·论著·

动态测量肺不张区域容积对中-重度 ARDS 患者预后的评估作用

鹿兴[1,2]　韩宇欣[3]　高心晶[1]　王凤梅[4]　徐磊[1]

[1]天津市第三中心医院重症医学科，天津 300170；[2]天津市重症疾病体外生命支持重点实验室，天津 300170；[3]天津市第三中心医院放射科，天津 300170；[4]天津市肝胆疾病研究所，天津 300170

通信作者：徐磊，Email：nokia007008@163.com

【摘要】 目的 评估肺不张区域容积（NILT）与中-重度急性呼吸窘迫综合征（ARDS）患者预后的关系。**方法** 收集 2016 年 3 月至 2019 年 6 月天津市第三中心医院重症监护病房（ICU）收治的 131 例中-重度 ARDS 患者的临床资料。收集患者的性别、年龄、体重指数（BMI）、ARDS 原因、急性生理学与慢性健康状况评分Ⅱ（APACHEⅡ）、序贯器官衰竭评分（SOFA）和氧合指数（PaO_2/FiO_2）等基本资料；收集患者入 ICU 1 d 和 7 d 的 CT 影像学资料，根据 CT 值分为过度通气区域（−1 000～−900 HU）、正常通气区域（−899～−500 HU）、通气欠佳区域（−499～−100 HU）、肺不张区域（−99～100 HU），计算总肺容积和 NILT 占总肺容积百分比（NILT%）；同时收集患者机械通气时间、ICU 住院时间和总住院时间。根据 28 d 随访的生存情况分为存活组和死亡组，采用多因素 Logistic 回归分析来确定 ARDS 患者 28 d 死亡的危险因素；绘制受试者工作特征曲线（ROC），计算 NILT% 预测 ARDS 患者 28 d 预后的 ROC 曲线下面积（AUC）及其 95% 可信区间（95%*CI*），确定诊断的准确性，并根据 NILT 阈值对患者进行亚组分析。**结果** 131 例中-重度 ARDS 患者中，剔除诊断 ARDS 超过 48 h、非首次因 ARDS 入 ICU、ICU 住院时间＜7 d、入 ICU 72 h 内死亡、存在慢性间质性肺病或充血性心力衰竭、入 ICU 后 7 d 内未进行胸部 CT 检查、入 ICU 后 2 h 内未进行标本采集的患者，最终共 53 例患者纳入分析。53 例患者中，28 d 存活 31 例，死亡 22 例，28 d 病死率为 41.5%。与存活组比较，死亡组患者年龄更大（岁：65.32±11.29 比 55.77±14.23），SOFA 评分更高（分：11.68±3.82 比 8.39±2.23），差异均有统计学意义（均 $P<0.05$）；而两组性别、BMI、ARDS 原因、APACHEⅡ评分和 PaO_2/FiO_2 比较差异均无统计学意义。入 ICU 1 d 时两组 CT 检查获得的 CT 值、总肺容积和 NILT% 比较差异均无统计学意义；入 ICU 7 d 时死亡组 NILT% 明显高于存活组〔(28.95±8.40)% 比 (20.35±5.91)%，$P<0.01$〕，而 CT 值和总肺容积与存活组比较差异仍无统计学意义。多因素 Logistic 回归分析显示，ARDS 患者 28 d 预后与年龄、SOFA 评分和 7 d NILT% 独立相关〔年龄：优势比（*OR*）=0.892，95%*CI* 为 0.808～0.984，$P=0.023$；SOFA 评分：*OR*=0.574，95%*CI* 为 0.387～0.852，$P=0.006$；7 d NILT%：*OR*=0.841，95%*CI* 为 0.730～0.968，$P=0.016$〕。ROC 曲线分析显示，7 d NILT% 可以预测中-重度 ARDS 患者的 28 d 预后，AUC 为 0.810（95%*CI* 为 0.678～0.952，$P<0.01$）。确定 NILT% 阈值为 15.50%，敏感度为 95.5%，特异度为 80.6%，阳性预测值为 85.7%，阴性预测值为 74.6%。根据 7 d NILT% 阈值对患者进行亚组分析，将 7 d NILT%＞15.50% 定义为临床预后高风险，≤15.50% 为低风险；与低风险患者（7 例）比较，高风险患者（46 例）机械通气时间、ICU 住院时间和总住院时间均明显延长〔机械通气时间（d）：9.37±6.14 比 4.43±1.72，ICU 住院时间（d）：12.11±5.85 比 7.57±1.13，总住院时间（d）：18.39±5.87 比 11.29±2.22，均 $P<0.05$〕。**结论** 中-重度 ARDS 患者入 ICU 7 d NILT%＞15.50% 与不良预后相关。

【关键词】 急性呼吸窘迫综合征；　CT 检查；　肺不张区域容积；　像素分析；　预后

基金项目：天津市科技计划项目（18ZXDBSY00100）

临床试验注册：中国临床试验注册中心，ChiCTR1800014558

DOI：10.3760/cma.j.cn121430-20191219-00056

Dynamic measurement of volume of atelectasis area in the evaluation of the prognosis of patients with moderate-to-severe acute respiratory distress syndrome

Lu Xing[1,2], Han Yuxin[3], Gao Xinjing[1], Wang Fengmei[4], Xu Lei[1]

[1]Department of Critical Care Medicine, Tianjin Third Central Hospital, Tianjin 300170, China; [2]Key Laboratory of Extracorporeal Life Support for Critical Diseases, Tianjin 300170, China; [3]Department of Imaging, Tianjin Third Central Hospital, Tianjin 300170, China; [4]Institute of Hepatobiliary Disease, Tianjin 300170, China

Corresponding author: Xu Lei, Email: nokia007008@163.com

【Abstract】 Objective To assess the impact of not inflated lung tissue (NILT) volume on the prognosis of patients with moderate-to-severe acute respiratory distress syndrome (ARDS). **Methods** The clinical data of 131 patients with moderate-to-severe ARDS admitted to the intensive care unit (ICU) of Tianjin Third Central Hospital

from March 2016 to June 2019 were collected. The basic data of patients, including gender, age, body mass index (BMI), causes of ARDS, acute physiology and chronic health evaluation Ⅱ (APACHE Ⅱ) score, sequential organ failure assessment (SOFA) score and oxygenation index (PaO_2/FiO_2), were collected. The CT imaging data of patients on the 1st and 7th day in the ICU were collected. According to the CT value, they were divided into hyperventilated areas (−1 000 to −900 HU), normal ventilation areas (−899 to −500 HU), poorly ventilated areas (−499 to −100 HU), and atelectasis area (−99 to 100 HU). The total lung volume and the percentage of NILT to the total lung volume (NILT%) were calculate. At the same time, duration of mechanical ventilation, length of ICU stay, total length of hospital stay were collected. According to the 28-day follow-up, they were divided into survival group and death group. Multivariate Logistic regression analysis was used to determine the risk factors for 28-day death in ARDS patients. The receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn, the area under ROC curve (AUC) and 95% confidence interval (95%*CI*) were calculated to determine the accuracy of NILT% in predicting the 28-day prognosis of ARDS patients, and the NILT% threshold was used for subgroup analysis of patients. **Results** Among the 131 patients with moderate-to-severe ARDS, patients were excluded for more than 48 hours after ARDS diagnosis, repeated admission to ICU due to ARDS, the ICU duration less than 7 days, death within 72 hours of admission, chronic interstitial lung disease or congestive heart failure, no chest CT examination within 7 days of admission to ICU, and no specimen collection within 2 hours of admission to ICU. Finally, a total of 53 patients were enrolled in the analysis. Of the 53 patients, 31 patients survived and 22 patients died. The 28-day mortality was 41.5%. Compared with the survival group, patients in the death group were older (years old: 65.32±11.29 vs. 55.77±14.23), and had a higher SOFA score (11.68±3.82 vs. 8.39±2.23) with significant differences (both $P < 0.05$), while there were no significant differences in gender, BMI, ARDS cause, APACHE Ⅱ score and PaO_2/FiO_2 between the two groups. There was no significant difference in CT value, total lung volume and NILT% between the two groups at 1st day after admission to ICU; NILT% on day 7 after admission to ICU in the death group was significantly higher than that in the survival group [(28.95±8.40)% vs. (20.35±5.91)%, $P < 0.01$], but there was no significant difference in CT value and total lung volume between the two groups. Multivariate Logistic regression analysis showed that the 28-day prognosis of ARDS was related to age, SOFA score and NILT% independently [age: odds ratio (*OR*) = 0.892, 95%*CI* was 0.808–0.984, $P = 0.023$; SOFA score: *OR* = 0.574, 95%*CI* was 0.387–0.852, $P = 0.006$; NILT%: *OR* = 0.841, 95%*CI* was 0.730–0.968, $P = 0.016$]. ROC curve analysis showed that 7-day NILT% could predict the 28-day prognosis of patients with moderate-to-severe ARDS, and AUC was 0.810 (95%*CI* was 0.678–0.952, $P < 0.01$). The NILT% threshold was 15.50%, sensitivity was 95.5%, specificity was 80.6%, positive predictive value was 85.7%, and negative predictive value was 74.6%. According to the 7-day NILT% threshold, a subgroup analysis of patients was performed, and 7-day NILT% > 15.50% was defined as a high-risk clinical prognosis, and ≤ 15.50% was a low-risk. Compared with low-risk patients ($n = 7$), the duration of mechanical ventilation, the length of ICU stay and total length of hospital stay in high-risk patients ($n = 46$) were significantly prolonged [duration of mechanical ventilation (days): 9.37±6.14 vs. 4.43±1.72, length of ICU stay (days): 12.11±5.85 vs. 7.57±1.13, total length of hospital stay (days): 18.39±5.87 vs. 11.29±2.22, all $P < 0.05$]. **Conclusion** The 7-day NILT% > 15.50% of patients with moderate-to-severe ARDS after ICU admission is related to poor prognosis.

【Key words】 Acute respiratory distress syndrome; CT; Atelectasis volume; Pixel analysis; Prognosis
Fund program: Tianjin Science and Technology Planning Project of China (18ZXDBSY00100)
Trial Registration: Chinese Clinical Trial Registry, ChiCTR1800014558
DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20191219-00056

急性呼吸窘迫综合征（ARDS）是一种以严重的低氧血症和非静水压性肺水肿为特征的急性呼吸衰竭。流行病学调查证实，美国每年约有20万ARDS患者，病死率较高，并带来了严重的医疗负担[1]。虽然ARDS的治疗方法已经取得了很大的进步（肺保护性机械通气策略[2-4]和液体平衡疗法[5]），但ARDS的发病率和病死率仍然居高不下[6]。

目前评估ARDS患者预后的指标包括氧合指数（PaO_2/FiO_2）、肺死腔分数（Vd/Vt）、急性生理学与慢性健康状况评分（APACHE）及序贯器官衰竭评分（SOFA）等。但有研究显示，PaO_2/FiO_2与ARDS预后的相关性较差[7-9]。Vd/Vt增加已被证明是ARDS患者死亡的有力预测指标[10]；但Vd/Vt一直受混合呼气末二氧化碳测量的限制，将其作为预测ARDS患者预后的指标仍需在更大的人群中进一步验证。传统疾病严重程度模型（APACHE评分）被认为可以预测ARDS预后[11-13]；但目前支持这些传统疾病严重程度模型的文献都是从单一的ARDS协作网（ARDSNet）人群中收集的数据，在其他人群中并没有得到确认。精准量化评估ARDS预后，可以帮助临床医生识别高风险人群并对患者进行危险分层。CT检查可精确量化肺CT值、总肺容积及肺不张区域容积（NILT）等指标，可用于评估ARDS预后。但目前鲜见评估NILT与中-重度ARDS患者预后关系的研究。本研究旨在使用像素分析精确量化NILT，分析NILT占总肺容积百分比（NILT%）与中-重度ARDS患者预后的关系，并确定NILT%的阈值，帮助临床医生识别高风险人群并对患者进行危险分层。

1　资料与方法

1.1　研究人群：收集 2016 年 3 月至 2019 年 6 月在天津市第三中心医院重症监护病房（ICU）就诊的 131 例中-重度 ARDS 患者的临床资料。

1.1.1　纳入标准：符合 2012 年 ARDS 柏林定义中的中-重度 ARDS 诊断标准[14]。

1.1.2　排除标准：① 诊断 ARDS 超过 48 h；② 非首次因 ARDS 入 ICU；③ ICU 住院时间＜7 d；④ 入 ICU 72 h 内死亡；⑤ 存在慢性间质性肺病或被诊断为充血性心力衰竭；⑥ 入 ICU 后 7 d 内未进行胸部 CT 检查；⑦ 入 ICU 后 2 h 内未进行标本采集。满足上述 1 项或多项条件的患者均被排除在本次研究之外。

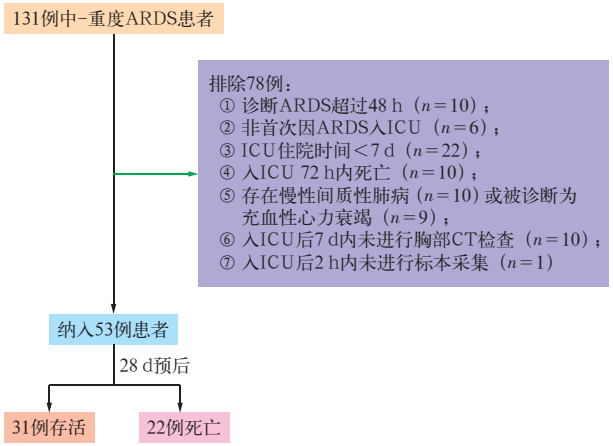
1.2　伦理学：本研究符合医学伦理学标准，并得到天津市第三中心医院伦理委员会的批准（审批号：20191225），所有治疗和检测均获得过患者或家属的知情同意。

1.3　数据收集：① 基本资料：性别、年龄、体重指数（BMI）、ARDS 原因（肺源性、肺外源性）、APACHE Ⅱ 评分、SOFA 评分和 PaO_2/FiO_2。② CT 检查结果：入 ICU 1 d 及 7 d 全肺螺旋 CT 扫描图像，根据 CT 值分为过度通气区域（−1 000 ~ −900 HU）、正常通气区域（−899 ~ −500 HU）、通气欠佳区域（−499 ~ −100 HU）和肺不张区域（−99 ~ 100 HU）。由 2 名具有 10 余年经验且不知晓患者临床结局的影像学技师分析图像，计算总肺容积及 NILT%。③ 预后指标：机械通气时间、ICU 住院时间和总住院时间。根据 28 d 生存状况分为存活组和死亡组。

1.4　统计学分析：使用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析。连续变量均符合正态分布，以均数 ± 标准差（$\bar{x}\pm s$）表示；分类变量用例数表示。连续变量组间比较使用 t 检验，分类变量组间比较使用 χ^2 检验。采用多因素 Logistic 回归分析来确定 ARDS 患者 28 d 死亡的危险因素；绘制受试者工作特征曲线（ROC），并计算 ROC 曲线下面积（AUC）及其 95% 可信区间（95%*CI*），确定预测的准确性。P＜0.05 被认为差异具有统计学意义。

2　结　果

2.1　基本特征：131 例中-重度 ARDS 患者中有 53 例纳入最终分析，其中 28 d 存活 31 例，死亡 22 例，28 d 病死率为 41.5%（图 1）。表 1 显示，与存活组比较，死亡组患者年龄更大，SOFA 评分更高，差异均有统计学意义（均 P＜0.05）；而两组性别、BMI、ARDS 原因、APACHE Ⅱ 评分和 PaO_2/FiO_2 比较差异均无统计学意义（均 P＞0.05）。



注：ARDS 为急性呼吸窘迫综合征，ICU 为重症监护病房

图 1　动态测量肺不张区域容积对中-重度 ARDS 患者预后的评估作用研究对象筛选流程

2.2　CT 检查结果（表 2）：两组患者入 ICU 1 d 时肺 CT 值、总肺容积和 NILT% 比较差异均无统计学意义（均 P＞0.05）。入 ICU 7 d 时死亡组患者 NILT% 明显高于存活组，差异有统计学意义（P＜0.01）；而两组肺 CT 值和总肺容积比较差异仍无统计学意义（均 P＞0.05）。

2.3　ARDS 患者 28 d 死亡危险因素分析（表 3）：将单因素分析中差异具有统计学意义的指标均纳入多因素 Logistic 回归分析，结果显示，ARDS 患者 28 d 预后与年龄、SOFA 评分和 7 d NILT% 均独立相关（均 P＜0.05）。

表 1　不同 28 d 预后两组中-重度 ARDS 患者基本资料比较

组别	例数（例）	性别〔例（%）〕		年龄（岁，$\bar{x}\pm s$）	BMI（kg/m^2，$\bar{x}\pm s$）	ARDS 原因〔例（%）〕		APACHE Ⅱ 评分（分，$\bar{x}\pm s$）	SOFA 评分（分，$\bar{x}\pm s$）	PaO_2/FiO_2（mmHg，$\bar{x}\pm s$）
		男性	女性			肺源性	肺外源性			
存活组	31	24（77.42）	7（22.58）	55.77±14.23	23.86±2.68	27（87.10）	4（12.90）	25.55±4.57	8.39±2.23	99.00±36.70
死亡组	22	17（77.27）	5（22.73）	65.32±11.29	23.61±2.39	20（90.91）	2（ 9.09）	26.05±5.73	11.68±3.82	93.86±28.57
χ^2/t 值		0.001		2.614	0.367	0.186		0.351	3.952	0.548
P 值		0.990		0.012	0.731	0.666		0.727	0.001	0.586

注：ARDS 为急性呼吸窘迫综合征，BMI 为体重指数，APACHE Ⅱ 为急性生理学与慢性健康状况评分 Ⅱ，SOFA 为序贯器官衰竭评分，PaO_2/FiO_2 为氧合指数；1 mmHg=0.133 kPa

表2 不同28 d预后两组中-重度ARDS患者入ICU 1 d和7 d胸部CT检查结果变化比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数(例)	肺CT值(HU)		总肺容积(mL)		NILT%(%)	
		1 d	7 d	1 d	7 d	1 d	7 d
存活组	31	713.16±50.91	733.46±132.59	2 500.30±830.50	2 671.82±924.67	31.52±8.20	20.35±5.91
死亡组	22	718.33±48.62	679.95± 66.38	2 298.95±690.51	2 499.88±816.97	31.27±8.97	28.95±8.40
t值		0.371	1.741	0.931	0.699	0.102	4.380
P值		0.712	0.088	0.356	0.478	0.919	0.001

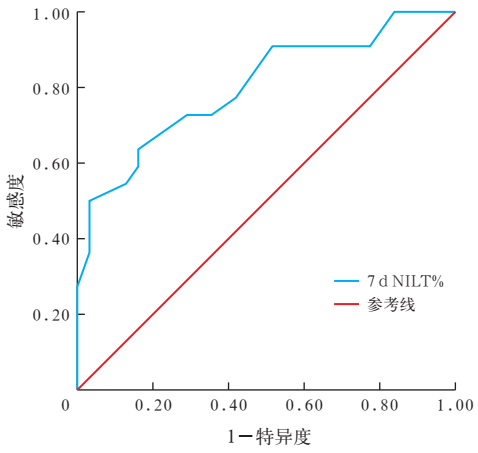
注：ARDS为急性呼吸窘迫综合征，ICU为重症监护病房，NILT%为肺不张区域容积占总肺容积百分比

表3 中-重度ARDS患者28 d死亡危险因素的多因素Logistic回归分析

危险因素	β值	$s_{\bar{x}}$	χ^2值	OR值	95%CI	P值
年龄	0.91	0.050	5.201	0.892	0.808～0.984	0.023
SOFA评分	0.70	0.202	7.574	0.574	0.387～0.852	0.006
7 d NILT%	0.79	0.072	5.843	0.841	0.730～0.968	0.016

注：ARDS为急性呼吸窘迫综合征，SOFA为序贯器官衰竭评分，NILT%为肺不张区域容积占总肺容积百分比，OR为优势比，95%CI为95%可信区间

2.4 7 d NILT%预测ARDS患者28 d预后的ROC曲线分析(图2)：入ICU 7 d NILT%对中-重度ARDS患者的28 d预后有一定预测价值(AUC为0.810，95%CI为0.678～0.952，P<0.01)；确定7 d NILT%阈值为15.50%，敏感度为95.5%，特异度为80.6%，阳性预测值为85.7%，阴性预测值为74.6%。



注：NILT%为肺不张区域容积占总肺容积百分比，ARDS为急性呼吸窘迫综合征，ROC曲线为受试者工作特征曲线

图2 7 d NILT%预测中-重度ARDS患者28 d死亡的ROC曲线

2.5 不同临床预后风险的亚组分析(表4)：根据NILT%预测ARDS患者28 d预后的ROC曲线分析确定的阈值进行亚组分析，将7 d NILT%>15.50%定义为临床预后高风险，≤15.50%定义为低风险。与低风险组比较，高风险组患者机械通气时间、ICU住院时间及总住院时间更长，差异均有统计学意义(均P<0.05)。

表4 不同临床预后风险两组中-重度ARDS患者预后指标比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数(例)	机械通气时间(d)	ICU住院时间(d)	总住院时间(d)
低风险组	7	4.43±1.72	7.57±1.13	11.29±2.22
高风险组	46	9.37±6.14	12.11±5.85	18.39±5.87
t值		2.099	2.030	3.148
P值		0.041	0.048	0.003

注：入重症监护病房(ICU)7 d肺不张区域容积占总肺容积百分比(NILT%)>15.50%为临床预后高风险，≤15.50%为低风险；ARDS为急性呼吸窘迫综合征

3 讨 论

本研究表明，NILT%可以预测中-重度ARDS患者的预后。入ICU后7 d NILT%>15.50%与机械通气时间、ICU住院时间及总住院时间延长有关；ROC曲线分析表明，7 d NILT%可以预测中-重度ARDS患者预后，成功率为81%(AUC=0.810)。

X线胸片是二维图像，在量化ARDS患者肺不张程度方面缺乏足够的敏感度和特异度。肺部CT较传统X线胸片更有利于准确判断肺部损害的程度、范围及部位[15]。金兆辰等[16]研究64排螺旋CT对肺内外源性ARDS兔的诊断价值时发现，肺部CT影像改变较X线胸片出现得更早且更明显。目前CT已经可以准确量化ARDS患者NILT，更准确地预测临床预后。

既往研究显示，与ARDS病死率独立相关的两个肺部因素分别为ARDS患者肺损伤程度和发病后第3天的氧合情况[17-18]。CT扫描ARDS研究小组根据生理和影像学特征综合评估得出，ARDS严重程度评分(ARDS-SS)可以预测预后，弥漫性衰减患者的病死率(76%)明显高于大叶性和斑块性衰减患者(41%、42%)；ARDS-SS评分似乎能够筛选病死率>60%的高危患者，可能有助于识别高风险患者，从而进行干预治疗[19]。

系统评价ARDS患者胸部CT成像，可将获得的信息用于临床诊断、预后预测及并发症的识别，从而及时进行干预治疗[20]。Ichikado等[21-22]早期研究显示，薄层CT扫描与弥漫性肺泡损伤的病理分

期具有良好的相关性，ARDS 的病理学特征以及薄层 CT 评估有助于预测 ARDS 的预后[23]。然而，以上研究仅局限于整体肺部影像学变化与 ARDS 预后的关系，并未研究不同肺通气区域对预后的评估作用。王邵华等[24]研究显示，肺挫伤容积百分比是肺挫伤后并发 ARDS 的独立预测因素，最佳临界值为 21.5%。本研究通过准确定量分析 NILT% 与 ARDS 患者预后的关系，发现 7 d NILT% 可预测中-重度 ARDS 患者的预后，并可对 ARDS 患者进行危险分层，帮助临床医生确定高危人群，有利于 ARDS 患者的临床治疗。

本研究存在一些潜在的局限性：本研究是单中心研究，仅约 40% 的中-重度 ARDS 患者完成入组及随访。本研究可能存在病例选择偏倚，无法充分反映不同病因 ARDS 患者的情况。此外，本研究中未涉及病生理相关参数。进一步扩大病例数，对 ARDS 患者进行 CT 检查，对于评估预后以及根据病理分期制定治疗策略都是非常有必要的。

4 结　论

利用CT准确测量NILT可识别ARDS高危患者，评估 ARDS 患者预后，以便进一步治疗。

利益冲突　所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] Rubenfeld GD, Caldwell E, Peabody E, et al. Incidence and outcomes of acute lung injury [J]. N Engl J Med, 2005, 353 (16): 1685-1693. DOI: 10.1056/NEJMoa050333.

[2] Amato MB, Barbas CS, Medeiros DM, et al. Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome [J]. N Engl J Med, 1998, 338 (6): 347-354. DOI: 10.1056/NEJM199802053380602.

[3] Acute Respiratory Distress Syndrome Network. 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. DOI: 10.1056/NEJM200005043421801.

[4] Meade MO, Cook DJ, Guyatt GH, et al. Ventilation strategy using low tidal volumes, recruitment maneuvers, and high positive end-expiratory pressure for acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial [J]. JAMA, 2008, 299 (6): 637-645. DOI: 10.1001/jama.299.6.637.

[5] Murphy CV, Schramm GE, Doherty JA, et al. The importance of fluid management in acute lung injury secondary to septic shock [J]. Chest, 2009, 136 (1): 102-109. DOI: 10.1378/chest.08-2706.

[6] 张志强，马海英，冯宪军，等. 重症肺炎合并重度急性呼吸窘迫综合征患者临床特点与预后影响因素分析 [J]. 中华医院感染学杂志，2016, 26 (6): 1297-1299. DOI: 10.11816/cn.ni.2016-150753.
Zhang ZQ, Ma HY, Feng XJ, et al. Clinical characteristics of severe pneumonia patients complicated with severe acute respiratory distress syndrome and influecing factors for prognosis [J]. Chin J Nosocomiol, 2016, 26 (6): 1297-1299. DOI: 10.11816/cn.ni.2016-150753.

[7] Brun-Buisson C, Minelli C, Bertolini G, et al. Epidemiology and outcome of acute lung injury in European intensive care units. Results from the ALIVE study [J]. Intensive Care Med, 2004, 30 (1): 51-61. DOI: 10.1007/s00134-003-2022-6.

[8] Bersten AD, Edibam C, Hunt T, et al. Incidence and mortality of acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome in three Australian States [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2002, 165 (4): 443-448. DOI: 10.1164/ajrccm.165.4.2101124.

[9] Cooke CR, Kahn JM, Caldwell E, et al. Predictors of hospital mortality in a population-based cohort of patients with acute lung injury [J]. Crit Care Med, 2008, 36 (5): 1412-1420. DOI: 10.1097/CCM.0b013e318170a375.

[10] Nuckton TJ, Alonso JA, Kallet RH, et al. Pulmonary dead-space fraction as a risk factor for death in the acute respiratory distress syndrome [J]. N Engl J Med, 2002, 346 (17): 1281-1286. DOI: 10.1056/NEJMoa012835.

[11] Gong MN, Thompson BT, Williams P, et al. Clinical predictors of and mortality in acute respiratory distress syndrome: potential role of red cell transfusion [J]. Crit Care Med, 2005, 33 (6): 1191-1198. DOI: 10.1097/01.ccm.0000165566.82925.14.

[12] Cooke CR, Shah CV, Gallop R, et al. A simple clinical predictive index for objective estimates of mortality in acute lung injury [J]. Crit Care Med, 2009, 37 (6): 1913-1920. DOI: 10.1097/CCM.0b013e3181a009b4.

[13] Damluji A, Colantuoni E, Mendez-Tellez PA, et al. Short-term mortality prediction for acute lung injury patients: external validation of the Acute Respiratory Distress Syndrome Network prediction model [J]. Crit Care Med, 2011, 39 (5): 1023-1028. DOI: 10.1097/CCM.0b013e31820ead31.

[14] ARDS Definition Task Force. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin definition [J]. JAMA, 2012, 307 (23): 2526-2533. DOI: 10.1001/jama.2012.5669.

[15] 黄鹤，黎檀实. 肺部CT在急性呼吸窘迫综合征诊断与评估中的作用 [J]. 中华全科医师杂志，2014, 13 (1): 47-49. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7368.2014.01.017.
Huang H, Li TS. Role of pulmonary CT in the diagnosis and evaluation of acute respiratory distress syndrome [J]. Chin J Gen Practitioners, 2014, 13 (1): 47-49. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-7368.2014.01.017.

[16] 金兆辰，蒋文芳，吉木森，等. CT 对肺内外源性急性肺损伤/急性呼吸窘迫综合征兔的诊断价值[J]. 中华结核和呼吸杂志，2010, 33 (6): 457-459. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-0939.2010.06.020.
Jin ZC, Jiang WF, Ji MS, et al. Diagnostic value of CT in acute lung injury/acute respiratory distress syndrome in rabbits [J]. Chin J Tuberc Respir Dis, 2010, 33 (6): 457-459. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-0939.2010.06.020.

[17] Monchi M, Bellenfant F, Cariou A, et al. Early predictive factors of survival in the acute respiratory distress syndrome. A multivariate analysis [J]. Am J Respir Crit Care Med, 1998, 158 (4): 1076-1081. DOI: 10.1164/ajrccm.158.4.9802009.

[18] Estenssoro E, Dubin A, Laffaire E, et al. Incidence, clinical course, and outcome in 217 patients with acute respiratory distress syndrome [J]. Crit Care Med, 2002, 30 (11): 2450-2456. DOI: 10.1097/00003246-200211000-00008.

[19] Rouby JJ, Puybasset L, Cluzel P, et al. Regional distribution of gas and tissue in acute respiratory distress syndrome. Ⅱ. Physiological correlations and definition of an ARDS severity score. CT Scan ARDS Study Group [J]. Intensive Care Med, 2000, 26 (8): 1046-1056. DOI: 10.1007/s001340051317.

[20] Simon M, Braune S, Laqmani A, et al. Value of computed tomography of the chest in subjects with ARDS: a retrospective observational study [J]. Respir Care, 2016, 61 (3): 316-323. DOI: 10.4187/respcare.04308.

[21] Ichikado K, Johkoh T, Ikezoe J, et al. Acute interstitial pneumonia: high-resolution CT findings correlated with pathology [J]. AJR Am J Roentgenol, 1997, 168 (2): 333-338. DOI: 10.2214/ajr.168.2.9016201.

[22] Ichikado K, Suga M, Gushima Y, et al. Hyperoxia-induced diffuse alveolar damage in pigs: correlation between thin-section CT and histopathologic findings [J]. Radiology, 2000, 216 (2): 531-538. DOI: 10.1148/radiology.216.2.r00jl05531.

[23] Ichikado K, Suga M, Müller NL, et al. Acute interstitial pneumonia: comparison of high-resolution computed tomography findings between survivors and nonsurvivors [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2002, 165 (11): 1551-1556. DOI: 10.1164/rccm.2106157.

[24] 王邵华，周文勇，赵明川，等. 三维 CT 容积再现技术行肺挫伤容积测定预测 ARDS 的价值 [J]. 中华创伤杂志，2014, 30 (3): 255-259. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2014.03.018.
Wang SH, Zhou WY, Zhao MC, et al. Value of three-dimensional volume-rendering CT pulmonary contusion volume measurement in prediction of ARDS development [J]. Chin J Trauma, 2014, 30 (3): 255-259. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-8050.2014.03.018.

（收稿日期：2019-12-19）