

脑卒中患者呼吸肌功能障碍及康复治疗研究进展

陈金慧¹, 于子夫², 高世爱¹, 冷晓轩¹, 曹新燕¹, 刘西花³

摘要 呼吸肌功能障碍是脑卒中的常见并发症,会导致患者呼吸肌力量下降、萎缩,增加肺部感染发生率,增加患者非血管性死亡的风险。本文就脑卒中呼吸肌功能障碍的机制、主要评估方法及康复手段进行综述,以期对脑卒中呼吸肌功能障碍临床康复及研究提供参考。分析表明,脑卒中可因中枢神经系统原发病变、神经肌肉继发损伤及医源性损伤导致呼吸肌功能障碍发生;临床常用的评估手段有超声、咳嗽峰值流速、肺通气功能指标测定、呼吸力学指标测定、电生理检查等,声学分析可作为未来可视化评估与指导呼吸康复的手段之一;临床常用康复手段有体外膈肌起搏器、神经肌肉电刺激、本体感觉神经肌肉促进疗法、气道管理、呼吸肌训练等,电动起立床可作为重症患者预防感染及改善呼吸肌功能的手段之一。

关键词 脑卒中;呼吸肌功能障碍;康复;声学分析;体外膈肌起搏;呼吸肌训练

中图分类号 R741;R741.05;R743;R493 文献标识码 A DOI 10.16780/j.cnki.sjssgncj.20240292

Research Progress in Respiratory Muscle Dysfunction and Rehabilitation Treatment in Stroke

Patients CHEN Jinhui¹, YU Zifu², GAO Shiai¹, LENG Xiaoxuan¹, CAO Xinyan¹, LIU Xihua³. 1. Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250355, China; 2. Rehabilitation Medicine Department of Shandong Provincial Third Hospital, Jinan 250031, China; 3. Department of Rehabilitation, Affiliated Hospital of Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250014, China

Abstract Respiratory muscle dysfunction is a common complication of stroke, which can lead to decreased strength and atrophy of the respiratory muscles, increased incidence of pulmonary infection, and increased risk of non-vascular death in patients. This paper reviews the mechanisms, main assessment methods, and rehabilitation approaches for respiratory muscle dysfunction in stroke patients, in order to provide references for clinical rehabilitation and research on respiratory muscle dysfunction in stroke patients. The analysis shows that stroke can cause respiratory muscle dysfunction due to primary lesions in the central nervous system, secondary neuromuscular injury, and iatrogenic injury; commonly used clinical assessment methods include ultrasound, peak cough flow, pulmonary ventilation function tests, respiratory mechanics indexes measurement, electrophysiological examination, etc. Acoustic analysis can be used as one of the future visualization assessment and guidance for respiratory rehabilitation. Commonly used clinical rehabilitation approaches include external diaphragm pacing, neuromuscular electrical stimulation, proprioceptive neuromuscular facilitation, airway management, respiratory muscle training, etc. The electric standing bed can be used as one of the means to prevent infection and improve respiratory muscle function in critically ill patients.

Keywords stroke; respiratory muscle dysfunction; rehabilitation; acoustic analysis; external diaphragm pacing; respiratory muscle training

脑卒中在我国患病率整体呈上升趋势,其致残率居于所有疾病的首位^[1]。呼吸肌功能障碍是脑卒中常见的并发症之一,会导致患者呼吸肌力量下降、萎缩,增加肺部感染发生率,增加患者非血管性死亡的风险^[2]。脑卒中呼吸肌功能康复具有重要的临床意义。本文就脑卒中患者呼吸肌功能障碍机制、主要评估方法、康复治疗新进展进行综述,为临床开展脑卒中患者呼吸肌康复提供参考及新思路。

1 脑卒中呼吸肌功能障碍机制

正常呼吸功能依赖于多系统协调工作,脑卒中呼吸肌功能障碍的原因可大致分为原发性损伤、继发性损伤、医源性损伤。

1.1 原发性损伤

正常呼吸功能维持依赖于中枢神经系统的完

整性。脑卒中后由于中枢神经系统原发病变直接损害相应呼吸中枢,在病灶附近形成继发性神经纤维顺行性及逆行性损害,破坏神经纤维运动传导通路,导致患者出现呼吸驱动力降低、驱动储备下降及呼吸功能障碍等,使患者在感染等情况下更容易发生呼吸衰竭,危及患者的生命^[3]。此外,延髓、脑桥部位的脑卒中会导致呼吸功能自主控制失调、膈肌麻痹等问题,进而影响呼吸功能^[4]。

1.2 继发性损伤

正常呼吸功能需要膈肌与腹肌的协调工作。膈肌是最重要的吸气肌,在呼吸过程中约做60%~80%的功。但膈肌较易发生失用性肌萎缩,萎缩速度是其他骨骼肌的8倍^[5]。研究表明^[6,7]脑卒中后患者患侧膈肌运动与膈膜厚度明显低于健侧及健康人,而且脑卒中患者无论为左侧或右侧偏瘫,左侧

作者单位

1. 山东中医药大学
康复医学院
济南 250355

2. 山东省立第三医
院康复医学部
济南 250031

3. 山东中医药大学
附属医院康复科
济南 250014

基金项目

山东省中医药科技
项目(循经点穴对
脑卒中后痉挛状态
的临床疗效及机制
研究, No. M-20231
42);山东省医务职
工科技创新计划项
目(针刺同步康复
对脑卒中后肢体功
能障碍的临床疗效
研究, No. SDYWZ
GKCJH2022024)

稿件投审时间

投稿时间

2024-04-16

修回时间

2024-07-10

录用时间

2025-01-27

通讯作者

刘西花

xihualiu0629@163.
com

膈肌活动度在深呼吸时均出现显著降低。腹肌为用力呼气肌,收缩可帮助呼出胸腔内的空气,脑卒中会导致膈肌与腹部肌群等组织出现肌张力异常和僵硬增加等继发生物力学组织特性的改变,损害患者呼吸功能^[8]。

1.3 医源性损伤

机械性通气常用于脑卒中的急性呼吸衰竭,但长时间机械通气会导致呼吸肌萎缩及损伤^[9]。研究报道^[10],应用机械通气的脑卒中患者吸气肌损伤为89.0%,呼气肌损伤为82.6%。此外,当脑卒中患者应用机械通气时,由于呼吸机提供了全部的通气支持,导致患者呼吸肌活动量大幅减少,呼吸肌长期的失用与废用进一步加重患者呼吸功能障碍^[11]。

2 脑卒中呼吸肌功能评定方法

脑卒中呼吸肌功能评估是建立在常规临床体格检查的基础上,对患者的呼吸肌肌力、咳嗽功能、肺通气等功能进行评估。

2.1 膈肌功能评估

2.1.1 膈肌超声 超声可实时观测膈肌的运动与功能状态,主要监测指标有膈肌厚度(diaphragm thickness, DT)、膈肌增厚分数(diaphragm thickening fraction, DTF)、膈肌移动度(diaphragmatic excursion, DE)等。DT指呼吸过程中某一时刻膈肌的厚度数值,反映膈肌萎缩情况,安静状态下正常人DT约2.4 mm,如果DT<2.0 mm提示膈肌变薄,可能存在膈肌萎缩^[12]。DTF指吸气过程中的膈肌厚度变化百分比值,反映膈肌收缩能力,正常范围为25%~40%^[13]。DE是吸气过程中膈肌向肝区移动的垂直距离,反映机体吸气时潮气量变化情况,正常下限值约为男性1.3 mm,女性1.1 mm^[14]。

2.1.2 跨膈压(transdiaphragmatic pressure, Pdi) Pdi=腹内压—胸内压,一般通过刺激颈部膈神经诱发膈肌收缩,使用胃-食管导管测定,是反映膈肌功能的可靠指标。但是为有创操作,限制了其在临床上的应用。

2.2 腹肌功能评估

2.2.1 咳嗽峰值流速(peak cough flow, PCF) PCF是目前临床常用的评估咳嗽能力的指标,通过口唇包裹吹管测定在咳嗽期间产生的最大呼气速度反映患者气道通畅度和咳嗽能力,PCF<160 L/min反映咳嗽与气道廓清无效^[15]。咳嗽是预防误吸与脑卒中相关性肺炎的重要保护机制,与腹肌肌力密切相关,可分为自发性咳嗽与反射性咳嗽,二者在脑卒中后均有可能损伤。研究发现,脑卒中患者自发性咳嗽损伤后PCF下降约30%~50%^[16]。Ward等^[17]研究发现脑卒中患者自发PCF下降约1/3,且自发PCF下降的患者更易发生误吸与脑卒中相关性肺炎。同样,在Kulnik等^[18]研究支持了咳嗽对于防止吸入性肺炎的保护作用,且自发性咳嗽较反射性咳嗽而言与肺炎相关性更高,在自发性咳嗽时,PCF每增加1 L/min,肺炎发生率下降0.6%,因此,推测自发性咳嗽的PCF可作为预测脑卒中相关性肺炎的一项指标,较高的PCF提示肺炎发生率较低。

2.2.2 咳嗽声学分析 声学分析是通过接触式麦克风采集咳嗽时必然伴有的咳嗽音,使用RavenPro 1.5与R软件提取和分析咳

嗽声学参数在康复前后的变化情况,可作为除PCF以外量化患者咳嗽能力的评估工具。吕倩倩等^[19]对11例健康青年人仰卧位咳嗽声学进行分析,发现咳嗽的声学参数与PCF呈良好正相关性。此外,声学分析可量化比较健康人的有效咳嗽和低效清嗓的差异,可作为评估咳嗽训练是否有效及指导训练的工具;左亚南等^[20]用咳嗽声学分析评估脑卒中患者呼吸肌训练前后的咳嗽变化,结果显示训练后的声学参数均显著高于训练前。声学分析可作为呼吸康复的可视化评估手段,弥补PCF对咳嗽模式评估的不足,未来研究应注重挖掘更多声学参数及优化实时监测患者训练前后声学参数变化以探讨影响训练因素。

2.3 肺通气功能指标

采用便携式肺功能仪测定,指标包括:①肺通气能力测定:最大自主分钟通气量(maximal voluntary ventilation, MVV)、用力肺活量(forced vital capacity, FVC);②咳嗽能力测定:呼气流量峰值(peak expiratory flow, PEF)、咳嗽峰值流速(peak cough flow, PCF),PCF<160 L/min反映咳嗽与气道廓清无效^[21];③通气时气道有无阻塞及气道阻塞程度测定:1秒最大呼气量(forced expiratory volume in one second, FEV1)、1秒率(FEV1/FVC);④小气道气流阻塞测定:最大呼气中期流速(maximal mid-expiratory flow, MMEF),预测值百分比<60%反映小气道气流阻塞。

肺通气原动力来自于呼吸肌舒缩引起的呼吸运动,肺通气功能的优劣可间接反映患者的呼吸肌功能^[22],具有简单易行的优点,但测定过程中要求患者积极配合,因此不适用于有认知功能障碍或病情危重的患者。

2.4 呼吸力学指标

最大吸气压(maximal inspiratory pressure, MIP)/最大呼气压(maximal expiratory pressure, MEP):是指患者吸气或呼气时抵抗最大阻力产生的最大自主收缩,常采用便携式肺功能测定仪测定,可以反映患者呼吸肌随意运动功能及评价呼吸康复的效果。健康成年人MIP平均值为100 cmH₂O, MEP平均值约120 cmH₂O,脑卒中患者MIP平均值约为17~57 cmH₂O, MEP平均值约为25~68 cmH₂O^[22]。

2.5 电生理

膈肌运动诱发电位(motor evoked potential, MEP):采用经颅磁刺激诱发膈肌MEP,记录MEP的兴奋性阈值,皮质、颈潜伏期,健侧与患侧的中枢传导时间及其波幅的分布特征,进行两侧及治疗前后对比,可反映脑卒中患者膈肌功能及康复效果^[23]。

膈肌肌电图(diaphragm eletromyography, EMGdi)是通过电刺激或刺激膈神经诱发复合肌肉动作电位,分析其潜伏期、幅值、峰值等反映患者膈肌功能,电极按部位可分为:体表,经皮及食管电极^[24]。

3 呼吸肌功能障碍康复技术

脑卒中呼吸肌功能障碍康复的主要目的是提高患者呼吸肌肌力与耐力,改善咳嗽功能,增强气道清除功能,降低肺部感染与肺炎发生率,改善心肺系统供应能力进而提高患者全身运

动能力。

3.1 体外膈肌起搏器(external diaphragm pacing, EDP)

EDP是指采用功能性电刺激膈神经使膈肌收缩,膈肌运动单位重新募集,各类型肌纤维功能增强,同时维持肌纤维的正常比例,帮助改善膈肌的血液供应,从而提高膈肌的肌力与耐力,缓解膈肌疲劳情况^[25]。多种研究表明^[26,27],EDP可增强患者膈肌移动度,改善肺通气功能,还可帮助缩短脑卒中气管切开患者的拔管时间,降低其肺部感染发生率。Davenport等^[28]研究发现,使用EDP刺激膈神经时可在对侧脑回皮质相应区域监测到诱发电位,表明EDP还可对呼吸中枢产生负反馈,兴奋皮质呼吸调控以改善呼吸功能。

此外,膈肌容易疲劳,因此选择合适的刺激频率十分重要。目前临床上常采用单纯生理频率(40 HZ),但有研究显示^[29],经(2.5+40)HZ慢性超低频复合生理频率电刺激治疗后,较40 HZ频率而言,肺气肿兔的膈肌抗疲劳能力更强,可能是由于2.5 HZ使膈肌ⅡB型纤维向ⅡA型纤维转化,ⅡA型纤维比例增加,使膈肌保持较快收缩速度的同时增加肌纤维线粒体密度,膈肌有氧氧化能力增强,膈肌抗疲劳能力增强。推测(2.5+40)HZ慢性超低频复合生理频率可能是治疗患者膈肌功能障碍的更佳频率,但目前临床缺乏DEP不同电刺激频率对于脑卒中膈肌功能影响的相关研究,可作为未来研究的方向以将EDP更好地应用于临床。

3.2 呼吸神经肌肉电刺激(neuromuscular electrical stimulation, NMES)

NMES是通过在呼吸过程中分别刺激患者膈肌、腹直肌、腹外斜肌形成更符合人体的正常生理呼吸模式^[30],避免了单纯膈神经刺激而引起的膈肌疲劳。且NMES对患者能量代谢要求低,适合病情较重和不能耐受高强度训练的患者。李成等^[31]研究发现NMES可有效改善肺移植患者肺通气功能、增加氧合指数、改善患者呼吸困难症状。此外,乔魏等^[26]通过对脑卒中患者使用EDP联合腹肌电刺激,发现对腹肌与膈肌同步刺激可产生协调效应,较单一的膈肌刺激更能明显改善患者的肺通气与呼吸肌功能。从目前脑卒中呼吸肌功能障碍研究现状来看,腹肌较膈肌而言相关研究较少,重视程度不够,然而腹肌在人体用力呼气及咳嗽功能过程中发挥重要作用^[31],NMES则同样强调了膈肌与腹肌的重要性,更符合全面康复的理念。

3.3 本体感觉神经肌肉促进疗法(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)

PNF是通过在吸气时刺激患者膈肌,使肋间外肌带动胸骨与肋骨运动,增加胸廓容积,提高肺泡通气量,改善肺通气功能,呼气时刺激患者腹肌,使膈肌收缩增加胸廓上下径,提高小气道压力从而避免气道塌陷。研究表明^[32,33]脑卒中患者经过PNF干预后,较对照组而言,患者疲劳严重度量表值较前下降,FVC、FEV1、FEV1/FVC、MIP和MEP改善更为明显。PNF通过降低辅助呼吸肌的使用,促进正常呼吸模式建立以助于呼吸功能恢复^[34]。另外,国外研究使用膈肌表面肌电图证实了PNF可强化脑卒中患者吸气肌^[35]。值得注意的是PNF改善呼吸功能疗效受

到姿势的影响,仰卧位相较于侧卧位疗效更为明确^[36]。未来需要更大样本,多中心的研究以明确PNF对脑卒中患者呼吸功能的治疗效果及建立规范治疗方案。

3.4 电动起立床

电动起立床有助于重症或气管切开患者调整不同倾斜角度直至直立位,使痰液排至大气道,降低肺部感染发生率。直立位较坐卧位而言,患者呼吸时膈肌因重力推动下降更多,胸腔容积增大,肺组织进一步扩张,肺容量增大,肺顺应性增加,膈肌得以进一步向下收缩,增加其移动度和厚度,从而改善肺通气功能。曲晟等^[37]研究证实增加电动起立床倾斜角度,脑卒中气管切开患者的膈肌运动功能随之增强,在直立60°下,患者膈肌移动度与厚度达到最大,较0°而言,60°时膈肌移动度增加约0.591 cm,而膈肌移动度每下降1 cm,肺泡容积增加约350 mL。据此,直立0°较仰卧位,患者肺功能约增加206.85 mL。与此一致,Brown C等^[38]研究表明,较坐位和卧位而言,健康人直立位下膈肌运动功能更强,不同的是,Takazura等^[39]发现仰卧位下健康人膈肌移动度更大,可能是由于该研究未分别对比膈肌吸气末和呼气末的图像导致。电动起立床具有安全、被动的优势,可作为重症及认知功能障碍脑卒中患者的呼吸康复手段之一。

3.5 气道管理

卒中患者常伴有粘液流变学改变及咳嗽能力减弱,其气道管理主要包括非人工气道及人工气道管理。非人工气道患者主要注重吸痰操作细节,其中口腔吸痰为首选方式,可采用雾化吸入湿化气道,帮助痰液排出;对于人工气道患者,气道湿化、气道分泌物吸引、气囊管理则是其重点。气道湿化可降低痰液粘稠度,提高吸引效率,减轻对气道黏膜的损害,降低患者肺部感染率。气道吸引是一项复杂的操作技术,研究报道“螺旋式”吸痰法吸痰效率优于传统吸痰法,可有效避免多次吸痰造成的气道黏膜损害及呼吸感染^[40]。此外,吸痰应遵循严格的指征,Maggiore等^[41]遵循美国呼吸治疗协会指南给出的吸痰指征,采用后患者并发症发生率由59.5%降至42.6%^[42]。定时吸引气囊滞留物,避免感染及维持适宜气囊压,避免过高过低导致的气道黏膜供血不足及误吸,可降低卒中患者呼吸道感染风险。

3.6 呼吸肌训练(respiratory muscle training, RMT)

RMT是通过增加吸气和呼气阻力,以达到增强患者呼吸肌力与耐力,改善呼吸功能的目的。研究显示^[21]通过RMT训练后,脑卒中患者平均MIP增加了7 cmH₂O,大约增加了16%,MEP增加了13 cmH₂O,大约增加了22%。此外,吸气肌+呼气肌的联合训练模式可优化膈肌在长度-张力曲线时的最佳点以改善吸气功能^[43]。提示可通过改善腹肌功能获得更佳的呼吸功能改善效果;脑卒中相关性肺炎是患者最常见的呼吸系统并发症,在重症中发病率为67.6%,咳嗽缺失是其发生的独立危险因素^[44]。通过RMT增强呼吸肌的肌力,可改善患者咳嗽功能,降低肺炎与肺部感染发生率。Messaggi-Sartor等^[10]研究发现RMT组患者肺部感染发生率与呼吸系统并发症的风险低于对照组。Choi等^[45]研究显示,经过RMT后的脑卒中患者1年后肺部感染率为对照组的1/3。因此,RMT可作为改善咳嗽,降低脑

卒中肺部感染率的康复方法之一。

4 小结与展望

如何最大限度恢复脑卒中患者功能障碍,降低致残率,促使其早日回归社会是开展早期康复训练的目标所在。现有证据表明早期积极开展呼吸康复对于提高患者运动能力,改善疾病的转归等有积极影响,但如何联合运动康复等提高整体康复效果、如何规范RMT的周期、频率等在未来仍需开展更精细化、更大样本量的研究。此外,目前对于脑卒中呼吸功能障碍研究中更多关注膈肌,而对腹肌的高质量研究相对较少,但腹肌对于脑卒中患者的咳嗽,平衡及肢体运动功能的恢复发挥重要作用,未来腹肌康复在呼吸康复中有待于更深入的研究。总之,早期开展呼吸肌康复治疗对脑卒中患者的功能恢复具有积极影响,但因患者功能障碍表现的多样性,建议通过精准评估后制定针对性的最佳康复方案以获得更高的康复效益。

【利益冲突】 所有作者声明无利益冲突。

【作者贡献】 陈金慧负责文章设计与论文撰写;高世爱、冷晓轩、曹新燕负责资料搜集;于子夫与刘西花负责审核。

参考文献

- [1] 《中国脑卒中防治报告2021》编写组,王陇德.《中国脑卒中防治报告2021》概要[J]. 中国脑血管病杂志, 2023, 20(11): 783-793.
- [2] Ramalho SHR, Shah AM. Lung function and cardiovascular disease: A link[J]. Trends Cardiovasc Med, 2021, 31(2): 93-98.
- [3] 朱晓冬, 马辉, 程焱. 脑梗死患者呼吸中枢驱动和呼吸功能的变化[J]. 中华神经科杂志, 2008, 41(11): 738-741.
- [4] Gao J, Zhou C, Zhang H. Mechanical ventilation in patients with acute ischemic stroke: from pathophysiology to clinical practice[J]. Crit Care, 2020, 24: 139-141.
- [5] De Troyer A, Boriek AM. Mechanics of the respiratory muscles[J]. Compr Physiol, 2011, 1(3): 1273-1300.
- [6] Jung KJ, Park JY, Hwang DW, et al. Ultrasonographic diaphragmatic motion analysis and its correlation with pulmonary function in hemiplegic stroke patients[J]. Ann Rehabil Med, 2014, 38(1): 29-37.
- [7] 尹爱梅, 陆晓. 脑卒中患者膈肌功能及肺功能变化的临床研究[J]. 中国康复医学杂志, 2023, 38(10): 1366-1371.
- [8] Wang JS, Cho KH, Park SJ. The immediate effect of diaphragm taping with breathing exercise on muscle tone and stiffness of respiratory muscles and SpO₂ in stroke patient[J]. J Phys Ther Sci, 2017, 29(6): 970-973.
- [9] 姜辉, 李娟, 罗俊华. 机械通气中自主呼吸对膈肌和肺的影响及其对策[J]. 联勤军事医学, 2023, 37(12): 1071-1075.
- [10] Messaggi-Sartor M, Guillen-Solà A, Depolo M, et al. Inspiratory and expiratory muscle training in subacute stroke: A randomized clinical trial [J]. Neurology, 2015, 85(7): 564-572.
- [11] Costa DK, White MR, Ginier E, et al. Identifying Barriers to Delivering the Awakening and Breathing Coordination, Delirium, and Early Exercise/Mobility Bundle to Minimize Adverse Outcomes for Mechanically Ventilated Patients: A Systematic Review[J]. Chest, 2017, 152(2): 304-311.
- [12] 唐智生. 膈肌功能障碍的超声检测进展[J]. 中国实用医药, 2023, 18(10): 177-180.
- [13] 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.
- [14] Boussuges A, Rives S, Finance J, et al. Ultrasound Assessment of Diaphragm Thickness and Thickening: Reference Values and Limits of Normality When in a Seated Position[J]. Front Med (Lausanne), 2021, 8: 742703.
- [15] Brennan M, McDonnell MJ, Duignan N, et al. The use of cough peak flow in the assessment of respiratory function in clinical practice- A narrative literature review[J]. Respir Med, 2022, 193: 106740
- [16] Min SW, Oh SH, Kim GC, et al. Clinical Importance of Peak Cough Flow in Dysphagia Evaluation of Patients Diagnosed With Ischemic Stroke [J]. Ann Rehabil Med, 2018, 42(6): 798-803.
- [17] Ward K, Rao P, Reilly CC, et al. Poor cough flow in acute stroke patients is associated with reduced functional residual capacity and low cough inspired volume[J]. BMJ Open Respir Res, 2017, 4(1): e000230.
- [18] Kulnik ST, Birring SS, Hodsoll J, et al. Higher cough flow is associated with lower risk of pneumonia in acute stroke[J]. Thorax, 2016, 71(5): 474-475.
- [19] 吕倩倩, 林枫, 许维, 等. 咳嗽和清嗓的气流与声学特征分析[J]. 中国康复医学杂志, 2020, 35(6): 656-661.
- [20] 左亚南, 吕倩倩, 许维, 等. 脑卒中患者自主咳嗽声学特征分析: 呼吸肌训练的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2022, 37(5): 623-629.
- [21] Menezes KK, Nascimento LR, Ada L, et al. Corrigendum to 'Respiratory muscle training increases respiratory muscle strength and reduces respiratory complications after stroke: a systematic review[J]. J Physiother, 2018, 64(2): 73.
- [22] 袁文蓉, 陈立娜, 刘洋洋, 等. 呼吸肌抗阻训练联合反馈式呼吸电刺激对脑卒中患者膈肌功能及肺功能的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2023, 45(2): 114-118.
- [23] 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(5): 509-516.
- [24] 罗远明, 陈荣昌, 钟南山. 磁刺激诱发的膈肌复合动作电位的多导食道电极记录及其在重症监护室患者中的应用[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2005, 28(8): 505-508.
- [25] 傅晓倩, 陶林花, 陆操, 等. 体外膈肌起搏治疗对颈髓损伤呼吸功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2022, 37(4): 532-534.
- [26] 乔魏, 刘苏, 王莹, 等. 体外膈肌起搏治疗联合腹肌电刺激对脑卒中患者呼吸功能的效果[J]. 中国康复理论与实践, 2023, 29(1): 104-109.
- [27] 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.
- [28] Davenport PW, Reep RL, Thompson FJ. Phrenic nerve afferent activation of neurons in the cat SI cerebral cortex[J]. J Physiol, 2010, 588 (Pt 5): 873-886.
- [29] 李香彭, 李军梅, 刘刚. 肺气肿兔膈肌力学模式对慢性超低频复合生理频率电刺激的适应性改变[J]. 第三军医大学学报, 2006, 28(6): 573-576.
- [30] 李成, 赵艺璞, 况红艳, 等. 吸气加呼气神经肌肉电刺激治疗对肺移植术后患者康复效果的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2022, 37(8): 1107-1110.
- [31] 张雷, 刘亚康, 张鸣生. 应用不同频率、部位腹肌电刺激的反馈式呼吸电刺激训练对慢性阻塞性肺疾病患者膈肌功能和呼吸效率的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2015, 30(12): 1262-1265.
- [32] 戈武杨, 冯文. 本体感觉神经肌肉促进疗法模式下的呼吸训练前后脑卒中患者疲劳程度与肺功能及呼吸力学指标的相关性分析[J]. 中国康复医学杂志, 2022, 37(2): 244-247.
- [33] Ptaszkowska L, Ptaszkowski K, Halski T, et al. Immediate effects of the respiratory stimulation on ventilation parameters in ischemic stroke survivors: A randomized interventional study (CONSORT) [J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(38): e17128.
- [34] 王娟, 黄美玲, 张清芳, 等. 基于CiteSpace探索脑卒中与肺功能的关系及研究热点[J]. 神经损伤与功能重建, 2023, 18(12): 763-767+773.
- [35] Slupska L, Halski T, Żytkiewicz M, et al. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation for Accessory Respiratory Muscles Training in Patients After Ischemic Stroke[J]. Adv Exp Med Biol, 2019, 1160: 81-91.
- [36] Chang A, Paratz J, Rollston J. Ventilatory effects of neurophysiological facilitation and passive movement in patients with neurological injury[J]. Aust J Physiother, 2002, 48(4): 305-310.
- [37] 曲晟, 龙建军, 张泽宇, 等. 电动起立床对脑卒中气管切开患者膈肌运动功能的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2022, 37(11): 1492-1498.
- [38] 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.

[39] 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.

[40] 蔡陈杰. 螺旋式吸痰法在清除人工气道梗阻中的应用[J]. 当代护士(中旬刊), 2020, 27(12): 100-102.

[41] Maggiore SM, Lellouche F, Pignataro C, et al. Decreasing the adverse effects of endotracheal suctioning during mechanical ventilation by changing practice[J]. Respir Care, 2013, 58(10): 1588-1597.

[42] American Association for Respiratory Care. AARC Clinical Practice Guidelines. Endotracheal suctioning of mechanically ventilated patients

with artificial airways 2010[J]. Respir Care, 2010, 55(6): 758-764.

[43] Fabero-Garrido R, Del Corral T, Angulo-Díaz-Parreño S, et al. Respiratory muscle training improves exercise tolerance and respiratory muscle function/structure post-stroke at short term: A systematic review and meta-analysis[J]. Ann Phys Rehabil Med, 2022, 65(5): 101596.

[44] Masiero S, Pierobon R, Previato C, et al. Pneumonia in stroke patients with oropharyngeal dysphagia: a six-month follow-up study[J]. Neurol Sci, 2008, 29(3): 139-145.

[45] Choi HE, Jo GY, Do HK, et al. Comprehensive Respiratory Muscle Training Improves Pulmonary Function and Respiratory Muscle Strength in Acute Stroke Patients[J]. J Cardiopulm Rehabil Prev, 2021, 41(3): 166-171.

(本文编辑:唐颖馨)