

体外膈肌起搏联合肺康复训练对脑卒中患者膈肌及呼吸功能的影响

翁雅婧 程会兰 施加加 谢丽娜 丰金香 周虹

昆山市康复医院心肺康复科, 苏州 215300

通信作者: 周虹, Email: 395512963@qq.com

【摘要】目的 观察体外膈肌起搏(EDP)联合肺康复训练对脑卒中偏瘫患者膈肌及呼吸功能的影响。**方法** 采用随机数字表法将 62 例脑卒中后偏瘫患者分为观察组及对照组, 每组 31 例。2 组患者均给予常规康复干预, 对照组在此基础上辅以肺康复训练(包括咳嗽训练、呼吸训练、胸廓扩张训练及四肢力量训练等), 观察组则在对照组基础上辅以 EDP 治疗。于治疗前、治疗 6 周后对 2 组患者进行膈肌超声检查, 记录患者在最大吸气末及呼气末时偏瘫侧膈肌厚度、膈肌位移, 并计算膈肌增厚率(DTF); 同时对 2 组患者进行肺功能检查及动脉血气分析, 肺功能检测指标包括用力肺活量(FVC)、第 1 秒用力呼气量(FEV1)、第 1 秒用力呼气容积占预计值百分比(FEV1%pred)和呼气流量峰值(PEF); 血气分析指标包括氧分压(PaO₂)、氧合指数、二氧化碳分压(PaCO₂)、动脉血氧饱和度(SaO₂)等。**结果** 治疗后 2 组患者偏瘫侧膈肌厚度、DTF、平静呼吸及深吸气时膈肌位移、FEV1、PEF、FEV1/FVC、FEV1%pred、动脉 PaO₂、氧合指数、SaO₂ 均明显升高($P < 0.05$), PaCO₂ 则显著降低($P < 0.05$)。通过进一步组间比较发现, 治疗后观察组患者 DTF、平静呼吸及深吸气时膈肌位移、FEV1、PEF、FEV1/FVC、FEV1%pred、PaO₂、氧合指数、SaO₂ 及 PaCO₂ 均显著优于对照组水平($P < 0.05$)。**结论** EDP 联合肺康复训练可有效改善脑卒中偏瘫患者膈肌功能及呼吸功能, 进一步提高动脉血氧含量, 该联合疗法值得临床推广、应用。

【关键词】 脑卒中; 肺康复; 体外膈肌起搏; 动脉血氧含量; 呼吸功能

基金项目: 昆山市科技局资助(KSZ2206、KS2362)

Funding: Project supported by the Kunshan Science and Technology Bureau(KSZ2206、KS2362)

DOI: 10.3760/cma.j.cn421666-20240606-00270

脑卒中可导致多种功能障碍, 如肢体功能障碍、心理障碍、语言障碍、认知障碍等; 其中呼吸功能障碍也是脑卒中患者的常见障碍之一, 可导致患者呼吸功能下降、呼吸衰竭或其他严重并发症(如肺不张、呼吸道感染等)^[1], 故如何改善脑卒中患者呼吸功能具有重要意义。目前已有大量文献报道, 呼吸训练可改善脑卒中患者心肺功能, 增加肺有效通气量, 增强呼吸肌及四肢肌力, 提高呼吸道清除分泌物的能力, 有助于减轻肺部炎症, 提高机体免疫功能及肢体运动功能^[2-3]。

膈肌(diaphragm)是人体主要的呼吸肌之一, 承担着 60%~80%的呼吸肌功能。膈肌由膈神经支配, 如膈肌或膈神经受累可引起膈肌功能减弱, 导致通气功能障碍, 增加了发生肺部感染或呼吸衰竭的风险^[4]。体外膈肌起搏(external diaphragmatic pacing, EDP)具有无创、操作简单等特点, 通过对膈肌进行低频脉冲刺激, 能调节膈肌的运动节律及收缩强度, 增加膈肌厚度及耐力, 有助于提高机体呼吸功能^[5]。目前 EDP 主要用于治疗呼吸系统疾病, 如慢性阻塞性肺疾病等, 并取得了不错疗效^[6]。基于此, 本研究联合采用 EDP 及肺康复训练对脑卒中后偏瘫患者进行干预, 并观察治疗前、后患者膈肌及肺功能改善情况, 为提高脑卒中患者呼吸功能提供参考资料。

对象与方法

一、对象与分组

本研究经昆山市康复医院伦理委员会审批(2022 伦研批第 005 号)。患者纳入标准包括: ①均符合《中国急性缺血性脑卒中诊疗指南 2014》^[7] 关于缺血性脑卒中或《脑出血治疗指南 2019》^[8] 关于出血性脑卒中的诊断标准, 并经颅脑 CT 或 MRI 检查确诊; ②患者年龄 18~75 周岁, 均为首次发病且病程不超过 6 个月, 无限制性或阻塞性肺部基础疾病; ③患者生命体征平稳, 可积极配合治疗及疗效评定; ④患者对本研究知晓并签署知情同意书。患者排除标准包括: ①患有心、肝、肾等重要器官疾病或无法控制的基础疾病; ②患有癫痫或其他神经精神疾病; ③胸廓畸形; ④因各种原因无法配合治疗或疗效评定等; ⑤体内有心脏起搏器或伴有活动性结核、气胸等 EDP 治疗禁忌证。

选取 2021 年 10 月至 2022 年 9 月期间就诊于我院心肺康复科的 62 例脑卒中偏瘫患者作为观察对象, 采用随机数字表法将其分为观察组及对照组, 每组 31 例。2 组患者一般资料情况(详见表 1)经统计学比较, 发现组间差异均无统计学意义($P > 0.05$), 具有可比性。

二、治疗方法

2 组患者均给予常规康复干预, 包括运动疗法、作业训练、言语治疗、针灸、物理因子治疗等, 每天治疗 1 次, 每周治疗 5 d, 连续治疗 6 周。对照组患者在上述基础上辅以肺康复训练, 观察组则在对照组基础辅以 EDP 治疗, 具体治疗内容如下。

表 1 入选时 2 组患者一般资料情况比较

组别	例数	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	脑卒中类型(例)		病程 (月, $\bar{x}\pm s$)	体重指数 ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$, $\bar{x}\pm s$)
		男	女		脑出血	脑梗死		
观察组	31	21	10	59.4 \pm 3.4	9	22	3.3 \pm 0.3	23.3 \pm 0.9
对照组	31	18	13	61.2 \pm 3.2	10	21	3.1 \pm 0.6	22.2 \pm 0.7

组别	患侧肌力评级(例)				NIHSS 评分(分, $\bar{x}\pm s$)	吸烟(例)	
	1 级	2 级	3 级	4 级		是	否
观察组	3	15	10	3	11.67 \pm 2.35	14	17
对照组	4	15	8	4	11.56 \pm 2.67	15	16

注:NIHSS 指美国国立卫生研究院卒中量表(National Institutes of Health Stroke Scale, NIHSS)

1. 肺康复训练;主要由 4 部分组成,分别是:①咳嗽训练——治疗师将手掌置于仰卧位患者剑突远端上腹部,双手叠放,于患者深吸后要求其用力咳嗽,治疗师则同时用力压迫其腹部,辅助患者进行大力咳嗽;②呼吸训练——包括缩唇呼吸、腹式呼吸等;③胸廓扩张训练——治疗师将双手分别置于患者胸廓两侧,引导其吸气时尽量扩张胸廓,保持 3~5 s 后再练习缩唇呼吸,嘱患者将肺内气体缓慢呼出;④四肢力量训练——上肢力量训练以哑铃、弹力带等训练方式为主,下肢力量训练则以步行、骑功率自行车等方式为主,训练强度以患者无明显疲劳感且能耐受为宜。以上训练每天 1 次,每次持续约 30 min,每周训练 5 d,连续训练 6 周。

2. EDP 治疗:选用广州产 HLO-GJ13A 型体外膈肌起搏治疗仪,治疗时将小电极片分别置于患者双侧胸锁乳突肌外缘下 1/3 处,大电极片则分别置于双侧锁骨中线第二肋间处。设置膈肌起搏频率为 9 次/分钟,脉冲频率为 40 Hz,刺激强度为 15~20 个单位,并根据患者耐受情况及时调整。治疗过程中保持环境安静,嘱患者不要说话、大笑或转头,当患者出现偏头、咧嘴等症状时,须及时调整胸锁乳突肌处电极粘贴位置。上述 EDP 治疗每天 1 次,每次持续约 30 min,每周治疗 5 d,连续治疗 6 周。

三、疗效评定标准

于治疗前、治疗 6 周后对 2 组患者进行疗效评定,具体评定内容包括:①采用膈肌超声测量最大吸气末时膈肌厚度(diaphragmatic thickness at the end of inspiration, DTei)和呼气末时膈肌厚度(diaphragmatic thickness at the end of expiration, DTee),并计算膈肌增厚率(diaphragmatic thickening fraction, DTF);在测量膈肌厚度时,要求患者保持仰卧位,将高频探头纵向放置于偏瘫侧腋前线第 9 肋间处,分别记录 DTei 及 DTee,连续测量 3 次取平均值, $\text{DTF} = [(D\text{Tei} - D\text{Tee}) / D\text{Tee} \times 100\%]$;②测量患者平静呼吸及深吸气时偏瘫侧膈肌位移,测量时要求患者保持仰卧位,将低频探头垂直放置于偏瘫侧锁骨中线肋弓下缘处,连续测量 3 次取平均值;③采用意大利产 QuarkPFT4 型肺功能仪检测患者肺功能情况,具体检测指标包括用力肺活量(forced vital capacity, FVC)、第 1 秒用力呼气容积(first second forced expiratory volume, FEV1)、第 1 秒用力呼气容积占预计值百分比(FEV1% pred)和呼气流量峰值(peak expiratory flow, PEF);④对患者进行动脉血气分析,具体分析指标包括动脉血氧分压(arterial oxygen pressure, PaO₂)、动脉二氧化碳分压(arterial partial pressure of carbon dioxide, PaCO₂)、氧合指数(oxygenation index, OI)及动脉血氧饱和度(arterial oxygen saturation, SaO₂)等。

四、统计学方法

本研究采用 SPSS 23.0 版统计学软件包进行数据分析,符合正态分布且方差齐性的计量资料以($\bar{x}\pm s$)表示,比较采用 *t* 检验;计数资料以例数表示,采用 χ^2 检验进行比较。 $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

结 果

一、治疗前、后 2 组患者膈肌厚度、DTF 及呼吸时膈肌位移比较

治疗前,2 组患者膈肌厚度、DTF、平静呼吸及深吸气时膈肌位移组间差异均无统计学意义($P > 0.05$);治疗后,2 组患者膈肌厚度均较治疗前显著增加($P < 0.05$),且组间差异仍无统计学意义($P > 0.05$);2 组患者 DTF、平静呼吸及深吸气时膈肌位移均较治疗前显著增加($P < 0.05$),并且观察组上述指标改善幅度均显著优于对照组水平($P < 0.05$)。具体数据见表 2。

二、治疗前、后 2 组患者肺功能比较

治疗前,2 组患者 FEV1、FEV1/FVC、FEV1% pred 及 PEF 组间差异均无统计学意义($P > 0.05$);治疗后,2 组患者 FEV1、FEV1% pred 及 PEF 均较治疗前显著增加($P < 0.05$),并且观察组上述肺功能指标亦显著优于对照组水平($P < 0.05$);另外观察组 FEV1/FVC 亦较治疗前及同期对照组明显改善($P < 0.05$),而对照组 FEV1/FVC 较治疗前有增加趋势,但差异无统计学意义($P > 0.05$)。具体数据见表 3。

三、治疗前、后 2 组患者动脉血气分析结果比较

治疗前,2 组患者动脉 PaO₂、氧合指数、PaCO₂ 及 SaO₂ 组间差异均无统计学意义($P > 0.05$);治疗后,观察组动脉 PaO₂ 较治疗前及对照组均显著升高($P < 0.05$),对照组 PaO₂ 较治疗前有增高趋势,但差异无统计学意义($P > 0.05$);治疗后 2 组患者氧合指数及 SaO₂ 均较治疗前显著升高($P < 0.05$),PaCO₂ 则较治疗前明显降低($P < 0.05$),并且观察组上述指标改善幅度均显著优于对照组水平($P < 0.05$)。具体数据见表 4。

讨 论

本研究显示,治疗后 2 组患者偏瘫侧膈肌厚度、DTF、膈肌位移、肺功能及动脉血气指标均有不同程度改善,并且观察组上述指标的改善幅度亦显著优于对照组水平,表明 EDP 联合肺康复训练可有效改善卒中偏瘫患者膈肌功能及呼吸功能,提高体内血氧含量。

人体呼吸功能受自主神经系统及非自主神经系统共同调节,其中自主呼吸活动由大脑皮质中枢调控,而非自主呼吸则由下位脑干控制^[9]。卒中时如皮质受累,可导致偏瘫侧胸壁

表 2 治疗前、后 2 组患者膈肌厚度、DTF、平静呼吸及深吸气时膈肌位移比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	膈肌厚度 (cm)			DTF (%)		
		治疗前	治疗后	t/P 值	治疗前	治疗后	t/P 值
观察组	31	0.21±0.02	0.23±0.03 ^a	-2.326/0.027	1.35±0.05	1.76±0.09 ^{ab}	-2.811/<0.001
对照组	31	0.20±0.05	0.22±0.02 ^a	-2.055/0.048	1.34±0.06	1.41±0.11 ^a	-3.947/<0.001
t 值		1.128	0.768		2.203	4.958	
P 值		0.264	0.446		0.510	<0.001	

组别	平静呼吸时膈肌位移 (cm)			深吸气时膈肌位移 (cm)		
	治疗前	治疗后	t/P 值	治疗前	治疗后	t/P 值
观察组	1.30±0.26	1.46±0.17 ^{ab}	-3.788/0.001	2.21±0.89	3.76±0.32 ^{ab}	-7.707/<0.001
对照组	1.28±0.09	1.29±0.10 ^a	2.776/0.009	2.19±0.76	2.35±0.64 ^a	-2.464/0.019
t 值	-1.120	6.657		1.043	3.001	
P 值	0.267	<0.001		0.301	<0.001	

注:与组内治疗前比较,^aP<0.05;与对照组相同时间点比较,^bP<0.05

表 3 治疗前、后 2 组患者各项肺功能指标比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	FEV1 (L)			FEV1/FVC (%)		
		治疗前	治疗后	t/P 值	治疗前	治疗后	t/P 值
观察组	31	1.29±0.04	1.81±0.15 ^{ab}	-7.939/<0.001	76.46±6.69	83.73±7.89 ^{ab}	-5.418/<0.001
对照组	31	1.30±0.15	1.43±0.13 ^a	-4.511/<0.001	77.53±7.48	78.84±6.25	0.578/0.568
t 值		0.559	5.746		-2.061	4.336	
P 值		0.578	<0.001		0.054	<0.001	

组别	FEV1%pred (%)			PEF (L/s)		
	治疗前	治疗后	t/P 值	治疗前	治疗后	t/P 值
观察组	51.94±5.70	59.57±5.11 ^{ab}	-6.333/<0.001	1.87±0.11	2.72±0.15 ^{ab}	-3.702/<0.001
对照组	52.01±4.48	54.37±4.30 ^a	-2.930/0.006	1.79±0.27	2.22±0.20 ^a	-2.889/<0.001
t 值	0.544	4.426		1.927	9.745	
P 值	0.588	<0.001		0.059	<0.001	

注:与组内治疗前比较,^aP<0.05;与对照组相同时间点比较,^bP<0.05

表 4 治疗前、后 2 组患者动脉血气分析结果比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	PaO ₂ (mmHg)			氧合指数		
		治疗前	治疗后	t/P 值	治疗前	治疗后	t/P 值
观察组	31	81.39±8.04	89.32±8.24 ^{ab}	-3.377/0.002	266.53±24.62	343.74±27.12 ^{ab}	-6.717/<0.001
对照组	31	81.31±9.23	82.95±9.25	-0.259/0.797	270.23±20.48	289.24±22.15 ^a	-4.978/<0.001
t 值		-1.542	1.974		-1.378	9.097	
P 值		0.128	0.043		0.173	<0.001	

组别	PaCO ₂ (mmHg)			SaO ₂ (%)		
	治疗前	治疗后	t/P 值	治疗前	治疗后	t/P 值
观察组	41.54±5.23	39.23±5.21 ^{ab}	3.265/0.003	90.21±3.31	98.23±2.41 ^{ab}	-9.948/<0.001
对照组	42.01±5.38	40.56±3.45 ^a	2.381/0.024	90.52±7.35	95.15±2.72 ^a	-3.630/<0.001
t 值	-1.201	-2.500		0.511	3.909	
P 值	0.234	0.015		0.611	<0.001	

注:与组内治疗前比较,^aP<0.05;与对照组相同时间点比较,^bP<0.05

肌肉结构发生改变,包括肌纤维长度缩短、纤维类型发生变化、肌肉萎缩、肌肉质量下降等,这些都会诱发患者胸壁肌肉无力、呼吸功能受损;膈肌因中枢神经系统损伤而容易出现萎缩,表现为偏瘫侧 DTF 下降,呼吸时位移减小,吸气肌肌力下降等;而脑干受损可出现中枢性呼吸功能障碍^[10],故针对呼吸障碍的原因采取适当的干预手段,对脑卒中患者呼吸功能恢复具有重要意义。

相关研究报道,肺康复训练能增强机体的肌力及耐力,提高气体交换效率,减少呼吸肌做功^[11],如缩唇呼吸训练能增加呼气时气道压力,避免小气道过早闭合、狭窄,有助于肺内残余

气体充分排出^[12];腹式呼吸可增加潮气量,减少死腔通气,改善肺通气及换气功能^[13];胸廓扩张训练可改善胸廓活动度,提高肺顺应性;四肢力量训练可提高患者的心肺储备功能^[11];咳嗽训练可促进气道分泌物排出,保持气道通畅。另外卒中后早期给予肺康复训练还可减少误吸及吸入性肺炎发生,最大限度地降低气管切开风险,并缩短患者住院时间^[14]。王璐等^[15]通过对亚急性期脑卒中患者进行肺康复训练,发现治疗后患者肺通气功能以及深呼吸时膈肌厚度、移动度等均较治疗前明显改善。本研究对照组患者经上述肺康复训练后,发现其各项肺功能指标均显著改善,进一步证实肺康复训练对脑卒中患者呼吸

功能障碍具有治疗作用。

膈肌是位于胸腔与腹腔间的肌肉纤维结构,也是主要的吸气肌之一。膈肌功能障碍会导致胸腔内负压降低,肺通气量减少,肺顺应性下降。脑卒中患者偏瘫侧膈肌功能明显弱于健侧,在呼气末时偏瘫侧膈肌厚度明显不及健侧,能诱发肺通气功能障碍,增加肺部感染及呼吸衰竭的风险^[16]。EDP 具有无创、操作简单、安全等特点,通过模拟生理放电刺激膈神经^[17],使膈肌产生持续、规律性收缩,能增加膈肌活动度及耐力,从而改善卒中患者肺通气功能^[18]。许轶明等^[19]发现脑卒中偏瘫患者经 12 周 EDP 干预后,其膈肌厚度、活动度及肺功能指标均显著改善。付娟娟等^[20]通过膈肌超声评估 EDP 对脑卒中患者呼吸功能的影响,发现治疗后患者 DTF 及心肺储备功能均明显改善。本研究也观察到类似结果,如观察组患者在肺康复训练基础上辅以 EDP 治疗 6 周后,发现该组患者 DTF、平静呼吸及深吸气时膈肌位移、各项肺功能指标及血气分析结果均较治疗前及对照组明显改善,表明肺康复训练联合 EDP 治疗能进一步改善脑卒中偏瘫患者膈肌功能及呼吸功能。

综上所述,肺康复训练联合 EDP 治疗可显著改善脑卒中偏瘫患者膈肌功能及呼吸功能,进一步提高动脉血氧含量,该联合疗法值得临床推广、应用。需要指出的是,本研究还存在诸多不足,包括样本量较小且来源单一、EDP 刺激靶点及参数待优化、未进行远期疗效随访等,后续研究将针对上述不足进一步完善。

参 考 文 献

- [1] 王硕硕,黎蒙,倪卫东,等.“六字诀”不同训练方式对脑卒中恢复早期患者呼吸肌功能的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2024,46(3):210-215.DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2024.03.004.
- [2] 袁文蓉,陈立娜,王华,等.呼吸肌训练联合反馈式呼吸电刺激对脑卒中患者肺功能及呼吸肌肌力的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2022,44(11):989-993.DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.11.006.
- [3] 田野,胡可慧,杨欢,等.呼吸肌训练联合肌电生物反馈训练对脑卒中后吞咽功能及吸入性肺炎的影响[J].康复学报,2018,28(1):41-44.DOI:10.3724/SP.J.1329.2018.01041.
- [4] 袁文蓉,陈立娜,刘洋洋,等.呼吸肌抗阻训练联合反馈式呼吸电刺激对脑卒中患者膈肌功能及肺功能的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2023,45(2):114-118.DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.02.004.
- [5] Masmoudi H, Persichini R, Cecchini J, et al. Corrective effect of diaphragm pacing on the decrease in cardiac output induced by positive pressure mechanical ventilation in anesthetized sheep[J]. Respir Physiol Neurobiol, 2017, 236(2):23-28. DOI: 10.1016/j.resp.2016.10.009.
- [6] 丰金香,董冬,程会兰,等.体外膈肌起搏对稳定期 COPD 患者心肺功能及生活质量的影响[J].国际呼吸杂志,2022,42(2):138-143. DOI:10.3760/cma.j.cn131368-20210901-00644.
- [7] 中华医学会神经病学分会,中华医学会神经病学分会脑血管病学组.中国急性缺血性脑卒中诊治指南 2014[J].中华神经科杂志,

- 2015,48(4):246-257. DOI:10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2015.04.002.
- [8] 中华医学会神经病学分会,中华医学会神经病学分会脑血管病学组.中国脑出血诊治指南(2019)[J].中华神经科杂志,2019,52(12):994-1005. DOI:10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2019.12.003.
- [9] Zambon M, Greco M, Bocchino S, et al. Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: A systematic review[J]. Intensive Care Med, 2017, 43(1):29-38. DOI:10.1007/s00134-016-4524-z.
- [10] Kim NS. Correlation between grip strength and pulmonary function and respiratory muscle strength in stroke patients over 50 years of age[J]. J Exerc Rehabil, 2018, 14(6):1017-1023. DOI:10.12965/jer.1836444.222.
- [11] 王赛华,熊键,高李侠,等.徒手呼吸训练干预脑卒中后吞咽功能障碍患者的疗效观察[J].中华物理医学与康复杂志,2019,41(10):735-739. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.10.004.
- [12] Yang Y, Wei L, Wang S, et al. The effects of pursed lip breathing combined with diaphragmatic breathing on pulmonary function and exercise capacity in patients with COPD: a systematic review and meta-analysis[J]. Physiother Theory Pract, 2022, 38(7):847-857. DOI:10.1080/09593985.2020.1805834.
- [13] Wouters EF, Posthuma R, Koopman M, et al. An update on pulmonary rehabilitation techniques for patients with chronic obstructive pulmonary disease[J]. Expert Rev Respir Med, 2020, 14(2):149-161. DOI:10.1080/17476348.2020.1700796.
- [14] American Stroke Association. Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association[J]. Stroke, 2016, 47(6):e98-169. DOI:10.1161/STR.0000000000000098.
- [15] 王璐,程怡慧,张秀,等.吸气肌训练对亚急性脑卒中患者肺功能及膈肌运动的影响[J].中华物理医学与康复杂志,2020,42(11):987-991. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2020.11.006.
- [16] Fabero GR, Corral DT, Angulo DP, et al. Respiratory muscle training improves exercise tolerance and respiratory muscle function/structure post-stroke at short term: A systematic review and meta-analysis[J]. Ann Phys Rehabil Med, 2022, 65(5):101596. DOI:10.1016/j.rehab.2021.101596.
- [17] Ricoy J, Rodriguez NN, Alvarez-Dobano JM, et al. Diaphragmatic dysfunction[J]. Pulmonology, 2019, 25(4):223-235. DOI:10.1016/j.pulmoe.2018.10.008.
- [18] Ahn B, Beaver T, Martin T, et al. Phrenic nerve stimulation increases human diaphragm fiber force after cardiothoracic surgery[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2014, 190(7):837-839. DOI:10.1164/rccm.201405-0993LE.
- [19] 许轶明,沈宏华,张音,等.体外膈肌起搏治疗联合有氧呼吸操对卒中偏瘫患者肺功能的疗效[J].内科理论与实践,2022,17(3):243-247. DOI:10.16138/j.1673-6087.2022.03.013.
- [20] 付娟娟,冯慧,潘化平,等.脑卒中患者膈肌功能评估与康复干预临床研究[J].康复学报,2019,29(2):32-36. DOI:10.3724/SP.J.1329.2019.02032.

(修回日期:2024-10-16)

(本文编辑:易浩)