

DOI: 10.3969/j.issn.2096-6113.2025.02.005

引用格式:王巍,万晓蓉,吴苒苒,等.体外膈肌起搏器在重症肺炎机械通气患者中的应用效果及撤机失败的影响因素分析[J].巴楚医学,2025,8(2):30-36.

# 体外膈肌起搏器在重症肺炎机械通气患者中的应用效果及撤机失败的影响因素分析

王 巍<sup>1</sup> 万晓蓉<sup>1</sup> 吴苒苒<sup>2</sup> 吴 迪<sup>1</sup> 张 青<sup>1</sup>

(1. 三峡大学 第一临床医学院[宜昌市中心人民医院]呼吸与危重症医学科 &amp; 三峡大学 呼吸疾病研究所, 湖北 宜昌 443003; 2. 三峡大学 第一临床医学院[宜昌市中心人民医院]江南外一科, 湖北 宜昌 443003)

**摘要:**目的:探讨体外膈肌起搏器在重症肺炎机械通气患者中的应用效果,并探讨呼吸机撤机失败的影响因素。方法:选取 2023 年 1 月—2023 年 10 月就诊于宜昌市中心人民医院的重症肺炎且行机械通气治疗的 100 例患者,根据是否采用体外膈肌起搏器治疗分为对照组( $n=50$ )和治疗组( $n=50$ ),比较两组患者的治疗效果。进一步根据是否撤机成功进行分组,采用单因素及多因素 Logistic 回归分析呼吸机撤机失败的独立影响因素。结果:治疗组患者的膈肌移动度[(1.47±0.17)cm vs (1.34±0.15)cm]、膈肌增厚率[(38.64±6.37)% vs (29.68±5.61)%]及撤机成功率(88.00% vs 72.00%)均显著高于对照组,机械通气时间[(17.14±5.24) d vs (21.92±4.85) d]、ICU 住院时间[(19.80±5.55) d vs (24.24±5.88) d]及 28 天内死亡率(8.00% vs 24.00%)均显著低于对照组(均  $P<0.05$ )。多因素分析结果显示,年龄( $OR=1.129, 95\%CI:1.018, 1.254$ )、急性生理与慢性健康评分(APACHE II)( $OR=1.272, 95\%CI:1.097, 1.406$ )、氧合指数(P/F)( $OR=0.971, 95\%CI:0.949, 0.994$ )、治疗前膈肌移动度( $OR=0.002, 95\%CI:0.000, 0.645$ )、治疗后膈肌移动度( $OR=0.046, 95\%CI:0.006, 0.340$ )是撤机失败的独立影响因素。结论:体外膈肌起搏器可以有效改善重症肺炎患者的治疗效果,年龄、APACHE II 评分、P/F、治疗前膈肌移动度及治疗后膈肌移动度是呼吸机撤机失败的独立影响因素。

**关键词:** 体外膈肌起搏器; 重症肺炎; 机械通气; 呼吸机撤离失败

中图分类号: R563.1 文献标志码: A 文章编号: 2096-6113(2025)02-0030-07

## Application Effect of Extracorporeal Diaphragm Pacemaker in Patients with Severe Pneumonia Undergoing Mechanical Ventilation and Influencing Factors of Evacuation Failure

Wang Wei<sup>1</sup> Wan Xiaorong<sup>1</sup> Wu Ranran<sup>2</sup> Wu Di<sup>1</sup> Zhang Qing<sup>1</sup>

(1. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Yichang Central People's Hospital, The First College of Clinical Medical Science, China Three Gorges University &amp; Institute of Respiratory Diseases, China Three Gorges University, Yichang 443003, China; 2. Department of Jiangnan Surgery, Yichang Central People's Hospital, The First College of Clinical Medical Science, China Three Gorges University, Yichang 443003, China)

基金项目:国家自然科学基金项目(82300039)

作者简介:王 巍,主管护师,E-mail: 741658711@qq.com

通信作者:万晓蓉,副主任护师,E-mail: 1026010374@qq.com

**Abstract Objective:** To explore the application effect of external diaphragm pacemaker in patients with severe pneumonia undergoing mechanical ventilation and discuss the influencing factors of ventilator evacuation failure. **Methods:** A total of 100 patients with severe pneumonia who received mechanical ventilation treatment at Yichang Central People's Hospital from January 2023 to October 2023 were enrolled. According to whether the external diaphragm pacemaker was used for treatment, the patients were divided into the control group ( $n=50$ ) and the treatment group ( $n=50$ ), and the therapeutic effects of the two groups of patients were compared. Further grouping was conducted based on whether the ventilator weaning was successful. Univariate and multivariate Logistic regression analyses were used to analyze the independent influencing factors of ventilator weaning failure. **Results:** The diaphragmatic mobility [ $(1.47 \pm 0.17)$  cm vs  $(1.34 \pm 0.15)$  cm], diaphragmatic thickening rate [ $(38.64 \pm 6.37)\%$  vs  $(29.68 \pm 5.61)\%$ ], and weaning success rate ( $88.00\%$  vs  $72.00\%$ ) were significantly higher in the treatment group than in the control group, while the duration of mechanical ventilation [ $(17.14 \pm 5.24)$  d vs  $(21.92 \pm 4.85)$  d], ICU hospital stay [ $(19.80 \pm 5.55)$  d vs  $(24.24 \pm 5.88)$  d], and mortality within 28 days ( $8.00\%$  vs  $24.00\%$ ) were significantly lower in the treatment group (all  $P < 0.05$ ). Multivariate analysis results showed that age ( $OR = 1.129$ ,  $95\%CI: 1.018, 1.254$ ), acute physiology and chronic health evaluation II (APACHE II) score ( $OR = 1.272$ ,  $95\%CI: 1.097, 1.406$ ), oxygenation (P/F) index ( $OR = 0.971$ ,  $95\%CI: 0.949, 0.994$ ), diaphragmatic mobility before treatment ( $OR = 0.002$ ,  $95\%CI: 0.000, 0.645$ ), and diaphragmatic mobility after treatment ( $OR = 0.046$ ,  $95\%CI: 0.006, 0.340$ ) were independent influencing factors of evacuation failure. **Conclusion:** External diaphragm pacemakers can effectively improve the treatment effects of patients with severe pneumonia. Age, APACHE II score, P/F index, diaphragmatic mobility before treatment, and diaphragmatic mobility after treatment are independent influencing factors of ventilator evacuation failure. **Keywords** extracorporeal diaphragm pacemaker; severe pneumonia; mechanical ventilation; evacuation failure

重症肺炎患者肺间质和实质受损,导致患者通气和换气功能受限,氧储备能力降低,患者死亡率高达  $35\% \sim 50\%$ <sup>[1]</sup>。机械通气是此类患者呼吸衰竭的关键治疗方法<sup>[2]</sup>,但长时间机械通气会导致膈肌血流供应能力下降、膈肌肌力减退、膈肌功能障碍并发生膈肌萎缩,从而导致胸廓挛缩以及胸壁弹性减弱<sup>[3-4]</sup>。此外,重症肺炎机械通气患者需要接受镇静镇痛治疗,这进一步削弱患者的自主呼吸及排痰能力,增加撤机难度,降低呼吸功能及心肺的适应能力,导致住院时间延长,严重影响患者的预后和转归<sup>[5-6]</sup>。因此,探索有效的膈肌训练方法,从而提高呼吸机撤机成功率尤为重要。

体外膈肌起搏器可模拟生理呼吸运动,使膈肌以规律性的方式收缩,从而改善患者的呼吸功能<sup>[7]</sup>。目前体外膈肌起搏的研究主要集中于脑卒中、呼吸道慢性疾病康复阶段等领域,而在重症肺炎机械通气撤机患者中的应用较少。本研究旨在探讨体外膈肌起搏器的应用效果及呼吸机撤机失败的独立影响因素,以期为临床实践提供参考。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

选取 2023 年 1 月—2023 年 10 月宜昌市中心人民医院呼吸重症监护室收治的重症肺炎并行机械通气治疗的患者 100 例,根据是否采用体外膈肌起搏器治疗分为对照组 ( $n=50$ ) 和治疗组 ( $n=50$ ),本研究已获得我院医学伦理委员会批准(批号:2022-166-01)。

纳入标准:①年龄  $\geq 18$  周岁;②机械通气时间  $\geq 1$  天;③符合重症肺炎判定标准<sup>[8]</sup>。

排除标准:①孕妇;②膈肌麻痹、神经肌肉系统疾病;③胸廓畸形;④恶性肿瘤患者。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 干预措施

对照组患者给予常规治疗,治疗组患者在常规治疗的基础上加用体外膈肌起搏器(EDP-II 型)治疗,设备的电极置于胸锁乳突肌下端外侧  $1/3$  位置,辅助电极则位于锁骨中线第二肋间。治疗参数设置为起

搏频率 12~18 次/min, 脉冲频率 40 Hz, 刺激强度为 10~15 U, 可根据患者具体情况调整。每日进行两次治疗, 每次持续 30 min, 直至机械通气撤离。

### 1.2.2 观察指标

记录两组患者的一般临床资料, 包括年龄、性别、身体质量指数(body mass index, BMI)、左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)、既往疾病史、急性生理与慢性健康评分(acute physiology and chronic health evaluation II, APACHE II)、氧合指数(PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, P/F)、机械通气时间、重症监护室(intensive care unit, ICU)住院时间; 记录两组患者入组前及呼吸机撤机前的膈肌移动度和膈肌增厚率。

呼吸机撤机成功的标准: 患者撤机后 48 h 内无需再次进行机械通气治疗, 即认为撤机成功。

在患者通过自主呼吸试验后的 30 min 内行膈肌超声检查, 检查在 5 min 内完成。膈肌移动度的检测方法: 在测量过程中, 右侧膈肌、左侧膈肌分别以肝、脾作为透声窗。调整探头的方向和位置, 找到膈肌最大运动范围的位置, 并通过超声测量右侧膈肌的运动范围。膈肌厚度的检测方法: 探头位于第 8~10 肋间, 垂直胸壁, 展示其结构, 记录膈膜厚度数据。

### 1.3 统计学方法

采用 SPSS 20.0 进行数据统计分析, 计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示, 组间比较采用两独立样本 *t* 检验; 计数资

料以 *n* (%) 表示, 组间比较采用  $\chi^2$  检验。采用 Kaplan-Meier 方法绘制两组患者的生存曲线。将单因素分析中 *P* < 0.05 的指标纳入进行多因素 Logistic 回归分析撤机失败的独立影响因素。*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组患者一般临床资料比较

两组患者在年龄、性别、BMI、LVEF、既往疾病史(高血压、糖尿病、心脏病、脑卒中、慢阻肺)、APACHE II 评分、P/F、膈肌移动度及膈肌增厚率方面无明显差异(均 *P* > 0.05), 见表 1。

### 2.2 两组患者临床疗效比较

治疗组患者的膈肌移动度[(1.47 ± 0.17) cm vs (1.34 ± 0.15) cm]、膈肌增厚率[(38.64 ± 6.37)% vs (29.68 ± 5.61)%]及撤机成功率(88.00% vs 72.00%)均显著高于对照组(均 *P* < 0.05)。治疗组患者的机械通气时间[(17.14 ± 5.24) d vs (21.92 ± 4.85) d]、ICU 住院时间[(19.80 ± 5.55) d vs (24.24 ± 5.88) d]及 28 天内死亡率(8.00% vs 24.00%)均显著低于对照组(均 *P* < 0.05), 见表 2。生存曲线显示, 治疗组患者的生存时间明显高于对照组, 见图 1。

表 1 两组患者一般资料比较[( $\bar{x} \pm s$ ), *n*(%)]

项目	对照组( <i>n</i> = 50)	治疗组( <i>n</i> = 50)	<i>t</i> / $\chi^2$	<i>P</i>
年龄/岁	66.30 ± 10.74	66.34 ± 8.36	0.021	0.983
男性	32(64.00)	36(72.00)	0.735	0.391
BMI/(kg/m <sup>2</sup> )	24.82 ± 3.30	24.94 ± 2.83	0.195	0.846
LVEF/%	56.84 ± 4.34	57.32 ± 4.79	0.525	0.601
高血压	10(20.00)	6(12.00)	1.190	0.275
糖尿病	12(24.00)	10(20.00)	0.233	0.629
心脏病	16(32.00)	14(28.00)	0.190	0.663
脑卒中	8(16.00)	10(20.00)	0.271	0.603
慢阻肺	16(32.00)	20(40.00)	0.694	0.405
其他	8(16.00)	6(12.00)	0.332	0.564
APACHE II /分	23.84 ± 4.18	23.90 ± 2.89	0.083	0.934
P/F/mmHg	186.34 ± 54.17	193.22 ± 41.63	0.712	0.478
膈肌移动度/cm	1.33 ± 0.14	1.35 ± 0.15	0.689	0.492
膈肌增厚率/%	28.07 ± 4.54	27.87 ± 4.65	0.218	0.828

注: BMI: 身体质量指数; LVEF: 左心室射血分数; APACHE II: 急性生理与慢性健康评分; P/F: 氧合指数。

表 2 两组患者临床疗效比较 $[(\bar{x} \pm s), n(\%)]$

项目	对照组( $n=50$ )	治疗组( $n=50$ )	$t/\chi^2$	$P$
膈肌移动度/cm	1.34±0.15	1.47±0.17	4.055	<0.001
膈肌增厚率/%	29.68±5.61	38.64±6.37	7.464	<0.001
撤机成功	36(72.00)	44(88.00)	4.000	0.046
机械通气时间/d	21.92±4.85	17.14±5.24	4.734	<0.001
ICU 住院时间/d	24.24±5.88	19.80±5.55	1.143	<0.001
28 天内死亡	12(24.00)	4(8.00)	4.762	0.029

注:ICU:重症监护室。

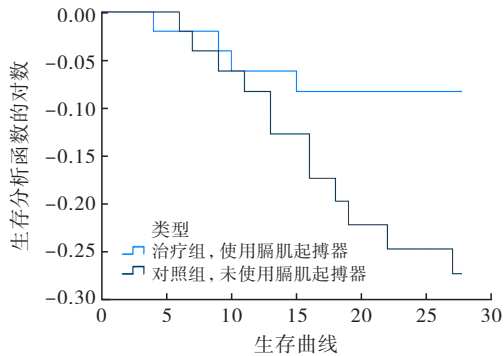


图 1 两组患者生存曲线分析

### 2.3 呼吸机撤机失败的影响因素分析

根据是否撤机成功,将所有患者分为成功组( $n=$

80)和失败组( $n=20$ )。两组患者年龄、APACHE II 评分、P/F、治疗前膈肌移动度、治疗后膈肌移动度、治疗后膈肌增厚率方面有显著差异(均  $P<0.05$ ),见表 3。将上述结果纳入进行多因素 Logistic 回归分析,结果显示,年龄( $OR=1.129, 95\%CI:1.018, 1.254$ )、APACHE II 评分( $OR=1.272, 95\%CI:1.097, 1.406$ )、P/F( $OR=0.971, 95\%CI:0.949, 0.994$ )、治疗前膈肌移动度( $OR=0.002, 95\%CI:0.000, 0.645$ )、治疗后膈肌移动度( $OR=0.046, 95\%CI:0.006, 0.340$ )是撤机失败的独立影响因素,见表 4。受试者工作特征(receiver operator characteristic, ROC)见图 2。

表 3 呼吸机撤机成功和失败组两组患者一般资料比较 $[(\bar{x} \pm s), n(\%)]$

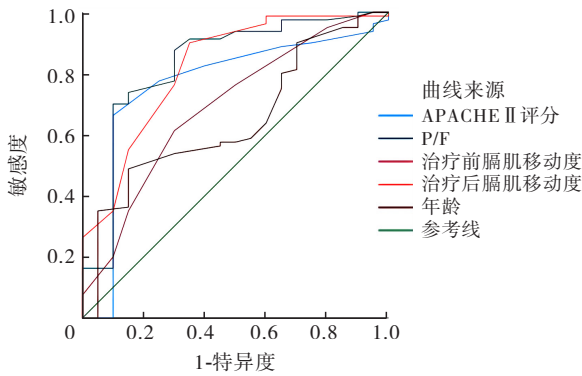
项目	成功组( $n=80$ )	失败组( $n=20$ )	$t/\chi^2$	$P$
年龄/岁	65.08±9.86	71.30±6.40	2.678	0.009
男性	54(67.50)	14(70.00)	0.046	0.830
BMI/(kg/m <sup>2</sup> )	25.06±2.89	24.15±3.66	1.192	0.236
APACHE II /分	24.35±3.28	21.95±4.10	2.779	0.007
LVEF/%	57.28±4.42	56.25±5.11	0.903	0.369
P/F/mmHg	199.26±46.82	151.85±33.06	4.263	<0.001
治疗前膈肌移动度/cm	1.50±0.16	1.38±0.16	3.000	0.003
治疗后膈肌移动度/cm	2.18±0.30	1.84±0.30	4.533	<0.001
治疗前膈肌增厚率/%	28.17±3.60	27.90±1.97	0.323	0.748
治疗后膈肌增厚率/%	39.13±6.14	35.50±5.27	2.428	0.017

注:BMI:体质指数; APACHE II :急性生理与慢性健康评分; LVEF:左心室射血分数; P/F:氧合指数。

表 4 撤机失败的独立影响因素分析

项目	$\beta$	SE	Wald	$P$	OR	95%CI
年龄/岁	0.121	0.053	5.165	0.023	1.129	1.018~1.254
APACHE II 评分/分	0.294	0.076	6.843	0.005	1.272	1.097~1.406
P/F/mmHg	-0.029	0.012	5.907	0.015	0.971	0.949~0.994
治疗前膈肌移动度/cm	-6.196	2.942	4.436	0.035	0.002	0.000~0.645
治疗后膈肌移动度/cm	-3.081	1.103	7.802	0.005	0.046	0.006~0.340
常量	18.012	6.767	7.086	0.008	0.069	—

注:APACHE II :急性生理与慢性健康评分; P/F:氧合指数。



注: APACHE II: 急性生理与慢性健康评分; P/F: 氧合指数。

图 2 ROC 曲线图

### 3 讨论

本研究发现,使用体外膈肌起搏器治疗重症肺炎机械通气患者,可以改善其膈肌功能,增加膈肌移动度及膈肌增厚率,从而提高呼吸机的撤机成功率,并缩短机械通气时间、ICU 住院时间及 28 天内死亡率。本研究还发现,年龄、APACHE II 评分、P/F、治疗前膈肌移动度、治疗后膈肌移动度是撤机失败的独立影响因素。

体外膈肌起搏器治疗重症肺炎机械通气患者,可改善膈肌功能状况。研究表明<sup>[9-10]</sup>,延缓膈肌萎缩并恢复其功能,对于改善重症肺炎患者在机械通气过程中出现的通气及血气交换功能障碍,具有显著的临床意义。体外膈肌起搏器通过电刺激膈神经,模拟生理性呼吸运动,引发膈肌连续、有节律的收缩<sup>[11]</sup>。该技术通过增强膈肌活动,提升肺部通气量,促进氧气供给,以及改善其他相关组织功能,为患者提供辅助性呼吸支持。Hazenber 等<sup>[12]</sup>的研究表明,体外膈肌起搏在一定周期内显著增强膈肌活动度。研究也证实<sup>[13]</sup>,连续治疗 20~30 天后,体外膈肌起搏器可显著提升正常人及慢性阻塞性肺疾病患者的膈肌运动能力及活动范围,这与本研究的结果相符。然而,尽管体外膈肌起搏器在预防膈肌功能减退和障碍方面具有潜在的临床应用效果,但其在常规临床治疗中的普及程度仍然有限。这主要是由于目前尚缺乏充足的临床试验来全面验证其治疗效果的有效性和安全性。研究发现<sup>[14-15]</sup>,膈肌功能障碍在机械通气患者中的高发生率与患者不良预后关系密切,可能与机械通气导致膈肌去负荷而出现的膈肌萎缩有关<sup>[16]</sup>。相关研究表明<sup>[17-18]</sup>,膈肌功能障碍的患病率是 ICU 获得性衰弱患病率的 2 倍,且在机械通气撤离的过程中发生率高达 80%。膈肌功能障碍的进展过程具有时间

依赖性,膈肌肌力的下降在机械通气早期就很明显,且随时间进一步加重<sup>[19]</sup>。对于膈肌功能障碍的评估,膈肌超声检测作为一种新兴的撤机指标,由于其高特异性和敏感性,可作为指导脱机的有效工具,尤其对于无法配合或呼吸肌耐力不佳的患者,超声检查具有更高的操作便捷性<sup>[20]</sup>。然而,若体外膈肌起搏器使用不当,亦可能导致膈肌疲劳。因此,关于如何优化起搏器参数以预防膈肌疲劳,以及确定最佳的治疗干预时机,仍需进一步深入研究。本研究中,所有膈肌超声检查由同一位资深医师执行,以确保结果的可靠性与一致性。

体外膈肌起搏器治疗重症肺炎机械通气患者,可提高呼吸机的撤机成功率,并缩短机械通气时长、ICU 住院时间及 28 天内死亡率。研究表明<sup>[21]</sup>,体外膈肌起搏器治疗有望降低膈肌功能障碍的发生率,并提高机械通气患者撤机的成功率。研究显示<sup>[22-23]</sup>,机械通气不仅会导致重症肺炎患者的膈肌活动减少,还会引发其膈肌萎缩、变薄以及收缩功能的显著下降,从而减缓膈肌运动速度并降低运动幅度,进而影响通气效能,延长机械通气时间。在临床实践中,由于呼吸机和镇静药物的应用,这些变化往往难以被及时发现。当撤离呼吸机时,膈肌需要从被动运动转换为主动运动,存在膈肌功能障碍的患者还需肋间肌、呼气肌及胸锁乳突肌等辅助呼吸肌群代偿来协助呼吸,容易引发呼吸肌疲劳,从而增加撤机失败的风险<sup>[24]</sup>。目前已有大量的研究证实<sup>[25-27]</sup>,体外膈肌起搏器可以有效缩短重症机械通气患者机械通气时间,有助于撤离呼吸机,同时减少患者住院治疗费用。因此,对于接受机械通气的患者,早期实施功能锻炼,促进疾病康复,评估膈肌功能来筛查撤机失败和困难撤机的高危人群显得尤为重要。

重症肺炎机械通气患者撤机成功与否直接关联患者的预后。本研究显示,年龄、APACHE II 评分、P/F、治疗前膈肌移动度、治疗后膈肌移动度是呼吸机撤离失败的独立影响因素。随着年龄的增加,人体生理功能的逐渐衰退尤其是膈肌功能障碍,成为影响机械通气撤除成功的关键因素之一<sup>[28]</sup>。此外,APACHE II 评分作为反映患者基础生理状态的综合性指标,其较高值提示患者基础疾病的严重程度较高,从而预示着撤机成功率的降低。这一点在多项国内外研究中均得到了证实<sup>[29-31]</sup>。P/F 作为反映肺换气及通气功能的直观指标,对于评估患者的组织缺氧程度及肺损伤情况具有重要价值<sup>[32-33]</sup>。在机械通气治疗重症肺炎患者中,P/F 的变化能够直接影响到撤机的决策过程,其在指导撤机过程中的实用价值不容

忽视<sup>[34]</sup>。此外,膈肌移动度作为反映膈肌功能状态的重要指标,在机械通气撤除的评估中占据至关重要的位置<sup>[35-36]</sup>。研究表明<sup>[37-38]</sup>,治疗前膈肌移动度较小的患者,其撤机失败的风险相对较高,而治疗后膈肌移动度的改善,则显著提高了撤机成功的可能性。这一发现强调了膈肌移动度在机械通气撤除过程中的重要性,为临床提供了撤机前后膈肌移动度评估的重要参考。

本研究存在一定局限性,如仅在单中心呼吸重症监护病房进行,样本量不足;另外,未能充分考虑膈肌活动度超声检测与其他脱机指标间的相关性。未来研究需进一步探讨这些关键问题,证实体外膈肌起搏器的安全性及有效性。总之,体外膈肌起搏器可以有效改善重症肺炎患者膈肌功能,提高治疗效果,年龄、APACHE II 评分、P/F、治疗前膈肌移动度及治疗后膈肌移动度是呼吸机撤机失败的独立影响因素。

#### 参考文献:

- [1] Xu Y M, Yang D H, Lu B B, et al. Efficacy of aerobic training and resistance training combined with external diaphragm pacing in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled study[J]. *Clin Rehabil*, 2023, 37(11): 1479-1491.
- [2] 杨惠安, 俞晓玲, 黄水文, 等. 国家早期预警评分 2 联合血乳酸预测重症社区获得性肺炎患者短期预后的价值[J]. *中国感染控制杂志*, 2023, 22(2): 200-207.
- [3] Ranieri V M, Pettilä V, Karvonen M K, et al. Effect of intravenous interferon  $\beta$ -1a on death and days free from mechanical ventilation among patients with moderate to severe acute respiratory distress syndrome: a randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2020, 323(8): 725-733.
- [4] Thakkar P A, Pansuriya H G, Bharani S, et al. Clinical profile, outcome and risk factors for mortality of neonates requiring mechanical ventilation at tertiary care centre of central gujarat, India[J]. *J Nepal Paedr Soc*, 2021, 41(1): 29-34.
- [5] 刘滨滨, 吴华炼, 郑秀丹, 等. 危重症患者呼吸机相关膈肌功能障碍现状及预防的研究进展[J]. *护士进修杂志*, 2023, 38(10): 881-885.
- [6] Chen X X, Li C Z, Zeng L J, et al. Comparative efficacy of different combinations of acapella, active cycle of breathing technique, and external diaphragmatic pacing in perioperative patients with lung cancer: a randomised controlled trial[J]. *BMC Cancer*, 2023, 23(1): 282.
- [7] Sklar M C, Dres M, Fan E, et al. Association of low baseline diaphragm muscle mass with prolonged mechanical ventilation and mortality among critically ill adults[J]. *JAMA Netw Open*, 2020, 3(2): e1921520.
- [8] 中华医学会呼吸病学分会. 中国成人社区获得性肺炎诊断和治疗指南(2016 年版)[J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2016, 39(4): 253-279.
- [9] Joo S, Lee K, Song C. A comparative study of smartphone game with spirometry for pulmonary function assessment in stroke patients[J]. *Biomed Res Int*, 2018, 2018: 2439312.
- [10] Kratz T, Ruff R, Bernhardt M, et al. A porcine model of postoperative hemi-diaphragmatic paresis to evaluate a unilateral diaphragmatic pacemaker [J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1): 12628.
- [11] 梁毅. 体外膈肌起搏器联合呼吸反馈在脑卒中后气管切开病人肺康复中的应用效果[J]. *护理研究*, 2021, 35(15): 2792-2794.
- [12] Hazenberg A, van Alfen N, Voet N B, et al. Facioscapulohumeral muscular dystrophy and respiratory failure; what about the diaphragm? [J]. *Respir Med Case Rep*, 2015, 14: 37-39.
- [13] 张俐丽, 陈春梅. 排痰护理联合体外膈肌起搏器在慢性阻塞性肺疾病患者肺康复中的应用[J]. *黑龙江医药科学*, 2023, 46(4): 57-59.
- [14] 肖灵君, 孙文静, 班乐鑫, 等. 超声在膈肌功能评估中的信度研究[J]. *中国康复医学杂志*, 2024, 39(1): 76-81.
- [15] Fogarty M J, Mantilla C B, Sieck G C. Breathing: motor control of diaphragm muscle [J]. *Physiology (Bethesda)*, 2018, 33(2): 113-126.
- [16] Jiang L H, Sun P P, Li P J, et al. Effects of external diaphragm pacing combined with conventional rehabilitation therapies in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis[J]. *Ther Adv Respir Dis*, 2023, 17: 1753466623121 8086.
- [17] 张一虹, 汪群芳. 体外膈肌起搏器联合头孢哌酮钠舒巴坦钠治疗老年痴呆合并肺部感染疗效及对炎症因子和血气分析的影响[J]. *中国老年学杂志*, 2023, 43(21): 5199-5202.
- [18] 阮丽英, 刘学进, 林献青, 等. 侧俯卧位下应用体外膈肌起搏器对脑卒中气管切开患者肺功能康复的影响[J]. *赣南医学院学报*, 2022, 42(6): 608-611.
- [19] 陈王峰, 张春梅, 林孝文, 等. 体外膈肌起搏器在 ICU 脱机困难患者中的应用[J]. *中国康复医学杂志*, 2021, 36(1): 74-76.
- [20] Song J, Luo Q C, Lai X L, et al. Combined cardiac, lung, and diaphragm ultrasound for predicting weaning

failure during spontaneous breathing trial [J]. *Ann Intensive Care*, 2024, 14(1): 60.

[21] 赵东梅, 罗丹平. 体外膈肌起搏器联合吸气肌锻炼在机械通气患者中的应用效果[J]. *医疗装备*, 2024, 37(5): 96-98.

[22] Mousa A, Klomp maker P, Tuinman P R. Setting positive end-expiratory pressure: lung and diaphragm ultrasound[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2024, 30(1): 53-60.

[23] 李冰, 贾晔然, 李惠萍, 等. 体外膈肌起搏对机械通气免膈肌功能障碍的保护作用及机制研究[J]. *中华急诊医学杂志*, 2021, 30(9): 1095-1101.

[24] 赵大荣. 体外膈肌起搏对脑卒中气管切开患者膈肌功能及套管拔管的影响[D]. 桂林医学院, 2023.

[25] Schönhofer B, Barchfeld T, Geiseler J, et al. Limits and ethics of mechanical ventilation and intensive care medicine in old age [J]. *Pneumologie*, 2021, 75 (2): 142-155.

[26] Bao Q, Chen L, Chen X T, et al. The effects of external diaphragmatic pacing on diaphragm function and weaning outcomes of critically ill patients with mechanical ventilation: a prospective randomized study [J]. *Ann Transl Med*, 2022, 10(20): 1100.

[27] 张琪, 刘欢, 高汉义, 等. 体外膈肌起搏联合呼吸训练对脑卒中恢复期患者呼吸肌的影响[J]. *潍坊医学院学报*, 2023, 45(1): 37-40.

[28] 杨荟晶, 吕慧颐, 杜婧, 等. 撤机困难影响因素及干预措施的研究进展[J]. *护理研究*, 2024, 38(7): 1237-1241.

[29] 陆丽丽, 王见斌, 杨帆, 等. APACHE II 评分、血乳酸浓度、D-二聚体与重症感染患者预后的相关性分析 [J]. *分子诊断与治疗杂志*, 2024, 16(1): 32-35.

[30] Shahi S, Paneru H, Ojha R, et al. SOFA and APACHE II scoring systems for predicting outcome of neurological patients admitted in a tertiary hospital intensive care unit [J]. *Ann Med Surg*, 2024, 86(4): 1895-1900.

[31] Tekin B, Kilic J, Taskin G, et al. The Comparison of scoring systems: SOFA, APACHE-II, LODS, MODS, and SAPS-II in critically ill elderly sepsis patients [J]. *J Infect Dev Ctries*, 2024, 18(1): 122-130.

[32] Ryu J H, Jeon Y T, Sim K M, et al. Role of oxygen reserve index monitoring in patients undergoing robot-assisted radical prostatectomy: a retrospective study [J]. *World J Urol*, 2024, 42(1): 232.

[33] 叶观生, 黄潘文, 莫伟良, 等. 序贯 NCPAP、HHFNC 对肺炎并发呼吸衰竭氧合指数的影响 [J]. *中华肺部疾病杂志(电子版)*, 2024, 17(1): 99-102.

[34] 林立伟, 陈湘平, 张金炎, 等. APACHE II 评分与氧合指数对老年重症肺炎临床疗效及预后的评估价值 [J]. *西藏医药*, 2024, 45(1): 82-84.

[35] Liu Z B, Wang L Y, Zhao L, et al. Clinical effect of pulmonary rehabilitation combined with diaphragm pacemaker therapy in the treatment of severely ill patients with mechanical ventilation [J]. *Int J Rehabil Res*, 2022, 45(3): 195-200.

[36] 卢伟, 董朋霞, 谢天培, 等. 体外膈肌起搏联合四点跪位训练对缺血性脑卒中患者肺功能的影响 [J]. *康复学报*, 2024, 34(1): 21-27.

[37] 刘元红, 李艳, 冯玲, 等. 体外膈肌起搏联合呼吸健肺功治疗脑卒中后肺功能障碍 [J]. *国际老年医学杂志*, 2024, 45(2): 204-209.

[38] Laghi F. Clarifying the role of diaphragm ultrasound imaging in the discontinuation of mechanical ventilation [J]. *Anesthesiology*, 2024, 140(1): 4-7.

[收稿日期 2024-03-21]