

经胸肺部超声彗尾征及血管外肺水指数在脓毒症患者预后评估中的价值

张晓勤 李春玲 潘灵爱 王艺萍 黄晓波

四川省医学科学院·四川省人民医院重症医学科,成都 610072

通信作者:黄晓波,Email:2082632117@qq.com

【摘要】目的 探讨经胸肺部超声彗尾征及血管外肺水指数(EVLWI)对脓毒症患者预后的评估价值。**方法** 采用前瞻性队列研究设计,入选2016年11月至2019年10月四川省人民医院重症监护病房(ICU)收治的60例脓毒症患者。应用脉搏指示持续心排量(PiCCO)监测0、24、48、72 h EVLWI和肺血管通透性指数(PVPI);同一时间点经胸肺部超声检查,计算双肺(胸骨旁、锁骨中线、腋前线到腋中线)彗尾征总数;同时测定动脉血气分析,如pH值、中心静脉-动脉血二氧化碳分压差(P_{cv-aCO_2})、中心静脉血氧饱和度($ScvO_2$)、血乳酸(Lac)、氧合指数(PaO_2/FiO_2)等,对彗尾征数目与EVLWI进行Pearson相关性分析。以28 d转归作为预后终点,采用多因素Logistic回归模型分析彗尾征数目、EVLWI等变量与预后结局的关系,并绘制受试者工作特征曲线(ROC曲线)预测患者预后。**结果** 60例脓毒症患者中男性43例,女性17例;年龄31~83岁,平均(64.3 ± 15.5)岁;肺部感染35例,腹腔感染10例,泌尿道感染6例,皮肤软组织感染3例,肠道感染3例,脑膜炎1例,蜂窝织炎1例,多发伤1例;8例并发急性呼吸窘迫综合征(ARDS);28 d存活40例(66.7%),死亡20例(33.3%)。Pearson相关性分析显示,彗尾征数目与EVLWI呈显著正相关($r=0.944, P<0.001$)。不同原发感染灶脓毒症患者彗尾征数目差异存在统计学意义($H=17.714, P<0.001$),肺部感染脓毒症患者彗尾征数目[19(13, 27)条]明显多于其他部位感染患者;并发ARDS患者的彗尾征数目显著多于未合并ARDS患者[条:27(19, 30)比15(9, 24), $H=25.387, P<0.001$]。多因素Logistic回归分析显示,EVLWI、肺部超声彗尾征数目、PVPI为脓毒症患者死亡的独立危险因素[优势比(OR)和95%可信区间(95%CI)分别为10.772(1.161~99.851)、2.360(1.070~5.202)、2.042(1.152~3.622),均 $P<0.05$]。基于肺部超声彗尾征和EVLWI构建的Logistic回归模型预测脓毒症患者28 d预后的准确率达90.0%,敏感度为90.0%,特异度为90.0%,阳性预测值为81.8%,阴性预测值为94.7%,ROC曲线下面积(AUC)为 0.926 ± 0.018 ,95%CI为0.912~0.975, $P<0.001$ 。**结论** 脓毒症患者肺部超声彗尾征与PiCCO监测的EVLWI具有高度相关性;肺部超声彗尾征联合EVLWI可以更好地提高预测脓毒症患者28 d预后的敏感度、特异度及准确性。

【关键词】 脓毒症; 超声检查; 彗尾征; 血管外肺水; Logistic回归模型

基金项目: 四川省科技厅项目(2014SZ0011);四川省干部保健课题(川干研2019-219);四川省人民医院苗圃课题(2014043)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200414-00294

Prognostic value of transthoracic lung ultrasound comet-tail and extravascular lung water index in septic patients

Zhang Xiaoqin, Li Chunling, Pan Ling'ai, Wang Yiping, Huang Xiaobo

Department of Critical Care Medicine, Sichuan Academy of Medical Sciences & Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu 610072, Sichuan, China

Corresponding author: Huang Xiaobo, Email: 2082632117@qq.com

【Abstract】Objective To evaluate the prognostic value of transthoracic lung ultrasound comet-tail and extravascular lung water index (EVLWI) in septic patients. **Methods** A prospective cohort study was conducted. Sixty septic patients admitted to department of intensive care unit (ICU) of Sichuan Provincial People's Hospital from November 2016 to October 2019 were enrolled. The EVLWI and pulmonary vascular permeability index (PVPI) were determined by pulse-indicated continuous cardiac output (PiCCO) system at 0, 24, 48 and 72 hours. At the same time, the numbers of comet tail signs in both lungs (parasternal, midclavicular, axillary to midaxillary) were collected by chest ultrasound. Moreover, arterial blood gas analysis, such as pH value, central venous-to-arterial carbon dioxide difference (P_{cv-aCO_2}), central venous oxygen saturation ($ScvO_2$), blood lactic acid (Lac), PaO_2/FiO_2 were measured. Pearson correlation analysis was performed between the number of comet-tail sign and EVLWI. Multivariate Logistic regression model was used to analyze the relationship between the number of comet-tail sign, EVLWI and prognosis. Receiver operator characteristic curve (ROC curve) was drawn to predict the prognosis. **Results** There were 43 males and 17 females in 60 septic patients. The average age was (64.3 ± 15.5) years old (range: 31-83 years old). There were 35 cases with pulmonary infection, 10 cases with abdominal infection, 6 cases with urinary tract infection, 3 cases with skin and soft tissue infection, 3 cases with intestinal infection, 1 case with meningitis, 1 case with cellulitis and 1 case

with multiple injury. Acute respiratory distress syndrome (ARDS) occurred with 8 patients; 40 patients (66.7%) survived and 20 patients (33.3%) died on day 28. Pearson correlation analysis showed that the number of comet-tail sign was positively correlated with EVLWI ($r = 0.944, P < 0.001$). There was significant difference in the number of comet-tail signs among sepsis patients with different primary infection sites ($H = 17.714, P < 0.001$). The number of comet-tail signs in sepsis patients with pulmonary infection [19 (13, 27)] was significantly higher than that with other infections. The number of comet-tail sign in patients with ARDS was significantly higher than that in patients without ARDS [27 (19, 30) vs. 15 (9, 24), $H = 25.387, P < 0.001$]. Multivariate Logistic regression analysis showed that EVLWI, the number of comet-tail signs and PVPI were independent risk factors for death in septic patients [odds ratio (OR) and 95% confidence interval (95%CI) were 10.772 (1.161–99.851), 2.360 (1.070–5.202), 2.042 (1.152–3.622), all $P < 0.05$]. The accuracy, sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value of Logistic regression model based on comet-tail sign and EVLWI were 90.0%, 90.0%, 90.0%, 81.8%, 94.7%, respectively, and area under curve (AUC) were 0.926 ± 0.018 , 95%CI was 0.912–0.975, $P < 0.001$. **Conclusions** The transthoracic lung ultrasound comet-tail in septic patients is significantly correlated with EVLWI monitored by PiCCO. The transthoracic lung ultrasound comet-tail combined with EVLWI can better improve the sensitivity, specificity and accuracy of 28-day prognosis in septic patients.

【Key words】 Sepsis; Ultrasonography; Comet-tail; Extravascular lung water; Logistic regression model

Fund program: Sichuan Science and Technology Department Project of China (2014SZ0011); Sichuan Cadre Health Care Project of China (2019–219); Sichuan Provincial People's Hospital Nursery Project of China (2014043)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200414-00294

血管外肺水指数 (extravascular lung water index, EVLWI) 是评价肺水肿的重要指标, EVLWI 增高是患者死亡的独立危险因素^[1]。通过对 EVLWI 的监测可判断肺水肿的严重程度, 从而帮助临床医生进行液体管理调控^[2-3]。脉搏指示持续心排量监测 (pulse-indicated continuous cardiac output, PiCCO) 技术可准确获得 EVLWI, 但由于 PiCCO 价格昂贵且为侵入性操作, 有并发导管相关性感染的风险, 因此限制了其在评估危重患者 EVLWI 中的应用^[4-5]。国外研究表明, 经胸肺部超声对肺部疾病诊断的敏感度和特异度明显优于胸部 X 线^[6-7], 甚至与 CT 和磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 相比也具有较好的可比性^[8]。经胸肺部超声检查可出现特征性的彗尾征, 且随着血管外肺水量的变化, 彗尾的数量也呈动态变化, 这使彗尾征定量评估 EVLWI 成为可能。近年来, 床旁肺部超声逐步应用于重症患者^[9], 但国内有关脓毒症患者彗尾征数目与 PiCCO 监测的 EVLWI 之间的相关性及预后研究鲜见报道。本研究中对脓症患者液体管理过程中经胸肺部超声检查结果与 PiCCO 监测 EVLWI 进行相关性分析, 并探讨经胸肺部超声彗尾征及 EVLWI 对脓症患者预后的评估价值。

1 对象与方法

1.1 研究对象: 采用前瞻性队列研究设计, 入选 2016 年 11 月至 2019 年 10 月收入四川省人民医院重症监护病房 (intensive care unit, ICU) 且行 PiCCO 监测的 60 例脓症患者作为研究对象。

1.1.1 纳入标准: 年龄 ≥ 18 岁; 符合国际脓毒症 / 脓

毒性休克治疗指南推荐的脓毒症诊断标准^[10-11]。

1.1.2 排除标准: ① 有肺叶或全肺切除病史; ② 胸内巨大占位性病变、肺栓塞、严重气胸、心腔肿瘤、心内分流者; ③ ICU 停留 < 24 h; ④ 存在 PiCCO 置入禁忌证。

1.2 伦理学: 本研究符合医学伦理学标准, 通过医院伦理委员会批准 (审批号: 2016-126), 患者家属知情同意并签署治疗同意书。

1.3 研究方法: 入组患者安置 PiCCO 后分别于 0、24、48、72 h 收集 EVLWI 数据, 并于同一时间点经胸肺部超声检查收集双肺彗尾征数目。

1.3.1 PiCCO 监测: 经股动脉放置 PiCCO 动脉导管 (PV2014L16, 德国 PULSION 公司), 经颈内静脉或者锁骨下静脉放置双腔中心静脉导管 (ARROWCS-15802-F)。每隔 6 h 利用热稀释法, 连续 3 次经中心静脉导管注入冰盐水, 计算平均值并进行校正, 通过 PiCCO 监护界面可直接获取 EVLWI、肺血管通透性指数 (pulmonary vascular permeability index, PVPI)。

1.3.2 经胸肺部超声检查: 患者取仰卧位或半卧位, 使用荷兰飞利浦 IE Elie 彩色超声诊断仪, 凸阵探头 (1~5 MHz), 从胸骨旁、锁骨中线、腋前线到腋中线, 对左侧第 2~4 肋间、右侧第 2~5 肋间分别进行扫查并记录每个位点彗尾征数目, 然后合计 28 个位点彗尾征总数^[12]。分别由 2 名经过培训的 ICU 医生进行彗尾征独立测定, 并取平均值记录。

1.3.3 血气分析: 同时取患者动脉血, 测定 pH 值、中心静脉 - 动脉血二氧化碳分压差 (central venous-to-arterial carbon dioxide difference, Pcv-aCO₂)、中心

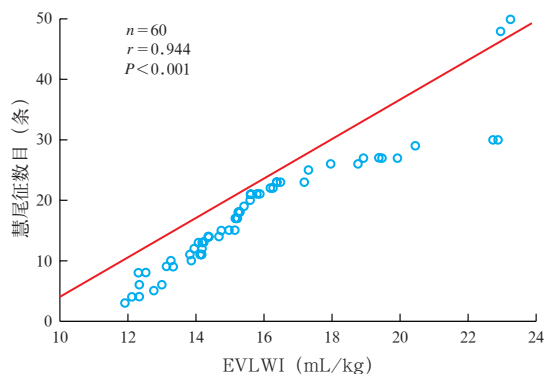
静脉血氧饱和度(central venous oxygen saturation, ScvO₂)、氧合指数(PaO₂/FiO₂)、血乳酸(lactic acid, Lac)等。

1.4 统计学分析:用SPSS 16.0软件对数据进行统计学处理。满足正态分布的计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较用独立样本 *t* 检验;非正态分布的计量资料以中位数(四分位数)[$M(Q_L, Q_U)$]表示,组间比较用非参数 Kruskal-Wallis 秩和检验。计数资料以率(%)进行描述,组间比较采用 χ^2 检验。彗尾征数目与 EVLWI 进行 Pearson 相关性分析。以 28 d 转归为研究终点,采用多因素 Logistic 回归模型分析彗尾征数目、EVLWI 等变量与预后的关系,并绘制受试者工作特征曲线(receiver operator characteristic curve, ROC 曲线)预测预后。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者基本资料:共纳入 60 例脓毒症患者,其中男性 43 例,女性 17 例;年龄 31~83 岁,平均(64.3 ± 15.5)岁;体质指数(23.2 ± 2.1)kg/m²;原发感染灶:肺部感染 35 例,腹腔感染 10 例,泌尿道感染 6 例,皮肤软组织感染 3 例,消化系统肠道感染 3 例,脑膜炎 1 例,蜂窝织炎 1 例,多发伤 1 例;8 例患者并发急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS);28 d 存活 40 例(66.7%),死亡 20 例(33.3%)。

2.2 肺部超声彗尾征数目与 EVLWI 的相关性(图 1):60 例患者均接受经胸肺部超声检查,检出彗尾征中位数 17(11, 23)条,其中有 19 例患者彗尾征数目始终少于 10 条,有 32 例患者彗尾征数目始终多于 10 条,有 9 例患者彗尾征数目在治疗过程中有增加。Pearson 相关性分析显示,彗尾征数目与 EVLWI 呈显著正相关($r=0.944, P < 0.001$)。



注: EVLWI 为血管外肺水指数

图 1 脓毒症患者肺部超声彗尾征数目与 EVLWI 的相关性

2.3 不同致病因素脓毒症患者肺部超声彗尾征数目(表 1):不同原发感染灶脓毒症患者之间肺部超声彗尾征数目差异存在统计学意义($H=17.714, P < 0.001$),肺部感染脓毒症患者超声彗尾征数目明显多于其他部位感染患者。按照是否并发 ARDS 分层分析可见,并发 ARDS 患者彗尾征数目显著多于未并发 ARDS 患者($H=25.387, P < 0.001$)。

表 1 不同致病因素脓毒症患者肺部超声彗尾征数目比较

致病因素	彗尾征数目 [条, $M(Q_L, Q_U)$]	H 值	P 值
原发感染灶		17.714	<0.001
肺部感染	19(13, 27)		
腹腔感染	13(9, 19)		
泌尿道感染	14(9, 21)		
皮肤软组织感染	12(6, 17)		
肠道感染	15(11, 24)		
其他	12(7, 17)		
是否并发 ARDS		25.387	<0.001
并发 ARDS	27(19, 30)		
未并发 ARDS	15(9, 24)		

注: ARDS 为急性呼吸窘迫综合征

2.4 脓毒症预后的 Logistic 回归分析(表 2):以脓毒症患者 28 d 预后作为因变量(死亡=1,存活=0),以性别、年龄、EVLWI、PVPI、肺部超声彗尾征数目、Pcv-aCO₂、ScvO₂、Lac、PaO₂/FiO₂ 作为自变量,进行单因素分析,结果显示, EVLWI、肺部超声彗尾征数目、PVPI、Lac 为脓毒症患者 28 d 死亡的危险因素,年龄、PaO₂/FiO₂ 为预测预后的保护因素(均 $P < 0.05$);进一步进行多因素 Logistic 回归分析(向前逐步回归法,变量入选标准=0.05,剔除标准为 0.1)显示, EVLWI、肺部超声彗尾征数目、PVPI 均为脓毒症患者 28 d 死亡的独立危险因素(均 $P < 0.05$)。

2.5 Logistic 回归模型对脓毒症患者死亡的预测分析(表 3):基于肺部超声彗尾征和 EVLWI 构建 Logistic 回归模型,利用该模型对这 60 例脓毒症患者预后进行预测,如果回归值 > 0.5 判断为死亡,回归值 ≤ 0.5 则判断为存活,结果显示,模型预测准确率为 90.0%(54/60),敏感度为 90.0%(18/20),特异度为 90.0%(36/40),阳性预测值为 81.8%(18/22),阴性预测值为 94.7%(36/38)。

2.6 ROC 曲线分析(图 2):以 Logistic 回归模型预测脓毒症患者死亡的曲线下面积(area under the curve, AUC)为 0.926 ± 0.018,95% 可信区间(95% confidence interval, 95% CI)为 0.912 ~ 0.975, $P < 0.001$ 。说明该模型对患者死亡具有较好的预测效果。

表 2 脓毒症患者 28 d 死亡危险因素的单因素及多因素 Logistic 回归分析

变量	单因素 Logistic 回归分析		
	OR 值	95%CI	P 值
性别	1.332	0.388 ~ 4.575	0.646
年龄	0.944	0.900 ~ 0.992	0.022
EVLWI	6.961	1.994 ~ 24.293	0.002
肺部超声彗尾征数目	2.880	1.397 ~ 5.395	0.004
PVPI	1.770	1.228 ~ 2.552	0.002
Lac	28.797	2.588 ~ 320.324	0.023
PaO ₂ /FiO ₂	0.980	0.967 ~ 0.994	0.009

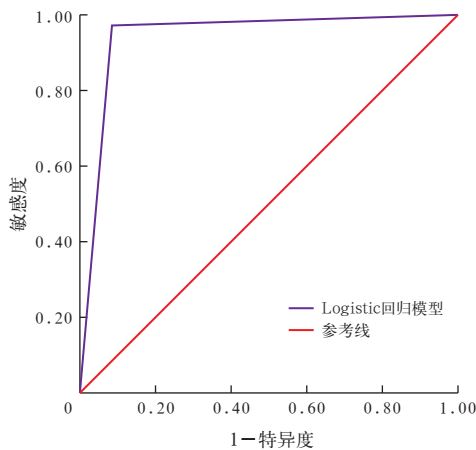
变量	多因素 Logistic 回归分析		
	OR 值	95%CI	P 值
EVLWI	10.772	1.161 ~ 99.851	0.033
肺部超声彗尾征数目	2.360	1.070 ~ 5.202	0.036
PVPI	2.042	1.152 ~ 3.622	0.015
PaO ₂ /FiO ₂	0.794	0.668 ~ 0.943	0.080

注：EVLWI 为血管外肺水指数，PVPI 为肺血管通透性指数，Lac 为血乳酸，PaO₂/FiO₂ 为氧合指数，OR 为优势比，95%CI 为 95% 可信区间

表 3 基于肺部超声彗尾征和 EVLWI 构建的 Logistic 回归模型对脓毒症患者死亡的预测结果

Logistic 回归模型 预测结果	28 d 预后结局 (例)		合计 (例)
	死亡	存活	
死亡	18	4	22
存活	2	36	38
合计	20	40	60

注：EVLWI 为血管外肺水指数



注：EVLWI 为血管外肺水指数，ROC 曲线为受试者工作特征曲线

图 2 基于肺部超声彗尾征和 EVLWI 构建的 Logistic 回归模型预测脓毒症患者 28 d 死亡的 ROC 曲线

3 讨论

脓毒症因其较高病死率而受到全世界的广泛关注，目前仍然是威胁人类健康的重要疾病^[13]。脓毒症的血流动力学特点主要表现为体循环阻力下降、心排血量增高，而早期液体治疗是脓毒症血流动力学不稳定患者公认的关键治疗方式之一^[14]。在越来越多的重症患者血流动力学相关参数研究中，均

证实 EVLWI 可用于肺水肿的诊断、预后结局预测；同时，EVLWI 在液体管理调控、并发症预测等方面同样具有重要应用价值^[15-16]。EVLWI 是评价肺水肿非常重要的指标，特别是对于合并 ARDS 的重症患者，过多的血管外肺水是增加死亡的独立危险因素^[17]。通过对 EVLWI 的监测可判断肺水肿的严重程度，从而帮助临床医生进行液体管理调控，已有研究证明限制性和保守性液体管理可显著改善氧合，缩短机械通气时间和 ICU 住院时间^[18]。

PiCCO 监测 EVLWI 能直观、准确地反映肺水肿的严重程度，但由于费用昂贵、存在相关感染风险，故在危重症患者 EVLWI 评估及肺水肿诊断中受到一定限制。而通过肺部超声探查双侧胸壁（左侧第 2~4 肋间、右侧第 4~5 肋间）胸骨旁、锁骨中线、腋前线及腋中线彗尾征，计算彗尾征总数来判断血管外肺水严重程度，具有无创、感染风险小、可反复使用等优点。EVLWI 可以客观、定量地反映患者肺水肿程度，本研究中对脓毒症患者进行肺部超声检查，发现超声彗尾征数目与 EVLWI 呈显著正相关。造成患者肺部超声彗尾征的病因很多，常见原因包括心源性肺水肿和 ARDS 等。本研究也证实，并发 ARDS 患者彗尾征数目显著多于未并发 ARDS 患者，同时肺部感染患者彗尾征数目明显多于其他部位感染患者。Zhao 等^[19]对 21 例 ARDS 患者进行肺部超声检查，发现彗尾征数目与 PiCCO 监测的 EVLWI 呈正相关；肺部超声检查和 PiCCO 监测预测患者死亡的 AUC 分别为 0.846、0.918。提示肺部超声用于重症患者肺水监测具有较好的效果，肺部超声对脓毒症患者病情严重程度有着重要的预测意义。另外，随着脓毒症患者病情严重程度加重，28 d 病死率也逐渐增加^[20-21]。

本研究中通过对影响脓毒症患者 28 d 死亡的主要危险因素进行单因素及多因素 Logistic 回归分析，结果显示，EVLWI、肺部超声彗尾征数目、PVPI 增高为脓毒症患者 28 d 死亡的独立危险因素，与 Jozwiak 等^[22]对 200 例 ARDS 患者预后分析 EVLWI 和 PVPI 是独立预后因素的结果相符。基于肺部超声彗尾征和 EVLWI 构建的 Logistic 回归模型能够很好地预测脓毒症患者 28 d 预后，预测准确率达 90.0%，敏感度为 90.0%，特异度为 90.0%，阳性预测值为 81.8%，阴性预测值为 94.7%，用于评价模型拟合优度的 AUC > 0.9 (P < 0.001)，表明该曲线的拟合优度及预测效果均非常理想，进一步验证了肺部超

声彗尾征联合 EVLWI 对脓毒症患者 28 d 死亡风险的鉴别诊断具有非常高的应用价值。

综上所述,肺部超声彗尾征数目、PiCCO 监测的 EVLWI 均能客观地反映脓毒症患者血管外肺水的严重程度,二者具有高度相关性,且肺部超声联合 EVLWI 可以更好地提高预测患者 28 d 死亡的敏感度、特异度及准确性。因此,应用无创经胸肺部超声可实时、动态地对脓毒症患者肺水进行监测,为预测脓毒症患者预后提供一种无创、无辐射、经济、简单、方便的床旁检查方法。然而本研究仍然存在一些不足之处,如研究数据来源为单中心,受研究时间短、样本量较少等因素的影响,可能会对结果造成偏差,进一步可以扩大样本量进行多中心、更长时间的前瞻性研究对本研究结论加以佐证。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Wimalasena Y, Windsor J, Edsell M. Using ultrasound lung comets in the diagnosis of high altitude pulmonary edema: fact or fiction? [J]. *Wilderness Environ Med*, 2013, 24 (2): 159–164. DOI: 10.1016/j.wem.2012.10.005.
- [2] 中国医师协会急诊医师分会. 中国急诊感染性休克临床实践指南 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2016, 25 (3): 274–287. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2016.03.005.
Chinese Medical Doctor Association Emergency Physicians Branch. Chinese emergency septic shock clinical practice guidelines [J]. *Chin J Emerg Med*, 2016, 25 (3): 274–287. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2016.03.005.
- [3] 陆国平, 闫钢凤. 脓毒性休克的液体复苏治疗进展 [J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2016, 31 (6): 408–412. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-428X.2016.06.003.
Lu GP, Yan GF. Progress in fluid resuscitation of septic shock [J]. *Chin J Appl Clin Pediatr*, 2016, 31 (6): 408–412. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-428X.2016.06.003.
- [4] Jozwiak M, Teboul JL, Monnet X. Extravascular lung water in critical care: recent advances and clinical applications [J]. *Ann Intensive Care*, 2015, 5 (1): 38. DOI: 10.1186/s13613-015-0081-9.
- [5] Liu H, Liu Y, Sun JK, et al. Extravascular lung water monitoring of renal replacement therapy in lung water scavenging for septic acute kidney injury [J]. *Int J Clin Exp Med*, 2015, 8 (10): 18907–18916.
- [6] Trezzi M, Torzillo D, Ceriani E, et al. Lung ultrasonography for the assessment of rapid extravascular water variation: evidence from hemodialysis patients [J]. *Intern Emerg Med*, 2013, 8 (5): 409–415. DOI: 10.1007/s11739-011-0625-4.
- [7] Abdalla W, Elgendy M, Abdelaziz AA, et al. Lung ultrasound versus chest radiography for the diagnosis of pneumothorax in critically ill patients: a prospective, single-blind study [J]. *Saudi J Anaesth*, 2016, 10 (3): 265–269. DOI: 10.4103/1658-354X.174906.
- [8] 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. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2019.03.009.
Zhu HY, Duan J, Sun YW, et al. The diagnostic value of bedside lung ultrasound in emergency for patients with postoperative hypoxemia in intensive care unit [J]. *Chin J TCM WM Crit Care*, 2019, 26 (3): 293–295. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2019.03.009.
- [9] Theerawit P, Touman N, Sutherland Y, et al. Transthoracic ultrasound assessment of B-lines for identifying the increment of extravascular lung water in shock patients requiring fluid resuscitation [J]. *Indian J Crit Care Med*, 2014, 18 (4): 195–199. DOI: 10.4103/0972-5229.130569.
- [10] Dellinger RP, Levy MM, Rhodes A, et al. Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of severe sepsis and septic shock: 2012 [J]. *Crit Care Med*, 2013, 41 (2): 580–637. DOI: 10.1097/CCM.0b013e31827e83af.
- [11] Rhodes A, Evans LE, Alhazzani W, et al. Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock: 2016 [J]. *Intensive Care Med*, 2017, 43 (3): 304–377. DOI: 10.1007/s00134-017-4683-6.
- [12] Baldi G, Gargani L, Abramo A, et al. Lung water assessment by lung ultrasonography in intensive care: a pilot study [J]. *Intensive Care Med*, 2013, 39 (1): 74–84. DOI: 10.1007/s00134-012-2694-x.
- [13] 肖为. 脓毒症治疗的现状与新进展 [J]. *医学综述*, 2014, 20 (8): 1425–1429. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2084.2014.08.028.
Xiao W. Current situation and new progress of sepsis treatment [J]. *Med Recapitulate*, 2014, 20 (8): 1425–1429. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2084.2014.08.028.
- [14] 舒艾娅, 付宜龙, 罗艳, 等. 血管外肺水指数在老年脓毒症患者早期液体复苏治疗中的应用价值 [J]. *中国老年学杂志*, 2015, 35 (16): 4635–4637. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2015.16.100.
Shu AY, Fu YL, Luo Y, et al. Application value of extravascular pulmonary water index in early fluid resuscitation in elderly patients with sepsis [J]. *Chin J Gerontol*, 2015, 35 (16): 4635–4637. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2015.16.100.
- [15] Wolf S, Riess A, Landscheidt JF, et al. How to perform indexing of extravascular lung water: a validation study [J]. *Crit Care Med*, 2013, 41 (4): 990–998. DOI: 10.1097/CCM.0b013e318275cd75.
- [16] 李军, 支永乐, 秦英智, 等. 以血管外肺水指数为导向的危重患者的容量评估 [J]. *中华危重病急救医学*, 2015, 27 (1): 33–37. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.01.008.
Li J, Zhi YL, Qin YZ, et al. Assessment of fluid volume in critically ill patients with extravascular lung water index [J]. *Chin Crit Care Med*, 2015, 27 (1): 33–37. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.01.008.
- [17] 付鹏, 周国庆. 急性呼吸窘迫综合征患者血管外肺水临床变化的研究进展 [J]. *医学综述*, 2016, 22 (5): 967–970. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2084.2016.05.038.
Fu P, Zhou GQ. Research progress of extravascular lung water in patients with acute respiratory distress syndrome [J]. *Med Recapitulate*, 2016, 22 (5): 967–970. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2084.2016.05.038.
- [18] 胡雪珍, 龚裕强, 杨鹏, 等. 血管外肺水指数和肺血管通透性指数评估重症患者急性呼吸窘迫综合征程度的可靠性 [J]. *中华麻醉学杂志*, 2016, 36 (1): 88–91. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1416.2016.01.025.
Hu XZ, Gong YQ, Yang P, et al. Reliability of extravascular lung water index and pulmonary vascular permeability index in assessing severity of acute respiratory distress syndrome in critically ill patients [J]. *Chin J Anesthesiol*, 2016, 36 (1): 88–91. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1416.2016.01.025.
- [19] Zhao Z, Jiang L, Xi XM, et al. Prognostic value of extravascular lung water assessed with lung ultrasound score by chest sonography in patients with acute respiratory distress syndrome [J]. *BMC Pulm Med*, 2015, 15: 98. DOI: 10.1186/s12890-015-0091-2.
- [20] 卢年芳, 姜利, 朱波, 等. 血浆组蛋白预测脓毒症患者的预后价值 [J]. *中华危重病急救医学*, 2019, 31 (6): 674–679. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.06.003.
Lu NF, Jiang L, Zhu B, et al. Prediction value of plasma histone in prognosis of sepsis patients [J]. *Chin Crit Care Med*, 2019, 31 (6): 674–679. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.06.003.
- [21] 贺小丽, 李德渊, 乔莉娜, 等. 脓毒症流行病学及预后的研究进展 [J]. *中华危重病急救医学*, 2018, 30 (5): 486–489. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.05.019.
He XL, Li DY, Qiao LN, et al. Progress of epidemiology and outcome for sepsis [J]. *Chin Crit Care Med*, 2018, 30 (5): 486–489. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.05.019.
- [22] Jozwiak M, Silva S, Persichini R, et al. Extravascular lung water is an independent prognostic factor in patients with acute respiratory distress syndrome [J]. *Crit Care Med*, 2013, 41 (2): 472–480. DOI: 10.1097/CCM.0b013e31826ab377.

(收稿日期: 2020-04-14)