

·临床研究·

电动起立床对脑卒中气管切开患者膈肌运动功能的影响*

曲 晟¹ 龙建军^{1,2} 张泽宇¹ 薛凯文¹ 杨青青¹ 李节惠¹ 王玉龙^{1,2,3}

摘要

目的:基于电动起立床探讨不同倾斜角度对脑卒中气管切开患者膈肌运动功能的影响。

方法:选取2021年8—10月来自深圳市第二人民医院36例脑卒中气管切开患者和36例健康人。采用重复测量的试验设计,两组受试者随机被电动起立床放置于3种不同的倾斜角度(0°、30°和60°)后,由同一名有经验的检查者应用超声测量平静呼吸时的膈肌移动度和平静呼气末的膈肌厚度。

结果:①倾斜角度间比较:两组受试者结果均提示,随着电动起立床倾斜角度的增高,膈肌移动度和厚度均有不同程度的增加,每两个倾斜角度之间的膈肌移动度和厚度比较都有显著性差异($P<0.01$)。②组别间比较:在3种不同倾斜角度下,健康人膈肌移动度和膈肌厚度明显高于脑卒中患者($P<0.05$),且健康人比脑卒中气管切开患者不同倾斜角度之间膈肌移动度和膈肌厚度变化更明显。③亚急性期和慢性期两组病程之间脑卒中气管切开患者膈肌移动度和厚度无显著性差异($P>0.05$)。

结论:脑卒中气管切开患者膈肌移动度和厚度较健康人下降,电动起立床可有效改善脑卒中气管切开患者的膈肌移动度和厚度,有临床应用价值。

关键词 超声;脑卒中气管切开患者;健康人;膈肌移动度;膈肌厚度;电动起立床

中图分类号:R493,R741 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2022)-11-1492-07

Effects of electric standing bed on diaphragmatic motion function in stroke patients with tracheostomy/
QU Sheng, LONG Jianjun, ZHANG Zeyu, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2022, 37
(11): 1492—1498

Abstract

Objective: To investigate the effect of different tilting of electric standing bed on diaphragmatic function in stroke patients with tracheotomy and healthy subjects.

Method: From May to September 2021, 36 stroke patients with tracheotomy and 36 healthy subjects were selected from Shenzhen Second People's Hospital. Two groups of subjects were randomly placed on electric standing bed at three different positions (0°, 30° and 60° tilt). The diaphragmatic degree of excursion during quiet breathing and diaphragmatic thickness at the end of expiratory were measured using ultrasound by the same experienced operator.

Result: ①Comparison between positions: the results of the two groups indicated that with the increase of electric bed tilt angle diaphragmatic excursion and thickness also increased, and there were significant differences between postures ($P<0.01$). ②Comparison between groups: on three body positions, the diaphragmatic excursion and thickness at the end of expiratory were significantly higher in healthy subjects than those in stroke pa-

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2022.11.009

*基金项目:深圳市卫生计生委科研项目之学科建设能力提升项目(SZXJ2018064);深圳市三名工程“南京医科大学励建安团队”资助项目(SZSM20151211)

1 山东中医药大学,山东省济南市,250355; 2 深圳市第二人民医院; 3 通讯作者

第一作者简介:曲晟,女,硕士研究生; 收稿日期:2021-10-28

tients with tracheostomy ($P<0.05$), and the changes between different body positions in healthy subjects were more significant compared with stroke patients with tracheostomy. ③There were no significant differences in diaphragmatic excursion and thickness between the subacute and chronic stage ($P>0.05$).

Conclusion: The diaphragmatic function of the stroke patients with tracheostomy is lower than that of healthy subjects, and the more erected position the more effective in stroke patients with tracheostomy, which has clinical application value.

Author's address Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan, Shandong, 250355

Key word ultrasound; stroke patients with tracheostomy; healthy subjects; diaphragmatic excursion; diaphragmatic thickness; electric bed

脑卒中是全球第二大死亡原因,也是主要的致死原因^[1]。急危重症缺血性或出血性脑卒中患者由于意识低下、吞咽功能障碍和延长机械通气时间等,需要进行气管切开术^[2-3]。据报道,脑卒中后约有1.3%—2.8%患者采取气管切开术^[4]。然而,长期气管套管的放置会增加脑卒中患者肺部感染及气管狭窄等发生率,使康复治疗复杂化^[5]。因此,当脑卒中患者放置气管套管的潜在原因得到解决时,应尽早拔除气管套管^[6-7]。在临床上,拔管受多种因素的影响,其中呼吸肌肉功能在此过程中发挥重要作用^[6]。膈肌作为最主要的呼吸肌,贡献约60%—70%的呼吸功^[8],脑卒中患者由于中枢神经系统受损、长期卧床和营养状况低下等原因,易发生膈肌功能障碍,从而增加拔管失败率和呼吸系统并发症发生率,对预后产生严重不良影响^[9]。因此,优化脑卒中气管切开患者膈肌功能是康复过程中的关键任务。

膈肌为骨骼肌,其产生主动张力的能力取决于肌纤维长度^[10]。体位则可以通过改变膈肌长度,影响其张力的产生。既往研究发现,健康人在直立位比仰卧位和坐位产生更大的膈肌收缩率^[11]。然而,脑卒中气管切开患者由于意识低下,难以配合完成主动体位转移。电动起立床作为一种被动倾斜手段,在辅助患者站立的同时,也有效改善重症患者氧和能力和肺通气功能^[12]。但是,目前尚不清楚电动起立床是否会改变脑卒中气管切开患者膈肌移动度和厚度,以及哪种倾斜角度对改善脑卒中气管切开患者膈肌移动度和厚度最有益。因此,本研究采用

超声作为膈肌运动功能的评估手段,旨在探索不同倾斜角度对脑卒中气管切开患者膈肌移动度和厚度的影响,希望为探索脑卒中气管切开患者优化膈肌力量的倾斜角度提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究为横断面、病例对照研究。选取2021年8—10月于深圳市第二人民医院康复科治疗的脑卒中气管切开患者及陪护人员。采用G*Power软件根据重复测量方差分析,效应量设为0.25,功率设为0.85,I类错误设为0.05,计算出每组样本量为31例,增加15%的脱落率,每组为36例,最终总人数为72例。36例脑卒中气管切开患者为试验组,36例健康人为对照组。两组受试者的性别、年龄、身高、体重、身体质量指数(body mass index, BMI)等方面差异均无显著性意义($P>0.05$),具有可比性(表1)。其次,脑卒中气管切开患者,格拉斯哥昏迷量表评分(Glasgow coma scale, GCS)平均值为(6.52±2.42)分,大多处于昏迷状态,并且,88.89%脑卒中气管切开患者的发病类型为出血性脑卒中。

1.2 研究对象

1.2.1 试验组:纳入标准:①符合第四届全国脑血管学术会议修订的脑卒中诊断标准且经CT、MRI确诊为脑卒中者^[13];②年龄在18—78岁者;③右侧单侧肢体偏瘫或双侧肢体偏瘫者;④病程1—12个月,病情稳定,留置气管套管者;⑤BMI<30者。

表1 两组受试者一般资料

组别	例数	BMI ($\bar{x}\pm s$)	GCS ($\bar{x}\pm s$,分)	病程 ($\bar{x}\pm s$,d)	脑卒中中的类型(例)		年龄 ($\bar{x}\pm s$,岁)	性别(例)		身高 ($\bar{x}\pm s$,cm)	体重 ($\bar{x}\pm s$,kg)
					梗死	出血		男	女		
试验组	36	22.29±2.39	6.52±2.42	153.03±100.18	4	32	55.33±10.03	15	17	164.94±7.22	60.97±9.66
对照组	36	23.36±2.23					51.56±5.73	18	18	164.86±7.24	63.69±9.13

排除标准:①正在进行机械通气者;②体位性低血压者;③深静脉血栓形成者;④心绞痛或急性心力衰竭者;⑤合并结核、气胸、和恶性肿瘤者。

1.2.2 对照组:纳入标准:询问病史,身体健康,无明显心脑血管及肺部疾病者。排除标准:①24h内服用支气管扩张药物者;②肋骨骨折等外伤史者。

本研究已获深圳市第二人民医院伦理委员会批准(批号:20210309002-FS01),所有受试者家属在自愿签署知情同意书后纳入本研究。

1.3 试验流程

该研究在安静且适宜温度的试验室中进行。72例受试者被招募到这项研究中。测试前24h内受试者不能食用含咖啡因或酒精的饮料,避免暴饮暴食或过劳累的体育活动,所有测试均在上午8:00—12:00或下午2:00—5:00完成。

首先,所有受试者平卧于电动起立床上休息10min,胸、髌和膝盖等部位用约束带固定,双下肢伸直,双足平放置脚踏板。随后,受试者被电动起立床随机顺序倾斜至0°、30°和60°,并在每个倾斜角度下,用超声测量脑卒中气管切开患者和健康人平静呼吸时的膈肌移动度和平静呼气末的膈肌厚度。测试过程中监测受试者血压、心率和血氧饱和度,以确保安全。如果受试者出现血氧饱和度下降到93%,心率变化超过每分钟30次,或出现呼吸困难、面色苍白等不耐受症状,就需要中断试验。

1.4 观察指标

采用迈瑞M9(深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司)便携式彩色多普勒超声诊断仪,配置凸阵探头及线阵探头,频率分别为3—5MHz和9—11MHz。所有超声测试均由一名超声经验丰富的康复医生完成。因本研究纳入的脑卒中气管切开患者大多数意识不清,不能配合,故仅测量两组受试者平静呼吸时的膈肌移动度和平静呼气末的膈肌厚度。

1.4.1 膈肌移动度:根据既往研究^[8, 14-15],将低频探头放置于受试者右锁骨中线和肋下缘交点位置。先在二维B型超声模式下观察可视化膈膜,以肝脏作为右侧膈肌声窗,屏幕会显示清晰的强回声线即为膈肌。确定好最佳位置后,启动M型超声模式,使取样线垂直于膈肌,探测膈肌的移动轨迹。吸气时膈肌向靠近探头的方向移动,超声轨迹向上;呼气时

膈肌向远离探头方向移动,超声轨迹向下。测量M型超声轨迹从基线到峰值之间的垂直距离,此为膈肌移动度。在受试者平静呼吸状态下进行膈肌移动度测量,并且取超声显示屏上连续3个呼吸周期的膈肌移动度数值,计算平均值作为测量结果。

1.4.2 膈肌厚度:根据Boon AJ等^[16]研究,在B型超声模式下,将高频线性探头置于腋前线和腋中线第八或第九肋间隙之间,使超声束垂直到达膈肌中后1/3处。膈肌表现出3层典型的混合回声结构,低回声的膈肌层(暗)被两层高回声(明亮)结构(胸膜和腹膜)包围,高回声带之间的垂直距离即为膈肌厚度。在受试者平静呼气末冻结3张图像,并取3张图像相同位置,测量膈肌厚度,取平均值进行记录。

1.5 统计学分析

采用SPSS 26.0统计软件进行数据分析。计量数据用均数±标准差。独立样本 t 检验来比较两组受试者基本资料之间是否存在差异。采用重复测量方差分析,将倾斜角度作为组内因子,组别作为组间因子,比较不同倾斜角度下两组受试者膈肌移动度和厚度变化情况,以及比较3种倾斜角度下两组受试者之间膈肌移动度和厚度差异。有显著性差异的指标,进一步用Bonferroni检验进行事后分析。此外,考虑到本研究脑卒中气管切开患者病程跨度大,固将病程分为亚急性期(1—6个月)和慢性期(6—12个月),并用独立样本 t 检验对病程进行分组讨论。 $P<0.05$ 被设定为差异具有显著性意义。

2 结果

2.1 不同倾斜角度对两组受试者膈肌移动度和厚度的影响

两组受试者膈肌移动度和厚度都随主效应倾斜角度的升高而增大,且每两个倾斜角度之间膈肌移动度和厚度均有显著性差异($P<0.01$)。在直立60°体位,两组受试者膈肌移动度都达到了最大值,试验组平均膈肌移动度为 (1.992 ± 0.083) cm,对照组平均膈肌移动度为 (2.498 ± 0.594) cm,试验组平均膈肌厚度为 (0.206 ± 0.035) cm,对照组平均膈肌厚度为 (0.236 ± 0.039) cm(表2—3,图1)。

2.2 3种体位下两组受试者组别进行组间比较

在仰卧位、直立30°和直立60°,对组别进行组

间比较,发现试验组膈肌移动度和厚度均显著低于对照组($P<0.05$),且对照组膈肌移动度和厚度随体位变化的上升趋势比试验组更大。两组受试者膈肌移动度和厚度随体位变化的参考值见表2、表3及图1。

2.3 病程对脑卒中气管切开患者膈肌移动度和厚度的影响

本研究对脑卒中气管切开患者病程进行分组讨论,发现亚急性期和慢性期脑卒中气管切开患者膈

肌移动度和厚度均无显著性差异($P>0.05$),见表4。

3 讨论

脑卒中气管切开患者出现断氧失败、气管套管封管困难、不对称呼吸模式、上腹部反常运动和反复发生肺部感染等现象,都与膈肌功能障碍密切相关^[17]。膈肌功能障碍因其表现多样性和非特异性,临床上经常忽略对其膈肌功能的客观评估。目前,

表2 不同体位对脑卒中气管切开患者和健康人膈肌移动度的影响

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

组别	膈肌移动度			膈肌移动度差值(95%置信区间)		
	仰卧位	直立 30°	直立 60°	直立 30°vs 仰卧位	直立 60°vs 直立 30°	直立 60°vs 直立 0°
试验组	1.331±0.357	1.628±0.290	1.922±0.380	0.298±0.041 ^② (0.197—0.398)	0.294±0.054 ^② (0.161—0.426)	0.591±0.067 ^② (0.428—0.754)
对照组	1.842±0.533	2.187±0.575	2.498±0.594	0.354±0.041 ^② (0.245—0.445)	0.311±0.054 ^② (0.178—0.443)	0.656±0.067 ^② (0.492—0.891)
组间差异	0.511±0.107 ^② (0.298—0.724)	0.302±0.038 ^② (0.345—0.773)	0.623±0.047 ^② (0.341—0.810)			

注:试验组为脑卒中气管切开患者,对照组为健康人;各体位间比较,① $P<0.05$,② $P<0.01$ 。

表3 不同体位对脑卒中气管切开患者和健康人膈肌厚度的影响

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

组别	膈肌厚度			膈肌厚度差值(95%置信区间)		
	仰卧位	直立 30°	直立 60°	直立 30°vs 仰卧位	直立 60°vs 直立 30°	直立 60°vs 直立 0°
试验组	0.153±0.026	0.177±0.025	0.206±0.035	0.022±0.004 ^② (0.013—0.032)	0.027±0.003 ^② (0.019—0.035)	0.049±0.004 ^② (0.039—0.060)
对照组	0.183±0.037	0.206±0.034	0.236±0.039	0.024±0.004 ^② (0.015—0.034)	0.029±0.003 ^② (0.021—0.037)	0.054±0.004 ^② (0.043—0.064)
组间差异	0.31±0.007 ^② (0.017—0.045)	0.032±0.007 ^② (0.019—0.045)	0.034±0.007 ^② (0.019—0.049)			

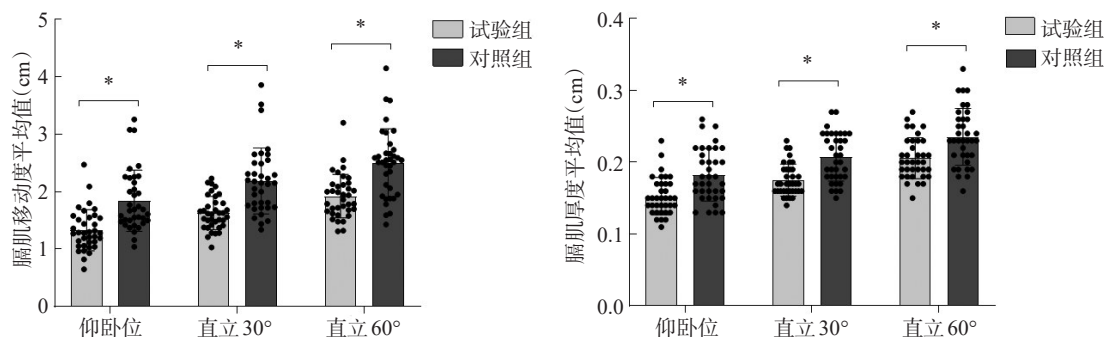
注:试验组为脑卒中气管切开患者,对照组为健康人;各体位间比较,① $P<0.05$,② $P<0.01$ 。

表4 不同病程脑卒中气管切开患者膈肌移动度和厚度

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

病程	例数	膈肌移动度			膈肌厚度		
		仰卧位	直立 30°	直立 60°	仰卧位	直立 30°	直立 60°
亚急性期	24	1.383±0.365	1.639±0.279	1.956±0.391	0.152±0.023	0.175±0.022	0.210±0.026
慢性期	12	1.227±0.330	1.607±0.322	1.854±0.363	0.154±0.032	0.176±0.023	0.197±0.033

图1 不同体位试验组和对照组膈肌移动度和厚度的变化



注:*试验组与对照组比较 $P<0.05$

对于脑卒中气管切开这类重症患者,膈肌功能的评估尚无统一标准,X线透视、CT、MRI和双侧膈肌神经磁刺激等手段虽然存在一定价值,但也有局限性^[18]。超声作为一种快捷成像技术,于1969年首次用于评估膈肌功能^[18]。现如今已经成为重症患者床边膈肌功能评估的常用方法,它既避免了影像学评估带来大量电离辐射、价格昂贵、搬运患者困难的缺点,也避免了金标准“双侧膈肌神经磁刺激”的有创操作,且具有良好的可重复性^[18]。超声测得的膈肌移动度和膈肌厚度均可间接反映膈肌的收缩情况。有研究者发现,用M型超声测量的膈肌移动度与肺功能密切相关,且与X线及MRI测得膈肌移动度有很好的一致性^[19]。B型超声则可以清晰地看到膈肌形态,平静呼气末的膈肌厚度也可早期筛查膈肌是否存在萎缩的情况^[16]。因此,本文选择超声作为不同倾斜角度下脑卒中气管切开患者膈肌移动度和厚度的评估手段。

本研究在国内首次使用超声量化电动起立床协助下不同倾斜角度对脑卒中气管切开患者膈肌移动度和厚度的影响。研究结果提示,越高的倾斜角度越能更好地激发脑卒中气管切开患者的膈肌运动功能,与Brown C等^[11]发现健康人直立体位的膈肌收缩力显著高于坐位和仰卧位的研究结果具有相似性。有研究指出,体位会影响健康人呼吸肌肉的激活,健康人坐位会比仰卧位产生更大的最大吸气压和呼气压^[10,20]。Toccolini BF等^[21]观察重症监护患者在电动起立床上从倾斜角度30°被动倾斜至60°时,最大吸气压增加3.8cmH₂O。虽然上述研究采用不同呼吸肌肉参数作为组内因子,其结果也为本研究提供客观支持。然而,Takazura R等^[22]通过MRI评估发现健康人在仰卧位比坐立位产生更大的膈肌移动度,与本研究结果相反。产生上述结果的差异可能与既往研究者并没有分别比较膈肌吸气末和呼气末的图像有关^[23]。综上所述,电动起立床可以帮助脑卒中后气管切开患者改善膈肌运动功能。此外,电动起立床通过直接刺激膈肌运动功能,促进胸壁运动和改变呼吸模式,从而降低肺部感染的发生风险^[20,24]。

不同倾斜角度对脑卒中气管切开患者和健康人膈肌移动度和厚度的影响,主要机制是重力因素作

用于膈肌和腹部内容物产生的生理反应^[25]。仰卧位时,腹部内容物推动膈肌向上进入胸腔,增加膈肌长度,使横膈膜处于长度-张力关系曲线的更优部分,然而在吸气过程中,膈肌需要更大机械负荷来抵抗腹部内容物向下收缩^[26]。尽管膈肌处于长度-张力曲线更有利的位置,但它通过长度增加的力显然不能补偿这种机械负载,导致仰卧位膈肌机械性能降低^[10]。当从仰卧位转换到站立位时,重力推动膈肌和腹部内容物向下,且在胸腔中创造更多空间,允许肺组织进一步扩张和产生更大的肺容量,随着肺基底受压的减少,肺泡重新聚集,肺顺应性增加,从而允许膈肌继续向下收缩,移动度和厚度增加,从而也扩大肺容积^[27]。上述机制解释了脑卒中气管切开患者和健康人膈肌移动度和厚度随倾斜角度升高而增大的原因,也提示治疗师要注重脑卒中气管切开患者体位管理,减少卧床时间。

值得注意的是,本研究发现脑卒中气管切开患者膈肌从仰卧位到直立60°体位,移动度增加了约0.591cm。根据既往文献可知,平静呼吸时,膈肌移动每下降1cm,贡献约350ml的肺泡容积^[28]。因此可以推测,脑卒中气管切开患者从仰卧位被动倾斜到直立60°体位时,肺功能约提高206.85ml。在临床上,大多数脑卒中气管切开患者由于气管套管的放置、意识不清及不同程度面瘫等原因,难以评估其肺功能,本研究通过超声测得膈肌移动度,侧面量化脑卒中气管切开患者在电动起立床对其肺功能的影响,尤其为肺康复提供了积极的理论依据。

本研究同时分析脑卒中气管切开患者和健康人之间膈肌移动度和厚度的差异,发现脑卒中气管切开患者膈肌移动度和厚度都较健康人有不同程度的下降,与既往国外研究报告结果相似^[29]。Khedr EM等^[30]研究发现,41%脑卒中患者膈肌移位减少,70.5%患者出现患侧膈肌磁刺激诱发电位异常。然而,其他报道^[31]却指出慢性脑卒中患者与健康人之间呼气末的膈肌厚度无显著性差异,且健康人及脑卒中患者患侧膈肌平静呼气末的厚度均为0.21cm。上述结果可能与我们的结果不一致,可能与试验时所采取的膈肌测量位置、受试者病程以及种族等不同有关。脑卒中气管切开患者膈肌移动度和厚度降低包括以下3种原因:①原发性因素:脑卒

中尤其是脑干损伤的患者,原发灶可能直接损伤呼吸中枢,使支配膈肌的神经传导通路受损,造成偏瘫侧膈肌功能障碍^[32];②继发性因素:脑卒中患者由于长期卧床,存在姿势异常、肌张力异常以及胸廓萎缩畸形,也限制了膈肌参与呼吸运动^[33];③医源性因素:气管套管的放置减少了气道半径,气管套管腔内粘附残留的分泌物,加重气道管腔狭窄,从而增加呼吸气流阻力^[34]和呼吸肌的工作负荷^[35],可能对膈肌机械性能造成不利影响,诱发膈肌疲劳。因此,早期评估及保护脑卒中气管切开患者的膈肌运动功能尤为重要。

另外,本研究结果提示亚急性期和慢性期脑卒中气管切开患者膈肌移动度和厚度没有显著性差异。目前尚缺乏对脑卒中患者膈肌移动度和厚度不同病程分期的对比研究,多数报道观察早期机械通气对患者膈肌移动度和厚度的影响。Schepens T等^[36]发现机械通气会诱发患者膈肌厚度降低,尤其发生在机械通气的前72h,撤机后则不会发生显著改变。重症脑卒中气管切开患者由于神经系统严重受损,在发病急性期,医护人员常采用机械通气对其进行抢救和治疗^[37]。因此,本研究推测,脑卒中气管切开患者膈肌功能变化可能多发生在急性期,尤其是机械通气期间。亚急性期和慢性期脑卒中气管切开患者,在康复治疗过程中,病情和肺功能不断康复,可能导致亚急性期和慢性期之间脑卒中气管切开患者膈肌移动度以及厚度无显著性差异。

本研究不足之处:①本研究仅纳入1—12个月亚急性期及慢性期的脑卒中气管切开患者,研究结果并不适用于1个月内急性期的脑卒中气管切开患者。②本研究只纳入了右侧肢体功能障碍的脑卒中气管切开患者作为受试者,存在一定的局限性。右侧膈肌测量以肝脏作为声窗,肝脏为实质性脏器,超声下更易测得,而左侧膈肌测量以脾脏作为声窗,脾脏较小,超声下难以测得左侧膈肌。③本研究选择脑卒中气管切开患者在电动起立床上最大倾斜角度为60°。一方面,完成3个体位下膈肌移动度的测量大约需要30min,考虑到脑卒中气管切开患者的耐受性情况,不再对脑卒中患者进行更高体位的测量。另一方面,根据Czell D等^[38]的报道,60°倾斜角度有血流动力学的平台,倾斜角度大于60°更易发

生晕厥。

4 结论

本研究通过超声观察不同倾斜角度下脑卒中气管切开患者的膈肌移动度和厚度变化特征,结果提示电动起立床上越高的倾斜角度越能更好地激发膈肌的运动功能。其次,本研究发现脑卒中气管切开患者膈肌移动度和厚度较健康人有明显下降。因此,在对脑卒中气管切开患者进行规范化的气道管理同时,也要密切关注其膈肌功能的康复。电动起立床可以作为一种简单、安全且被动的手段,有效改善脑卒中气管切开患者的膈肌移动度和厚度,在临床上具有重要的应用价值。此外,脑卒中气管切开患者膈肌移动度和厚度可能受病程、疾病严重程度等因素的影响,今后仍需要纳入大样本量的急性期脑卒中气管切开患者,进一步对比观察不同分期的患者不同体位膈肌移动度及厚度的变化异同。

参考文献

- [1] Lozano R, Naghavi M, Foreman K, et al. Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the global burden of disease study 2010[J]. Lancet, 2012, 380(9859):2095—2128.
- [2] Bösel J. Use and timing of tracheostomy after severe stroke[J]. Stroke, 2017, 48(9):2638—2643.
- [3] 杨红专,高淑霞,浦一峰.脑损害气管切开患者康复治疗后拔管成败因素分析[J].中国康复医学杂志,2013,28(10):950—951.
- [4] Seo HG, Kim JG, Nam HS, et al. Swallowing function and kinematics in stroke patients with tracheostomies[J]. Dysphagia, 2017, 32(3):393—400.
- [5] Perin C, Meroni R, Rega V, et al. Parameters influencing tracheostomy decannulation in patients undergoing rehabilitation after severe acquired brain injury (sABI)[J]. Int Arch Otorhinolaryngol, 2017, 21(4):382—389.
- [6] 王志威,黄怀.体外膈肌起搏器联合呼吸反馈用于脑卒中后气管切开患者肺康复的疗效观察[J].中华生物医学工程杂志, 2016, 22(6):511—514.
- [7] Divani AA, Hevesi M, Pulivarthi S, et al. Predictors of nosocomial pneumonia in intracerebral hemorrhage patients: a multi-center observational study[J]. Neurocrit Care, 2015, 22(2):234—242.
- [8] 朱永刚,朱秀华,王银龙,等.体外膈肌起搏器联合呼吸训练对脑卒中合并慢性阻塞性肺疾病患者肺功能的影响[J].中国康复医学杂志, 2020, 35(11):1346—1350.

- [9] Catalá-Ripoll JV, Monsalve-Naharro J, Hernández-Fernández F. Incidence and predictive factors of diaphragmatic dysfunction in acute stroke[J]. BMC Neurol, 2020, 20(1):79.
- [10] Segizbaeva MO, Pogodin MA, Aleksandrova NP. Effects of body positions on respiratory muscle activation during maximal inspiratory maneuvers[J]. Adv Exp Med Biol, 2013 (756):355—363.
- [11] Brown C, Tseng SC, Mitchell K, et al. Body position affects ultrasonographic measurement of diaphragm contractility[J]. Cardiopulm Phys Ther J, 2018, 29(4):166—172.
- [12] Chang AT, Boots RJ, Hodges PW, et al. Standing with the assistance of a tilt table improves minute ventilation in chronic critically ill patients[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2004, 85(12):1972—1976.
- [13] 中华神经科学会, 中华神经外科学会. 各类脑血管疾病诊断要点[J]. 中华神经科杂志, 1996, 29(6):379—380.
- [14] Vetrugno L, Guadagnin GM, Barbariol F, et al. Ultrasound imaging for diaphragm dysfunction: a narrative literature review[J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2019, 33(9):2525—2536.
- [15] 南淑良, 穆靓, 刘莉, 等. 解剖M型超声在膈肌运动评价中的可行性[J]. 临床超声医学杂志, 2021, 23(3):187—190.
- [16] Boon AJ, Harper CJ, Ghahfarokhi LS, et al. Two-dimensional ultrasound imaging of the diaphragm: quantitative values in normal subjects[J]. Muscle Nerve, 2013, 47(6):884—889.
- [17] Sarwal A, Walker FO, Cartwright MS. Neuromuscular ultrasound for evaluation of the diaphragm[J]. Muscle Nerve, 2013, 47(3):319—329.
- [18] 杨名珍, 李放. 膈肌功能研究进展[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2019, 41(8):623—626.
- [19] Umbrello M, Formenti P, Longhi D, et al. Diaphragm ultrasound as indicator of respiratory effort in critically ill patients undergoing assisted mechanical ventilation: a pilot clinical study[J]. Crit Care, 2015, 19(1):161.
- [20] 陈珊珊, 刘自双, 刘芳芳, 等. 电动起立床辅助疗法对老年脑卒中卧床患者器官功能的影响[J]. 老年医学与保健, 2020, 26(1):106—109.
- [21] Toccolini BF, Osaku EF, de Macedo Costa CR, et al. Passive orthostatism (tilt table) in critical patients: clinicophysiological evaluation[J]. J Crit Care, 2015, 30(3):655.e1—e6.
- [22] Takazakura R, Takahashi M, Nitta N, et al. Diaphragmatic motion in the sitting and supine positions: healthy subject study using a vertically open magnetic resonance system[J]. J Magn Reson Imaging, 2004, 19(5):605—609.
- [23] Safavi S, Arthofer C, Cooper A, et al. Assessing the impact of posture on diaphragm morphology and function using an open upright MRI system: a pilot study[J]. Eur J Radiol, 2020(130):109196.
- [24] Sonpeayung R, Tantisuwat A, Klinphon T, et al. Which body position is the best for chest wall motion in healthy adults? a meta-analysis[J]. Respir Care, 2018, 63(11):1439—1451.
- [25] Malbrain ML, De Laet I, De Waele JJ, et al. The role of abdominal compliance, the neglected parameter in critically ill patients- a consensus review of 16. part 2: measurement techniques and management recommendations[J]. Anaesthesiol Intensive Ther, 2014, 46(5):406—432.
- [26] Costa R, Almeida N, Ribeiro F. Body position influences the maximum inspiratory and expiratory mouth pressures of young healthy subjects[J]. Physiotherapy, 2015, 101(2):239—241.
- [27] Katz S, Arish N, Rokach A, et al. The effect of body position on pulmonary function: a systematic review[J]. BMC Pulm Med, 2018, 18(1):159.
- [28] 唐文庆, 张瑞妮, 殷稚飞. 体外膈肌起搏在膈肌功能障碍中的应用[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2018, 40(11):871—874.
- [29] Park GY, Kim SR, Kim YW, et al. Decreased diaphragm excursion in stroke patients with dysphagia as assessed by m-mode sonography[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2015, 96(1):114—121.
- [30] Khedr EM, El Shinawy O, Khedr T, et al. Assessment of corticodiaphragmatic pathway and pulmonary function in acute ischemic stroke patients[J]. Eur J Neurol, 2000, 7(3):323—330.
- [31] Kim M, Lee K, Cho J, et al. Diaphragm thickness and inspiratory muscle functions in chronic stroke patients[J]. Med Sci Monit, 2017(23):1247—1253.
- [32] 朱秀华, 朱永刚, 王银龙, 等. 体外膈肌起搏器联合呼吸训练对脑卒中气管切开患者肺功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2021, 36(8):973—977.
- [33] 付娟娟, 冯慧, 潘化平. 脑卒中患者膈肌功能评估与康复干预临床研究[J]. 康复学报, 2019, 29(2):32—36.
- [34] Santus P, Gramegna A, Radovanovic D, et al. A systematic review on tracheostomy decannulation: a proposal of a quantitative semiquantitative clinical score[J]. BMC Pulm Med, 2014(14):201.
- [35] Criner G, Make B, Celli B. Respiratory muscle dysfunction secondary to chronic tracheostomy tube placement[J]. Chest, 1987, 91(1):139—141.
- [36] Schepens T, Verbrugghe W, Dams K, et al. The course of diaphragm atrophy in ventilated patients assessed with ultrasound: a longitudinal cohort study[J]. Crit Care, 2015(19):422.
- [37] 曲斯伟, 杨晓龙, 孙丽, 等. 早期康复训练对机械通气重症脑卒中患者的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2020, 35(11):1302—1308.
- [38] Czell D, Schreier R, Rupp R, et al. Influence of passive leg movements on blood circulation on the tilt table in healthy adults[J]. J Neuroeng Rehabil, 2004, 1(1):4.