

• 临床经验 •

体重小于 5 kg 婴儿建立体外膜肺氧合的置管操作经验

马力¹ 何秋明² 王哲² 吕俊健² 林士连² 钟微² 崔彦芹¹ 余家康²¹广州市妇女儿童医疗中心心脏中心, ECMO 协作组, 广东广州 510623; ²广州市妇女儿童医疗中心新生儿外科监护室, ECMO 协作组, 广东广州 510623

通信作者: 何秋明, Email: qiuminghe@foxmail.com

【摘要】 目的 总结体重小于 5 kg 婴儿建立体外膜肺氧合 (ECMO) 置管过程中的技术要点, 以期减少置管并发症发生率。方法 以 2016 年 6 月至 2018 年 6 月广州市妇女儿童医疗中心重症医学科收治的 11 例体重小于 5 kg 行 ECMO 支持的患儿为研究对象。回顾性分析建立 ECMO 的支持类型、置管方式及相关并发症等。结果 11 例患儿中男性 9 例, 女性 2 例; 置管时体重 1.96~4.60 kg, 平均 (3.14±0.65) kg; 年龄 0.1~30.0 d, 中位年龄 5.6 (1.5, 8.3) d; 原发病为先天性膈疝并重度肺动脉高压 (4 例)、先天性心脏病围手术期并发症 (7 例)。所有患儿均给予动脉-静脉 (V-A) ECMO 支持。4 例采用颈动脉-静脉置管, 动脉端 6~8 F、深度 2.5~3.5 cm, 静脉端 8~10 F、深度 6.0~7.5 cm, 置管操作时间 55~100 min, 平均 (73±20) min。7 例进行主动脉-右心房置管, 主动脉端 6~8 F、深度 1.0~2.0 cm, 右心房端 12~14 F、深度 2.8~3.0 cm; 排除 2 例在心脏手术术中置管外, 其余 5 例主动脉-右心房置管操作时间为 35~110 min, 平均 (64±31) min。有 3 例患儿发生并发症, 其中 1 例操作中发生血管部分撕裂, 1 例出现置管部位出血, 1 例置管位置不正确而需调整位置; 所有患儿均无操作部位感染病例, 无导管相关性血流感染, 未见导管脱出。结论 在选择合适的管道、细致熟练的操作下, 体重小于 5 kg 婴儿置管建立 ECMO 的成功率高且并发症较少。

【关键词】 体外膜肺氧合; 置管; 婴儿; 新生儿; 低体重; 操作方法**基金项目:** 广东省科技厅公益研究与能力建设专项资金项目 (2014A020212025); 广东省广州市医药卫生科技一般引导项目 (20151A010033)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.06.021

Cannulation for extracorporeal membrane oxygenation in infants less than 5 kgMa Li¹, He Qiuming², Wang Zhe², Lyu Junjian², Lin Shilian², Zhong Wei², Cui Yanqin¹, Yu Jiakang²¹Department of Cardiac Intensive Care Unit, Heart Center, Guangzhou Women and Children's Medical Center, ECMO Collaborative Group, Guangzhou 510623, Guangdong, China; ²Department of Surgical Neonatal Intensive Care Unit, Guangzhou Women and Children's Medical Center, ECMO Collaborative Group, Guangzhou 510623, Guangdong, China
Corresponding author: He Qiuming, Email: qiuminghe@foxmail.com

【Abstract】 Objective To summarize the experience of cannulation for extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in infants less than 5 kg. **Methods** Eleven infants with ECMO support who weighed less than 5 kg were admitted to critical care medicine of Guangzhou Women and Children's Medical Center from June 2016 to June 2018 were enrolled. Retrospective analysis of support type, configuration, site of cannula and complication of ECMO was performed. **Results** The 11 infants consisted of 9 males and 2 females. The weight on ECMO of 1.96–4.60 kg, with an average of (3.14±0.65) kg; age 0.1–30.0 days, with a median of 5.6 (1.5, 8.3) days. Four cases were given ECMO because of congenital diaphragmatic hernia with severe pulmonary hypertension and other 7 cases were cannulated due to complication of congenital cardiac surgery. All infants were received veno-arterial (V-A) ECMO. In 4 cases, the cannulas were placed in the right internal jugular vein for drainage (8–10 French catheter with 6.0–7.5 cm depth) and the right carotid artery for infusion (6–8 French catheter with 2.5–3.5 cm depth); the average time of cannulation in right carotid and jugular vessels was (73±20) minutes (range 55–100 minutes). In other 7 cases, the cannulas were inserted into the right atrium (12–14 French catheter with 2.8–3.0 cm depth) for draining blood and returning it to the ascending aorta (6–8 French catheter with 1.0–2.0 cm depth); the average time of cannulation in central vessels was (64±31) minutes (range 35–110 minutes) with exclusion of 2 cases intraoperative cannulation. There were three infants with complications. One episode was shown in vascular rupture, one in catheter site hemorrhage and one in cannula malposition with later repositioning. There was no case of insertion site infection, cannula-related bloodstream infection and accident detached cannula. **Conclusion** Cannulation for ECMO can be performed in infants less than 5 kg with a high rate of success and a low rate of complication owing to appropriate catheter and skillful cannulation.

【Key words】 Extracorporeal membrane oxygenation; Cannula; Neonatal; Infant; Low body weight; Operating method**Fund program:** Science and Technology Planning Project of Guangdong Province (2014A020212025); Medical and Health Technology Projects of Guangzhou in Guangdong Province (Health Bureau; 20151A010033)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.06.021

体外膜肺氧合 (ECMO) 是一项从体外循环技术发展而来的心肺功能支持手段,在发达国家,该技术已广泛应用于多种原因引起的心肺衰竭儿童,包括重症肺炎、急性呼吸窘迫综合征 (ARDS)、暴发性心肌炎及心脏畸形围手术期等^[1-2]。据国际体外生命支持组织 (ELSO) 统计,目前绝大多数 ECMO 治疗病例为儿童^[3]。ECMO 在中国大陆开展时间相对较晚,且儿童病例比例较低,当中既有经济因素,也有技术原因^[4]。本研究旨在通过回顾性分析本院体重小于 5 kg、ECMO 置管婴儿病例资料,对置管过程中的技术要点、风险评估及并发症进行归纳总结。

1 资料与方法

1.1 研究对象及方法:选择 2016 年 6 月至 2018 年 6 月本院重症医学科〔包括心脏重症加强治疗病房 (CCU)、儿科重症加强治疗病房 (PICU)、新生儿外科重症加强治疗病房 (SNICU)、新生儿重症加强治疗病房 (NICU)〕收治的 11 例行 ECMO 治疗、体重低于 5 kg 的重症患儿为研究对象。收集并分析患儿治疗期间流行病学资料、ECMO 支持类型、置管部位、置管型号、置管深度、操作时间及相关并发症。主要并发症包括:操作中血管撕裂、置管位置不正确、置管部位出血 (每日无菌敷料渗血量超过 10 g)、动脉导管脱出、置管部位感染 (可见脓性分泌物)、导管相关性血流感染 (撤除 ECMO 后导管细菌培养阳性)。

1.2 伦理学:本研究符合医学伦理学标准,并获得广州市妇女儿童医疗中心伦理委员会审批通过 (审批号:201927701)。

1.3 应用指征

1.3.1 呼吸支持指征^[5]:①无法维持导管前脉搏血氧饱和度 (SpO₂) > 0.85 或导管后 SpO₂ > 0.70; ②有效通气下仍 pH 值 < 7.15, 动脉血二氧化碳分压 (PaCO₂) 持续上升; ③吸气峰压 > 28 cmH₂O (1 cmH₂O = 0.098 kPa)、平均气道压 > 17 cmH₂O 才能维持 SpO₂ > 0.85; ④缺氧及代谢性酸中毒: pH 值 < 7.15 且血乳酸 ≥ 5 mmol/L; ⑤低血压,液体疗法及血管活性药物无效,在 12 ~ 24 h 内尿量 < 0.5 mL · kg⁻¹ · h⁻¹; ⑥氧合指数 ≥ 40 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa) 至少 3 h。

1.3.2 心脏支持指征^[6-7]:①先天性心脏病术后无法脱离

体外循环;②各种原因导致低心排综合征不能维持正常心排量;③心搏骤停经常规心肺复苏,应用两轮复苏药物不能恢复自主循环。

1.4 操作过程:所有病例均由具有 5 年以上心脏手术经验的专科医师进行操作。

1.4.1 颈动脉-静脉置管:将颈、肩部垫高,头面部后仰并左偏。沿胸锁乳突肌前缘做横切口,切开颈阔肌及浅筋膜,显露出胸锁乳突肌前缘,打开颈动脉鞘,显露颈动、静脉。分别在颈动脉、静脉表面用 6-0 或 7-0 Prolene 线缝荷包,插入相应口径动脉供血导管及静脉引流管,然后套管勒紧固定或直接打结固定。

1.4.2 主动脉-右心房置管:正中开胸,在升主动脉远端近无名动脉开口处用 5-0 或 6-0 Prolene 线做双重荷包,接着向主动脉弓方向插入相应口径的动脉供血导管;然后在右心耳以 5-0 或 6-0 Prolene 线做双重荷包,插入合适口径的静脉引流管。

1.4.3 导管位置确认:置管完成运行 ECMO 后行床边 X 线胸片及超声检查确认导管末端位置,动脉供血导管尖端应进入主动脉弓,静脉引流管尖端应位于右心房中上部位置,以便充分引流。

1.5 统计学处理:用 Excell 2007 软件录入数据,计量资料以均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 或中位数 (四分位数) [$M(Q_L, Q_U)$] 表示。

2 结果

2.1 患儿基本情况 (表 1):11 例患儿中男性 9 例,女性 2 例;置管时体重 1.96 ~ 4.60 kg, 平均 (3.14 ± 0.65) kg; 年龄 0.1 ~ 30.0 d, 中位年龄 5.6 (1.5, 8.3) d。原发病:先天性膈疝并重度肺动脉高压 4 例;先天性心脏病围手术期并发症 7 例,其中低心排综合征不能维持正常心排量 4 例,术后无法脱离体外循环 2 例,心搏骤停 1 例。

2.2 置管途径 (表 1; 图 1):11 例均予动脉-静脉 (V-A) ECMO 支持,置管型号 (美国 Medtronic 公司):4 例患儿采用颈动脉-静脉置管,其中动脉端 6 ~ 8 F、深度 2.5 ~ 3.5 cm, 静脉端 8 ~ 10 F、深度 6.0 ~ 7.5 cm; 预防动静脉置管部位渗血的方式包括:1 例采用套管锁紧,另 3 例行荷包缝合直接

表 1 11 例体重小于 5 kg 行体外膜肺氧合 (ECMO) 治疗患儿的一般资料

例序	原发病及置管时机	性别	置管时体重 (kg)	置管时年龄 (d)	动脉置管部位 / 型号 / 深度	静脉置管部位 / 型号 / 深度	同期置管 CVC 管	操作时间 (min)	ECMO 运行时间 (h)
例 1	肺动脉闭锁, 术后	男	3.30	8.6	主动脉 / 8 F / 1.0 cm	右心房 / 14 F / 2.8 cm	已有	80	281
例 2	完全性肺静脉异位引流伴静脉 (心上型) 并梗阻, 术前	女	4.60	12.9	主动脉 / 6 F / 1.2 cm	右心房 / 14 F / 3.0 cm	是	35	38
例 3	完全性大动脉转位, 术中	男	3.75	8.0	主动脉 / 8 F / 2.0 cm	右心房 / 14 F / 3.0 cm	已有	未计算 ^a	2
例 4	肺动脉闭锁, 术前	男	3.05	5.6	主动脉 / 8 F / 1.0 cm	右心房 / 14 F / 3.0 cm	是	45	128
例 5	肺动脉狭窄 (重度), 术后	男	2.67	30.0	主动脉 / 8 F / 1.0 cm	右心房 / 12 F / 3.0 cm	已有	110	127
例 6	完全性大动脉转位, 术中	男	3.00	1.5	主动脉 / 8 F / 1.0 cm	右心房 / 12 F / 3.0 cm	已有	未计算 ^a	162
例 7	完全性大动脉转位, 术后	男	2.92	7.4	主动脉 / 8 F / 1.0 cm	右心房 / 12 F / 3.0 cm	已有	50	93
例 8	CDH, 术前	男	3.24	0.1	颈动脉 / 8 F / 3.5 cm	颈静脉 / 10 F / 7.5 cm	是	60	964
例 9	CDH, 术前	女	3.08	1.5	颈动脉 / 8 F / 3.5 cm	颈静脉 / 10 F / 7.5 cm	是	75	85
例 10	CDH, 术前	男	2.96	1.7	颈动脉 / 8 F / 3.0 cm	颈静脉 / 10 F / 7.0 cm	无	100	183
例 11	CDH, 术前	男	1.96	0.5	颈动脉 / 6 F / 2.5 cm	颈静脉 / 8 F / 6.0 cm	无	55	797

注: CDH 为先天性心脏病, CVC 为中心静脉导管; a 为心脏手术中进行 ECMO 置管, 不计算置管时间

表 2 11 例体重小于 5 kg 行体外膜肺氧合 (ECMO) 患儿置管主要并发症发生情况及其原因、对策

并发症	例数 (例序)	原因	对策
血管撕裂	1 (例 11)	体重低 (1.96 kg), 静脉置管时先尝试使用 10 Fr	术前超声测量颈动静脉; 操作轻柔
置管部位出血	1 (例 8)	使用套管锁紧方式, 皮肤切口置入过多器材	使用荷包缝合直接打结方式
置管位置不正确	1 (例 9)	上腔静脉细小, 静脉置管几完全堵塞上腔回流通路	置管后床边应用心脏彩超或胸片明确位置
动静脉导管脱出	0		3-0 丝线固定于皮肤, 缝合确切防止皮肤切割
置管部位感染	0		日常术口注意无菌操作
导管相关性血流感染	0		置管操作环境的防护

注: 空白代表无此项

打结固定; 颈动脉-静脉置管操作时间 55~100 min, 平均 (73±20) min。7 例患儿采用主动脉-右心房置管, 其中主动脉端 6~8 F、深度 1.0~2.0 cm, 右心房端 12~14 F、深度 2.8~3.0 cm; 排除 2 例心脏手术术中置管外, 其余 5 例主动脉-右心房置管操作时间 35~110 min, 平均 (64±31) min。4 例同期置入中心静脉导管。



图 1 体重小于 5 kg 患儿行体外膜肺氧合 (ECMO) 置管途径 A 为颈动脉-静脉置管, B 为主动脉-右心房置管

2.3 并发症 (表 2): 有 3 例患儿发生并发症。1 例患儿 (病例 11) 操作中发生血管部分撕裂, 主要原因为该例患儿早产 (胎龄 33 周)、低体重 (1.96 kg)、血管较细小。1 例 (病例 8) 出现置管部位出血, 局部压迫后明显好转, 未给予输血等处理, 主要原因为初期颈动脉-静脉置管过程中应用套管锁紧方式, 后期采用荷包缝合、直接打结方式后未再出现明显渗血。1 例 (病例 9) 置管位置不正确, 出现上腔静脉阻塞综合征而需重新调整置道位置。11 例患儿无操作部位感染、未见导管相关性血流感染、无导管脱出等并发症。

2.4 预后: ECMO 运行时间 2~964 h, 5 例成功撤除 ECMO, 颈内静脉吻合 2 例次, 颈动脉吻合 1 例, 正中开胸置管的病例直接结扎主动脉和右心房切口荷包缝线, 必要时再缝合加强固定。

3 讨论

1972 年, Hill 等^[8]首次报道利用 ECMO 救治急性呼吸衰竭成人患者。随后 Bartlett 团队^[9]于 1976 年报道将 ECMO 用于治疗心肺功能衰竭婴幼儿。近十余年, 随着 ECMO 在临床应用的不断拓展, ECMO 设备的迅速更新, 该技术在发达国家中已经成为救治心肺功能衰竭患儿的重要手段^[1-2]。而在发展中国家, ECMO 的应用则相对较晚, 如拉丁美洲的儿童 ECMO 项目最早始于 2003 年^[10], 而我国大陆地区于 2009 年才有相关儿童病例报道^[11]。

根据血液引流和回输的血管类型, ECMO 有两种治疗模式: 从静脉系统引出、动脉分支注入为 V-A ECMO, 从静脉引出、又注入静脉为静脉-静脉 (V-V) ECMO。V-V ECMO

可应用于所有年龄段的急性呼吸衰竭患儿; V-A ECMO 由于可同时提供呼吸支持及心功能支持, 则应用更为广泛。在临床实际操作中, 针对不同原因所致的心肺功能衰竭需要 ECMO 辅助的患儿, 可采取不同的辅助模式, 也可以联合使用^[1]。本组病例均采用 V-A ECMO 模式, 其原因为患儿原发病主要为先天性心脏畸形和先天性膈疝。Barrett 等^[12]研究发现, V-A ECMO 已成为先天性心脏疾病围手术期出现心源性休克、心搏骤停的主要救治手段之一。先天性膈疝虽然先表现为呼吸衰竭, 但常合并持续性肺动脉高压, 因此临床上往往选择 V-A ECMO 作为其辅助手段^[13]。最近一项在国内 PICU 应用 ECMO 的多中心调查结果显示, 呼吸衰竭患儿应用 V-A ECMO 的比例较高, 考虑与国内 V-V ECMO 技术操作不熟练、缺少双腔静脉导管等耗材、选择 ECMO 辅助时机相对较晚等原因有关^[14]。但国外最新研究表明, 儿童 V-A ECMO 模式中, 颈动脉置管并不增加脑血管栓塞的风险, 也不增加神经系统并发症的发生率^[15]。因此, 结合我国现状, 我们建议为了提高心肺功能衰竭婴幼儿的救治率, 应常规选用 V-A ECMO 模式。

ECMO 置管作为一项临床操作, 存在学习曲线^[16]。O'Neill 等^[17]研究发现, 置管耗时越长, 院内感染的风险越高。国外研究显示, 经皮 V-V ECMO 置管时间少于 30 min^[18]; 在胎粪吸入综合征患儿中, 应用“手持式”ECMO 机的平均置管时间仅为 (19.0±1.4) min^[19]。本组病例颈动脉-静脉置管操作时间为 55~100 min、平均 (73±20) min, 主动脉-右心房操作时间为 35~110 min、平均 (64±31) min, 低于国外研究结果 (50% 病例主动脉-右心房操作时间大于 193 min)^[20], 这主要是由于本组病例置管操作均为具有 5 年以上心脏手术经验的专科医师实施。ECMO 置管需要进行相应的训练^[21], 在经过模拟操作、实际演练、应用实践等专业培训后, 操作者的平均置管时间可缩短至 40 min^[16]。

ECMO 置管操作的术中、术后并发症不容忽视。① 本组病例中, 1 例操作中出现颈静脉部分撕裂, 该患儿体重仅为 1.96 kg, 血管较细小, 但操作中选择了 10 F 导管进行置管, 出现血管撕裂; 在结扎撕裂处血管、于撕裂处近心端以更小的导管 (8 F) 置管后, 最终置管成功。② 在国外早期的置管操作中, 置管位置不正确最为常见, 高达 55% 的患儿需要重新置管^[22]。本组有 1 例置管位置不正确, 出现上腔静脉阻塞综合征而需重新调整位置。国外经验表明, 在颈静脉置管过程中即时应用心脏超声引导可有效提高置管成功率^[23]。③ 目前置管部位出血是最常见的并发症, 处理方法有压迫、

停用肝素等^[24],严重者需重新处理^[25]。本组病例出现置管部位出血1例,主要原因为初期颈动脉-静脉置管过程中应用套管锁紧方式,手术切口内有过多器材(动静脉导管和2~4条固定套管),手术创面不能良好对合,导致创面渗血;后期采用荷包缝合、直接打结方式后未再出现明显渗血。④ ECMO置管往往在床边进行操作,置管场所会增加感染的概率^[26]。De Rita等^[27]研究发现,15%的病例出现置管部位感染;本组病例未出现操作部位感染、无导管相关性血流感染,主要在于置管均在具有层流设备的监护病房内进行,也严格遵循了手术无菌操作。国外一项临床分析结果表明,在规范的置管操作下,导管相关性血流感染率为0^[28]。

随着ECMO设备不断地集成化、便携化,国内经济快速发展及社会文明进步,心肺功能衰竭患儿的救治需求也越来越多,因此,国内学者应加强交流,积极参与国际ECMO应用合作中,以获得更多经验,进一步减少置管相关并发症,提高国内ECMO患儿的撤管率和存活率。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- Jenks CL, Raman L, Dalton HJ. Pediatric extracorporeal membrane oxygenation [J]. Crit Care Clin, 2017, 33 (4): 825-841. DOI: 10.1016/j.ccc.2017.06.005.
- Barbaro RP, Paden ML, Guner YS, et al. Pediatric Extracorporeal Life Support Organization Registry international report 2016 [J]. ASAIO J, 2017, 63 (4): 456-463. DOI: 10.1097/MAT.0000000000000603.
- Thiagarajan RR, Barbaro RP, Rycus PT, et al. Extracorporeal Life Support Organization Registry international report 2016 [J]. ASAIO J, 2017, 63 (1): 60-67. DOI: 10.1097/MAT.0000000000000475.
- 洪小杨, 封志纯. 体外膜肺氧合技术在新生儿重症救治中的应用[J]. 中华围产医学杂志, 2015, 18 (10): 721-724. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-9408.2015.10.001.
Hong XY, Feng ZC. Application of *in vitro* membrane pulmonary oxygenation technology in neonatal severe treatment [J]. Chin J Perinat Med, 2015, 18 (10): 721-724. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-9408.2015.10.001.
- Snoek KG, Reiss IK, Greenough A, et al. Standardized postnatal management of infants with congenital diaphragmatic hernia in Europe: the CDH EURO consortium consensus: 2015 update [J]. Neonatology, 2016, 110 (1): 66-74. DOI: 10.1159/000444210.
- Kane DA, Thiagarajan RR, Wypij D, et al. Rapid-response extracorporeal membrane oxygenation to support cardiopulmonary resuscitation in children with cardiac disease [J]. Circulation, 2010, 122 (11 Suppl): S241-248. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.928390.
- Chatzis AC, Giannopoulos NM, Tsoutsinos AJ, et al. Extracorporeal membrane oxygenation circulatory support after cardiac surgery [J]. Transplant Proc, 2004, 36 (6): 1763-1765. DOI: 10.1016/j.transproceed.2004.06.010.
- Hill JD, O'Brien TG, Murray JJ, et al. Prolonged extracorporeal oxygenation for acute post-traumatic respiratory failure (shock-lung syndrome). Use of the Bramson membrane lung [J]. N Engl J Med, 1972, 286 (12): 629-634. DOI: 10.1056/NEJM197203232861204.
- Bartlett RH, Gazzaniga AB, Jefferies MR, et al. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) cardiopulmonary support in infancy [J]. Trans Am Soc Artif Intern Organs, 1976, 22: 80-93.
- Kattan J, González Á, Castillo A, et al. Neonatal and pediatric extracorporeal membrane oxygenation in developing Latin American countries [J]. J Pediatr (Rio J), 2017, 93 (2): 120-129. DOI: 10.1016/j.jpeds.2016.10.004.
- 许焯, 封志纯, 洪小杨, 等. 体外膜氧合支持治疗成功小儿重症肺炎合并心肺功能衰竭一例[J]. 中华儿科杂志, 2009, 47 (11): 852-855. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1310.2009.11.014.
Xu X, Feng ZC, Hong XY, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for severe acute respiratory and heart failure in a child with severe pneumonia [J]. Chin J Pediatr, 2009, 47 (11): 852-855. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1310.2009.11.014.
- Barrett CS, Chan TT, Wilkes J, et al. Association of pediatric cardiac surgical volume and mortality after cardiac ECMO [J]. ASAIO J, 2017, 63 (6): 802-809. DOI: 10.1097/MAT.0000000000000558.
- Carpenter JL, Yu YR, Cass DL, et al. Use of venovenous ECMO for neonatal and pediatric ECMO: a decade of experience at a tertiary children's hospital [J]. Pediatr Surg Int, 2018, 34 (3): 263-268. DOI: 10.1007/s00383-018-4225-5.
- 闫钢凤, 张晨美, 洪小杨, 等. 体外膜肺在中国大陆儿科重症监护病房应用现状的多中心调查 [J]. 中华儿科杂志, 2016, 54 (9): 653-657. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1310.2016.09.005.
Yan GF, Zhang CM, Hong XY, et al. Investigation on extracorporeal membrane oxygenation application in pediatric intensive care unit in China [J]. Chin J Pediatr, 2016, 54 (9): 653-657. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1310.2016.09.005.
- Johnson K, Jarboe MD, Mychaliska GB, et al. Is there a best approach for extracorporeal life support cannulation: a review of the Extracorporeal Life Support Organization [J]. J Pediatr Surg, 2018, 53 (7): 1301-1304. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2018.01.015.
- Sanchez-Glanville C, Brindle ME, Spence T, et al. Evaluating the introduction of extracorporeal life support technology to a tertiary-care pediatric institution: smoothing the learning curve through interprofessional simulation training [J]. J Pediatr Surg, 2015, 50 (5): 798-804. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2015.02.037.
- O'Neill JM, Schutze GE, Heulitt MJ, et al. Nosocomial infections during extracorporeal membrane oxygenation [J]. Intensive Care Med, 2001, 27 (8): 1247-1253.
- Moscattelli A, Buratti S, Gregoretti C, et al. Emergency percutaneous, bicaval double-lumen, ECMO cannulation in neonates and infants: insights from three consecutive cases [J]. Int J Artif Organs, 2015, 38 (9): 517-521. DOI: 10.5301/ijao.5000432.
- Fichera D, Zanella F, Fabozzo A, et al. Hands ECMO: preliminary experience with "Hub and Spoke" model in neonates with meconium aspiration syndrome [J]. Artif Organs, 2019, 43 (1): 76-80. DOI: 10.1111/aor.13270.
- Werho DK, Pasquali SK, Yu S, et al. Hemorrhagic complications in pediatric cardiac patients on extracorporeal membrane oxygenation: an analysis of the Extracorporeal Life Support Organization Registry [J]. Pediatr Crit Care Med, 2015, 16 (3): 276-288. DOI: 10.1097/PCC.0000000000000345.
- Allan CK, Pigula F, Bacha EA, et al. An extracorporeal membrane oxygenation cannulation curriculum featuring a novel integrated skills trainer leads to improved performance among pediatric cardiac surgery trainees [J]. Simul Healthc, 2013, 8 (4): 221-228. DOI: 10.1097/SIH.0b013e31828b4179.
- Irish MS, O'Toole SJ, Kapur P, et al. Cervical ECMO cannula placement in infants and children: recommendations for assessment of adequate positioning and function [J]. J Pediatr Surg, 1998, 33 (6): 929-931.
- Salazar PA, Blitzer D, Dolejs SC, et al. Echocardiographic guidance during neonatal and pediatric jugular cannulation for ECMO [J]. J Surg Res, 2018, 232: 517-523. DOI: 10.1016/j.jss.2018.07.030.
- Öztürk MN, Ak K, Erkek N, et al. Early extracorporeal life support experiences in 2 tertiary pediatric intensive care units in Turkey [J]. Turk J Med Sci, 2014, 44 (5): 769-774.
- Brunetti MA, Gaynor JW, Retzlaff LB, et al. Characteristics, risk factors, and outcomes of extracorporeal membrane oxygenation use in pediatric cardiac ICUs: a report from the pediatric cardiac critical care consortium registry [J]. Pediatr Crit Care Med, 2018, 19 (6): 544-552. DOI: 10.1097/PCC.0000000000001571.
- Cashen K, Reeder R, Dalton HJ, et al. Acquired infection during neonatal and pediatric extracorporeal membrane oxygenation [J]. Perfusion, 2018, 33 (6): 472-482. DOI: 10.1177/0267659118766436.
- De Rita F, Griselli M, Sandica E, et al. Closing the gap in paediatric ventricular assist device therapy with the Berlin Heart EXCOR® 15-ml pump [J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2017, 24 (5): 768-771. DOI: 10.1093/icvts/ivw437.
- Conrad SA, Grier LR, Scott LK, et al. Percutaneous cannulation for extracorporeal membrane oxygenation by intensivists: a retrospective single-institution case series [J]. Crit Care Med, 2015, 43 (5): 1010-1015. DOI: 10.1097/CCM.0000000000000883.