

肺部超声与 CT 影像评估创伤性急性呼吸窘迫综合征的一致性研究*

龚菊¹ 单巍¹ 夏天¹ 顾晓蕾¹ 张碧波¹ 黄晓文²

[摘要] 目的:探讨肺部超声技术在创伤性急性呼吸窘迫综合征(ARDS)患者中的诊断评估价值。方法:将 2020 年 6 月—2021 年 9 月期间在常熟市第二人民医院急诊医学科收治的因创伤住院继发 ARDS 的 85 例患者纳入本研究,采用床边超声探查患者两侧各区肺部影像,与肺 CT 影像对照,分析两种方法影像表现的一致性,明确肺部超声评估创伤性 ARDS 的准确性。结果:肺部超声诊断发现的肺部阳性病灶与肺部 CT 具有高度一致性,超声手段发现病灶的阳性率为 75.2%,而 CT 检查则为 78.7%。肺部超声图像改变与肺部 CT 影像学特征变化具有高度一致性($\kappa=0.828, P<0.001$),两者在评估肺部病变中差异有统计学意义($P<0.001$)。B 线间距与 CT 值呈负相关($r=-0.837, P<0.001$),B 线间距越短,CT 值越高,提示病变越重。肺超声评分(LUS)与氧合指数呈负相关($r=-0.772, P<0.001$),LUS 评分越高提示肺部病变越重,氧合情况越差,ARDS 程度越重。结论:创伤性 ARDS 患者肺部超声与肺部 CT 影像有较好的一致性,肺部超声能准确识别其肺部特征性改变,在急危重患者救治时可替代 CT 进行影像学评估。

[关键词] 超声;创伤;急性呼吸窘迫综合征;CT 值;诊断

DOI:10.13201/j.issn.1009-5918.2022.10.002

[中图分类号] R563.8 **[文献标志码]** A

Consistency study of lung ultrasound and CT imaging in the assessment of traumatic acute respiratory distress syndrome

GONG Ju¹ SHAN Wei¹ XIA Tian¹ GU Xiaolei¹

ZHANG Bibo¹ HUANG Xiaowen²

(¹Department of Emergency Medicine, Changshu NO. 2 People's Hospital, Yangzhou University Fifth Clinical Medical College, Changshu, Jiangsu, 215500, China; ²Department of Acupuncture and Tuina, Changshu Traditional Chinese Medicine Hospital)

Corresponding author: SHAN Wei, E-mail: 446469897@qq.com

Abstract Objective: To explore the diagnostic evaluation value of lung ultrasound in patients with traumatic acute respiratory distress syndrome(ARDS). **Methods:** A total of 85 patients with ARDS secondary to trauma admitted to the Changshu NO. 2 People's Hospital from June 2020 to September 2021 were enrolled. Bedside ultrasound was used to explore the lung images of each area on both sides of the patient, and compared with lung CT images to analyze the consistency of the imaging performance of the two methods, and to clarify the accuracy of lung ultrasound in evaluating traumatic ARDS. **Results:** The positive lung lesions found in lung ultrasound diagnosis were highly consistent with lung CT. The positive rate of lesions detected by ultrasound was 75.2%, while that of CT examination was 78.7%. The changes of lung ultrasound images were highly consistent with the changes of lung CT imaging features($\kappa=0.828, P<0.001$), and there was a statistical difference between the two in evaluating lung lesions($P<0.001$). B-line spacing was negatively correlated with CT value($r=-0.837, P<0.001$), the shorter the B-line spacing, the higher the CT value, which indicated the heavier the lesion. The LUS score was negatively correlated with the oxygenation index($r=-0.772, P<0.001$). The higher the LUS score, the more severe the lung disease, the worse the oxygenation, and the more severe the degree of ARDS. **Conclusion:** The lung ultrasound and lung CT images of traumatic ARDS patients have good consistency. Lung ultrasound can accurately identify the characteristic changes of the lungs, and can replace CT for imaging evaluation in the treatment of critically ill patients.

Key words ultrasound; trauma; acute respiratory distress syndrome; CT value; diagnosis

*基金项目:常熟市医药科技计划项目(No:csws202012)

¹扬州大学第五临床医学院(常熟市第二人民医院)急诊医学科(江苏常熟,215500)

²常熟市中医院针灸推拿科

通信作者:单巍,E-mail:446469897@qq.com

引用本文:龚菊,单巍,夏天,等.肺部超声与 CT 影像评估创伤性急性呼吸窘迫综合征的一致性研究[J].临床急诊杂志,2022,23(10):691-695. DOI:10.13201/j.issn.1009-5918.2022.10.002.

创伤是发生急性呼吸窘迫综合征 (acute respiratory distress syndrome, ARDS) 的危险因素, 创伤后 ARDS 的发生率较高。影像学检查手段在肺部疾病诸如肺部感染、肺水肿的诊断和评估中起着重要的作用。胸片和胸部 CT 可以评估肺水肿、胸腔积液等表现, 但是存在显影不清晰、诊断相对存在滞后性、辐射损害、检查灵活性不高、无法实时评估等缺点。创伤性 ARDS 患者往往病情危重, 生命体征不平稳, 需要寻找准确可靠的床旁诊断和评估方法。研究表明, 肺部超声所产生的 B 线即提示肺部渗出表现, 可反映肺水肿严重程度, 临床上可用于肺水肿程度的评估^[1]。因此, 本研究根据创伤性 ARDS 特征性变化, 通过超声评估不同肺部征象与对应区域胸部 CT 影像进行对比, 分析超声和 CT 阳性结果的符合率、超声不同征象对应 CT 值的差异, 评价 B 线间距和 CT 值的关系, 探讨超声和 CT 影像的一致性, 为肺部超声准确诊断评估创伤性 ARDS 提供客观依据。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选取 2020 年 6 月—2021 年 9 月期间入往常熟市第二人民医院急诊科, 因创伤 (包括多发伤、胸部、腹部、四肢外伤等) 后继发 ARDS 的 85 例患者, 其中男 46 例, 女 39 例; 年龄为 43~78 岁, 平均 (66.57±6.41) 岁。ARDS 诊断标准参照“柏林标准”^[2-3]。本研究通过常熟市第二人民医院伦理委员会审核通过 (No: 2020-KY-016), 所有纳入本研究的患者签署知情同意书。

纳入标准: ①外伤病史; ②继发 ARDS; ③可完成 CT 检查。排除标准: ①合并气胸; ②肥胖; ③合并有呼吸系统疾病、恶性肿瘤等基础疾病; ④明确的心衰; ⑤妊娠期或哺乳期女性。

1.2 方法

1.2.1 检查仪器 采用迈瑞 M7 移动式超声机采用 12 区法进行床边肺部超声检查, 3.5 MHz 低频凸阵探头频率, 由 2 名经过肺部超声技术培训的医师进行床旁肺部超声检查, 记录分区图像特征。

1.2.2 超声检查方法 在安静状态下, 患者分别取仰卧位、侧卧位, 根据腋前线、腋后线及两乳头连线将两肺分为 12 个区域, 进行肺超声检查, 记录肺超声图像特征并予以评分^[4]。

通过超声检查患者的 12 个肺区, 根据肺部超声图像结果进行分区, 并进行肺部超声评分 (lung

ultrasound score, LUS)。根据每个肺区不同超声图像特征分别赋予不同数值评分, 评分标准参照表 1 所示。评分过程由 2 名经过重症超声培训的主治医师共同完成, 每一个肺区选择最大分值, 12 个肺区的总和为患者肺损伤超声评分^[4-7]。

表 1 LUS 评分标准 分

分区	正常	1~2 个彗星尾征	3 个以上彗星尾征	肺实变、肺不张	液性暗区
前区	0	1	4	5	1
侧区	0	1	3	4	1
后区	0	1	2	3	0

CT 影像评价: 选取同一患者超声检查 24 h 内的胸部 CT, 根据胸骨旁线、腋前线、腋后线及第四肋骨为界, 两肺共分为 12 区, 与超声的肺部分区相对应。由 2 名经验丰富的影像学医师对每一例患者的肺区图像进行判断。CT 表现肺实变、融合成片、弥漫性渗出影、磨玻璃影对应超声征象碎片征、B+线、B3 线、B7 线为结果一致。

氧合指数 (oxygenation index, PaO₂/FiO₂) 获取: 选取患者 CT 检查和超声评估当天的动脉血血气分析结果, 记录氧合指数。

1.3 统计学方法

应用 SPSS 25 软件进行统计学数据处理。分类变量以频数或者百分比表示, 比较采用配对 χ^2 检验。针对连续变量, 采用 Shapiro-Wilk 法进行正态性检验, 正态分布的计量型数据采用 $\bar{X} \pm S$ 表示。一致性评价采用 kappa 检验, 用 κ 值表示一致性大小。P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 超声检查和 CT 检查阳性肺区比例数

85 例创伤后继发 ARDS 的患者根据入组时损伤部位进行分类, 其中胸部外伤 18 例 (21.2%), 腹部损伤 24 例 (28.2%), 多发伤 36 例 (42.3%), 其他部位 7 例 (8.3%)。每例患者均进行 12 区肺部超声检查, 24 h 内肺部胸部 CT 平扫检查, 将两种检查手段结果进行比较发现, 总共进行 1020 肺区评估, 相对于正常肺征象 (A 线) 的诊断, 发现肺部阳性肺区共 768 个, 阴性 252 个, 而与对应的肺区胸部 CT 发现阳性 802 个, 阴性 218 个, 超声手段发现病灶的阳性率为 75.2%, 而 CT 检查则为 78.7%, 两种手段对于发现肺部病变具有高度一致性 ($\kappa=0.718, P<0.001$), 见表 2。

表 2 超声检查和 CT 检查阳性肺区比例数的比较 个 (%)

分组	肺区总计	阳性个数	阴性个数	一致性	κ	χ^2	P
超声检查	1020	768 (75.2)	252 (24.8)	高度一致	0.718	531.1	<0.001
CT 检查		802 (78.7)	218 (21.3)				

2.2 LUS 及肺部 CT 诊断一致性比较

85 例入组患者采用超声扫描的阳性肺区共 768 个,其中发现有 B7 线的肺区有 188 个,B3 线的肺区有 179 个,融合成片 B+线的肺区有 190 个,

碎片征或者肺实变肺区有 212 个,见表 3。总体来看,肺部超声评估与胸部 CT 具有高度一致性($\kappa=0.828, P<0.01$)。

表 3 LUS 及肺部 CT 诊断一致性比较

超声图像表现	CT 影像表现					一致性评价	κ	χ^2	P
	正常 (肺区)	毛玻璃影 (肺区)	弥漫渗出 (肺区)	间质改变 (肺区)	肺不张 (肺区)				
正常(肺区)	232	20	0	0	0	高度一致	0.828	18.06	0.003
B7 线(肺区)	3	152	25	5	3				
B3 线(肺区)	0	8	132	32	7				
融合成片(肺区)	0	2	22	156	10				
碎片征(肺区)	0	0	0	4	208				

2.3 肺部征象与 CT 影像学表现

入组患者探查的肺部病变征象分为正常、B7 线、B3 线、融合 B+征(瀑布征)、碎片征 5 类,采用胸部 CT 对应区段描记法记录病变区域平均 CT 值大小,并比较肺部征象与 CT 值的关系。

随着病情的加重,患者 CT 值逐渐变大,肺部病变征象对应的 CT 值分别为:正常, -673.93 ± 71.75 ; B7 线, -467.02 ± 68.91 ; B3 线, -280.15 ± 94.54 ; 融合 B+征(瀑布征), -195.33 ± 56.29 ; 碎片征, -14.64 ± 81.33 。相应的超声影像从正常到碎片征的顺序逐渐转变,表明超声在评估肺部疾病中与胸部 CT 评估效价具有相关性,两者差异有统计学意义($F=692.96, P<0.001$)。胸部 CT(图 1)表现为肺实变、弥漫性渗出及磨玻璃影;肺部超声(图 2)表现为碎片征、B3 线和 B7 线。

2.4 比较 B3 线间距与 CT 值的关系

通过测量 B3 线间的平均距离与对应肺区 CT 病灶平均 CT 值的比较,通过 Pearson 相关检验($r=-0.837, P<0.001$),提示随着 B 线间距的减少,CT 值逐渐增大,表明在创伤性 ARDS 患者中,肺部渗出越重,其对应的 B 线间距越小,B 线距离与 CT 值呈负相关关系,两者具有较好的一致性。

见图 3。

2.5 不同患者间超声评分与氧合指数的关系

将入组的 85 例创伤性 ARDS 患者进行 LUS,计算患者氧合指数,进行 Pearson 皮尔逊相关性分析发现,LUS 评分与氧合指数呈负相关($r=-0.772, P<0.001$),LUS 评分越高提示肺部病变越重,氧合情况越差,ARDS 的程度越重。见图 4。

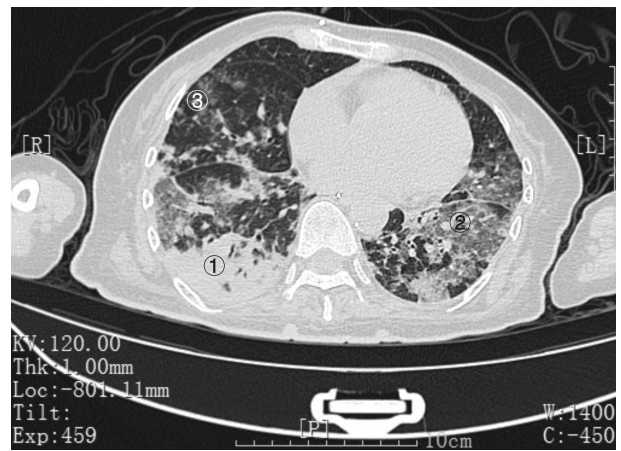


图 1 胸部 CT 表现为肺实变(①)、弥漫性渗出(②)及磨玻璃影(③)



图 2 肺部超声表现为碎片征(④)、B3 线(⑤)和 B7 线(⑥)

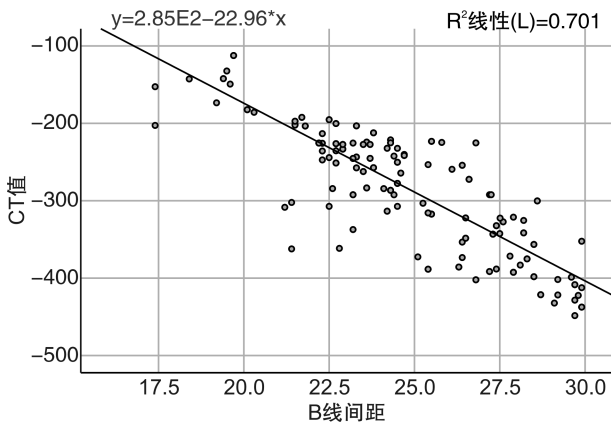


图 3 B3 线间距与 CT 相关性分析

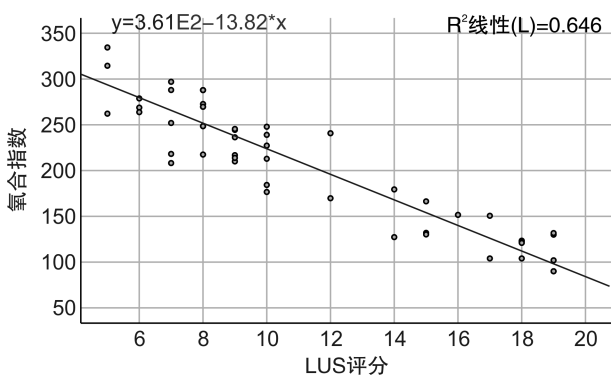


图 4 LUS 评分与氧合指数的相关性分析

3 讨论

超声检查已经广泛应用于急重症患者救治中,其中不乏创伤性 ARDS 患者,此类患者常合并生命体征不稳定、需要呼吸支持、呼吸窘迫等症状,而胸片、胸部 CT 分别在此类患者中存在评估不准确和转运不方便等问题,对于准确评估造成一定困难。床旁肺部超声已广泛用于 VAP 及 CAP 等疾病评估,具有与胸部 CT 同等的诊断价值,同时还具有实时性、无辐射、可重复性操作等特点^[8]。根据柏林标准^[2-3],ARDS 的定义为由于各种肺内、肺外因素导致的急性弥漫性肺部损伤,出现急性呼吸衰竭,其主要的病理生理过程以肺泡和毛细血管损伤致间质及肺泡内血液渗出及间质性肺水肿为特征^[9-10]。目前对于危重患者,ARDS 诊断和评估仍然存在困难,而胸部 CT 只是 ARDS 诊断的条件之一且仍存在诸多不便,往往带来疾病诊断和治疗的滞后^[10-12]。本研究通过在创伤性 ARDS 患者进行床旁肺部超声检查,探讨肺部超声在此类 ARDS 患者中的准确评估价值。

床旁肺部超声作为一种评估手段,其与胸部 CT 具有同等价值的灵敏度和特异度^[13],在评估机械通气肺通气效率^[14]、指导肺复张操作等方面具有良好的一致性^[13-15]。本研究发现,创伤性 ARDS 的患者超声不同肺部征象与 CT 影像具有良好的

诊断一致性^[16],在此类患者肺部发生病变时,气体含量减少,肺部超声中表现为 B7、B3 和融合的 B+ 线、碎片征等特征,同时可伴有胸腔积液,此时对应肺区肺部 CT 影像学上表现为肺部毛玻璃影、渗出、肺实变等具有特征性的改变,我们研究证实了超声检查与胸部 CT 发现阳性病灶具有高度一致性,故可通过超声手段能够较好地地区分创伤性 ARDS 不同的肺部病变,与 CT 对应病变具有高度一致性($\kappa = 0.828, P = 0.003$)。在创伤性 ARDS 患者肺损伤后表现为肺组织失气化,其病理过程主要为肺广泛充血水肿和肺泡腔内透明膜形成^[17],肺泡膜通透性增加,引起肺间质和肺泡水肿,早期胸部 CT 表现为毛玻璃影、渗出等表现,随着肺部病变的进展为肺间质综合征、肺实变等,而有研究表明中度失气化的肺组织在超声上表现为多条一定距离的 B 线^[18],随着病情加重可以演变为逐渐融合的 B+ 线,而肺实变则表现为肝样变或者支气管充气征^[19],我们研究发现肺部超声中碎片征与胸部 CT 的肺不张表现、融合 B+ 线和肺间质综合征、肺超声的 B3 线与肺 CT 弥漫性渗出表现以及 B7 线与肺部 CT 的毛玻璃影一致性较高,因此,超声可准确识别创伤性 ARDS 肺部征象,可作为诊断和动态评估创伤性 ARDS 的有效方法。我们在研究过程中发现可以通过对胸部前区和背侧段超声影像学表现来区分局灶性 ARDS 和弥漫性 ARDS 的分型,从而辅助指导临床进行肺复张或者俯卧位通气治疗^[20]。以往研究也证实了床旁超声在危重症 ARDS 患者肺复张治疗^[21]及呼吸支持撤机评估^[22]中有很好的临床应用作用。

本研究发现在不同的肺部超声图像分类中,其对应的病变区域的 CT 值不同,两者关系随着病变程度加重而减少,呈负相关,两者差异有统计学意义($P < 0.05$)。CT 值大小与人体组织密度有关,是评价肺水、肺实变的敏感而客观的指标^[23]。肺部超声测量 B3 线间距时发现其与对应病变区域的 CT 值同样存在负相关($r = -0.837, P < 0.001$),且一致性程度较高,表明 B 线之间距离越小,其肺部渗出程度越高。进一步说明超声可以识别不同肺部病变,甚至可以区分不同程度的肺水肿。不同类型 ARDS 超声存在不同的表现,通过分区评估和 LUS 评分可以区分不同类型的 ARDS^[24]。因此我们运用 LUS 评分方法进一步评估,与 Tasaka 等^[10]的研究结果一致,在 LUS 评分与氧合指数的对比中,我们同样发现 LUS 评分越高,其氧合指数越低,两者呈负相关($r = -0.772, P < 0.001$),两个参数一致性程度高,差异有统计学意义($P < 0.05$)。我们的研究运用客观指标进一步证实了超声对于肺水肿、肺实变具有准确的识别能力^[1],为临床运用超声诊断和动态评估创伤性 ARDS 提供

了客观根据,为危重患者抢救提供了安全、及时、可靠和无创的检查方法,达到良好的评估效果。

综上所述,肺部超声能准确识别创伤性 ARDS 的特征性改变,在急危重患者救治时可拥有肺 CT 同等的影像学评估,具有操作方便、可重复性好及评估效果好等特点。

本研究也存在局限性,课题时间内,创伤性 ARDS 病例数不多,可能影响结果的准确性。本研究局限于肺部超声征象与肺部 CT 影像表现的一致性,未对创伤性 ARDS 预后及严重程度进行分析。另外,我们研究的群体是创伤后 ARDS,而对于其他的类型如 COVID-19 中提到的不同表型 ARDS 的识别,尤其是“L”表型,有待进一步研究明确其价值。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] 连细华,吕国荣,朱志兴,等. 肺部超声 B 线征与肺水肿病理的相关性研究[J]. 中国超声医学杂志,2020,36(2):181-184.
- [2] Fan E, Brodie D, Slutsky AS. Acute Respiratory Distress Syndrome: Advances in Diagnosis and Treatment[J]. JAMA,2018,319(7):698-710.
- [3] Bellani G, Laffey JG, Pham T, et al. Epidemiology, Patterns of Care, and Mortality for Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome in Intensive Care Units in 50 Countries[J]. JAMA,2016,316(3):350.
- [4] Manivel V, Lesnewski A, Shamim S, et al. CLUE: COVID-19 lung ultrasound in emergency department[J]. Emerg Med Australas,2020,32(4):694-696.
- [5] 乔莉,马元,张劲松. 急性呼吸窘迫综合征:柏林标准[J]. 中华急诊医学杂志,2012,21(9):952-957.
- [6] Ferguson ND, Fan E, Camporota L, et al. The Berlin definition of ARDS: an expanded rationale, justification, and supplementary material[J]. Intensive Care Med,2012,38(10):1573-1582.
- [7] 李黎明,李莲花,关键,等. 肺部超声评分在呼吸机相关性肺炎疗效评价中的作用[J]. 中华内科杂志,2016,55(12):950-952.
- [8] Wang G, Ji X, Xu Y, et al. Lung ultrasound: a promising tool to monitor ventilator-associated pneumonia in critically ill patients[J]. Crit Care,2016,20(1):320.
- [9] Huppert LA, Matthay MA, Ware LB. Pathogenesis of Acute Respiratory Distress Syndrome[J]. Semin Respir Crit Care Med,2019,40(1):31-39.
- [10] Tasaka S, Ohshimo S, Takeuchi M, et al. ARDS Clinical Practice Guideline 2021[J]. J Intensive Care,2022,10(1):32.
- [11] Bernard GR, Artigas A, Brigham KL, et al. The American-European Consensus Conference on ARDS. Definitions, mechanisms, relevant outcomes, and clinical trial coordination[J]. Am J Respir Crit Care Med,1994,149(3 Pt 1):818-824.
- [12] Pham T, Rubenfeld GD. Fifty Years of Research in ARDS. The Epidemiology of Acute Respiratory Distress Syndrome. A 50th Birthday Review[J]. Am J Respir Crit Care Med,2017,195(7):860-870.
- [13] Allinovi M, Parise A, Giacalone M, et al. Lung Ultrasound May Support Diagnosis and Monitoring of COVID-19 Pneumonia[J]. Ultrasound Med Biol,2020,46(11):2908-2917.
- [14] 朱海云,段军,孙艳文,等. 急诊床旁肺部超声在诊断 ICU 术后低氧血症中的价值[J]. 中国中西医结合急救杂志,2019,26(3):293-295.
- [15] Brat R, Yousef N, Klifa R, et al. Lung Ultrasonography Score to Evaluate Oxygenation and Surfactant Need in Neonates Treated With Continuous Positive Airway Pressure[J]. JAMA Pediatr,2015,169(8):e151797.
- [16] 张颖,连细华,黄顺发,等. 肺部超声与高分辨率 CT 评估间质性肺疾病的对比研究[J]. 临床超声医学杂志,2021,23(5):365-368.
- [17] Broderick, Joseph C, et al. Combat Trauma-Related Acute Respiratory Distress Syndrome: A Scoping Review[J]. Crit Care Explor,2022,4(9):e0759.
- [18] 刘月,郭丽苹,杨爽,等. 床旁肺超声实时动态评估危重症患者肺炎病情严重程度的应用价值[J]. 临床急诊杂志,2022,23(2):87-90.
- [19] Koch V, Gruenewald LD, Albrecht MH, et al. Lung Opacity and Coronary Artery Calcium Score: A Combined Tool for Risk Stratification and Outcome Prediction in COVID-19 Patients[J]. Acad Radiol,2022: S1076-6332(22)00129-5.
- [20] 彭誉,李佳. 肺超声在静脉-静脉体外膜肺患者行俯卧位通气治疗中的应用价值[J]. 临床急诊杂志,2021,22(9):603-608.
- [21] Chiumello D, Mongodi S, Algieri I, et al. Assessment of Lung Aeration and Recruitment by CT Scan and Ultrasound in Acute Respiratory Distress Syndrome Patients[J]. Crit Care Med,2018,46(11):1761-1768.
- [22] Biasucci DG, Buonsenso D, Piano A, et al. Lung ultrasound predicts non-invasive ventilation outcome in COVID-19 acute respiratory failure: a pilot study[J]. Minerva Anesthesiol,2021,87(9):1006-1016.
- [23] 高平,许茵苒,劳妙婵. 阻塞性通气功能障碍合并肺动脉高压患者肺叶平均 CT 值差异性的研究[J]. 国际呼吸杂志,2020,40(23):1796-1800.
- [24] Zieleskiewicz L, Markarian T, Lopez A, et al. Comparative study of lung ultrasound and chest computed tomography scan in the assessment of severity of confirmed COVID-19 pneumonia [J]. Intensive Care Med,2020,46(9):1707-1713.

(收稿日期:2022-07-03)