

临床研究

DOI: 10.13406/j.cnki.cyxh.002881

高分辨率 CT 影像学特征预测老年髋部骨折患者早期急性肺损伤的价值

刘 曦¹, 马会旭², 杨 华¹, 隆晓涛², 刘 雷³, 张 琴¹, 张德川¹, 王 霖²

(1. 重庆市中医院放射科, 重庆 400021; 2. 中国科学院大学重庆医院/重庆市人民医院创伤骨科, 重庆 400011;

3. 四川大学华西医院骨科, 成都 610041)

【摘要】目的:探讨基于高分辨率 CT(high resolution computed tomography, HRCT)影像学特征建立的预测模型在早期诊断老年髋部骨折患者急性肺损伤(acute lung injury, ALI)中的应用价值。**方法:**纳入重庆市中医院收治的老年髋部骨折早期 ALI 组患者 121 例与非 ALI 组患者 180 例。通过单因素和多因素分析比较 2 组患者的年龄、性别及胸部 HRCT 扫描影像学资料, 观察 HRCT 表现并建立 HRCT 诊断老年髋部骨折早期 ALI 的预测模型。**结果:**老年髋部骨折早期 ALI 组患者常见 HRCT 征象包括斑片影、肺实变(intense parenchymal opacification, IPO)、弥漫性磨玻璃影(diffuse ground glass opacity, DGGO)和小叶间隔增厚, 与非 ALI 组比较差异均有统计学意义($P<0.05$)。多因素 logistic 回归分析得到包括 IPO、DGGO 及小叶间隔增厚在内的独立危险因素建立 HRCT 预测模型($OR>1, P<0.05$)。该模型用于诊断老年髋部骨折患者早期 ALI 的灵敏度为 93.4%, 特异度为 85.6%, 准确率为 88.7%, 阳性预测值为 81.3%, 阴性预测值为 95.1%。**结论:**基于 HRCT 影像特征的预测模型有助于诊断老年髋部骨折早期 ALI, 为临床诊疗提供直接可靠影像学依据。

【关键词】高分辨率计算机断层成像; 早期急性肺损伤; 预测模型; 髋部骨折; 老年人

【中图分类号】R816.41

【文献标志码】A

【收稿日期】2021-01-18

Value of high-resolution CT imaging features in predicting early acute lung injury in elderly patients with hip fracture

Liu Xi¹, Ma Huixu², Yang Hua¹, Long Xiaotao², Liu Lei³, Zhang Qin¹, Zhang Dechuan¹, Wang Jin²

(1. Department of Radiology, Chongqing Traditional Chinese Medicine Hospital;

2. Department of Trauma Orthopaedics, Chongqing General Hospital;

3. Department of Orthopedics, West China Hospital, Sichuan University)

【Abstract】Objective: To explore the diagnostic value of prediction model established on high resolution computed tomography (HRCT) imaging features in elderly hip fracture patients with early acute lung injury (ALI). **Methods:** We retrospectively collected the data from 301 elderly patients with hip fracture. All patients were divided into two groups according to the presence of ALI, including ALI group ($n=121$) and non-ALI group ($n=180$). Univariate and multivariate analyses were used to compare the sex, age, and chest HRCT data between the two groups. The HRCT performance of the ALI group was observed, and the prediction model of HRCT was established for diagnosis of elderly hip fracture patients with early ALI. **Results:** The HRCT signs of patch shadow, intense parenchymal opacification (IPO), diffuse ground glass opacity (DGGO) and interlobular septal thickening were significantly more common in the ALI group than in the non-ALI group ($P<0.05$). The prediction model of HRCT was established using multivariate logistic regression, on the basis of following independent risk factors: IPO, DGGO, and interlobular septal thickening ($OR>1, P<0.05$). For diagnosis of elderly hip fracture patients with early ALI, the sensitivity, specificity, accuracy, positive predictive value and nega-

tive predictive value of this model were 93.4%, 85.6%, 88.7%, 81.3%, 95.1%, respectively. **Conclusion:** The prediction model based on HRCT imaging characteristics is helpful to diagnose elderly hip fracture patients with early ALI, providing direct and reliable imaging information for clinical diagnosis and treatment.

【Key words】high resolution computed tomography; early acute lung injury; prediction model; hip fracture; the elderly

作者介绍: 刘 曦, Email: liuxi7979@sina.com,
研究方向: 胸部影像学诊断。

通信作者: 王 霖, Email: 1277520857@qq.com。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(编号: 8187090956); 重庆市卫计委医学科研究资助项目(编号: 2017MSXM056); 重庆市人民医院医学科技创新基金资助项目(编号: Y2020MSXM21); 成都中医药大学校级教改基地建设资助项目(编号: JGJD202041)。

优先出版: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20210716.0939.002.html>
(2021-07-16)

随着全球老龄化社会来临,罹患髌部骨折的老年患者日益增多^[1-2]。老年髌部骨折患者高死亡率与髌部骨折创伤引起的全身炎症反应造成的急性肺损伤(acute lung injury, ALI)有关。若这一损伤发展为不可逆程度,则可诱发肺部并发症,最终引发患者呼吸功能衰竭并启动多器官功能衰竭(multiple organ failure in the elderly, MOFE)^[3-6]。因此,老年髌部骨折术前早期准确诊断 ALI 对于制订治疗方案并获得良好预后具有重要临床意义。

高分辨率 CT(high resolution computed tomography, HRCT)具有扫描速度快、辐射剂量低、空间和密度分辨率高等优势,能清晰显示病变形态、结构。近年来,HRCT 越来越多地应用于胸部疾病诊断^[7-9]。然而,关于其应用于早期诊断老年髌部骨折患者并发 ALI 的报道极少。本研究回顾性分析 301 例老年髌部骨折早期 ALI 与非 ALI 患者术前胸部 HRCT 扫描影像资料,基于 HRCT 影像学特征采用多因素 logistic 回归分析建立诊断老年髌部骨折患者早期 ALI 的预测模型,以期为临床应用提供影像学依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2014 年 7 月至 2020 年 11 月重庆市中医院收治的 121 例老年髌部骨折并发早期 ALI 患者为病例组,其中男性 36 例(34.7%),女性 85 例(65.3%);年龄 60~99 岁;平均年龄(83.25 ± 7.53)岁。纳入标准:年龄 ≥ 60 岁;经影像学检查结果(X 线、CT 和 MRI)确诊为急性髌部骨折;符合中华医学会重症医学分会制定的 ALI 诊断标准^[10];髌部骨折后 1~7 d 内行术前胸部 HRCT 扫描。排除标准:临床及影像学资料不完整者;合并肺部感染、肺出血、肺部肿瘤或其他肺部及气管、支气管疾病;合并心脏、心包疾病或其他原因所致心功能不全;既往胸部手术病史。同时选取 180 例重庆市中医院老年髌部骨折后未并发 ALI 患者作为对照组,其中男性 52 例,女性 128 例,年龄 60~98 岁,平均年龄(84.36 ± 6.65)岁。

1.2 HRCT 检查

采用 GE 64 排 128 层螺旋 CT 行胸部 HRCT 扫描。所有患者扫描前均进行呼吸配合训练,头先进、仰卧位、双手上举,深吸气末屏气扫描。扫描范围自胸廓入口处至膈肌水平

双侧后肋膈角。扫描参数:准直 128×0.625 ,自动管电流,管电压 120 kV,层厚 5.0 mm,层间隔 5.0 mm。CT 成像采用高分辨骨算法和标准算法,重建 HRCT 图像层厚 0.625 mm、间隔 0.5 mm。

1.3 HRCT 图像分析

由 2 位经验丰富的胸部放射学专业医师采用双盲法在 PACS 工作站上共同分析胸部 HRCT 图像。所有 HRCT 征象均经双方协商达成一致意见,同时记录数据,重点观察病变形态和密度。HRCT 肺窗(窗宽 1 500 HU,窗位 -600 HU)上观察肺部病变:肺实变(intense parenchymal opacification, IPO)、肺不张、斑片影、弥漫性磨玻璃影(diffuse ground glass opacity, DGGO)、小叶间隔增厚、小叶内间质增厚、支气管血管束增粗、胸膜下线及支气管扩张。在 HRCT 纵隔窗(窗宽 400 HU,窗位 40 HU)上,着重观察有无纵隔淋巴结肿大、心包积液、心影增大、胸腔积液及胸膜增厚等胸腔内肺外病变。

1.4 统计学处理

采用 SPSS 22.0 软件进行统计分析。计数资料用 $n(\%)$ 表示。采用卡方检验进行单因素分析,将有统计学意义的变量纳入多因素二元 logistic 回归(输入法)分析,获取独立危险因素,构建预测模型,并绘制受试者工作特征曲线(received operator characteristic curve, ROC 曲线)评估预测模型的诊断效能。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 胸部 HRCT 影像学特征

本研究纳入 121 例老年髌部骨折早期 ALI 组患者,其胸部病变以多种形态混合者多见,发生率居前 5 位的 HRCT 征象依次为 DGGO(93.4%, 113/121)、IPO(74.4%, 90/121)、斑片影(62.8%, 76/121)、胸腔积液(59.5%, 72/121)、小叶间隔增厚 53 例(43.8%)。上述肺内病变多呈双肺散在、对称分布,由上叶至下叶逐渐加重,双肺下叶背段、后基底段多见;肺外 HRCT 征象则以双侧胸腔少量积液相对常见。

2.2 单因素分析

老年髌部骨折早期 ALI 组患者 121 例,非 ALI 组患者 180 例,2 组间性别、年龄差异无统计学意义($P>0.05$)。胸部 HRCT 扫描显示,早期 ALI 组斑片影、IPO、DGGO 及小叶间隔增厚较非 ALI 组更常见($P<0.05$);而肺不张、小叶内间质增厚、支气管血管束增粗、胸膜下线、支气管扩张、纵隔淋巴结肿大、心包积液、心影增大及胸膜增厚的发生率,在 2 组间差异无统计学意义($P>0.05$)(表 1、图 1、图 2)。

表 1 影响老年髋部骨折早期 ALI 诊断的单因素分析 (n, %)

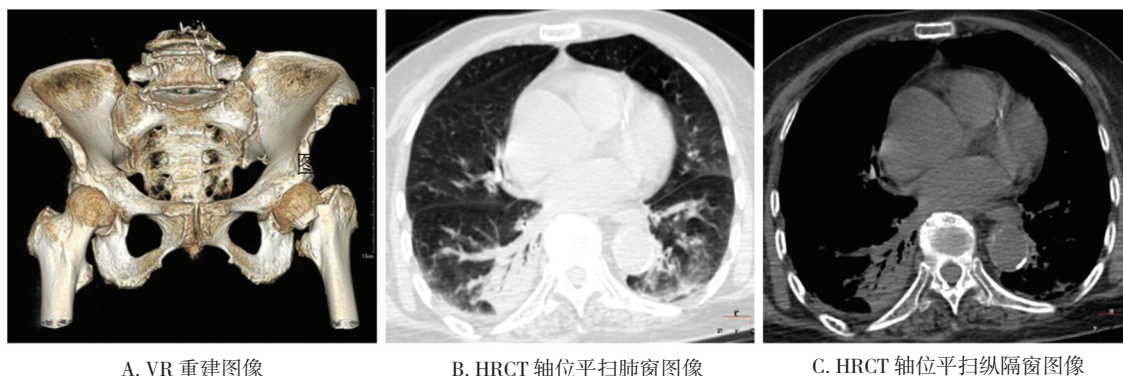
项目	ALI组 (n=121)	非 ALI 组 (n=180)	χ^2 值	P 值
性别			0.026	0.872
男	36(29.8)	52(28.9)		
女	85(70.2)	128(71.1)		
年龄/岁			1.429	0.232
80~	81(66.9)	132(73.3)		
60~	40(33.1)	48(26.7)		
斑片影	76(62.8)	50(27.8)	36.488	0.000
IPO	90(74.4)	33(18.3)	94.059	0.000
肺不张	50(41.3)	55(26.1)	3.693	0.055
DGGO	113(93.4)	36(20.0)	155.901	0.000
小叶间隔增厚	53(43.8)	6(3.3)	75.195	0.000
小叶内间质增厚	7(5.8)	3(1.6)	3.821	0.051
支气管血管束增粗	14(11.6)	11(6.1)	2.832	0.092
胸膜下线	29(24.0)	28(15.6)	3.335	0.068
支气管扩张	5(4.1)	2(1.1)	2.907	0.088
纵隔淋巴结肿大	3(2.5)	1(0.6)	2.042	0.153
心包积液	8(6.6)	4(2.2)	3.642	0.056
胸腔积液	72(59.5)	98(54.4)	0.754	0.385
胸膜增厚	3(2.5)	1(0.6)	2.042	0.153

2.3 多因素 logistic 回归分析

进行多因素二元 logistic 回归分析时,以老年髋部骨折患者是否发生早期 ALI(早期 ALI=1,非 ALI=0)为因变量,以单因素分析中差异有统计学意义的 4 项 HRCT 影像指标(斑片影、IPO、DGGO、小叶间隔增厚)为自变量。多因素分析结果显示,只有 3 项指标(IPO、DGGO、小叶间隔增厚)是影响 HRCT 诊断老年髋部骨折患者并发早期 ALI 的独立危险因素($P<0.05$)(表 2)。

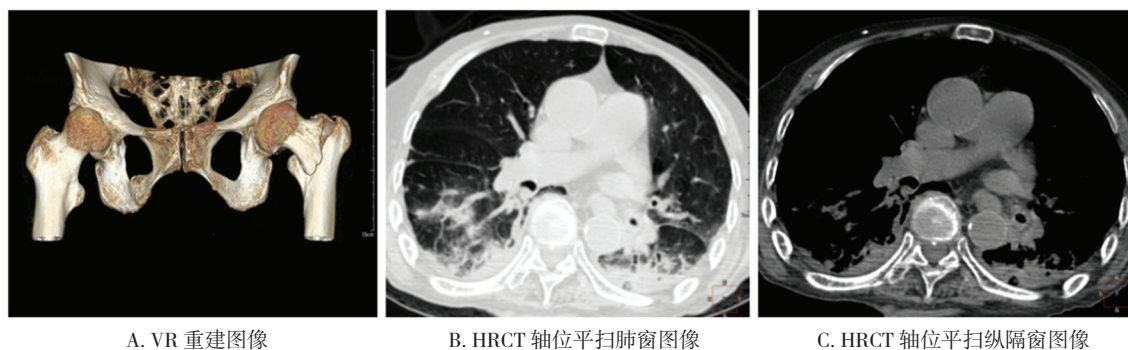
2.4 预测模型的建立

剔除系数不显著变量,依据上述多因素 logistic 回归分析结果建立基于 HRCT 影像学特征的预测模型,方程式为 $p=1/(1+e^{-x})$ 。其中, p 代表老年髋部骨折患者发生早期 ALI 的概率,数值越接近 1,早期 ALI 的可能性越大; e 为自然对数; $x=-3.084+3.333DGGO+1.314IPO+1.230$ 小叶间隔增厚。ROC 曲线分析结果显示,该预测模型 AUC 为 0.919($P<0.05$,95% CI=0.886~0.952),诊断老年髋部骨折患者早期 ALI 的灵敏度为 93.4%(113/121),特异度为 85.6%(154/180),准确率为 88.7%(267/301),阳性预测值 81.3%(113/139),阴性预测值 95.1%(154/162)(图 3)。



注:患者女,87岁;A示左侧股骨颈骨折;B示以双肺下叶分布为主的双肺 DGGO,伴右肺下叶 IPO,左肺下叶小叶间隔增厚及胸膜下线影;C示右肺下叶 IPO,其内见空气支气管征

图 1 老年髋部骨折早期 ALI 患者 CT 图



注:患者女,89岁;A示左侧股骨转子间骨折;B示以双肺下叶分布为主的双肺 DGGO,伴右肺下叶斑片影,双肺下叶 IPO;C示双肺下叶 IPO,伴双侧胸膜增厚

图 2 老年髋部骨折早期 ALI 患者 CT 图

表 2 影响诊断老年髋部骨折患者早期 ALI 的多因素 logistic 回归分析

项目	β	SE	Wald χ^2	P	OR	95%CI
斑片影	-0.495	0.438	1.278	0.258	0.610	0.258~1.438
IPO	1.314	0.406	10.490	0.001	3.719	1.680~8.236
DGGO	3.333	0.450	54.943	0.000	28.013	11.605~67.620
小叶间隔增厚	1.230	0.538	5.228	0.022	3.421	1.192~9.819
常量	-3.084	0.387	63.459	0.000	0.046	—

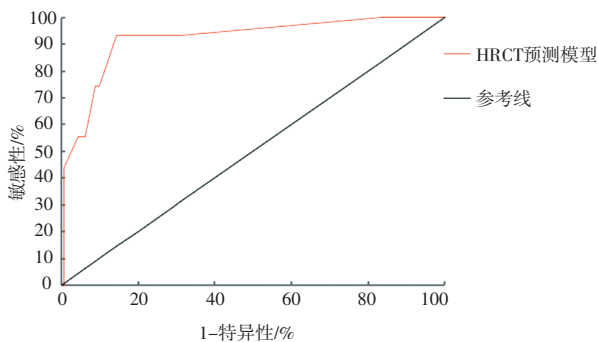


图 3 HRCT 预测模型对老年髋部骨折患者早期 ALI 诊断价值的 ROC 曲线

3 讨论

早期 ALI 多发生于老年髋部骨折 7 d 内,主要病理表现为肺泡通透性增加、肺水肿,随即肺内炎性细胞浸润和炎症介质聚集;临床表现为肺气血交换功能障碍、低血氧症、呼吸衰竭,进而诱发 MOFE,危及生命^[11-14]。因此,老年髋部骨折患者 ALI 的早期准确诊断及积极救治对临床病情转归至关重要。

目前氧合指数(血氧分压与吸入氧分数比, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$)及胸部 X 线评分体系是诊断 ALI 的重要依据之一^[15-16]。但 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 的改变往往发生在肺部通气面积改变之后,其敏感性较低;另外,胸部 X 线片图像分辨率低,只能粗略反映肺组织病变形态,易漏诊、误诊^[16-18]。而胸部 CT 尤其是 HRCT,具有图像分辨率高、扫描速度快等优势,能及早清晰显示受损肺组织微细结构形态、范围和密度改变,准确性及敏感性更高^[19]。

本研究单因素分析结果中,老年髋部骨折早期 ALI 组常见肺部 HRCT 征象依次为 DGGO 113 例(74.4%)、IPO 90 例(74.4%)、斑片影 76 例(62.8%)、小叶间隔增厚 53 例(43.8%),发生率均显著高于非

ALI 组($P<0.05$),与 ALI 早期病理特征密切相关^[13,20],即弥漫性肺泡-毛细血管急性损伤,肺泡和肺间质出血、水肿并大量炎症细胞浸润,HRCT 征象主要表现为相应部位密度增高,呈斑片、实变影或大片状磨玻璃样密度;同时肺泡壁及小叶间隔水肿增厚,肺泡壁结构破坏,肺透明膜形成。上述 HRCT 征象以双肺散在、对称性分布为主,重力依赖区(仰卧位时靠近背部的肺区)多见。

进一步多因素 logistic 回归分析结果显示,DGGO ($OR=28.013$)、IPO($OR=3.719$)和小叶间隔增厚($OR=3.421$)这 3 个 HRCT 影像指标是影响老年髋部骨折患者早期 ALI 诊断的独立危险因素,可作为诊断早期 ALI 的重要 HRCT 征象。根据其 OR 值权重大小,DGGO 征象强烈提示早期 ALI 的可能,临床医师在日常诊断工作中应高度重视;IPO 和小叶间隔增厚的诊断价值则相对较弱。而斑片影征象并非独立危险因素,对于诊断无任何帮助。此外,虽然老年髋部骨折早期 ALI 组常见肺外 HRCT 征象为双侧胸腔少量积液,但与非 ALI 组间差异无统计学意义。

虽然 DGGO、IPO 和小叶间隔增厚这 3 种 HRCT 影像指标对于老年髋部骨折患者早期 ALI 的诊断有一定价值,但单一指标均无法较好地用于诊断。为进一步提高诊断效能,本研究建立了诊断老年髋部骨折患者早期 ALI 的 HRCT 预测模型: $p=1/(1+e^{-x})$, $x=-3.084+3.333DGGO+1.314IPO+1.230$ 小叶间隔增厚。该预测模型由 DGGO、IPO 和小叶间隔增厚共 3 个独立危险因素确定,其中 DGGO 这一指标对于预测诊断是最强、最有意义的。ROC 曲线分析结果显示,该模型的 AUC 为 0.919,灵敏度为 93.4%,特异度为 85.6%,准确率为 88.7%,阳性预测值 81.3%,阴性预测值 95.1%,这些结果表明基于 HRCT 影像学特征建立的预测模型有助于诊断老年髋部骨折

患者早期 ALI。

本研究存在一定局限性:①单中心回顾性研究,难免存在病例选择偏倚,缺乏多中心前瞻性研究;②总体上病例数不足,原始数据有限,纳入的危险因素不够全面,可能影响预测模型的诊断符合率。以上内容有待在后续研究中进一步探索和完善。

综上所述,本研究基于 HRCT 影像学特征采用 logistic 回归分析建立的预测模型,对于辅助诊断老年髋部骨折患者早期 ALI 具有一定价值;其中 DGGO、IPO 和小叶间隔增厚这 3 种 HRCT 影像指标是预测早期 ALI 的独立因素。该模型的应用或将能够更为全面、有效地评估老年髋部骨折早期 ALI,提高临床诊断效能,为临床治疗方案制定、预后评估等提供重要影像学参考依据。

参 考 文 献

- [1] 安雪军,徐宝山,王小健,等. 老年髋部骨折患者术后对侧髋部骨折发生因素的 Meta 分析[J]. 中华创伤骨科杂志,2020,22(1):60-66. BMC
- [2] Wei JX,Zeng L,Li ST,et al. Relationship between comorbidities and treatment decision-making in elderly hip fracture patients[J]. Aging Clin Exp Res,2019,31(12),1735-1741.
- [3] Lin JCF,Liang WM. Mortality,readmission,and reoperation after hip fracture in nonagenarians[J]. BMC Musculoskelet Dis,2017,18(1):144.
- [4] Hoth JJ,Wells JD,Jones SE. et al. Complement mediates a primed inflammatory response after traumatic lung injury[J]. J Trauma Acute Care Surg,2014,76(3):601-608.
- [5] Yu XJ,Chen XB,Sun TS,et al. MicroRNA-205-5p targets HMGB1 to suppress inflammatory responses during lung injury after hip fracture[J]. Biomed Res Int,2019,2019:7304895.
- [6] Zhao XD,Liu H,Li T,et al. Epigallocatechin gallate attenuates hip fracture-induced acute lung injury by limiting mitochondrial DNA (mtDNA) release[J]. Med Sci Monit,2017,23:3367-3372.
- [7] Anan K,Ichikado K,Ishihara T,et al. A scoring system with high-resolution computed tomography to predict drug-associated acute respiratory distress syndrome:development and internal validation[J]. Sci Rep,2019,9(1):8601.
- [8] Yeh JJ. Predictors of Initial smear-negative active pulmonary tuberculosis with acute early stage lung injury by high-resolution computed tomography and clinical manifestations:an auxiliary model in critical patients[J]. Sci Rep,2019,9(1):4527.
- [9] Jacob J,Nair A,Hansell DM. High-resolution computed tomography of the pulmonary manifestations of connective tissue diseases[J]. Semin Respir Crit Care Med,2014,35(2):166-180.
- [10] 中华医学会重症医学分会. 急性肺损伤/急性呼吸窘迫综合征诊断和治疗指南(2006)[J]. 中国危重病急救医学,2006,18(12):706-710.
- [11] Gan L,Sun T,Li B,et al. Serum miR-146a and miR-150 as potential new biomarkers for hip fracture-induced acute lung injury[J]. Mediators Inflamm,2018,2018:8101359.
- [12] Gan L,Chen X,Sun T,et al. Significance of serum mtDNA concentration in lung injury induced by hip fracture[J]. Shock,2015,44(1):52-57.
- [13] Matuschak GM,Lechner AJ. Acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome:pathophysiology and treatment[J]. Mo Med,2010,107(4):252-258.
- [14] Wheeler AP,Bernard GR. Acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome:a clinical review[J]. Lancet,2007,369(9572):1553-1564.
- [15] Elizabeth R,Johnson,Michael A,et al. Acute lung injury:epidemiology,pathogenesis,and treatment[J]. J Aerosol Med Pulm Drug Deliv,2010,23(4),243-252.
- [16] Komiya K,Akaba T,Kozaki Y,et al. A systematic review of diagnostic methods to differentiate acute lung injury/acute respiratory distress syndrome from cardiogenic pulmonary edema[J]. Crit Care,2017,21(1):228.
- [17] Ranieri VM,Rubinfeld GD,Thompson BT,et al. Acute respiratory distress syndrome:the Berlin definition[J]. JAMA,2012,307(23):2526-2533.
- [18] Ferguson ND,Davis AM,Slutsky AS,et al. Development of a clinical definition for acute respiratory distress syndrome using the Delphi technique[J]. J Crit Care,2005,20(2):147-154.
- [19] Li LL,Gao S,Fu Q,et al. A preliminary study of lung abnormalities on HRCT in patients of rheumatoid arthritis-associated interstitial lung disease with progressive fibrosis[J]. Clin Rheumatol,2019,38(11):3169-3178.
- [20] Herrero R,Sanchez G,Lorente JA. New insights into the mechanisms of pulmonary edema in acute lung injury[J]. Ann Transl Med,2018,6(2):32.

(责任编辑:冉明会)