

· 临床研究 ·

神经肌肉电刺激在慢性阻塞性肺疾病 康复中的应用

贾功伟 李娜 殷樱 黄荣忠 虞乐华 贾朗

【摘要】 目的 探讨神经肌肉电刺激在慢性阻塞性肺疾病 (COPD) 患者肺康复中的作用。**方法** 选择符合入选标准的 COPD 患者 78 例,至研究结束共脱落患者 10 例,最终纳入研究患者共 68 例,按照随机数字表法将其分为神经肌肉电刺激组 (36 例) 和运动治疗组 (32 例),2 组均接受常规药物治疗和基础康复训练,在此基础上分别进行双下肢神经肌肉电刺激和双下肢肌力、耐力训练 8 周。治疗前及治疗 8 周后 (治疗后) 分别对 2 组患者的肺功能、多因素分级、股四头肌等速肌力、运动心肺功能、圣乔治呼吸问卷 (SGRQ) 进行评估。**结果** 治疗前,2 组患者肺功能指标、多因素分级系统评定、股四头肌峰力矩、心肺功能、SGRQ 比较,差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。与组内治疗前比较,2 组患者第 1 秒用力呼气容积 (FEV_1)、 FEV_1 占用力肺活量比例 (FEV_1/FVC) 均有所改善 ($P<0.05$)。神经肌肉电刺激组除体重指数 (BMI) 外, FEV_1 占预计值百分比、MRC、6MWD 均较组内治疗前改善,运动治疗组 BMI、 FEV_1 占预计值百分比、6 min 步行距离测试 (6MWD) 较组内治疗前改善 ($P<0.05$)。神经肌肉电刺激组治疗后 BMI、6MWD 与运动治疗组比较,差异有统计学意义 ($P<0.05$)。2 组患者治疗后股四头肌峰力矩均较组内治疗前增加,且运动治疗组峰力矩 [(83.07 ± 1.83) Nm] 大于神经肌肉电刺激组 [(78.88 ± 2.06) Nm] ($P<0.05$)。神经肌肉电刺激组治疗后 VO_{2max} 、 W_{max} 较组内治疗前增加 ($P<0.05$),运动治疗组治疗后 VO_{2max} 、 W_{max} 、力竭时间较组内治疗前增加 ($P<0.05$)。神经肌肉电刺激组除疾病影响因素外,总分、症状、活动能力评分较组内治疗前显著降低 ($P<0.05$),运动治疗组总分、症状、活动能力、疾病影响因素均较组内治疗前显著降低,差异有统计学意义 ($P<0.05$)。**结论** 神经肌肉电刺激和下肢运动训练均可作为 COPD 患者肺康复的基础,但下肢运动训练仍是 COPD 患者肺康复的首选康复方案。

【关键词】 慢性阻塞性肺疾病; 肌力训练; 耐力训练; 神经肌肉电刺激

基金项目:重庆市卫计委医学科研计划项目 (20142027,2013-2-040)

Neuromuscular electrical stimulation promotes rehabilitation in obstructive pulmonary disease Jia Gongwei*, Li Na, Yin Ying, Huang Rongzhong, Yu Lehua, Jia Lang. * Department of Rehabilitation Medicine and Physical Therapy, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China
Corresponding author: Jia Lang, Email: 93348047@qq.com

【Abstract】 Objective To explore the efficacy of neuromuscular electrical stimulation (NMES) in treating severe and chronic obstructive pulmonary disease (COPD). **Methods** Seventy-eight COPD patients were randomly divided into an NMES group of 38 and an exercise therapy group of 32. In addition to the routine drug therapy and basic rehabilitation training, the NMES group received 8 weeks of NMES of the lower limbs while the exercise group was provided with strength and endurance training of the lower limbs, also for 8 weeks. Before and after the 8 weeks of treatment, pulmonary function was tested along with isokinetic quadriceps strength, cardiopulmonary capacity, and lung capacity using Saint George's respiratory questionnaire (SGRQ). **Results** The two groups showed no significant difference in any of the measurements before the treatment. After the treatment, forced expiratory volume in 1 second of (FEV_1), FEV_1 /forced vital capacity (FVC), FEV_1 in percentage of the predicted value, medical research council dyspnea scale (MRC) score and the 6-minute walk distance (6MWD) improved in both groups. However, the average body mass index and 6 minute walk distance differed significantly between the groups after the treatment. The quadriceps' peak torque increased after the treatment in both groups, but the average in the exercise group was significantly higher than that in the NMES group. VO_{2max} and W_{max} also increased significantly in both groups, and the average time to exhaustion increased significantly in the exercise group. Significant improvement was observed in

the BODE assessment after the intervention for both groups. **Conclusion** Neuromuscular electrical stimulation is as effective as therapeutic exercise in promoting the rehabilitation of severe COPD patients. However, lower limbs exercise is still the first choice in managing such patients.

【Key words】 Chronic obstructive pulmonary disease; Endurance training; Strength training; Neuromuscular electrical stimulation

Fund program: Chongqing Municipal Healthcare Department Medical Research Grant (20142027, 2013-2-040)

慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)是危害人类健康的常见疾病之一,由于该病反复发作并呈进行性加重,使患者的生存质量持续下降,给家庭和社会带来沉重负担。多年的研究结果证实,肺康复对于呼吸系统疾病患者切实有效,其中运动训练是综合性肺康复方案的基础,尤其是下肢运动训练^[1]。但是由于国内认识相对不足和医疗环境的特殊性,以运动训练为主的主动康复训练模式在重度及极重度 COPD 患者的肺康复中开展相对迟缓。神经肌肉电刺激是一种被动锻炼方式,近年来的研究发现,神经肌肉电刺激可以用于肺康复^[2]。本研究比较神经肌肉电刺激及下肢主动运动训练对 COPD 患者肺功能、运动功能、生存质量等的影响,探讨神经肌肉电刺激代替下肢主动运动训练的可行性。

对象与方法

一、研究对象

入选标准:①符合 2007 年中华医学会《慢性阻塞性肺疾病诊治指南》的诊断标准^[3];②改良英国医学研究会(modified British Medical Research Council, mMRC)呼吸困难分级量表 3 级或 4 级;③自愿签署知情同意书。同时排除双下肢髋关节及膝关节疾病患者、双下肢有金属内置物患者、神经肌肉疾病患者、安置心脏起搏器或动脉支架患者。选取 2012 年 12 月至 2014 年 12 月在重庆市医科大学附属第二医院住院的 COPD 患者 78 例,至研究结束共脱落患者 10 例,最终纳入研究患者共 68 例,按照随机数字表法将其分为神经肌肉电刺激组(36 例)和运动治疗组(32 例)。2 组患者年龄、性别、COPD 全球倡议分级^[4]等一般资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性,详见表 1。

表 1 患者一般资料比较

组别	例数	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)
		男	女	
神经肌肉电刺激组	36	20	16	62.3±1.3
运动治疗组	32	19	13	64.0±1.2

组别	例数	COPD 全球倡议分级(例)			
		I	II	III	IV
神经肌肉电刺激组	36	0	6	12	18
运动治疗组	32	0	4	10	18

二、治疗方法

2 组患者均进行有效的药物治疗、氧疗及其他基础康复治疗,包括健康教育、营养支持、咳嗽训练及呼吸训练,在此基础上神经肌肉电刺激组进行双下肢神经肌肉电刺激,运动治疗组进行双下肢肌力、耐力训练。

1. 神经电刺激:应用日本产 ES-420 多功能电刺激治疗仪,刺激强度 50 Hz,波形为双相平衡波,正相方波,负相正弦波,双极法放置电极,主要强化双下肢股四头肌和胫前肌群,两个电极分别放置于肌腹近端及远端,电流强度以能引起肌肉明显可见收缩而无疼痛为度,每次 20 min,每日 2 次,每周 5 d,连续治疗 8 周。每次治疗由同 1 位物理治疗师进行操作。

2. 双下肢肌力、耐力训练:采取渐进抗阻训练方法为主的运动治疗,主要是屈膝及伸膝训练,训练 10 次运动为 1 组,共 3 组,每组间休息 2 min,第 1、2、3 组训练所用负荷依次增加,每日 2 次,每周 5 d,连续 8 周。

三、康复评定指标

所有受试者均于治疗前及治疗 8 周后(治疗后)进行康复评定。

1. 肺功能检测:检测指标包括第 1 秒用力呼气容积(forced expiratory volume in first second, FEV₁)、FEV₁ 占用力肺活量(forced vital capacity, FVC)百分比(FEV₁/FVC)等。

2. 多因素分级系统评定:多因素分级系统对 COPD 呼吸相关死亡或其他原因所致死亡的预测作用优于单独使用 FEV₁。包括体重指数(body mass index, BMI)、FEV₁ 占预计值百分比、MRC 气促分级和 6 min 步行距离测试(6-min walk distance test, 6MWD)。

3. 股四头肌等速肌力测试:采用 ISOMED 2000 等速肌力测试训练系统对患者进行双下肢股四头肌峰力矩测试。

4. 运动心肺功能测试:采用美国产心肺运动功能仪对患者进行测试,指标包括摄氧量(VO_{2max})、最大功率(W_{max})与力竭时间。测试过程中患者出现难以忍受的呼吸困难、血压及心率明显异常或自觉明显不适时终止测试。

5. 圣乔治呼吸问卷(St George's respiratory questionnaire, SGRQ):包括症状、活动能力及疾病影响,总分 100 分,分值越高表示患者生存质量越差。

四、统计学方法

采用 SPSS 17.0 版统计学软件进行数据处理, 计量资料用($\bar{x} \pm s$)形式表示, 两组之间比较采用独立样本 t 检验, 计数资料比较采用卡方检验, 相关性分析采用 Pearson 双变量相关分析, $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

结 果

治疗前, 2 组患者肺功能指标、多因素分级系统评定、股四头肌峰力矩、心肺功能、SGRQ 比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$)。与组内治疗前比较, 2 组患者 FEV₁、FEV₁/FVC 均有所改善($P < 0.05$)。神经肌肉电刺激组除 BMI 外, FEV₁ 占预计值百分比、MRC、6MWD 均较组内治疗前改善, 运动治疗组 BMI、FEV₁ 占预计值百分比、MRC、6MWD 较组内治疗前改善($P < 0.05$)。神经肌肉电刺激组治疗后 BMI、6MWD 与运动治疗组比较, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。2 组患者治疗后股四头肌峰力矩均较组内治疗前增加, 且运动治疗组峰力矩大于神经肌肉电刺激组($P < 0.05$)。神经肌肉电刺激组治疗后 VO_{2max}、W_{max} 较组内治疗前增加($P < 0.05$), 运动治疗组治疗后 VO_{2max}、W_{max}、力竭时间较组内治疗前增加($P < 0.05$)。神经肌肉电刺激组除疾病影响因素外, 总分、症状、活动能力评分较组内治疗前显著降低($P < 0.05$), 运动治疗组总分、症状、活动能力、疾病影响因素均较组内治疗前显著降低, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。详见表 2、3、4、5、6。

表 2 2 组患者康复治疗前、后肺功能指标比较

($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	FEV ₁ (L)	FEV ₁ /FVC(%)
神经肌肉电刺激组			
治疗前	36	0.96±0.06	36.23±1.86
治疗后	36	1.07±0.04 ^a	39.32±2.06 ^a
运动治疗组			
治疗前	32	1.01±0.02	36.94±2.75
治疗后	32	1.08±0.07 ^a	39.76±1.93 ^a

注: 与组内治疗前比较, ^a $P < 0.05$

表 3 2 组患者康复治疗前、后多因素分级系统评定

($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	BMI (kg/m ²)	FEV ₁ 占预计值 百分比(%)	MRC (级)	6MWD (m)
神经肌肉电刺激组					
治疗前	36	22.65±0.13	37.43±1.96	2.50±0.21	262±46
治疗后	36	22.62±0.25 ^b	40.62±2.13 ^a	2.12±0.32 ^a	302±68 ^{ab}
运动治疗组					
治疗前	32	23.02±0.08	38.04±1.77	2.56±0.18	264±65
治疗后	32	22.56±0.23 ^a	42.66±1.83 ^a	2.24±0.26 ^a	356±52 ^a

注: 与组内治疗前比较, ^a $P < 0.05$; 与运动治疗组治疗后比较, ^b $P < 0.05$

表 4 2 组患者康复治疗前、后股四头肌峰力矩比较

(Nm, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	治疗前	治疗后
神经肌肉电刺激组	36	70.62±5.21	78.88±2.06 ^{ab}
运动治疗组	32	70.28±4.82	83.07±1.83 ^a

注: 与组内治疗前比较, ^a $P < 0.05$; 与运动治疗组治疗后比较, ^b $P < 0.05$

表 5 2 组患者康复治疗前、后心肺功能指标比较

($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	VO _{2max} (ml/Kg/min)	W _{max} (W)	力竭时间 (min)
神经肌肉电刺激组				
治疗前	36	15.76±2.06	87.46±16.92	6.75±2.06
治疗后	36	19.07±4.24 ^a	102.32±18.13 ^a	13.42±5.80
运动治疗组				
治疗前	32	16.21±0.02	88.08±21.04	7.94±1.25
治疗后	32	19.98±5.07 ^a	106.62±22.43 ^a	14.66±4.86 ^a

注: 与组内治疗前比较, ^a $P < 0.05$; 与运动治疗组治疗后比较, ^b $P < 0.05$

表 6 2 组患者康复治疗前、后 SGRQ 量表比较

(分, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	总分	症状	活动能力	疾病影响
神经肌肉电刺激组					
治疗前	36	55.21±14.32	58.26±13.78	57.05±12.65	41.26±8.63
治疗后	36	45.76±12.22 ^a	48.36±8.93 ^a	46.46±12.82 ^a	26.52±10.23
运动治疗组					
治疗前	32	56.61±15.70	60.2±18.72	57.84±18.75	40.35±10.72
治疗后	32	46.09±14.53 ^a	46.65±12.93 ^a	45.26±13.86 ^a	23.65±9.88 ^a

注: 与组内治疗前比较, ^a $P < 0.05$; 与运动治疗组治疗后比较, ^b $P < 0.05$

讨 论

美国胸科医生学院和美国心血管肺康复协会 2007 年更新的肺康复循证医学指南中, 将下肢运动训练作为 COPD 患者肺康复的强制性内容, 推荐级别为 1A 级^[1]。但在临床实际工作中, 某些重度及极重度 COPD 患者由于呼吸困难、心力衰竭等病情原因不能配合, 或由于认识的误区而拒绝下肢肌肉运动训练。目前, 有研究发现, 神经肌肉电刺激可以增加 COPD 患者股四头肌肌力^[5]。

本研究脱落患者 10 例, 均为 COPD 症状加重不能坚持参加研究。在研究过程中未出现康复训练诱发呼吸困难、心绞痛、严重心律失常等病例。本研究表明, COPD 患者进行以主动下肢肌力训练或神经肌肉电刺激为主的综合康复训练是安全可行的, 与其他研究结果一致^[6]。

肺功能在肺康复评价中具有重要的临床意义。呼吸困难是影响 COPD 患者生活的症状之一, 目前国内

外的研究尚未完全证实肺康复能确切改善 COPD 患者的肺功能。本研究患者经 8 周综合治疗后, FEV_1 、 FEV_1 占预计值百分比、 FEV_1/FVC 均有明显改善。多因素分级系统评定包括 BMI、 FEV_1 占预计值百分比、MRC 气促分级和 6MWD, 比 FEV_1 能更好地预测死亡和健康相关生活质量, 是一种较好地预测 COPD 患者病情及预后的分级评估系统^[7]。经过 8 周的治疗, 神经肌肉电刺激组患者同运动治疗组患者一样, FEV_1 占预计值百分比、MRC 气促分级和 6MWD 均较康复治疗前改善, 运动治疗组患者 BMI 较治疗前变化明显, 神经肌肉电刺激组患者 BMI 较治疗前无明显变化。

重度及极重度 COPD 患者的户外活动时间明显减少, 日常生活无法恢复到发作前的水平, 与年龄及 FEV_1 等指标相比, 下肢骨骼肌收缩力下降与患者的生命质量和病情加重密切相关^[8]。COPD 患者常有骨骼肌 I 型肌纤维(耐疲劳的慢收缩氧化型)比例下降, II 型肌纤维(易疲劳的快收缩糖酵解型)比例升高, 这种肌纤维比例的改变是 COPD 患者易疲劳的可能机制之一^[9]。神经肌肉电刺激能够通过激活肌纤维运动单位, 通过传入神经激活脊髓神经元下调运动神经的反馈机制使特定的肌群被动性地节律性收缩, 从而防止失神经支配肌肉的萎缩; 同时电刺激还具有改善肌肉血液循环、改善淋巴回流、保证肌肉正常代谢等作用^[10]。经 8 周康复训练, 神经肌肉电刺激组患者同运动治疗组患者一样, 双下肢股四头肌峰力矩较康复治疗前改善, 但是组间比较, 运动治疗组改善更加明显, 证明神经电刺激可以改善 COPD 患者下肢骨骼肌收缩力和步行能力, 但下肢运动训练仍是 COPD 患者肺康复的首选康复方案。

运动心肺试验是评估运动耐力的“金标准”。本研究结果表明, 神经肌肉电刺激和下肢运动训练均可显著增加 COPD 患者的运动耐力(VO_{2max} 、 W_{max} 、力竭时间), 这与其他研究结果一致^[11]。神经肌肉电刺激可能通过激活肌纤维运动单位和通过传入神经激活脊髓神经元下调运动神经的反馈机制使下肢肌群被动性地节律性收缩, 使下肢肌肉力量增强, 运动耐力提高。

COPD 患者的康复治疗, 除需改善患者的临床症状外, 还需改善患者的生存质量。SGRQ 主要用于评估 COPD 患者生存质量的变化情况^[12]。经过 8 周治疗, 2 组患者的生存质量均得到明显改善, 原因可能是由于患者运动耐力及肌力改善后, 运动能力及日常生活能力提高, 自信心增强。

目前, 作为被动锻炼形式的神经肌肉电刺激易于被医生和患者接受, 以神经肌肉电刺激和下肢运动训

练为基础的综合治疗方案均可改善重度及极重度 COPD 患者的心肺功能、运动能力和生存质量。因此, 神经肌肉电刺激和下肢运动训练均可作为 COPD 患者肺康复的基础, 但下肢运动训练仍是 COPD 患者肺康复的首选康复方案。

参 考 文 献

- [1] Ries AL, Bauldoff GS, Carlin BW, et al. Pulmonary rehabilitation: joint ACCP/AACVPR evidence-based clinical practice guidelines [J]. Chest, 2007, 131(5): 4-42.
- [2] Slien MJ, Speksnijder CM, Eterman RM, et al. Effect of neuromuscular electrical stimulation of muscles of ambulation in patients with chronic heart failure or COPD: a systematic review of the English-language literature [J]. Chest, 2009, 136(1): 144-161. DOI: 10.1378/chest.08-2481.
- [3] 慢性阻塞性肺疾病诊治指南(2007 年修订版). 中华医学会呼吸病学分会慢性阻塞性肺疾病学组 [J]. 中华结核和呼吸杂志, 2007, 30(1): 8-17. DOI: 10.3969/j.issn.1004-6763.2007.02.008.
- [4] 冯连彩, 秦艳. COPD 患者 BODE 指数及 GOLD 分级与生活质量的的相关性研究 [J]. 中华全科医学, 2012, 10(10): 1541-1543. DOI: 10.16766/j.cnki.issn.1674-4152.2012.10.041.
- [5] Vivodtzev I, Debigaré R, Gagnon P, et al. Functional and muscular effects of neuromuscular electrical stimulation in patients with severe COPD: a randomized clinical trial [J]. Chest, 2012, 141(3): 716-725. DOI: 10.1378/chest.11-0839.
- [6] Lan CC, Chu WH, Yang MC, et al. Benefits of pulmonary rehabilitation in patients with COPD and normal exercise capacity [J]. Respir Care, 2013, 58(9): 1482-1488. DOI: 10.4187/respcare.02051.
- [7] Borghi-Silva A, Beltrame T, Reis MS, et al. Relationship between oxygen consumption kinetics and BODE Index in COPD patients [J]. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis, 2012, 7(1): 711-718. DOI: 10.2147/COPD.S35637.
- [8] Donaldson GC, Wilkinson TM, Hurst JR, et al. Exacerbations and time spent outdoors in chronic obstructive pulmonary disease [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2005, 171(5): 446-452.
- [9] Gosker HR, van Mameren H, van Dijk PJ, et al. Skeletal muscle fibre-type shifting and metabolic profile in patients with chronic obstructive pulmonary disease [J]. Eur Respir J, 2002, 19(4): 617-625.
- [10] Dean JC, Yates LM, Collins DF. Turning off the central contribution to contractions evoked by neuromuscular electrical stimulation [J]. Muscle Nerve, 2008, 38(2): 978-986. DOI: 10.1002/mus.21007.
- [11] Vonbank K, Strasser B, Mondrzy J, et al. Strength training increases maximum working capacity in patients with COPD--randomized clinical trial comparing three training modalities [J]. Respir Med, 2012, 106(4): 557-563. DOI: 10.1016/j.rmed.2011.11.005.
- [12] 陆慰莹, 张一杰, 胡波, 等. 应用 St George's 呼吸问卷评价我国慢性阻塞性肺疾病患者生活质量的价值 [J]. 中国结核和呼吸杂志, 2003, 26(4): 5-8. DOI: 10.3760/j.issn.1001-0939.2003.04.002.

(修回日期: 2016-11-03)

(本文编辑: 凌 琛)