doi:10.11659/jjssx.09E020038

·临床研究·

创伤性颈脊髓损伤患者咳嗽音一般特征及其与呼吸肌力量的相关性

戴建强,陈 坤,蔡学究,张亮达,黄显华 (南部战区总医院骨科监护病区,广东 广州 510010)

[摘 要] **目的** 分析创伤性颈脊髓损伤(TCSCI)患者咳嗽音的一般特征,并探讨其与呼吸肌力量的相关性。**方法** 选取南部战区总医院收治的29例TCSCI患者作为TCSCI组,并随机选取同时段的26例非TCSCI患者作为对照组。分别收集患者咳嗽音信号、呼吸肌力量指标[最大吸气压力(MIP)和最大呼气压力(MEP)],同时记录2组患者年龄、身高、体质量以及基础疾病等基线资料,记录TCSCI组ASIA分级、损伤节段以及呼吸衰竭发生情况。分析比较2组咳嗽音差异及其与MIP、MEP的相关性,并探讨咳嗽音指标对呼吸衰竭的预测价值。**结果** 2组患者基线资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。TCSCI组咳嗽音评分高于对照组($P<0.01$),MIP、MEP、咳嗽峰值流量(CPF)、最大强度、平均强度、有效声压及声压级均低于对照组($P<0.01$)。相关性分析显示,咳嗽音评分与MIP、MEP呈负相关($P<0.01$),CPF、最大强度、平均强度、有效声压、声压级与MIP、MEP均呈正相关($P<0.01$)。亚组分析显示,咳嗽音评分能很好预测TCSCI患者是否发生呼吸衰竭,曲线下面积(*AUC*)为0.745。**结论** TCSCI患者咳嗽音指标会发生显著改变且同呼吸肌力量存在相关性,可用于评估TCSCI患者呼吸功能;咳嗽音评分可作为预测TCSCI患者是否发生呼吸衰竭的指标。

[关键词] 创伤性颈脊髓损伤;呼吸肌力量;最大吸气压;最大呼气压;咳嗽音;咳嗽峰值流量
[中图分类号] R651.2 [文献标识码] A [收稿日期] 2020-09-09

Characteristics of cough sound in patients with traumatic cervical spinal cord injury and its correlation with their respiratory muscle strength

DAI Jian-qiang, CHEN Kun, CAI Xue-jiu, ZHANG Liang-da, HUANG Xian-hua (Department of Orthopedics, General Hospital of Southern Theater Command, Guangzhou Guangdong 510010, China)

Abstract: Objective To analyze the general characteristics of cough sound in patients with traumatic cervical spinal cord injury (TCSCI) and discuss the correlation between cough sound indicators and respiratory muscle strength. **Methods** Twenty-nine patients with TCSCI admitted into General Hospital of Southern Theater Command were selected as the TCSCI group, and patients with non-cervical spinal cord injury admitted at the same time were randomly selected as the control group. The cough sound signal and respiratory muscle strength indexes [maximum inspiratory pressure (MIP) and maximum expiratory pressure (MEP)] were collected, and the baseline data of age, height, BMI and underlying diseases of patients in the two groups were recorded. ASIA classification, injury segment and respiratory failure in the TCSCI group were recorded. The differences of cough sounds between the two groups and their correlation with MIP and MEP were analyzed and compared, and the predictive value of cough sound indicators in respiratory failure was discussed. **Results** There was no significant difference in baseline data between the two groups ($P>0.05$). The cough score of the TCSCI group was higher than that of the control group ($P<0.01$), MIP, MEP, cough peak flow (CPF), maximum intensity, average intensity, effective sound pressure and sound pressure level were lower than those of the control group ($P<0.01$). Correlation analysis showed that cough score was negatively correlated with MIP and MEP ($P<0.01$); while CPF, maximum intensity, average intensity, effective sound pressure and sound pressure level were positively correlated with MIP and MEP($P<0.01$). The subgroup analysis showed that the cough score could predict whether TCSCI patients developed respiratory failure. The *area under curve* (*AUC*) was 0.745. **Conclusion** The cough sound indicators of patients with TCSCI will change significantly, and there is a correlation with respiratory muscle strength, which can be used to evaluate respiratory function of TCSCI patients; cough score can be used as a predictor of respiratory failure in patients with TCSCI.

Keywords: traumatic cervical spinal cord injury; respiratory muscle strength; maximum inspiratory pressure; maximum expiratory pressure; cough sound; cough peak flow

创伤性脊髓损伤发生率为10.4/1000 000~83/1000 000[1],其中50%以上为创伤性颈脊髓损伤(traumatic cervical spinal cord injury,TCSCI)[2-3]。每年约11 000例TCSCI患者需要住院治疗,约20.6%的患者因为呼吸功能受累需行气管切开[4-6]。TCSCI患者发生肺部感染、呼吸衰竭、急性呼吸窘迫综合征的概率显著高于胸、腰段脊髓损伤患者[7]。呼吸系统并发症是TCSCI患者死亡的首位原因,国内报道急性期死于呼吸系统并发症的TCSCI患者占死亡总数的

[基金项目] 广州市科技计划项目(201804010330)
[通信作者] 戴建强,E-mail:djqysh@163.com

91.66%[8],国外报道约为60.88%[2]。早期的全面诊断和评估是预防呼吸系统并发症、提高患者生存率的主要措施。但目前常用的肺功能监测对TCSCI患者存在一定的缺陷或误差[9-11],临床迫切需要行之有效、重复性好、可长期动态监测的呼吸功能指标。

咳嗽作为呼吸系统最常见的症状之一,是由膈肌等肌肉收缩产生声门下压力,并通过声门突然开启实现声道中强烈的气流冲击并伴有典型声音的过程[12-13],一定程度上可反映患者的呼吸能力,是人体的一种保护措施。本研究拟探讨TCSCI患者早期咳嗽音的一般特征,并与呼吸肌力量指标最大吸气压力(maximal inspiratory pressure,MIP)、最大呼气压力(maximal expiratory pressure,MEP)作比较,探讨其用于评估TCSCI患者呼吸功能的可能性。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选取2018年4月至2020年1月南部战区总医院骨科监护病区收治的29例成年TCSCI患者作为TCSCI组,并随机选取同时期收治的26例非TCSCI患者作为对照组。记录2组患者年龄、体质量、身高以及所患基础疾病等基线数据,并分析TCSCI组患者治疗过程,记录TCSCI组患者ASIA分级、损伤节段以及呼吸衰竭发生情况。

TCSCI组患者纳入标准:①急性创伤,经影像学及临床症状和体征证实存在颈脊髓损伤;②不存在其他影响呼吸功能的疾病和外伤;③年龄≥18岁。TCSCI组排除标准:①慢性颈髓损伤;②非创伤;③ICU停留时间少于1 d。对照组患者纳入标准:①无急性、慢性颈脊髓损伤的腰椎间盘突出、四肢骨折;②不存在其他影响呼吸功能的疾病和外伤;③年龄≥18岁。对照组排除标准:①可疑神经功能受损;②存在慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease,COPD)、重度贫血等影响呼吸功能的疾病。本研究符合医学伦理学标准,经我院伦理委员会讨论批准,所有治疗取得患者或家属同意。

1.2 咳嗽音采集

咳嗽音采集前,先对患者进行咳嗽示范及训练,嘱患者卧位深吸气,再迅速咳嗽,如此反复3次,使之适应采集过程;而后休息1 min,将咳嗽音采集器置于患者口腔前方20 cm处,确保周围环境安静、无噪音干扰,嘱患者咳嗽,采集约15 s音频。

1.3 床边肺功能仪记录MIP及MEP

使用COSMED便携式肺功能仪Pony FX(COSMED Corp,Rome,Italy)进行记录,记录前先进行5 min适应性训练,嘱患者深吸气,暂停,再用力呼出;含住Y型接口一端,再次深吸气,暂停,呼出,待患者适应后,堵住Y型接口另一端,肺功能仪即可记录呼气压力。吸气压力同此法,嘱患者深呼气,暂停,再用力吸气;含住Y型接口一端,再次深呼气,暂停,吸气,待患者适应后,堵住Y型接口另一端,得到吸气压力。上述步骤重复3次,记录测量所得最佳值为MIP和MEP。

1.4 音频资料分析

将录制好的音频资料导入分析系统得到波形后,筛选出波形最佳的咳嗽音,分析最大强度、平均强度、持续时间、有效声压、声压级等声音属性。再依据Umayahara等[14]报道的算法,使用咳嗽峰声压级估算出咳嗽峰值流量(cough peak flow,CPF)。采用本课题组自主研发的咳嗽音评分算法,即将咳嗽信号划分为[100 HZ,250 HZ)、[250 HZ,600 HZ)、[600 HZ,1 200 HZ)、[1 200 HZ,2 000 HZ)、[2 000 HZ,2 500 HZ)、[2 500 HZ,3 300 HZ)6个不同的频段,计算各频段能量的均值和方差,再通过不同权重的线性组合得到1个表示咳嗽信号频率分布情况的值,进而衡量咳嗽强度,得到咳嗽音评分。

1.5 统计学分析

数据采用SPSS 19.0软件进行分析。正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用两独立样本t检验;非正态分布的计量资料采用中位数[$M(P_{25},P_{75})$]表示,组间比较采用*Mann Whitney U-Wilcoxon*非参数检验。咳嗽音各个指标与MIP、MEP的相关性采用*Pearson*相关分析,咳嗽音变量预测TCSCI组患者是否发生呼吸衰竭的价值采用受试者工作特征(*receiver operating characteristic*,*ROC*)曲线判定,计算曲线下面积(*area under curve*,*AUC*)、敏感度、特异度及截断值。$P<0.05$为差异具有统计学意义,$P<0.01$为差异具有极显著性统计学意义。

2 结果

2.1 患者基线资料情况

对照组最终纳入26例患者。TCSCI组最终纳入29例患者,患者损伤节段C_2有3例,C_3有7例,C_4有7例,C_5有11例,C_6有1例;神经功能损伤ASIA分级A级10例,B级4例,C级5例,D级10例;咳嗽音采集距离患者受伤的中位时间为2 d;16例(55.17%)患者因发生呼吸衰竭而使用呼吸机治疗。2组患者基线资料比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),见表1。

2.2 MIP、MEP、咳嗽音指标比较及相关性分析

TCSCI组患者MIP、MEP、CPF、最大强度、平均强度、有效声压、声压级均低于对照组($P<0.01$),咳嗽音评分

高于对照组($P<0.01$),见表2。咳嗽音指标与MIP、MEP相关性分析结果显示:咳嗽音评分与MIP、MEP呈负相关($P<0.01$);CPF、最大强度、平均强度、有效声压、声压级与MIP、MEP呈正相关($P<0.01$),见表3。

表1 患者基线情况比较

组别	n	年龄/岁	性别/例		身高/cm	体质量/kg	高血压/例(%)	糖尿病/例(%)	吸烟史/例(%)
			男	女					
TCSCI组	29	48.79±13.54	23	6	167.07±7.09	64.05±9.63	7(24.1)	6(20.7)	10(34.5)
对照组	26	44.04±10.75	17	9	165.92±8.27	63.09±12.33	2(7.7)	2(7.7)	4(15.4)
t/χ^2		-1.431	1.340		-0.553	-0.323	2.709	1.863	2.635
P		0.158	0.247		0.582	0.748	0.100	0.172	0.105

表2 咳嗽音指标比较

指标	TCSCI组	对照组	Z	P
MIP/cmH_2O	103(96,117.5)	174.50(152.75,205.75)	-6.038	0.000
MEP/cmH_2O	33(20,41)	93.50(74.75,118.25)	-6.332	0.000
咳嗽音评分/分	7.17(6.59,7.92)	6.64(6.37,6.74)	-3.327	0.001
CPF/(L·min^{-1})	146.74(104.67,166.79)	182.35(166.46,206.44)	-4.284	0.000
最大强度	0.663(0.337,0.850)	0.918(0.726,0.997)	-3.660	0.000
平均强度	0.070(0.051,0.113)	0.136(0.090,0.189)	-3.559	0.000
持续时间/ms	279.5(204.0,315.5)	281.75(256.75,293.44)	-0.228	0.820
有效声压/Pa	0.112(0.072,0.156)	0.187(0.141,0.260)	-3.863	0.000
声压级/dB	74.94(71.20,77.83)	79.43(76.93,82.29)	-3.863	0.000

2.3 咳嗽音指标对TCSCI患者呼吸衰竭的预测价值

以TCSCI组是否发生呼吸衰竭作为结局,通过*ROC*曲线分析得出咳嗽音评分具有很好的预测准确性,*AUC*为0.745,截断值为6.880,95% *CI*:0.564~0.926,$P=0.025$,敏感度为87.5%,特异度为53.8%,见表4、图1。

表3 咳嗽音指标与MIP、MEP的相关性

指标		咳嗽音评分	CPF	最大强度	平均强度	有效声压	声压级
MIP	r	-0.429	0.520	0.429	0.397	0.437	0.438
	P	0.001	0.000	0.001	0.003	0.001	0.001
MEP	r	-0.426	0.522	0.461	0.463	0.428	0.428
	P	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

表4 咳嗽音各指标的截断值及*AUC*比较

指标	*AUC*	截断值	95% *CI*	P	敏感度/%	特异度/%	约登指数
咳嗽音评分/分	0.745	6.880	0.564~0.926	0.025	87.5	53.8	0.41
CPF/(L·min^{-1})	0.428	154.690	0.215~0.641	0.511	43.8	61.5	0.05
最大强度	0.476	0.797	0.259~0.693	0.826	43.8	69.2	0.12
平均强度	0.303	0.034	0.100~0.506	0.072	87.5	15.3	0.03
有效声压/Pa	0.351	0.297	0.144~0.558	0.174	6.3	99.7	0.06
声压级/dB	0.351	83.440	0.144~0.558	0.174	6.3	99.7	0.06

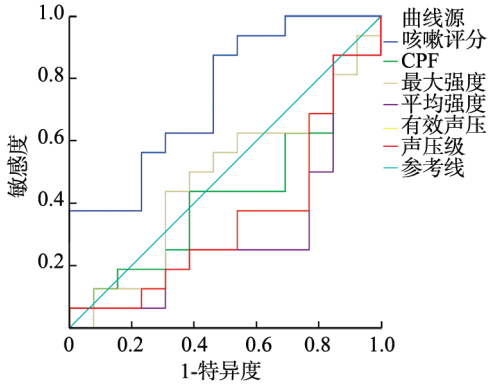


图1 咳嗽音各指标预测TCSCI组是否使用呼吸机的ROC曲线分析

3 讨论

TCSCI会引起呼吸肌无力,进而影响呼吸功能,严重者甚至危及生命。有研究表明,呼吸功能的好坏往往决定患者的预后[15-16]。早期是否应预防性使用气管插管、气管切开等治疗手段一直存在争议[17],其原因主要在于缺乏对呼吸功能的早期、客观、准确的评价指标[11]。目前临床常用的呼吸功能检测手段为肺功能仪,但TCSCI患者不便于长期动态监测。因此,临床急需新的普适性更强的检测手段。

声音的形成需要气流与声带的振动以及其他器官的参与,因此,声学参数一定程度上能反映患者的呼吸状况,特别是动力方面的因素。国外有学者发现,创伤性脊髓损伤患者发声参数改变的原因主要是肺活量的减少[10]。咳嗽是人体的一种保护措施,对于TCSCI患者而言,咳嗽能力的好坏往往决定着坠积性肺炎的发生情况,且能反映气道廓清能力。呼吸肌力量是指呼吸肌的最大收缩能力,MIP、MEP是其主要监测指标;从成因上分析,咳嗽音的强弱与呼吸肌力量具有相关性。

本研究纳入29例TCSCI患者,伤情与目前国内的

研究基本相符[18-19]。采集咳嗽音距离患者受伤的中位时间为2 d,能够准确反映 TCSCI 患者早期的咳嗽及呼吸状况。对照组基本排除了影响呼吸功能的相关因素,可以反映正常咳嗽音及呼吸状况。通过对比分析发现,2 组患者基线资料情况均衡可比;且进一步分析发现,TCSCI 组中位 MIP、MEP 明显低于对照组,且低于既往文献报道的数值[20-21],原因可能为:本研究是在急性期卧位状态下采集的数据,而以往的研究报道的多为康复期坐位数据,采集时机及体位因素也可能导致 MIP、MEP 偏低。基于体位因素,类似肺活量、用力肺活量、最大通气量和第 1 秒用力呼气容积与用力肺活量的比值等常用肺功能指标,因在 TCSCI 患者中采集困难或易造成二次损伤,故未进行比较,而 MIP、MEP 相对比较容易获得,也能很好反映呼吸肌力量的强弱而被纳入本研究。

本研究选取了强度、声压及声压级等咳嗽音声学指标,其中强度包括最大强度和平均强度,是通过软件获取采集咳嗽音信号幅值的最大值和平均值;声压是定量描述声波的物理量,日常所说的声压和一般电子仪表所测得的声压都是有效声压;声压级是把有效声压与基准声压之比取对数。本研究中,TCSCI 组患者强度、声压、声压级都显著低于对照组,主要是因为相同时间内 TCSCI 组患者通过声门的气体量少,即患者呼气量缺失,从而导致声音强度不够,即呼吸肌力量薄弱。各项咳嗽音指标中,2 组患者持续时间差异无统计学意义,说明 TCSCI 组患者完成咳嗽的动作存在,但是相同时间通过声门的气体量显著不足,导致 2 组声压等指标的显著差异,从侧面说明 TCSCI 组患者呼吸肌力量薄弱。

CPF 也是常用的评价咳嗽强度的指标,是将咳嗽峰声压级通过 Umayahara 等[14]提出的算法进行估算获得;咳嗽音评分是本研究基于患者咳嗽音频段缺失严重程度或者分布集中程度而提出的新算法。在本研究中,TCSCI 组 CPF 低于对照组,咳嗽音评分高于对照组,CPF 越低说明咳嗽强度越弱,咳嗽音评分越高提示强度越弱。进一步相关性分析发现,强度、声压及声压级与 MIP、MEP 呈正相关,咳嗽音评分与 MIP、MEP 呈负相关。无论是咳嗽音本身的声学指标,还是通过算法获得的 CPF 和咳嗽音评分,都显示出与 MIP、MEP 的相关性。从测量难易度而言,咳嗽音指标优势明显,具备替代 MIP、MEP 的潜力,并且可扩展应用于其他疾病。

TCSCI 患者常因呼吸肌乏力出现呼吸衰竭,而需要进行机械通气治疗,准确评估和预判呼吸功能以及良好的气道管理能有效改善患者预后[22-23],但是关于机械通气的时机、是否需行气管切开还一直存在争议,缺乏有效的预警指标也是存在争议的原因之一[4]。鉴于咳嗽音指标在 TCSCI 组与对照组之间存在显著差异,我们尝试用 *ROC* 曲线分析咳嗽音指标预测 TCSCI 患者是否会发生呼吸衰竭的价值,结果显示咳嗽音评分具有较好的预测准确性,*AUC* 达 0.745,截断值为 6.880,敏感度达 87.5%,特异度达 53.8%。咳嗽音评分在几个指标中显示出了较高的预测准确性,可提前预警呼吸衰竭的发生,便于尽早干预。

本研究部分 TCSCI 患者因损伤节段较高,神经功能受损严重,需要抢救插管,因而无法采集咳嗽音而被排除,导致纳入患者的样本较小;此外,本研究为单中心研究,但可作为大样本多中心研究的参考。

本研究发现,TCSCI 患者咳嗽音指标发生了显著改变,且与反应呼吸肌力量的 MIP、MEP 存在相关性,具有进一步研究的价值和意义。本研究自主提出的咳嗽音评分对预测 TCSCI 患者是否发生呼吸衰竭具有较高的准确性,可为临床决策提供依据。

[参考文献]

[1] Jazayeri SB, Beygi S, Shokraneh F, et al. Incidence of traumatic spinal cord injury worldwide: a systematic review[J]. Eur Spine J, 2015, 24(5): 905 - 918. doi: 10.1007/s00586 - 014 - 3424 - 6.

[2] Hagen EM, Eide GE, Rekand T, et al. A 50-year follow-up of the incidence of traumatic spinal cord injuries in Western Norway[J]. Spinal Cord, 2010, 48(4): 313 - 318. doi: 10.1038/sc.2009.133.

[3] Lee BB, Cripps RA, Fitzharris M, et al. The global map for traumatic spinal cord injury epidemiology: update 2011, global incidence rate[J]. Spinal Cord, 2014, 52(2): 110 - 116. doi: 10.1038/sc.2012.158.

[4] Menaker J, Kufera JA, Glaser J, et al. Admission ASIA motor score predicting the need for tracheostomy after cervical spinal cord injury[J]. J Trauma Acute Care Surg, 2013, 75(4): 629 - 634. doi: 10.1097/TA.0b013e3182a12b86.

[5] Kaczmarek C, Aach M, Hoffmann MF, et al. Early percutaneous dilational tracheostomy does not lead to an increased risk of surgical site infection following anterior spinal surgery[J]. J Trauma Acute Care Surg, 2017, 82(2): 383 - 386. doi: 10.1097/TA.0000000000001320.

[6] Wiefhoff J, Jansen O, Kamp O, et al. Incidence and complications of cannula changes in long-term tracheotomized patients: a prospective observational study[J]. Spinal Cord, 2020, 58(1): 11 - 17. doi: 10.1038/s41393 - 019 - 0329 - 6.

[7] Sun X, Jones ZB, Chen XM, et al. Multiple organ dysfunction and systemic inflammation after spinal cord injury: a complex relationship[J]. J Neuroinflammation, 2016, 13(1): 260. doi: 10.1186/s12974 - 016 - 0736 - y.

[8] 赵文良,周国昌. 创伤性脊柱脊髓损伤急性期合并症 107 例临床分析[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 1996, 6(6): 250 - 253.

[9] Benditt JO. Respiratory care of patients with neuromuscular disease[J]. Respir Care, 2019, 64(6): 679 - 688. doi: 10.4187/respcare.06827.

[10] Rodrigues FO, Frois CA, Mello M, et al. Vocal parameters in individuals with traumatic spinal cord injury: a systematic review[J]. J Voice, 2020. doi: 10.1016/j.jvoice.2019.12.013.

doi:10.11659/jjssx.10E020018

·临床研究·

改良乳突根治术联合咽鼓管球囊扩张术在中耳胆脂瘤并咽鼓管功能障碍患者中的应用

陈金灿[1],徐继峰[1],李 巍[2] (1.徐州医科大学研究生院,江苏 徐州 221004;2.徐州医科大学附属医院耳鼻咽喉头颈外科,江苏 徐州 221002)

[摘 要] **目的** 探讨中耳胆脂瘤并咽鼓管功能障碍患者使用改良乳突根治术联合咽鼓管球囊扩张术治疗的临床效果。**方法** 回顾性分析86例(86耳)中耳胆脂瘤并咽鼓管功能障碍患者的临床资料,按照手术方式分为球囊组(41例)和非球囊组(45例)。非球囊组采用改良乳突根治术,球囊组采用改良乳突根治术联合咽鼓管球囊扩张术。记录2组患者术前及术后6个月平均听阈、气骨导差、声导抗、七项咽鼓管功能障碍症状评分量表(ETDQ-7)及干耳时间,并评估鼓膜愈合情况。**结果** 2组患者术后6个月平均听阈、气骨导差、声导抗、ETDQ-7评分及干耳时间比较,差异有统计学意义($P<0.05$);球囊组鼓膜愈合率较非球囊组高,差异具有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 对于合并咽鼓管功能障碍的中耳胆脂瘤,改良乳突根治术联合咽鼓管球囊扩张术的近期疗效改善明显。

[关键词] 中耳胆脂瘤;咽鼓管功能障碍;咽鼓管球囊扩张;改良乳突根治术;疗效
[中图分类号] R764.2 [文献标识码] A [收稿日期] 2020-10-10

Application of modified radical mastoidectomy combined with eustachian tube balloon dilatation in patients with middle ear cholesteatoma and eustachian tube dysfunction

CHEN Jin-can[1], XU Ji-feng[1], LI Wei[2] (1. Graduate School, Xuzhou Medical University, Xuzhou Jiangsu 221004, China; 2. Department of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery, Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou Jiangsu 221002, China)

Abstract: Objective To investigate the clinical effect of modified radical mastoidectomy combined with eustachian tube balloon dilatation in patients with middle ear cholesteatoma and eustachian tube dysfunction. **Methods** The clinical data of 86 patients (86 ears) with

[通信作者] 李 巍,E-mail:2459825078@qq.com

[11] 路 闯,袁宏伟,代振动,等.急性颈脊髓损伤患者呼吸功能检测方法选择[J].中国实用医刊,2014,41(9):113-114.doi:10.3760/cma.j.issn.1674-4756.2014.09.049.
[12] Mutolo D. Brainstem mechanisms underlying the cough reflex and its regulation[J]. Respir Physiol Neurobiol,2017,243:60-76. doi:10.1016/j.resp.2017.05.008.
[13] Irwin RS, Boulet LP, Cloutier MM, et al. Managing cough as a defense mechanism and as a symptom. A consensus panel report of the American College of Chest Physicians[J]. Chest,1998,114(2 Suppl Managing):133S-181S. doi:10.1378/chest.114.2_supplement.133s.
[14] Umayahara Y, Soh Z, Sekikawa K, et al. Estimation of cough peak flow using cough sounds[J]. Sensors (Basel, Switzerland),2018,18(7):2381. doi:10.3390/s18072381.
[15] Toki A, Nakamura T, Nishimura Y, et al. Clinical introduction and benefits of non-invasive ventilation for above C3 cervical spinal cord injury[J]. J Spinal Cord Med,2019,12:1-7. doi:10.1080/10790268.2019.1644474.
[16] Scantling D, Granche J, Williamson J, et al. Development of clinical tracheostomy score to identify cervical spinal cord injury patients requiring prolonged ventilator support[J]. J Trauma Acute Care Surg,2019,87(1):195-199. doi:10.1097/TA.0000000000002286.
[17] Mu Z, Zhang Z. Risk factors for tracheostomy after traumatic cervical spinal cord injury[J]. J Orthop Surg (Hong Kong),2019,27(3):2309499019861809. doi:10.1177/2309499019861809.
[18] 陈 坤,戴建强,张 雷,等.ICU内创伤性颈脊髓损伤的流行病学特点分析[J].中华急诊医学杂志,2017,26(10):1167-1171. doi:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2017.10.015.
[19] Wang H, Xiang Q, Li C, et al. Epidemiology of traumatic cervical spinal fractures and risk factors for traumatic cervical spinal cord injury in China[J]. J Spinal Disord Tech,2013,26(8):E306-E313. doi:10.1097/BSD.0b013e3182886db9.
[20] Wang HC, Chen KY, Lin YT, et al. Factors associated with prolonged mechanical ventilation and re-ventilation in acute cervical spinal cord injury patients[J]. Spine (Phila Pa 1976),2020,45(9):E515-E524. doi:10.1097/BRS.0000000000003302.
[21] DiMarco AF, Geertman RT, Tabbaa K, et al. Restoration of cough via spinal cord stimulation improves pulmonary function in tetraplegics[J]. J Spinal Cord Med,2019,43(5):579-585. doi:10.1080/10790268.2019.1699678.
[22] Shank CD, Walters BC, Hadley MN. Current topics in the management of acute traumatic spinal cord injury[J]. Neurocrit Care,2019,30(2):261-271. doi:10.1007/s12028-018-0537-5.
[23] Wang Y, Guo Z, Fan D, et al. A meta-analysis of the influencing factors for tracheostomy after cervical spinal cord injury[J]. Biomed Res Int,2018:5895830. doi:10.1155/2018/5895830.

(编辑:杨 颖)