

DOI:10.3969/j.issn.1000-9760.2025.05.007

# 体外膈肌起搏器联合气道廓清技术对气管切开患者肺功能及拔管成功率的影响

霍飞翔 邵士光 徐海东 贾万光 孙亚鲁 张洪蕊  
(济宁医学院附属医院康复医学科, 济宁 272000)

**摘要** **目的** 探讨体外膈肌起搏器联合气道廓清技术对气管切开患者肺功能及拔管成功率的影响。**方法** 将符合纳入标准的 66 例气管切开患者随机分为观察组和对照组, 每组 33 例, 在治疗期间观察组和对照组各有 3 例患者退出研究。2 组患者均给予常规气道廓清技术, 观察组在气道廓清技术的基础上增加体外膈肌起搏器治疗; 观察周期为 6 周, 分别在治疗前、治疗 3 周及 6 周后使用非自主咳嗽峰流速 (ICPF)、临床肺部感染评分 (CPIS)、静息下膈肌活动度、气管套管拔管时间和拔管成功率比较 2 组临床疗效的差异。**结果** 2 组患者的 ICPF、CPIS、静息下膈肌活动度的时间效应、组间效应、交互效应均具有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 与治疗前比较, 2 组患者治疗后的 ICPF、CPIS、静息下膈肌活动度均较前改善 ( $P < 0.05$ ); 且治疗 3 周、6 周后, 观察组的 ICPF、CPIS、静息下膈肌活动度优于对照组, 差异具有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 观察组拔管时间比对照组缩短 ( $t = 6.405$ ,  $P < 0.05$ ); 且观察组拔管成功率为 86.7%, 高于对照组 63.3% ( $\chi^2 = 4.356$ ,  $P < 0.05$ )。**结论** 体外膈肌起搏器联合气道廓清技术能有效改善气管切开患者的肺功能, 缩短气管套管拔除时间并提高拔管成功率。

**关键词** 体外膈肌起搏器; 气道廓清技术; 气管切开; 拔管

中图分类号: R473.74 文献标识码: A 文章编号: 1000-9760(2025)10-417-06

## The impact of extracorporeal diaphragm pacemaker combined with airway clearance technology on pulmonary function and success rate of extubation in patients with tracheotomy

HUO Feixiang, SHAO Shiguang, XU Haidong, JIA Wanguang, SUN Yalu, ZHANG Hongrui

(Department of Rehabilitation Medicine, Affiliated Hospital of Jining Medical University, Jining 272000, China)

**Abstract: Objective** To investigate the effects of combined diaphragmatic pacing and airway clearance techniques on pulmonary function and extubation success rates in tracheostomy patients. **Methods** Sixty-six tracheostomised patients meeting inclusion criteria were randomly assigned to an observation group and a control group ( $n = 33$ ). During the study period, three patients dropped out from each group. Both groups received conventional airway clearance techniques. The observation group additionally received extracorporeal diaphragmatic pacing therapy alongside airway clearance techniques. The observation period lasted 6 weeks. Clinical efficacy was assessed by comparing involuntary cough peak flow rate (ICPF), clinical pulmonary infection score (CPIS), resting diaphragmatic mobility, tracheal tube removal time, and extubation success rate before treatment, at 3 weeks, and at 6 weeks post-treatment. **Results** Time effects, between-group effects, and interaction effects for ICPF, CPIS, and resting diaphragmatic mobility were statistically significant in both groups ( $P < 0.05$ ). Compared with pre-treatment levels, post-treatment ICPF, CPIS, and resting diaphragmatic mobility improved in both groups ( $P < 0.05$ ). Furthermore, at 3 and 6 weeks post-treatment, the observation group demonstrated significantly superior ICPF, CPIS, and resting diaphragmatic mobility compared to the control group ( $P < 0.05$ ). The observation group exhibited markedly shorter extubation times than the control group ( $t = 6.405$ ,  $P <$

[基金项目] 济宁市重点研发计划项目 (2023YXNS179); 济宁医学院附属医院“苗圃”科研课题 (MP-ZD-2022-002)

[通信作者] 张洪蕊, E-mail: 18305370300@163.com

0.05)。Furthermore, the extubation success rate in the observation group was 86.7%, markedly higher than the control group's 63.3% ( $\chi^2=4.356, P<0.05$ )。 **Conclusion** The combination of an external diaphragmatic pacing device with airway clearance techniques effectively improves pulmonary function in tracheostomised patients, shortens tracheal tube removal time, and enhances extubation success rates.

**Keywords:** Extracorporeal diaphragm pacemaker; Airway clearance technology; Tracheotomy; Extubation

随着医疗技术的不断提高,气管切开术在急危重症患者的抢救中发挥着重要作用,它可以快速保持呼吸道通畅并缓解呼吸困难,但长期留置气管套管,可出现气管狭窄、肉芽形成、气管食管瘘、气胸、疤痕和拔管困难,增加医疗费用支出<sup>[1]</sup>。有研究报道,长期气管插管极易发生肺部感染并产生肺炎,从而导致拔管失败率高达 40%~50%<sup>[2]</sup>。同时目前临床治疗中抗生素的广泛使用以及滥用情况使得细菌耐药性问题变得愈发严峻,寻求有效的治疗方法减轻肺部感染同时减少抗生素的使用是目前临床上亟待解决的问题。

气道廓清技术 (airway clearance techniques, ACT) 是指应用药物和非药物的方法将气道内分泌物排出体外,减少和控制相关并发症发生的治疗手段<sup>[3]</sup>。ACT 有多种类型,包括主动循环呼吸技术、自主引流技术、咳嗽训练、振动正压呼气技术等<sup>[4]</sup>。ACT 已被证实可促进痰液清除,改善肺功能和增强运动耐力<sup>[5]</sup>。咳嗽是气道廓清的主要机制,是重要的呼吸系统保护性反射,具有帮助纤毛转运,清除气道异物,保持气道通畅作用,同时可以反映气道廓清能力,是气切患者拔管的重要决定因素<sup>[6-7]</sup>。因此,提高气管切开患者的咳嗽能力,显得尤为重要。

体外膈肌起搏器 (extracorporeal diaphragm pacemaker, EDP) 通过低频脉冲电刺激膈神经,影响呼吸调控的传导通路,调节呼吸节律和强化膈肌运动,增强肺通气,提高肺功能,近年来逐渐被应用于肺康复的各个领域<sup>[8]</sup>。

本研究主要将 EDP 和 ACT 联合应用于气管切开患者,观察其联合作用对气管切开患者的咳嗽能力和肺部感染是否有改善作用,探讨联合治疗对气切患者的拔管时间及成功率的影响。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 2021 年 6 月至 2023 年 10 月在济宁医学院附属医院康复医学科气切病房住院且符合纳入、

排除标准的患者 66 例,纳入标准:1) 气管切开患者,包括脑外伤、脊髓损伤和脑卒中等;2) 生命体征平稳;3) 均合并肺部感染,诊断标准依据卫生部制定的《医院感染诊断标准》<sup>[9]</sup>;4) 带管时间  $\geq 48$  h;5) 病程  $\leq 6$  个月,年龄 18~70 岁;6) 患者家属签署知情同意书。排除标准:1) 存在肋骨骨折、锁骨骨折、脊柱不稳定;2) 需机械通气辅助呼吸;3) 合并肺部肿瘤、慢阻肺、哮喘、肺栓塞等其他呼吸系统疾病;4) 有严重骨质疏松;5) 有严重房颤;6) 体内植入有金属异物如心脏起搏器。将 66 例患者随机分为观察组和对照组,每组各 33 例,本研究已经医院伦理委员会审批通过 [2023-06-(C019)], 治疗过程中观察组和对照组各有 3 例患者因转重症 ICU 或拒绝治疗退出,最终完成治疗 60 例。2 组患者的一般资料经统计学比较,差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。见表 1。

表 1 2 组患者的一般资料比较

资料	对照组 (n=30)	观察组 (n=30)	$\chi^2/t$	P
性别			0.271	0.602
男	18	16		
女	12	14		
年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$ )	54.10 $\pm$ 15.13	52.27 $\pm$ 14.90	0.473	0.638
病程 (d, $\bar{x}\pm s$ )	55.10 $\pm$ 29.72	58.87 $\pm$ 32.04	-0.472	0.639
GCS (分, $\bar{x}\pm s$ )	11.27 $\pm$ 2.55	10.57 $\pm$ 2.60	1.055	0.296
疾病类型 (例)			1.726	0.631
脑卒中	13	15		
脊髓损伤	7	9		
脑外伤	7	5		
其他	3	1		
BMI (kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x}\pm s$ )	22.10 $\pm$ 2.51	22.88 $\pm$ 2.63	-1.172	0.246
气道结构异常 (例)			0.218	0.640
有	3	2		
无	27	28		
FOIS 摄食 (分, $\bar{x}\pm s$ )	2.47 $\pm$ 1.11	2.33 $\pm$ 1.03	0.484	0.506
套管类型 (例)			0.069	0.793
金属	13	12		
塑料	17	18		
多重耐药菌感染 (例)			0.131	0.718
有	4	5		
无	26	25		

注:GCS 为 Glasgow 昏迷量表;FOIS, functional oral intake scale 功能性经口进食量表。

## 1.2 治疗方法

两组患者在常规治疗的基础上均接受 ACT, 观察组在此基础上增加 EDP 治疗。

**1.2.1 ACT** 包括主动呼吸循环技术(ACBT)、自主引流、咳嗽训练、体位引流结合叩背、振动排痰等。1) ACBT。包括 3~5 次呼吸控制(以腹式呼吸为主)、3~4 次胸部扩张(以深呼吸为主)和 2~3 次用力呼气技术。每个 ACBT 组件的数量和频率可以改变,但循环的所有组件必须存在,并穿插呼吸控制。2) 自主引流。第一步以呼气时低肺容量的水平进行多次呼吸,松动痰液;第二步进行深呼吸,然后重复正常大小的呼吸 3 次,达到中肺容量水平,聚集痰液;第三步进行深呼吸,达到高肺容量水平,保持 3~4 s,用力呼气,进行咳嗽。对意识障碍或认知障碍的患者,可采用辅助自主引流,治疗师在患者吸气相对胸廓进行持续按压,再结合摇动、振动手法以松动、聚集痰液,最后通过腹部加压帮助患者排出痰液。3) 咳嗽训练。患者取坐位或摇床坐位,首先进行深吸气,屏气 3~5 s,指导患者声门关闭,腹部肌群快速收缩,完成咳嗽。若患者力量较差,可使用辅助咳嗽技术:采取适当体位,治疗师将掌根放置患者的上腹部,在患者腹部即将爆发力量的同时,治疗师掌根迅速向上、向里推,增大腹压,完成咳嗽。对于意识障碍或认知障碍的患者,治疗师可将吸痰管插入气管套管并刺激隆突,诱发咳嗽。4) 体位引流结合叩背。首先根据听诊及影像学资料确定患者肺内分泌物的集中位置,根据不同要引流的肺叶选择不同的体位,如肺上叶引流可选取床旁坐位或半卧位,中、下叶各肺段的引流采用头低脚高位,并根据引流的位置选择合适的转体角度。在进行体位引流时可叩背,治疗师双手呈空杯状,快速的叩击胸部,尽量避开心脏位置,引起疼痛时不应叩击。方向为从下而上,自外到内,叩击频率 100~180 次/min, 3~4 min/次。5) 机械振动排痰。使用 PTJ-767A 型排痰机,频率选择 20~35 圈/s,时间 5~10 min/次,放在痰液聚集处,利用机械振动波,达到松解痰液的效果。对于意识障碍或认知障碍的患者,根据患者的实际情况选取相对应的技术,或者相关辅助技术。治疗总时间 30 min/次, 1 次/d, 6 d/周,持续 6 周。

**1.2.2 EDP 治疗** 观察组在 ACT 治疗的基础上增加 EDP 治疗,操作如下:使用设备为优势康健牌体外膈肌起搏器(DiaHealth-J, 吉林优势康健生物

科技有限公司),治疗前先使用 75%酒精清理皮肤,将两片电极片紧密贴于双侧胸锁乳突肌中下 1/3 外缘处,另外两片分别贴于两侧锁骨中线与第二肋间交点处,上方为起搏电极,下方为辅助电极,然后调整脉冲刺激参数,脉冲频率 40 Hz,起搏频率与患者的呼吸频率一致,调节刺激强度,刺激强度大小以患者耐受为宜。每次治疗持续 30 min, 1 次/d, 6 d/周,持续治疗 6 周。

## 1.3 评定指标

在治疗前、治疗 3 周和 6 周后,分别对两组患者进行非自主咳嗽峰流速(involuntary cough peak flow, ICPF)、临床肺部感染评分(clinical pulmonary infection score, CPIS)测定、静息下膈肌活动度测量,并统计每位患者拔除套管的时间,拔管成功人数。

1) ICPF。采用 X1 型肺功能测试仪(广州赛克医疗器械有限公司),首先将肺功能测试仪依次连接特制的一次性细菌过滤器,同时连接吸痰延长管,最后连接气管切开口处,经吸痰延长管注入生理盐水 3 mL 来刺激诱发患者咳嗽,重复 3 次操作,记录咳嗽时能达到的最大流速值。

2) CPIS。根据临床表现、影像学和微生物学标准制定的一项量化评分工具,主要用来评估患者的肺部感染情况<sup>[10]</sup>,包括体温、白细胞计数、气管分泌物等 6 个部分,每项 0~2 分,最高 12 分。

3) 静息下膈肌活动度。应用全数字彩色多普勒超声诊断系统(汕头市超声仪器研究所有限有限公司,型号 Apogee 5500),采用凸阵探头(频率为 3.5~5.0 MHz),调整探头方向置于右腋前线与肋缘处,在 2D 模式下观察膈肌位置(超声切面可见胆囊、下腔静脉和强回声膈肌弧形影),然后选择 M 模式,将采集线垂直于膈肌,在患者平静呼吸时实时记录膈肌运动并测量膈肌运动幅度<sup>[11]</sup>。

4) 拔管时间。拔管时间指从首次介入物理治疗开始,到拔管后 48 h 为止。拔管成功判定:拔管成功指拔管后患者体温正常、血氧饱和度正常、无明显憋喘、呼吸困难、发绀等症状,48 h 内未再次插管或气切,反之拔管失败。

## 1.4 统计学方法

采用 SPSS 23.0 进行分析,将符合正态分布的计量资料用  $\bar{x} \pm s$  表示,组内比较采用单因素重复测量方差分析,组间比较采用多变量方差分析,不同时间点的比较采用重复测量方差分析,不符合正态

分布的计量资料采用非参数检验,计数资料采用  $\chi^2$  检验。以  $P < 0.05$  表示差异具有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 2 组患者 ICPF

2 组患者治疗期间 ICPF 随时间而改变,组间效应、时间效应和交互效应具有统计学意义 ( $P < 0.001$ )。与治疗前比较,2 组患者治疗后 ICPF 均较前改善 ( $F_{\text{对照}} = 256.673, P_{\text{对照}} < 0.001; F_{\text{观察}} = 756.579, P_{\text{观察}} < 0.001$ );治疗前 2 组患者 ICPF 差异无统计学意义 ( $F = 0.687, P = 0.410$ );治疗 3、6 周后,观察组 ICPF 明显优于对照组,差异具有统计学意义 ( $F = 53.559, P < 0.001; F = 61.425, P < 0.001$ )。见表 2。

表 2 2 组患者 ICPF 比较 (L/min,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	治疗前	治疗 3 周	治疗 6 周
对照组	30	91.57±13.90	125.53±19.38 <sup>①</sup>	174.30±22.65 <sup>①②</sup>
观察组	30	94.37±12.21	161.30±18.47 <sup>①</sup>	220.37±22.88 <sup>①②</sup>
<i>F</i>		0.687	53.559	61.425
<i>P</i>		0.410	<0.001	<0.001

注: $F_{\text{组间}} = 51.834, P_{\text{组间}} < 0.001; F_{\text{时间}} = 916.492, P_{\text{时间}} < 0.001; F_{\text{交互}} = 42.964, P_{\text{交互}} < 0.001; \textcircled{1}$ 表示与治疗前比较  $P < 0.001; \textcircled{2}$ 表示与第 3 周比较  $P < 0.001$ 。

### 2.2 2 组患者 CPIS

2 组患者治疗期间 CPIS 随时间而改变,组间效应、时间效应和交互效应具有统计学意义。与治疗前比较,2 组患者治疗后 CPIS 均较前改善 ( $F_{\text{对照}} = 58.834, P_{\text{对照}} < 0.001; F_{\text{观察}} = 198.239, P_{\text{观察}} < 0.001$ );治疗前 2 组患者 CPIS 组间差异无统计学意义 ( $F = 0.184, P = 0.670$ );治疗第 3、6 周后,观察组 ICPF 明显优于对照组,差异具有统计学意义 ( $F = 5.078, P < 0.05; F = 13.685, P < 0.001$ )。见表 3。

表 3 2 组患者 CPIS 比较 (分,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	治疗前	治疗 3 周	治疗 6 周
对照组	30	6.33±1.32	5.13±0.94 <sup>①</sup>	4.43±0.82 <sup>①②</sup>
观察组	30	6.47±1.07	4.60±0.72 <sup>①</sup>	3.23±0.68 <sup>①②</sup>
<i>F</i>		0.184	5.078	13.685
<i>P</i>		0.670	0.028	<0.001

注: $F_{\text{组间}} = 4.116, P_{\text{组间}} = 0.042; F_{\text{时间}} = 215.467, P_{\text{时间}} < 0.001; F_{\text{交互}} = 6.685, P_{\text{交互}} = 0.002; \textcircled{1}$ 表示与治疗前比较  $P < 0.001; \textcircled{2}$ 表示与第 3 周比较  $P < 0.001$ 。

### 2.3 2 组患者静息下膈肌活动度

2 组患者治疗期间静息下膈肌活动度随时间

而改变,组间效应、时间效应和交互效应具有统计学意义。与治疗前比较,2 组患者治疗后静息下膈肌活动度均较前改善 ( $F_{\text{对照}} = 95.818, P_{\text{对照}} < 0.001; F_{\text{观察}} = 290.356, P_{\text{观察}} < 0.001$ );治疗前 2 组间静息下膈肌活动度差异无统计学意义 ( $F = 0.156, P = 0.695$ );治疗第 3、6 周后,观察组静息下膈肌活动度明显优于对照组,差异具有统计学意义 ( $F = 6.042, P < 0.05; F = 59.457, P < 0.001$ )。见表 4。

表 4 2 组患者静息下膈肌活动度比较 (mm,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	治疗前	治疗 3 周	治疗 6 周
对照组	30	12.28±1.02	12.81±0.92 <sup>①</sup>	13.67±0.88 <sup>①②</sup>
观察组	30	12.16±1.23	13.52±1.27 <sup>①</sup>	15.48±0.94 <sup>①②</sup>
<i>F</i>		0.156	6.042	59.457
<i>P</i>		0.695	0.017	<0.001

注: $F_{\text{组间}} = 9.950, P_{\text{组间}} = 0.003; F_{\text{时间}} = 381.449, P_{\text{时间}} < 0.001, F_{\text{交互}} = 63.594, P_{\text{交互}} < 0.001; \textcircled{1}$ 表示与治疗前比较  $P < 0.001; \textcircled{2}$ 表示与第 3 周比较  $P < 0.001$ 。

### 2.4 2 组患者拔管成功率及拔管时间

治疗后,2 组患者的拔管成功率和拔管时间有差异,观察组拔管成功率高于对照组,拔管时间较对照组缩短,差异具有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。见表 5。

表 5 2 组患者拔管成功率和拔管时间比较 (分,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	拔管时间 (d, $\bar{x} \pm s$ )	拔管成功率 (例, %)
对照组	30	37.13±3.90	19(63.3)
观察组	30	29.77±4.95	26(86.7)
$\chi^2/t$		6.405	4.356
<i>P</i>		<0.001	0.037

## 3 讨论

气道廓清的两种机制是黏液纤毛清除 (Mucociliary clearance, MCC) 和有效的咳嗽。气管切开后机体直接从气管套管处换气,上呼吸道无法对吸入的气体进行湿化、过滤和加温,导致痰液黏稠度增加及痰痂形成。气管切开后潮气量、肺容量降低,呼吸肌无力等因素,限制了有效咳嗽的能力,进一步限制了气道廓清的效果,增加肺部感染的概率。发生肺部感染后,抗生素为首选治疗,但其应用条件受到严重限制,除致病菌的耐药性外,患者的健康状况,如年龄、免疫功能、感染严重程度、器官功能等也是选择抗生素药物时需要考虑的关键

因素<sup>[12]</sup>。因此,迫切需要科学有效的排痰手段来解决这种现象。咳嗽是气道廓清的主要机制,是拔管成功的关键性因素。从咳嗽生理机制上来看,咳嗽可以被分为 3 个主要阶段:1)吸气阶段。摄入大量气体,保证有效咳嗽所需的气量;2)屏气阶段。有效闭合声门并提高胸腔压力,为下一阶段爆发积蓄力量;3)呼气阶段。打开声门并爆发性收缩呼气肌群<sup>[13]</sup>。训练前 2 组患者的 ICPF、静息下膈肌活动度差异无统计学意义,治疗 3 周及 6 周后观察组的 ICPF 及膈肌活动度改善程度较为显著,组间比较差异具有统计学意义。本研究认为联合治疗下 ICPF 和静息下膈肌活动度显著改善的可能原因是膈神经电刺激发出低频脉冲电流直接作用于膈肌的支配神经膈神经,可增加膈肌纤维中的红肌和白肌数量,增强血液供应,改善膈肌循环,扩大胸廓活动度,增强了膈肌运动幅度,提高了潮气量和深吸气量<sup>[14]</sup>,强化了咳嗽的吸气阶段,ACT 中的主动呼吸循环技术、用力呵气技术等可以有效控制呼吸、加强屏气和增强胸内压和腹内压,提高呼气峰值流速,通过动态压缩机制,强化了咳嗽的呼气阶段,增强气流动能,两者互有协同作用,改善了咳嗽的 3 个阶段,从而增强了咳嗽能力。左亚南等<sup>[15]</sup>通过对脑卒中患者和健康受试者咳嗽音声波图的分析,发现咳嗽时“深吸气”和“肺压缩”能力降低是导致脑卒中患者咳嗽能力下降的可能原因,并建议强化“深吸气”和“肺压缩”的动作。刘超等<sup>[16]</sup>发现膈肌起搏器联合肺功能训练可显著提高膈肌整体功能,减轻肺部感染。Ayas 等<sup>[17]</sup>将膈肌起搏器应用于脊髓损伤患者,证实可以延缓膈肌运动幅度下降及废用性萎缩,提高患者的潮气量,本研究同样发现膈肌起搏器治疗后气管切开患者的膈肌运动幅度及潮气量增加。

本研究结果显示,训练前 2 组患者的 CPIS 差异无统计学意义,治疗后 2 组的 CPIS 均较之前有明显降低,差别具有统计学意义,证明了 ACT 对气道廓清效果的有效性,同时治疗 3 周和 6 周后观察组 CPIS 改善程度更大,组间差异具有统计学意义。由此我们可以看出,膈肌起搏器和 ACT 联合后对肺部感染有着显著疗效,且干预时间越长,效果越明显,这和 Chen 等<sup>[18]</sup>研究结论一致。本研究认为膈肌起搏器在气道廓清效果的基础上,通过电刺激膈神经,提高了膈神经兴奋性,激活了呼吸中枢,呼吸肌力量得到增强,肺通气功能改善,从而增强了

MCC 和咳嗽机制,实现了从外周刺激—激活中枢—控制外周的双向作用与反馈,从而对患者咳嗽能力的增强和肺功能改善有着良好疗效。

针对气管插管患者,只要成功拔管即可降低肺部感染发生率,同时因拔管后机体消耗减少,可纠正贫血、低蛋白血症等并发症,有利于吞咽、言语、肢体运动等功能恢复<sup>[19]</sup>。本研究结果显示,观察组的拔管时间明显短于对照组,且拔管成功率高于对照组。表明相较于单纯的 ACT,膈肌起搏器与之联合对于拔管时间的缩短和拔管成功率有更加积极的作用。Abedini 等<sup>[20]</sup>通过研究证明强化咳嗽能力能增加拔管成功的概率,减少不良反应,因此推荐用于拔管决策。周洁等<sup>[21]</sup>研究证实 EDP 联合呼吸训练可缩短脑卒中气切患者拔管时间且提高拔管成功率,与我们的研究结果类似。

综上所述,EDP 联合 ACT 能有效增强患者咳嗽能力,减轻肺部炎症,加速拔管时间,提高拔管成功率,其疗效优于单纯的气道廓清技术。

需要指出的是,本研究还存在诸多不足之处,本研究样本量小,没有纳入不同的耐药菌群进行深入研究,后续会针对以上问题进一步完善。

利益冲突:所有作者均申明不存在利益冲突。

#### 参考文献:

- [1] 何艳斌,周信杰,林倩敏,等.影响慢性意识障碍合并气管切开患者拔管因素的分析[J].第三军医大学学报,2021,43(15):1444-1448. DOI:10.16016/j.1000-5404.202102109.
- [2] Lioutas VA, Hanafy KA, Kumar S. Predictors of extubation success in acute ischemic stroke patients[J]. J Neurol Sci, 2016, 368:191-194. DOI: 10.1016/j.jns.2016.07.017.
- [3] 葛慧青,孙兵,王波,等.重症患者气道廓清技术专家共识[J].中华重症医学电子杂志(网络版),2020,6(3):272-282.
- [4] Stanford G, Davies JC, Usmani O, et al. Investigating outcome measures for assessing airway clearance techniques in adults with cystic fibrosis: protocol of a single-centre randomised controlled crossover trial[J]. BMJ Open Respir Res, 2020, 7(1):e000694. DOI:10.1136/bmjresp-2020-000694.
- [5] Conceição M, Chalmers J. Management of bronchiectasis in adults [J]. Barc Respir Netw Rev, 2022, 8(1):13-28. DOI: 10.23866/bmrev:2021-0013.
- [6] Baptistella AR, Sarmiento FJ, da Silva KR, et al. Predictive factors of weaning from mechanical ventilation and extubation outcome: a systematic review [J]. J Crit Care, 2018, 48:56-62. DOI: 10.1016/j.jere.2018.08.023.
- [7] Thille AW, Richard JC, Brochard L. The decision to extubate in the intensive care unit[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2013,

- 187(12):1294-1302. DOI:10.1164/reem.201208-1523CI.
- [8] 朱永刚,朱秀华,王银龙,等.体外膈肌起搏器联合呼吸训练对脑卒中合并慢性阻塞性肺疾病患者肺功能的影响[J].中国康复医学杂志,2020,35(11):1346-1350. DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2020.11.013.
- [9] 中华人民共和国卫生部.医院感染诊断标准(试行)[J].中华医学杂志,2001,81(5):314-320. DOI:10.3969/j.issn.1671-0800.2003.07.045.
- [10] Rajagopalan RE. CPIS lung ultrasound and the erratic march toward diagnostic certainty in VAP[J]. Indian J Crit Care Med, 2021,25(3):255-257. DOI:10.5005/jp-journals-10071-23751.
- [11] 霍飞翔,李响,张洪蕊,等.系统性呼吸训练对颈髓损伤患者膈肌运动及肺功能的影响[J].中国康复,2022,37(8):477-481. DOI:10.3870/zgkf.2022.08.007.
- [12] Han Q,Chen C,Hu HQ, et al. Effect evaluation on use of bedside fiber bronchoscope in treating stroke-associated pneumonia[J]. Top Stroke Rehabil, 2018, 25(6):459-466. DOI:10.1080/10749357.2018.1469712.
- [13] Choi WA, Park JH, Kim DH, et al. Cough assistance device for patients with glottis dysfunction and/or tracheostomy[J]. J Rehabil Med, 2012, 44(4):351-354. DOI:10.2340/16501977-0948.
- [14] Spivak E, Keren O, Niv D, et al. Electromyographic signal-activated functional electrical stimulation of abdominal muscles: the effect on pulmonary function in patients with tetraplegia[J]. Spinal Cord, 2007, 45(7):491-495. DOI:10.1038/sj.sc.3102039.
- [15] 左亚南,吕倩倩,许维,等.脑卒中患者自主咳嗽声学特征分析:呼吸肌训练的影响[J].中国康复医学杂志,2022,37(5):623-629.
- [16] 刘超,万明珠,段榴斯,等.呼吸神经生理促进疗法结合功能性电刺激对脑卒中后呼吸功能的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2019,41(5):321-324. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.05.001.
- [17] Ayas NT, McCool FD, Gore R, et al. Prevention of human diaphragm atrophy with short periods of electrical stimulation[J]. Am J Respir Crit Care Med, 1999, 159(6):2018-2020. DOI:10.1164/ajrccm.159.6.9806147.
- [18] Chen X, Li C, Zeng L, 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. DOI:10.1186/s12885-023-10750-4.
- [19] 夏嘉川,罗忠纯,郭祥奎,等.气管切开后拔管策略对拔管成功率的影响[J].中国康复理论与实践,2018,24(9):1067-1071. DOI:10.3969/j.issn.1006-9771.2018.09.016.
- [20] Abedini M, Froutan R, Bagheri Moghaddam A, et al. Comparison of "cough peak expiratory flow measurement" and "cough strength measurement using the white card test" in extubation success: a randomized controlled trial[J]. J Res Med Sci, 2020, 25:52. DOI:10.4103/jrms.JRMS\_939\_19.
- [21] 周洁,杜晴,刘田,等.体外膈肌起搏对脑卒中后气管切开患者拔管时间及肺部感染疗效的研究[J].中国伤残医学,2019,27(9):10-12. DOI:10.13214/j.cnki.cjotadm.2019.09.006.

(收稿日期 2024-10-21)

(本文编辑:甘慧敏)