

体外膜肺氧合在成人急性呼吸窘迫综合征中的临床应用

李建伟 梁宏开 吴桂深 李斌飞 赵湛元 李云 徐雪影 李丽嫦 侯六生

528403 广东中山, 中山大学附属中山医院重症医学科

通讯作者: 李建伟, Email: houls666@163.com

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2017.01.013

【摘要】目的 总结体外膜肺氧合(ECMO)在成人因肺部感染引起急性呼吸窘迫综合征(ARDS)中的救治经验,探讨 ECMO 的临床疗效及应用价值。**方法** 收集 2003 年 1 月至 2015 年 1 月中山大学附属中山医院因机械通气效果欠佳的重症 ARDS 患者。使用 ECMO 救治的 ARDS 患者为研究组(7 例),使用传统方法救治的为对照组(7 例)。选择经皮切开颈内静脉-股静脉(V-V)进行 ECMO 插管置管,采用 V-V ECMO 模式进行辅助转流。通过比较两组血流动力学、血气分析及氧代谢指标综合评估 ECMO 的辅助疗效。**结果** 本研究共有 7 例因肺部感染引起 ARDS 的患者行 ECMO 支持,其中细菌性肺炎 4 例, H7N9 感染 2 例, H1N1 感染 1 例。ECMO 辅助时间(21.00±10.06)d,成功脱机 2 例,康复出院 1 例。对照组为 7 例重症细菌性肺炎引起的 ARDS 患者,所有患者均未康复出院。研究组治疗后心率(HR)、肺动脉楔压(PCWP)、静脉血二氧化碳分压(PvCO₂)、动脉血乳酸(Lac)均较对照组明显降低[HR(次/min)为 100±12 比 120±19, PCWP(mmHg, 1 mmHg=0.133 kPa): 8.8±2.6 比 11.6±3.8, PvCO₂(mmHg): 40.8±13.1 比 48.9±16.2, Lac(mmol/L): 2.1±0.8 比 5.2±0.6, 均 P<0.05];平均动脉压(MAP)、心排血指数(CI)、动静脉血 pH 值、动脉血氧分压(PaO₂)、动脉血二氧化碳分压(PaCO₂)、动脉血氧饱和度(SaO₂)、氧输送(DO₂)、氧耗指数(VO₂)及氧摄取率(ERO₂)均较对照组明显升高[MAP(mmHg)为 83.6±8.2 比 72.2±9.4, CI(mL·s⁻¹·m⁻²): 93.35±3.33 比 81.68±8.33, 动脉血 pH 值: 7.4±0.1 比 7.1±0.3, PaO₂(mmHg): 98.5±20.4 比 49.3±12.6, PaCO₂(mmHg): 38.9±16.2 比 26.1±17.4, SaO₂: 0.95±0.02 比 0.58±0.04, 静脉血 pH 值: 7.1±0.2 比 6.4±0.3, PvO₂(mmHg): 88.9±9.6 比 33.4±8.9, SvO₂: 0.75±0.07 比 0.49±0.08, DO₂(mL·min⁻¹·m⁻²): 651±36 比 400±81, VO₂(mL·min⁻¹·m⁻²): 245.0±11.2 比 103.0±14.8, ERO₂: (35.6±3.9)% 比 (21.3±5.2)%, 均 P<0.05]。**结论** ECMO 能够纠正低氧血症,从而改善氧代谢及维持血流动力学稳定,可为肺部原发病的诊治赢得时间,选择合适的病例及加强并发症的防治是 ECMO 救治成功的关键。

【关键词】 体外膜肺氧合; 急性呼吸窘迫综合征; 肺部感染

基金项目: 广东省社会发展领域科技计划项目(63119)

Clinical application of extracorporeal membrane oxygenation for treatment of adult acute respiratory distress syndrome Li Jianwei, Liang Hongkai, Wu Guishen, Li Binfei, Zhao Zhanyuan, Li Yun, Xu Xueying, Li Lichang, Hou Liusheng

Department of Critical Care Medicine, Zhongshan Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Zhongshan 528403, Guangdong, China

Corresponding author: Li Jianwei, Email: houls666@163.com

【Abstract】Objective To summarize the clinical experience of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) treatment for adult acute respiratory distress syndrome (ARDS) caused by lung infections, so as to explore the clinical efficacy and application value of ECMO. **Methods** The patients with 7 ARDS who were responded poorly to mechanical ventilation in Zhongshan Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University from January 2003 to January 2015 were collected. All patients were divided into a study group (7 cases) treated by ECMO and a control group (7 cases) treated by traditional methods. The percutaneous incision on femoral vein-internal jugular vein (V-V) was selected to carry out ECMO intubation, and the V-V ECMO model was used for auxiliary bypass of flow. The comparisons between the two groups for the results of hemodynamics, blood-gas analysis and oxygen metabolism were performed to evaluate synthetically the adjuvant effects of ECMO. **Results** Seven ARDS patients caused by lung infections were treated by ECMO, including 4 cases with bacterial pneumonia, 2 cases with H7N9 and 1 case with H1N1. The duration of ECMO was (21.00±10.06) days; 2 cases were weaned from ECMO successfully, and 1 case recovered and discharged. Seven cases with ARDS caused by severe lung bacterial infections in control group were all not recovered on discharge. After treatment, the heart rate (HR), pulmonary arterial wedge pressure (PCWP), venous partial pressure of oxygen (PvO₂), arterial blood lactic acid (Lac) in study group were significantly lower than those in the control group [HR (bpm) was 100±12 vs. 120±19, PCWP (mmHg, 1 mmHg = 0.133 kPa) was 8.8±2.6 vs. 11.6±3.8, PvCO₂ (mmHg) was 40.8±13.1 vs. 48.9±16.2, Lac (mmol/L) was 2.1±0.8 vs. 5.2±0.6, all P<0.05], the mean arterial pressure (MAP), cardiac output index (CI), arterial and venous blood pH values, arterial partial pressure of oxygen (PaO₂), arterial partial

pressure carbon dioxide (PaCO₂), arterial oxygen saturation (SaO₂), oxygen delivery (DO₂), oxygen consumption (VO₂), oxygen extraction (ERO₂) were obviously higher in study group than those control group [MAP (mmHg) was 83.6 ± 8.2 vs. 72.2 ± 9.4, CI (mL · s⁻¹ · m⁻²) was 93.35 ± 3.33 vs. 81.68 ± 8.33, pH of arterial blood was 7.4 ± 0.1 vs. 7.1 ± 0.3, PaO₂ (mmHg): 98.5 ± 20.4 vs. 49.3 ± 12.6, PaCO₂ (mmHg): 38.9 ± 16.2 vs. 26.1 ± 17.4, SaO₂: 0.95 ± 0.02 vs. 0.58 ± 0.04, pH of venous blood was 7.1 ± 0.2 vs. 6.4 ± 0.3, PvCO₂ (mmHg) was 40.8 ± 13.1 vs. 48.9 ± 16.2, SvO₂ was 0.75 ± 0.07 vs. 0.49 ± 0.08, DO₂ (mL · min⁻¹ · m⁻²) was 651 ± 36 vs. 400 ± 81, VO₂ (mL · min⁻¹ · m⁻²) was 245.0 ± 11.2 vs. 103.0 ± 14.8, ERO₂ was (35.6 ± 3.9)% vs. (21.3 ± 5.2)%, all *P* < 0.05]. **Conclusions** ECMO can improve hypoxemia. So it can improve the metabolism and maintain hemodynamic stability, in the mean time the patients may gain more time for diagnosis and treatment of their primary lung diseases. The key points of a successful ECMO are suitable selection of patients and forceful prevention of complications.

【Key words】 Extracorporeal membrane oxygenation; Acute respiratory distress syndrome; Lung infections

急性呼吸窘迫综合征 (ARDS) 是指严重感染、创伤或休克等非心源性疾病导致的急性呼吸衰竭 (呼衰), 临床上以进行性低氧血症和呼吸窘迫为特征, ARDS 患者起病急、病情重且预后差^[1-2]。有效的呼吸支持是 ARDS 最为重要的救治措施, 但正压通气常不能满足危重患者的氧代谢需求, 且容易发生呼吸机相关肺损伤^[3]。体外膜肺氧合 (ECMO) 是一种新的体外呼吸循环支持技术, 可部分替代肺脏功能维持基本的氧合和通气, 为肺部原发病的诊治创造机会、赢得时间^[4]。有关 ECMO 在成人因肺部感染引起 ARDS 中的应用目前国内鲜见报道。2003 年 1 月至 2015 年 1 月本院共有 7 例因肺部感染引起的 ARDS 患者进行了 ECMO 辅助, 本研究初步探讨了 ECMO 救治成人 ARDS 的临床疗效及其应用价值, 现总结分析如下。

1 资料与方法

1.1 研究对象: 采用回顾性研究方法, 选择 2003 年 1 月至 2015 年 1 月中山大学附属中山医院因传统机械通气治疗效果欠佳的危重 ARDS 患者。排除标准: 年龄 < 18 岁或 > 65 岁; 非肺部感染因素引起的 ARDS, 多器官功能衰竭 (MOF), 晚期恶性肿瘤, 未放置漂浮导管者。

1.2 伦理学: 本研究符合医学伦理学标准, 并经医院伦理委员会批准, 所有检测和治疗方法均取得患者或家属知情同意。

1.3 分组方法: 使用 ECMO 救治的 ARDS 患者为研究组, 使用传统方法救治的 ARDS 患者为对照组, 对照组病例采用随机方法抽取。两组患者先行传统方法治疗, 如气管插管、机械通气、限制补液等, 研究组在机械通气效果欠佳的情况下应用 ECMO 支持。

1.3.1 ECMO 的组成和实施: 行 ECMO 的成人 ARDS 患者均使用美国 Medtronic 公司的 Camedia 肝素涂抹套装管路, 行经皮切开股静脉及颈内静脉插管置管, 静脉插管口径为 19 ~ 21F, 均采用颈内静脉 - 股静脉 (V-V) ECMO 模式进行辅助转流。ECMO 管

路系统的实施由 ECMO 治疗小组完成, 该治疗组共分 A、B、C 3 组, A 组统筹协调、指导抢救; B 组置入股静脉、颈内静脉插管; C 组连接管道、预充排气。

1.3.2 ECMO 实施期间的管理原则: ① 麻醉管理: ECMO 辅助前麻醉镇静, 辅助后逐步降低麻醉深度。② 流量管理: 辅助初期高流量维持通气和氧合, 病情稳定后逐步下调辅助流量, 通常将流量控制在 0.6 ~ 3.5 L/min, 输入膜肺的氧浓度 1.00。③ 机械通气及气道管理: 辅助前常规行气管切开, 均采用肺保护性通气原则行机械通气, 并根据血气结果调整呼吸机参数, 期间需加强气道排痰, 定期行痰培养检查。④ 抗凝管理: 定时监测活化部分凝血活酶时间 (APTT), 通过调节肝素用量将其维持在 140 ~ 200 s。⑤ 功能评估: 通过血气、胸片及超声心动图等指标来综合评估心肺功能。⑥ ECMO 管道撤离: 经辅助后肺功能有所恢复, 可先逐步降低辅助流量, 当流量降至 0.5 ~ 1 L/min, 如机械通气参数不高, 全身氧代谢稳定, 可考虑撤除 ECMO 辅助。

1.4 观察指标: 观察研究组 ECMO 辅助前 30 min、辅助后 12 h 血流动力学指标、全身氧代谢指标、一般情况及预后结局, 对照组出现机械通气效果欠佳达到行 ECMO 辅助条件后 30 min、12 h 的血流动力学指标和全身氧代谢指标。

1.4.1 血流动力学指标: 桡动脉监测平均动脉压 (MAP), 于左锁骨下静脉置入 Swant-Ganz 漂浮导管, 利用多功能监测仪测定 ECMO 辅助前后的心率 (HR)、心排血量 (CO)、肺动脉楔压 (PCWP) 及心排血量 (CI)。

1.4.2 全身氧代谢指标: ECMO 辅助前后经桡动脉测定动脉血 pH 值、氧分压 (PaO₂)、二氧化碳分压 (PaCO₂) 及血氧饱和度 (SaO₂)。ECMO 辅助前后分别经漂浮导管、ECMO 静脉端取混合静脉血, 测定静脉血 pH 值、PvO₂、PvCO₂、SvO₂, 计算氧代谢指标: 氧耗量、氧输送 (DO₂)、氧摄取率 (ERO₂)、血乳酸 (Lac) 水平。

1.5 统计学分析:使用 SPSS 16.0 统计软件处理数据,符合正态分布的计量资料以均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,组间资料比较采用 *t* 检验,计数资料组间比较采用 χ^2 检验,组间重复测量资料的比较采用方差分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般情况比较(表 1):两组性别、年龄、急性生理学与慢性健康状况评分系统 II (APACHE II) 评分、Murray 肺损伤评分差异均无统计学意义 ($P > 0.05$),说明两组资料均衡,有可比性。

表 1 两组一般情况比较

组别	例数 (例)	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	APACHE II 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)	Murray 评分 (分, $\bar{x} \pm s$)
		男性	女性			
对照组	7	2	5	45.3 ± 12.0	62.1 ± 15.3	4.5 ± 2.8
研究组	7	1	6	43.2 ± 16.1	60.2 ± 13.2	4.8 ± 2.1
<i>t</i> / χ^2 值		2.10	12.30		15.20	3.30
<i>P</i> 值		0.06	0.36		0.32	0.38

2.2 研究组临床资料及结局:2003 年 1 月至 2015 年 1 月共有 27 例 ARDS 患者行 ECMO 辅助,排除严重肺挫伤 13 例,急性大面积肺血栓栓塞 3 例,吸入性肺炎 2 例,夹层动脉瘤 1 例,脑膜瘤 1 例,最终有 7 例肺部感染导致 ARDS 的患者入选本研究,其中男性 6 例,女性 1 例,年龄(43.16 ± 16.06)岁,体重(63.4 ± 12.1)kg,细菌性肺炎 4 例, H7N9 2 例, H1N1 1 例。建立 ECMO 循环时间 15 ~ 25 min,辅助时间(21.00 ± 10.06)d,成功脱机 2 例(33.3%),康复出院 1 例(16.7%),死亡 3 例。

2.3 两组治疗前后血流动力学指标比较(表 2):研究组治疗后血流动力学指标 HR、PCWP 均较对照组明显降低, MAP 及 CI 较对照组明显升高(均 $P < 0.05$)。

表 2 两组治疗前后血流动力学指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数 (例)	HR (次/min)		MAP (mmHg)	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组	7	114 ± 18	120 ± 19	76.1 ± 7.8	72.2 ± 9.4
研究组	7	112 ± 16	100 ± 12	78.3 ± 7.8	83.6 ± 8.2
<i>F</i> 值		32.10		16.20	
<i>P</i> 值		0.04		0.03	

组别	例数 (例)	PCWP (mmHg)		CI (mL · s ⁻¹ · m ⁻²)	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组	7	9.8 ± 2.9	11.6 ± 3.8	85.02 ± 6.67	81.68 ± 8.33
研究组	7	9.7 ± 2.8	8.8 ± 2.6	83.35 ± 5.00	93.35 ± 3.33
<i>F</i> 值		8.60		7.30	
<i>P</i> 值		0.04		0.03	

注: 1 mmHg = 0.133 kPa

2.4 两组治疗前后动脉血气分析指标比较(表 3):研究组治疗后动脉血气指标 pH 值、PaO₂、PaCO₂ 和 SaO₂ 均较对照组明显升高 ($P < 0.05$)。

表 3 组间治疗前后动脉血气分析指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数 (例)	pH 值		PaO ₂ (mmHg)	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组	7	7.1 ± 0.2	7.1 ± 0.3	53.7 ± 10.5	49.3 ± 12.6
研究组	7	7.2 ± 0.2	7.4 ± 0.1	52.5 ± 10.5	98.5 ± 20.4
<i>F</i> 值		13.00		18.10	
<i>P</i> 值		0.03		0.04	

组别	例数 (例)	PaCO ₂ (mmHg)		SaO ₂	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组	7	29.5 ± 11.5	26.1 ± 17.4	0.65 ± 0.05	0.58 ± 0.04
研究组	7	26.3 ± 12.2	38.9 ± 16.2	0.69 ± 0.05	0.95 ± 0.02
<i>F</i> 值		11.40		19.30	
<i>P</i> 值		0.04		0.02	

2.5 两组治疗前后静脉血气分析指标比较(表 4):研究组治疗后静脉血气指标 pH 值、PvO₂ 和 SvO₂ 均明显高于对照组, PvCO₂ 明显低于对照组 ($P < 0.05$)。

表 4 两组治疗前后静脉血气分析指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数 (例)	pH 值		PvO ₂ (mmHg)	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组	7	6.7 ± 0.2	6.4 ± 0.3	36.1 ± 7.6	33.4 ± 8.9
研究组	7	6.7 ± 0.1	7.1 ± 0.2	38.5 ± 8.5	88.9 ± 9.6
<i>F</i> 值		8.50		15.90	
<i>P</i> 值		0.04		0.03	

组别	例数 (例)	PvCO ₂ (mmHg)		SvO ₂	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组	7	26.3 ± 12.2	48.9 ± 16.2	0.52 ± 0.09	0.49 ± 0.08
研究组	7	36.1 ± 11.4	40.8 ± 13.1	0.52 ± 0.08	0.75 ± 0.07
<i>F</i> 值		8.60		11.00	
<i>P</i> 值		0.04		0.02	

2.6 两组治疗前后氧代谢指标比较(表 5):研究组治疗后氧代谢指标 DO₂、VO₂、ERO₂ 均明显高于对照组, Lac 明显低于对照组(均 $P < 0.05$)。

表 5 两组治疗前后氧代谢指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数 (例)	DO ₂ (mL · min ⁻¹ · m ⁻²)		VO ₂ (mL · min ⁻¹ · m ⁻²)	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组	7	430 ± 58	400 ± 81	119.0 ± 9.9	103.0 ± 14.8
研究组	7	460 ± 51	651 ± 36	122.0 ± 9.5	245.0 ± 11.2
<i>F</i> 值		112.00		102.00	
<i>P</i> 值		0.02		0.03	

组别	例数 (例)	ERO ₂ (%)		Lac (mmol/L)	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
对照组	7	26.3 ± 2.8	21.3 ± 5.2	4.5 ± 1.9	5.2 ± 0.6
研究组	7	28.7 ± 2.1	35.6 ± 3.9	4.3 ± 1.2	2.1 ± 0.8
<i>F</i> 值		11.60		5.30	
<i>P</i> 值		0.03		0.02	

3 讨论

ARDS 是指严重感染、创伤或休克等疾病导致的急性呼吸衰,重症 ARDS 患者起病急、病情重且预后不良,如常规正压通气效果欠佳则病死率高达 90% 以上^[2]。ECMO 辅助的氧供不依赖于肺泡气体交换,能迅速改善全身组织的氧供状态,同时降低呼吸机参数,减少气压伤、氧中毒的发生,给肺脏一个充分休息和恢复的时间。研究表明,重症 ARDS 如常规正压通气效果欠佳,尽早使用 ECMO 辅助可降低病死率^[5-6]。V-V ECMO 主要适用正压通气时间短、效果欠佳且原发病有可逆的危重 ARDS。目前国内外尚未达成统一的病例入选标准,大部分 ECMO 中心采用以下标准^[7]: ① 在吸纯氧条件下,氧合指数 < 100 mmHg, Murray 肺损伤评分 > 3 分。② pH 值 < 7.2。③ 年龄 < 65 岁。④ 传统机械通气 < 7 d。⑤ 需使用 ECMO 过渡到肺移植的患者。⑥ 无绝对的抗凝禁忌。我们通过多年的实践认为,可将 ECMO 的适应证适当放宽,只要 ECMO 能达到治疗目的或有挽救生命的可能,家属经济条件允许且治疗态度积极,都可以给患者进行 V-V ECMO 辅助。

重症 ARDS 救治的首要任务是纠正低氧血症,但正压通气常不能满足机体的氧代谢需求,从而导致患者死于缺氧引起的多器官功能障碍综合征 (MODS)。Bartlett 等^[5]认为,当常规机械通气无效时,应尽早使用 ECMO 进行呼吸支持。本研究也证明,当重症 ARDS 常规机械通气效果欠佳时,应用 ECMO 辅助可迅速提高血 PaO₂、PvO₂、SaO₂ 及 SvO₂ 水平,改善机体全身组织 VO₂、DO₂、ERO₂ 及血乳酸水平,机体缺氧纠正后能保持血流动力学稳定。另外呼吸机参数也可相应降低,从而降低了机械通气对心肺功能的影响,给肺脏一个充分休息、恢复的时间。ECMO 辅助虽可纠正低氧,改善氧代谢及维持血流动力学稳定,但本研究 7 例患者的辅助时间均较长,其中 3 例细菌性肺炎患者难于承担高昂的费用中途放弃,另 3 例重症禽流感患者因继发严重的全身性感染,均死于感染性休克导致的 MODS,最终只有 2 例成功脱机,仅有 1 例康复出院,重症 ARDS 总体病死率偏高,与国外研究结果相一致,部分学者据此否认 ECMO 在重症 ARDS 中的应用价值^[8-9]。近年来,随着 ECMO 技术的成熟及设备的改良,有研究表明,如果病例选择合适、辅助时机恰当及加强防治并发症^[10],ECMO 可取得较好的疗效,是救治成人重症 ARDS 较有效的方法^[11-13]。

我们经过多年的临床实践认识到: ① ECMO 可行较长时间的呼吸功能支持,可为肺部原发病的诊治赢得时机、创造条件。② ECMO 是重症 ARDS 整体治疗的一部分,并不能根治肺部的原发病,预后差的根源在于肺部原发病及并发症较难治疗。③ ECMO 救治 ARDS 的关键是纠正低氧血症,但不能片面强调提高 PaO₂ 而加大呼吸机参数,通气参数过高会加重肺损伤、降低心排血量,使 DO₂ 降低导致缺氧加重。④ 重症 ARDS 应用 ECMO 的时间长、费用高及并发症多,因此在 ECMO 前需评估肺功能的可逆性。⑤ ECMO 进行救治的过程中,需组建一支以灌注医师为主的团队,期间与相关科室沟通、合作极为重要。总之,ECMO 可为重症 ARDS 患者提供较强的呼吸支持,在成人重症 ARDS 的救治中具有较强的应用前景。

参考文献

- [1] Ranieri VM, Rubenfeld GD, Thompson BT, et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition [J]. JAMA, 2012, 307 (23): 2526-2533.
- [2] 于洪涛,杨耀杰,张庆宪,等. 甲型 H1N1 流感危重症临床特点及危险因素分析 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2011, 18 (3): 142-145.
- [3] Villar J, Blanco J, Añón JM, et al. The ALIEN study: incidence and outcome of acute respiratory distress syndrome in the era of lung protective ventilation [J]. Intensive Care Med, 2011, 37 (12): 1932-1941.
- [4] Brogan TV, Thiagarajan RR, Rycus PT, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in adults with severe respiratory failure: a multi-center database [J]. Intensive Care Med, 2009, 35 (12): 2105-2114.
- [5] Bartlett RH, Roloff DW, Custer JR, et al. Extracorporeal life support: the University of Michigan experience [J]. JAMA, 2000, 283 (7): 904-908.
- [6] 谢钢,宁晔,蒋崇慧,等. 体外膜肺氧合在严重肺挫伤中的应用研究 [J]. 中华急诊医学杂志, 2005, 14 (2): 136-139.
- [7] Schuerer DJ, Kolovos NS, Boyd KV, et al. Extracorporeal membrane oxygenation: current clinical practice, coding, and reimbursement [J]. Chest, 2008, 134 (1): 179-184.
- [8] Zapol WM, Snider MT, Hill JD, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in severe acute respiratory failure. A randomized prospective study [J]. JAMA, 1979, 242 (20): 2193-2196.
- [9] Morris AH, Wallace CJ, Menlove RL, et al. Randomized clinical trial of pressure-controlled inverse ratio ventilation and extracorporeal CO₂ removal for adult respiratory distress syndrome [J]. Am J Respir Crit Care Med, 1994, 149 (2 Pt 1): 295-305.
- [10] 王迪芬,刘颖,唐艳,等. 体外膜肺氧合在救治人感染高致病性禽流感过程中并发症的防治 [J]. 中华危重病急救医学, 2013, 25 (6): 380-381.
- [11] Peek GJ, Mugford M, Tiruvoipati R, et al. Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicentre randomised controlled trial [J]. Lancet, 2009, 374 (9698): 1351-1363.
- [12] 徐磊,王志勇,李彤,等. 体外膜肺氧合与机械通气用于严重急性呼吸窘迫综合征患者院间转运的对比研究 [J]. 中华危重病急救医学, 2014, 26 (11): 789-793.
- [13] 王凯. 体外膜肺氧合在肺移植围术期的应用进展 [J/CD]. 实用器官移植电子杂志, 2016, 4 (3): 190-192.

(收稿日期: 2016-12-05)