

阈值压力负荷吸气肌训练对帕金森病患者呼吸肌功能、平衡功能和步行功能的影响

华玲¹ 王志¹ 宋达¹ 许忠梅¹ 戈弋巾¹ 陆晓²

¹无锡市中心康复医院,无锡 214000; ²南京医科大学第一附属医院康复医学科,南京 210000

通信作者:陆晓,Email;luxiao1972@163.com

【摘要】 目的 观察阈值压力负荷吸气肌训练对帕金森病患者平衡功能的影响。**方法** 采用随机数字表法将帕金森病患者 48 例分为观察组和对照组,每组 24 例。对照组给予常规神经内科药物治疗和常规康复训练,观察组在此基础上使用阈值压力负荷训练器进行吸气肌训练。阈值压力负荷吸气肌训练每周训练 5 d,连续训练 8 周。于治疗前和治疗 8 周后(治疗后)分别对 2 组患者进行吸气肌功能[包括超声评估膈肌的活动度和厚度,以及最大吸气压(MIP)]、平衡功能[包括躯干损伤量表(TIS)评分、Berg 平衡量表(BBS)评分、姿势稳定极限(LOS)和计时起立-行走测试(TUGT)]和步行功能[包括 10 米步行测试(10MWT)和动态步态指数(DGI)]评定。**结果** 治疗后,2 组患者的膈肌活动度、厚度和 MIP 均较组内治疗前均明显改善,差异均有统计学意义($P<0.05$)。观察组治疗后的膈肌活动度、吸气末厚度和 MIP 均显著优于对照组治疗后,差异均有统计学意义($P<0.05$)。治疗后,2 组患者的 TIS 评分、BBS 评分、LOS 和 TUGT 较组内治疗前均显著改善,差异均有统计学意义($P<0.05$)。观察组治疗后的 TIS 评分、BBS 评分、LOS 和 TUGT 均显著优于对照组治疗后,差异均有统计学意义($P<0.05$)。治疗后,2 组患者的 10MWT 和 DGI 评分较组内治疗前均显著改善,差异均有统计学意义($P<0.05$)。观察组治疗后的 10MWT 和 DGI 评分均显著优于对照组治疗后,差异均有统计学意义($P<0.05$)。相关性分析显示,观察组治疗前、后的 MIP 差值与其 TUGT 差值($r=-0.651$)、10MWT 差值($r=-0.501$)均呈显著负相关($P<0.01$)。**结论** 阈值压力负荷吸气肌训练联合常规康复治疗可显著改善帕金森病患者的吸气肌力量、膈肌活动度和厚度,从而进一步地改善患者的平衡功能和步行能力。

【关键词】 帕金森病; 阈值压力负荷训练器; 吸气肌训练; 膈肌; 平衡功能

基金项目:无锡市“太湖人才计划”项目(WXTTP2020008)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.08.003

Inspiratory muscle training can improve the breathing, balance and walking of persons with Parkinson's disease

Hua Ling¹, Wang Zhi¹, Song Da¹, Xu Zhongmei¹, Ge Yijin¹, Lu Xiao²

¹Wuxi Central Rehabilitation Hospital, Wuxi 214000, China; ²Department of Rehabilitation Medicine, The First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210000, China

Corresponding author: Lu Xiao, Email: luxiao1972@163.com

【Abstract】 Objective To observe any effect of threshold pressure loaded inspiratory muscle training on the balance of persons with Parkinson's disease (PD). **Methods** Forty-eight persons with PD were randomly divided into an observation group and a control group, each of 24. Both groups were given conventional neurological drug treatment and conventional rehabilitation training. The observation group additionally completed inspiratory muscle training using a threshold pressure load trainer, 5 days per week for 8 weeks. Before and after the treatment, both groups' inspiratory muscle functioning was quantified using ultrasound to assess diaphragm mobility and thickness, and maximum inspiratory pressure (MIP). Balance was quantified using Trunk Injury Scale (TIS) scoring, the Berg Balance Scale (BBS), limits of stability (LOS), and the timed up and go test (TUGT). Walking was evaluated using the 10-metre walk test (10MWT) and the Dynamic Gait Index (DGI). **Results** After the treatment all of the indicators had improved significantly in both groups, on average, but those of the observation group were then significantly better. Correlation analysis showed that the difference in MIP of the observation group before and after treatment was significantly negatively correlated with the TUGT and 10MWT times. **Conclusion** Threshold pressure loaded inspiratory muscle training combined with conventional rehabilitation therapy significantly improves the inspiratory muscle strength, balance and walking of persons with PD.

【Key words】 Parkinson's disease; Threshold pressure load training; Inspiratory muscle training; Diaphragm; Balance

Funding: A Wuxi Taihu Talent Project (WXTT P2020008)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2023.08.003

帕金森病(Parkinson's disease, PD)是一种中老年人常见的进行性加重的神经系统退行性疾病。研究发现,随着年龄的增长,纹状体多巴胺会逐渐丧失,从而可导致以震颤、运动迟缓、僵硬和姿势不稳为主的运动症状,这些症状不仅影响患者的运动功能,还会影响其日常生活活动能力^[1]。平衡障碍是帕金森病患者的最常见运动障碍之一,不仅会增加患者跌倒和骨折的风险,还会严重影响患者的生活质量^[2]。平衡功能的恢复需要良好的躯干核心控制能力维持稳定^[3]。研究表明,膈肌既是最重要的呼吸肌也是躯干核心肌群,在核心稳定中具有重要作用^[4]。

阈值压力负荷吸气肌训练是通过在机体吸气过程中施加相应的阻力,从而训练以膈肌为主的具有吸气功能的肌肉。既往的研究发现,吸气肌训练可改善脑卒中患者的膈肌力量和呼吸功能^[5],但以强化呼吸肌为基础的核心稳定训练对帕金森病患者运动功能影响的研究,迄今尚鲜见报道。本研究采用阈值压力负荷吸气肌训练对帕金森病患者的平衡功能进行了干预,并取得了满意疗效。

资料与方法

一、临床资料

纳入标准:①符合中华医学会神经病学分会 2016 版中国帕金森病诊断标准^[6];②改良的 Hoehn-Yahr 分级^[7]为 2~4 期,存在平衡功能障碍;③年龄 50~85 岁;④患者无明显的认知障碍,简明精神状态量表评分 ≥ 24 分,可理解并主动配合完成检查和治疗;⑤患者在参与本研究期间口服抗帕金森药物的剂量和种类保持稳定;⑥所有患者自愿,并签署知情同意书。

排除标准:①既往有脑卒中、脑外伤以及其他疾病导致肢体障碍;②并发其他严重疾患,如严重感染、恶性肿瘤等;③既往有严重的呼吸系统、心脏疾病、肝肾功能不全等;④合并严重的认知功能障碍,或听觉、视觉、言语功能障碍,以及不能配合的患者;⑤继发帕金森综合征、其他神经系统或前庭功能障碍等影响姿势控制的患者的患者。

选取 2019 年 5 月至 2020 年 10 月在无锡市康复医院住院且符合上述标准的帕金森病患者 48 例,

按随机数字表法分为观察组和对照组,每组 24 例,2 组患者的性别、平均年龄、平均病程、平均身高、平均体重、平均体重指数和 Hoehn-Yahr 分级等一般资料组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),详见表 1。

二、治疗方法

2 组患者均接受神经内科常规药物治疗,并进行常规康复训练,观察组在此基础上增加吸气肌训练。使用 BreatheLink 呼吸评估与训练系统(由英国 Power breathe 公司生产的型号为 Power breathe K5)。具体训练方法如下:

1. 常规康复训练:①关节活动度及牵伸训练;②肌力训练,四肢及躯干核心肌力的训练;③姿势、平衡及协调训练;④步行训练,加大步幅及步宽的训练;⑤日常生活活动能力训练。以上常规康复训练每日 1 次,每次共 40 min,每周训练 5 d,连续训练 8 周。

2. 阈值压力负荷吸气肌训练:采用英国 Power Breathe 公司生产的 Power Breathe K5 型训练系统进行训练吸气肌抗阻训练,训练前先教会患者正确的呼吸训练方式,患者舒适的坐位或者立位下,握住训练仪,用嘴包裹住口件,嘴唇紧贴使其密封,通过外护罩进行呼吸。训练时,使用鼻夹,防止鼻子吸气影响结果,嘱患者用嘴快速有力地吸气,然后用嘴缓慢地呼气,30 次呼吸为 1 组,每日训练 2 组。初次训练前,先测试患者的最大吸气压(maximum inspiratory pressure, MIP),取 30% MIP 作为初次训练强度。每周根据患者的自身恢复情况增加 5%~10%的 MIP,直至增加至 60% MIP 并维持^[8]。需要注意的是,患者每次训练后疲劳感不得超过自我劳累程度评分 5 分^[9]。阈值压力负荷吸气肌训练每周训练 5 d,连续训练 8 周。

三、观察指标

于治疗前和治疗 8 周后(治疗后)分别对 2 组患者进行吸气肌功能(包括超声评估膈肌的活动度和厚度,以及 MIP)、平衡功能[包括躯干损伤量表(trunk impairment scale, TIS)评分、Berg 平衡量表(Berg balance scale, BBS)评分、姿势稳定极限(limit of stability, LOS)和计时起立-行走测试(time up and go test, TUGT)]和步行功能[包括 10 米步行测试(10-meter walk test, 10MWT)和动态步态指数(dynamic gait index, DGI)]

表 1 2 组患者的一般资料

组别	例数	性别(例)		平均年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	平均病程 (年, $\bar{x}\pm s$)	平均身高 (m, $\bar{x}\pm s$)	平均体重 (kg, $\bar{x}\pm s$)	平均体重指数 (kg/m^2 , $\bar{x}\pm s$)	Hoehn-Yahr 分级(例)			
		男	女						2 期	2.5 期	3 期	4 期
观察组	24	11	13	73.33 \pm 7.49	5.96 \pm 3.66	1.62 \pm 0.09	54.79 \pm 10.88	20.87 \pm 3.26	3	4	11	6
对照组	24	14	10	71.67 \pm 8.82	5.83 \pm 4.57	1.65 \pm 0.07	56.41 \pm 9.02	20.63 \pm 2.55	2	3	11	8

的评定。所有评估均由经专业培训的康复医师于双盲状态下进行。

1. 超声评估膈肌的活动度和厚度:①膈肌活动度——患者取仰卧位,自主呼吸;取凸阵探头放置于右侧腋前线或锁骨中线与肋缘交界处,探头标志朝向外下方,测量深吸气后膈肌运动幅度,重复测量 3 次,取平均值。②膈肌厚度——患者取仰卧位,自主呼吸;取线阵探头沿肋间隙置于右侧腋前线第 8/9 肋间或 7/8 肋间,探头标志朝向患者头侧,测量胸膜和腹膜之间距离,膈肌是夹在胸膜和腹膜的肌肉组织;分别测量吸气时增厚的膈肌和呼气变薄的膈肌,测量 3 次,取平均值^[10]。

2. MIP:利用 Power Breathe K5 训练系统的评估工具对患者进行测试,每次测定 7~8 次呼吸动作,取患者吸气时产生的最大压力值^[11]。

3. TIS 评分^[12]:是临床测量帕金森病患者躯干功能的有效指标,包括静态坐位平衡(满分 7 分)、动态坐位平衡(满分 10 分)和协调(满分 6 分)3 个方面,总分 23 分。分值越高则躯干控制能力越强。

4. BBS 评分^[13]:该量表在评估帕金森病患者平衡障碍程度中具有较高的效度和信度,用于评估不同姿势下的平衡能力以及姿势变化和动作,评分基于个人独立完成每项任务和/或满足一定时间或距离要求的能力,共有 14 项,每项按 0~4 分,总分范围是 0~56 分,分数越高表示平衡越好。

5. LOS 评定^[14]:采用意大利 TecnoBody 公司生产的 ProKin 252 型动静平衡测试仪进行测定,患者去鞋穿袜标准站姿立于电子倾斜板上,要求患者在不触碰到扶手,且足跟不离开倾斜板的前提下,尽最大努力转换重心去触碰目标物。LOS 为直立位各方向倾斜最大角度时的压力中心所达最大距离,占正常人体最大倾斜角度时的压力中心达到最大距离的百分比,正常参考范围 75%~100%。

6. TUGT^[15]:患者穿舒适的鞋子从靠背椅(高 45 cm)上独立站起,向前走 3 m,然后转身返回到椅子后转身坐下。记录患者从脊柱离开椅子到返回至起始位置的时间,测试 3 次(每次间隔 1 min),取平均值。

7. 10MWT^[16]:指导患者在 16 米长的走廊上以安

全的最快的速度行走,在 3 米和 13 米处做标记,记录完成中间 10 米走道所需的平均时间,测试 3 次,取 3 次中最快一次数值。

8. DGI^[17]:该量表包括 8 个项目,每个项目 0~3 分,满分为 24 分。分数越低表示受试者平衡性和步行能力越差。

四、统计学方法

采用 SPSS 22.0 版统计学软件对本研究所得数据进行分析。符合正态分布的计量资料用($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用独立样本 t 检验,组内比较采用配对 t 检验;计数资料用频数表示,采用 Pearson χ^2 检验;等级资料采用频数表示,两组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。两两相关采用 Pearson 相关分析, $0.3\leq|r|<0.5$ 为低度相关, $0.5\leq|r|<0.8$ 为显著相关, $0.8\leq|r|<1$ 为高度相关。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、2 组患者治疗前、后吸气肌功能各项指标比较
治疗前,2 组患者深呼吸时膈肌活动度、厚度和 MIP 组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);治疗后,2 组患者的膈肌活动度、厚度和 MIP 均较组内治疗前均明显提高($P<0.05$),且观察组治疗后的膈肌活动度、吸气末厚度和 MIP 均显著优于对照组治疗后($P<0.05$),而 2 组患者治疗后的呼气末厚度比较,差异无统计学意义($P>0.05$),详见表 2。

二、2 组患者治疗前、后平衡功能各项指标比较
治疗前,2 组患者的 TIS 评分、BBS 评分、LOS 和 TUGT 组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);治疗后,2 组患者的 TIS 评分、BBS 评分、LOS 和 TUGT 较组内治疗前均显著改善($P<0.05$),且观察组治疗后的 TIS 评分、BBS 评分、LOS 和 TUGT 均显著优于对照组治疗后,差异均有统计学意义($P<0.05$),详见表 3。

三、2 组患者治疗前、后步行功能各项指标比较
治疗前,2 组患者的 10MWT 和 DGI 评分组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);治疗后,2 组患者的 10MWT 和 DGI 评分较组内治疗前均显著改善,差异均有统计学意义($P<0.05$),且观察组治疗后的

表 2 2 组患者治疗前、后吸气肌功能各项指标比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	膈肌活动度 (cm)	吸气末膈肌厚度 (cm)	呼气末膈肌厚度 (cm)	MIP(cmH ₂ O)
观察组					
治疗前	24	1.89±0.76	0.29±0.10	0.17±0.05	26.86±11.34
治疗后	24	3.40±0.94 ^{ab}	0.43±0.12 ^{ab}	0.24±0.07 ^a	44.73±15.51 ^{ab}
对照组					
治疗前	24	1.95±0.96	0.30±0.09	0.18±0.06	28.14±14.07
治疗后	24	2.65±1.10 ^a	0.35±0.10 ^a	0.21±0.06 ^a	32.63±16.28 ^a

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与对照组治疗后比较,^b $P<0.05$

表 3 2 组患者治疗前、后平衡功能各项指标比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	TIS(分)	BBS(分)	LOS(%)	TUGT(s)
观察组					
治疗前	24	14.45±3.79	28.87±9.40	31.03±9.78	27.17±8.48
治疗后	24	19.38±3.43 ^{ab}	38.63±8.84 ^{ab}	39.63±11.66 ^{ab}	19.75±7.17 ^{ab}
对照组					
治疗前	24	13.71±3.55	27.25±6.46	29.34±8.45	28.16±8.70
治疗后	24	16.42±4.26 ^a	32.92±7.95 ^a	32.72±10.06 ^a	24.86±9.43 ^a

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与对照组治疗后比较,^b $P<0.05$

10MWT 和 DGI 评分均显著优于对照组治疗后,差异均有统计学意义($P<0.05$),详见表 4。

表 4 2 组患者治疗前、后步行功能各项指标比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	10MWT(s)	DGI(分)
观察组			
治疗前	24	18.74±6.56	13.54±3.91
治疗后	24	14.20±5.88 ^{ab}	17.83±3.72 ^{ab}
对照组			
治疗前	24	20.68±7.01	12.67±4.10
治疗后	24	18.00±6.91 ^a	14.75±4.50 ^a

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与对照组治疗后比较,^b $P<0.05$

四、相关性分析

相关性分析显示,观察组治疗前、后的 MIP 差值与其 TUGT 差值($r = -0.651$)、10MWT 差值($r = -0.501$)均呈显著负相关($P<0.01$)。

讨 论

本研究结果显示,观察组帕金森病患者经 8 周的阈值压力负荷吸气肌训练联合常规康复训练治疗后,其深呼吸时膈肌活动度、吸气末厚度、MIP、TIS 评分、BBS 评分、LOS、TUGT、10MWT 和 DGI 评分均较组内治疗前和对照组治疗后均显著改善,该结果表明,阈值压力负荷吸气肌训练联合常规康复训练可以更好地提高帕金森病患者的膈肌功能,从而改善其平衡功能和步行功能。

平衡障碍在疾病早期即可出现,由此导致的跌倒是患者致残的重要因素之一^[18]。引起帕金森病患者平衡障碍的主要原因,是由于姿势异常和运动迟缓等导致参与姿势控制的核心肌群失调,躯干控制能力降低,重心分布不稳^[19]。核心肌群的稳定是四肢正常运动的前提,与躯干控制和平衡有密切关系^[20]。躯干核心肌群包括前壁的腹部肌群,后壁的背部及臀部肌群,顶部的膈肌以及底部的盆底肌群^[21]。目前,国内外针对帕金森病患者平衡的物理治疗很多,但往往忽略了膈肌对躯干稳定的重要作用。

膈肌作为人体最重要的呼吸肌参与生命维持,提供 75% 的吸气动力,膈肌的运动直接影响肺通气量,

同时其作为躯干深层核心肌群,也参与姿势控制^[22-24]。膈肌通过膈肌脚附着于脊柱,它不能主动地移动躯干,而是通过收缩增加腹内压来维持人体躯干的稳定性。此外,膈肌收缩也可以使腹腔内容物向胸腔位移最小化,维持腹肌的桶装几何结构,通过增加腰胸筋膜的张力来提高脊柱的稳定性^[25-26]。

既往对脑卒中运动功能的相关研究指出,呼吸肌训练对患者平衡功能有一定疗效,但在帕金森病患者中鲜见报道^[27]。阈值压力负荷吸气肌训练可以为患者提供稳定的吸气阻力,对以膈肌为主的吸气肌进行渐进抗阻训练,促进膈肌肌力提高^[28]。MIP 是评价吸气肌力量最重要的功能指标,超声是评估膈肌收缩能力的一种可靠有效的影像学方法^[29]。本研究结果中,观察组患者经过 8 周治疗后,其 MIP、深呼吸时的膈肌活动度和吸气末厚度明显优于组内治疗前和对照组治疗后,说明吸气肌训练可以提高膈肌力量,这与以往的研究结果基本一致^[30-31]。本研究结果还显示,观察组平衡能力的改善亦优于组内治疗前和对照组治疗后,即观察组患者通过吸气肌训练后不仅可以强化膈肌、肋间肌等相关核心肌群的力量,患者在完成动作过程中,当腹肌、背阔肌、竖棘肌等核心肌肉收缩时,膈肌的同时收缩还可调节胸、腹腔的压力,提高脊柱和骨盆的稳定性,使四肢产生更优化的动作模式。

本研究进一步还显示,观察组治疗前、后的 MIP 差值与其 TUGT 差值和 10MWT 差值均呈显著负相关(<0.01),提示吸气肌力量的可能促进平衡和步行能力的改善。

综上所述,阈值压力负荷吸气肌训练联合常规康复训练可以提高帕金森病患者的膈肌力量和活动度,改善其平衡和步行能力。本研究尚存在一定局限性,如样本量较少,观察指标不够全面,以及未进行后期疗效的随访等,这些都将在本课题组后期的研究中进行补充和加强。

参 考 文 献

- [1] Torsney KM, Forsyth D. Respiratory dysfunction in Parkinson's disease [J]. J R Coll Physicians Edinb, 2017, 47(1): 35-39. DOI: 10.4997/

- JrcPe.2017.108.
- [2] Pantall A, Suresparan P, Kapa Le, et al. Postural dynamics are associated with cognitive decline in Parkinson's disease[J].*Front Neurol*, 2018, 9:1044. DOI:10.3389/fneur.2018.01044.
- [3] Gamble K, Chiu A, Peiris C, et al. Core stability exercises in addition to usual care physiotherapy improve stability and balance after stroke: a systematic review and meta-analysis[J].*Arch Phys Med Rehabil*, 2021, 102 (4): 762-775. DOI:10.1016/j.apmr.2020.09.388.
- [4] Kocjan J, Adamek M, Gzik-Zroska B, et al. Network of breathing. Multifunctional role of the diaphragm: a review[J].*Adv Respir Med*, 2017, 85(4): 224-232. DOI:10.5603/ARM.2017.0037.
- [5] 王璐, 程怡慧, 张秀, 等. 吸气肌训练对亚急性脑卒中患者肺功能及膈肌运动的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2020, 42 (11): 987-991. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2020.11.006.
- [6] 中华医学会神经病学分会帕金森病及运动障碍学组. 中国帕金森病的诊断标准(2016版)[J]. *中华神经科杂志*, 2016, 49 (4): 268-271. DOI:10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2016.04.002.
- [7] Marinus J, Visser M, Stiggelbout AM, et al. A short scale for the assessment of motor impairments and disabilities in Parkinson's disease: the SPES/SCOPA[J].*J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2004, 75(3): 388-395. DOI:10.1136/jnnp.2003.017509.
- [8] Neto MG, Saquetto MB, Silva CM, et al. Effects of respiratory muscle training on respiratory function, respiratory muscle strength, and exercise tolerance in patients post stroke: a systematic review with meta-analysis[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2016, 97 (11): 1994-2001. DOI:10.1016/j.apmr.2016.04.018.
- [9] Jung JH, Kim NS. The effect of progressive high-intensity inspiratory muscle training and fixed high-intensity inspiratory muscle training on the asymmetry of diaphragm thickness in stroke patients[J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27(10): 3267-3269. DOI:10.1589/jpts.27.3267.
- [10] Boon AJ, Sekiguchi H, Harper CJ, et al. Sensitivity and specificity of diagnostic ultrasound in the diagnosis of phrenic neuropathy[J]. *Neurology*, 2014, 83 (14): 1264-1270. DOI: 10.1212/WNL.0000000000000841.
- [11] 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. DOI:10.12659/msm.900529.
- [12] Verheyden G, Willems AM, Ooms L, et al. Validity of the trunk impairment scale as a measure of trunk performance in people with Parkinson's disease[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2007, 88 (10): 1304-1308. DOI:10.1016/j.apmr.2007.06.772.
- [13] Lima CA, Ricci NA, Nogueira EC, et al. The Berg balance scale as a clinical screening tool to predict fall risk in older adults: a systematic review[J]. *Physiotherapy*, 2018, 104(4): 383-394. DOI: 10.1016/j.physio.2018.02.002.
- [14] 许惊飞, 王劲松, 宗慧燕, 等. 健康年轻人稳定极限的重测信度研究[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2012, 34(4): 265-267. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2012.04.008.
- [15] Bloem BR, Marinus J, Almeida Q, et al. Measurement instruments to assess posture, gait, and balance in Parkinson's disease: Critique and recommendations [J]. *Mov Disord*, 2016, 31 (9): 1342-1355. DOI: 10.1002/mds.26572.
- [16] Lang JT, Kassin TO, Devaney LL, et al. Test-retest reliability and minimal detectable change for the 10-meter walk test in older adults with Parkinson's disease[J]. *J Geriatr Phys Ther*, 2016, 39(4): 165-170. DOI:10.1519/JPT.0000000000000068.
- [17] Forsberg A, Andreasson M, Nilsagård YE, et al. Validity of the dynamic gait index in people with multiple sclerosis [J]. *Phys Ther*, 2013, 93(10): 1369-1376. DOI: 10.2522/ptj.20120284.
- [18] Mak MK, Wong-Yu IS, Shen X, et al. Long-term effects of exercise and physical therapy in people with Parkinson disease [J]. *Nat Rev Neurol*, 2017, 13(11): 689-703. DOI:10.1038/nrneurol.2017.128.
- [19] Christofoletti G, McNeely ME, Campbell MC, et al. Investigation of factors impacting mobility and gait in Parkinson disease [J]. *Hum Mov Sci*, 2016, 49(10): 308-314. DOI:10.1016/j.humov.2016.08.007.
- [20] Kim JH, Lee S M, Jeon S, et al. Correlations among trunk impairment, functional performance, and muscle activity during forward reaching tasks in patients with chronic stroke [J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27(9): 2955-2958. DOI:10.1589/jpts.27.2955.
- [21] 韩春远, 王卫星, 成波锦, 等. 核心力量训练的基本问题——核心区与核心稳定性[J]. *天津体育学院学报*, 2012, 27(2): 117-120. DOI:10.3969/j.issn.1005-0000.2012.02.006.
- [22] 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. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.08.019.
- [23] 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. DOI:10.1016/j.apmr.2014.08.019.
- [24] Bordoni B. Network of breathing. Multifunctional role of the diaphragm: a review [J]. *Adv Respir Med*, 2017, 85(5): 292-293. DOI:10.5603/ARM.a2017.0047
- [25] Lessa TB, De Abreu DK, Bertassoli BM, et al. Diaphragm: a vital respiratory muscle in mammals [J]. *Ann Anat*, 2016, 205: 122-127. DOI:10.1016/j.aanat.2016.03.008.
- [26] Kocjan J, Gzik-Zroska B, Nowakowska K, et al. Impact of diaphragm function parameters on balance maintenance [J]. *PLoS One*, 2018, 13 (12): e0208697. DOI:10.1371/journal.pone.0208697.
- [27] Lee K, Park D, Lee G. 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. DOI:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2019.01.008.
- [28] Seixas MB, Almeida LB, Trevizan PF, et al. Effects of inspiratory muscle training in older adults [J]. *Respir Care*, 2020, 65 (4): 535-544. DOI: 10.4187/respcare.06945.
- [29] Baldwin CE, Paratz JD, Bersten AD, et al. Diaphragm and peripheral muscle thickness on ultrasound: intra-rater reliability and variability of a methodology using non-standard recumbent positions [J]. *Respirology*, 2011, 16 (7): 1136-1143. DOI: 10.1111/j.1440-1843.2011.02005.x.
- [30] 莫贺龙, 李祖虹, 王赛华, 等. 呼吸训练联合核心稳定训练治疗脑卒中后偏瘫患者的疗效观察 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2021, 43 (8): 690-692. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.08.004.
- [31] 范杰诚, 王佳良, 夏春风, 等. 呼吸功能训练对帕金森病患者运动和呼吸功能及日常生活活动能力的影响 [J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2021, 43 (8): 693-697. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.08.005.