

氧合指数及弥散指数与重度急性呼吸窘迫综合征患者呼气末正压治疗后肺可复张性和预后的关系研究

刘翠华¹ 向海²

[摘要] 目的:探讨氧合指数(OI)及弥散指数与重度急性呼吸窘迫综合征(ARDS)患者呼气末正压治疗后肺可复张性和预后的关系。方法:回顾性选择 2020 年 1 月—2021 年 12 月期间我院收治的 120 例重症 ARDS 患者,所有患者均接受呼气末正压模式机械通气治疗,复张与充气比(R/I)评估肺复张潜力,并根据 R/I 比值将患者分为高可复张性组($R/I \geq 0.5$, 41 例)和低可复张性组($R/I < 0.5$, 79 例),根据住院 28 d 临床结果分为生存组(36 例)和死亡组(84 例)。多因素 logistic 回归分析影响重度 ARDS 患者临床结果的因素,受试者工作特征曲线(ROC)分析 OI 及弥散指数预测重度 ARDS 患者预后的价值。结果:高可复张性组 OI、弥散指数高于低可复张性组($P < 0.01$),OI 及弥散指数与 R/I 比值均呈正相关($r = 0.325, 0.532, P < 0.01$)。脏器衰竭个数 ≥ 2 个是重度 ARDS 患者住院 28 d 死亡的危险因素($P < 0.05$),OI、弥散指数、R/I 比值是保护因素($P < 0.05$)。弥散指数预测重度 ARDS 患者预后住院 28 d 死亡的曲线下面积为 0.818,大于 OI 的 0.679($Z = 2.639, P < 0.05$)。结论:重度 ARDS 患者 OI 和弥散指数偏低与肺可复张性低以及住院 28 d 死亡有关,相对于 OI,弥散指数可为预后评估提供更准确信息。

[关键词] 急性呼吸窘迫综合征;肺复张;氧合指数;弥散指数

DOI:10.13201/j.issn.1009-5918.2022.06.005

[中图分类号] R563 **[文献标志码]** A

Study on the relationship between oxygenation index and diffusion index and pulmonary restability and prognosis after positive end-expiratory pressure therapy in patients with severe acute respiratory distress syndrome

LIU Cuihua¹ XIANG Hai²

(¹Department of Emergency, Mianyang Hospital Affiliated to School of Medicine, University of Electronic Science and Technology of China Mianyang Central Hospital, Mianyang, Sichuan, 621000, China;²Department of Respiratory and Critical Care, Mianyang Hospital Affiliated to School of Medicine, University of Electronic Science and Technology of China Mianyang Central Hospital)

Corresponding author: XIANG Hai, E-mail: 180329860@qq.com

Abstract Objective: To investigate the relationship between oxygenation index(OI) and diffusion index and lung restability and prognosis in patients with severe acute respiratory distress syndrome(ARDS) after positive end-expiratory pressure therapy. **Methods:** A total of 120 patients with severe ARDS admitted to our hospital from January 2020 to December 2021 were retrospectively selected. All patients received mechanical ventilation in positive end-expiratory pressure mode. The lung revascularization potential was assessed by R/I ratio, and patients were divided into the high extensibility group ($R/I \geq 0.5$, 41 cases) and the low extensibility group ($R/I < 0.5$, 79 cases) according to the R/I ratio, and the survival group (36 cases) and the death group(84 cases) according to the clinical results of 28 days in hospital. Multivariate logistic regression analyzed the factors affecting the clinical outcome of patients with severe ARDS, receiver operating characteristic curve(ROC) analyzed OI and dispersion index for predicting the prognosis of patients with severe ARDS. **Results:** OI and diffusion index in the high extensibility group were higher than those in the low extensibility group($P < 0.01$), OI and diffusion index were positively correlated with R/I ratio($r = 0.325, 0.532, P < 0.01$). The number of organ failure ≥ 2 was a risk factor for death of severe ARDS patients after 28 days in hospital($P < 0.05$), while OI, dispersion index and R/I ratio were protective factors($P < 0.05$). The area under the curve that dispersion index predicted the progno-

¹电子科技大学医学院附属绵阳医院 绵阳市中心医院急诊科(四川绵阳,621000)

²电子科技大学医学院附属绵阳医院 绵阳市中心医院呼吸与危重症科

通信作者:向海,E-mail:180329860@qq.com

引用本文:刘翠华,向海.氧合指数及弥散指数与重度急性呼吸窘迫综合征患者呼气末正压治疗后肺可复张性和预后的关系研究[J].临床急诊杂志,2022,23(6):395-399. DOI:10.13201/j.issn.1009-5918.2022.06.005.

sis of severe ARDS patients and death on 28 days in hospital was 0.818, which was larger than 0.679 of OI ($z = 2.639, P < 0.05$). **Conclusion:** Lower OI and diffusion index in patients with severe ARDS are associated with lower lung extensibility and death after 28 days in hospital. Compared with OI, diffusion index can provide more accurate information for prognosis assessment.

Key words acute respiratory distress syndrome; recruitment maneuvers; oxygenation index; dispersion index

急性呼吸窘迫综合征 (acute respiratory distress syndrome, ARDS) 是由非心源性肺水肿引起的急性呼吸衰竭, 发病机制为炎症反应失调诱导肺内血管内皮结构弥漫性损伤, 毛细血管通透性增加, 继而导致肺部渗出性改变, 逐渐发展为肺水肿和肺不张^[1]。肺不张是 ARDS 常见并发症, 由弥漫性肺泡水肿、出血和透明膜形成等造成参与有效通气的肺泡量减少导致, 重度 ARDS 患者肺泡仅有 20%~30% 参与通气^[2], 肺不张的有效管理是改善 ARDS 患者预后的重要因素。呼气末正压 (PEEP) 模式机械通气可增加肺容量, 减少肺泡无效腔和肺内分流, 提高肺顺应性, 促使肺复张^[3]。但是患者对 PEEP 的反应性差异较大, 过高给予 PEEP 可导致平台压增高, 氧合和肺复张改善效果有限^[4], 肺可复张性评估对指导临床治疗, 改进治疗措施, 改善患者预后十分重要。氧合指数 (oxygenation index, OI) 是评估诊断和评估 ARDS 病情的重要指标, OI 指数增高可反映低氧血症改善情况, 但是单独应用 OI 难以区别病情严重程度, 往往需要结合肺部 CT 才能判断^[5]。肺弥散功能是决定肺气体交换功能的重要因素, 指肺泡内气体和肺泡毛细血管内血液通过肺泡-毛细血管屏障进行气体交换的能力, 肺水肿可引起肺气体交换受损, 弥散面积减少和弥散功能减退^[6], 滕丽华^[7] 提出弥散指数概念, 将其用于 ARDS 预后评估, 发现其比 OI 具有更高的可信度。OI、弥散指数是否与肺可复张性有关, 能否预测 ARDS 患者治疗反应和预后值得探讨。

1 资料与方法

1.1 临床资料

回顾性选择 2020 年 1 月—2021 年 12 月期间我院收治的 120 例重症 ARDS 患者, 男 71 例, 女 49 例; 年龄 42~63 岁, 平均 (52.01 ± 7.43) 岁; ARDS 病因: 脓毒症 35 例, 重症肺炎 41 例, 肺挫伤 21 例, 休克 13 例, 其他 10 例。

纳入标准: ①持续低氧血症, 胸部影像学提示双侧肺部浸润, 排除心源性引起的肺水肿^[8]; ② OI: 动脉氧分压 (PaO₂) / 吸入氧体积分数 (FiO₂) < 100 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa)^[8]; ③年龄 18 周岁以上。排除标准: ①合并严重心力衰竭、纵隔肿瘤者; ②使用无创机械通气治疗者; ③完全气道关闭; ④肺叶切除、气胸、脊柱侧弯、肺间质纤维化、结节病、石棉肺硬皮病、严重贫血、肺动脉压增高。

1.2 方法

1.2.1 临床治疗 所有患者均丙泊酚持续镇静, 气管插管机械通气, SV300 型呼吸机 (深圳迈瑞), 通气模式 PEEP 联合压力控制通气或压力支持通气, 采用 PEEP 递增法, 限制气道压力峰值控制于 40~45 cmH₂O (1 cmH₂O = 0.098 kPa) 时缓慢增加 PEEP, 每次递增 5 cmH₂O, 当增至 25 cmH₂O 后逐步降低, 每次递减 5 cmH₂O, 当获得最佳顺应性和氧合时即最佳 PEEP 值, 停止调节 PEEP, 同时相应的参数调回治疗前水平, 根据氧合来调节 FiO₂。治疗期间配合俯卧位通气, 保证完全俯卧位通气至少 16 h, 当 OI ≥ 200 mmHg, FiO₂ < 0.6, PEEP < 5 cmH₂O 停止俯卧位通气治疗。

1.2.2 OI 和弥散指数 记录计算入住 ICU 当日 PEEP、吸入氧体积分数 (FiO₂)、动脉氧分压 (PaO₂), 选取最差指标记录, 计算氧合指数 (PaO₂ / FiO₂) 和弥散指数 [弥散指数 = 1 000 × PaO₂ / (FiO₂ × PEEP) (PEEP > 0)]。PaO₂ 检测方法含肝素注射器采集桡动脉或股动脉血 1 mL 左右, 混匀, 采用雷度米特 ABL90 FLEX 血气分析仪检测, FiO₂、PEEP 根据呼吸机设置记录。

1.2.2 肺可复张性评估 通过复张与充气比 (Recruitment-to-Inflation Ratio, R/I) 评估肺部对压力的反应, 即肺复张潜力, R/I 计算公式: $\frac{V_{Te, H \rightarrow L} - V_{Te, H}}{V_{Ti}} \times \frac{P_{plat, L} - PEEP_L}{PEEP_H - PEEP_L} - 1$, 其中 V_{Te, H→L} 表示单呼吸操作时由高至低 (从 15 到 5 cmH₂O) PEEP 呼出的潮气量 (VT), V_{Te, H} 表示高 PEEP 呼出的 VT, V_{Ti} 表示预吸气 VT, P_{plat, L} 表示低 PEEP 平台压, PEEP_H 和 PEEP_L 分别为高、低 PEEP 值^[9]。根据 R/I 比值将患者分为高可复张性组 (R/I ≥ 0.5, 41 例), 低可复张性组 (R/I < 0.5, 79 例), R/I 比值取值范围为 0~2.0, 比值越高表示肺复张潜力越大。

1.3 观察指标

收集患者住院 28 d 临床结果, 分为生存组 (36 例), 死亡组 (84 例)。收集患者年龄、性别、基础病史、ARDS 病因、入住 ICU 24 h 内 APACHE II 评分^[10]、SOFA 评分^[11]、OI、弥散指数、R/I、机械通气时间、脏器衰竭数量等。

1.4 统计学方法

SPSS 25.00 进行数据分析, 计量资料符合正态分布 (Kolmogorov-Smirnov 法) 以 $\bar{X} \pm S$ 表示,

采用独立样本 t 检验。以率(%)表示计数资料采用 χ^2 检验。 $Pearson$ 分析 OI 及弥散指数与 R/I 比值之间相关性,多因素 logistic 回归分析影响重度 ARDS 患者住院 28 d 临床结果的因素。受试者工作特征曲线(ROC)分析 OI 及弥散指数预测重度 ARDS 患者住院 28 d 临床结果的价值。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 2 组 OI 及弥散指数比较

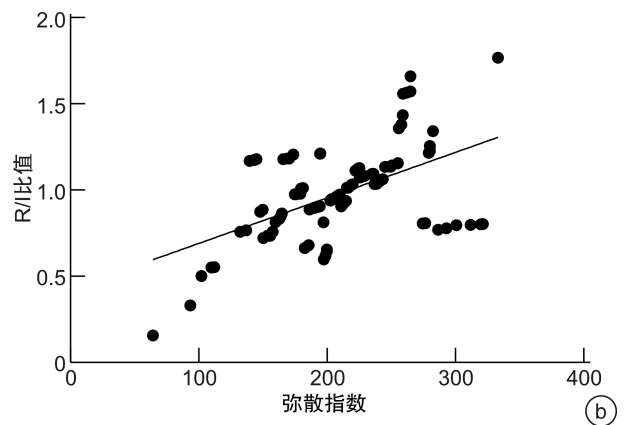
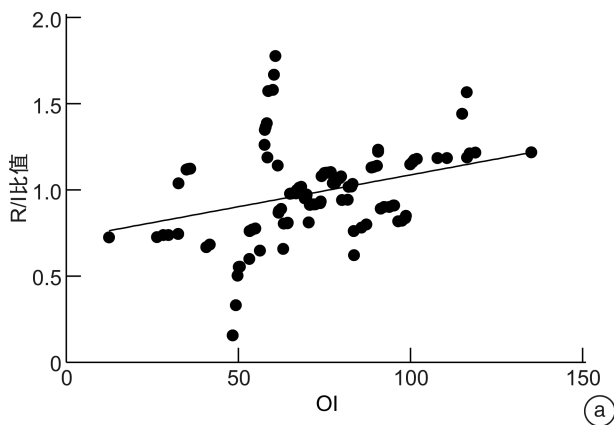
高可复张性组 OI、弥散指数高于低可复张性组($P<0.01$),见表 1。

表 1 高可复张性组和低可复张性组 OI 及弥散指数差异

组别	例数	$\bar{X} \pm S$	
		OI	弥散指数
高可复张性组	41	82.35±13.06	246.35±35.09
低可复张性组	79	71.25±10.41	198.12±23.45
t		5.069	8.967
P		<0.01	<0.01

2.2 OI 及弥散指数与 R/I 比值的相关性分析

OI 及弥散指数与 R/I 比值均呈正相关($r=0.325、0.532, P<0.01$),见图 1。



a: OI 与 R/I 比值; b: 弥散指数与 R/I 比值。

图 1 OI 及弥散指数与 R/I 比值的散点图

2.3 影响重度 ARDS 患者预后的因素分析

死亡组年龄、脏器衰竭个数 ≥ 2 个、合并休克比例, APACHE II 评分、SOFA 评分高于生存组(P 均 <0.05),机械通气时间、ICU 住院时间长于生存组(P 均 <0.05), OI、弥散指数、R/I 比值低于生存组(P 均 <0.05)。见表 2。以重度 ARDS 患者住院 28 d 生存情况为因变量(赋值:0=否,1=是),将单因素分析中具有统计学差异项目为自变量,合并休克(赋值:0=否,1=是)、脏器衰竭个数(赋值:0= <2 个,1= ≥ 2 个)赋值,连续性变量直接代入方程,向后逐步法排除无关变量,最终脏器衰竭个数 ≥ 2 个是重度 ARDS 患者住院 28 d 死亡的危险因素($P<0.01$), OI、弥散指数、R/I 比值是保护因素($P<0.01$),见表 3。

2.4 OI 及弥散指数预测重度 ARDS 患者预后的价值分析

弥散指数预测重度 ARDS 患者预后住院 28 d 死亡的曲线下面积大于 OI($z=2.639, P<0.05$),见表 4 和图 2。

3 讨论

ARDS 是一种异质性疾病,以急性肺损伤伴非静水性血管外肺水增加、顺应性降低和严重低氧血

症为特征,机械通气治疗是 ARDS 最重要的治疗手段,由于 ARDS 期间肺间质水肿、肺泡表面张力增高,采用常规或大潮气量通气模式可能导致肺泡过度膨胀甚至破裂,

保护性肺通气策略(小潮气量)可防止气道内压骤然升高,肺泡过度膨胀,但是该方法不利于塌陷的肺泡复张。PEEP 是保护性肺通气策略的重要组成部分,可促使塌陷的肺泡重新复张并防止再次塌陷,增加功能残气量,改善通气与血流比例,改善氧合,降低肺损伤^[12]。

不同患者对 PEEP 反应性差异较大,目前对于 PEEP 应用范围没有严格的定义,缺乏统一的标准,临床多采用阶梯增量模式,根据患者耐受情况逐步增加 PEEP,同时保持恒定的驱动压力(平台压-PEEP),然后逐步降低 PEEP,当获得最佳顺应性和氧合时即最佳 PEEP 值。ARDS 患者对 PEEP 通气模式的反应性取决于肺可复张性,若 PEEP 应用不当,在肺可复张性较低情况下,给予较高的 PEEP 改善氧合的效果并不显著,反而增加肺泡过度扩张、肺内分流增加、无效腔增加和肺血管阻力增加等潜在风险,而在高可复张性情况下,给予较高的 PEEP 可增加参与肺通气面积,减少肺

泡张力和气道损伤。Chen 等^[9]提出采用 R/I 比值评估肺对压力的反应来评价肺可复张潜力, Pan 等^[4]指出 R/I 比值 < 0.5 即肺复张能力差的患者 PEEP 值应选择在 5~10 cmH₂O, 而 R/I 比值 ≥ 0.5 的患者肺可复张性高, 可在能忍受的平台压范围内选择更高的 PEEP。

本研究发现 OI 和弥散指数与重度 ARDS 患者肺可复张性有关, 表现为高可复张性组 OI、弥散指数高于低可复张性组, OI 及弥散指数与 R/I 比值均呈正相关, 弥散指数与 R/I 比值相关性较 OI 更强, 表明 OI 及弥散指数均可反映重度 ARDS 患者肺部对压力的反应, OI 及弥散指数越高可能对压力的反应性越好, 肺可复张性越高, 弥散指数与肺可复张性关系更为密切。OI 是最常用的评估急性低氧性呼吸衰竭预后的工具, 但是不能反映机械通气设置、肺顺应性变化和肺分流, 亦无法评估肺

弥散功能。滕丽华^[7]提出的弥散指数根据公式 $1000 \times PaO_2 / (FiO_2 \times PEEP)$ 计算, PEEP 可提高肺泡动脉氧分压差, 增加弥散膜面积, 维持基本的氧合状态, 因此引入 PEEP 可弥补 OI 指数的不足。2012 年 ARDS 柏林标准中建议将 PEEP 纳入氧合指数校准条件^[8], 在临床治疗中, 选择最佳的 PEEP 往往成为临床医师考虑的核心参数。利用弥散指数作为病情监测的指标有助于调节 FiO₂ 与 PEEP 间平衡, 避免过高的 PEEP 导致正常肺泡过度膨胀引起的肺损伤^[13], 对指导临床治疗有重要意义。R/I 比值中也纳入 PEEP, 以较高和较低 PEEP 应用时呼气末容量增加的差异来评估肺可复张性, 因此弥散指数与 R/I 之间可能存在一定相关性。R/I 临床操作复杂, 易受 PEEP 压力、体位以及体外膜氧合的影响, 而弥散指数操作相对简便, 有望成为 PEEP 治疗反应性、肺可复张性的辅助指标。

表 2 影响重度 ARDS 患者预后的单因素分析结果

组别	死亡组(84 例)	生存组(36 例)	<i>t/z/χ²</i>	<i>P</i>	例(%)
年龄/岁	53.39±3.05	48.79±2.19	8.182	<0.01	
性别					
男	51(60.71)	20(55.56)	0.278	0.598	
女	33(39.29)	16(44.44)			
基础疾病					
糖尿病	15(17.86)	5(13.89)	0.286	0.593	
高血压	11(13.10)	4(11.11)	0.091	0.763	
冠心病	6(7.14)	2(5.56)	0.102	0.749	
高脂血症	7(8.33)	4(11.11)	0.234	0.629	
ARDS 病因					
脓毒症	26(30.95)	9(25.00)			
重症肺炎	28(33.33)	13(36.11)			
肺挫伤	15(17.86)	6(16.67)	0.827	0.935	
休克	8(9.52)	5(13.89)			
其他	7(8.33)	3(8.33)			
机械通气时间/d	15.13(11,17)	12.22(8,15)	5.176	<0.01	
ICU 住院时间/d	19.24(15,25)	15.35(10,19)	6.919	<0.01	
脏器衰竭个数 ≥ 2 个	35(41.67)	7(19.44)	5.470	0.019	
合并休克	28(33.33)	5(13.89)	4.779	0.029	
APACHE II 评分/分	18.15±5.24	14.02±3.74	4.280	<0.01	
SOFA 评分/分	10.25±3.54	7.02±2.41	4.995	<0.01	
OI	68.24±8.23	90.91±6.53	14.656	<0.01	
弥散指数	189.32±10.52	273.58±6.09	44.875	<0.01	
R/I 比值	0.68±0.20	1.02±0.31	7.172	<0.01	

表 3 影响重度 ARDS 患者预后的 logistic 回归方程

因素	<i>β</i>	<i>SE</i>	Wald <i>χ²</i>	<i>OR</i> (95% <i>CI</i>)	<i>P</i>
常数项	5.223	1.083	23.259		<0.01
脏器衰竭个数 ≥ 2 个	1.229	0.295	17.356	3.418(1.917~6.093)	<0.01
OI	-0.492	0.125	15.492	0.611(0.479~0.781)	<0.01
弥散指数	-0.632	0.167	14.322	0.532(0.383~0.737)	<0.01
R/I 比值	-0.705	0.196	12.938	0.494(0.336~0.726)	<0.01

表 4 OI 及弥散指数预测重度 ARDS 患者预后的效能

因素	曲线下面积(95%CI)	P	临界值	敏感度/%	特异度/%	约登指数
OI	0.679(0.588~0.761)	<0.001	79.15	66.67	61.11	0.2779
弥散指数	0.818(0.738~0.883)	<0.001	221.35	84.52	83.33	0.6785

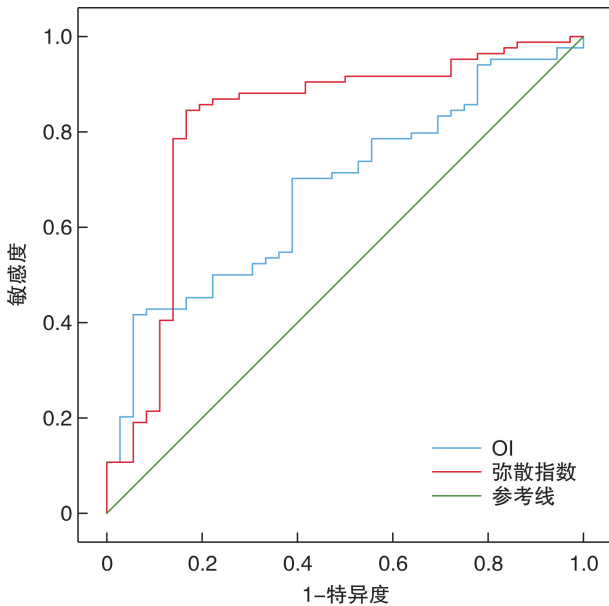


图 2 OI 及弥散指数预测重度 ARDS 患者预后的 ROC 图

本研究回归分析显示 OI 和弥散指数均与重度 ARDS 患者住院 28 d 临床结果有关, OI 和弥散指数是保护性因素, 表明在 PEEP 治疗期间保持较高的 OI 和弥散指数有助于提高患者短期生存率, 对改善患者预后有重要的意义。贾子毅等^[14]指出 OI 对 ARDS 患者 28 d 预后有良好的预测价值, 滕丽华等(2016)报道显示高弥散指数 ARDS 患者撤机成功性更高, 王俊等^[15]研究结果显示入院最差弥散指数预测 COVID-19 合并 ARDS 患者死亡的敏感度为 100.0%, 特异度为 80.8%, AUC 为 0.902, 较 OI 的可信度高。本研究 ROC 分析结果也证实弥散指数预测重度 ARDS 患者预后的曲线下面积高于 OI, 表明弥散指数与重度 ARDS 患者预后更为密切, 可为临床预后评估提供更可靠的参考。

综上所述, 重度 ARDS 低肺可复张性患者 OI 和弥散指数偏低, OI 和弥散指数与 R/I 呈正相关, 低 OI 和弥散指数是重度 ARDS 患者住院 28 d 死亡的危险因素之一, 可为预后预测提供参考。与 OI 相比, 弥散指数与肺可复张性以及预后关系更为密切。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] Huppert LA, Matthay MA, Ware LB. Pathogenesis of Acute Respiratory Distress Syndrome[J]. Semin Respir Crit Care Med, 2019, 40(1): 31-39.
[2] 何开源, 罗振吉, 王朝晖, 等. 重度急性呼吸窘迫综合征早期联合不同体位和呼气末正压模式对机械通气

评价肺可复张性的临床研究[J]. 中国医师进修杂志, 2017, 40(6): 504-508.
[3] Pereira SM, Tucci MR, Morais CCA, et al. Individual Positive End-expiratory Pressure Settings Optimize Intraoperative Mechanical Ventilation and Reduce Postoperative Atelectasis[J]. Anesthesiology, 2018, 129(6): 1070-1081.
[4] Pan C, Chen L, Lu C, et al. Lung Recruitability in COVID-19-associated Acute Respiratory Distress Syndrome: A Single-Center Observational Study[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2020, 201(10): 1294-1297.
[5] DesPrez K, McNeil JB, Wang C, et al. Oxygenation Saturation Index Predicts Clinical Outcomes in ARDS[J]. Chest, 2017, 152(6): 1151-1158.
[6] Vaz Frago CA, Cain HC, Casaburi R, et al. Spirometry, Static Lung Volumes, and Diffusing Capacity[J]. Respir Care, 2017, 62(9): 1137-1147.
[7] 滕丽华. “弥散指数”对 ARDS 预后评估的研究[D]. 北京: 北京协和医学院, 2015.
[8] ARDS Definition Task Force, Ranieri VM, Rubenfeld GD, et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition[J]. JAMA, 2012, 307(23): 2526-2533.
[9] Chen L, Del Sorbo L, Grieco DL, et al. Potential for Lung Recruitment Estimated by the Recruitment-to-Inflation Ratio in Acute Respiratory Distress Syndrome. A Clinical Trial[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2020, 201(2): 178-187.
[10] Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, et al. APACHE II: a severity of disease classification system[J]. Crit Care Med, 1985, 13(10): 818-829.
[11] Ferreira FL, Bota DP, Bross A, et al. Serial evaluation of the SOFA score to predict outcome in critically ill patients[J]. JAMA, 2001, 286(14): 1754-1758.
[12] Sahetya SK, Hager DN, Stephens RS, et al. PEEP Titration to Minimize Driving Pressure in Subjects With ARDS: A Prospective Physiological Study[J]. Respir Care, 2020, 65(5): 583-589.
[13] Banavasi H, Nguyen P, Osman H, et al. Management of ARDS-What Works and What Does Not[J]. Am J Med Sci, 2021, 362(1): 13-23.
[14] 贾子毅, 刘晓伟, 刘志. 机械通气氧合指数对 ARDS 患者预后评估的价值: 附 228 例回顾性分析[J]. 中华危重病急救医学, 2017, 29(1): 45-50.
[15] 王俊, 姜淑庆. 氧合指数及弥散指数对新型冠状病毒肺炎合并急性呼吸窘迫综合征的机械通气患者预后的评估研究[J]. 中国全科医学, 2021, 24(35): 4481-4484, 4491.

(收稿日期: 2022-03-22)