

ECMO 治疗急性呼吸窘迫综合征预后危险因素的 Meta 分析

康凤尔,姚 杨,曹晓梅,宁 林,丁 格,王胜昱

(西安医学院第一附属医院呼吸与危重症医学科,陕西 西安 710077)

摘要:目的 系统性评价体外膜肺氧合 (ECMO) 治疗急性呼吸窘迫综合征预后的危险因素。方法 计算机检索 PubMed、EMbase、Web of Science、Cochrane 和中国知网等数据库,筛选有关 ECMO 治疗 ARDS 预后的相关性研究,检索时限为建库至 2022 年 3 月,由 2 名研究者独立筛选文献、提取数据并评价纳入文献,根据 RCT 的偏移风险评估工具(NOS 量表)对纳入的文献进行质量评价,采用 Cochrane 国际协作组织提供的 RevMan5.4 统计软件进行 Meta 分析。结果 共纳入 31 篇文章,包括 5585 例患者。Meta 分析结果显示免疫功能不全($OR=2.63, 95\%CI:1.84\sim3.76, P<0.000\ 01$)、ECMO 前机械通气时间($MD=2.19, 95\%CI:1.48\sim2.90, P<0.000\ 01$)、乳酸浓度($MD=0.82, 95\%CI:0.32\sim1.31, P=0.001$)、危重症评分中 SAPS II 评分($MD=6.36, 95\%CI:4.01\sim8.71, P<0.000\ 01$)、APACHE II 评分($MD=2.99, 95\%CI:1.88\sim4.11, P<0.000\ 01$)、SOFA 评分($MD=1.28, 95\%CI:0.92\sim1.64, P<0.000\ 01$)和 ECMO 上机时间($MD=1.93, 95\%CI:1.31\sim2.55, P<0.000\ 01$)与患者死亡呈负相关。结论 免疫功能不全、ECMO 前机械通气时间、乳酸浓度、SAPS II 评分、APACHE II 评分、SOFA 评分、ECMO 上机时间是 ARDS 患者 ECMO 治疗预后的危险因素。

关键词:体外膜肺氧合;急性呼吸窘迫综合征;SAPS II 评分;APACHE II 评分;SOFA 评分

中图分类号:R563.8

文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.1006-1959.2023.23.006

文章编号:1006-1959(2023)23-0022-08

Meta-analysis of Prognostic Risk Factors of ECMO in the Treatment of Acute Respiratory Distress Syndrome

KANG Feng-er, YAO Yang, CAO Xiao-mei, NING Ling, DING Ge, WANG Sheng-yu

(Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, the First Affiliated Hospital of Xi'an Medical University, Xi'an 710077, Shaanxi, China)

Abstract: **Objective** To systematically evaluate the risk factors for the prognosis of extracorporeal membrane oxygenation in the treatment of acute respiratory distress syndrome. **Methods** The databases of PubMed, EMbase, Web of Science, Cochrane and CNKI were searched by computer to screen the related studies on the prognosis of ECMO in the treatment of ARDS. The retrieval time was from the establishment of the database to March 2022. Two researchers independently screened the literature, extracted the data and evaluated the included literature. The quality of the included literature was evaluated according to the bias risk assessment tool (NOS scale) of RCT, and the Revman5.4 statistical software provided by Cochrane International Collaboration was used for meta-analysis. **Results** A total of 31 literatures were included, including 5585 patients. The results of meta-analysis showed that immune dysfunction ($OR=2.63, 95\%CI:1.84\sim3.76, P<0.000\ 01$), mechanical ventilation time before ECMO ($MD=2.19, 95\%CI:1.48\sim2.90, P<0.000\ 01$), lactic acid concentration ($MD=0.82, 95\%CI:0.32\sim1.31, P=0.001$), SAPS II score ($MD=6.36, 95\%CI:4.01\sim8.71, P<0.000\ 01$), APACHE II score ($MD=2.99, 95\%CI:1.88\sim4.11, P<0.000\ 01$), SOFA score ($MD=1.28, 95\%CI:0.92\sim1.64, P<0.000\ 01$) and ECMO time ($MD=1.93, 95\%CI:1.31\sim2.55, P<0.000\ 01$) were negatively correlated with death. **Conclusion** Immune dysfunction, mechanical ventilation time before ECMO, lactic acid concentration, SAPS II score, APACHE II score, SOFA score and ECMO time are risk factors for the prognosis of ECMO in ARDS patients.

Key words: Extracorporeal membrane oxygenation; Acute respiratory distress syndrome; SAPS II score; APACHE II score; SOFA score

急性呼吸窘迫综合征 (acute respiratory distress syndrome, ARDS) 可导致低氧血症、高碳酸血症、肺动脉高压和肺顺应性降低等病理生理变化,现通常采用机械通气,并联合小潮气量、高呼气末正压和俯

卧位进行治疗,虽然治疗方案不断优化,但 ARDS 患者的院内死亡仍高达 40% 以上,极重度 ARDS 患者的死亡率更高^[1]。在常规方案效果不佳时,体外膜氧合 (extracorporeal membrane oxygenation, ECMO) 是首选的援救策略,为肺部的后续恢复提供宝贵时间^[2]。随着技术的不断进步,ECMO 在 ARDS 治疗中取得了较好的临床效果。总部设在英国的多中心试验—传统通气或 ECMO 治疗严重成人呼吸衰竭研究也建议,严重且可恢复的 ARDS 患者应被送往 ECMO 可用的医院。ECMO 的应用不仅提高了 ARDS 患者的存活率,而且提高了无残疾 ARDS 患

基金项目:1.2020 年西安市第七批科技计划 [编号:20YXYJ0001(7)];

2.医学科研发展基金项目临床与基础研究专项(编号:B21021BN)

作者简介:康凤尔(1996.10-),女,陕西榆林人,硕士研究生,主要从事呼吸与危重症研究

通讯作者:王胜昱(1980.6-),男,陕西西安人,博士,主任医师,教授,博士生导师,主要从事呼吸与危重症研究

者的质量调整寿命^[3]。ECMO技术现在已经被公认是治疗ARDS的有效手段,但是很多危险因素会影响ECMO治疗的预效果,因此ECMO技术在ARDS患者中的应用仍然存在争议^[3,4]。本研究结合先前发表的高质量临床研究,对影响ECMO治疗ARDS预后的危险因素进行评估,以期为改进ARDS患者的ECMO治疗方案及临床管理提供依据。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

1.1.1 纳入标准 ①研究对象为ARDS患者;②住院期间均使用ECMO,模式不限;③科研设计为回顾性与前瞻性研究,研究方法为病例对照研究、队列研究;④年龄 ≥ 15 岁;⑤数据资料完整;⑥结局指标为患者住院死亡率;⑦研究语言仅限于英文和中文。

1.1.2 排除标准 ①剔除重复、综述性、动物性及非原始性文献;②GRADE系统证据质量评价标准级别低、质量差的文献;③无相应统计指标及全文不能获得的文献;④会议论文、文摘;⑤对象涉及婴儿、儿童。

1.2 文献检索策略 计算机检索PubMed、EMbase、Cochrane、中国知网等数据库,筛选有关ARDS和ECMO治疗预后的危险因素的相关性研究,检索时限为建库至2022年3月。检索词采用主题词与自由词相结合,英文检索词包括Extracorporeal Membrane Oxygenation、ECMO、ARDS、acute respiratory distress syndrome,中文检索词包括急性呼吸窘迫综合征、体外膜肺氧合、危险因素。

1.3 文献筛选和资料提取 由2名研究者按照纳入和排除标准独立筛选文献、提取资料,发生分歧时进行讨论协商或参考第3名研究者意见。使用Endnote软件剔除重复文献并阅读题目和摘要进行初次筛选,对符合纳入的文献进一步获取全文,如有需要,尽可能与原始研究作者联系。2位审稿人之间的分歧通过与第3位审稿人的协商得到解决。资料提取内容包括:第一作者姓名、发表年份、国家、样本量、临床特征包括性别比例、平均年龄、体重指数(BMI)和糖尿病、高血压、肾病、肺炎、肺部创伤、危重症评分、ECMO上机时间。

1.4 文献质量评价 RCT研究根据Cochrane系统评价手册5.0版本进行评价,评价包含:疾病的定义和诊断是否恰当、病例是否具有代表性、对照组的定义及选取是否恰当、两组是否具有可比性、两组调查方

法是否一致、应答率、暴露因素的调查和评估方法是否恰当、满分为9分,一般认为分数 ≥ 5 分为高质量研究。队列研究及病例对照研究根据NOS量表进行评价,由2名研究者根据纽卡斯尔-渥太华量表(the Newcastle-Ottawa Scale, NOS)量表评价纳入研究的偏倚风险,交叉核对结果。NOS量表分为3个维度,包含8个条目,共计9分,得分越高表示偏倚风险越低。

1.5 统计学方法 采用RevMan 5.4软件进行Meta分析,测量指标的效应值采用 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,合并效应量后分析ECMO治疗ARDS预后危险因素的相关性,双侧 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。通过 χ^2 检验分析研究间的异质性(检验水准 $\alpha = 0.1$),若 $P \geq 0.05$ 且 $I^2 \leq 50\%$ 提示研究间未存在明显异质性,采用固定效应模型合并效应量;反之则说明各研究间存在异质性,采用随机效应模型进行合并,并通过亚组分析探究异质性来源。若研究统计量采用中位数和四分位数,通过已编译好公式的在线计算器(<https://smcgrath.shinyapps.io/estmeansd/>),统一转换为均值与标准差。

2 结果

2.1 文献筛选流程及结果 通过对数据库进行初步检索共获得相关文献3378篇,经逐层筛选后,最终共31篇^[5-35]文章纳入Meta分析,文献筛选流程及结果见图1。

2.2 纳入文献的基本特征 纳入的31篇文献,共5585例患者,主要来自美国、德国、中国等国家,分为V-V和V-A两种模式。共筛选出5个潜在危险因素,并将其分为一般资料、实验室指标、危重症评分、ECMO相关指标4方面。纳入文献的基本特征及NOS评分见表1。

2.3 Meta分析结果

2.3.1 免疫功能不全 有9项研究报告了免疫功能不全,异质性检验显示各研究间存在较小异质性($P = 29\%$, $P = 0.19$),故采用固定效应模型进行Meta分析,结果显示免疫功能不全与患者死亡密切相关($OR = 2.63$, $95\% CI: 1.84 \sim 3.76$, $P < 0.000\ 01$),见图2。

2.3.2 ECMO前机械通气时间 有4项研究报告了ECMO前机械通气时间,异质性检验显示各研究间存在较小异质性($I^2 = 34\%$, $P = 0.21$),故采用固定效应模型进行Meta分析,结果显示ECMO前机械通气时间是患者死亡的危险因素($MD = 2.19$, $95\% CI: 1.48 \sim 2.90$, $P < 0.000\ 01$),见图3。

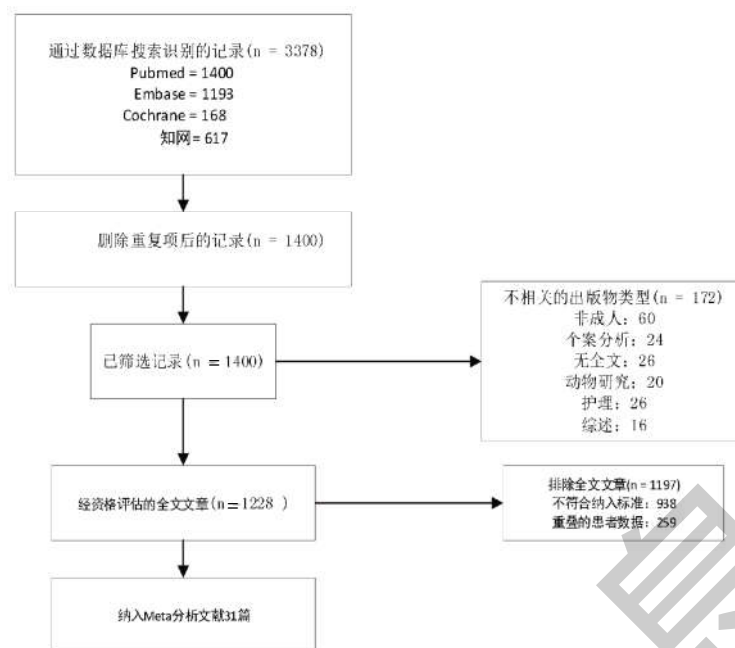


图 1 文献筛选流程图

表 1 纳入文献的基本特征

纳入研究	国家	男性/女性	年龄(岁)	BMI(kg/m ²)	样本量	生存/死亡	NOS 评分(分)
Bergman ZR 2021 ^[5]	USA	38/8	51±10.0	31.7(6.6)	46	30/16	6
Kutleša M 2017 ^[6]	Croatia	28/12	47.77±7.19	27.31±1.82	40	25/15	7
Spinelli E 2020 ^[7]	Italy	53/30	51±14	/	83	53/30	7
Huang L 2017 ^[8]	China	18/5	46.1±18.5	/	23	13/10	8
Panholzer B 2017 ^[9]	Germany	30/16	54	29±6	46	22/24	7
Chiu LC 2021 ^[10]	China	103/49	50.3±16.4	25.8±5.3	152	71/81	8
Stöhr F 2011 ^[11]	European	18/12	47.2±18.4	23.6±3.9	30	14/16	7
Martucci G 2019 ^[12]	Italy	62/20	42±11	29±6	82	62/20	6
Hilder M 2017 ^[13]	Germany	69/39	48	27.8	108	41/67	8
Blazoski C 2021 ^[14]	USA	12/8	54±8.7	35±7	20	11/9	7
Schmidt M 2013 ^[15]	France	86/54	43.33±5.31	27.52±1.65	140	84/56	6
Serpa Neto A 2016 ^[16]	Brazil	331/214	41.4±14.0	29.6±8.5	545	353/192	8
Baek MS 2018 ^[17]	Korea	138/71	57.75±3.84	23.4±3.7	209	96/113	7
Tanaka S 2021 ^[18]	France	16/9	51.97±4.92	24.32±2.61	25	13/12	7
Saeed O 2022 ^[19]	American	211/81	50.27±2.4	30.07±2.03	292	135/113	6
Liu X 2016 ^[20]	China	32/6	51.39±13.27	25.73±2.84	38	16/22	7
Pham T 2013 ^[21]	American	61/62	42±13	32±9	123	79/44	8
Pappalardo F 2013 ^[22]	Italy	36/24	39.7±12	30.5±8.8	60	41/19	7
Beiderlinden M 2006 ^[23]	Germany	/	42.2±13	/	32	17/15	7
Chiu LC 2017 ^[24]	China	108/50	50.3±16.3	25.8±5.2	158	71/87	6
Song JH 2016 ^[25]	Korea	8/5	54.7±5.9	24.7±1.7	13	7/6	6
Brogan TV 2009 ^[26]	USA	563/503	31.98±3.72	/	1066	541/525	7
WU MY 2017 ^[27]	China	91/38	48±15	/	129	66/63	7
Chiu LC 2021 ^[28]	Switzerland	83/35	50.3±16.4	25.8±5.3	118	59/59	8
Lee JH 2021 ^[29]	Korea	33/41	53.24±2.633	25.3±0.645	74	33/41	5
Warren A 2020 ^[30]	British	675/529	44±3.5	/	1204	887/317	8

表 1(续)

纳入研究	国家	男性/女性	年龄(岁)	BMI(kg/m ²)	样本量	生存/死亡	NOS 评分(分)
Bonizzoli M 2017 ^[31]	Italy	96/30	49.9±16.4	26±1.33	126	73/53	7
Liu SQ 2019 ^[32]	China	72/26	50.6±14.9	/	99	60/39	6
Lazzeri C 2016 ^[33]	Italy	14/7	53.1±10.8	27.6±9.1	21	9/12	5
Bojic A 2021 ^[34]	Austria	35/29	25.24±1.81	37.67±4.39	64	38/26	7
Schmidt M 2018 ^[35]	France	127/76	51.06±3.96	/	203	60/143	8

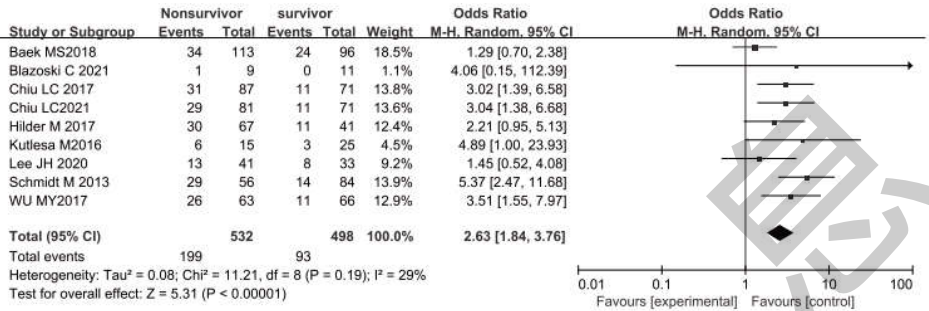


图 2 免疫功能不全病史对 ECMO 治疗的 ARDS 患者预后影响的森林图

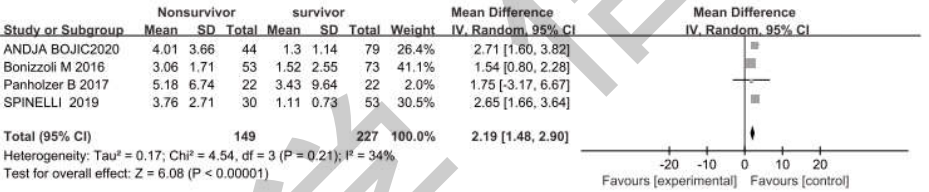


图 3 ECMO 前机械通气时间对 ECMO 治疗的 ARDS 患者预后影响的森林图

2.3.3 乳酸浓度 有 10 项研究报告了乳酸浓度, 异质性检验显示各研究间存在较大异质性 ($I^2=96\%$, $P<0.000\ 01$), 故采用随机效应模型进行 Meta 分析, 结果显示乳酸水平升高是 ARDS 患者死亡的危险因素 ($MD=0.82$, $95\% CI: 0.32\sim1.31$, $P=0.001$), 见图 4。对乳酸浓度进行亚组分析, 结果显示乳酸水平升高是 ARDS 患者死亡的危险因素与 ECMO 使用方式无明显相关性 ($MD=0.79$, $95\% CI: -0.20\sim1.79$, $P=0.12$), 见图 5。

2.3.4 危重症评分 有 6 项研究报告了 SAPS II 评分, 异质性检验显示各研究间存在较大异质性 ($I^2=70\%$, $P=0.05$), 故采用随机效应模型进行 Meta 分析, 结果显示 SAPS II 评分是患者死亡的独立危险因素 ($MD=6.36$, $95\% CI: 4.01\sim8.71$, $P<0.000\ 01$); 有 7 项研究报告了 APACHE II 评分, 异质性检验显示各研究间存在较小异质性 ($I^2=45\%$, $P=0.09$), 故采用固定效应模

型进行 Meta 分析, 结果显示 APACHE II 评分是患者死亡的独立危险因素 ($MD=2.99$, $95\% CI: 1.88\sim4.11$, $P<0.000\ 01$); 有 15 项研究报告了 SOFA 评分, 异质性检验显示各研究间存在较大异质性 ($I^2=69\%$, $P=0.0001$), 故采用随机效应模型进行 Meta 分析, 结果显示 SOFA 评分是患者死亡的独立危险因素 ($MD=1.28$, $95\% CI: 0.92\sim1.64$, $P<0.000\ 01$)。本研究进行了亚组分析, 结果显示 SAPS II 评分和 SOFA 评分危险因素与 ECMO 使用方式有一定相关性, 见表 2。

2.3.5 ECMO 上机时间 有 20 项研究报告了 ECMO 上机时间, 异质性检验显示各研究间存在较大异质性 ($I^2=91\%$, $P<0.000\ 01$), 故采用随机效应模型进行 Meta 分析, 结果显示 ECMO 上机时间与死亡密切相关, 经合并后发现 ECMO 上机时间为患者死亡的重要危险因素 ($MD=1.93$, $95\% CI: 1.31\sim2.55$, $P<0.000\ 01$), 见图 6。

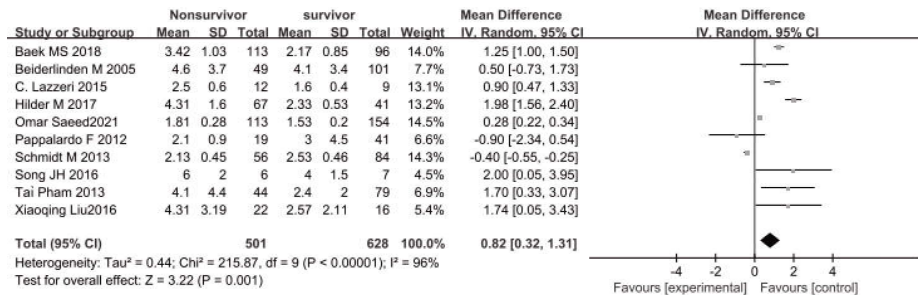


图 4 乳酸浓度对 ECMO 治疗的 ARDS 患者预后影响的森林图

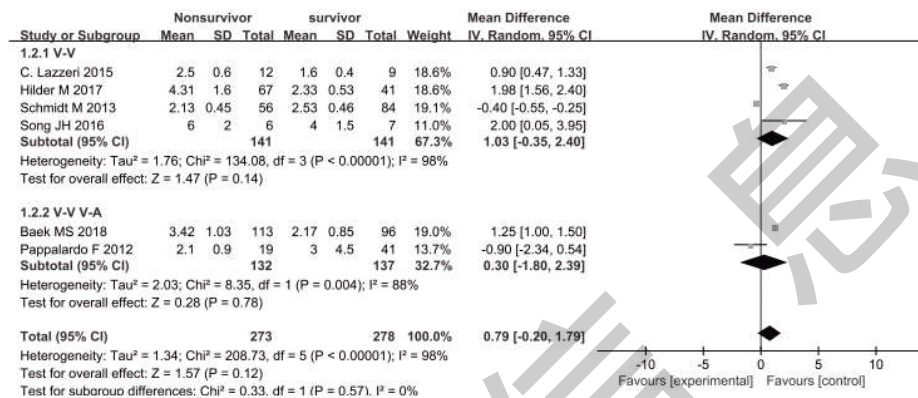


图 5 乳酸浓度对 ECMO 治疗的 ARDS 患者预后影响的亚组分析

表 2 危重症评分对 ECMO 治疗 ARDS 患者预后危险因素的 Meta 分析

危险因素		纳入文献	异质性检验		效应模型	Meta 分析结果	
			I ² (%)	P		MD/OR(95%CI)	P
SAPS II 评分		[7,12,13,18,23,36]	70	0.05	随机	6.36(4.01~8.71)	<0.000 01
APACHE II 评分		[6,8,17,20,24,25,32]	45	0.09	固定	2.99(1.88~4.11)	<0.000 01
SOFA 评分		[5,7,9,12,13,16~18,22,24,27,28,31,32,36]	69	0.0001	随机	1.28(0.92~1.64)	<0.000 01
SAPS II 评分亚组	V-V 组	[7,12,13,36]	54	0.09	随机	5.7(3.91~7.67)	<0.000 01
	V-V 联合 V-A 组	[18,23]	75	0.003	随机	16.63(9.73~23.53)	<0.000 01
SOFA 评分亚组	V-V 组	[9,12,13,22,27,31,32,36]	77	<0.0001	随机	1.1(0.52~1.68)	0.0002
	V-V 联合 V-A 组	[5,7,16~18,23,24,28]	30	0.22	固定	1.72(1.27~2.16)	<0.000 01

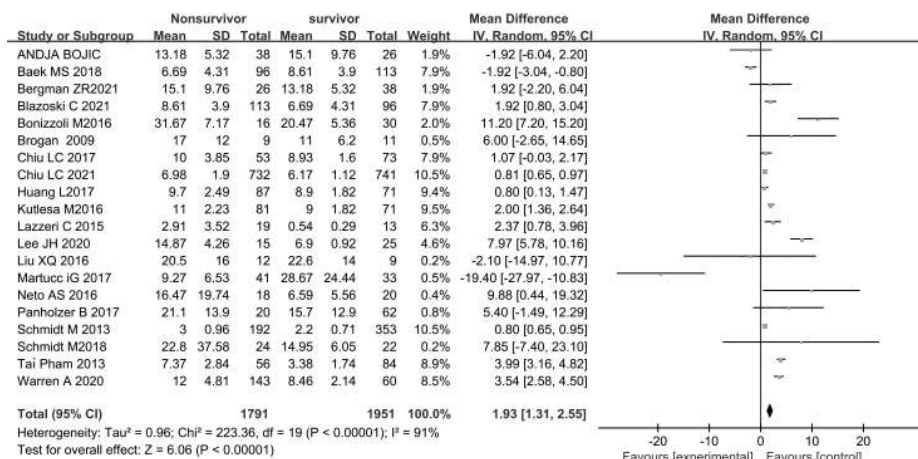


图 6 ECMO 上机时间对 ECMO 治疗的 ARDS 患者预后影响的森林图

3 讨论

尽管机械通气和 ECMO 技术不断改进,但与 ARDS 相关的死亡率仍然很高^[36]。由于应用 ECMO 有很多影响预后的因素,ECMO 技术在 ARDS 患者中的应用仍然存在争议。本研究共纳入了 31 篇有关 ECMO 治疗 ARDS 的完整文献,经 Meta 分析后发现免疫功能不全、ECMO 前较长的机械通气时间、较高的乳酸浓度、较高的危重症评分(SAPS II 评分、APACHE II 评分、SOFA 评分)和较长的 ECMO 上机时间与患者死亡密切相关。ARDS 患者预后与免疫功能状态相关,提示在治疗过程中早期识别免疫低下的患者并进行免疫调节治疗至关重要。由于 ECMO 前的疾病进展率或机械通气持续时间受多种因素的影响,很难对特定患者进行预测或控制。然而,仍有可能缩短一些候选人在 ECMO 建立前的倒数度量,因此如果阈值变得更接近,则可以缩短此持续时间^[27]。与其他研究相比,本研究报告了 ECMO 前的平均机械通气时间较长,这一结果可能是导致高死亡率的原因之一。对纳入文章的 ECMO 前的机械通气时间总平均估算(4.0±3.7)d 可能是患者死亡的危险因素。如前所述,体外反搏前的机械通气时间与死亡率有关,机械通气时间越长,死亡率越高^[36]。而机械通气是救治 ARDS 的有效方式^[37],长时间的机械通气会引起呼吸机相关肺损伤。本研究发现,存活组 ECMO 治疗前机械通气时间明显低于死亡组。

乳酸水平反映全身组织氧合灌注情况,缺氧或低灌注时,组织利用氧障碍,无氧代谢增强,从而导致乳酸升高。ARDS 患者肺部病变严重,氧合情况差,全身氧供难以维持,乳酸水平升高,在 ECMO 辅助后,如果乳酸水平仍不能得到改善或仍继续增加,提示病情危重,疾病进展难以逆转,预示着不良的结局^[4],这与 Bonizzoli M 等^[31]研究结论相似。纳入文章的乳酸平均估算浓度大于(3.5±1.8)mmol/L 可能是患者死亡的危险因素。本研究证明 ECMO 后乳酸水平是患者 ECMO 撤离失败的独立危险因素。

重症评分已被广泛用于追踪与危重患者预后密切相关的器官功能障碍的变化。有研究表明^[7],SOFA 评分大于 10 分可能是患者死亡的危险因素。本研究结果表明,器官功能障碍的数量或严重程度的增加也代表了与应用 ECMO 治疗 ARDS 患者的死亡率更密切相关的因素。生理参数的演变有助于确定患者的病程。研究表明^[7],不可逆的疾病可能可以通

过在体外反搏中未能改善生理状况来识别。同时,Enger TB 等^[38]的研究指出 ECMO 中心外早期行危重症评分的增加与死亡率的增加相关,可用于预测 ECMO 患者的出院存活率,这已成为接受 ECMO 治疗的 ARDS 患者死亡率的公认预测因子^[39]。对纳入文章的 ECMO 上机时间总平均估算时间大于(13.01±8.15)d 可能是患者死亡的危险因素。使用 ECMO 的时长与患者死亡有明显关联,患者使用时间越久死亡风险越高。然而,还需要进一步的评价来支持这一结论。

本研究有一定的局限性:①ARDS 患者是否使用 ECMO 以及使用的时机是根据医生的临床经验或其他经济社会因素所决定,而非随机分组,可能影响结果的真实有效性;②纳入分析的个别研究样本量较少,可能存在混杂因素的影响。因此本研究得出的结论仍需大型、多中心的随机对照试验进行验证。

综上所述,免疫功能不全、ECMO 前较长的机械通气时间、较高的乳酸浓度、较高的危重症评分 SAPS II 评分、APACHE II 评分、SOFA 评分和较长的 ECMO 上机时间是患者预后的危险因素,尽管本研究具有一定的局限性,但是可以提出潜在的研究方向。

参考文献:

- [1]Park PK,Napolitano LM,Bartlett RH.Extracorporeal membrane oxygenation in adult acute respiratory distress syndrome[J].Crit Care Clin,2011,27(3):627-646.
- [2]Rosenberg AA,Haft JW,Bartlett R,et al.Prolonged duration ECMO for ARDS: futility, native lung recovery, or transplantation?[J].ASAIO J,2013,59(6):642-650.
- [3]Wang J,Wang Y,Wang T,et al.Is Extracorporeal Membrane Oxygenation the Standard Care for Acute Respiratory Distress Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis [J].Heart Lung Circ,2021,30(5):631-641.
- [4]王立强,程周,廖小卒,等.体外膜氧合治疗成人急性呼吸窘迫综合征影响因素分析[J].中国体外循环杂志,2020,18(2):87-91.
- [5]Bergman ZR,Wothe JK,Alwan FS,et al.Risk Factors of Mortality for Patients Receiving Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation for COVID-19 Acute Respiratory Distress Syndrome[J].Surg Infect (Larchmt),2021,22(10):1086-1092.
- [6]Kutleša M,Novokmet A,Josipovic Mraovic R,et al.Venovenous extracorporeal membrane oxygenation for ARDS:outcome analysis of a Croatian referral center for respiratory ECMO [J].Wien Klin Wochenschr,2017,129(13-14):497-502.

- [7]Spinelli E,Mauri T,Carlesso E,et al.Time-Course of Physiologic Variables During Extracorporeal Membrane Oxygenation and Outcome of Severe Acute Respiratory Distress Syndrome[J].ASAIO J,2020,66(6):663-670.
- [8]Huang L,Li T,Xu L,et al.Extracorporeal Membrane Oxygenation Outcomes in Acute Respiratory Distress Treatment: Case Study in a Chinese Referral Center [J].Med Sci Monit, 2017,23:741-750.
- [9]Panhöfer B,Meckelburg K,Huenges K,et al.Extracorporeal membrane oxygenation for acute respiratory distress syndrome in adults: an analysis of differences between survivors and non-survivors[J].Perfusion,2017,32(6):495-500.
- [10]Chiu LC,Lin SW,Chuang LP,et al.Mechanical power during extracorporeal membrane oxygenation and hospital mortality in patients with acute respiratory distress syndrome [J].Crit Care, 2021,25(1):13.
- [11]Stöhr F,Emmert MY,Lachat ML,et al.Extracorporeal membrane oxygenation for acute respiratory distress syndrome: is the configuration mode an important predictor for the outcome?[J].Interact Cardiovasc Thorac Surg,2011,12(5):676-680.
- [12]Martucci G,Panarello G,Occhipinti G,et al.Anticoagulation and Transfusions Management in Veno-Venous Extracorporeal Membrane Oxygenation for Acute Respiratory Distress Syndrome: Assessment of Factors Associated With Transfusion Requirements and Mortality [J].J Intensive Care Med,2019,34(8): 630-639.
- [13]Hilder M,Herbstreit F,Adamzik M,et al.Comparison of mortality prediction models in acute respiratory distress syndrome undergoing extracorporeal membrane oxygenation and development of a novel prediction score: the PREdiction of Survival on ECMO Therapy-Score (PRESET-Score) [J].Crit Care,2017,21(1):301.
- [14]Blazoski C,Baram M,Hirose H.Outcomes of extracorporeal membrane oxygenation in acute respiratory distress syndrome due to COVID-19:The lessons learned from the first wave of COVID-19[J].J Card Surg,2021,36(7):2219-2224.
- [15]Schmidt M,Zogheib E,Rozé H,et al.The PRESERVE mortality risk score and analysis of long-term outcomes after extracorporeal membrane oxygenation for severe acute respiratory distress syndrome[J].Intensive Care Med,2013,39(10):1704-1713.
- [16]Serpa Neto A,Schmidt M,Azevedo LC,et al.Associations between ventilator settings during extracorporeal membrane oxygenation for refractory hypoxemia and outcome in patients with acute respiratory distress syndrome: a pooled individual patient data analysis: Mechanical ventilation during ECMO [J].Intensive Care Med,2016,42(11):1672-1684.
- [17]Baek MS,Chung CR,Kim HJ,et al.Age is major factor for predicting survival in patients with acute respiratory failure on extracorporeal membrane oxygenation: a Korean multicenter study[J].J Thorac Dis,2018,10(3):1406-1417.
- [18]Tanaka S,De Tymowski C,Zappella N,et al.Lipoprotein concentration in patients requiring extracorporeal membrane oxygenation[J].Sci Rep,2021,11(1):17225.
- [19]Saeed O,Tatooles AJ,Farooq M,et al.Characteristics and outcomes of patients with COVID-19 supported by extracorporeal membrane oxygenation: A retrospective multicenter study [J].J Thorac Cardiovasc Surg,2022,163(6):2107-2116.e6.
- [20]Liu X,Xu Y,Zhang R,et al.Survival Predictors for Severe ARDS Patients Treated with Extracorporeal Membrane Oxygenation: A Retrospective Study in China[J].PLoS One,2016,11(6):e0158061.
- [21]Pham T,Combes A,Roze H,et al.Extracorporeal membrane oxygenation for pandemic influenza A (H₁N₁) -induced acute respiratory distress syndrome: a cohort study and propensity-matched analysis [J].Am J Respir Crit Care Med,2013,187(3): 276-285.
- [22]Pappalardo F,Pieri M,Greco T,et al.Predicting mortality risk in patients undergoing venovenous ECMO for ARDS due to influenza A (H₁N₁) pneumonia: the ECMOnet score[J].Intensive Care Med,2013,39(2):275-281.
- [23]Beiderlinden M,Eikermann M,Boes T,et al.Treatment of severe acute respiratory distress syndrome: role of extracorporeal gas exchange[J].Intensive Care Med,2006,32(10):1627-31.
- [24]Chiu LC,Hu HC,Hung CY,et al.Dynamic driving pressure associated mortality in acute respiratory distress syndrome with extracorporeal membrane oxygenation [J].Ann Intensive Care, 2017,7(1):12.
- [25]Song JH,Woo WK,Song SH,et al.Outcome of veno-venous extracorporeal membrane oxygenation use in acute respiratory distress syndrome after cardiac surgery with cardiopulmonary bypass[J].J Thorac Dis,2016,8(7):1804-1813.
- [26]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.
- [27]Wu MY,Huang CC,Wu TI,et al.Is There a Preinterventional Mechanical Ventilation Time Limit for Candidates of Adult Respiratory Extracorporeal Membrane Oxygenation [J].ASAIO J,2017,63(5):650-658.
- [28]Chiu LC,Chuang LP,Lin SW,et al.Comparisons of Outcomes between Patients with Direct and Indirect Acute Respiratory Distress Syndrome Receiving Extracorporeal Membrane Oxygenation[J].Membranes (Basel),2021,11(8):644.
- [29]Lee JH,Won JY,Kim JE,et al.Association between Cumulative Fluid Balance and Outcomes in Acute Respiratory Distress Syndrome Patients Treated with Extracorporeal Membrane

Oxygenation[J].J Chest Surg,2021,54(1):36-44.

[30]Warren A,Chiu YD,Villar SS,et al.Outcomes of the NHS England National Extracorporeal Membrane Oxygenation Service for adults with respiratory failure: a multicentre observational cohort study[J].Br J Anaesth,2020,125(3):259-266.

[31]Bonizzoli M,Lazzeri C,Cianchi G,et al.Serial Lactate Measurements as a Prognostic Tool in Venovenous Extracorporeal Membrane Oxygenation Support [J].Ann Thorac Surg,2017,103(3):812-818.

[32]Liu SQ,Huang YZ,Pan C,et al.Venovenous extra-corporeal membrane oxygenation for severe acute respiratory distress syndrome: a matched cohort study [J].Chin Med J (Engl),2019,132(18):2192-2198.

[33]Lazzeri C,Cianchi G,Bonizzoli M,et al.Pulmonary vascular dysfunction in refractory acute respiratory distress syndrome before veno-venous extracorporeal membrane oxygenation[J].Acta Anaesthesiol Scand,2016,60(4):485-491.

[34]Bojic A,Schellongowski P,Robak O,et al.Long-term Respiratory Extracorporeal Membrane Oxygenation and Prognosis: A Retrospective Analysis[J].ASAIO J,2021,67(3):345-352.

[35]Schmidt M,Schellongowski P,Patroniti N,et al.Six-Month Outcome of Immunocompromised Patients with Severe Acute

Respiratory Distress Syndrome Rescued by Extracorporeal Membrane Oxygenation. An International Multicenter Retrospective Study [J].Am J Respir Crit Care Med,2018,197(10):1297-1307.

[36]Muller G,Flecher E,Lebreton G,et al.The ENCOURAGE mortality risk score and analysis of long-term outcomes after VA-ECMO for acute myocardial infarction with cardiogenic shock[J].Intensive Care Med,2016,42(3):370-378.

[37]Brower RG,Matthay MA,Morris A,et al.Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome [J].N Engl J Med,2000,342(18):1301-1308.

[38]Enger TB,Philipp A,Lubnow M,et al.Long-Term Survival in Adult Patients With Severe Acute Lung Failure Receiving Veno-Venous Extracorporeal Membrane Oxygenation [J].Crit Care Med,2017,45(10):1718-1725.

[39]Choi MJ,Ha SO,Kim HS,et al.The Simplified Acute Physiology Score II as a Predictor of Mortality in Patients Who Underwent Extracorporeal Membrane Oxygenation for Septic Shock[J].Ann Thorac Surg,2017,103(4):1246-1253.

收稿日期:2023-01-31;修回日期:2023-02-27

编辑/王萌