

· 临床研究 ·

重复功能性磁刺激联合腹直肌电刺激 对颈髓损伤患者肺通气功能的影响

李宁 袁华 牟翔 杜起 毛利 惠楠

【摘要】目的 观察重复功能性磁刺激(rFMS)联合腹直肌电刺激对中、低位颈髓损伤(CSCI)患者肺通气功能的影响。**方法** 共选取 25 例中、低位 CSCI 患者,采用随机数字表法将其分为治疗组及对照组。对照组给予上肢主动运动、站立训练、呼吸功能训练等综合康复治疗,治疗组在此基础上辅以 rFMS 及腹直肌中频电刺激。分别于治疗前、治疗 3 个月后对 2 组患者肺功能[包括最大肺活量(VC)、1 秒钟用力呼气量(FEV1)、呼气峰值流速(PEF)及潮气量(VT)等指标]进行评定。**结果** 2 组患者分别经 3 个月治疗后,发现治疗组 VC[(3.24 ± 0.89)L]、FEV1[(2.58 ± 0.74)L]、PEF[(6.74 ± 1.63)L]、VT[(394.33 ± 96.54)ml]及对照组 VC[(2.19 ± 0.52)L]、FEV1[(2.10 ± 0.47)L]、PEF[(5.24 ± 1.69)L]、VT[(316.72 ± 74.18)ml]均较治疗前明显改善($P < 0.05$),并且上述指标均以治疗组患者的改善幅度较显著,与对照组间差异均具有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** 中、低位 CSCI 患者在常规康复训练基础上辅以 rFMS 及腹直肌中频电刺激,可进一步改善通气效率,提高肺通气功能。

【关键词】 颈髓损伤; 重复功能性磁刺激; 中频电刺激; 肺通气

The effects of repetitive transcranial magnetic stimulation combined with abdominal muscle electrical stimulation on the pulmonary ventilation of patients with cervical spinal cord injury LI Ning, YUAN Hua, MOU Xiang, DU Qi, MAO Li, HUI Nan. Department of Rehabilitation Medicine, The First Affiliated Hospital of The Fourth Military Medical University, Xi'an 710032, China

Corresponding author: MOU Xiang, Email: pro. mu@fmmu.edu.cn

【Abstract】 Objective To observe the effects of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) combined with abdominal muscle electrical stimulation on the pulmonary ventilation of patients with cervical spinal cord injury. **Methods** Twenty-five patients with cervical spinal cord injury were randomized into an experimental group ($n = 13$) and a control group ($n = 12$). The control group was given comprehensive rehabilitation treatment, including upper limb movements, standing training and training of respiratory function, while the experimental group was given repetitive transcranial magnetic stimulation and abdominal muscle electrical stimulation in addition to the comprehensive rehabilitation treatment. The patients' maximum lung capacity (VC), forced expiratory volume for 1 second (FEV1), peak expiratory flow rate (PEF) and tidal volume (VT) were measured at the outset and after 3 months of treatment. **Results** The lung function indexes increased in both groups after treatment, but each index improved significantly more in the experimental group, on average, than in the control group. **Conclusion** As a supplement to routine respiratory function training, repetitive transcranial magnetic stimulation combined with abdominal intermediate frequency electrical stimulation can improve the pulmonary ventilation function of patients with middle and lower cervical spinal cord injury.

【Key words】 Cervical spinal cord injury; Transcranial magnetic stimulation; Electrical stimulation; Pulmonary ventilation

颈髓损伤(cervical spinal cord injury, CSCI)患者因损伤部位不同,除出现肢体感觉、运动功能障碍外,还可导致不同程度肺功能障碍,从而引起多种呼吸系统并发症,是导致患者死亡的主要原因之一^[1,2]。本研究

旨在探讨中、低位 CSCI 患者肺功能损伤特点以及重复功能性磁刺激(repetitive functional magnetic stimulation, rFMS)联合腹直肌电刺激对患者肺通气功能的影响。现报道如下。

对象与方法

一、研究对象

共选取 2010 年 1 月至 2012 年 5 月期间在西京医院康复医学科治疗的 CSCI 患者 25 例,其中男 17

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2013.11.013

基金项目:国家国际科技合作专项(201307-A32610)

作者单位:710032 西安,第四军医大学第一附属医院康复医学科

通信作者:牟翔,Email:pro. mu@fmmu.edu.cn

例,女 8 例;年龄 22~65 岁,平均 43.32 岁;均为 C₅₋₇ 脊髓损伤,并经 CT 或 MRI 检查确诊。入选患者临床表现以截瘫和四肢瘫为主,不伴有颅脑损伤及认知功能障碍,所有患者均签署知情同意书。采用美国脊髓损伤协会(American Spinal Injury Association, ASIA)损伤分级对患者脊髓损伤进行评定,发现均为完全性脊髓损伤(其 ASIA 分级均为 A 级)。脊髓损伤原因包括车祸伤 13 例,高处坠落伤 7 例,摔伤 3 例,其他原因 2 例。采用随机数字表法将上述患者分为治疗组(13 例)和对照组(12 例),2 组患者性别、年龄、损伤原因、病程、瘫痪类型等详见表 1,表中数据经统计学比较,发现组间差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。

表 1 2 组患者一般情况及病情比较

组别	例数	性别(例)		年龄	病程	临床表现(例)	
		男	女	(岁, $\bar{x} \pm s$)	(d, $\bar{x} \pm s$)	截瘫	四肢瘫痪
治疗组	13	10	3	41.1 $\pm$ 9.6	72.6 $\pm$ 21.1	4	9
对照组	12	7	5	44.6 $\pm$ 10.1	85.1 $\pm$ 33.9	2	10

二、治疗方法

2 组患者均给予相应骨科手术治疗,待术后各项生命体征平稳后介入康复训练,具体训练内容包括:①上肢主动运动,对于双上臂肌力达 3 级以上者以抗阻训练为主,患者双前臂固定沙袋(开始为 0.5 kg,以后逐渐增加至 2~3 kg)练习高于肩部的各方向活动,训练强度以患者无明显疲劳感及气促为宜,该训练持续 20 min,每训练 5 min 则休息 2 min,每天训练 2 次。②站立训练,采用电动起立床进行训练,电动起立床倾斜角度每日逐渐增加,以患者无头晕等低血压不适症状为度,循序渐进,每次治疗持续 30~40 min,每天训练 1 次。③缩唇呼吸与吹哨呼吸训练,患者经鼻深吸气后,在缩唇状态下经口深呼气;深呼气后尽力呼气并将口哨吹响,吸气与呼气时间比为 1:3,反复练习,每次训练 15 min。患者在进行吸气训练同时,治疗师将手掌轻压患者胸骨下部,提醒患者注意吸气时膈肌动作;患者呼气训练时治疗师用双手在其上腹部施压,待呼气结束时松手,以帮助患者完成有效呼气^[3]。④腹式呼吸训练,患者保持仰卧位,治疗师双手放在其上腹部,嘱患者闭嘴用鼻深吸气时用力鼓腹,张口呼气时尽力缩腹,呼气末段治疗师双手用力按压患者腹部,每次训练 15~20 min,每天训练 2 次。⑤咳嗽练习及呼吸道护理,患者取舒适体位,于患者呼气时治疗师用双手(呈杯状)有节奏叩击患者胸壁,避免吸气时叩击,叩击持续时间 2~3 min。如此时患者咳嗽力量较弱,则指导患者进行 3~4 次深吸气后,在呼气时进行胸壁叩击,可诱发患者咳嗽动作。

治疗组在上述训练基础上辅以 rFMS 及腹直肌中

频电刺激。rFMS 治疗选用 CCY-I 型磁刺激治疗仪,设定磁刺激频率 10~20 Hz,磁场强度为最大输出强度的 30%~40% 水平,磁刺激部位包括:①C₅₋₇ 棘突(对于上述部位有金属内固定物的患者,磁刺激部位可上调至 C₃₋₅ 棘突),共刺激 960 个脉冲。②T₉₋₁₀ 棘突,共刺激 1410 个脉冲。上述 rFMS 治疗每天 1 次,每周治疗 6 d,连续治疗 3 个月。腹直肌中频电刺激选用 K824 型电脑中频电治疗仪,选择运动处方,将 2 组电极(电极尺寸为 5 cm $\times$ 9 cm)分别置于患者双侧腹直肌肌腹处,用沙袋固定后调节电流强度,以能见到患者腹直肌有明显收缩为宜,每次治疗 20 min,每天治疗 1 次,每周治疗 6 d,连续治疗 3 个月。

三、评定指标

于治疗前、治疗 3 个月后对 2 组患者进行肺功能测定,主要肺功能检测指标包括最大肺活量(vital capacity, VCmax)、1 秒钟用力呼气量(forced expiratory volume for 1 second, FEV1)、呼气峰值流速(peak expiratory flow rate, PEF)及潮气量(tidal volume, VT)等指标。

四、统计学分析

本研究所得计量数据以($\bar{x} \pm s$)表示,采用 SPSS 13.0 版统计学软件包进行数据分析,治疗前、后 2 组患者肺功能指标比较采用配对 t 检验,组间比较采取 t 检验, $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

结 果

治疗前 2 组患者各项肺功能指标(包括 VCmax、FEV1、PEF 及 VT)组间差异均无统计学意义($P>0.05$)。分别经 3 个月治疗后,发现 2 组患者上述各项肺功能指标均较治疗前明显改善($P<0.05$),并且上述肺功能指标均以治疗组患者的改善幅度较显著,与对照组间差异均具有统计学意义($P<0.05$),具体数据见表 2。

表 2 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	VCmax(L)	FEV1(L)	PEF(L)	VT(ml)
治疗组					
治疗前	13	1.68 $\pm$ 0.66	1.54 $\pm$ 0.51	3.89 $\pm$ 0.76	229.54 $\pm$ 64.31
治疗后	13	3.24 $\pm$ 0.89 ^{ab}	2.58 $\pm$ 0.74 ^{ab}	6.74 $\pm$ 1.63 ^{ab}	394.33 $\pm$ 96.54 ^{ab}
对照组					
治疗前	12	1.70 $\pm$ 0.41	1.43 $\pm$ 0.32	3.60 $\pm$ 1.05	243.78 $\pm$ 70.19
治疗后	12	2.19 $\pm$ 0.52 ^a	2.10 $\pm$ 0.47 ^a	5.24 $\pm$ 1.69 ^a	316.72 $\pm$ 74.18 ^a

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与对照组治疗后比较,^b $P<0.05$

讨 论

呼吸过程主要由吸气及呼气动作完成,机体参与呼吸运动的肌肉包括浅表肌及深部肌。浅表肌指胸锁

乳突肌(C_{2-4} 水平,由副神经支配)、斜方肌(C_1-C_4 水平,由副神经支配)、胸大肌(C_5-T_1 水平)、腹内、外斜肌(T_6-L_1 水平)。深部肌指斜角肌(C_3-C_8 水平)、肋间肌(T_{1-11} 水平)、膈肌(C_{3-5} 水平)、腹直肌(T_{6-12} 水平)和腹横肌(T_2-L_1 水平)。吸气是一个包括膈肌、胸大肌、胸小肌和肋间外肌收缩的主动过程,上述肌肉共同作用造成胸腔内负压,促使气流进入肺内。呼气则是一个被动过程,除咳嗽、打喷嚏等需要呼气肌主动收缩以外,一般情况下呼气肌均为被动收缩。腹肌和肋间内肌对机体呼气动作具有重要作用。当人体有意识主动呼气时,腹肌收缩将膈肌向上推入胸腔,肋间内肌收缩使肋骨降低,从而使胸腔上下径、前后径和斜径减小,气体被尽量呼出体外。

当人体发生颈髓损伤时,支配呼吸肌的神经传导被部分或完全中断,如 C_5 以上脊髓损伤涉及主要吸气肌膈肌(此外还包括斜角肌、胸锁乳突肌等辅助呼吸肌)的神经支配,导致患者吸气功能严重或部分受限,使得与吸气相关的各项肺功能指标(如 VC、FEV1、PEF 等)出现不同程度受损。因此颈髓损伤后出现呼吸系统疾病的危险性较高,有时患者可能因呼吸系统功能受限而死于呼吸系统并发症^[2,4]。中、下段颈髓损伤患者尽管其损伤平面相对较低,但也会因脊髓损伤早期上行性水肿等因素累及较高脊髓平面,引起相邻节段脊髓损伤,使肋间肌、腹壁肌功能受到影响,出现肌无力或瘫痪,导致呼吸过程中胸廓呈反向运动,胸腔负压下降,肺容量及气体交换受到影响,造成限制性通气功能障碍,如 VCmax、用力肺活量(forced vital capacity, FVC)等肺功能指标下降^[5]。此外,由于交感神经对呼吸系统支配功能出现障碍,导致迷走神经功能占据优势,使气道明显收缩变窄,大量分泌物滞留,容易造成阻塞性通气障碍,由此增加呼吸道感染及肺不张发生概率,这也是导致脊髓损伤患者死亡的重要原因^[6]。本研究结果显示,所有患者入选时其肺功能指标(包括 VCmax、FEV1、PEF、VT)均较正常值出现不同程度降低,且患者常伴有呼吸困难、憋气、咳嗽无力、痰不易咳出等症状,表明入选颈髓损伤患者肺功能均受到不同程度损伤。

有大量文献报道,呼吸功能训练对改善颈髓损伤患者呼吸状况,预防和减少呼吸系统并发症具有重要临床意义^[7];本研究也得到类似结果,如对照组通过进行上肢肌力训练、上肢主动运动、站立训练、呼吸功能训练等综合干预后,发现该组患者各项肺功能指标均较治疗前有明显改善($P < 0.05$)。

国外文献报道,rFMS 通过利用时变电流流入线圈并产生时变磁场,从而在组织内产生感应电流;有研究证实,磁刺激可以调节机体神经损伤后的兴奋性^[8]。

Lin 等^[9]通过对 C_2 脊髓完全损伤动物模型及颈髓损伤患者给予 rFMS 治疗,发现刺激 C_{3-5} 、 C_{4-7} 棘突可促进吸气容量、潮气量及气道压增加,其中以刺激 C_{6-7} 棘突时疗效最显著;刺激 T_6-L_2 节段可提高呼气容量,而当刺激 T_{9-10} 棘突时,实际上主要是刺激 T_7-L_2 脊神经,可激活大部分呼气肌,促使最大呼气压、用力呼气流速、补呼气量等明显增加^[10],从而改善呼气功能,提高咳嗽能力。本研究治疗组磁刺激部位选取 C_{5-7} (主要刺激 C_3-T_1 脊神经),以期兴奋膈肌、胸大肌、胸小肌等主要吸气肌;选取 T_{9-10} 棘突进行磁刺激(主要刺激 T_7-L_1 脊神经),以期兴奋肋间内外肌、部分腹肌等。经 3 个月治疗后,发现该组患者不仅各项肺功能指标均明显优于治疗前及对照组水平,而且患者呼吸困难、憋喘、咳嗽无力等症状亦明显缓解,自身感觉舒适度及活动耐力均明显增加。

对于中、下段颈髓损伤患者,由于其膈肌尚存在一定功能,主要是肋间肌及腹肌出现不同程度瘫痪,患者以腹式呼吸为主。呼吸肌中腹直肌是最重要的呼气肌之一,腹直肌收缩可使膈肌处于长度-张力曲线中最佳位置,提高膈肌功能。呼气时腹肌收缩可使膈肌松弛,随腹腔内压增高而上抬,从而增加呼气潮气量,并进一步减少功能性残气量,改善通气效率。本研究采用中频电直接刺激患者腹直肌,观察对其呼吸功能的影响,发现治疗后患者食道压及呼气流速明显提高,诱发的咳嗽与人力辅助效果类似,提高了患者呼气及咳嗽能力。

综上所述,本研究结果表明,颈髓损伤(尤其是中、低位颈髓损伤)患者由于呼吸肌瘫痪,使其呼吸功能受到影响,虽可保留部分呼吸肌功能及咳嗽能力,但其肺功能均有不同程度降低,从而引起肺通气功能障碍。在常规康复训练基础上辅 rFMS 及腹直肌中频电刺激,可进一步提高膈肌活动度,促进吸气及呼气容量增加,减少功能残气量,增加潮气量,提高肺通气量,进一步改善通气效率,提高肺通气功能。

参 考 文 献

- [1] Anke A, Aksnes AK, Stanghelle JK, et al. Lung volumes in tetraplegic patients according to cervical spinal cord injury level. *Scand J Rehabil Med*, 1993, 25: 73-77.
- [2] Urdanets F, Layon AJ. Respiratory complications in patients with traumatic cervical spine injuries: case report and review of the literature. *J Clin Anesth*, 2003, 15: 398-405.
- [3] 刘占祥, 张伟华, 李艳丽, 等. 呼吸训练对缓解期慢性阻塞性肺病患者的影响. *中华物理医学与康复杂志*, 2009, 31: 474-476.
- [4] Spungen AM, Grimm DR, Lesser M, et al. Self-reported prevalence of pulmonary symptoms in subjects with spinal cord injury. *Spinal Cord*, 1997, 35: 652-657.

- [5] 郑红云,赵超男,夏艳萍,等. 颈髓损伤康复中呼吸功能训练效果分析. 中国脊柱脊髓杂志,2007,17:891-894.
- [6] Jackson AB, Grooms TE. Incidence of respiratory complications following spinal cord injury. Arch Phys Med Rehabil, 1994, 75:270-275.
- [7] De Troyer A, Heilporn A. Respiratory mechanics in quadriplegia. The respiratory function of the intercostal muscles. Am Rev Respir Dis, 1980, 112:591-600.
- [8] Nakatani-Enomoto S, Hanajima R, Hamada M, et al. Bidirectional modulation of sensory cortical excitability by quadripulse transcranial magnetic stimulation (QPS) in humans. Clin Neurophysiol, 2012, 123:1415-1421.
- [9] Lin VW, Hsiao I, Deng X, et al. Functional magnetic ventilation in dogs. Arch Phys Med Rehabil, 2004, 85:1493-1498.
- [10] Lin VW, Hsiao IN, Zhu E. Functional magnetic stimulation for conditioning of expiratory muscles in patients with spinal cord injury. Arch Phys Med Rehabil, 2001, 82:162-166.
- (修回日期:2013-09-26)
(本文编辑:易 浩)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

本刊对来稿中统计学处理的有关要求

1. 统计研究设计:应交代统计研究设计的名称和主要做法。如调查设计(分为前瞻性、回顾性或横断面调查研究);实验设计(应交代具体的设计类型,如自身配对设计、成组设计、交叉设计、析因设计、正交设计等);临床试验设计(应交代属于第几期临床试验,采用了何种盲法措施等)。主要做法应围绕 4 个基本原则(随机、对照、重复、均衡)概要说明,尤其要交代如何控制重要非试验因素的干扰和影响。

2. 资料的表达与描述:用($\bar{x} \pm s$)表达近似服从正态分布的定量资料,用 $M(Q_R)$ 表达呈偏态分布的定量资料;用统计表时,要合理安排纵横标目,并将数据的含义表达清楚;用统计图时,所用统计图的类型应与资料性质相匹配,并使数轴上刻度值的标法符合数学原则;用相对数时,分母不宜小于 20,要注意区分百分率与百分比。

3. 统计分析方法的选择:对于定量资料,应根据所采用的设计类型、资料所具备的条件和分析目的,选用合适的统计分析方法,不应盲目套用 t 检验和单因素方差分析;对于定性资料,应根据所采用的设计类型、定性变量的性质和频数所具备的条件以及分析目的,选用合适的统计分析方法,不应盲目套用 χ^2 检验。对于回归分析,应结合专业知识和散点图,选用合适的回归类型,不应盲目套用简单直线回归分析,对具有重复实验数据的回归分析资料,不应简单化处理;对于多因素、多指标资料,要在一元分析的基础上,尽可能运用多元统计分析方法,以便对因素之间的交互作用和多指标之间的内在联系进行全面、合理的解释和评价。

4. 统计结果的解释和表达:当 $P < 0.05$ (或 $P < 0.01$) 时,应说明对比组之间的差异有统计学意义,而不应说对比组之间具有显著性(或非常显著性)的差别;应写明所用统计分析方法的具体名称(如:成组设计资料的 t 检验,两因素析因设计资料的方差分析、多个均数之间两两比较的 q 检验等),统计量的具体值(如 $t = 3.45$, $\chi^2 = 4.68$, $F = 6.79$ 等),应尽可能给出具体的 P 值(如 $P = 0.0238$);当涉及到总体参数(如总体均数、总体率等)时,在给出显著性检验结果的同时,再给出 95% 可信区间。

中华医学会杂志社对一稿两投问题处理的声明

为维护中华医学会系列杂志的声誉和广大读者的利益,现将中华医学会系列杂志对一稿两投和一稿两用问题的处理声明如下:

1. 本声明中所涉及的文稿均指原始研究的报告或尽管 2 篇文稿在文字的表达和讨论的叙述上可能存在某些不同之处,但这些文稿的主要数据和图表是相同的。所指文稿不包括重要会议的纪要、疾病的诊断标准和防治指南、有关组织达成的共识性文件、新闻报道类文稿及在一种刊物发表过摘要或初步报道而将全文投向另一种期刊的文稿。上述各类文稿如作者要重复投稿,应向有关期刊编辑部做出说明。

2. 如 1 篇文稿已以全文方式在某刊物发表,除非文种不同,否则不可再将该文投寄给他刊。

3. 请作者所在单位在来稿介绍信中注明文稿有无一稿两投问题。

4. 凡来稿在接到编辑部回执后满 3 个月未接到退稿,则表明稿件仍在处理中,作者欲投他刊,应事先与该刊编辑部联系并申述理由。

5. 编辑部认为文稿有一稿两投嫌疑时,应认真收集有关资料并仔细核实后再通知作者,同时立即进行退稿处理,在做出处理决定前请作者就此问题做出解释。期刊编辑部与作者双方意见发生分歧时,应由上级主管部门或有关权威机构进行最后仲裁。

6. 一稿两用一经证实,期刊编辑部将择期在杂志中刊出其作者姓名和单位及撤销该论文的通告;对该作者作为第一作者所撰写的一切文稿,中华医学会系列杂志 2 年内将拒绝其发表;并就此事件向作者所在单位和该领域内的其他科技期刊进行通报。

中华医学会杂志社