

肺超声和膈肌运动检测对老年腹腔镜手术患者 撤机拔管的预测价值*

李朝玉¹ 王丹¹ 梁正¹ 张敏¹ 胡莉¹ 钟明^{1,2}

(1. 内江市第二人民医院麻醉科, 四川 内江 641000; 2. 内江卫生与健康职业学院, 四川 内江 641000)

【摘要】 **目的** 通过对全麻人工气腹腹腔镜手术老年患者拔管前进行肺超声和膈肌运动检测, 探讨肺超声和膈肌运动指标对撤机拔管的预测价值。**方法** 选择 2020 年 10 月—2022 年 1 月在内江市第二人民医院行全麻人工气腹腹腔镜手术的老年患者, 手术结束撤机拔管前行肺部超声及膈肌运动指标检查, 包括肺超声评分(LUS)、平均膈肌增厚分数(DTF)、膈肌移动度(DD)和浅快呼吸指数(RSBI)。根据撤机拔管成功与否将患者分为成功组和失败组。采用受试者工作特征曲线(ROC)评价各项指标对撤机拔管失败的预测价值。**结果** 共纳入 102 例患者, 其中成功组 76 例, 失败组 26 例。失败组 DTF 和 DD 明显小于成功组(均 $P < 0.05$), LUS 和 RSBI 明显高于成功组(均 $P < 0.05$)。DTF、DD、LUS 和 RSBI 的 ROC 曲线下面积(AUC)分别为 0.866、0.707、0.870 和 0.699, 以 DTF 和 LUS 的预测价值更大。当 DTF 的最佳临界值为 41.3% 时, 预测撤机拔管成功的敏感度为 72.4%, 特异度为 84.6%; 当 LUS 的最佳临界值为 14 分时, 预测拔管成功的敏感度为 84.2%, 特异度为 84.6%。多因素 Logistic 回归分析显示, DTF 降低和 LUS 升高是撤机拔管失败的独立危险因素。**结论** LUS、DTF、DD 和 RSBI 与老年腹腔镜手术患者撤机拔管结果密切相关, 但 LUS 和 DTF 预测撤机拔管失败的临床价值更高。

【关键词】 超声; 气管插管; 肺超声评分; 膈肌增厚分数; 膈肌移动度; 浅快呼吸指数

【中图分类号】 R445.1 **【文献标志码】** A **DOI:**10.3969/j.issn.1672-3511.2023.12.023

Predictive value of lung ultrasound and diaphragm motion detection for extubation/weaning in elderly patients undergoing laparoscopic surgery

LI Chaoyu¹, WANG Dan¹, LIANG Zheng¹, ZHANG Min¹, HU Li¹, ZHONG Ming^{1,2}

(1. Department of Anesthesiology, Neijiang Second People's Hospital, Neijiang 641000, Sichuan, China;

2. Neijiang Health Vocational College, Neijiang 641000, Sichuan, China)

【Abstract】 **Objective** To explore the guiding value of pulmonary ultrasound and diaphragmatic motion indexes in the extubation of elderly patients undergoing artificial pneumoperitoneum laparoscopic surgery under general anesthesia. **Methods** The elderly patients who underwent general anesthesia artificial pneumoperitoneum laparoscopic surgery in Neijiang Second People's Hospital from October 2020 to January 2022 were selected. The pulmonary ultrasound and diaphragmatic movement indexes, including pulmonary ultrasound score (LUS), mean diaphragmatic thickening fraction (DTF), diaphragmatic mobility (DD) and shallow rapid breathing index (RSBI), were examined before extubation. Patients were divided into success group and failure group according to the success of extubation. Receiver operating characteristic curve (ROC) was used to evaluate the predictive value of various indicators for weaning failure. **Results** A total of 102 patients were included, including 76 cases in the success group and 26 cases in the failure group. DTF and DD in the failure group were significantly lower than those in the success group [(%; 33.673 ± 7.233 vs. 45.962 ± 8.725) (mm; 11.040 ± 2.163 vs. 13.340 ± 3.181 , all $P < 0.05$), and LUS and RSBI were significantly higher than those in the success group (16.350 ± 3.452 vs. 11.050 ± 2.581) ($\text{times} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$; 68.814 ± 16.056 vs. 57.870 ± 14.829 , all $P <$

基金项目: 四川省卫生健康科研课题立项项目(20PJ291)

通讯作者: 钟明, E-mail: zhongm0605@163.com

引用本文: 李朝玉, 王丹, 梁正, 等. 肺超声和膈肌运动检测对老年腹腔镜手术患者撤机拔管的预测价值[J]. 西部医学, 2023, 35(12): 1836-1840.

DOI:10.3969/j.issn.1672-3511.2023.12.023

0.05)。C 面积 under curve (AUC) 它们分别是 0.866, 0.707, 0.870 和 0.699 分别, 且 DTF 和 LUS 为 greater predictive value。当 DTF 的最佳临界值为 41.3%, 其敏感性和特异性分别为 72.4% 和 84.6%, 分别; 当 LUS 的最佳临界值为 14 分, 其敏感性和特异性分别为 84.2% 和 84.6%, 分别。Multivariate logistic regression analysis shows that DTF and LUS are independent risk factors for extubation failure. **Conclusion** LUS, DTF, DD, and RSBI are closely related to the results of extubation/disembarkation in elderly patients with laparoscopic surgery, and LUS and DTF have higher clinical value in predicting extubation/disengagement failure.

【Key words】 Ultrasound; Endotracheal intubation; Lung ultrasound score; Diaphragm thickening fraction; Diaphragmatic mobility; Shallow rapid breathing index

老年人由于肺部呼吸肌功能减退, 全麻后呼吸功能恢复较慢, 发生呼吸机相关肺损伤的风险较大^[1]。尤其是需要建立气腹的腹腔镜手术患者的腹腔及胸腔压力相对较高, 肺部损害发生的风险更大, 甚至导致二次插管及再次呼吸支持的情况发生, 进而增加了患者麻醉的创伤和风险^[2]。因此, 全麻的老年腹腔镜患者撤机拔管前对患者呼吸功能恢复情况进行准确的评估及对是否需要再次呼吸支持进行预判具有重要的意义。目前对老年人全麻后肺部功能的恢复情况的评价尚缺乏客观的影像学依据, 依靠目前的血氧饱和度、呼吸频率等参数进行评估缺乏精准性。肺超声评分及膈肌功能状态对呼吸功能的评估具有良好的线性关系, 是反应肺功能较为客观的影像学指标^[3]。膈肌作为人体的主要呼吸肌, 在呼吸衰竭的病理生理过程中起着重要的作用^[4]。过去曾使用浅快呼吸指数(Rapid shallow breathing index, RSBI)等指标进行评价, 但缺乏关于肌肉运动功能的数据。近年来, 随着先进超声技术的应用, 超声对膈肌功能的评价越来越受到重视, 包括膈增厚分数(Diaphragmatic thickening fraction, DTF)、膈肌移动度(Diaphragmatic displacement, DD)和肺超声评分(Lung ultrasound score, LUS)。目前, 这些指标已用于指导危重患者脱机, 并对机械通气患者的脱机结果有一定的预测价值^[5], 但在老年腹腔镜患者麻醉后撤机拔管评估中尚缺乏明确的参考标准。本研究旨在探索肺超声和膈肌运动检测预测老年腹腔镜手术患者撤机拔管结果的临床价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 筛选 2020 年 10 月—2022 年 1 月在内江市第二人民医院行腹腔镜全麻手术的老年患者。入选标准: ①年龄 > 65 周岁。②经气管插管全麻。③行人工气腹腹腔镜手术治疗。④患者或家属对研究内容知情同意。排除标准: ①合并胸廓、气管畸形。②既往肺部手术史或胸膜腔感染史。③神经肌接头疾病。④间质性肺炎或其他慢性肺部所致通气或换气功能障碍。⑤肺功能检查中度或重度通气功能障

碍。⑥哮喘病史。⑦脑血管疾病或其他中枢神经系统疾病所致肌力下降。本研究方案经由内江市第二人民医院伦理委员会审批(批号: 2020-1003)。共 102 例患者被纳入研究, 其中拔管成功组 76 例, 拔管失败组 26 例。

1.2 麻醉及手术方法 患者均采用气管插管静脉麻醉, 常规术前及麻醉前准备, 患者入室后开通静脉通道, 监测无创血压、心电图、心率、血氧饱和度等参数, 麻醉诱导采用咪达唑仑 0.04 mg/kg, 舒芬太尼 0.4 μ g/kg, 顺阿曲库铵 1.5 mg/kg, 依托咪酯 2 mg/kg, 诱导后气管插管, 机械通气, 电子微量泵持续泵入丙泊酚 4~6 mg/(kg·h), 维持麻醉, 手术采用气腹下腹腔镜手术、气腹压力 12 Kpa, 手术结束后停用丙泊酚, 静脉电子镇痛泵镇痛, 患者转入麻醉复苏室复苏。

1.3 拔管指征 意识恢复可以合作和保护气道, 氧分压正常或 SpO₂ > 90%。呼吸方式正常, T 形管 10 min 通气试验, 能自主呼吸, 呼吸频率 < 30 次/min, 潮气量 > 300 mL, 肌力完全恢复。拔管后存在下列情况时需再次呼吸机支持机械通气: FiO₂ \geq 0.50, PaO₂ \leq 60 mmHg 或者脉搏血氧饱和度 (SpO₂) < 0.90; 动脉血二氧化碳分压 (PaCO₂) > 50 mmHg 或 PaCO₂ 升高 > 8 mmHg; RR \geq 35 次/min 或增加幅度 \geq 50%, HR > 140 次/min 或增加幅度 \geq 20%; 收缩压 (SBP) > 180 mmHg 或 < 90 mmHg。

1.4 肺部超声检查 均在拔管前测量。①肺超声评分: 患者拔管前应用彩色多普勒超声诊断仪进行肺部超声检查, 高频线阵探头, 频率为 9~13 MHz, 12 肺区分区法检查两侧前胸壁、侧胸壁及后胸壁。LUS 评分内容: 肺滑动征伴 A 线, 或 < 2 个单独 B 线为正常通气区 (N), 计 0 分; 多发、典型 B 线为中度肺通气减少区 (B1 线), 计 1 分; 多发融合 B 线为重度肺通气减少区 (B2 线), 计 2 分; 组织影像伴典型支气管充气征为肺实变区 (C), 计 3 分。LUS 评分为 12 个肺区得分总和, 总计 0~36 分, 得分与肺通气面积呈负相关。②膈肌运动指数: MHz 线阵超声探头以 M 超模式在右腋中线第 8~10 肋间隙连续观察右侧膈肌成像中

测量吸气末膈肌厚度 (Diaphragmatic thickness at end-inspiration, DTi) 及呼气末膈肌厚度 (Diaphragmatic thickness at end-expiration, DTe)。每位患者测量 3~5 个呼吸周期计算平均 (DTF)。DTF (%) = (DTi - DTe) / DTe × 100%。探头置于锁骨中线或腋前线与肋弓下缘交界处,以肝脏作为透声窗,探头指向头侧及背侧,使声束到达并垂直于膈肌中后 1/3 部位,应用 M 超显示膈肌运动。分别测量吸气末及呼气末膈肌距基线的距离。计算膈肌移动度 (DD)。DD (mm) = 吸气末膈肌距基线的距离 - 呼气末膈肌距基线的距离。应用呼吸机监测患者自主呼吸频率 (RR)、潮气量 (VT)。根据公式计算浅快呼吸指数 (RSBI = RR / VT)。

1.5 统计学分析 采用 SPSS 24.0 软件进行统计学分析。连续变量以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,采用 *t* 检验进行组间比较;定性变量以频数表示,采用 χ^2 检验;采用多因素 Logistic 回归分析进行独立影响因素分析;绘制 ROC 曲线评价拔管前肺部超声检查相关参数对再次呼吸机支持的预测效能 (AUC 及截断值)。以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般资料比较 共 102 例患者被纳入研究,其中拔管成功组 76 例,拔管失败组 26 例。两组患者的年龄、性别、合并症、BMI 等基本资料比较差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$),见表 1。

表 1 两组间一般临床资料比较 $[(\bar{x} \pm s), n (\times 10^{-2})]$

Table 1 Comparison of general clinical data between the two groups

项目	成功组 (n=76)	失败组 (n=26)	t/χ ²	P
年龄(岁)	73.590±7.623	74.880±7.982	-0.737	0.681
男性	37(48.7)	14(53.8)	0.206	0.650
合并症				
高血压	37(48.7)	13(50.0)	0.013	0.908
糖尿病	33(43.4)	9(34.6)	0.620	0.431
COPD	31(40.8)	9(34.6)	0.310	0.578
冠心病	23(30.3)	7(26.9)	0.104	0.747
吸烟	25(32.9)	6(23.1)	0.883	0.347
BMI(kg/m ²)	23.696±3.100	24.528±2.723	-1.216	0.227
手术时间 (min)	157.140±53.645	178.080±58.509	-1.678	0.096
术中出血 (mL)	145.290±48.567	164.970±45.538	-1.811	0.073
麻醉时间 (min)	176.763±54.180	199.692±58.110	-1.829	0.070
药物使用				
肌松药	76(100)	26(100)		
糖皮质激素	28(36.8)	14(53.8)	2.313	0.128
血管活性药物	35(46.1)	17(65.4)	2.897	0.089

2.2 两组患者撤机拔管指标比较 失败组 DTF 和 DD 明显小于成功组 (均 $P < 0.05$),LUS 评分和 RSBI 明显高于成功组 (均 $P < 0.05$),见表 2。

2.3 各项指标对撤机拔管结果的预测效能 DTF、

表 2 两组间患者拔管指标比较 $(\bar{x} \pm s)$

Table 2 Comparison of extubation indicators between the two groups

观察指标	成功组 (n=76)	失败组 (n=26)	t	P
DTF (%)	45.962±8.725	33.673±7.233	6.457	<0.001
DD (mm)	13.340±3.18	11.040±2.163	3.426	0.001
LUS 评分(分)	11.050±2.581	16.350±3.452	-8.249	<0.001
RSBI (次·min ⁻¹ ·mm ⁻¹)	57.870±14.829	68.814±16.056	-3.180	0.002

DD、LUS 和 RSBI 的 ROC 曲线下面积 (AUC) 分别为 0.866、0.707、0.870 和 0.699,以 DTF 和 LUS 的预测价值较大。当 DTF 的最佳临界值为 41% 时,预测撤机拔管成功的敏感度为 72.4%,特异度为 84.6%;当 LUS 的最佳临界值为 14 分时,预测撤机拔管成功的敏感度为 84.2%,特异度为 84.6%,见表 3,图 1。

表 3 检测指标预测拔管成功的 ROC 曲线分析

Table 3 Detection index predicts the ROC curve analysis of successful extubation

参数	最佳临界值	AUC(95%CI)	敏感度 (%)	特异度 (%)	P
DTF (%)	41	0.866(0.791~0.941)	72.4	84.6	<0.05
DD (mm)	12	0.707(0.605~0.810)	59.2	76.9	0.002
LUS 评分(分)	14	0.870(0.776~0.963)	84.2	84.6	<0.05
RSBI (次·min ⁻¹ ·mm ⁻¹)	58	0.699(0.584~0.814)	57.9	80.8	0.002

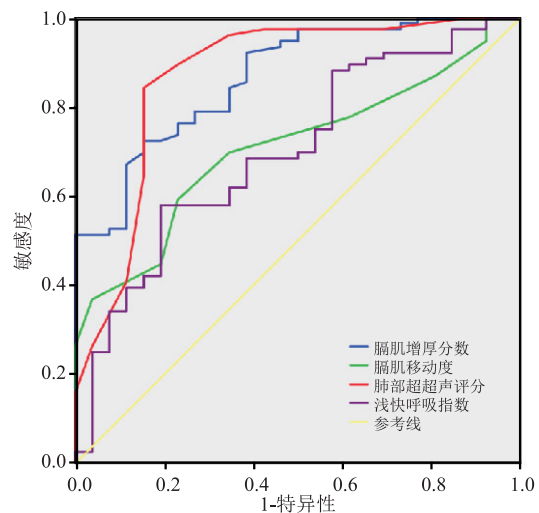


图 1 检测指标预测拔管成功的 ROC 曲线分析

Figure 1 ROC curve analysis of detection indicators predicting successful extubation

2.4 拔管失败的危险因素分析 以拔管 (成功 = 0, 失败 = 1) 为因变量,以 COPD 病史 (无 = 0, 有 = 1)、术中出血量、麻醉时间、DTF、DD、LUS 评分、RSBI 为协变量进行 Logistic 回归分析,结果显示 DTF 和 LUS 是撤机拔管失败的独立危险因素,见表 4。

表 4 全麻人工气腹腔镜手术老年患者撤机拔管影响因素的 Logistic 回归分析

Table 4 Logistic regression analysis of influencing factors of extubation in elderly patients undergoing general anesthesia artificial air laparoscopic surgery

参数	β	SE	Wald	95%CI	P
DTE(%)	0.389	0.121	10.409	1.476(1.165~1.870)	0.001
DD(mm)	0.313	0.258	1.470	1.367(0.825~2.267)	0.225
LUS 评分(分)	-0.957	0.305	9.841	0.384(0.211~0.698)	0.002
RSBI (次·min ⁻¹ ·mm ⁻¹)	-0.016	0.041	0.160	0.984(0.907~1.066)	0.689
COPD 病史	1.043	1.084	0.924	2.836(0.339~23.758)	0.336
术中出血(mL)	0.008	0.010	0.660	1.009(0.988~1.029)	0.416
麻醉时间(min)	-0.013	0.009	1.876	0.987(0.970~1.005)	0.171

3 讨论

气管插管全麻后拔管多依据患者的意识状态、呼吸深度及频率、血氧饱和度等指标进行综合评价,但在患者全麻插管呼吸支持后存在不同程度的呼吸机相关的肺损伤。老年人由于麻醉的后遗效应,呼吸肌肌力的恢复多不完全,患者进行综合评估后拔管再次进行机械通气呼吸支持的风险仍较大^[6-8]。因此在拔管前对患者的肺部功能进行客观而准确的评估具有重要的意义。

既往多认为 RSBI 是一种常用的脱机指标,具有简单、无创、可重复性的优点。RSBI 反映了肺容积变化以及所有呼吸肌群的收缩力^[9-11]。本研究结果显示,成功拔管组的 RSBI 低于失败组。但 ROC 曲线分析表明,RSBI 预测拔管结局的敏感度较低(57.9%),指导拔管结局价值不高(AUC=0.699)。分析原因可能是拔管时机体为维持通气需要,动员肋间肌、呼气肌等辅助呼吸肌工作,以代偿膈肌功能障碍引起的潮气量不足,因此 RSBI 在正常范围时也可能是机体代偿的表现。这与既往的研究相似^[12-13]。

在患者麻醉复苏后的通气过程中,肺部的有效呼吸面积是影响患者血氧的主要因素^[14];既往研究中显示,膈肌的运动幅度对于肺部通气功能具有明显的影响,呼吸时膈肌的运动幅度对肺通气量具有决定性的作用^[15]。在全麻状态下膈肌的收缩功能下降或消失在麻醉后膈肌功能的复苏对呼吸功能的恢复是肺功能恢复的前提。

超声是一种无创、实用、简单、可重复性高的膈肌评估方法。平卧位时患者膈肌运动的幅度左右相差较少,超声检查能够提供足够的信息对膈肌的运动及收缩功能进行评估,不仅能够反应膈肌的运动幅度的变化,而且对膈肌麻痹等收缩功能障碍也具有良好的评估作用^[16-17]。樊麦英等^[18]采用超声检查膈肌参数对呼吸机支持的危重症患者撤机拔管进行评估,结果

证实膈肌位移对呼吸支持患者能够成功撤机具有良好的预测效能。Dres 等^[19]对危重症患者的观察发现,膈肌运动指标的改变对于危重症患者呼吸功能的改善更具有意义,相对于肋间肌、呼吸肌,膈肌的运动更具有持久性和稳定性,对于肺部呼吸功能具有更为重要的意义。LUS 能够直观的反应肺部损害的严重程度和功能变化,Monastesse 等^[20]对评分方法进行改进,采用 12 区评分法,对肺部通气功能及渗出、实变范围等进行了更为精确的判定。郑清江等^[21]采用肺部超声 B 线评分联合膈肌运动参数对呼吸机机械通气呼吸支持的危重症患者进行研究,发现 LUS 和膈肌运动参数患者肺部功能状态具有良好的评估作用。本研究结果显示,失败组 DTF 和 DD 明显小于成功组,LUS 评分和 RSBI 明显高于成功组,说明以上指标均对老年全麻腹腔镜手术患者术后拔管结局有一定的预测价值。但以 DTF 和 LUS 的曲线下面积更大,且多因素分析中只有 DTF 和 LUS 与拔管失败显著相关,说明 DTF 和 LUS 的预测价值更高。

研究发现,从机械通气向自主呼吸的转变可能导致血管外肺水(Extravascular lung water, EVLW)的增加,而 B 线的出现与 EVLW 的增加相关^[22]。B 线是由于小叶间隔水肿引起的超声伪影,其出现提示了检测窗中的肺水增多,较为可靠地预测了 PaO₂/FiO₂ 比值的下降^[23]。而血管外肺水的增加会导致肺顺应性降低和肺泡氧交换障碍。在 González-Aguirre 等^[24]的研究中显示,每增加 1 个带有 B 线的肺区都使重症患者拔管失败的风险增加近 6 倍。

超声测量膈肌功能各指标在预测撤机拔管失败的优劣尚存争议。最近两项关于危重症患者拔管预测指标的 Meta 分析显示了不同结果,一项研究表明,DD 的预测价值优于 DTF,而另一项研究则得出了相反的结论^[25-26]。本研究结果显示 DTF 较 DD 具有更大的曲线下面积,更高的特异性和灵敏度。DTF 主要反映了膈肌的收缩能力,而 DD 主要与吸气量有关,易受吸气努力的影响,从而使测得的 DD 不能完全反映膈肌功能,这可能是导致 DD 预测价值较低的原因。

本研究评估了 LUS 及膈肌运动参数对麻醉撤机拔管后再次呼吸支持的预测价值,并确定了各检测指标预测再次呼吸支持的参考值,为老年全麻腹腔镜手术麻醉后撤机提供客观的参考指标。本研究是单中心、小样本的观察性研究,不免存在选择偏倚,研究结果有待多中心、大样本的研究来证实。

4 结论

LUS、DTF、DD 和 RSBI 与老年腹腔镜手术患者撤机拔管结果密切相关,但 LUS 和 DTF 预测撤机拔

管失败的临床价值更高。

【参考文献】

- [1] 傅珊珊,黄泽清.老年全麻下肺癌根治术患者拔管延迟的影响因素[J].中国老年学杂志,2022,42(7):1644-1647.
- [2] 周建平,谢鹏,王立,等.不同气腹压力腹腔镜胆总管探查术对老年患者呼吸循环功能及围术期影响的临床随机对照研究[J].东南国防医药,2019,21(3):245-248.
- [3] LI S, CHEN Z, YAN W. Application of bedside ultrasound in predicting the outcome of weaning from mechanical ventilation in elderly patients[J]. BMC Pulm Med, 2021, 21(1): 217.
- [4] SANTANA P V, CARDENAS L Z, ALBUQUERQUE A L P, et al. Diaphragmatic ultrasound: a review of its methodological aspects and clinical uses [J]. J Bras Pneumol, 2020, 46 (6): e20200064.
- [5] LE NEINDRE A, PHILIPPART F, LUPERTO M, et al. Diagnostic accuracy of diaphragm ultrasound to predict weaning outcome: A systematic review and meta-analysis[J]. Int J Nurs Stud, 2021, 117: 103890.
- [6] 李小林,邱银冰,谢志明.老年患者腹部手术后影响机械通气撤机的原因分析[J].中国医药导报,2007,4(3):45.
- [7] 陈晓,曲振华,秦延.PCV-VG 模式对腹腔镜直肠癌根治术老年患者血流动力学及呼吸功能的影响[J].郑州大学学报(医学版),2022,57(03):410-413.
- [8] 刘战,杨明,刘红梅,等.呼气末二氧化碳分压与异丙酚静脉麻醉下老年大鼠容量反应的相关性[J].中国老年学杂志,2021,41(24):5621-5625.
- [9] COUSIN E, MACHADO E A, FERREIRA G D, et al. Relationship of the Rapid Shallow Breathing Index (RSBI) and capnography successfully at weaning [J]. Pulmonology, 2018, 24(5):307-309.
- [10] 陈凤敏,徐锦江,郭闯,等.D-RSBI 与 LUS 对 ARDS 撤机结果的预测[J].锦州医科大学学报,2022,43(3):92-95.
- [11] 周明素,马镇凡,贾晋太,等.浅快呼吸指数相关指标预测脱机结局的价值分析[J].实用临床医药杂志,2021,25(7):15-20.
- [12] HUANG C T, YU C J. Conventional weaning parameters do not predict extubation outcome in intubated subjects requiring prolonged mechanical ventilation[J]. Respir Care, 2013, 58(8): 1307-1314.
- [13] FIGUEROA-CASAS J B, MONTOYA R, GARCIA-BLANCO J, et al. Effect of Using the Rapid Shallow Breathing Index as Readiness Criterion for Spontaneous Breathing Trials in a Weaning Protocol[J]. Am J Med Sci, 2020, 359(2):117-122.
- [14] 王飞飞,朱晓萍,马少林.超声评估膈肌结构和功能[J].中华危重病急救医学,2017,29(3):276-280.
- [15] SFERRAZZA PAPA G F, PELLEGRINO G M, DI MARCO F, et al. A Review of the Ultrasound Assessment of Diaphragmatic Function in Clinical Practice [J]. Respiration, 2016, 91(5):403-411.
- [16] YALÇIN B, SEKMENLI N, BAKTIK B, et al. Evaluation of diaphragm thickness and function with ultrasound technique and comparison with spirometry in stable chronic obstructive pulmonary disease [J]. Tuberk Toraks, 2022, 70(1):76-84.
- [17] 黄晓丽,李颖川,封凯旋,等.床旁超声膈肌功能监测对机械通气患者撤机的指导价值[J].中国超声医学杂志,2022,38(6):657-661.
- [18] 樊麦英,罗杰英,文辉,等.超声监测膈肌运动指标对机械通气撤机的指导价值[J].中华危重病急救医学,2018,30(11):1041-1045.
- [19] DRES M, DUBÉ BP, MAYAUX J, et al. Coexistence and Impact of Limb Muscle and Diaphragm Weakness at Time of Liberation from Mechanical Ventilation in Medical Intensive Care Unit Patients [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2017, 195(1):57-66.
- [20] MONASTESSE A, GIRARD F, MASSICOTTE N, et al. Lung Ultrasonography for the Assessment of Perioperative Atelectasis: A Pilot Feasibility Study [J]. Anesth Analg, 2017, 124(2):494-504.
- [21] 郑清江,石松菁,邱陆阵,等.肺部超声 B 线评分联合膈肌移动度在预测撤机成功率的价值研究 [J]. 中华急诊医学杂志, 2019(4):532-536.
- [22] LAMIA B, MAIZEL J, OCHAGAVIA A, et al. Echocardiographic diagnosis of pulmonary artery occlusion pressure elevation during weaning from mechanical ventilation [J]. Crit Care Med, 2009, 37(5):1696-701.
- [23] JARDIN F, VIEILLARD-BARON A. Weaning failure from cardiovascular origin [J]. Intensive Care Med, 2006, 32(6):937-938.
- [24] GONZÁEZ-AGUIRRE J E, RIVERA-URIBE C P, RENDÓN-RAMÍREZ EJ, et al. Pulmonary Ultrasound and Diaphragmatic Shortening Fraction Combined Analysis for Extubation-Failure-Prediction in Critical Care Patients [J]. Arch Bronconeumol (Engl Ed), 2019, 55(4):195-200.
- [25] LI C, LI X, HAN H, et al. Diaphragmatic ultrasonography for predicting ventilator weaning: A meta-analysis [J]. Medicine (Baltimore), 2018, 97(22):e10968.
- [26] LLAMAS-ÁLVAREZ A M, TENZA-LOZANO E M, Latour-Pérez J. Diaphragm and Lung Ultrasound to Predict Weaning Outcome: Systematic Review and Meta-Analysis [J]. Chest, 2017, 152(6):1140-1150.

(收稿日期:2022-07-24;修回日期:2023-07-09;编辑:黎仕娟)