利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

[1] HOLDEN B A, FRICKE T R, WILSON D A, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050[J]. Ophthalmology, 2016, 123(5): 1036-1042.
[2] MORGAN I G, OHNO-MATSUI K, SAW S M. Myopia[J]. Lancet, 2012, 379(9827): 1739-1748.
[3] CHIA A, CHUA W H, CHEUNG Y B, et al. Atropine for the treatment of childhood myopia: Safety and efficacy of 0.5%, 0.1%, and 0.01% doses (atropine for the treatment of myopia 2)[J]. Ophthalmology, 2012, 119(2): 347-354.
[4] 陈楠,薛劲松,蔡江怀,等.光学离焦技术控制近视的研究进展[J].国际眼科杂志,2022,22(2):260-264.
[5] 《眼轴长度在近视防控管理中的应用专家共识(2023)》专家组.眼轴长度在近视防控管理中的应用专家共识(2023)[J].中华实验眼科杂志,2024,42(1):1-11.
[6] TROILO D, SMITH E L III, NICKLA D L, et al. IMI-report on experimental models of emmetropization and myopia[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2019, 60(3): M31-M88.
[7] 王钰靓,瞿小妹.近视干预中阿托品滴眼液的临床应用与机制研究进展[J].中国眼耳鼻喉科杂志,2021,21(3):216-220.
[8] UPADHYAY A, BEUERMAN R W. Biological mechanisms of atropine control of myopia[J]. Eye Contact Lens, 2020, 46(3): 129-135.
[9] SUN H Y, LU W Y, YOU J Y, et al. Peripheral refraction in myopic children with and without atropine usage[J]. J Ophthalmol, 2020, 2020: 4919154.
[10] DHAKAL R, VUPPARABOINA K K, VERKICHARLA P K. Anterior sclera undergoes thinning with increasing degree of myopia[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2020, 61(4): 6.
[11] CHUN R K M, ZHANG H Y, LIU Z J, et al. Defocus incorporated multiple segments (DIMS) spectacle lenses increase the choroidal thickness: A two-year randomized clinical trial[J]. Eye Vis (Lond), 2023, 10(1): 39.
[12] LIU Y L, WANG L J, XU Y Y, et al. The influence of the choroid on the onset and development of myopia: From perspectives of choroidal thickness and blood flow[J]. Acta Ophthalmol, 2021, 99(7): 730-738.

收稿日期:2025-03-07
(本文编辑:吴迪汉)

床边减量高强度间歇训练对脑卒中卧床患者心肺功能的影响

何访华,马安枫,蒋寅生

【关键词】 脑梗死;减量高强度间歇训练;心肺功能
doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2025.07.024
【中图分类号】 R743.33 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1671-0800(2025)07-0746-04

相比同龄健康者,脑卒中患者心肺功能会降低1/2,表现为利用氧的能力、运动耐力和心肺功能储备等降低[1-2],易并发心肺血管疾病[3]。减量高强度间歇训练(reduced-exertion high-intensity training,RE-HIT)是在传统的高强度间歇训练(high-intensity interval training,HIIT)基础上对训练模式的进一步优化,一方面其能够确保患者的运动强度,另一方面也保证了患者运动舒适性,有利于患者训练依从性的提高[4-5]。本研究拟分析REHIT对脑卒中卧床患者心肺功能的影响,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集2023年6月至2024年6月浙江大学医学院附属第二医院临平院区收治的脑卒中卧床患者,纳入标准:(1)符合《中国急性缺血性卒中诊治指南2023》[6]标准,并经影像学检查确诊为脑卒中;(2)首次发病且病程≤6个月;(3)生命体征稳定,能够完成床边踏车心肺运动测试;(4)有一定理解能力和肢体功能,可以理解并完成临床运动干预方案。排除标准:(1)合并恶性肿瘤者;(2)并发严重肺气肿,严重心功能衰竭、心房颤动及心绞痛发作等心血管系统疾病;(3)合并认知功能障碍者;(4)合并关节

作者单位: 311100 杭州,浙江大学医学院附属第二医院临平院区
通信作者: 何访华,Email:3593550942@qq.com

病、骨质疏松，严重肾、肝、心等功能障碍，或存在严重感染者；(5)血流动力学不稳定者。本研究获得浙江大学医学院附属第二医院临平院区伦理委员会批准(审批号：伦 2023 第 62 号)，所有研究对象均同意参加本研究并签署书面知情同意书。

根据 $n=2[(\mu_\alpha+\mu_\beta)\sigma/\delta]^2$ 估算两组样本量，其中 δ 为两组均数之差，σ 为合并标准差，双侧检验 $\alpha=0.05$，$\beta=0.2$，查表可知 $\mu_\alpha=1.96$，$\mu_\beta=0.84$；依据预实验数据可知 $\delta=1.48$，$\sigma=2.24$，代入公式得 $n\approx36$，考虑失访等因素的影响，增加 10%的样本量，每组纳入患者 40 例。对照组男 25 例，女 15 例；年龄 30 ～ 76 岁，平均(59.2±10.2)岁；病程(46.34±8.14)d；体质量指数(BMI)为(23.15±3.16)kg/m^2；卒中类型为脑梗死 23 例，脑出血 17 例；偏瘫侧别左侧 21 例，右侧 19 例。观察组男 26 例，女 14 例；年龄 30 ～ 75 岁，平均(57.8±10.3)岁；病程(45.34±7.76)d；BMI 为(23.35±3.05)kg/m^2；卒中类型为脑梗死 19 例，脑出血 21 例；偏瘫侧别为左侧 24 例，右侧 16 例。两组一般资料差异无统计学意义($P>0.05$)。

1.2　方法　两组均接受常规康复治疗：(1)营养神经、稳定血糖及血压等基础治疗；(2)低频电刺激治疗；(3)上肢和手的体位摆放训练；(4)上肢气压泵治疗；(5)床边被动练习，上肢任务导向练习，助动活动和日常生活训练等。由临床治疗师根据患者的病情来选择上述康复内容，2 h/次，1 次/d，5 次/周，持续干预 4 周。

观察组在常规康复训练基础上采用床边踏车进行 REHIT，对照组在常规康复训练基础上采用床边踏车进行中等强度持续训练(medium intensity continuous training，MICT)。首先把患者安全转移到踏车上，座位角度调整好，使患者踏车训练时不感到困难。连接 12 导联心电图，佩戴自动监测血压的袖套和呼吸气体分析的面罩。根据患者体质量、性别、身高及年龄等预测患者最大耐受阻力，同时以最大耐受阻力的 1/10 设置分钟递增阻力，进行症状限制性、逐渐递增的心肺运动试验，确保患者能够在 8 ～ 12 min 完成运动过程，干预方案见表 1。

1.3　观察指标　(1)心功能。干预前后应用症状限制性心肺运动试验评估患者峰值摄氧量(VO_{2peak})，并采用无创心输出量系统检测患者的心输出量(cardiac output，CO)和每搏量(stroke volume，SV)。(2)下肢功能，干预前后应用简化下肢 Fugl-Meyer 评测量表(fugl-meyer assessment，FMA)[7]评估。(3)日常生活活动能力，干预前后应用改良 Barthel 指数评定表(modified barthel index，MBI)[8]评估。(4)卒中相关指标。干预前后采用酶联免疫吸附法检测血清神经元特异性烯醇化酶(neuron-specific enolase，NSE)、同型半胱氨酸(homocysteine，Hcy)和 D-二聚体(D-dimer，D-D)水平。

1.4　统计方法　数据采用 SPSS 26.0 软件分析，计量资料以均数±标准差表示，采用 t 检验；计数资料采用 χ^2 检验。$P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2　结果

2.1　心功能指标比较　干预 2、3 及 4 周，观察组 VO_{2peak} 均高于对照组(均 $P<0.05$)，见表 2。

2.2　FMA 及 MBI 量表评分比较　干预 2、3 及 4 周，观察组 FMA 量表评分均高于对照组(均 $P<0.05$)；干预 3 及 4 周，观察组 MBI 量表评分均高于对照组

表 1　两组干预方案(n=40)

项目	对照组	观察组
运动强度	40%～ 45%的 VO_{2peak} 对应功率作为目标功率，同时依据患者 Brog 评分修正训练强度	65%～ 70%的 VO_{2peak} 对应功率作为目标功率，同时依据患者 Brog 评分修正训练强度
运动方式	热身期为 3 min 的低强度训练；训练期为 24 min 的中强度训练；冷却期为 3 min 的无负荷训练。全程速度维持 10 ～ 15 r/min	热身期为 5 min 的低强度训练；训练期间为 1 min 高强度爆发阶段和 1min 间歇休息交替进行，共计 10 组；冷却期为 5 min 的无负荷训练。全程速度维持 10 ～ 15 r/min
运动工具	床边踏车	
运动时间	30 min/次，1 次/d，5 次/周，持续 4 周	
安全评估	患者神志清楚，能够进行正常的沟通与交流；患者在康复训练时可维持正常生命体征；评估患者的血压(收缩压下降≤ 10 mmHg)、呼吸(18 ～ 35 次/min)、血氧饱和度(≥94%)及心率(≥60 次/min，或者≤自身最大心率的 80%)	
安全监护	康复训练在餐后 2 h 进行；训练开始前，康复师应和患者及家属进行充分的沟通，详细讲解训练的注意事项等；在训练中严格监测患者的生命体征，若发现异常则立刻停止	

注：VO_{2peak} 为峰值摄氧量，1 mmHg≈0.133 kPa

（均 $P < 0.05$），见表 3。

2.3 卒中相关指标比较 干预 4 周，观察组血清 NSE 及 Hcy 水平均低于对照组（均 $P < 0.05$），见表 4。

3 讨论

脑卒中为国内居民死亡的首要原因，同时也是成年人残疾的主要原因[9]。据报道[10]，脑卒中患者因为肢体功能受限，其 VO_{2peak} 仅为 8 ～ 22 ml·kg^{-1}·min^{-1}，相比健康人群降低了 53%。心肺功能又叫心肺耐力，通常是指机体的循环系统与呼吸系统维持身体进行长时间的肌肉活动时，对营养与氧气的供应能力，以及排出代谢废物的能力，受肺的通气能力、心脏的泵血能力和动脉血管对血液的再分配能力等因素影响[11]。

美国卒中协会、心脏协会均建议卒中患者每周至少进行 3 d 的有氧练习，时间控制在 20 ～ 60 min，以促进患者的心血管健康，并改善有氧能力和活动能力[12]。但对当前临床常规康复训练而言，持续性有氧运动还不足以当作心血管刺激而使患者的心血

表 2 两组干预前后心功能指标比较（n=40）

指标	时间点	观察组	对照组	t 值	P 值
VO_{2peak}（ml·kg^{-1}·min^{-1}）	干预前	12.25±2.16	12.37±2.24	0.24	＞0.05
	干预 1 周	12.83±2.13	12.75±2.10	0.16	＞0.05
	干预 2 周	13.82±2.21	12.86±1.84	2.11	＜0.05
	干预 3 周	14.18±2.07	13.14±1.92	2.33	＜0.05
	干预 4 周	14.83±2.30	13.56±2.17	2.54	＜0.05
CO（L/min）	干预前	6.18±1.37	6.03±1.29	0.50	＞0.05
	干预 1 周	6.25±1.25	6.10±1.33	0.52	＞0.05
	干预 2 周	6.42±1.50	6.32±1.48	0.30	＞0.05
	干预 3 周	6.39±1.40	6.28±1.51	0.33	＞0.05
	干预 4 周	6.59±1.48	6.43±1.56	0.47	＞0.05
SV（ml）	干预前	74.15±12.29	74.62±12.81	0.16	＞0.05
	干预 1 周	75.29±12.03	76.13±13.08	0.29	＞0.05
	干预 2 周	77.54±13.29	75.49±12.94	0.69	＞0.05
	干预 3 周	76.53±12.81	75.10±12.15	0.51	＞0.05
	干预 4 周	78.25±13.64	77.69±13.36	0.18	＞0.05

注：VO_{2peak} 为峰值摄氧量，CO 为心输出量，SV 为每搏量

表 3 两组干预前后 FMA 及 MBI 量表评分比较（n=40） 分

项目	时间点	观察组	对照组	t 值	P 值
FMA 量表评分	干预前	17.25±3.12	16.87±3.06	0.55	＞0.05
	干预 1 周	17.68±2.81	17.51±2.72	0.27	＞0.05
	干预 2 周	19.87±2.94	18.01±2.80	2.89	＜0.05
	干预 3 周	21.53±3.60	18.52±3.15	3.98	＜0.05
	干预 4 周	23.18±4.21	19.24±4.15	4.21	＜0.05
MBI 量表评分	干预前	53.69±10.24	54.37±10.56	0.29	＞0.05
	干预 1 周	55.17±10.15	55.02±10.39	0.06	＞0.05
	干预 2 周	60.63±10.02	59.83±10.40	0.35	＞0.05
	干预 3 周	65.25±10.38	60.24±10.21	2.17	＜0.05
	干预 4 周	68.57±12.08	61.28±11.49	2.76	＜0.05

注：FMA 量表为简化下肢 Fugl-Meyer 评测量表，MBI 量表为改良 Barthel 指数评定表

表 4 两组干预前后卒中相关指标比较（n=40）

项目	时间点	观察组	对照组	t 值	P 值
NSE（U/ml）	干预前	32.56±6.10	33.19±6.28	0.45	＞0.05
	干预 4 周	20.48±4.63	24.65±5.17	3.80	＜0.05
Hcy（mol/L）	干预前	20.12±4.31	19.86±4.29	0.27	＞0.05
	干预 4 周	14.25±3.36	16.46±3.50	2.88	＜0.05
D-D（mg/L）	干预前	1.23±0.25	1.26±0.24	0.54	＞0.05
	干预 4 周	1.19±0.20	1.23±0.22	0.85	＞0.05

注：NSE 为神经元特异性烯醇化酶，Hcy 为同型半胱氨酸，D-D 为 D-二聚体

管健康与神经可塑性得到改善，同时运动形式单一，患者康复训练的依从性有待提高[13]。HIIT 主要通过短时间的高强度练习，以达到提高患者心肺功能的目的。但该模式对卒中患者的运动强度较高，忽视了患者运动的舒适性与依从性，导致实际效果并没有到达预期效果[14]。本研究结果显示，干预 2、3 及 4 周，观察组 VO_{2peak} 均高于对照组，说明 REHIT 方案能够改善患者的心肺功能。此外，相比 MICT 干预方案，REHIT 方案在兼顾康复效果的同时提高了患者的训练依从性，形成良好运动习惯[15]。

本研究结果显示，干预 2、3 及 4 周，观察组 FMA 量表评分均高于对照组（均 $P < 0.05$）；干预 3 及 4 周，观察组 MBI 量表评分均高于对照组（均 $P < 0.05$）。说明 REHIT 方案可提高患者的下肢功能和日常生活活动能力，这主要是由于该方案通过重复的循环动作练习，可使患者在练习中得到充分的分离运动训练量 [12]。同时，床边踏车经过下肢交替离心与向心收缩，提升下肢关节的稳定性与协调性，提升其日常生活活动能力。

NSE 是神经内分泌细胞和神经元内可溶性蛋白质，神经细胞大量死亡时可释放入血液循环中，所以可当作具体神经元受损程度的代表之一 [16-17]。Hcy 水平升高会增加脑组织的氧化应激损伤，介导血管结构改变，诱导脂质代谢紊乱和炎症因子水平的升高[18]。本研究结果显示，干预 4 周，观察组血清 NSE 及 Hcy 水平均低于对照组（均 $P < 0.05$），说明 REHIT 方案有助于改善患者的神经功能。

综上所述，REHIT 可提高脑卒中卧床患者心肺功能，改善患者下肢功能、日常生活活动能力和神经功能。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

参　考　文　献

[1] CHEN X, YIN L, HOU Y B, et al. Effect of robot-assisted gait training on improving cardiopulmonary function in stroke patients: A meta-analysis[J]. J Neuroeng Rehabil, 2024, 21(1): 92.

[2] LUO L, MENG H N, WANG Z W, et al. Effect of high-intensity exercise on cardiorespiratory fitness in stroke survivors: A systematic review and meta-analysis[J]. Ann Phys Rehabil Med, 2020, 63(1): 59-68.

[3] ALAJAM R A, SHAPHE M A, QASHEESH M, et al. Assessing the impact of physical activity on bone density, cardiopulmonary function, and metabolic health in stroke survivors[J]. Medicine (Baltimore), 2023, 102(49): e36541.

[4] COATES A M, JOYNER M J, LITTLE J P, et al. A perspective on high-intensity interval training for performance and health[J]. Sports Med, 2023, 53(Suppl 1): 85-96.

[5] MCGREGOR G, POWELL R, BEGG B, et al. High-intensity interval training in cardiac rehabilitation: A multi-centre randomized controlled trial[J]. Eur J Prev Cardiol, 2023, 30(9): 745-755.

[6] 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，彭斌，等.中国急性缺血性卒中诊治指南 2023[J].中华神经科杂志，2024，57(6)：523-559.

[7] 郭帅，张玉梅，赵依双，等.卒中患者足底压力特点及其与躯干、平衡和运动功能的相关性研究[J].中国卒中杂志，2023，18(8)：879-884.

[8] 陈珺雯，陈谦，陈程，等.改良八段锦身体活动对脑卒中患者心肺功能、运动功能和日常生活活动能力的效果[J].中国康复理论与实践，2024，30(1)：74-80.

[9] DO J, LIM W T, KIM D Y, et al. Effects of high-intensity interval robot-assisted gait training on cardiopulmonary function and walking ability in chronic stroke survivors: A multicenter single-blind randomized controlled trial[J]. J Back Musculoskelet Rehabil, 2024, 37(5): 1309-1319.

[10] SILVA DE SOUSA J C, TORRIANI-PASIN C, TOSI A B, et al. Aerobic stimulus induced by virtual reality games in stroke survivors[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2018, 99(5): 927-933.

[11] LI D S, SHEN M, YANG X Y, et al. Effect of weight-bearing liuzijue Qigong on cardiopulmonary function[J]. Medicine (Baltimore), 2023, 102(8): e33097.

[12] BILLINGER S A, ARENA R, BERNHARDT J, et al. Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: A statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association[J]. Stroke, 2014, 45(8): 2532-2553.

[13] 李大鑫，朱俊英，陈平.高强度间歇训练与中等强度持续训练对冠心病患者心肺功能影响的 Meta 分析[J].中国全科医学，2021，24(35)：4525-4534.

[14] WU Z J, WANG Z Y, GAO H E, et al. Impact of high-intensity interval training on cardiorespiratory fitness, body composition, physical fitness, and metabolic parameters in older adults: A meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Exp Gerontol, 2021, 150: 111345.

[15] 董高芳，赵晓博，刘阳.高强度间歇训练与中等强度持续训练间情绪反应及运动享受感的差异比较:meta 分析[J].中国康复医学杂志，2022，37(6)：805-812，815.

[16] 刘建梁，景福权，韩莹，等.督脉隔姜灸结合头皮针对脑卒中恢复期病人认知功能和神经功能的影响[J].中西医结合心脑血管病杂志，2023，21(5)：904-907.

[17] 黄清平，王波，林芳崇，等.急性缺血性脑卒中患者血清 NSE、HMGB1 动态变化及意义[J].脑与神经疾病杂志，2023，31(8)：477-481.

[18] 唐晶，李环，张硕，等.急性缺血性脑卒中患者血清中同型半胱氨酸与炎症反应及氧化应激的关联性分析[J].吉林大学学报(医学版)，2024，50(3)：786-787.

收稿日期：2025-02-02

（本文编辑：钟美春）