

体外膈肌起搏联合电动起立床对卒中后 气管切开患者肺功能的影响

孙美玲^a, 王欣^a, 李虎^b, 王晓娜^a, 路伟^a, 刘枫^a, 郭太平^a

【摘要】 目的:观察体外膈肌起搏(EDP)联合电动起立床对卒中后气管切开患者肺功能的影响,评定其临床疗效。**方法:**选取 60 例卒中后气管切开患者,按随机数字表法分成对照组和观察组各 30 例。对照组在常规药物治疗及护理基础上予以电动起立床治疗,观察组在对照组基础上加用 EDP 治疗,2 组均治疗 4 周。比较 2 组治疗前、治疗 4 周后氧分压(PaO₂)、二氧化碳分压(PaCO₂)、膈肌移动度(DE)、临床肺部感染评分(CPIS)及临床症状改善有效率。**结果:**治疗 1 个月后,2 组的 PaO₂ 均高于治疗前($P<0.01$),PaCO₂ 均低于治疗前($P<0.01$);治疗后,观察组的 PaO₂ 高于对照组($P<0.01$),而 PaCO₂ 治疗后 2 组之间差异无统计学意义。治疗 1 个月后,2 组的 DE 均高于治疗前($P<0.01$),而 CPIS 均较治疗前降低($P<0.05$);治疗后,观察组的 DE 高于对照组($P<0.01$),观察组的 CPIS 低于对照组($P<0.01$)。治疗后,观察组总有效率明显高于对照组($P<0.05$)。**结论:**EDP 联合电动起立床能够有效改善卒中后气管切开患者的血气分析指标,改善受损的膈肌功能,同时减轻肺感染,提高临床治疗有效率。

【关键词】 体外膈肌起搏;电动起立床;肺功能;膈肌移动度

【中图分类号】 R49;R743.3 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2023.05.002

Effects of external diaphragm pacemaker and electric rising bed on pulmonary function in patients with post-stroke tracheotomy Sun Meiling, Wang Xin, Li Hu, et al. Shandong Provincial Third Hospital, Jinan 250031, China

【Abstract】 Objective: To observe the effects of external diaphragm pacemaker (EDP) and electric rising bed on pulmonary function in patients with post-stroke tracheotomy and evaluate the clinical efficacy. **Methods:** All 60 patients with post-stroke tracheotomy were selected and divided into control group and observation group with 30 patients in each group according to a random number table. The control group was treated with electric standing bed on the basis of conventional drug therapy and nursing, and the observation group was treated with EDP on the basis of the control group. Both groups were treated for 4 weeks. Blood gas analysis index (PaO₂, PaCO₂), diaphragm mobile degrees (diaphragmatic excursion, DE), clinical pulmonary infection score (CPIS) and the effective rate of clinical symptom improvement were compared between two groups. **Results:** After 1 month of treatment, PaO₂ in control group and observation group was higher than that before treatment ($P<0.05$), while PaCO₂ in control group and observation group was lower than before treatment ($P<0.05$). After 1 month of treatment, PaO₂ in the observation group was higher than that in the control group ($P<0.05$), but there was no significant difference in PaCO₂ between the two groups ($P>0.05$). After 1 month of treatment, DE in control group and observation group was higher and CPIS was lower than before treatment ($P<0.05$). After 1 month of treatment, DE in the observation group was higher and CPIS was lower than in the control group ($P<0.05$). The total effective rate of the observation group was higher than that of the control group ($P<0.05$). **Conclusion:** *In vivo* EDP combined with electric standing bed can effectively improve the blood gas analysis index of patients with tracheotomy after stroke, improve the damaged diaphragm function, reduce lung infection, and improve the clinical efficiency.

【Key words】 external diaphragm pacemaker; electric rising bed; lung function; diaphragmatic excursion

一项跨度 10 年的关于我国脑卒中流行特征的调

查显示,目前我国脑卒中发病率、患病率较前明显增速,考虑与人们不良的饮食、生活习惯有关,而病死率总体呈下降趋势^[1]。根据全球疾病负担研究结果显示,2019 年我国新发卒中患者 394 万例,有 219 万人死于卒中,大约每 8 秒就有 1 人发生脑卒中^[2]。重症卒中患者因存在意识障碍、肺部感染、呼吸功能障碍等通常需机械通气维持治疗。随着重症医学发展,气管

基金项目:山东省中医药科技项目(2021M198)

收稿日期:2022-11-20

作者单位:山东省立第三医院 a. 康复医学科, b. 针灸推拿科, 济南 250031

作者简介:孙美玲(1988-),女,住院医师,主要从事神经康复方面的研究。

通讯作者:王欣, iamwangxin@163.com

切开术更倾向于预估病情发展情况下的预防性切
开^[3]。气管切开机机械通气会加速重症患者膈肌无力的
发生,又或加重其膈肌无力程度,而膈肌无力又造成患
者呼吸功能下降,同时影响患者的咳嗽咳痰,进一步加
重肺部感染。重症卒中后期气切患者的康复目的之一
即尽早拔除气切套管,而肺功能康复是治疗肺部感染、
早日拔除气切套管的必经之路,也是近年康复发展的
热门话题;临床中膈肌功能改善在气管切开患者拔管
过程中的作用也愈发受到重视。本次研究围绕卒中后
气管切开患者的肺功能康复与临床治疗效果,联合应
用体外膈肌起搏(external diaphragm pacemaker,
EDP)与电动起立床,现将研究报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2021年8月~2022年10月于
山东省立第三医院康复科住院的卒中后气管切开患者
60例,纳入标准:符合《卒中相关性肺炎诊治中国专家
共识》中脑卒中相关性肺炎诊断标准^[4];气管切开;年
龄35~75岁;脑卒中恢复期,生命体征平稳,无需呼吸
机辅助通气治疗;取得患者及家属同意。排除标准:多
发肺大泡者;气胸;胸肋骨骨折者;心肝肾等脏器衰竭
者;安装心脏起搏器者;活动性肺结核者;存在急性心
血管事件者。采用随机、单盲的试验设计,将患者分为
对照组和观察组,每组30例。2组患者一般资料比较
差异均无统计学意义,具有可比性,见表1。

表1 2组一般资料比较

变量	对照组(n=30)	观察组(n=30)	P
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	55.5 $\pm$ 7.0	55.33 $\pm$ 6.8	0.911
性别(男, %)	17(56.7)	16(53.3)	0.795
病程(d, $\bar{x} \pm s$)	31.5 $\pm$ 10.0	31.6 $\pm$ 9.6	0.948
吸烟史(例, %)	13(43.3)	14(46.7)	0.795
脑出血(例, %)	14(48.3)	15(51.6)	0.796
脑梗死(例, %)	16(53.3)	15(51.6)	0.796
1种病原体感染(例, %)	23(76.7)	25(83.3)	0.519
混合感染(例, %)	7(23.3)	5(16.7)	0.518

1.2 方法 2组均给予常规药物治疗及基础护理,包
括药物(抗感染、雾化、化痰、营养支持、维持水电解质
平衡等药物)及基础护理(口腔护理、翻身扣背、机械排
痰、负压吸引吸痰等)。对照组另外给与电动起立床治
疗,观察组另外给与EDP联合电动起立床治疗。电动
起立床治疗:型号为B-ZLC-0型,每天上午、下午分2
次训练,每次30min,每周10次,治疗时间1个月。训
练前应监测心率、血压、呼吸、指脉氧等生命体征平稳,
初次体位在20~30°,以后每天增加5~10°,直至体位
达到80°。训练期间密切关注患者生命体征变化,如
有不适即刻暂停。连续3d不能耐受者则剔除。体外
膈肌起搏治疗:型号为HLO-GJ13A,患者取坐位或卧

位,电极置于两侧胸锁乳突肌下端外缘1/3处,辅助电
极置于两侧锁骨中线第2肋间,起搏次数为9~15
次/min,脉冲频率为30~50Hz,脉冲幅度80V,脉宽
0.3cm,刺激强度为15~30单位,遵循由弱至强原则,
调整参数刺激强度逐步升高,20min/次,2次/d,每周
10次,共治疗1个月。治疗过程中注意监测生命体
征、观察患者有无不适等。如有不适反应及时停止治
疗或调低刺激强度。该实验过程中无脱落及剔除。

1.3 评定标准 分别于治疗前及治疗1个月后对2
组患者进行评定。

1.3.1 氧分压(PaO₂)、二氧化碳分压(PaCO₂) 抽
取2组患者桡动脉血,行血气分析检查,比较2组患者
血气指标:PaO₂、PaCO₂。

1.3.2 膈肌移动度(diaphragmatic excursion, DE)
取患者去枕平卧位,平静呼吸时,操作者位于患者右
侧,手持二维超声探头置于腋前线、锁骨中线的肋骨下
缘处,调B/M模式,使探头与膈肌处于垂直位,待膈肌
平稳运动及图像显示清晰时,记取测量的数据。观察
膈肌随呼吸运动幅度之变化,测取患者平静吸气末(最
高点)与呼气末(最低点)及之间的差值,记录为膈肌移
动度。

1.3.3 临床肺部感染评分(clinical pulmonary infec-
tion score, CPIS) 综合临床、影像学 and 微生物学标准
来评估感染严重程度,共包括7项指标:体温、白细胞
计数、气道分泌物、氧合情况、X线胸片、肺部浸润影
的进展和气道分泌物培养。最高评分12分,当 ≤ 6 分时
可停用抗生素。

1.3.4 临床疗效 观察记录2组患者的咳嗽咳痰、发
热以及肺部听诊湿啰音等临床症状的缓解或改善情
况,以临床评定疗效。显效:临床症状有明显改善,肺
部干湿性啰音基本消失;有效:临床症状有所改善,肺
部干湿性啰音较前减少;无效:临床症状及肺部干湿性
啰音均未得到改善,甚至可见加重的趋势。治疗有效
率=(总数例-无效数例)/总数例 $\times 100\%$ 。

1.4 统计学方法 采用SPSS 26.0统计学软件进行
数据处理,计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,2组组间均数比较
采用独立样本t检验,组内治疗前后均数比较采用配
对样本t检验;计数资料以百分比表示,行 χ^2 检验,以
 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2组患者治疗前后血气分析对比 治疗前,2组
患者间PaO₂、PaCO₂比较差异无统计学意义。治疗1
个月前后,2组的PaO₂均高于治疗前($P < 0.01$),2组
PaCO₂均低于治疗前($P < 0.01$);治疗后,观察组的

PaO₂ 高于对照组 ($P < 0.01$), 而 PaCO₂ 治疗后 2 组间差异无统计学意义。见表 2。

2.2 2 组患者治疗前后 DE、CPIS 比较 治疗前, 2 组间 DE、CPIS 评分差异无统计学意义; 治疗 1 个月后, 2 组的 DE 均高于治疗前 ($P < 0.01$), 而 CPIS 均低于治疗前 ($P < 0.01$); 治疗 1 个月后, 观察组的 DE 高于对照组 ($P < 0.01$), 观察组 CPIS 更低于对照组 ($P < 0.01$)。见表 3。

2.3 2 组治疗后临床疗效比较 对照组治疗后临床显效 7 例, 有效 15 例, 无效者 8 例; 观察组治疗后临床显效 15 例, 有效 13 例, 无效者 2 例; 对照组总有效率为 73.33%, 观察组总有效率为 93.33%, 观察组总有效率高于对照组 ($P < 0.05$)。

3 讨论

膈肌作为主要的吸气肌, 贡献了吸气原始动力的 75%~80%, 对机体的呼吸功能有重要影响^[5]。卒中后气切患者由于肌力下降, 加之卧位时膈肌运动部分受阻, 患者的胸腔内压减低, 气道廓清能力下降, 是肺炎反复、气切拔管困难的重要原因。膈肌的参与程度影响着卒中患者的肺容量变化^[6]。主动呼吸训练是改善呼吸功能的有效方法, 但重症卒中患者大都存在认知障碍甚至意识不清, 难以配合完成主动的呼吸锻炼。EDP 作为一种呼吸肌被动锻炼方法, 不受患者认知功能影响, 适用于认知障碍及意识不清的患者, 同时其还具有无创性、操作方便、仪器轻巧等优势, 临床上易于普及应用, 通过电刺激改善患者的膈肌活动功能, 使无力的膈肌活动得到改善, 从而提高肺泡有效通气量。为此本研究选取被动站床改变体位及 EDP 被动作用于重症卒中的气切患者, 结果显示, 观察组 PaO₂ 均高于对照组, 而 PaCO₂ 低于对照组, 说明 EDP 联合电动起立床使气切患者的肺功能得到改善。EDP 联合电

动起立床使患者的 DE 较单纯电动起立床改善更明显, EDP 通过体表刺激, 影响膈肌移动, 使膈肌移动明显改善, 有益于卒中气切患者的康复。观察组 CPIS 较对照组降低, 说明 EDP 联合电动起立床较电动起立床治疗可有效减轻患者肺部感染。

电动起立床可使患者体位随床面倾斜角度调整, 患者被动直立站位, 从而脱离卧床状态, 促进痰液排至大气道; 直立位后患者呼吸时膈肌较卧位下降, 由此改善肺通气。近年来电动起立床在体位排痰方面获得了良好的临床评价。龙耀斌等^[7]的研究报导显示, 电动起立床结合手法震颤、辅助呼吸运动有利于气切患者呼吸道分泌物的清除, 畅通呼吸道, 使肺部感染发生率下降。王亚玲等^[8]的研究将电动起立床与振动排痰相结合, 对气切后耐药菌感染肺炎的治疗有效率高达 94.7%。患者由卧位转为直立位后, 加大的气道冲击力使粘附在大气道的粘痰更容易松动并随咳嗽排除。起立床训练使气管切开置管时间缩短, 有利于肺部感染的控制^[9]。黄雅纯等^[10]对 300 例患者的研究显示, 电动起立床训练对控制肺部感染有较好的效果。电动起立床训练作为肺部感染的保护性因素, 可使卧床患者从中受益^[11]。

EDP 的本质是功能性电脉冲, 通过作用于体表刺激膈神经, 使膈肌节律性收缩, 增加膈肌在腔内的活动度, 从而改善呼吸^[12]。Eun 等^[13]的研究显示, 膈神经刺激和呼吸训练可改善卒中后通气功能障碍患者的膈肌活动度及肺通气及换气功能。Bumssoo 等^[14]通过开胸术中行膈神经刺激, 膈肌纤维活检证实可增加膈肌收缩力。EDP 使膈肌节律性收缩舒张, 增加了膈肌活动度, 同时能够促进 CO₂ 从人体排出^[15]。EDP 治疗有明显的起搏膈肌作用, 增加膈肌的 DE, 增大每分潮气量, 使气体交换至肺底, 增加患者的肺通气/血流比值, 提高患者肺通气作用, 从而改善病患血气情况^[16]。

表 2 2 组患者治疗前后 PaO₂、PaCO₂ 比较

mmHg, $\bar{x} \pm s$

组别	n	PaO ₂				PaCO ₂			
		治疗前	治疗后	t	P	治疗前	治疗后	t	P
观察组	30	56.80±5.65	71.30±5.87	-35.703	<0.001	52.27±7.96	44.30±5.29	9.886	<0.001
对照组	30	56.97±5.89	66.07±6.51	-15.479	<0.001	52.07±8.15	47.43±6.94	10.908	<0.001
t		0.122	-3.270			-0.096	1.965		
P		0.911	0.002			0.924	0.054		

表 3 2 组患者治疗前后 DE、CPIS 比较

$\bar{x} \pm s$

组别	n	DE(mm)				CPIS(分)			
		治疗前	治疗后	t	P	治疗前	治疗后	t	P
观察组	30	11.10±1.63	13.73±1.76	-19.475	<0.001	8.07±2.18	3.53±1.65	20.281	<0.001
对照组	30	11.02±1.58	12.42±1.63	-17.327	<0.001	8.07±2.07	4.67±1.53	21.781	<0.001
t		-1.826	-11.342			0.000	2.747		
P		0.078	0.000			1.000	0.008		

可能的原因是体外膈肌起搏通过电脉冲刺激膈神经,使膈肌的白肌与红肌的肌纤维数量改变,增加了膈肌血供,从而增强膈肌收缩,增强膈肌运动能力,从而扩大胸廓活动度^[17]。陈王峰等^[18]对60例脱机困难患者的相关研究中采用超声检测,证实EDP增加了患者的膈肌移动度,最终改善肺通气,缩短机械通气时间。EDP通过增加呼吸肌肌力从而改善气切患者的肺功能,同样在王晓宁等的研究中得到证实,同时提高了气切患者的气管套管拔管率^[19]。我国还有研究报导曾证实^[20],EDP作用于膈肌,治疗已经诊断为ICU获得性衰弱(ICU-acquired weakness,ICU-AW)的患者,有效提高了患者膈肌的肌力和耐力,使ICU-AW患者的膈肌功能障碍得到改善。也有报道称,EDP还有一定的排痰功能,通过作用于膈神经,诱发患者的咳嗽反射活动,促进痰液咳出;通过改善膈肌DE,还增加患者咳嗽瞬间胸腔内正压,提高气道的排痰、廓清能力,最终改善肺部的感染结局^[21]。本研究中,EDP联合电动起立床能有效改善气切患者的肺功能,主要表现为提高了血气分析的氧分压、改善患者DE,降低了CO₂分压,使患者肺功能得以改善。因研究时间短,我们没有最终追踪到患者的气切套管拔管率,但联合组患者的肺部感染评分较站床组降低,说明EDP在控制气切患者的肺部感染方面有良好作用。

EDP被动刺激膈肌,不需要患者主动配合,尤其适合严重卒中后认知功能障碍的气切患者,临床工作中,EDP联合站床治疗,值得在认知障碍的气切患者中推广应用。本研究不足之处,我们认为血气分析可能同时受其他因素影响,比如患者被动运动、吸氧情况、体温等,虽然我们已尽量控制这些可能的变量,但仍不能完全除外这些影响;另外,EDP的刺激参数、持续治疗时间及疗程仍缺乏统一标准,未来尚需更大样本量、更加严格的临床试验研究。

【参考文献】

- [1] 马林,巢宝华,曹雷,等. 2007-2017年中国脑卒中流行趋势及特征分析[J]. 中华脑血管病杂志(电子版),2020,14(5):253-258.
- [2] 王拥军,李子孝,谷鸿秋,等. 中国卒中报告2020(中文版)[J]. 中国卒中杂志,2022,17(5):433-447.
- [3] Sahin S H, Karamanlioglu B, Ina M T, et al. Endotracheal Intubation for Penetrating Neck Trauma[J]. Asian J Neurosurg, 2018, 13(1):75-77.
- [4] 王拥军,陈玉国,吕传柱,等. 卒中相关性肺炎诊治中国专家共识(2019 更新版)[J]. 中国卒中杂志,2019,14(12):1251-1262.
- [5] 唐文庆,张瑞妮,殷稚飞. 体外膈肌起搏在膈肌功能障碍中的应用[J]. 中华物理医学与康复杂志,2018,40(11):871-874.
- [6] Jung J H, Kim N S. The correlation between diaphragm thickness, diaphragmatic excursion, and pulmonary function in patients with chronic stroke[J]. Journal of Physical Therapy Science, 2017,29(12):2176-2179.
- [7] 龙耀斌. 电动站立床在气管切开患者体位排痰中的应用效果[J]. 中国康复医学杂志,2013,28(1):69-70.
- [8] 王亚玲,张艳,董晓玲. 物理振动结合起立床体位排痰对肺部耐药菌感染患者的影响[J]. 齐鲁护理杂志,2016,22(21):92-93.
- [9] 娄玲娣,黄雄昂,王元姣. 直立床训练在康复科气管切开患者中的应用[J]. 中华现代护理杂志,2014,20(28):3579-3581.
- [10] 黄雅纯. 电动起立床训练预防肺部感染的临床研究[J]. 中外医学研究,2017,15(12):156-157.
- [11] 马光慧. 电动起立床训练预防肺部感染的临床观察[D]. 西安医学院,2019.
- [12] 李冰,张红璇. 膈肌起搏的临床应用及研究进展[J]. 中国呼吸与危重监护杂志,2013,12(4):423-426.
- [13] Eun Hye N, Soo Jeong H, Tae Sik Y. Effect of active pulmonary rehabilitation on pulmonary function in patients with brain lesion[J]. Neurorehabilitation, 2014,35(3):459-466.
- [14] Bumssoo A, Thomas B, Tomas M, et al. Phrenic nerve stimulation increases human diaphragm fiber force after cardiothoracic surgery[J]. American Journal of Respiratory & Critical Care Medicine, 2014,190(7):837-839.
- [15] 黄晓芸,庄振中,江意春,等. 体外膈肌起搏器在慢性心衰患者治疗中的作用[J]. 中国医学物理学杂志,2017,34(1):84-88.
- [16] Gonzalez-Bermejo J, Morelot-Panzini C, Georges M, et al. Can diaphragm pacing improve gas exchange Insights from quadriplegic patients[J]. Eur Respir J, 2014, 43(1):303-306.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 王晓宁. 体外膈肌起搏联合气道廓清技术对脑卒中气管切开患者肺康复的影响[D]. 扬州大学,2019.
- [20] 李磊,李静,喻鹏铭,等. 体外膈肌起搏对ICU获得性衰弱患者膈肌功能障碍有效性的研究分析[J]. 中国康复,2019,34(6):299-302.
- [21] Turton P, AlAidarous S, Welters I, et al. A narrative review of diaphragm ultrasound to predict weaning from mechanical ventilation: where are we and where are we heading [J]. Ultrasound J, 2019,11(1):302-307.