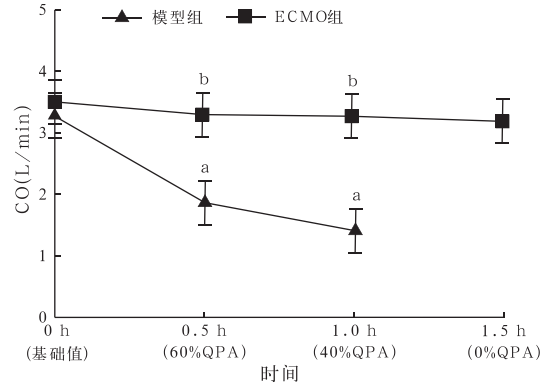
2.1 模型建立情况:模型组 5 只犬在实验过程中全部死亡,死亡时 QPA 降至 0%。ECMO 组 5 只犬均存活,模型复制成功,在实验结束后用戊巴比妥处死。

2.2 CO 变化(表 1;图 1):两组 CO 基础值比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。套扎肺动脉后,模型组 QPA 降至 60%和 40%时 CO 均较基础值明显下降,并且显著低于 ECMO 组相应时间点(均 $P < 0.05$)。在 QPA 降至 60%时,模型组所有犬 CO 比基础值降低 40%以上,达到急性右心衰竭标准。ECMO 组 CO 在整个实验过程中略有下降,但差异无统计学意义(均 $P > 0.05$)。

表 1 急性右心衰竭模型组和 ECMO 组犬 QPA 降至基础值 60%、40%、0%时的血流动力学变化比较($\bar{x} \pm s$)

组别	动物数	HR(次/min)			
		基础值	60%QPA	40%QPA	0%QPA
模型组	5	158.8 ± 12.4	177.8 ± 12.6 ^a	190.2 ± 15.9 ^a	
ECMO 组	5	152.6 ± 14.5	161.4 ± 14.8	160.6 ± 13.1 ^b	157.6 ± 11.9
组别	动物数	MAP(mm Hg)			
		基础值	60%QPA	40%QPA	0%QPA
模型组	5	128.6 ± 16.4	81.2 ± 15.8 ^a	62.2 ± 14.4 ^a	
ECMO 组	5	135.8 ± 22.2	128.0 ± 26.5 ^b	124.6 ± 25.4 ^b	121.2 ± 21.4
组别	动物数	CO(L/min)			
		基础值	60%QPA	40%QPA	0%QPA
模型组	5	3.24 ± 0.23	1.80 ± 0.19 ^a	1.48 ± 0.22 ^a	
ECMO 组	5	3.44 ± 0.32	3.24 ± 0.35 ^b	3.20 ± 0.37 ^b	3.12 ± 0.28
组别	动物数	PAP(mm Hg)			
		基础值	60%QPA	40%QPA	0%QPA
模型组	5	17.4 ± 2.7	36.2 ± 5.3 ^a	39.8 ± 5.4 ^a	
ECMO 组	5	18.8 ± 3.4	23.2 ± 5.2 ^b	24.4 ± 4.8 ^b	25.2 ± 6.2
组别	动物数	RAP(mm Hg)			
		基础值	60%QPA	40%QPA	0%QPA
模型组	5	4.4 ± 1.7	11.2 ± 2.8 ^a	12.8 ± 2.6 ^a	
ECMO 组	5	4.6 ± 1.5	6.2 ± 2.3 ^b	7.0 ± 2.4 ^b	7.6 ± 4.2
组别	动物数	RVP(mm Hg)			
		基础值	60%QPA	40%QPA	0%QPA
模型组	5	11.6 ± 1.8	25.6 ± 4.9 ^a	27.8 ± 4.5 ^a	
ECMO 组	5	12.2 ± 2.3	15.2 ± 3.5 ^b	16.8 ± 4.2 ^b	16.2 ± 3.3

注:ECMO:体外膜肺氧合,QPA:肺动脉流量,HR:心率,MAP:平均动脉压,CO:心排血量,PAP:肺动脉压,RAP:右心房压,RVP:右心室压;与本组基础值比较,^a $P < 0.05$;与模型组比较,^b $P < 0.05$;1 mm Hg=0.133 kPa;空白代表无此项



注:ECMO:体外膜肺氧合,QPA:肺动脉流量,CO:心排血量;与本组基础值比较,^a $P < 0.05$;与模型组比较,^b $P < 0.05$

图 1 急性右心衰竭模型组和 ECMO 组犬 QPA 降至基础值 60%、40%、0%时 CO 的变化

2.3 血流动力学参数变化(表 1):两组血流动力学指标基础值比较差异无统计学意义(均 $P > 0.05$)。套扎肺动脉后,模型组 QPA 降至 60%和 40%时 PAP、RAP 和 RVP 均较基础值明显增加,且均显著高于 ECMO 组(均 $P < 0.05$);MAP 则明显下降,并且显著低于 ECMO 组(均 $P < 0.05$);HR 明显加快,仅 QPA 降至 40%时明显快于 ECMO 组(均 $P < 0.05$)。ECMO 组 QPA 降至 60%、40%和 0%时 HR、PAP、RAP 和 RVP 较基础值略有增加,MAP 则略有下降,但差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。

3 讨论

相对于左心室,人们对右心室的了解,无论是在健康人或心功能衰竭患者中均不全面。在各种心肺疾病过程中,右心衰竭的发病率远高于我们的估计及认识,且对预后具有重要影响。实际上,右心衰竭是心肺手术后,尤其是心脏移植、肺移植术后最常见的并发症之一。心脏手术后一旦发生严重的右心衰竭,尽管给予了最积极的治疗,患者的病死率仍可高达 70%以上^[7],心脏移植术后所有并发症中右心衰竭约占 50%,以急性右心衰竭为术后早期致死原因者高达 19%^[2]。而针对右心衰竭的治疗一直是临床中的难点,除了针对病因治疗外,常用的治疗手段包括液体疗法、正性肌力药物、血管扩张药物等,效果往往不佳^[3]。有研究表明,祖国传统中药制剂有改善血流动力学、降低 PAP、改善心功能及组织灌注的作用,具有广泛的研究前景^[8-9]。因此,在右心室功能衰竭的治疗方面需要进一步的研究。

近年来,机械循环支持技术发展迅猛,越来越多地用于难治性右心衰竭,如右心辅助装置和 ECMO 等^[10],取得了一定的效果。作为一种有效的心肺支持手段,ECMO 的应用越来越受到重视。国内外均有

将 VA-ECMO 用于终末期心功能衰竭治疗的经验报道,其可使心肺充分休息,为心功能的恢复或心脏移植争取时间,尤其对于肺循环阻力高、PAP 高、右心功能差的患者,使用 VA-ECMO 能明显稳定心功能,降低病死率^[11-13]。

据国外动物实验报道,套扎肺动脉使 QPA 降至基础值的 60%可导致 CO 下降 38%~53%,当 QPA 降至 40%和 0%,将完全导致右心衰竭和死亡^[14-15]。本研究中,模型组犬在套扎肺动脉后,随着右心后负荷逐渐增加,PAP、RVP 和 RAP 均明显增加,CO 明显下降;当 QPA 降至基础值 60%时,所有模型组犬均达到右心衰竭标准,并在 QPA 降至 0%后死亡;在右心衰竭模型基础上建立 VA-ECMO 系统,观察其对急性右心衰竭血流动力学的影响,结果显示,在 VA-ECMO 支持期间,随着 QPA 逐渐减少至 0%时,PAP、RVP、RAP 虽然有所增加、MAP 有所下降,但差异并无统计学意义,说明整个 ECMO 转流过程中犬的血流动力学保持稳定,CO 未出现明显下降。可见,VA-ECMO 依靠离心泵为动力,通过静脉置管引流静脉血,使血液通过膜式氧合器,经过动脉置管将氧合血直接回输到动脉系统,以达到部分替代或完全替代心肺功能的作用,从而改善右心衰竭的心功能状态,稳定血流动力学。另外,VA-ECMO 在降低心脏前负荷、改善灌注、提供有效循环支持的同时,还可提供足够的氧供,从而支持呼吸功能。因此,VA-ECMO 具有同时提供心肺支持的优点。

综上所述,VA-ECMO 可以明显改善急性右心衰竭犬的血流动力学状态,支持期间血流动力学稳定。作为一种新的治疗急性右心衰竭的方法,ECMO 作用的病理生理机制、治疗的介入时机、对预后的影响等,将成为进一步研究的热点。

参考文献

[1] Voelkel NF, Quaife RA, Leinwand LA, et al. Right ventricular function and failure: report of a National Heart, Lung, and Blood Institute working group on cellular and molecular mechanisms of right heart failure. *Circulation*, 2006, 114: 1883-1891.

[2] Stobierska-Dzierzek B, Awad H, Michler RE. The evolving management of acute right-sided heart failure in cardiac transplant recipients. *J Am Coll Cardiol*, 2001, 38: 923-931.

[3] Lahm T, McCaslin CA, Wozniak TC, et al. Medical and surgical treatment of acute right ventricular failure. *J Am Coll Cardiol*, 2010, 56: 1435-1446.

[4] Sidebotham D, McGeorge A, McGuinness S, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for treating severe cardiac and respiratory disease in adults: Part 1—overview of extracorporeal membrane

oxygenation. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2009, 23: 886-892.

[5] 邱志兵,肖立琼,陈鑫,等.体外膜肺氧合在终末期心脏围手术期严重心力衰竭中的应用. *中国危重病急救医学*, 2010, 22: 696-698.

[6] Belohlavek J, Rohn V, Jansa P, et al. Veno-arterial ECMO in severe acute right ventricular failure with pulmonary obstructive hemodynamic pattern. *J Invasive Cardiol*, 2010, 22: 365-369.

[7] Moazami N, Pasque MK, Moon MR, et al. Mechanical support for isolated right ventricular failure in patients after cardiomy. *J Heart Lung Transplant*, 2004, 23: 1371-1375.

[8] 孔庆福,李卫国,刘芳,等.灯盏花素注射液对慢性肺源性心脏病失代偿期血流动力学和心功能影响. *中国中西医结合急救杂志*, 2003, 10: 362-365.

[9] 殷文朋,李春盛.参附注射液对心源性休克犬血流动力学及氧代谢的影响. *中国中西医结合急救杂志*, 2008, 15: 20-23.

[10] Taghavi S, Zuckermann A, Ankersmit J, et al. Extracorporeal membrane oxygenation is superior to right ventricular assist device for acute right ventricular failure after heart transplantation. *Ann Thorac Surg*, 2004, 78: 1644-1649.

[11] Ko WJ, Lin CY, Chen RJ, et al. Extracorporeal membrane oxygenation support for adult postcardiotomy cardiogenic shock. *Ann Thorac Surg*, 2002, 73: 538-545.

[12] Doll N, Kiaii B, Borger M, et al. Five-year results of 219 consecutive patients treated with extracorporeal membrane oxygenation for refractory postoperative cardiogenic shock. *Ann Thorac Surg*, 2004, 77: 151-157.

[13] 贾柳,侯桂英,叶明,等.1例心脏移植术后存活18年危重患者的救治体会. *中国危重病急救医学*, 2011, 23: 444-445.

[14] Kim J, Sato H, Griffith GW, et al. Cardiac output during high afterload artificial lung attachment. *ASAIO J*, 2009, 55: 73-77.

[15] Kuo AS, Sato H, Reoma JL, et al. The relationship between pulmonary system impedance and right ventricular function in normal sheep. *Cardiovasc Eng*, 2009, 9: 153-160.

(收稿日期:2011-10-20)

(本文编辑:李银平)

• 广告目次 •

①深圳迈瑞:ICU 整体解决方案 (封二)

②天津红日药业:血必净注射液 (插页)

③珠海健帆:血液灌流器 (插页)

④德尔格:重症监护室内我们在您左右 (插页)

⑤广东天普药业:天普洛安 (插页)

⑥南京臣功:特苏尼®托拉塞米注射液 (插页)

⑦天津生化制药:琥珀氢可 (插页)

⑧罗氏诊断产品(上海)有限公司:
血气分析仪 (插页)

⑨第一制药:克倍宁 (封三)

⑩江苏新晨:艾贝宁®盐酸右美托咪定注射液 (封四)