

· 临床研究 ·

脊髓损伤患者膈肌功能与肺功能的相关性研究

王百鸣

[摘要] 目的 评估在不同平面脊髓损伤患者中膈肌功能与肺功能的相关性。方法 选取77例脊髓损伤术后患者,根据损伤部位分为颈椎组22例、胸椎组30例和腰椎组25例。比较三组患者治疗前后的用力肺活量(FVC)、第一秒用力呼气量(FEV1)、最大通气量(MVV)以及膈肌活动度(DE)、膈肌增厚分数(DTF),并分析评估患者膈肌超声参数与肺功能指标的相关性。结果 治疗前,颈椎组的FVC、FEV1、MVV、DTF和DE均明显低于胸椎组,差异均有统计学意义(t 分别=4.90、6.76、5.39、9.88、2.52, P 均 <0.05),胸椎组的FVC和FEV1、DE明显低于腰椎组,差异均有统计学意义(t 分别=2.99、5.02、4.83, P 均 <0.05)。治疗4周后,颈椎组和胸椎组患者的FVC、FEV1、MVV、DTF、DE与治疗前比较,均有不同程度的改善(t 分别=2.68、8.57、3.31、2.56、2.48、2.12、4.77、2.11、2.28、2.77, P 均 <0.05)。腰椎组FVC、FEV1、MVV、DE也均较治疗前有所改善,差异均有统计学意义(t 分别=2.52、2.17、2.79、2.28, P 均 <0.05)。相关性分析结果显示,所有患者治疗前DE和DTF均与FVC、FEV1、MVV呈正相关(r 分别=0.90、0.90、0.77、0.88、0.86、0.82, P 均 <0.05)。结论 脊髓损伤节段越高,肺功能越差,膈肌功能越差,并且脊髓损伤患者的膈肌功能与肺功能呈正相关。膈肌超声可以预测脊髓损伤患者肺功能恢复情况。

[关键词] 膈肌超声; 膈肌增厚分数; 膈肌偏移度; 脊髓损伤; 肺功能检查

Correlation analysis of diaphragm function and lung function in patients with spinal cord injury WANG Baiming. Department of Emergency, Yiwu Hospital of Traditional Chinese Medicine, Yiwu 322100, China.

[Abstract] **Objective** To evaluate the correlation analysis between diaphragm function and lung function in patients with spinal cord injury (SCI) in different levels. **Methods** A total of 77 postoperative patients with SCI were selected and divided into cervical spine group ($n=22$), thoracic spine group ($n=30$), and lumbar spine group ($n=25$) according to the injury position. The forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in first second (FEV1), maximal voluntary ventilation (MVV), diaphragmatic excursion (DE) and diaphragmatic thickening fraction (DTF) were compared in the three groups at before and after treatment. The correlation between the ultrasound parameters of the patient's diaphragm and pulmonary function indexes were evaluated. **Results** Before treatment, the FVC, FEV1, MVV, DTF, and DE of the cervical spine group were significantly lower than those in the thoracic spine group ($t=4.90, 6.76, 5.39, 9.88, 2.52, P<0.05$), the FVC, FEV1, and DE of the thoracic spine group were significantly lower than those of the lumbar spine group ($t=2.99, 5.02, 4.83, P<0.05$). After 4 weeks of treatment, the FVC, FEV1, MVV, DTF, and DE of the cervical spine group and the thoracic spine group were improved compared with those before the treatment ($t=2.68, 8.57, 3.31, 2.56, 2.48, 2.12, 4.77, 2.11, 2.28, 2.77, P<0.05$). The FVC, FEV1, MVV, and DE of the lumbar spine group also improved compared with before treatment ($t=2.52, 2.17, 2.79, 2.28, P<0.05$). The correlation analysis showed that DE and DTF of all patients were positively correlated with FVC, FEV1, and MVV before treatment ($r=0.90, 0.90, 0.77, 0.88, 0.86, 0.82, P<0.05$). **Conclusion** The higher the spinal cord injury segment, the worse the lung function and the worse the diaphragm function. In addition, the diaphragm function of patients with spinal cord injury is positively correlated with lung function. Diaphragm ultrasound can predict the recovery of lung function in patients with spinal cord injury.

[Key words] diaphragmatic ultrasound; diaphragmatic thickening score; diaphragmatic excursion; spinal cord injury; pulmonary function examination

DOI:10.13558/j.cnki.issn1672-3686.2022.002.012

作者单位: 322100 浙江义乌, 义乌市中医医院急诊科

呼吸系统受累是脊髓损伤后最常见的并发症,当发生颈5节段以上的损伤时会导致膈肌麻痹,需要给予机械通气维持呼吸^[1]。而在颈5节段以下的损伤中,膈肌、胸锁乳突肌等吸气肌群的功能保留较好,但肋间肌等呼气肌群功能相对受损^[2]。因此,准确评估膈肌功能对脊髓损伤患者的有效临床治疗至关重要。目前膈肌超声已被用于评估呼吸肌功能,包括肺容积和膈肌厚度之间的关系^[3]。但有关脊髓损伤患者膈肌与肺功能之间的研究较少^[4]。因此,本次研究拟评估在脊髓损伤患者中膈肌超声与肺功能的相关性。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2016年10月至2020年10月期间义乌市中医医院收治的77例脊髓损伤术后患者,其中男性61例、女性16例;年龄33~67岁,平均年龄(43.55±4.36)岁;所有患者均结合临床表现及病史明确诊断为脊髓损伤;受伤时间≤8周,未合并心脑血管损伤以及肌肉麻痹;不需要机械通气维持呼吸,所有患者均签署知情同意书并通过医院伦理委员会审查。并剔除:①伴随有其他严重危及生命的疾病如心脑血管疾病等患者;②既往有重症肌无力等神经肌肉病史,先天性膈肌畸形等患者;③伴随肺功能检查的禁忌证或存在任何慢性呼吸系统性疾病如哮喘,慢性阻塞性肺疾病患者;④心肺、腹部以及涉及膈肌的手术既往病史患者;⑤死亡、自动出院、中途退出患者。根据损伤部位分为颈椎组22例、胸椎组30例和腰椎组25例。三组患者的性别、年龄、病程、体重指数、合并症、损伤的病因、美国脊髓损伤协会(American spine injury association, ASIA)分级^[5]和损伤部位比较见表1。三组比较,差异均无统计学意义(P 均>0.05)。

1.2 方法 所有患者常规给予缩唇呼吸、翻身拍背、咳嗽和排痰训练、腹肌训练、吸气阻力训练等呼吸肌训练。分别在训练前和训练后4周,观察肺功能检查和膈肌超声参数指标变化。肺功能评估按照美国胸科协会/欧洲呼吸协会(American thoracic society/european respiratory society, ATS/ERS)2019标准^[6],指标包括:用力肺活量(forced vital capacity, FVC)、第一秒用力呼气量(forced expiratory volume in first second, FEV1)、最大通气量(maximal voluntary ventilation, MVV),重复测量3次。每次评估间隔2 min,并选择最大值。膈肌超声评估由同一名熟练掌握膈肌超声操作的医生进行操作,检查时去除

表1 三组患者一般临床资料

临床参数	颈椎组	胸椎组	腰椎组
年龄/岁)	39.61 ± 4.56	40.33 ± 3.90	42.12 ± 4.32
性别(男/女)	18/4	24/6	19/6
体重指数/kg/m ²	23.10 ± 2.61	22.82 ± 2.70	22.53 ± 2.20
合并症/例(%)			
高血压	3(13.64)	6(20.00)	4(16.00)
糖尿病	3(13.64)	2(6.67)	3(12.00)
冠状动脉疾病	2(9.09)	1(3.33)	1(4.00)
损伤病因/例(%)			
脊柱退行性变	2(9.09)	3(10.00)	2(8.00)
脊柱外伤	17(77.27)	19(63.33)	15(60.00)
脊柱肿瘤	3(13.64)	8(26.67)	8(32.00)
ASIA分级/例(%)			
完全损伤	8(36.36)	12(40.00)	6(24.00)
不完全损伤	14(63.64)	18(60.00)	19(76.00)
损伤时间/例(%)			
急性(<2周)	12(54.55)	13(43.33)	10(40.00)
亚急性(2~8周)	10(45.45)	17(56.67)	15(60.00)
治疗方案			
保守治疗	15(68.18)	19(63.33)	13(52.00)
手术治疗	7(31.82)	11(36.67)	12(48.00)

胸带或腰带等影响呼吸运动的因素。指标包括:膈肌偏移度(diaphragmatic excursion, DE)和膈肌增厚分数(diaphragmatic thickening fraction, DTF)。DE测量方法:患者取仰卧位,将探头置于右侧腋前线与肋弓下缘交界处,嘱患者深吸气及深呼气,用M型超声显示膈肌的基线距离^[7],反复测量3次取平均值。DTF测量方法:将超声探头放置在腋中线第8~10肋间隙进行连续观察,嘱患者深呼吸10~15次,采集并储存呼吸过程中的膈肌厚度的变化,在冻结的图像中测量最大吸气末及平静呼气末时的膈肌厚度^[8]。测量5个呼吸周期后计算平均DTF。

1.3 统计学方法 采用SPSS 22.0统计学软件进行数据分析。计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示。计量资料比较采用单因素方差分析和 t 检验;计数资料比较采用 χ^2 检验。脊髓损伤患者膈肌超声参数与肺功能指标的相关性采用Pearson相关分析。设 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各组患者治疗前后的肺功能和膈肌功能比较见表2

表2 治疗前后各组临床指标变化情况

组别		FVC/L	FEV1/L	MVV/L/min	DTF/%	DE/mm
颈椎组	治疗前	2.85 ± 0.65*	2.09 ± 0.51*	75.15 ± 14.67*	19.98 ± 2.11*	21.25 ± 3.38*
	治疗后	3.34 ± 0.56 [△]	3.37 ± 0.48 [△]	87.52 ± 9.62 [△]	21.73 ± 2.42 [△]	23.55 ± 2.74 [△]
胸椎组	治疗前	3.69 ± 0.58 [#]	2.88 ± 0.53 [#]	82.91 ± 9.54	22.83 ± 1.43	24.58 ± 1.91 [#]
	治疗后	3.97 ± 0.43 [△]	3.52 ± 0.51 [△]	87.81 ± 8.43 [△]	23.65 ± 1.36 [△]	25.86 ± 1.66 [△]
腰椎组	治疗前	4.22 ± 0.73	3.61 ± 0.54	83.72 ± 8.09	23.54 ± 1.64	27.32 ± 2.28
	治疗后	4.71 ± 0.64 [△]	3.92 ± 0.47 [△]	89.35 ± 7.56 [△]	24.35 ± 1.27	28.53 ± 1.35 [△]

注: *: 与胸椎组比较, $P < 0.05$; #: 与腰椎组比较, $P < 0.05$; [△]: 与同组治疗前比较, $P < 0.05$ 。

由表2可见,治疗前,颈椎组的FVC、FEV1、MVV、DTF和DE均明显低于胸椎组,差异均有统计学意义(t 分别=4.90、6.76、5.39、9.88、2.52, P 均 < 0.05),胸椎组的FVC和FEV1、DE明显低于腰椎组,差异均有统计学意义(t 分别=2.99、5.02、4.83, P 均 < 0.05)。治疗4周后,颈椎组和胸椎组患者的FVC、FEV1、MVV、DTF、DE与治疗前比较,均有不同程度的改善(t 分别=2.68、8.57、3.31、2.56、2.48、2.12、4.77、2.11、2.28、2.77, P 均 < 0.05)。腰椎组除DTF外也均较治疗前有所改善,差异均有统计学意义(t 分别=2.52、2.17、2.79、2.28, P 均 < 0.05)。

2.2 膈肌超声参数与肺功能指标的相关性 所有患者治疗前DE和DTF均与FVC、FEV1、MVV呈正相关(r 分别=0.90、0.90、0.77、0.88、0.86、0.82, P 均 < 0.05)。

3 讨论

脊髓损伤可以导致不同程度的肺功能障碍,由于支配呼吸肌(如膈肌和肋间肌、辅助呼吸肌和腹肌)的神经元损伤导致功能障碍,当这些肌肉功能减弱时患者难以进行深呼吸,导致肺不张、肺和胸壁顺应性降低^[9]。此外,呼气肌功能受损会妨碍呼吸道分泌物的有效清除,导致黏液滞留,进而引起肺炎甚至呼吸衰竭^[10]。虽然肺功能随着神经功能恢复而逐渐改善,但呼吸系统并发症是脊髓损伤患者发病率和死亡率的主要原因^[11]。因此,早期评估膈肌功能与肺功能可以有效提高临床获益。

本次研究结果显示,治疗前,颈椎组的FVC、FEV1、MVV、DTF和DE均明显低于胸椎组,胸椎组的FVC和FEV1、DE明显低于腰椎组(P 均 < 0.05),表明脊髓损伤节段越高,肺功能越差,并且膈肌功能越差。在颈段或胸段脊髓损伤患者早期,肋间和腹部肌肉的瘫痪会引起膈肌功能损伤。吸气过程中没有肋间肌的束缚作用,当膈肌收缩胸腔压力下

降时,肋间肌不能抵消胸膜内负压对胸腔的紧缩作用。因此,吸气时胸廓会出现向内的反常运动导致肺功能下降^[12]。由于脊髓损伤患者无法站立,因此部分患者不能完成肺功能检查要求的直立或坐位的呼吸要求,因此需根据最新的美国胸科学会/欧洲呼吸学会联合制订的标准进行肺活量测定^[8]。该标准的允许脊髓损伤患者仰卧位检查,并可以进行持续时间不少于6 s的呼气做功,可以让88%的脊髓损伤患者进行肺活量测量。

Shin等^[9]研究显示给予短期临床呼吸训练康复治疗,仰卧位和坐位FVC预测值的百分比总体平均分别提高了11.7%和12.7%。当给予呼吸训练后,提高了膈肌和辅助吸气肌的力量,推迟和降低了呼吸运动时膈肌疲劳发生的时间和程度,减少肺炎的发生,最终使呼吸功能得到改善和提高^[13]。本次研究结果显示,康复治疗4周后,各组的FVC、FEV1、MVV均较治疗前改善(P 均 < 0.05),表明治疗后膈肌和辅助吸气肌的力量有所改善,这与既往研究相似。本次研究还显示,在康复治疗4周后,各组的DE均有不同程度的升高,颈椎组和胸椎组的DTF均有明显改善(P 均 < 0.05),表明膈肌主动收缩功能较治疗前改善。

相对于DE,DTF是反映膈肌主动收缩功能的一个良好指标^[14],腰椎损伤的患者由于膈肌收缩功能未受影响,因此DTF的改善不明显。此外,由于膈肌运动不仅仅是膈肌收缩舒张的结果,还可能受到体位的影响,尤其当患者仰卧位时较坐位时升高,并且当腹部或胸部压力改变时,DE会明显下降,并且与膈肌本身的收缩功能无关^[7]。因此本次研究中患者采用仰卧位,并且在膈肌超声检查前尽可能避免了和呼吸系统的相关影响。吸气肌肉训练会对吸气肌施加负荷,目的是对抗膈肌失活的分解代谢作用,从而改善膈肌的纤维活性,横截面积和收缩

力。与其他周围肌肉类似,随着负荷的改变膈肌容易发生萎缩和肥大^[15]。在啮齿动物的呼吸训练模型中,通过间歇性气管阻塞短暂增加膈肌负荷,可以有效增加膈肌的横截面积和快速糖酵解的纤维,膈肌纤维肥大在临床人群中不易测量,但有证据表明,在进行呼吸强化运动后,辅助呼吸肌可能会肥大^[16]。

本次研究中相关性研究显示,治疗前患者的DE和DTF均与FVC和FEV1呈正相关(P 均 <0.05),表明膈肌功能和肺功能密切相关,这与既往研究相似,FVC被认为是脊髓损伤患者出院后发生呼吸系统并发症的预测指标,也是评估神经肌肉疾病患者膈肌无力的重要临床工具。脊髓损伤患者尤其是颈段损伤患者在卧位时监测FVC较坐位的FVC更为敏感,这是因为FVC与膈肌偏移度相关,当仰卧位时吸气过程中膈肌的活动度增加,而在坐位时由于腹肌无力以及重力的作用导致膈肌的偏移度减弱。Zhu等^[3]研究也证实脊髓损伤患者两侧膈肌厚度均明显增加,深呼吸时右半膈肌偏移与FEV1和FVC呈正相关。

综上所述,脊髓损伤节段越高,肺功能越差,膈肌功能越差。并且脊髓损伤患者的膈肌功能与肺功能呈正相关。膈肌超声可以预测患者肺功能恢复情况。本次研究局限性在于,首先为单中心研究,样本量受限,仍需多中心大样本量研究证实本次研究结论。其次,未能使用最大吸气压力等指标来评估吸气肌肉的整体强度,还需进一步完善研究。第三,未能动态评估膈肌功能和肺功能变化情况,缺乏关于呼吸肌潜在的自发恢复数据。

参考文献

- 1 Bezdudnaya T, Marchenko V, Zholudeva LV, et al. Supraspinal respiratory plasticity following acute cervical spinal cord injury[J]. *Exp Neurol*, 2017, 29(3): 181-189.
- 2 李琴. 脊髓损伤患者肺部并发症的康复计划[J]. *中华肺部疾病杂志(电子版)*, 2017, 10(1): 93-95.
- 3 Zhu Z, Li J, Yang D, et al. Ultrasonography of diaphragm can predict pulmonary function in spinal cord injury patients: A pilot case-control study[J]. *Med Sci Monit*, 2019, 25(4): 5369-5374.
- 4 Malas FÜ, Köseolu F, Kara M, et al. Diaphragm ultrasonography and pulmonary function tests in patients with spinal cord injury[J]. *Spinal Cord*, 2019, 57(8): 679-683.
- 5 Wilson JR, Tetreault LA, Kwon BK, et al. Timing of decompression in patients with acute spinal cord injury: A systematic review[J]. *Global Spine J*, 2017, 7(3): 95S-115S.
- 6 Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, et al. Standardization of spirometry 2019 update. An official american thoracic society and european respiratory society technical statement[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2019, 200(8): e70-e88.
- 7 Hayat A, Khan A, Khalil A, et al. Diaphragmatic excursion: Does it predict successful weaning from mechanical ventilation? [J]. *Coll Physicians Surg Pak*, 2017, 27(12): 743-746.
- 8 Llamas-Álvarez AM, Tenza-Lozano EM, Latour-Pérez J, et al. Diaphragm and lung ultrasound to predict weaning outcome: Systematic review and meta-analysis[J]. *Chest*, 2017, 152(6): 1140-1150.
- 9 Shin JC, Han EY, Cho KH, et al. Improvement in pulmonary function with short-term rehabilitation treatment in spinal cord injury patients[J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 17091.
- 10 Agostinello J, Battistuzzo CR, Batchelor PE, et al. Early clinical predictors of pneumonia in critically ill spinal cord injured individuals: A retrospective cohort study[J]. *Spinal Cord*, 2019, 57(1): 41-48.
- 11 Raab AM, de Groot S, Berlowitz DJ, et al. Development and validation of models to predict respiratory function in persons with long-term spinal cord injury[J]. *Spinal Cord*, 2019, 57(12): 1064-1075.
- 12 Schilero GJ, Bauman WA, Radulovic M, et al. Traumatic spinal cord injury pulmonary physiologic principles and management[J]. *Clin Chest Med*, 2018, 39(2): 411-425.
- 13 杨初燕, 冯珍, 王亮, 等. 吸气肌训练在脊髓损伤患者中的临床应用[J]. *中国康复医学杂志*, 2017, 32(8): 938-940.
- 14 Xia J, Qian CY, Yang L, et al. Influence of lung aeration on diaphragmatic contractility during a spontaneous breathing trial: An ultrasound study[J]. *J Intensive Care*, 2019, 7(2): 54-55.
- 15 Ahmed S, Daniel Martin A, Smith BK, et al. Inspiratory muscle training in patients with prolonged mechanical ventilation: Narrative review[J]. *Cardiopulm Phys Ther J*, 2019, 30(1): 44-50.
- 16 Tonella RM, Ratti LDSR, Delazari LEB, et al. Inspiratory muscle training in the intensive care unit: A new perspective[J]. *J Clin Med Res*, 2017, 9(11): 929-934.

(收稿日期 2021-11-01)

(本文编辑 高金莲)