

·临床研究·

脑卒中患者呼吸功能的变化及与运动功能的相关性*

薛晶晶¹ 廖美新¹ 曹兰萍² 燕铁斌¹ 肖灵君^{1,3}

摘要

目的:分析脑卒中患者呼吸功能的影响,探讨呼吸功能与运动功能的相关性。

方法:选取2020年9月至2021年5月中山大学孙逸仙纪念医院康复医学科收治的15例脑卒中患者为观察组和15例同龄健康人为对照组。两组分别进行呼吸功能和运动功能的测定。呼吸功能评定包括:肺通气测试、吸气肌肌力测试(MIP)和呼气肌肌力测试(MEP);运动功能评定包括:Fugl-Meyer评分法(FMA)、Berg平衡量表(Berg)、生理耗损指数(PCI)、6min步行试验(6MWT)、10m步行试验(10MWT)和握力评估。采用Pearson相关性和Spearman相关性分析方法研究脑卒中患者呼吸功能的变化,以及分析脑卒中患者呼吸功能与运动功能的相关性。

结果:与对照组相比,观察组的呼吸功能指标:25%用力呼气量(FEF25)、50%用力呼气量(FEF50)、最大呼气中期流量(MMEF)、用力吸气量(FIVC)、峰值呼气流速(PEF)、第一秒用力呼气量(FEV1)、MIP、MEP均降低,差异存在显著性意义($P<0.05$)。卒中患者的FVC和FIVC与握力均呈中度正相关($r=0.608, r=0.528, P<0.05$);FEF50、FEV1、FIVC、FEV1/FVC和MEP与Berg呈正相关($r=0.564, r=0.607, r=0.535, r=0.566, r=0.566, P<0.05$);MEP和FEV1与6min步行距离呈中度正相关($r=0.536, r=0.522, P<0.05$),对照组其他肺功能指标与运动功能无显著相关性($P>0.05$)。

结论:脑卒中患者的呼吸功能较正常人明显下降,且脑卒中患者运动功能和呼吸功能的下降存在相关性。

关键词 脑卒中;呼吸功能;运动功能

中图分类号:R743.3;R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2023)-03-0342-06

Analysis the correction of respiratory function and motor function in stroke patient/XUE Jingjing, LIAO Meixin, CAO Lanping, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2023, 38(3):342—347

Abstract

Objective: To analyze the influence of stroke on respiratory function and explore the correlation between respiratory function and motor function in stroke patient.

Method: Fifteen stroke patients admitted to the department of rehabilitation medicine, Sun Yat-sen Memorial Hospital, Sun Yat-sen University from September 2020 to May 2021 were selected as the study group and 15 healthy subjects of the same age were selected as the control group. The respiratory function and motor function of the control group and the study group were measured respectively. Respiratory function assessment included ventilation test, maximal inspiratory pressure (MIP) and maximal expiratory pressure (MEP). Motor function assessment included Fugl-Meyer scale (FMA), Berg balance scale (Berg), physiological cost index (PCI), 6-minute walking test (6MWT), 10-meter walking test (10MWT), and grip strength assessment. Pearson's correlation and spearman's correlation analysis were used to study the changes of respiratory function and its correlation between respiratory function and motor function in stroke patients.

Result: Compared with the control group, respiratory function of the study group included 25% forced expiratory flow (FEF25), forced expiratory flow (FEF50), maximum mid-expiratory flow (MMEF), forced inspiratory volume (FIVC), peak expiratory flow (PEF), force expiratory volume in 1 second (FEV1), MIP and

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2023.03.010

*基金项目:中山大学孙逸仙纪念医院临床研究培育项目(SYS-Q-201704)

1 中山大学孙逸仙纪念医院康复医学科,广东省广州市,510120; 2 南昌明州康复医院; 3 通讯作者

第一作者简介:薛晶晶,女,硕士,中级治疗师;收稿日期:2022-03-30

MEP all decreased, and the differences were significant ($P<0.05$). FVC and FIVC were moderately positively correlated with grip strength in stroke patients ($r=0.608, r=0.528, P<0.05$). FEF50, FEV1, FIVC, FEV1/FVC and MEP were positively correlated with Berg ($r=0.564, r=0.607, r=0.535, r=0.566, r=0.566, P<0.05$). MEP and FEV1 were moderately positively correlated with 6-minute walking distance ($r=0.536, r=0.522, P<0.05$), while lung function indexes were not significantly correlated with motor function in the control group ($P>0.05$).

Conclusion: Respiratory function of stroke patients decreased significantly compared with normal people, and there was correlation between motor function and respiratory function decline in stroke patients.

Author's address Sun Yat-sen Memorial Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong, 510120

Key word stroke; respiratory function; motor function

脑卒中是临床上常见的脑血管疾病,目前已成全球第二大死亡和致残原因^[1],我国卒中中以39.9%发病风险率位居全球首位^[2],因此,脑卒中后规范化康复治疗对于患者预后回归社会具有重要的积极作用。脑卒中具有较高的死亡率和致残率,除了导致常见的肢体运动功能障碍以外,还影响患者的呼吸功能^[3]。由于运动功能障碍,脑卒中患者偏瘫侧肢体功能活动受限,躯干活动减少,进而导致呼吸肌的获得性废用,影响患者呼吸功能^[4]。目前临床研究多以呼吸功能训练对脑卒中运动功能的影响为主,通过呼吸训练能够促进脑卒中患者心肺功能的改善,提高患者的运动功能和生存质量^[3,5-6],然而对于呼吸功能与运动功能的相关性仍未明确。为此,本研究旨在通过对脑卒中患者进行呼吸功能和运动功能的评估,分析脑卒中患者呼吸功能的差异性变化,以及呼吸功能和运动的关联性,为患者进一步制定个体化的呼吸功能及物理治疗训练方案。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2020年9月到2021年5月期间中山大学孙逸仙纪念医院康复医学科收治的脑卒中患者15例作为观察组,另外选取年龄、性别相匹配的15例同龄健康人作为对照组,共30例受试者参加本次研究,两组受试者的一般资料经过SPSS 25.0进行统计学分析,两组组间差异无显著性意义($P>0.005$),具有可比性,见表1。

1.1.1 纳入标准:观察组入组标准:①临床诊断为脑出血或脑梗死,经CT或MRI证实,符合2019年中华医学会修定的各类脑血管病诊断标准^[7];②患者意识清楚,无认知障碍,生命体征稳定,可以完成交流指导;③患者病情稳定,可手持助行器或独立步行;

表1 两组受试者一般资料间的对比 ($\bar{x}\pm s$)

项目	观察组 (n=15)	对照组 (n=15)	t值	P值
性别(男/女,例)	3/12	5/10		0.409
年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	52.87 $\pm$ 16.20	42.27 $\pm$ 17.13	0.592	0.558
身高($\bar{x}\pm s$,cm)	164.13 $\pm$ 7.08	164.33 $\pm$ 7.66	-0.185	0.855
体重($\bar{x}\pm s$,kg)	62.33 $\pm$ 9.12	62.66 $\pm$ 10.29	-0.094	0.920
吸烟史(有/无)	5/10	5/10		1.000
平均病程(月)	2.56 $\pm$ 1.34	/		
脑卒中类型 (脑梗死/脑出血)	9/6	/		

注:观察组:脑卒中患者;对照组:同龄健康人

④自愿参加试验且签署知情同意书者。

对照组入组标准:①不存在呼吸系统疾病和神经系统相关疾病;②无认知障碍,可配合完成评估;③自愿参加试验且签署知情同意书者。

1.1.2 排除标准:①中枢性呼吸障碍,脑干梗死或出血患者;②存在血压、心肺功能不稳定,近3个月发生心绞痛或急性心衰的患者;③气管切开或并发呼吸系统疾病患者;④有认知障碍、失语症、抑郁无法配合评估;⑤无法步行;⑥伴有其他神经系统疾病;⑦拒绝签署知情同意书者。

1.2 研究方法

收集两组受试者的性别、年龄、身高、体重、吸烟史等一般信息,进行呼吸功能评估。观察组进行Fugl-Meyer下肢功能评定(Fugl-Meyer assessment-lower extremity, FMA-LE)、Berg平衡量表(Berg balance scale, BBS)、生理耗损指数(physiological cost index, PCI)、10m步行试验(10-meter walk test, 10MWT)、6min步行试验(6-minute walk test, 6MWT)、握力等运动功能评定。通过比较两组受试者肺通气功能和呼吸肌肌力的差异,判断脑卒中后呼吸功能的变化。通过分析观察组呼吸功能各个指标和运动功能评估结果的相关性,探讨脑卒中患者

呼吸功能与运动功能的相关性。所有评估均由经过专业培训的康复治疗师进行。

1.2.1 呼吸功能评估:肺通气功能测定:采用便携式的肺功能测试仪(赛客医疗X1型号)对患者进行肺通气功能检测。受试者端坐位,佩戴鼻夹并将咬嘴放在口中,平静呼吸,随后尽可能深吸气,再尽最大可能迅速、用力和完全将气体呼出。测定完成后记录25%用力呼气量(25% forced expiratory flow, FEF25)、50%用力呼气量(50% forced expiratory flow, FEF50)、75%用力呼气量(75% forced expiratory flow, FEF75)、最大呼气中期流量(maximum mid-expiratory flow, MMEF)、用力呼气量(forced expiratory vital capacity, FVC)、用力吸气量(forced inspiratory vital capacity, FIVC)、峰值呼气流速(peak expiratory flow, PEF)、第一秒用力呼气量(force expiratory volume in 1 second, FEV1)、第一秒用力呼气量/用力呼气量(FEV1 expressed as a percentage of forced vital capacity, FEV1/FVC)占预测值百分比。测量3次取最佳结果。

呼吸肌肌力测定:采用最大呼气压(maximum expiratory pressure, MEP)、最大吸气压(maximum inspiratory pressure, MIP)作为评价呼气肌和吸气肌肌力的方法。测试设备同上,受试者端坐位,佩戴鼻夹并将咬嘴放在口中,测量MEP时嘱受试者先尽可能深吸气,随后对着咬嘴尽可能地用力呼气。测量MIP时嘱受试者先平稳地最大限度地做深呼吸动作,然后对着咬嘴尽可能用力地吸气。测量完成后记录MEP、MIP占预测值百分比。共测定3次取最佳结果。

1.2.2 运动功能评定方法:分别选用FMA-LE评估脑卒中患者的下肢分离运动功能、选用BBS评估患者的平衡功能、选用6MWT和10MWT评估患者的步行功能和步行耐力、选用PCI判断患者的能量消耗、采用握力仪测试患者的握力。

1.3 统计学分析

采用SPSS 25.0版统计软件进行数据的统计分析,对于符合正态分布的计量资料采用独立样本 t 检验,相关性采用Pearson相关性分析,不符合正态分布的计量资料采用非参数检验,相关关系使用Spearman相关性分析。计数资料则进行 χ^2 检验。

假定双侧 $\alpha=0.05$,若 $P<0.05$ 则认为差异有显著性意义。

2 结果

2.1 肺通气功能比较

经过统计学分析得出两组受试者肺通气功能指标(肺通气功能预测值百分比)除FEF75、FVC、FEV1/FVC差异无显著性意义($P>0.05$)外,其他指标观察组均小于对照组,差异有显著性意义($P<0.05$),见表2。

2.2 呼吸肌肌力比较

经过统计学分析得出观察组的MIP和MEP(呼吸肌肌力预测值百分比)均低于对照组,差异有显著性意义($P<0.05$,表3)。

2.3 呼吸功能与运动功能的相关性

FVC、FIVC与握力的相关性具有显著性意义且呈正相关关系($r=0.608$, $r=0.528$, $P<0.05$),见表4。FEF50、FEV1、FIVC、FEV1/FVC、MEP与Berg量表评分呈正相关($r=0.564$, $r=0.607$, $r=0.535$, $r=0.566$, $r=0.566$, $P<0.05$),见表5。MEP、FEV1与6min步行距离呈正相关($r=0.536$, $r=0.522$, $P<0.05$),见表6。而卒中患者肺通气功能及呼吸肌肌力与FMA-LE、PCI、10MWT均无相关性($P>0.05$)。

表2 两组肺通气功能结果比较 ($\bar{x}\pm s$, %)

项目	观察组 (n=15)	对照组 (n=15)	t 值	P 值
FEF25	43.47±19.93	62.52±21.62	-2.509	0.018 ^①
FEF50	61.9±27.25	81.54±17.45	-2.350	0.026 ^①
FEF75	67.67±29.96	88.59±35.43	-1.746	0.092
MMEF	48.25±19.34	76.46±18.40	-4.093	0.000 ^①
FVC	87.27±15.56	99.49±19.90	-1.874	0.071
FIVC	62.85±20.96	87.07±14.65	-3.667	0.001 ^①
FEV1	76.89±16.21	92.76±9.61	-3.261	0.003 ^①
PEF	38.00±18.73	56.50±16.01	-2.416	0.022 ^①
FEV1/FVC	0.75±0.12	0.72±0.13	-1.445	0.160

注:观察组:脑卒中患者;对照组:同龄健康人。

①与对照组比 $P<0.05$ 。

表3 两组呼吸肌肌力比较 ($\bar{x}\pm s$)

项目	观察组	对照组	t 值	P 值
MIP	32.45±14.63	47.49±16.44	-2.647	0.013 ^①
MEP	45.10±20.07	70.07±29.71	-2.551	0.011 ^①

注:观察组:脑卒中患者;对照组:同龄健康人;MIP:最大吸气压;MEP:最大呼气压。①与对照组比 $P<0.05$ 。

表4 脑卒中患者FVC、FIVC与握力的相关性

	FVC	FIVC
握力		
<i>r</i> 值	0.608	0.528
<i>P</i> 值	0.016	0.04

注:FVC:用力呼气量;FIVC:用力吸气量。

表5 脑卒中患者FEF50、FEV1、MEP、FIVC、FEV1/FVC与Berg评分的相关性

	FEF50	FEV1	MEP	FIVC	FEV1/FVC
Berg评分					
<i>r</i> 值	0.564	0.607	0.566	0.535	0.566
<i>P</i> 值	0.045	0.016	0.028	0.04	0.028

注:FEF50:50%用力呼气量;FEV1:第一秒用力呼气量;MEP:最大呼气压;FIVC:用力吸气量;FEV1/FVC:一秒率。

表6 脑卒中患者MEP、FEV1与6min步行距离的相关性

	MEP	FEV1
6min步行距离		
<i>r</i> 值	0.536	0.522
<i>P</i> 值	0.04	0.046

注:MEP:最大呼气压;FEV1:第一秒用力呼气量。

3 讨论

WHO报告显示,脑卒中已成为全球导致死亡的第二大疾病和导致残疾的第三大主要因素。脑血管意外不仅影响患者的肢体功能,还影响患者的呼吸功能,呼吸功能的降低严重制约其运动功能和日常生活能力。近年来,国内外大量研究证实,脑卒中患者呼吸功能的下降影响核心肌群的稳定性,影响步行能力的提高、保持身体姿势平衡等^[8-10],有效的呼吸训练有利于脑卒中患者运动功能的恢复^[11]。但这类研究主要针对脑卒中患者呼吸功能变化对运动功能的影响,具体呼吸功能指标和同龄健康人的差异、呼吸功能指标与运动功能指标间的相关性未明确。因此,本文研究脑卒中患者呼吸功能和同龄健康人的差异,以及脑卒中患者呼吸功能与运动功能的相关性,为脑卒中患者呼吸康复和运动康复的有效结合提供依据。

本研究对比发现,脑卒中患者存在肺通气和呼吸肌肌力下降,且呼吸功能与运动功能具有正相关性;说明脑卒中患者的呼吸功能受损,且呼吸功能下降会影响患者的运动功能表现,呼吸功能改善也会提高患者的运动功能。因此,脑卒中患者应加强呼吸治疗。

3.1 脑卒中患者存在肺通气功能下降

本研究结果显示脑卒中患者的FEF25、FEF50、MMEF、PEF和FEV1明显低于同龄健康人,且观察组患者大部分呼吸指标在预测值50%—70%,低于参考值的80%,提示存在肺通气功能障碍^[12]。临床上,根据肺功能损害性质肺通气功能障碍通常分为阻塞性、限制性、混合性和小气道功能障碍等^[13]。本研究中,脑卒中患者FEV1/FVC与同龄健康人无显著差异,但FEF25、FEF50和MMEF显著低于健康组,提示脑卒中患者表现为小气道功能障碍。

FEF25和FEF50指在25%和50%肺活量的最大呼气流速,MMEF指最大呼气中期流量,上述3个指标可判断是否存在气道的阻塞,尤其是中、小气道功能减退^[4]。本研究结果显示,脑卒中患者FEF25、FEF50、MMEF均低于健康对照组,表明在整个呼气过程中均存在呼气流速降低的现象,小气道阻力增加。可能因为脑卒中患者偏瘫侧躯干肌群无力,重心偏移导致偏瘫侧小气道横截面积变小进而引起呼气流速下降。Santos等^[14]研究也指出,由于姿势张力异常及平衡等原因,坐位时头前倾、胸廓过度后凸导致胸廓受压,限制胸廓活动导致肺容量减小,从而引起卒中患者肺通气下降。此外,据流行病学数据显示,卒中早期卒中相关性肺炎的发病率为7%—38%^[15],肺部炎症会引起小气道狭窄性病变、炎症反应均会导致呼气流速降低^[16]。

PEF指呼气峰流速^[17],常用于反应呼气肌快速收缩、克服阻力的能力,是反映患者咳嗽能力的重要指标。本研究中,脑卒中患者的PEF低于健康组,表明卒中后咳嗽能力减弱,气道廓清能力下降。咳嗽时腹部需用力收缩,躯干维持稳定,脑卒中后由于偏瘫侧肌群无力影响膈肌和腹壁肌群的激活。Ward等^[18]对18例脑卒中急性期和20例健康成人呼吸肌力及咳嗽反应研究也发现,即使脑卒中急性期患者呼气肌部分保留,自主咳嗽和反射性咳嗽均受损。同时,咳嗽功能减退,呼吸道功能保护差也会增加肺炎风险,进而影响呼吸功能^[19]。

因此,本次研究表明脑卒中患者存在小气道通气功能障碍及咳嗽能力减退,同时通气量的降低也将进一步影响患者的运动耐力。

3.2 脑卒中患者呼吸肌肌力下降

MIP为用力吸气所产生的最大负压,常用于反

映吸气肌肌力。MEP为用力呼气时所产生的最大压力,常用于反映呼气肌肌力。本研究结果显示,脑卒中患者吸气肌肌力和呼气肌肌力均明显下降,表明脑卒中除影响患者肢体功能外,还累及膈肌和躯干肌群等呼吸肌群。Jung^[20]对114例卒中患者进行膈肌厚度和移动度研究,结果发现卒中患者膈肌尤其是偏瘫侧膈肌厚度和移动度降低,且与患者的呼吸功能具有较强的相关性。呼吸肌群作为胸廓活动主要肌群,当呼吸肌无力时可导致胸廓往各个方向的扩张程度受损,肺的顺应性降低且呼吸功增加,运动耐力降低。多项研究表明^[21-24],呼吸肌训练有效提高呼吸功能参数包括PEP、MIP和MEP等及运动耐力,且对卒中患者进行呼气肌及吸气肌训练效果优于仅进行吸气肌训练。因此,对于脑卒中导致呼吸肌无力的患者,建议在肢体功能训练的同时加强呼吸功能训练。

3.3 呼吸功能和运动功能的相关性

本次研究表明,脑卒中患者肺通气、呼吸肌肌力与其运动表现具有相关性,且呈正相关。研究显示,FVC、FIVC和握力呈正相关,用力呼气量和用力吸气量较大的患者静态肌肉力量更强。Efsthathiou等^[25]对健康青年和中年人进行握力和最大吸气压评估,结果显示两者具有较强的正相关性。推测可能原因为躯干稳定性是四肢运动的基础,肋间肌、膈肌、腹壁肌等呼吸肌群亦参与控制躯干稳定性。脑卒中后因中枢神经受损、运动功能下降、运动量减少等多种原因导致肋间肌、膈肌、腹壁肌力量下降,从而使呼吸功能和躯干稳定性均下降,进一步影响远端肢体功能的发挥。因此,建议强化卒中患者呼吸功能以进一步提高骨骼肌肉力量,改善患者的运动功能表现,并且可将手握力作为检测脑卒中患者呼吸系统功能的重要指标^[25]。

BBS常用来评估患者的平衡功能^[26],得分越高表明患者的平衡功能越好。本研究中,脑卒中患者的FEF50、FEV1、FIVC、FEV1/FVC、MEP与Berg得分呈正相关的关系,提示脑卒中患者呼吸功能与平衡功能具有相关性,呼吸功能越强的患者平衡能力越好。平衡功能受躯干控制影响,脑卒中患者肋间肌、膈肌及腹肌等呼吸肌除辅助胸廓活动外,还是维持躯干核心稳定的重要肌群。因此当呼吸肌部分或

全部功能障碍时,可在一定程度上直接或间接影响躯干核心稳定性^[3],进一步影响平衡功能。Jandt等^[27]研究发现,对24例卒中患者进行躯干控制、呼吸肌和肺功能评估,其躯干控制与呼吸肌力量具有相关性,尤其是吸气肌力量。Lee等^[28]研究也发现,呼吸肌训练联合躯干稳定性训练可有效提高卒中患者的核心稳定性、膈肌厚度以及呼吸功能。因此,在脑卒中患者进行躯干肌群等核心功能训练时,也应强调正确有效的横膈膜呼吸方式以最大强度地利用腹肌等呼气肌维持躯干稳定。

6min步行距离常用于反映患者的心肺功能及运动耐力^[29]。本研究结果显示,MEP、FEV1与6MWT步行距离呈正相关,且MEP相关性更高;说明呼吸功能越差患者运动耐力越差。推测可能原因包括以下几个方面,一是脑卒中患者肌张力增高、肌力下降、异常运动模式等多种原因均可能导致步态异常,步行能耗增加。其次,脑卒中后患者呼吸模式改变,呼吸强度下降,膈肌活动减少。第三,机体在运动时,吸气肌的血流量在身体总血流量的占比可由2%增加到16%。当膈肌无力时,送至吸气肌的血流量增加,躯干、四肢和骨骼肌的血流量减少了,进而导致机体运动耐力下降^[30]。Rochester等^[31]发现卒中患者吸气肌的无力会导致吸气肌的血流量减少。当步行过程中出现呼吸急促时提示通气需求的增加,因此提高呼吸肌肌力可以改善血红蛋白携带氧的能力,缓解患者的疲劳度从而提高运动耐力,提示运动耐力的提高可增强患者的心肺功能从而改善呼吸功能。本研究说明脑卒中患者呼吸和运动两者是交互关系,互相影响,在进行康复治疗时需对两者进行干预从而恢复呼吸和运动的协调性,加快患者的康复进程以及为患者带来更好的预后。

4 结论

脑卒中患者的呼吸功能较同龄健康人明显下降,且其呼吸功能和运动功能具有正相关性,呼吸功能在躯干核心稳定与运动耐力中起重要的积极作用。因此,在对脑卒中患者的康复过程中要贯穿进行呼吸评估及训练,呼吸功能的提高有助于运动功能的改善。本研究只测定了部分的呼吸指标和运动指标,且研究样本数量有限,未能明确区分卒中后各

阶段的呼吸与运动功能相关性,在今后还需进一步深入的研究。本研究显示卒中患者存在小气道阻塞,可能是由于早期呼吸道并发症引起且本研究中含有吸烟病史的受试者,因此,详细原因还需更大的样本量确定。

参考文献

- [1] Virani SS, Alonso A, Benjamin EJ, et al. Heart disease and stroke statistics—2020 update: a report from the American heart association[J]. *Circulation*, 2020, 141(9): e139—e596.
- [2] 《中国脑卒中防治报告2019》编写组.《中国脑卒中防治报告2019》概要[J]. *中国脑血管病杂志*, 2020, 17(5): 272—281.
- [3] Menezes KK, Nascimento LR, Ada L, et al. Respiratory muscle training increases respiratory muscle strength and reduces respiratory complications after stroke: a systematic review[J]. *J Physiother*, 2016, 62(3): 138—144.
- [4] Watchie. Cardiovascular and pulmonary physical therapy: a clinical manual[M]. 2nd Ed. Missouri: Elsevier, 2010: 81—84.
- [5] Pozuelo-Carrascosa DP, Carmona-Torres JM, Laredo-Aguilera JA, et al. Effectiveness of respiratory muscle training for pulmonary function and walking ability in patients with stroke: a systematic review with meta-analysis[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(15): 5356.
- [6] 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.
- [7] 中国各类主要脑血管病诊断要点2019[J]. *中华神经科杂志*, 2019(9): 710—715.
- [8] 姚先丽, 吴志远, 李坤彬, 等. 呼吸训练对脑卒中偏瘫患者步行功能的影响[J]. *广东医学*, 2020, 41(15): 1553—1557.
- [9] 章志超, 刘金明, 周芳, 等. 呼吸训练对脑卒中偏瘫患者平衡及步行能力的影响[J]. *江苏医药*, 2020, 46(3): 242—245.
- [10] Tasseelponche S, Yelnik AP, Bonan IV. Motor strategies of postural control after hemispheric stroke[J]. *Neurophysiol Clin*, 2015, 45(4): 327—333.
- [11] 单桂琴, 刘皓华. 呼吸训练对脑卒中后偏瘫患者肺功能及运动功能的意义研究[J]. *中国现代药物应用*, 2021, 15(2): 246—248.
- [12] 肺功能检查指南(第二部分)——肺量计检查[J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2014, 37(7): 481—486.
- [13] 肺功能检查报告规范——肺量计检查、支气管舒张试验、支气管激发试验[J]. *中华医学杂志*, 2019(22): 1681—1691.
- [14] Santos R, Dall'alba S, Forgiarini S, et al. Relationship between pulmonary function, functional independence, and trunk control in patients with stroke[J]. *Arq Neuropsiquiatr*, 2019, 77(6): 387—392.
- [15] 王拥军, 陈玉国, 吕传柱, 等. 卒中相关性肺炎诊治中国专家共识[J]. *中国卒中杂志*, 2019, 14(12): 1251—1262.
- [16] Plantier L, Cazes A, Dinh-Xuan AT, et al. Physiology of the lung in idiopathic pulmonary fibrosis[J]. *Eur Respir Rev*, 2018, 27(147): 170062.
- [17] Heckman EJ, O'Connor GT. Pulmonary function tests for diagnosing lung disease[J]. *JAMA*, 2015, 313(22): 2278—2279.
- [18] Ward K, Seymour J, Steier J, et al. Acute ischaemic hemispheric stroke is associated with impairment of reflex in addition to voluntary cough[J]. *Eur Respir J*, 2010, 36(6): 1383—1390.
- [19] Pekacka-Egli AM, Kazmierski R, Lutz D, et al. Predictive value of cough frequency in addition to aspiration risk for increased risk of pneumonia in dysphagic stroke survivors: a clinical pilot study[J]. *Brain Sci*, 2021, 11(7): 847.
- [20] Jung JH, Kim NS. The correlation between diaphragm thickness, diaphragmatic excursion, and pulmonary function in patients with chronic stroke[J]. *J Phys Ther Sci*, 2017, 29(12): 2176—2179.
- [21] Lanini B, Gigliotti F, Coli C, et al. Dissociation between respiratory effort and dyspnoea in a subset of patients with stroke[J]. *Clin Sci (Lond)*, 2002, 103(5): 467—473.
- [22] 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): 219—225.
- [23] Menezes KK, Nascimento LR, Avelino PR, et al. Efficacy of interventions to improve respiratory function after stroke[J]. *Respir Care*, 2018, 63(7): 920—933.
- [24] Pozuelo-Carrascosa DP, Carmona-Torres JM, Laredo-Aguilera JA, et al. Effectiveness of respiratory muscle training for pulmonary function and walking ability in patients with stroke: a systematic review with meta-analysis[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(15): 5356.
- [25] Efstathiou ID, Mavrou IP, Grigoriadis KE. Correlation between maximum inspiratory pressure and hand-grip force in healthy young and middle-age individuals[J]. *Respir Care*, 2016, 61(7): 925—929.
- [26] Kornetti DL, Fritz SL, Chiu YP, et al. Rating scale analysis of the berg balance scale[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2004, 85(7): 1128—1135.
- [27] Jandt SR, Caballero R, Junior L, et al. Correlation between trunk control, respiratory muscle strength and spirometry in patients with stroke: An observational study[J]. *Physiother Res Int*, 2011, 16(4): 218—224.
- [28] Lee K, Park D, Lee G, et al. Progressive respiratory muscle training for improving trunk stability in chronic stroke survivors: a pilot randomized controlled trial[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2019, 28(5): 1200—1211.
- [29] Pohl PS, Duncan PW, Perera S, et al. Influence of stroke-related impairments on performance in 6-minute walk test[J]. *J Rehabil Res Dev*, 2002, 39(4): 439—444.
- [30] Billinger SA, Coughenour E, Mackay-Lyons MJ, et al. Reduced cardiorespiratory fitness after stroke: biological consequences and exercise-induced adaptations[J]. *Stroke Res Treat*, 2012, 2012: 959120.
- [31] Rochester CL, Mohsenin V. Respiratory complications of stroke[J]. *Semin Respir Crit Care Med*, 2002, 23(3): 248—260.