

# 水中运动训练对恢复期脑卒中患者下肢肌肉力量和步行能力的影响

王轶钊<sup>1,2</sup> 黄力平<sup>1,4</sup> 张琳瑛<sup>2</sup> 张 玥<sup>2</sup> 徐 伟<sup>2</sup> 范金涛<sup>2</sup> 王宏图<sup>2</sup> 周 石<sup>1,3</sup>

## 摘要

**目的:**探讨水中运动训练对恢复期脑卒中患者下肢肌肉力量、痉挛程度和步行能力的影响。

**方法:**初次发病的恢复期脑卒中患者(n=20,年龄 $41.5 \pm 16.5$ 岁),随机分为两组,每组10例。一组为对照组,只进行常规康复训练,另一组为水疗组,每周进行3—4次水中运动训练,其他时间做常规康复训练。两组治疗总时间相同,观察4周,水疗共14次。于训练前后评价患侧膝和踝屈伸肌的最大等长收缩(MIVC)肌力、下肢痉挛状况、运动功能和步行能力的改变,用t检验进行分析比较。

**结果:**经过4周训练,水疗组患者踝跖屈时腓肠肌等长收缩力矩显著提高( $3.6 \pm 0.3$  vs  $0.6 \pm 0.2$ ,  $P < 0.05$ ),患者步行能力( $3.5 \pm 1.5$  vs  $2.7 \pm 1.2$ )、下肢运动功能( $29.7 \pm 3.5$  vs  $27.8 \pm 2.6$ )及平衡功能评分( $11.5 \pm 3.3$  vs  $9.3 \pm 2.9$ )显著提高( $P < 0.05$ );在训练前后患者股直肌与腓肠肌痉挛并无显著性改变( $P > 0.05$ )。

**结论:**短期水中运动训练可以增强恢复期脑卒中患者患侧踝跖屈肌力,且不强化痉挛,有利于提高患者下肢功能和步行能力。

**关键词** 水中运动;脑卒中;肌肉力量;痉挛

中图分类号:R743.3, R454.5 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2013)-10-0929-05

**The effects of underwater exercise on lower limb muscle strength and walking ability of stroke patients during recovering stage/WANG Yizhao, HUANG Liping, ZHANG Linying, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2013, 28(10): 929—933**

## Abstract

**Objective:** To investigate the effects of underwater exercise on lower limb muscle strength, spasticity and walking ability of stroke patients during recovering stage.

**Method:** The patients [n=20, age: ( $41.5 \pm 16.5$ )years], who suffered from stroke during recovering stage, were randomly allocated into two groups: hydrotherapy group and control group, each group 10 patients. Routine rehabilitation exercises were performed in control group. The 25min underwater exercise, three or four sessions a week, were performed in hydrotherapy group in addition to routine rehabilitation exercise. Both groups took the same therapeutic time for each session, 45min, 5 times a week, 14 times, for four weeks. The strength of maximum isometric voluntary contraction(MIVC) of flexion and extension of paretic knee and ankle, lower limb spasticity, motor function and walking ability of patients were assessed before and after exercises. t-test statistical analyses was used to compare the differences.

**Result:** In hydrotherapy group after 4 weeks exercise the gastrocnemius isometric contraction torque during ankle plantation demonstrated significant increase( $3.6 \pm 0.3$  vs  $0.6 \pm 0.2$ ,  $P < 0.05$ ). The significant increase of lower limb motor function ( $3.5 \pm 1.5$  vs  $2.7 \pm 1.2$ ), walking ability ( $29.7 \pm 3.5$  vs  $27.8 \pm 2.6$ ) and equilibrium function ( $11.5 \pm$

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2013.10.010

1 天津体育学院健康与运动科学系,天津市运动生理学与运动医学重点实验室,天津,300381; 2 天津市环湖医院康复医学科; 3 澳大利亚南十字星大学运动科学和体育管理系; 4 通讯作者

作者简介:王轶钊,男,硕士; 收稿日期:2013-01-05

3.3 vs 9.3±2.9) were found( $P < 0.05$ ). There was no significant change of spasticity of rectus femoris and gastrocnemius pre- and post-exercises ( $P > 0.05$ ).

**Conclusion:** The short period underwater exercise could enhance the muscular strength of paretic ankle flexion without increasing spasticity of stroke patients during recovering stage. It is beneficial for improving lower limb motor function and walking ability of stroke patients.

**Author's address** Tianjin University of sport, 51 Weijin South Road, Hexi District, Tianjin 300381

**Key word** underwater exercise; stroke; muscle strength; spasticity

脑卒中痉挛性偏瘫造成步行困难,严重妨碍患者日常生活活动能力<sup>[1-2]</sup>。近来研究注意到偏瘫恢复期步行困难有双重原因:肌张力增高所致神经肌肉控制障碍和肌无力<sup>[3]</sup>,在训练时如何掌握好两者的平衡是治疗有效的关键。而现在常规训练方法中对既可降低痉挛的肌张力达到神经肌肉控制又可提高肌肉力量的训练方法研究还比较少<sup>[4]</sup>。许多治疗师由于害怕偏瘫患者痉挛加重而避免肌力训练,而实际上国外有研究显示正确的力量训练不会使痉挛加重<sup>[5]</sup>。Lund等<sup>[6]</sup>研究发现,水中运动可对骨性关节炎患者进行肌力训练并能提高其平衡功能。丁葆丽等<sup>[7]</sup>研究显示,水疗并不增加脊髓损伤患者肌张力。据此,我们假设恢复期痉挛性脑卒中患者在水中进行治疗可以增强患侧下肢肌力,促进神经肌肉控制并提高步行能力。所以本研究的目的是观察探讨水中运动训练对恢复期痉挛性脑卒中患者下肢肌肉力量、痉挛程度和步行能力的影响。

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

研究对象为脑卒中恢复期痉挛性偏瘫患者20例,男性,年龄(41.5±16.5)岁,经天津市环湖医院头颅CT或MRI证实的初次发病者(2008年—2010年期间)。纳入标准:下肢Brunnstrom分期3期以上,可完成膝关节屈伸运动,第一次测试距离发病平均(0.67±0.36)年。患者随机分为对照组和水疗组,每组10例,具体情况见表1。患者均签署知情同意书。排除标准:水疗禁忌证;严重认知障碍,不能理解并配合实验者;3个月内有下肢损伤,且踝关节活动疼痛者;跟腱挛缩,踝关节背屈受限者;患有其他神经系统疾病,可能影响下肢肌力和活动者。

两组受试者基本情况见表1。两组患者年龄、身高、体重经独立样本 $t$ 检验均无显著性差异( $P > 0.05$ )。

### 1.2 训练方法

表1 受试者一般资料

( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	年龄(岁)	身高(cm)	体重(kg)	脑卒中类型(例)		患侧肢体(例)		病程(年)
					脑出血	脑梗死	左	右	
对照组	10	41.4±15.3	176.2±6.9	75.8±7.5	7	3	5	5	0.63±0.32
水疗组	10	41.5±17.6	175.7±5.7	73.5±8.2	6	4	5	5	0.68±0.38

水中运动疗法在FERNO水中运动治疗池中进行(Totally Hayward公司,美国)。水疗池中设有步行器和贴池壁扶手,池中恒定水温37—38℃,水深根据患者身高不同,分别有水深1.3m和1.4m两种深度,大约齐胸骨剑突,个体化训练。

水中运动训练方案:①双腿蹲起:患者面向贴池壁扶手,双脚自然分开与肩同宽,双手握住扶手杠缓慢下蹲,约至屈髋屈膝45°—55°,上身保持挺直坚持20s,然后缓慢站直。重复10次为一组,共做两组,组间休息1min。目的是训练下肢各关节屈伸肌的力量与协调性。②单腿蹲起:准备姿势同双腿蹲起,

然后让患者慢慢抬起一条腿,训练单腿蹲起。健腿先做10次,患腿再做10次为一组,共做两组,组间休息2min。目的是训练下肢屈伸肌力量、协调性和本体觉平衡控制。③站立位单腿后伸、屈髋、屈膝:准备姿势同双腿蹲起,然后让患者单腿站立,抬起另一条腿,用力后伸,再向前屈髋屈膝至90°,之后回到起始位。两腿各重复10次为一组,共做两组,组间休息2—3min。目的是训练伸髋和髋膝关节屈伸动作协调和平衡能力。④直立站位双手扶杠肘关节屈伸运动:准备姿势同双腿蹲起,治疗师在患侧保护患者,令患者做直立站位肘关节屈伸动作,身体保持直

立,手臂弯曲,身体逐渐向扶杠靠近,脚跟不离地,保持5s然后伸直手臂,撑起身体。重复10次为一组,共做两组,组间休息2min。目的是训练伸髋、踝背屈。⑤水下走步机训练:走步机速度可调节,一般为2m/s,无坡度。患者踏上走步机,双手扶住两侧保护杠,步行5—8min。目的是身体平衡性训练与功能性步行训练。

水疗组进行水中康复训练共4周,每周进行3—4次水疗训练,每日1次,每次水疗25min,常规康复训练20min,总时间45min。另外1—2d只进行常规康复训练45min,每周训练5d,休息2d,4周共有14次水疗。

对照组只采用常规康复训练,每次45min,每日1次,每周5d,休息2d,共4周。

### 1.3 测试方法

实验测试分别于实验前后各进行1次,包括力量测试、改良Ashworth痉挛评价、Fugl-Meyer下肢运动功能评价、Fugl-Meyer平衡功能评价、功能性步行量表(functional ambulation category scale, FAC)评价。

**1.3.1 肌力测试:**使用自行设计肌力测试装置与MedLab-U/8C生物信号采集处理系统(MY8C0031,南京美易科技有限公司)采集。分别测试踝跖屈、踝背屈、屈膝、伸膝四个动作时胫骨前肌、腓肠肌、股直肌、股二头肌的最大等长收缩(maximum isometric voluntary contraction, MIVC)。

测试前一天给予患者熟悉实验过程的指导和训练性训练。测试时受试者取坐位,乘坐自动升降椅,调整椅高至患者坐于自制下肢肌力测试装置旁,固定座椅。测试患腿,将患腿髋关节与膝关节均呈屈曲90°位固定于肌力测试装置上,调整拉力传感器力线与力矩轴一致,以保证肌力测试的准确性。嘱患者放松(以MedLab基线水平无波动为准,然后调零;示波器上肌电信号位于基线),之后发口令,要求患者对抗拉力计最大用力,用语言鼓励患者持续用力3—5s。每个动作测试3次,取最大值,力量数值以力矩值(N.m)表示。

**1.3.2 改良Ashworth痉挛<sup>[8]</sup>评价:**用于评价患侧下肢肌肉痉挛状况,分0—4级,等级越高,痉挛越重。

**1.3.3 Fugl-Meyer下肢运动功能<sup>[9]</sup>评价:**主要是评价

偏瘫患者下肢运动功能水平及运动质量,共34分,得分越高,功能越好,运动质量越接近正常。

**1.3.4 Fugl-Meyer平衡功能<sup>[10]</sup>评价:**用于评价患者躯干和下肢支持躯体直立、稳定为行走提供保障的能力,共14分,得分越高,功能越好。

**1.3.5 FAC功能性步行量表<sup>[11]</sup>评价:**主要评价患者运用下肢功能进行行走的能力,分0—V级,等级越高,步行能力越好,需要帮助越少。

### 1.4 统计学分析

所有数据均经SPSS 13.0软件包统计处理。计量资料以均数±标准差表示,以配对t检验分别分析水疗组和对照组4周训练前后,组内变化的显著性。如果训练前两组患者的基础值有差异,则以此作为协变量,在组间进行协方差分析,检验两组间变化的显著性。

## 2 结果

### 2.1 下肢肌肉力量

4周训练前后两组患者下肢各肌肉力矩变化对比见表2。水疗组患者训练后较训练前腓肠肌和股直肌力矩都有显著增长(分别为 $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ )。水疗组患者与对照组相比腓肠肌力矩有高度显著增长( $P < 0.01$ )。见表2。

### 2.2 下肢功能性评定

4周训练前后两组患者各功能性量表评分变化见表3。训练前后对照组下肢运动功能评分有显著进步( $P < 0.05$ );水疗组步行能力、下肢运动功能、平衡功能相比于训练前均有极显著进步( $P < 0.01$ )。两组比较水疗组步行能力、下肢运动功能、平衡功能相比于对照组有显著进步( $P < 0.05$ )。各组患者训练前后比较及两组比较,Ashworth痉挛评分没有显著变化( $P > 0.05$ )。见表3。

表2 两组患者训练前后力矩对比 ( $\bar{x} \pm s, N \cdot m$ )

组别	例数	踝背屈 胫骨前肌	踝跖屈 腓肠肌	伸膝 股直肌	屈膝 股二头肌
对照组	10				
训练前		1.6 ± 1.7	5.4 ± 4.9	15.5 ± 11.8	6.3 ± 8.0
训练后		2.0 ± 1.5	4.8 ± 4.3	18.6 ± 13.5	6.8 ± 7.7
水疗组	10				
训练前		5.5 ± 5.5	7.1 ± 3.9	15.5 ± 10.0	11.9 ± 8.1
训练后		5.7 ± 5.4	8.9 ± 3.8 <sup>①③</sup>	19.1 ± 11.5 <sup>②</sup>	14.4 ± 8.3

各组训练后与训练前比较:① $P < 0.05$ , ② $P < 0.01$ ;训练后组间比较③ $P < 0.01$

表3 两组患者训练前后各量表评分变化

( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	FAC功能性步行量表 (级)	Fugl-Meyer下肢运动功能 (分)	改良 Ashworth 痉挛(级)		Fugl-Meyer平衡功能 (分)
				股直肌	腓肠肌	
对照组	10					
训练前		2.5 ± 1.3	24.1 ± 3.7	2.3 ± 0.5	3.5 ± 0.8	8.8 ± 3.2
训练后		2.7 ± 1.2	27.8 ± 2.6 <sup>①</sup>	2.2 ± 0.4	3.5 ± 0.9	9.3 ± 2.9
水疗组	10					
训练前		2.6 ± 1.1	24.8 ± 4.2	2.2 ± 0.4	3.2 ± 0.7	9.2 ± 3.5
训练后		3.5 ± 1.5 <sup>②③</sup>	29.7 ± 3.5 <sup>②③</sup>	2.1 ± 0.3	3.1 ± 0.5	11.5 ± 3.3 <sup>②③</sup>

各组训练后与训练前比较<sup>①</sup> $P < 0.05$ , <sup>②</sup> $P < 0.01$ ; 训练后组间比较<sup>③</sup> $P < 0.05$

### 3 讨论

腓肠肌是人类维持直立与行走的重要肌肉之一,在正常步行周期中,腓肠肌主要在支撑相和摆动相加速期用力,胫骨前肌主要在摆动相中期和站位相足跟着地时用力。本研究结果显示,水疗组腓肠肌力量较对照组显著增长。正常人在站立位,或站立位做姿势调整维持平衡时,腓肠肌的用力程度常大于胫骨前肌,而脑卒中患者则与正常人相反,胫骨前肌用力更多,这可能是脑卒中患者为了维持站立平衡,身体前倾所致,或是由于患者脑损伤后大脑对神经肌肉支配异常的结果<sup>[12]</sup>。已有研究表明应该重视脑卒中患者患侧腓肠肌力量减弱的问题,李卓等发现<sup>[12]</sup>,脑卒中患者患侧腓肠肌时域值(代表力量)与正常人对侧相比显著减小( $P < 0.01$ ),脑卒中患者患侧的腓肠肌与胫骨前肌相比,力弱更为明显。燕铁斌的研究<sup>[13]</sup>也指出传统康复训练中抑制腓肠肌收缩方法的合理性有待于进一步探讨。本研究所用水中运动方案增强了腓肠肌肌肉力量可能与促进踝关节屈伸肌功能协调和神经肌肉控制有关,是改善步态、提高步行能力的原因之一。对照组腓肠肌肌力有下降趋势,分析可能是治疗师由于顾虑加重脑卒中患者腓肠肌的痉挛,而单纯只进行腓肠肌的被动牵拉与放松训练,忽视了腓肠肌的主动收缩训练。

肌力的强弱直接关系到关节在运动中的稳定性,对膝关节而言,肌力强弱影响其站立、行走功能。翟宏伟等提出<sup>[14]</sup>,在膝关节功能障碍的康复治疗中,应加强股四头肌肌力。股四头肌力量的提高有利于增强关节稳定性,提高伸膝动力,纠正生物力学紊乱,促进膝关节整体功能的恢复。

水具有浮力, Barela 等<sup>[15]</sup>报道,人在齐胸骨剑突的水中可减重 60%左右。所以水疗组患者能够借助水的浮力,在水中比在陆地上更早、更多地训练站立

和行走,促进脊髓步行中枢模式发生器(central pattern generator, CPG)的发生,这是水中运动疗法的最大优势<sup>[16-17]</sup>。另外 Ruoti 等提出<sup>[18-19]</sup>由于水特有的黏滞性(viscosity),水中运动时,人体三维皆处阻力环境之中,动作速度减慢,患者的姿势调节能力得到训练。Rozzi 也明确提出<sup>[20]</sup>,水中的单足支撑等平衡训练,能使患者本体感觉与姿势控制能力增强,促进人体平衡功能的改善。本研究中所用运动方案利用水中训练的特性,针对性地设计了增强下肢屈伸肌控制能力、肌肉力量、肌肉耐力和步行训练方法,使下肢屈伸肌同步得到训练,因而增强了在陆地上难以实现的伸肌肌力和控制,改善了平衡功能,促进了功能恢复。

本研究中水疗组力量增长的同时痉挛评分没有显著变化,与丁葆丽等<sup>[7]</sup>研究结果一致,其原因可能为该水疗条件下,温水可缓解肌肉紧张度,加之水浮力减重环境使得肌肉在得到训练时痉挛得到适当控制而不会强化。因此,该水疗条件下痉挛性脑卒中偏瘫患者在增长下肢肌肉力量的同时,不加重痉挛,是本研究的一项新发现,为脑卒中患者的力量训练提供了一个新思路。

本研究的局限:①由于训练周期比较长(患者住院时间一般比较短),且需要患者配合测试,受试者依从性比较差,最终符合条件的观察例数比较少;②由于患者以偏瘫功能性分级为入选条件,所以在肌肉力量测试时发现肌肉力量差别比较大,但在统计处理时,我们注意调整了该因素的影响。以后需做深入研究。

### 参考文献

[1] 宋朝.步行训练在脑卒中患者步行恢复中的应用[J].中外医学研究,2010,8(27):51-52.

- [2] 张朝霞,陈福强,王霄汉,等.减重步行训练结合针刺疗法治疗60例脑梗死患者的康复疗效观察[J].按摩与康复医学,2010,1(36):28—29.
- [3] Teixeira-Salmela LF, Olney SJ, Nadeau S, et al. Muscle strengthening and physical conditioning to reduce impairment and disability in chronic stroke survivors[J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 1999, 80(10):1211—1218.
- [4] Stein J, Krebs HI, Frontera WR, et al. Comparison of two techniques of robot-aided upper limb exercise training after stroke[J]. American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation, 2004, 83(9):720—728.
- [5] Ada L, Dorsch S, Canning CG. Strengthening interventions increase strength and improve activity after stroke: a systematic review[J]. Australian Journal of Physiotherapy, 2006, 52(4):241—248.
- [6] Lund H, Weile U, Christensen R, et al. A randomized controlled trial of aquatic and land-based exercise in patients with knee osteoarthritis[J]. J Rehabil Med, 2008, 40(2):137—144.
- [7] 丁葆丽,麻淑清,朱迎九,等.水疗在脊髓损伤患者康复治疗中的应用[J].中国康复理论与实践,2005,11(10):862—863.
- [8] Blackburn M, van Vliet P, Mockett SP. Reliability of measurements obtained with the modified Ashworth scale in the lower extremities of people with stroke[J]. Phys Ther, 2002, 82(1):25—34.
- [9] Sullivan KJ, Tilson JK, Cen SY, et al. Fugl-Meyer assessment of sensorimotor function after stroke: standardized training procedure for clinical practice and clinical trials[J]. Stroke, 2011, 42(2):427—432.
- [10] Mao HF, Hsueh IP, Tang PF, et al. Analysis and comparison of the psychometric properties of three balance measures for stroke patients[J]. Stroke, 2002, 33(4):1022—1027.
- [11] Mehrholz J, Wagner K, Rutte K, et al. Predictive validity and responsiveness of the functional ambulation category in hemiparetic patients after stroke[J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2007, 88(10):1314—1319.
- [12] 李卓,谢斌,罗春,等.脑卒中患者坐位及站立位胫骨前肌和腓肠肌表面肌电图信号特征研究[J].中国康复理论与实践,2007,12(13):1147—1149.
- [13] 燕铁斌,Hui-Chan WYC.踝背伸和跖屈肌群的最大等长收缩:脑卒中急性期患者与同龄健康老人表面肌电图对照研究[J].中华物理医学与康复杂志,2003,25(4):212—215.
- [14] 翟宏伟,巩尊科,周敬杰.加强股四头肌肌力训练对膝关节功能障碍康复的影响[J].中国康复医学杂志,2008,23(12):1120—1121.
- [15] Barela AM, Stolf SF, Duarte M. Biomechanical characteristics of adults walking in shallow water and on land[J]. Journal of Electromyography and Kinesiology, 2006, 16(3):250—256.
- [16] Eversden L, Maggs F, Nightingale P, et al. A pragmatic randomised controlled trial of hydrotherapy and land exercises on overall well being and quality of life in rheumatoid arthritis[J]. BMC Musculoskeletal Disorders, 2007, (8):23.
- [17] Thorpe DE, Reilly M. The effect of an aquatic resistive exercise program on lower extremity strength,energy expenditure,functional mobility,balance and self-perception in all adult with cerebral palsy: a retrospective case report[J]. Aquat Phys Ther,2000,8:18—24.
- [18] Gayda M, Juneau M, Guiraud T, et al. Optimization and reliability of a deep water running test in healthy adults older than 45 years[J]. Am J Phys Med Rehabil, 2010, 89(9):722—730.
- [19] Ruoti R, Morris D, Cole A. Aquatic rehabilitation[M]. Philadelphia:lippincott Williams & Wilkins,1997. 64—65,212.
- [20] Rozzi SL, Lephart SM, Sterner R, et al. Balance training for persons with functionally unstable ankles[J]. J Orthop Sports Phys Ther, 1999, 29(8):478—486.