

ARDS 患者机械功与肺部超声评分的相关性 以及二者对预后的评估价值

谢永鹏¹ 钱颖¹ 刘克喜¹ 刘素霞¹ 郑慧¹ 曹立娟¹ 李小民²

¹徐州医科大学附属连云港医院重症医学科,江苏连云港 222000; ²徐州医科大学附属连云港医院急诊科,江苏连云港 222000

通信作者:李小民, Email: lyglxm1@163.com

【摘要】 目的 探讨急性呼吸窘迫综合征(ARDS)患者机械功(MP)与肺部超声评分(LUS)的相关性及其对预后的评估价值。方法 选择2017年1月至2019年3月徐州医科大学附属连云港医院重症医学科(ICU)收治的行有创机械通气治疗的中重度ARDS患者,记录患者入ICU 0、24、48、72 h的MP和LUS评分。根据28 d预后将患者分为死亡组和存活组,分析患者MP和LUS评分的变化趋势以及组间差异;采用双变量相关分析MP与LUS评分以及二者与急性生理学与慢性健康状况评分II(APACHE II)、序贯器官衰竭评分(SOFA)、氧合指数($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$)、血乳酸(Lac)的相关性;采用受试者工作特征曲线(ROC)分析入ICU 0 h、72 h的MP和LUS评分对中重度ARDS患者28 d病死率的预测价值。结果 最终入选83例患者,28 d死亡32例,存活51例。入ICU时,死亡组Lac、APACHE II及SOFA评分显著高于存活组, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 显著低于存活组,其他基线指标差异均无统计学意义。随治疗时间的延长,存活组MP和LUS评分均呈明显下降趋势,而死亡组则呈显著上升趋势;死亡组0、24、48、72 h MP和LUS评分均明显高于存活组[MP(J/min): 20.97 ± 3.34 比 17.20 ± 4.71 , 21.56 ± 3.48 比 16.87 ± 3.85 , 22.72 ± 2.97 比 16.13 ± 3.52 , 25.81 ± 3.46 比 15.24 ± 3.78 ; LUS评分(分): 19.17 ± 3.31 比 16.27 ± 4.28 , 20.28 ± 3.65 比 15.27 ± 3.23 , 21.53 ± 4.32 比 13.63 ± 3.71 , 23.94 ± 3.82 比 12.53 ± 2.94 , 均 $P < 0.05$]。入ICU 0、24、48、72 h MP与LUS评分均呈显著正相关(r 值分别为0.547、0.577、0.754和0.783,均 $P < 0.01$)。入ICU首次MP和LUS评分均与SOFA评分、 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 呈显著正相关(r 值分别为0.421、0.450和0.409、0.536,均 $P < 0.01$),而与Lac和APACHE II评分均无相关性。ROC曲线分析显示,0 h、72 h的MP、LUS评分对患者28 d病死率均有预测价值[MP的ROC曲线下面积(AUC)分别为0.836、0.867, LUS评分分别为0.820、0.891,均 $P < 0.01$]。结论 中重度ARDS患者MP与LUS评分具有显著相关性;MP和LUS评分可早期对中重度ARDS患者28 d预后进行评估。

【关键词】 急性呼吸窘迫综合征; 机械功; 肺部超声评分; 预后

基金项目:江苏省连云港市科技计划项目(SH1601)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.06.009

Correlation analysis between mechanical power and lung ultrasound score and their evaluation of prognosis in patients with acute respiratory distress syndrome

Xie Yongpeng¹, Qian Ying¹, Liu Kexi¹, Liu Suxia¹, Zheng Hui¹, Cao Lijuan¹, Li Xiaomin²

¹Department of Critical Care Medicine, Lianyungang Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Lianyungang 222000, Jiangsu, China; ²Department of Emergency Medicine, Lianyungang Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Lianyungang 222000, Jiangsu, China

Corresponding author: Li Xiaomin, Email: lyglxm1@163.com

【Abstract】 **Objective** To investigate the clinical correlations between mechanical power (MP) and lung ultrasound score (LUS), and analyze their evaluation value of prognosis in patients with acute respiratory distress syndrome (ARDS). **Methods** Patients with moderate to severe ARDS, who underwent invasive mechanical ventilation admitted to intensive care unit (ICU) of the Lianyungang Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University from January 2017 to March 2019 were enrolled. The MP and LUS were recorded 0, 24, 48 and 72 hours after ICU admission. The patients were divided into death group and survival group according to the 28-day prognosis. The trends of MP and LUS in the two groups and their differences between groups were analyzed. Then the MP and LUS were analyzed by bivariate correlation analysis, and their correlations with acute physiology and chronic health evaluation II (APACHE II), sequential organ failure assessment (SOFA), oxygenation index ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$), and blood lactate (Lac) were also analyzed. The predictive value of MP and LUS 0 hour and 72 hours in ICU for 28-day mortality in patients with moderate to severe ARDS was analyzed by receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results** At the end, 83 patients were enrolled, with 32 died and 51 survived in 28-day. The Lac level, APACHE II and SOFA in the death group were significantly higher than those in the survival group, while $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ was significantly lower than the survival group, and the other baseline indicators were not statistically significant between the two groups. As the treatment time increased, the MP and LUS of the survival group showed a significant decrease trend, while the death group showed a significant upward trend.

The MP and LUS of the death group 0, 24, 48, 72 hours after ICU admission were significantly higher than those of the survival group [MP (J/min): 20.97 ± 3.34 vs. 17.20 ± 4.71 , 21.56 ± 3.48 vs. 16.87 ± 3.85 , 22.72 ± 2.97 vs. 16.13 ± 3.52 , 25.81 ± 3.46 vs. 15.24 ± 3.78 ; LUS: 19.17 ± 3.31 vs. 16.27 ± 4.28 , 20.28 ± 3.65 vs. 15.27 ± 3.23 , 21.53 ± 4.32 vs. 13.63 ± 3.71 , 23.94 ± 3.82 vs. 12.53 ± 2.94 , all $P < 0.05$]. There was a significant positive correlation between MP and LUS 0, 24, 48, 72 hours after ICU admission (r value was 0.547, 0.577, 0.754, and 0.783, respectively, all $P < 0.01$). The MP and LUS at 0 hour of ICU admission were significantly positively correlated with SOFA and $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ (r value was 0.421, 0.450, and 0.409, 0.536, respectively, all $P < 0.01$), but no correlation with Lac and APACHE II was found. The ROC curve analysis showed that the MP and LUS at 0 hour and 72 hours had predictive value for the 28-day mortality [the area under the ROC curve (AUC) of MP was 0.836, 0.867; and the AUC of LUS was 0.820, 0.891, all $P < 0.01$].

Conclusions There was a significant correlation between MP and LUS in patients with moderate to severe ARDS. The MP and LUS could be used early to evaluate the 28-day prognosis of patients with moderate to severe ARDS.

【Key words】 Acute respiratory distress syndrome; Mechanical power; Lung ultrasound score; Prognosis

Fund program: Lianyungang City Science and Technology Planning Project of Jiangsu Province of China (SH1601)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.06.009

急性呼吸窘迫综合征 (ARDS) 是重症患者常见急危重症, 病死率高达 46%^[1]。柏林定义将 ARDS 描述为急性弥漫性肺部炎症导致的肺血管通透性升高, 肺水增多; 其临床特征表现为难以纠正的低氧血症, 肺顺应性降低, 双肺浸润影; 病理生理学特征主要表现为高通透性肺水肿^[2]。柏林定义优化了 ARDS 的诊断标准, 但对于病死率的预测效度没有明显提高^[3]。Gattinoni 和 Quintel^[4]对柏林标准的准确性进行了验证, 发现机械通气过程中呼吸力学参数对判断 ARDS 严重性及评估预后具有重要意义。近 3 年, 机械功 (MP) 的概念开始被提出并逐步被重视^[5]。MP 指机械通气过程呼吸机对整个呼吸系统所做的功, 它涵盖了多种力学因素, 如潮气量、驱动压、跨肺压、流速、呼气末正压 (PEEP) 及呼吸频率等对肺脏综合作用的结果^[6]。Gattinoni 等^[4-5]通过动物实验及临床研究证实, MP 等呼吸力学参数能更好地判断 ARDS 的预后及评估 ARDS 的严重程度。而对于 ARDS 患者, 肺通气状态的改善直接影响其预后。肺部超声技术使床旁肺通气的评估成为可能, 对图像结果半定量评分更为通气结果的进一步分析提供了便利。Wang 等^[7]用肺部超声评分 (LUS) 评估肺通气状态, 证实肺部超声有助于判断 ARDS 患者的预后。如何在早期准确判断 ARDS 严重程度, 有效评估患者预后状态, 尽早采取恰当措施降低病死率, 改善患者预后, 一直以来都是重症医学关注的焦点^[8]。本研究中通过监测 ARDS 患者机械通气早期 MP, 评价其与 LUS 的相关性, 并进一步探讨 MP 与 LUS 对 ARDS 患者预后的评估价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象: 采用前瞻性研究方法, 选择 2017 年 1 月至 2019 年 3 月本院重症医学科 (ICU) 收治的需行有创机械通气治疗的中重度 ARDS 患者。

1.1.1 纳入标准: 符合 2012 年 ARDS 柏林定义中重度 ARDS 诊断标准, $100 \text{ mmHg} < \text{氧合指数} (\text{PaO}_2/\text{FiO}_2) \leq 200 \text{ mmHg}$ ($1 \text{ mmHg} = 0.133 \text{ kPa}$)^[2], 需行有创机械通气治疗者。

1.1.2 排除标准: 年龄 < 18 岁; 妊娠; 有慢性阻塞性肺疾病 (COPD) 史; 肺栓塞、创伤; 未引流的气胸; 间质性肺病; 严重心功能不全及急性冠脉综合征; 自身免疫性疾病等。

1.1.3 伦理学: 本研究符合医学伦理学标准, 经医院伦理委员会批准 (审批号: LW20161208002), 所有检查均取得患者家属的知情同意。

1.2 研究方法

1.2.1 MP 测定: 患者入 ICU 后, 根据病情需要行气管插管机械通气 (美国 Carefusion 公司的 AVEA 呼吸机), 放置食道测压管。测量 MP 时, 患者行深镇静 (必要时肌松) 以限制过强的自主呼吸, Richmond 躁动-镇静评分 (RASS) 达到 $-3 \sim -4$ 分, 减少人机不同步的发生^[9]。通过压力-容积曲线 (P-V 曲线) 计算并监测治疗 0、24、48 及 72 h 的 MP, 取均值。

1.2.2 LUS 评估: 由 2 位经过专门超声培训的研究人员用索诺声超声仪评估患者肺部功能, 选用相控阵凸面探头, 分别对两侧前胸壁、侧胸壁及后胸壁的上、下部共 12 个肺区进行检查, 并保存视频资料。分别记录患者治疗 0、24、48 及 72 h 的 LUS 评分。超声影像定义^[10]: ① 正常通气区 (N): 肺滑动征伴 A 线或少于 2 个单独的 B 线; ② 中度肺通气减少区 (B1 线): 多发、典型的 B 线; ③ 重度肺通气减少区 (B2 线): 多发融合的 B 线; ④ 肺实变区 (C): 组织影像伴典型的支气管充气征。N 为 0 分, B1 线为 1 分, B2 线为 2 分, C 为 3 分, 每个区域以最严重的表现评分, 每个区域评分的总和为 LUS 评分, 分值在 0~36 分。

1.2.3 其他指标:入ICU时记录患者性别、年龄、体重、体重指数(BMI)、既往史、基础疾病、实验室指标,并计算24h内急性生理学与慢性健康状况评分II(APACHE II)及序贯器官衰竭评分(SOFA)。

1.3 分组:根据28d预后将患者分为死亡组和存活组。比较两组患者4个时间点MP及LUS评分差异,分析其变化趋势。

1.4 统计学分析:使用SPSS 22.0软件和Graphpad Prism 6.0软件进行数据处理及作图。计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,两组间比较采用两独立样本t检验。计数资料比较采用 χ^2 检验。采用双变量相关分析各时间点MP与LUS评分的相关性,以及首次MP和LUS评分与PaO₂/FiO₂、血乳酸(Lac)、APACHE II及SOFA的相关性。采用受试者工作特征曲线(ROC)分析治疗0h、72h MP和LUS评分对中重度ARDS患者28d病死率的预测价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者一般临床资料(表1):入选102例患者,其中合并COPD 5例、慢性心功能不全4例、多发伤合并严重多发肋骨骨折6例、严重胸部烧伤2例、合并肺纤维化病史1例、年龄<18周岁1例而被排除,最终纳入83例患者,其中28d死亡32例,存活51例。不同预后两组患者年龄、性别、体重、BMI、吸烟史、基础疾病等基线资料比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$),说明两组患者基线资料均衡,具

有可比性。与存活组比较,死亡组APACHE II评分、SOFA评分、Lac水平均显著升高,PaO₂/FiO₂显著降低(均 $P < 0.05$)。

2.2 两组患者各时间点MP及LUS评分变化比较(表2):随治疗时间的延长,存活组MP和LUS评分均呈显著下降趋势,而死亡组MP和LUS评分均呈显著上升趋势(均 $P < 0.01$)。与存活组比较,死亡组0、24、48及72h时MP和LUS评分均明显升高(均 $P < 0.05$)。

表2 不同预后两组ICU中重度ARDS患者各时间点MP及LUS评分变化比较($\bar{x} \pm s$)

组别	时间	例数(例)	MP(J/min)	LUS(分)
存活组	治疗0h	51	17.20±4.71	16.27±4.28
	治疗24h	51	16.87±3.85	15.27±3.23
	治疗48h	51	16.13±3.52	13.63±3.71
	治疗72h	51	15.24±3.78	12.53±2.94
死亡组	治疗0h	32	20.97±3.34 ^a	19.17±3.31 ^a
	治疗24h	32	21.56±3.48 ^a	20.28±3.65 ^a
	治疗48h	32	22.72±2.97 ^a	21.53±4.32 ^a
	治疗72h	32	25.81±3.46 ^a	23.94±3.82 ^a

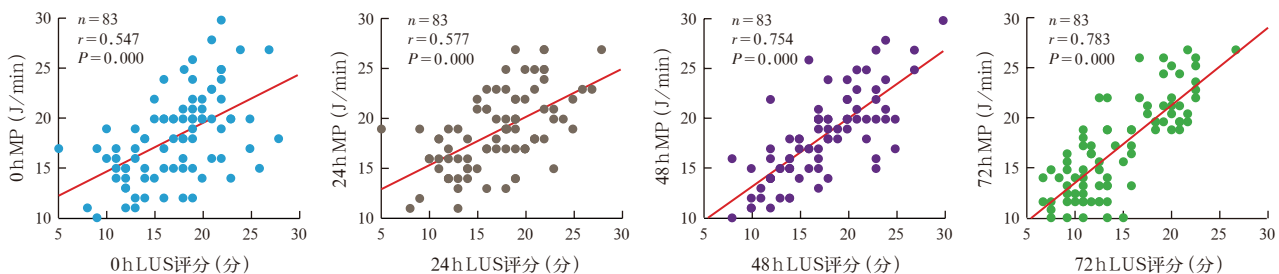
注:ICU为重症医学科,ARDS为急性呼吸窘迫综合征,MP为机械功,LUS为肺部超声评分;与存活组同期比较,^a $P < 0.05$

2.3 MP与LUS评分以及其他指标的相关性(图1;表3):ARDS患者入ICU 0、24、48、72h时MP与LUS评分均呈正相关(均 $P < 0.01$)。首次MP和LUS评分均与SOFA评分、PaO₂/FiO₂呈显著正相关(均 $P < 0.01$),而与Lac及APACHE II评分均无明显相关性(均 $P > 0.05$)。

表1 两组ICU中重度ARDS患者基线资料比较

组别	例数(例)	年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	性别(例)		体重(kg, $\bar{x} \pm s$)	BMI(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	吸烟史(例)	基础疾病(例)	APACHE II(分, $\bar{x} \pm s$)	SOFA(分, $\bar{x} \pm s$)	PaO ₂ /FiO ₂ (mmHg, $\bar{x} \pm s$)	Lac(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)
			男性	女性								
存活组	51	59.6±15.5	33	18	59.4±9.4	23.4±3.3	24	22	18.34±7.23	8.32±3.17	146.24±23.52	5.84±2.41
死亡组	32	61.4±14.6	20	12	61.6±10.6	23.5±4.2	15	14	25.74±8.63	11.42±3.64	122.68±32.24	7.34±3.12
t/ χ^2 值		0.506	0.144		0.962	0.115	0.001	0.003	4.209	4.094	3.842	2.460
P值		0.475	0.704		0.339	0.885	0.983	0.956	0.001	0.008	0.006	0.012

注:ICU为重症医学科,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,PaO₂/FiO₂为氧合指数,Lac为血乳酸;1mmHg=0.133kPa



注:ARDS为急性呼吸窘迫综合征,ICU为重症医学科,MP为机械功,LUS为肺部超声评分

图1 中重度ARDS患者入ICU 0、24、48、72h时MP与LUS评分的相关性

表3 中重度 ARDS 患者首次 MP、LUS 评分与其他指标的相关性

指标	r 值	P 值	指标	r 值	P 值	指标	r 值	P 值
MP 与 LUS 评分	0.547	0.000	LUS 与 SOFA 评分	0.409	0.000	SOFA 评分与 PaO ₂ /FiO ₂	0.118	0.289
MP 与 SOFA 评分	0.421	0.000	LUS 与 APACHE II 评分	0.154	0.166	SOFA 评分与 Lac	0.107	0.647
MP 与 APACHE II 评分	0.123	0.266	LUS 与 PaO ₂ /FiO ₂	0.536	0.000	APACHE II 评分与 PaO ₂ /FiO ₂	-0.092	0.407
MP 与 PaO ₂ /FiO ₂	0.450	0.000	LUS 与 Lac	0.176	0.493	APACHE II 评分与 Lac	0.084	0.450
MP 与 Lac	0.218	0.287	SOFA 评分与 APACHE II 评分	0.049	0.658	PaO ₂ /FiO ₂ 与 Lac	0.065	0.557

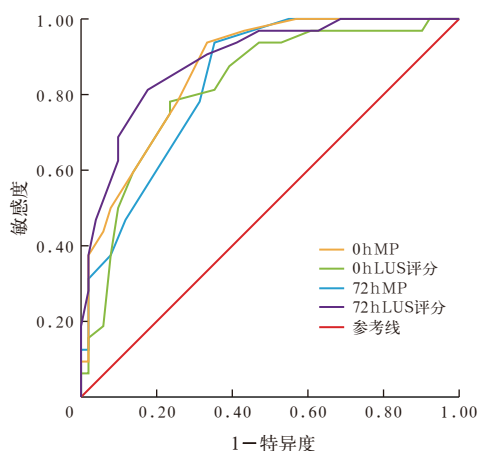
注: ARDS 为急性呼吸窘迫综合征, MP 为机械功, LUS 为肺部超声评分, SOFA 为序贯器官衰竭评分, APACHE II 为急性生理学及慢性健康状况评分 II, PaO₂/FiO₂ 为氧合指数, Lac 为血乳酸

表4 入 ICU 不同时间点 MP 与 LUS 评分对中重度 ARDS 患者预后的预测价值

指标	AUC	95%CI	P 值	最佳截断值	敏感度 (%)	特异度 (%)	阴性预测值	阳性预测值	阴性似然比	阳性似然比
0 h MP	0.836	0.754 ~ 0.919	0.001	17.5	93.8	64.7	0.938	0.625	0.096	2.657
72 h MP	0.867	0.793 ~ 0.942	0.000	20.5	96.9	88.2	0.968	0.837	0.035	8.212
0 h LUS 评分	0.820	0.727 ~ 0.913	0.001	18.0	78.1	76.5	0.848	0.676	0.286	3.323
72 h LUS 评分	0.891	0.821 ~ 0.960	0.000	18.5	93.2	97.0	0.958	0.952	0.070	31.067

注: ICU 为重症医学科, MP 为机械功, LUS 为肺部超声评分, ARDS 为急性呼吸窘迫综合征, AUC 为受试者工作特征曲线下面积, 95%CI 为 95% 可信区间

2.4 MP 和 LUS 评分对 ARDS 患者预后评估的 ROC 曲线(表 4; 图 2): 入 ICU 0 h 和 72 h 的 MP、LUS 评分对中重度 ARDS 患者 28 d 病死率均有预测价值(均 $P < 0.01$)。



注: ICU 为重症医学科, MP 为机械功, LUS 为肺部超声评分, 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 入 ICU 0 h 和 72 h 的 MP、LUS 评分对中重度 ARDS 患者预后评估的 ROC 曲线

3 讨论

目前,机械通气仍然是 ARDS 患者最重要的支持治疗手段^[11]。无论是自主呼吸还是机械通气,肺通气的本质都是呼吸的动力克服阻力并驱动气体运动的力学过程^[12]。认识 ARDS 患者的呼吸力学特征,对于理解 ARDS 的病理生理机制、把握呼吸机治疗的原理、指导制定恰当的肺保护性通气方案、评估患者肺损伤严重程度以及判断预后均具有举足轻重的意义^[13]。MP 等肺能量负荷概念的提出使我

们对 ARDS 机械通气过程中呼吸机与肺脏之间生物力学作用的认识及评估更加全面,其有望成为指导 ARDS 肺保护性通气的新标准^[5, 14],但目前国内外相关临床研究非常少。

肺部超声具有简便、易操作、床旁可重复性强、价廉、辐射少等优点,已被广泛应用于急危重症的诊治过程中,并逐渐成为重症医学中不可或缺的评估手段之一^[15]。早期识别肺部通气丧失和肺水增加有助于 ARDS 的早期正确治疗,降低病死率,减少并发症,而肺部超声及其量化评分为判断 ARDS 病情严重程度提供了一个有效可行的手段^[16],同时也可以用于预测 ARDS 患者的存活率^[10, 17]。

本研究显示,随治疗时间的延长,存活组 MP 和 LUS 评分均呈明显下降趋势,而死亡组则呈显著上升趋势;并且死亡组 0、24、48 及 72 h 的 MP 和 LUS 评分均明显高于存活组。表明随着疾病的不同转归过程,ARDS 存活患者肺部通气面积及肺水肿状态逐步改善;而死亡患者肺水肿状态未得到改善甚至恶化,肺通气面积逐步减少甚至丧失。两组 MP 与 LUS 评分呈现不同方向的变化趋势,原因在于: LUS 评分较高的肺脏组织存在更为严重的肺泡塌陷、肺不张、肺水肿甚至肺实变^[18],为了打开萎陷的肺泡并维持其开放,在 ARDS 早期治疗过程中则需要更大的 PEEP 及跨肺压,因此顺应性差的肺脏在进行机械通气初期必然需要更大的呼吸机做功,即需要更大的 MP^[19],也就是说,ARDS 高 LUS 评分预示着机械通气治疗过程中的高机械做功,因此

两者在肺脏病变基础上存在着紧密的内在联系,并且均与患者肺部病变的严重程度相关。本研究显示,ARDS患者在4个时间点的MP与LUS评分均存在显著相关性,并且随着时间的推移,相关性更强,同样也证实了MP与LUS评分均基于ARDS患者肺脏病理生理改变,两者在理论上和临床上均具有密切的相关性。

本研究通过ROC曲线分析显示,机械通气治疗0h和72h时的MP、LUS评分对ARDS患者预后的ROC曲线下面积(AUC)均大于0.8,表明MP和LUS评分对判断ARDS病情严重程度、评估患者预后以及为早期制定临床干预策略可提供有效依据。同时,ARDS患者的MP和LUS评分均与SOFA评分及 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 呈显著正相关。说明MP和LUS评分有望像 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 等传统参数一样,对判断ARDS病情严重程度提供临床帮助;同时,持续的高能量负荷以及持续的高LUS评分可能更强烈地预示着患者的不良结局。

4 结 论

综上所述,MP等肺能量参数能够更加全面地评估ARDS患者机械通气的过程肺脏组织所承受的呼吸力学状态。LUS评分可以动态无创地评估ARDS肺脏的水肿程度及肺部通气面积的变化。MP与LUS评分在ARDS疾病不同时期存在着明确的相关性,能够在疾病早期简便快速地判断ARDS病情严重程度以及预测病死率,从而为进一步指导ARDS早期规范有效的救治提供依据。本研究中纳入的病例数较少,尚需进行大规模、多中心的临床研究加以证实。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Mácá J, Jor O, Holub M, et al. Past and present ARDS mortality rates: a systematic review [J]. *Respir Care*, 2017, 62 (1): 113-122. DOI: 10.4187/respcare.04716.
- [2] ARDS Definition Task Force. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin definition [J]. *JAMA*, 2012, 307 (23): 2526-2533. DOI: 10.1001/jama.2012.5669.
- [3] Laffey JG, Pham T, Bellani G. Continued under-recognition of acute respiratory distress syndrome after the Berlin definition: what is the solution? [J]. *Curr Opin Crit Care*, 2017, 23 (1): 10-17. DOI:

- 10.1097/MCC.0000000000000381.
- [4] Gattinoni L, Quintel M. How ARDS should be treated [J]. *Crit Care*, 2016, 20: 86. DOI: 10.1186/s13054-016-1268-7.
- [5] Gattinoni L, Tonetti T, Cressoni M, et al. Ventilator-related causes of lung injury: the mechanical power [J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42 (10): 1567-1575. DOI: 10.1007/s00134-016-4505-2.
- [6] Tonetti T, Vasques F, Rapetti F, et al. Driving pressure and mechanical power: new targets for VILI prevention [J]. *Ann Transl Med*, 2017, 5 (14): 286. DOI: 10.21037/atm.2017.07.08.
- [7] Wang XT, Ding X, Zhang HM, et al. Lung ultrasound can be used to predict the potential of prone positioning and assess prognosis in patients with acute respiratory distress syndrome [J]. *Crit Care*, 2016, 20 (1): 385. DOI: 10.1186/s13054-016-1558-0.
- [8] Redant S, Devriendt J, Botta I, et al. Diagnosing acute respiratory distress syndrome with the Berlin definition: which technical investigations should be the best to confirm it? [J]. *J Transl Int Med*, 2019, 7 (1): 1-2. DOI: 10.2478/jtim-2019-0001.
- [9] Serpa Neto A, Deliberato RO, Johnson AEW, et al. Mechanical power of ventilation is associated with mortality in critically ill patients: an analysis of patients in two observational cohorts [J]. *Intensive Care Med*, 2018, 44 (11): 1914-1922. DOI: 10.1007/s00134-018-5375-6.
- [10] 李莲花, 杨倩, 李黎明, 等. 肺部超声评分评估急性呼吸窘迫综合征患者病情严重程度及预后的价值 [J]. *中华危重病急救医学*, 2015, 27 (7): 579-584. DOI: 10.3760/ema.j.issn.2095-4352.2015.07.008.
Li LH, Yang Q, Li LM, et al. The value of lung ultrasound score on evaluating clinical severity and prognosis in patients with acute respiratory distress syndrome [J]. *Chin Crit Care Med*, 2015, 27 (7): 579-584. DOI: 10.3760/ema.j.issn.2095-4352.2015.07.008.
- [11] McNicholas BA, Rooney GM, Laffey JG. Lessons to learn from epidemiologic studies in ARDS [J]. *Curr Opin Crit Care*, 2018, 24 (1): 41-48. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000473.
- [12] Gattinoni L, Marini JJ, Collino F, et al. The future of mechanical ventilation: lessons from the present and the past [J]. *Crit Care*, 2017, 21 (1): 183. DOI: 10.1186/s13054-017-1750-x.
- [13] Hoegl S, Burns N, Angulo M, et al. Capturing the multifactorial nature of ARDS: "Two-hit" approach to model murine acute lung injury [J]. *Physiol Rep*, 2018, 6 (6): e13648. DOI: 10.14814/phy2.13648.
- [14] Collino F, Rapetti F, Vasques F, et al. Positive end-expiratory pressure and mechanical power [J]. *Anesthesiology*, 2019, 130 (1): 119-130. DOI: 10.1097/ALN.0000000000002458.
- [15] Yin W, Zou T, Qin Y, et al. Poor lung ultrasound score in shock patients admitted to the ICU is associated with worse outcome [J]. *BMC Pulm Med*, 2019, 19 (1): 1. DOI: 10.1186/s12890-018-0755-9.
- [16] Chiumello D, Mongodi S, Algeri 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. DOI: 10.1097/CCM.0000000000003340.
- [17] De Martino L, Yousef N, Ben-Ammar R, et al. Lung ultrasound score predicts surfactant need in extremely preterm neonates [J]. *Pediatrics*, 2018, 142 (3). pii: e20180463. DOI: 10.1542/peds.2018-0463.
- [18] Markarian T, Zieleskiewicz L, Perrin G, et al. A lung ultrasound score for early triage of elderly patients with acute dyspnea [J]. *CJEM*, 2019, 21 (3): 399-405. DOI: 10.1017/cem.2018.483.
- [19] Cressoni M, Gotti M, Chiuazzini C, et al. Mechanical power and development of ventilator-induced lung injury [J]. *Anesthesiology*, 2016, 24 (5): 1100-1108. DOI: 10.1097/ALN.0000000000001056.

(收稿日期: 2019-05-05)

广告声明

依照广告审批的相关规定,按广告厂家要求,本刊刊登的爱尔辛泰广告图片和内容均按广告审查批准文号的原件刊出,故广告内容中“适应症”未按标准医学名词术语修改为“适应证”,部分药品计量单位仍出现了双斜线,部分时间单位仍用汉字表示。特此声明!