

## 基于呼吸—运动协同干预机制下的联合训练改善老年脑卒中偏瘫患者心肺适能重塑的随机对照研究\*

陈妍 刘元红 何姝瑾 陈茜茹 李艳 茅慧雯\*\*

上海市同仁医院, 上海 200335

**[摘要]** **目的** 探讨基于呼吸—运动协同干预模式对Brunnstrom II~III期老年脑卒中恢复期偏瘫患者心肺适能及运动能力的改善效果。**方法** 选取2023年1月—2025年1月上海市同仁医院康复科住院的老年脑卒中恢复期偏瘫患者80例作为研究对象,采用评估者盲法的随机对照试验研究,两组均给予常规康复训练。试验组在此基础上采用呼吸—运动整合干预方案,即坐姿改良八段锦及下肢功率车训练,6 d/周,连续12周。比较干预前后及两组间肺功能指标(FVC、FEV1、PEF)、运动能力指标(Work<sub>peak</sub>、HRR)、心脏自主神经功能相关指标(HRR at 1 min、SBPrest、DBPrest、HRrest)。**结果** 干预后,与干预前比较,两组FVC、FEV1、PEF均升高,且试验组高于对照组( $P < 0.05$ );试验组Work<sub>peak</sub>、HRR均提高,且试验组高于对照组( $P < 0.05$ );试验组SBPrest、DBPrest及HRrest降低,HRR at 1 min升高,对照组仅HRR at 1 min升高( $P < 0.05$ );与对照组比较,干预后试验组的SBPrest、DBPrest及HRrest降低,HRR at 1 min升高( $P < 0.05$ )。**结论** 呼吸—运动协同干预模式的训练方案可显著改善Brunnstrom II~III期老年脑卒中恢复期患者的心肺适能与运动能力,为脑卒中后康复提供了创新有效的干预范式。

**[关键词]** 坐姿改良八段锦;下肢功率车;老年脑卒中后偏瘫;呼吸—运动协同干预;心肺适能

doi: 10.3969/j.issn.1674-7593.2026.03.004

### Effects of combined training based on a breathing-movement synergistic intervention mechanism on cardiopulmonary fitness remodeling in hemiplegia after senile stroke: a randomized controlled study

Chen Yan, Liu Yuanhong, He Shujin, Chen Qianru, Li Yan, Mao Huiwen\*\*

Shanghai Tongren Hospital, Shanghai 200335, China

\*\* Corresponding author: Mao Huiwen, email: 3340562044@qq.com

**[Abstract]** **Objective** To explore the improvement effect of a breathing-movement synergistic intervention model on cardiopulmonary fitness and motor ability in elderly hemiplegic patients with Brunnstrom stage II–III during the recovery period of stroke. **Methods** A total of 80 elderly patients with hemiplegia in the recovery period after stroke who were hospitalized in the Department of Rehabilitation of Shanghai Tongren Hospital from January 2023 to January 2025 were selected as the research subjects. A randomized controlled trial with assessor blinding was conducted. Both groups were given conventional rehabilitation training. On this basis, the experimental group was supplemented with a breathing-movement integration intervention program: seated modified Baduanjin and lower-limb cycle ergometer training, 6 days a week for 12 consecutive weeks. To compare the pulmonary function indicators (FVC, FEV1, PEF), exercise capacity indicators (Work<sub>peak</sub>, HRR), and cardiac autonomic nerve function related values (HRR at 1min, SBPrest, DBPrest, HRrest) within groups before and after intervention and between the two groups. **Results** After the intervention, compared with before the intervention, FVC, FEV1, and PEF in both groups increased, and the experimental group was higher than the control group ( $P < 0.05$ ); Work<sub>peak</sub> and HRR in the experimental group improved, and the experimental group was higher than the control group ( $P < 0.05$ ); SBPrest, DBPrest, and HRrest in the experimental group decreased, and HRR at 1 min increased, while in the control group only HRR at 1 min increased ( $P < 0.05$ ); compared with the control group, after the intervention, SBPrest, DBPrest, and HRrest in the experimental group decreased, and HRR at 1 min increased ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** The breathing-movement synergistic intervention model can significantly improve the cardiopulmonary fitness and motor ability of elderly hemiplegic patients with Brunnstrom stage II–III during the recovery period of stroke, providing an innovative and effective intervention paradigm for post-stroke rehabilitation.

**[Key words]** Seated modified Baduanjin; Lower-limb cycle ergometer; Hemiplegia after senile stroke; Breathing-movement syn-

收稿日期: 2025-03-22 修回日期: 2025-06-13 录用日期: 2025-06-13

\* 国家自然科学基金青年科学基金项目(82202794);上海市中西医结合专项(ZHYY-ZXYJHZX-202015);上海市同仁医院临床研究专项(TRYJ2024LC14)

\*\* 通信作者: 茅慧雯,电子邮箱 3340562044@qq.com

ergistic intervention; Cardiopulmonary fitness

老年脑卒中具有高发病率、高致残率的特点<sup>[1]</sup>。老年脑卒中发生后,超过80%的患者会发生急性功能障碍,超过50%的患者会长期留有功能障碍<sup>[2]</sup>。临床上,老年脑卒中偏瘫患者的康复长期聚焦于运动功能的重建,而忽略了一个关键维度——心肺适能(Cardiopulmonary fitness, CRF)的同步恢复<sup>[3-4]</sup>。CRF是个体进行大肌群参与具有动力性、中等强度特征的周期性运动的能力,它取决于呼吸器官摄取氧、心血管输送氧和肌肉利用氧的能力,是评估个体进行持续性体力活动的核心指标,直接决定患者康复训练的耐受阈值。老年脑卒中患者的心肺适能在发病早期仅处于健康人群的5%~25%,而在恢复期则逐渐提升至53%,然而这一数值仍然不能维持患者的日常生活活动<sup>[5]</sup>。流行病学研究显示,超过1/3的脑卒中患者长期卧床或活动不足,逐渐形成以低潮气量呼吸为特点的异常通气模式<sup>[6-7]</sup>。这不仅加速呼吸肌废用性萎缩,更引发恶性循环:①病理性的呼吸—血流再分配。脑卒中后的异常运动模式使膈肌血液需求激增,而躯干、肢体肌肉在运动中处于相对缺血状态,呼吸—血流再分配的这一异常机制导致运动耐力急剧下降<sup>[8]</sup>;②胸廓呼吸动力链的破坏。腹直肌、腹横肌等日常辅助呼吸的核心肌群废用性萎缩,使胸廓扩张度降低,最终进展为限制性通气障碍。已有研究表明,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<sup>[9]</sup>。

Brunnstrom 6 阶段评定表是脑卒中最常用的评定运动模式的一种方法<sup>[10]</sup>。Brunnstrom 将偏瘫肢体功能的恢复过程根据肌力、肌张力的变化情况分为6个阶段。处于Brunnstrom II~III期的患者,偏瘫肢体仅能出现联合反应或共同运动,严重影响运动功能。尽管已经认识到呼吸与运动功能的正向关联性,但针对老年脑卒中后运动功能障碍处于Brunnstrom II~III期的偏瘫患者,康复干预仍面临困境。首先传统八段锦站立体位训练对于该类患者有很高的跌倒风险,其次现有的下肢功率车缺乏对屈肌协同模式的适配设计,造成健侧代偿过度而患侧参与不足,这直接导致患者无法达到靶心率强度。

本研究针对上述瓶颈,提出呼吸—运动整合干预模式,将传统八段锦进行坐姿改良并结合健患侧协同动作设计,由健侧带动患侧进行训练,同时改良下肢功率车,使患侧的上下肢都能固定于功率车上,让患者能安全地完成呼吸—运动协同训练,观察呼吸—协同干预模式对老年脑卒中偏瘫患者心肺适能及运动能力的改善效应,为破解Brunnstrom II~III期的老年脑卒中恢复期患者的康复困境提供新的治疗策略。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

选取2023年1月—2025年1月上海市同仁医院康复科住院的80例老年脑卒中偏瘫患者作

为研究对象。纳入标准:①根据《中国各类主要脑血管病诊断要点2019》<sup>[11]</sup>中关于缺血性老年脑卒中及出血性老年脑卒中的诊断标准,并经影像学确诊;②年龄65~80岁;③老年脑卒中病程为6~12个月;④无明显认知功能障碍(简易精神状态检查量表>21分),能配合相关评估及治疗;⑤患侧肢体运动功能Brunnstrom II~III期、坐位平衡3级、下肢肌张力改良Ashworth分级<2级;⑥知情同意并且签署知情同意书。排除标准:①合并不稳定型心绞痛、慢性心力衰竭、严重心脏瓣膜疾病等血流动力学不稳定;②有严重的肌肉骨骼关节疾病;③有严重的并发症,如压疮、深静脉血栓、下肢闭塞性动脉硬化等。终止标准:①新发脑卒中或心血管事件,不宜接受继续试验;②试验过程中自行退出。采用随机数字表进行随机分组,并通过信封法实施分组隐藏。试验组和对照组均为40例患者,两组一般资料比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。本研究方案经上海市同仁医院伦理委员会审查通过(伦理审批号:2020-082-01)。

### 1.2 方法

所有患者给予常规康复治疗。康复训练项目包括:①神经发育疗法,包括Brunnstrom技术、PNF技术、ROOD技术、中枢整合技术等;②关节活动度训练、软组织牵伸、关节活动训练;③平衡训练,包括立位平衡训练、步态平衡训练、助行器或拐杖辅助下步行训练等;④肌力训练,包括徒手助力训练、悬吊助力训练等。每次20~30 min,每日1次,每周6 d,连续12周。试验组在对照组治疗基础上增加坐姿改良八段锦及下肢功率车训练。具体方法如下。

**1.2.1 坐姿改良八段锦** 采用坐位,患侧上肢在健侧上肢辅助带动下完成。如果患侧上肢因痉挛无法完成,则由健侧完成单边八段锦动作。起势为端坐或靠坐在椅子上,双脚踩地,双手放在大腿上,患侧上肢目视前方。第一式为两手托天理三焦:上身尽量坐直,吸气,健手托住患手,尽量上举,如有能力在胸口处翻掌,健手抓住患手继续上抬至额前再次翻掌举至头顶,始终用健手抓住患手;呼气,慢慢回落至大腿,同样的动作重复6次。第二式为左右开弓似射雕:上身尽量坐直,吸气,健手掌心朝内上举至胸口,向外侧打开,呈八字掌,头转向健侧,眼睛看向指尖;呼气,健手回收,放回到腿上,同样的动作重复6次。第三式为调理脾胃须单举:上身尽量坐直,吸气,健手掌心朝上上举至胸口,翻掌继续上举至头顶,掌根发力,回落时呼气,同样的动作重复6次。第四式为五劳七伤往后瞧:上身尽量坐直,吸气,双臂尽量下垂,健手旋转打

开,头尽量向后转,目视斜后方,呼气;头转回前方,健手旋转至体侧,一左一右各做3次。第五式为摇头摆尾去心火:双手放在大腿上,吸气,身体重心往健侧移动,弯腰向前旋转至正前方,呼气,回到原点,吸气,弯腰向前反方向旋转至原点,重复3次。第六式为两手攀足固肾腰:健手掌心向下,吸气,手臂向前向上举至头顶,呼气,屈肘,掌心向下,按至胸前,手掌反穿至背后,吸气,沿背向下至臀部,上身前屈,手掌沿膝直下,呼气,手掌前举上升,上身坐起,重复6次。第七式为攒拳怒目增气力:健手握拳于腰侧,吸气,拳向前冲出,拳眼向上,怒目而视,呼气,拳变掌,再旋腕握紧成拳,收回腰侧。重复6次。第八式为背后七颠百病消:双手放在大腿上,吸气,身体重心先向前移,踮脚,稍停,呼气,回到原点,足跟落地,重复7次。为保证患者完成八段锦训练的质量,将以上整套动作录制成视频,在治疗大厅电视上播放,患者跟着视频节奏完成坐姿改良八段锦训练。Brunnstrom II期与Brunnstrom III期的患者各为一组,两组分别进行集体性训练,在训练过程中,由一名中医师全程观察并帮助完成困难的患者。呼气时要求患者缩唇呼气,吸气时要求患者闭紧嘴唇。在进行八段锦训练前需对所有患者进行此项呼吸训练,在训练过程中,由一名在读研究生专职下达“吸气”“呼气”指令。

**1.2.2 下肢功率车训练** 采用多功能功率自行车(荷兰Enraf-Nonius公司生产,型号Bike Reha),中等强度稳态训练模式,即以峰值负荷的60%~75%功率持续运动20~40 min。遵循循序渐进和个体化原则,以患者现在的身体活动水平和踏车运动试验结果为依据,对运动持续时间和运动强度做相应调整。由于偏瘫患者运动功能障碍,需要对功率自行车进行改良:将患侧上肢用臂托架在车把上并使其固定,患侧脚踏固定,足下垂严重患者需佩戴足托,将患足固定在脚踏上。

下肢功率车训练流程:①入组后对两组患者均进行踏车运动试验,获得峰值负荷;②根据患者情况设定运动处方;③实验组在进行踏车训练前做肩部及腿部柔韧性训练,偏瘫侧肢体做关节活动度训练及肌肉放松训练;④踏车训练过程分为三个阶段,即热身阶段、主动运动阶段、放松阶段。热身阶段让患者坐在功率自行车上,以0 W的状态持续5 min,观察心率并记录;主动运动阶段,从20 W开始,转速维持在40~45 r/min。每个运动阶段持续2~3 min,达到该阶段稳态心率后进入下一阶段,以10 W的增速递增,直至达到目标运动负荷,即峰值负荷的60%~75%,持续20~40 min;放松阶段,以0 W的状态持续5 min。根据Borg主观感觉疲劳程度量表使运动强度保持在

12~13分,并监测患者心率和血压,若患者出现心绞痛、严重心律失常、血压异常下降或者升高则立即停止运动并及时对症处理,结束时及结束8 min后监测患者心率和血压。根据患者运动后恢复情况,每天或隔天进行训练,每周4~6次。

### 1.3 观察指标

**1.3.1 主要评价指标** 胸廓与呼吸肌动力不足是影响肺通气功能的重要原因,以下指标是临床最常用的肺通气功能指标,常用于评估气道通畅性与通气储备能力。①用力肺活量(Forced vital capacity, FVC):指最大吸气后能呼出的最大气量,FVC降低常见于肺体积受限引起的肺容量减少,包括胸廓活动受限、呼吸肌无力等;②第1秒用力呼气量(Forced expiratory volume in the first second, FEV1):指最大吸气至肺总量后1秒内的快速呼出量,反映气道通畅性及呼吸肌力量;③呼气峰值流速(Peak expiratory flow, PEF):指用力呼气时的最高流量,反映气道通畅性及呼吸肌力量。

**1.3.2 次要评价指标** 运动能力体现在心肺适中,主要反映心脏储备功能、外周氧利用效率及整体功能状态。它直接决定患者完成日常活动及体力负荷的耐受程度。本研究采用以下3个指标检测运动能力①峰值负荷(Peak work,  $Work_{peak}$ ):指受试者能完成的最大运动负荷,是评价人体有氧运动能力,尤其是最大有氧运动能力的重要指标。本研究采用踏车运动试验来评估患者的运动耐力。让患者在特制的功率自行车上以等量递增负荷进行踏车运动。采用起始3 min无负荷,之后每分钟增加5 W,踏车速率保持在50转~60转/min,如患者不能保持车速50转,则终止试验,此时获得的功率为峰值负荷;②心率储备(Heart rate recovery, HRR): $HRR = \text{最大运动心率} - \text{静息心率}$ (Rest heart rate,  $HR_{rest}$ )。最大运动心率同样由踏车运动试验来评估。HRR越高,心肺储备功能及运动能力越好;③心脏自主神经功能:采用踏车运动试验评估患者心脏自主神经功能,主要包括1分钟心率恢复(Heart rate recovery at 1 minute,  $HRR_{at 1 min}$ ), $HR_{rest}$ 、静息收缩压(Rest systolic blood pressure,  $SBP_{rest}$ )、静息舒张压(Rest diastolic blood pressure,  $DBP_{rest}$ )。

### 1.4 统计学方法

使用SPSS26.0统计学软件进行数据分析。本研究所有计量资料均符合正态分布,用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 $t$ 检验;组内干预前后比较采用配对样本 $t$ 检验。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 两组呼吸功能指标比较

干预后,两组的FVC、FEV1、PEF均升高,且试验组均高于对照组,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表1。

表1 两组呼吸功能指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )Tab. 1 Comparison of respiratory function indexes between the two groups ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	FVC(L)		FEV1(L)		PEF(L/s)	
		干预前	干预后	干预前	干预后	干预前	干预后
对照组	40	2.72 ± 0.67	3.01 ± 0.60 <sup>a</sup>	2.32 ± 0.58	2.65 ± 0.47 <sup>a</sup>	3.99 ± 1.45	4.25 ± 1.24 <sup>a</sup>
试验组	40	2.71 ± 0.67	3.70 ± 0.65 <sup>a</sup>	2.32 ± 0.58	3.24 ± 0.51 <sup>a</sup>	4.46 ± 1.51	5.86 ± 1.90 <sup>a</sup>
<i>t</i> 值		0.035	5.703	0.348	5.487	1.941	4.521
<i>P</i> 值		0.972	<0.001	0.972	<0.001	0.056	<0.001

注: 与干预前比较<sup>a</sup>*P*<0.05。

## 2.2 两组运动能力比较

干预后, 试验组  $Work_{peak}$ 、HRR 均提高, 且试验组均高于对照组, 差异均有统计学意义 (*P*<0.05), 见表2。表2 两组治疗前后运动能力指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )Tab. 2 Comparison of exercise capacity indexes between two groups before and after treatment ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	$Work_{peak}$ (w)		HRR(次/min)	
		干预前	干预后	干预前	干预后
对照组	40	70.00 ± 24.53	75.50 ± 20.78	43.00 ± 16.24	42.50 ± 16.35
试验组	40	60.00 ± 27.30	87.75 ± 29.53 <sup>a</sup>	40.00 ± 15.18	56.00 ± 12.68 <sup>a</sup>
<i>t</i> 值		0.883	2.146	0.235	3.485
<i>P</i> 值		0.380	0.035	0.815	0.001

注: 与干预前比较<sup>a</sup>*P*<0.05。

## 2.3 两组治疗前后心脏自主神经功能相关指标比较

干预后, 试验组 SBPrest、DBPrest 及 HRrest 降低, HRR at 1 min 升高; 对照组仅 HRR at 1 min

升高, 差异均有统计学意义 (*P*<0.05)。与对照组比较, 干预后试验组的 SBPrest、DBPrest 及 HRrest 降低, HRR at 1 min 升高, 差异均有统计学意义 (*P*<0.05), 见表3。表3 两组治疗前后心脏自主神经功能相关指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )Tab. 3 Comparison of cardiac autonomic nerve function-related indicators before and after treatment in the two groups ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	SBPrest(mmHg)		DBPrest(mmHg)		HRrest(次/min)		HRR at 1 min(次/min)	
		干预前	干预后	干预前	干预后	干预前	干预后	干预前	干预后
对照组	40	126.00 ± 12.44	127.50 ± 12.27	80.00 ± 8.49	79.00 ± 8.72	78.00 ± 7.92	78.00 ± 8.70	19.50 ± 7.20	21.00 ± 7.08 <sup>a</sup>
试验组	40	128.50 ± 13.31	119.00 ± 12.67 <sup>a</sup>	78.50 ± 8.51	75.00 ± 8.45 <sup>a</sup>	75.50 ± 9.20	71.50 ± 8.79 <sup>a</sup>	19.00 ± 10.67	23.00 ± 10.03 <sup>a</sup>
<i>t</i> 值		0.122	5.097	0.237	2.097	0.886	2.545	1.265	2.830
<i>P</i> 值		0.904	<0.001	0.814	0.039	0.378	0.013	0.210	0.006

注: 与干预前比较<sup>a</sup>*P*<0.05。

## 3 讨论

神经可塑性是老年脑卒中康复的核心机制, 其重塑过程依赖于高强度、重复性及任务导向的功能训练。然而, 低心肺适能状态往往限制患者耐受高强度康复训练的能力<sup>[12]</sup>。临床研究发现, Brunnstrom II ~ III期患者胸廓扩张受限导致氧摄取不足, 加之单侧代偿运动增加耗氧需求, 常陷入通气不足与运动耐受阈值下降的恶性循环。针对

这一临床难题, 本研究创新性地开发了坐姿下呼吸—运动协同干预模式: 通过坐姿改良八段锦促进膈肌主导的胸廓扩张, 结合健侧肢体引导的改良下肢功率车训练(采用特制辅助装置)。这不仅降低了脑卒中康复训练中的跌倒风险, 同时满足了有氧训练的强度要求。与既往研究<sup>[13]</sup>相比, 本方案对运动功能显著受限的 Brunnstrom II ~ III期患者更具针对性, 通过整合八段锦的动态调息训练

与改良下肢功率车训练,有效实现了该人群的呼吸功能与运动能力的同步提升。

八段锦训练整合了调身、调息、调心三大要素,通过腹式呼吸与深长呼吸配合胸部及上肢的协调运动,显著提升患者的通气效率与氧利用能力。具体而言,“两手托天理三焦”动作促进深呼吸,增强肺泡气体交换;“左右开弓似射雕”动作则通过扩大胸腔容积来改善通气功能<sup>[14]</sup>。此外,八段锦的动态训练对核心肌群力量与平衡能力的提升具有显著效果,如“摇头摆尾去心火”动作通过躯干旋转强化腹内外斜肌及腹横肌等核心肌群,这些肌群同时承担着辅助呼吸的功能<sup>[15]</sup>。因此,八段锦训练不仅改善了胸廓顺应性,还增强了呼吸肌力量。

改良下肢功率车训练实现了老年脑卒中偏瘫患者髌-膝-踝三关节协同参与的有氧运动与下肢肌耐力训练。研究表明,三关节协同耐力训练模式可有效激活躯干稳定肌群,促进下肢血液循环与肌肉力量增长,降低运动疲劳感,提升运动耐力<sup>[16]</sup>。重复性训练诱导的神经重塑效应有助于运动感知与运动再学习,促进肌肉协同作用的系统恢复<sup>[17-18]</sup>。此外,该训练方式通过刺激血管内皮细胞增加血管紧张素释放、调节血管形态、提高血管适应性、减少无氧代谢、提升血糖利用效率,从而改善机体代谢状态与耐力水平<sup>[19-20]</sup>。中高强度下肢功率车训练通过增加每搏输出量提升心血管运氧能力,达到改善老年脑卒中患者的步行能力与心肺适能的目的<sup>[21]</sup>。研究证实,进阶式抗阻运动结合有氧运动可显著提高稳定期慢性阻塞性肺疾病患者的运动耐力、肺功能及生活质量,缓解临床症状与呼吸困难程度<sup>[22]</sup>。值得注意的是,下肢伸肌力量的增强与老年人心肺功能密切相关,而下肢功率车训练可有效提升下肢伸肌力量<sup>[23]</sup>。研究表明,50%~80%最大心率的高强度下肢功率车训练显著改善病程≤3个月脑卒中患者的步行能力与心肺适能<sup>[24]</sup>。而本研究发现60%~75%峰值负荷的中等强度训练对病程6~12个月的老年脑卒中患者具有相似的改善效果。对照组运动能力的停滞进一步证实了传统康复训练对老年脑卒中患者运动能力提升的局限性。

规律性有氧运动可诱导机体产生一系列适应性改变,包括耐力、HRR、血压、心输出量等生理指标的改善,以及肌肉能源利用效率、自主神经功能、内皮功能的增强。有氧训练可降低HR-rest,其机制包括:血容量增加导致心室前负荷增加,心搏量改善,通过压力感受反射降低心率;心交感神经张力降低,心迷走神经活动优势增强。运动后心率恢复异常与迷走神经活性直接相关。正常情况下,HRR at 1 min正常值大于12次/min。HRR at 1min反映了自主神经系统中交感神经与副交感神经的动态平衡,是评估自主神经系统功能

的重要指标<sup>[25-27]</sup>。本研究中,试验组HR-rest与静息血压均显著降低,HRR at 1 min显著升高,证实呼吸—运动协同干预模式可有效改善心脏自主神经功能。

本研究的创新性在于整合坐姿改良八段锦与改良下肢功率车训练,为Brunnstrom II~III期老年脑卒中恢复期患者提供了一种安全有效的呼吸—运动协同干预方案,显著改善了患者的心肺适能,具有重要的临床价值。然而,本研究仍存在以下局限性:缺乏长期随访数据,无法评估干预效果的持续性;样本量不足,男性患者比例偏高,可能存在性别偏倚。未来研究应扩大样本规模,纳入下肢肌力、心理状态等多维度评估指标,优化评估体系。同时,针对不同功能水平的老年脑卒中患者制定个性化训练方案,以提高康复干预的临床可行性与推广价值。

#### 参考文献

- [1] Gou R, Luo C, Liang X, et al. Elderly stroke burden: a comprehensive global study over three decades[J]. *Front Aging*, 2025, 6: 1489914.
- [2] Micera S, Caleo M, Chisari C, et al. Advanced neurotechnologies for the restoration of motor function[J]. *Neuron*, 2020, 105(4): 604-620.
- [3] Yoo H J, Pyun S B. Efficacy of bedside respiratory muscle training in patients with stroke: a randomized controlled trial[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2018, 97(10): 691-697.
- [4] 王璐, 陆晓. 脑卒中患者肺功能障碍康复研究进展[J]. *中国康复医学杂志*, 2018, 33(6): 730-734. Wang L, Lu X. Research progress on rehabilitation of pulmonary function disorders in stroke patients[J]. *Chin J Rehabil Med*, 2018, 33(6): 730-734.
- [5] Fan Q, Jia J. Translating research into clinical practice: importance of improving cardiorespiratory fitness in stroke population[J]. *Stroke*, 2020, 51(1): 361-367.
- [6] 郭凯锋, 韩佩洁, 赵凤珍, 等. 有氧运动联合上肢等速肌力训练改善脑卒中患者肺功能[J]. *神经损伤与功能重建*, 2021, 16(7): 416-418. Guo K F, Han P J, Zhao F Z, et al. Aerobic exercise combined with isokinetic muscle strength training of upper limbs improves pulmonary function of stroke patients[J]. *Neural Inj Funct Reconstr*, 2021, 16(7): 416-418.
- [7] Billinger S A, Coughenour E, Mackay-Lyons M J, et al. Reduced cardiorespiratory fitness after stroke: biological consequences and exercise-induced adaptations[J]. *Stroke Res Treat*, 2012, 2012: 959120.
- [8] Segura E, Grau-Sánchez J, Cerda-Company X, et al. Enriched music-supported therapy for individuals with chronic stroke: a randomized controlled trial[J]. *J Neurol*, 2024, 271(10): 6606-6617.
- [9] Li M, Huang Y, Chen H, et al. Relationship between motor dysfunction, the respiratory muscles and pulmonary function in stroke patients with hemiplegia: a retrospec-

- tive study[J]. *BMC Geriatr*, 2024, 24(1): 59.
- [10] 燕铁斌, 窦祖林, 冉春风. 实用瘫痪康复[M]第2版. 北京: 人民卫生出版社, 2010: 568-569.  
Yan T B, Dou Z L, Ran C F. Practice of paralysis rehabilitation[M]. 2nd ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2010: 568-569.
- [11] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国各类主要脑血管病诊断要点2019[J]. 中华神经科杂志, 2019, 52(9): 710-715.  
Chinese Medical Association Neurology Branch, The Cerebrovascular Disease Group of the Neurology Branch of the Chinese Medical Association. Key Points for Diagnosing Various Main Cerebrovascular Diseases in China (2019) [J]. *Chin J Neurol*, 2019, 52(9): 710-715.
- [12] 贾杰. 卒中“疾病全周期”康复[J]. 中国卒中杂志, 2021, 16(3): 219-222.  
Jia J. Full-course rehabilitation of stroke[J]. *Chin J Stroke*, 2021, 16(3): 219-222.
- [13] da Rosa Pinheiro D R, Cabeleira M E P, da Campo L A, et al. Effects of aerobic cycling training on mobility and functionality of acute stroke subjects: a randomized clinical trial[J]. *NeuroRehabilitation*, 2021, 48(1): 39-47.
- [14] Rattes C, Campos S L, Morais C, et al. Respiratory muscles stretching acutely increases expansion in hemiparetic chest wall[J]. *Respir Physiol Neurobiol*, 2018, 254: 16-22.
- [15] 岳彩超, 陈翔, 孙晓, 等. 5种康复运动对脑卒中患者运动能力有效性的网状Meta分析[J]. 中国循证医学杂志, 2022, 22(3): 299-308.  
Yue C C, Chen X, Sun X, et al. Efficacy of five types of rehabilitation exercise therapies on the exercise capacity intervention in stroke patients: a network meta-analysis [J]. *Chin J Evid Based Med*, 2022, 22(3): 299-308.
- [16] 付丛会, 陈梅, 李小通, 等. 抗阻训练对卒中慢性期患者呼吸功能、运动耐力及负性情绪的影响[J]. 中国卒中杂志, 2022, 17(6): 573-578, 572.  
Fu C H, Chen M, Li X T, et al. Effects of resistance training on respiratory function, exercise endurance and negative emotion in stroke patients at chronic stage[J]. *Chin J Stroke*, 2022, 17(6): 573-578, 572.
- [17] Dan B. Intensive repetitive motor training: how does it work in children with cerebral palsy? [J]. *Dev Med Child Neurol*, 2021, 63(9): 1008.
- [18] Linder S M, Rosenfeldt A B, Davidson S, et al. Forced, not voluntary, aerobic exercise enhances motor recovery in persons with chronic stroke[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2019, 33(8): 681-690.
- [19] Yabuno S, Yasuhara T, Nagase T, et al. Correction: synergistic therapeutic effects of intracerebral transplantation of human modified bone marrow-derived stromal cells (SB623) and voluntary exercise with running wheel in a rat model of ischemic stroke[J]. *Stem Cell Res Ther*, 2023, 14(1): 123.
- [20] Wills M, Ding Y. Mini-review (Part II): a clinical consideration on exercise and ischemic conditioning in stroke rehabilitation [J]. *Brain Circ*, 2021, 7(4): 225-229.
- [21] Boyne P, Dunning K, Carl D, et al. High-intensity interval training and moderate-intensity continuous training in ambulatory chronic stroke: feasibility study[J]. *Phys Ther*, 2016, 96(10): 1533-1544.
- [22] 彭先美, 欧平雪, 杨燕, 等. 进阶式抗阻运动结合有氧运动对稳定期慢性阻塞性肺疾病患者呼吸康复效果的影响[J]. 国际老年医学杂志, 2022, 43(4): 429-433.  
Peng X M, Ou P X, Yang Y, et al. Progressive resistance exercise combined with aerobic exercise in respiratory rehabilitation of patients with stable chronic obstructive pulmonary disease [J]. *Int J Geriatr*, 2022, 43(4): 429-433.
- [23] Hurst C, Weston K L, Weston M. The effect of 12 weeks of combined upper- and lower-body high-intensity interval training on muscular and cardiorespiratory fitness in older adults [J]. *Aging Clin Exp Res*, 2019, 31(5): 661-671.
- [24] 陈幼花, 李瑞久, 倪艾珺, 等. COPD患者6MWT下指脉氧特点及运动耐力相关因素分析[J]. 南京医科大学学报(自然科学版), 2024, 44(8): 1082-1091.  
Chen Y H, Li R J, Ni A J, et al. The characteristics and correlative factors of pulse oxygen saturation and exercise tolerance of COPD patients in 6MWT[J]. *J Nanjing Med Univ Nat Sci*, 2024, 44(8): 1082-1091.
- [25] Bechke E, Kliszczewicz B, McLester C, et al. An examination of single day vs. multi-day heart rate variability and its relationship to heart rate recovery following maximal aerobic exercise in females[J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1): 14760.
- [26] Yu T Y, Hong W J, Jin S M, et al. Delayed heart rate recovery after exercise predicts development of metabolic syndrome: a retrospective cohort study[J]. *J Diabetes Investig*, 2022, 13(1): 167-176.
- [27] 胡辉, 戴海伦, 钱永东, 等. 训练者和无训练者的心脏自主神经功能及其对中等强度有氧运动的反应特征[J]. 中国运动医学杂志, 2023, 42(3): 201-209.  
Hu H, Dai H L, Qian Y D, et al. Cardiac autonomic nerve function of trained and untrained men and their response to moderate-intensity aerobic exercise[J]. *Chin J Phys Med*, 2023, 42(3): 201-209.