

虚拟现实呼吸训练对颈髓损伤患者膈肌功能影响研究

杜宇鹏¹, 魏丽², 李晓东¹, 刘雪云¹

【摘要】 目的:探讨虚拟现实呼吸训练技术对颈髓损伤患者膈肌功能的影响。**方法:**57例颈髓损伤患者随机分为观察组28例和对照组29例,2组患者分别行常规呼吸功能训练(咳嗽训练、缩唇呼吸、腹式呼吸、沙袋加压抗阻训练),观察组在此基础上使用虚拟现实呼吸功能训练法。治疗前和治疗6周后分别观察2组患者的膈肌厚度、增厚率、移动度、膈神经传导速度和波幅变化。**结果:**治疗6周后,观察组增厚率和膈肌移动度较治疗前组内比较均明显提高(均 $P<0.05$),观察组增厚率和膈肌移动度较对照组均明显提高(均 $P\leq 0.05$);2组双侧波幅较治疗前均明显提高(均 $P<0.01$),且观察组双侧波幅均明显高于对照组(均 $P<0.01$);2组患者双侧膈神经运动传到速度组内和组间比较差异均无统计意义。**结论:**虚拟现实呼吸训练可有效提高颈髓损伤患者膈肌增厚率及移动度,提高患者膈肌电图波幅。

【关键词】 颈髓;呼吸训练;虚拟现实;膈肌

【中图分类号】 R49;R683.2 **【DOI】** 10.3870/zgkf.2021.12.004

Effect of virtual reality breathing training on diaphragm function in patients with cervical spinal cord injury Du Yu-peng, Wei Li, Li Xiaodong, et al. The Third Affiliated Hospital of Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 310000, China

【Abstract】 Objective: To investigate the effect of virtual reality breathing training technology on diaphragm function in patients with cervical spinal cord injury. **Methods:** A total of 57 patients with cervical spinal cord injury were randomly divided into treatment group ($n=28$) and control group ($n=29$) according to the order of visit. Patients in the two groups were given routine respiratory function training (cough training, lip contracting breathing, abdominal breathing, sandbag compression resistance training), and the treatment group was given virtual reality respiratory function training additionally. The changes of diaphragmatic muscle thickness, thickening rate, mobility, phrenic nerve conduction velocity and amplitude were observed before and after 6 weeks of treatment. **Results:** After 6 weeks of treatment, the thickening rate and diaphragm mobility in the treatment group were significantly increased as compared with those before treatment (both $P<0.05$), and those in the treatment group were significantly higher than those in the control group (both $P\leq 0.05$). The bilateral amplitudes of the two groups were significantly higher than before treatment (all $P<0.01$), and those of the treatment group were significantly higher than those of the control group (all $P<0.01$). There were no statistically significant differences in the speed of bilateral phrenic nerve transmission between the two groups. **Conclusion:** Virtual reality breathing training can effectively improve the diaphragmatic muscle thickening rate and mobility, and improve the diaphragmatic electromyography amplitude in patients with cervical spinal cord injury.

【Key words】 cervical spine; breathing training; virtual reality; diaphragm

颈髓损伤是康复科常见病和多发病,其发病率占脊髓损伤患者的55%~75%^[1-3],且呈不断上升趋势^[4]。随着现代医学急救技术的进步,颈髓损伤病死率逐渐下降,而致残率逐渐升高。颈髓损伤后可出现膈肌肌力下降,引起胸闷、呼吸困难、反复肺部感染等并发症^[5],严重影响患者预后和生活质量,是造成患者

死亡的主要原因。有研究显示脊髓损伤节段越高、损伤程度越重,其膈肌功能障碍越重,患者的病死率就越高^[6]。呼吸训练具有预防和减少呼吸系统并发症,改善呼吸功能作用^[7-9]。呼吸功能训练是颈髓损伤后膈肌功能障碍的主要治疗方法。但目前学者对其疗效认识不一^[10-11]。且传统呼吸训练内容枯燥,患者易于疲劳,且依从性差,严重影响治疗效果。本研究探索应用虚拟现实呼吸训练方法观察其对膈肌的疗效,以期为临床颈髓损伤后呼吸功能障碍的康复治疗提供新的有效方法。

基金项目:浙江省自然科学基金(LQ19H170002)

收稿日期:2021-03-22

作者单位:1. 浙江中医药大学附属第三医院,杭州 310000;2. 浙江大学医学院附属第一医院,杭州 310000

作者简介:杜宇鹏(1983-),男,主治医师,主要从事神经系统疾病功能障碍康复方面的研究。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2018年1月~2020年12月在浙江中医药大学附属第三医院康复科住院患者中颈髓损伤患者共57例为研究对象。所有患者均符合美国脊椎损伤协会(American spinal injury association, A-SIA)残损分级标准(2011修订版)^[12]。纳入标准:年龄在18~70岁;能自主呼吸配合呼吸训练。排除标准:认知障碍,不能完成训练动作者;病情严重,生命体征不稳定者;肺部挫裂伤、肋骨骨折等,病情偏重,不能进行肺功能测试;气管切开切口尚未封堵者;对本研究了解不充分、不愿参加者。脱落标准:不能按要求完成训练动作者;治疗中断超过3d的患者。采用随机数字表法,将57例患者按就诊先后顺序分为观察组28例和对照组29例,2组患者一般资料比较差异无统计学意义,见表1。本研究经浙江中医药大学附属第三医院伦理委员会批准同意(NO. ZSLL-KY2018-01),所有患者均签署知情同意书。

表1 2组患者一般资料比较

组别	n	性别(例)		年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	ASIA 分级(例)				损伤原因(例)		
		男	女		A	B	C	D	车祸	坠落	其他
观察组	28	23	5	42.15 $\pm$ 5.23	8	12	5	3	9	14	5
对照组	29	25	4	45.34 $\pm$ 5.18	11	10	6	2	10	15	4
χ^2/t		0.243		-2.183	0.632				2.108		
P		0.932		0.828	0.742				0.356		

1.2 方法 2组患者根据颈髓损伤情况均给予维生素B1(杭州民生药业股份有限公司,批号:2018001)、B12(天津金耀药业有限公司,批号:2007251)等药物营养神经。对照组行传统呼吸训练,内容包括:①咳嗽训练:指导患者深吸气,然后屏住呼吸,增加腹内压,形成短暂冲击气流爆发短而深咳嗽,促使支气管深部分泌物排出。②缩唇呼吸训练:患者用鼻深吸气后屏住呼吸,将口唇缩紧,如吹口哨样,在4~6s内缓缓将气呼出。③腹式呼吸训练:用鼻深吸气,吸气至不能再吸时稍屏气,吸气时腹部膨其,然后将气缓慢呼出。④沙袋加压抗阻训练:在患者上腹部放置1~2kg沙袋,吸气时增加腹部压力,根据患者适应情况逐渐增加沙袋重量。以上训练每天2次,每次30min,连续治疗6周。观察组:在对照组传统呼吸训练基础上行虚拟现

实呼吸训练法。采用荷兰产GBY-I型虚拟现实呼吸训练系统及呼吸机进行呼吸训练。患者取坐位或背靠坐位,打开虚拟现实呼吸训练系统,将训练仪与电脑连接。选择患者感兴趣虚拟现实训练模块,调整吸气及呼气压力参数。嘱患者嘴唇紧裹训练仪咬嘴,根据电脑模拟虚拟场景进行有控制的吸/呼联系及气流控制训练,并完成相关虚拟任务。每天训练2次,每次30min,连续6周。

1.3 评定标准 ①采用美国GE公司生产LOGIQ e型超声诊断仪,以肝脏为声窗,以M型超声模式将在腋前线与肋弓下缘交界处探测膈肌厚度。膈肌移动度:在同一平静呼吸周期内,探测最大和最小膈肌位移,两者之差即为膈肌活动度。膈肌增厚率:在同一平静呼吸周期内探测吸气末和呼气末膈肌厚度。根据公式:增厚率=(吸气末厚度-呼气末厚度)/呼气末厚度 $\times 100\%$ 计算出膈肌增厚率^[13-14]。②采用美国尼高利公司生产Nicolet EDX型肌电/诱发电位仪对患者进行膈神经运动传导检测。记录电极至于腋前线第8肋间,刺激电极至于颈部胸锁乳突肌外侧环状软骨水平位置。采用方波单次刺激法,刺激时间0.2ms,以10mA电流强度为起始强度,逐渐增大刺激量至波形稳定出现位置,标记出潜伏期及波幅。

1.4 统计学方法 所有数据采用SPSS 13.0统计软件包进行数据分析,计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,服从正态分布采用t检验;计数资料采用 χ^2 检验。以 $\alpha=0.05$ 为显著水平。

2 结果

2.1 2组患者治疗前后膈肌厚度及膈肌移动度变化比较 治疗前2组患者膈肌厚度、增厚率及膈肌移动度差异均无统计意义。治疗6周后,2组的膈肌厚度较治疗前组内比较差异均无统计意义,对照组的增厚率和膈肌移动度较治疗前组内比较差异均无统计意义,但观察组增厚率和膈肌移动度较治疗前组内比较均明显提高(均 $P<0.05$);治疗6周后,2组的膈肌厚度组间比较差异无统计意义,观察组增厚率和膈肌移动度较对照组均明显提高(均 $P<0.05$)。见表2,3。

表2 2组患者治疗前后膈肌厚度变化比较

组别	厚度(cm)		t	P	增厚率(%)		t	P
	治疗前	治疗后			治疗前	治疗后		
观察组(n=28)	0.24 $\pm$ 0.03	0.25 $\pm$ 0.03	-1.231	0.228	35.00 $\pm$ 8.93	45.45 $\pm$ 6.22	-3.841	0.001
对照组(n=29)	0.25 $\pm$ 0.04	0.26 $\pm$ 0.04	-0.552	0.585	35.62 $\pm$ 8.72	36.90 $\pm$ 7.46	-0.445	0.695
t	-0.697	-0.264			-0.201	3.519		
P	0.491	0.794			0.842	0.001		

表3 2组患者治疗前后膈肌移动度变化比较 cm, $\bar{x} \pm s$

组别	治疗前	治疗后	<i>t</i>	<i>P</i>
观察组(<i>n</i> =28)	1.79±0.26	2.21±0.60	-2.298	0.029
对照组(<i>n</i> =29)	1.76±0.24	1.90±0.17	-1.775	0.087
<i>t</i>	0.294	2.021		
<i>P</i>	0.771	0.050		

2.2 2组患者治疗前后膈神经传导速度和膈肌波幅比较比较 治疗前2组患者双侧膈神经传到速度和膈肌波幅组间比较差异均无统计意义。治疗6周后,2组患者双侧膈神经运动传到速度组内和组间比较差异均无统计意义,2组双侧波幅较治疗前均明显提高(均 $P<0.01$),且观察组双侧波幅均明显高于对照组(均 $P<0.01$)。见表4,5。

3 讨论

虚拟现实训练法是近年来兴起的新的康复训练方法,虚拟现实技术可提供丰富的训练环境,提高患者训练的趣味性,提高脊髓损伤患者训练疗效。Mirelman等^[15]研究认为与传统训练法方法相比,虚拟现实训练法疗效显著。国内也有学者长期临床研究后得出相似结论^[16]。

脊髓损伤尤其是高位脊髓损伤,由于呼吸中枢或其髓下行传导纤维受损,可引起不同程度的呼吸肌失神经支配,呼吸肌萎缩,动力下降,从而造成呼吸功能障碍。颈髓损伤后呼吸功能障碍主要表现为肺通气障碍,而呼吸肌肌力对肺通气具有重要作用。吸肌主要由膈肌、肋间内外肌、腹肌等组成。其中膈肌是人类平静呼吸时主要呼吸肌,是呼吸动力的主要来源。人体平静状态下,80%的呼吸功能由膈肌完成^[17]。膈肌的活动度与肺功能密切相关。颈髓损伤后膈肌运动功能减弱,患者用力肺活量、最大通气量、第一秒用力呼气量等呼吸参数下降^[18-19]。膈肌运动功能的恢复对颈髓损伤患者呼吸功能恢复尤为重要。Yasar等^[20]研

究发现,提高颈髓损伤患者膈肌力量,减轻呼吸困难,有助于改善患者呼吸功能。

本研究结果显示虚拟现实训练技术能有效提高患者膈肌厚度及膈肌移动度值。6周虚拟现实呼吸训练后,颈髓损伤患者膈肌增厚率及移动度明显提高,其中观察组膈肌增厚率及移动度升高大于对照组。膈肌的厚度变化可反映膈肌的收缩能力^[21],而膈肌增厚率是反映膈肌厚度变化的敏感指标。膈肌厚度与肌力明显相关^[22],膈肌增厚率是呼吸功能的重要指标^[23]。膈肌活动度及厚度下降,可明显影响患者呼吸功能^[24]。治疗后患者膈肌增厚率与活动度提高,提示与传统呼吸训练相比,虚拟现实呼吸训练能有效改善颈髓损伤患者膈肌结构。

膈肌受膈神经的支配,膈神经起自C₃~C₅脊髓前角神经元胞体,向上接受来自延髓呼吸中枢经颈髓下行神经轴突投射支配;向下直接支配膈肌运动,调节呼吸功能^[25]。膈神经运动传导测定是客观评价颈髓损伤后膈肌运动功能的重要方法,可有效补充膈肌超声只能观察其结构的不足。本研究治疗后膈肌电图示膈神经传动速度未见明显变化,膈肌电图波幅明显升高,观察组升高高于对照组。我们认为,膈神经传导速度是反应膈神经髓壳完整性的指标,膈神经作为外周神经,颈髓损伤后其并未收到损伤,因此早期传导速度并未收到影响。而膈肌动作电位波幅是反应膈肌纤维参与膈肌收缩数量的客观指标,既往研究表明,高位脊髓损伤后膈肌动作电位波幅下降^[26],膈肌收缩力下降。本研究发现观察组膈肌动作电位波幅明显升高均优于对照组。提示虚拟现实呼吸训练可明显改善颈髓损伤患者膈肌运动功能。究其原因可能是虚拟现实呼吸训练可明显改善脊髓损伤患者的呼吸耐力和肌力^[27],有效促进损伤后膈肌重构,使损伤后膈肌结构和功能的到明显改善,延缓或避免了膈肌疲劳的发生。

表4 2组患者治疗前后膈神经传导速度比较

m/s, $\bar{x} \pm s$

组别	左侧		<i>t</i>	<i>P</i>	右侧		<i>t</i>	<i>P</i>
	治疗前	治疗后			治疗前	治疗后		
观察组(<i>n</i> =28)	6.30±0.40	6.38±0.69	-0.395	0.696	6.57±0.39	6.54±0.46	0.219	0.828
对照组(<i>n</i> =29)	6.48±0.42	6.38±0.52	0.573	0.571	6.56±0.32	6.58±0.36	-0.076	0.940
<i>t</i>	-1.204	-0.006			0.075	-2.951		
<i>P</i>	0.238	0.995			0.941	0.774		

表5 2组患者治疗前后膈肌波幅比较

μV, $\bar{x} \pm s$

组别	左侧		<i>t</i>	<i>P</i>	右侧		<i>t</i>	<i>P</i>
	治疗前	治疗后			治疗前	治疗后		
观察组(<i>n</i> =28)	0.32±0.04	0.56±0.03	-19.999	0.000	0.29±0.02	0.58±0.04	-22.201	0.000
对照组(<i>n</i> =29)	0.30±0.02	0.51±0.03	-23.224	0.000	0.31±0.03	0.52±0.03	-20.346	0.000
<i>t</i>	1.119	4.532			-1.356	4.46		
<i>P</i>	0.274	0.000			0.186	0.000		

而膈肌疲劳是颈髓损伤患者呼吸障碍的重要因素^[28]。同时虚拟现实呼吸训练可最大程度调动患者主动参与呼吸训练的积极性,提高了患者的依从性^[29],避免了传统呼吸训练单调乏味,依从性差等缺点,使训练效果得到了极大提高。

虚拟现实呼吸训练能明显改善患者膈肌功能,具有操作简便,疗效显著,患者依从性高等特点。但该方法对颈髓损伤后膈肌功能远期疗效尚未可知。同时本研究样本量较小,在接下来的研究中应进一步扩大样本量,进一步观察虚拟现实呼吸情景训练对颈髓损伤患者膈肌疗效。

【参考文献】

- [1] 庄卫生,张月兰,曹留栓,等. 脊髓损伤患者泌尿系感染的危险因素与病原学分析[J]. 中国康复,2018,33(2):102-106.
- [2] 李建军,周红俊,洪毅,等. 2002年北京市脊髓损伤发病率调查[J]. 中国康复理论与实践,2004,10(7):412-413.
- [3] Sekhon LH, Fehlings MG. Epidemiology demographics and pathophysiology of acute spinal cord injury[J]. Spine,2001,26(24):2-12.
- [4] Jackson AB, Dijkers M, Devivo MJ, et al. A demographic profile of new traumatic spinal cord injuries: change and stability over 30 years[J]. Arch Phys Med Rehabil,2004,85(11):1740-1748.
- [5] 韩以杰,李光明,罗大辉. 颈髓损伤早期死亡因素探讨(附81例分析)[J]. 中国医药导报,2008,5(18):42-43.
- [6] Kang SW, Shin JC, Park CI, et al. Relationship between inspiratory muscle strength and cough capacity in cervical spinal cord injured patients[J]. Spinal Cord,2006,44(4):242-248.
- [7] Stampas A, Tansey KE. Spinal cord injury medicine and rehabilitation[J]. Semin Neurol,2014,34(5):524-533.
- [8] Boehkezanian V, Raymond J, Olivera CQ, et al. Can combined aerobic and muscle strength training improve aerobic fitness, muscle strength, function and quality of life in people with spinal cord injury? A systematic review[J]. Spinal Cord,2015,53(6):418-431.
- [9] Brooke W, Jack R. Respiratory problems and management in people with spinal cord injury[J]. Breathe,2016,12(4):328-340.
- [10] VanHoutte S, Vanlandewijck Y, Kiekens C, et al. Patients with acute spinal cord injury benefit from normocapnic hyperpnoea training[J]. J Rehabil Med,2008,40(2):119-125.
- [11] Brooks D, O'Brien K, Geddes EL, et al. Is inspiratory muscle training effective for individuals with cervical spinal cord injury? A qualitative systematic review[J]. Clin Rehabil,2005,19(3):237-246.
- [12] 黄晓琳,燕铁斌. 康复医学[M]. 第5版. 北京:人民卫生出版社,2013:168-168.
- [13] Van SI, Peters AE, Berlowitz DJ. Long term change in respiratory function following spinal cord injury[J]. Spinal Cord,2016,54(9):714-719.
- [14] 刘艳玲,马全胜,王寒明,等. 第三颈椎(C₃)损伤患者的肺功能康复1例[J]. 中国实用内科杂志,2014,34(1):49-50.
- [15] Mirelman A, Patrissi BL, Bonato P, et al. Effects of virtual reality training on gait biomechanics of individuals post-stroke. Gait Posture, 2010,31(4):433-437.
- [16] 杨雨洁,岳雨珊,郭佳宝,等. 虚拟现实技术对脑卒中患者上下肢运动功能康复效果的系统评价[J]. 中国康复理论与实践,2013,19(8):710-721.
- [17] 周停,王红星. 膈肌功能神经电生理评定的应用进展[J]. 中国康复,2018,33(5):513-516.
- [18] 徐东红,何雅琳,朱云霞,等. 综合性呼吸训练对颈髓损伤患者呼吸功能的效果[J]. 中国康复理论与实践,2018,24(4):467-471.
- [19] 蔡新阳,张江艳,张惠燕,等. 呼吸功能训练对颈段脊髓损伤伴高位截瘫恢复期患者肺功能及肺感染的影响[J]. 中国乡村医药,2018,25(10):76-77.
- [20] Yasar F, Tasci C, Savci S, et al. Pulmonary Rehabilitation Using Modified Threshold Inspiratory Muscle Trainer (IMT) in Patients with Tetraplegia[J]. Case Rep Med,2012,2(8):710-715.
- [21] Goligher EC, Laghi F, Detsky ME, et al. Measuring diaphragm thickness with ultrasound in mechanically ventilated patients: feasibility, reproducibility and validity[J]. Intensive Care Med,2015,41(4):734-740.
- [22] 王飞飞,朱晓萍,马少林. 超声评估膈肌结构和功能[J]. 中华危重病急救医学,2017,29(3):276-280.
- [23] Vivier E, Mekontso DA, Dimassi S, et al. Diaphragm ultrasonography to estimate the work of breathing during noninvasive ventilation[J]. Intensive Care Med,2012,38(5):796-803.
- [24] 张强华,周钢,杨秀娟,等. 全麻开胸术中彩超检测膈肌厚度对呼吸动力学的评价[J]. 局解手术学杂志,2013,22(5):488-492.
- [25] 余凤立,敖丽娟,刘芳,等. 不同平面脊髓损伤患者膈肌运动和肺功能的相关分析[J]. 中国康复,2019,34(1):7-9.
- [26] Strakowski JA, Pease WS, Johnson EW. Phrenic nerve stimulation in the evaluation of ventilator-dependent individuals with C4 and C5 level spinal cord injury[J]. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation,2007,86(2):153-157.
- [27] 宋佳壮,胡翠琴,纪婕. Powerbreathe训练仪在高位脊髓损伤病人肺功能康复中的应用[J]. 护理研究,2016,30(23):2922-2924.
- [28] 向毅,陈钢,王胜军,等. 不同幅度脉冲膈肌起搏对兔膈肌sod、mda、总抗氧化能力的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志,2004,26(5):269-271.
- [29] 鲁银山,朱珊珊,马思亮. 虚拟现实技术在脊髓损伤康复中的应用进展[J]. 中华物理医学与康复杂志,2019,41(10):788-792.