

· 临床研究 ·

基于交叉迁移理论的健侧肢体力量训练对偏瘫患者运动功能的影响

李霞 马玲玲 徐守宇 向伟华 庞锦阁

【摘要】 目的 观察健侧力量训练后脑卒中偏瘫患者是否能产生交叉迁移现象。**方法** 选取脑卒中偏瘫患者 30 例,按随机数字表法分为实验组和对照组,每组患者 15 例。2 组患者均接受常规康复治疗,实验组给予健侧肢体踝背屈等长抗阻训练。2 组患者在训练前、训练 6 周后测定最大随意收缩力量(MVC)和表面肌电变化,采用简化 Fugl-Meyer 运动功能评定量表(FMA)下肢部分评定下肢运动功能。**结果** 训练后,治疗组 FMA 评分为(26.53±2.64)分,与组内治疗前和对照组治疗后比较,差异均有统计学意义($P<0.05$);训练后,治疗组胫骨前肌 IEMG、腓肠肌 IEMG 与组内治疗前和对照组治疗后同侧比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。治疗后,治疗组双侧胫骨前肌 MVC 和腓肠肌 MVC 与组内治疗前和对照组治疗后同侧比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 健侧踝背屈等长抗阻力量训练可引起脑卒中偏瘫患者对侧胫骨前肌和拮抗肌的力量增长,存在力量训练的交叉迁移现象;健侧等长抗阻力量训练可改善下肢运动功能。

【关键词】 偏瘫; 力量训练; 下肢功能

基金项目:2015 年浙江省医药卫生一般研究计划 B 类(2015KYB280);浙江省教育厅 2015 年度高校国内访问学者专业发展项目;浙江中医药大学 2017 年度校级科研基金项目(2017ZZ07);国家中医药管理局重点学科建设经费资助项目[国中医药人教发(2012)32 号]

Training the less-affected limb improves motor function in hemiplegic patients through cross transport Li Xia, Ma Lingling, Xu Shouyu, Xiang Weihua, Pang Jinkuo. The Third Clinical Medical College of Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 310053, China

Corresponding author: Xu Shouyu, Email: overnightjo@msn.com

【Abstract】 Objective To observe whether strength training of a healthy limb can produce a cross transport effect on the affected side. **Methods** Thirty hemiplegic stroke survivors were randomly divided into an experimental group and a control group, each of 15, using a random number table. Both groups received conventional rehabilitation, while the experimental group was given training to strengthen dorsiflexion and the isometric resistance of their healthy ankles for 6 weeks. The maximum voluntary contraction (MVC) and surface electromyography were measured before and after the training. The lower-extremity section of the simplified Fugl-Meyer motor function rating scale (FMA) was used to assess the subjects' motor function. **Results** After the training, the average FMA score of the experimental group was significantly better than before the treatment and also significantly better than that of the control group after the treatment. After the training, the average IEMGs of the tibialis anterior muscle and the gastrocnemius in the treatment group were significantly different from those of their ipsilateral side before the treatment and in the control group after treatment. Significant differences before and after the treatment were observed in the average MVC of both tibialis anterior and gastrocnemius muscles in the experimental group, and between the experimental group and control group averages. **Conclusion** Ankle strength training of hemiplegics' healthy limbs can strengthen the contralateral and antagonistic muscles, which indicates the cross transport of strength training. Isometric resistance training of the less-affected limb can improve the motor function of hemiplegics' lower extremities.

【Key words】 Hemiplegia; Strength training; Lower limb function; Cross transport

Fund program:Zhejiang Province 2015 Medical and Health Research Program (project 2015KYB280); The Zhejiang Province Department of Education Professional Development Program for Visiting Scholars; Zhejiang Chinese Medicine University Research Project 2017ZZ07; State Administration of Traditional Chinese Medicine Key Discipline Projects; National Traditional Chinese Medicine Talent Education Program (grant 32)

脑卒中后偏瘫引起的踝背屈无力是常见的下肢运动功能障碍^[1],严重影响患者的行走能力。抗阻训练可以提高肌肉力量,有助于脑卒中后运动功能的恢复^[2]。瘫痪侧肢体实施力量训练有难度,难以获得理想的训练效果。

Scripture 等早在一百多年前就描述了交叉迁移现象^[3]。研究证实,对健康人一侧肢体进行短暂的、高强度的抗阻练习,可引起其对侧未经训练肢体的力量增长^[4]。关于交叉迁移的影响在康复领域的研究较少。Farthing 等^[5]的研究发现,训练对侧手臂可抵消肢体固定引起的肌肉萎缩。目前,鲜见有研究将交叉迁移现象应用于脑卒中患者,这种方法对脑卒中患者是否有效仍然未知。本研究运用交叉迁移的原理对脑卒中后偏瘫患者的肢体进行训练,采用健侧踝背屈等长抗阻训练,旨在通过观察单侧力量训练后脑卒中患者是否能够产生交叉迁移现象,以期对踝背屈功能障碍提供新的康复训练方法。

资料与方法

一、研究对象

入选标准:①诊断符合第 4 次脑血管病学术会议制定的脑卒中诊断标准^[6],并经头颅 CT 或 MRI 扫描证实;②原发病为脑卒中,初次发病或发病前无明显功能障碍;③病程在 6 个月以内,病情稳定;④年龄 20~80 岁;⑤偏瘫,患肢踝背屈障碍,胫骨前肌肌力 ≥ 2 级;⑥患侧下肢肌张力 ≤ 2 级(改良 Ashworth 痉挛评定量表评定);⑦均签署知情同意书。

排除标准包括:①失语,认知障碍等神经系统症状不稳定,不能交谈者;②严重骨质疏松,外伤性疾病或周围性神经损伤;③急性关节病变及损伤④关节活动度严重受限;⑤既往有严重的心、肝、肾脏疾病,出血性疾病;⑥手术后初期。

选取 2015 年 6 月至 2016 年 6 月在我院康复科、神经内科住院治疗且符合上述标准的脑卒中偏瘫患者 30 例,采用随机数表法随机分为实验组及对照组,每组患者 15 例。2 组患者一般资料见表 1,表中数据经统计学分析,组间差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。

表 1 2 组患者一般资料

组别	例数	性别(例)		平均年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	平均病程 (d, $\bar{x}\pm s$)
		男	女		
治疗组	15	9	6	64.4 $\pm$ 9.1	45.5 $\pm$ 15.3
对照组	15	8	7	63.8 $\pm$ 7.7	49.0 $\pm$ 14.9
组别	例数	偏瘫(例)		平均身高 (cm, $\bar{x}\pm s$)	平均体重 (kg, $\bar{x}\pm s$)
		左侧	右侧		
治疗组	15	10	5	165.4 $\pm$ 6.9	64.3 $\pm$ 8.1
对照组	15	8	7	164.5 $\pm$ 7.1	63.6 $\pm$ 9.6

二、治疗方法

2 组患者均接受常规康复治疗,实验组则在此基础上增加健侧肢体踝背屈等长抗阻训练。

1. 常规康复治疗:根据患者的病情和肢体功能障碍情况,经评估后实行个体化的康复训练,具体包括,①良肢位摆放和体位转换;②偏瘫侧肢体各关节主动和被动活动;③桥式运动;④床边坐位平衡训练及电动起立床训练;⑤站立平衡和转移训练;⑥步行训练;⑦日常生活活动能力训练;⑧物理因子治疗。上述治疗每日 1 次,每次 45 min,每周训练 5 次,连续训练 6 周。

2. 健侧踝背屈抗阻训练:按照肌力增加的超量恢复机制,设计肌力训练方案中的强度、频率、持续时间等。健侧踝背屈等长肌力训练方案,受试者取坐位,髋关节屈曲 90°,膝关节屈曲 60°,踝关节跖屈 10°,行 60%最大随意收缩力量(maximum voluntary contraction, MVC)的抗阻训练,每次收缩 5 s,休息 2 s,每组训练 5 次,每日训练 5 组,组间休息 2 min,共 20 min,每周训练 3 d,连续训练 6 周。在肌力训练过程中应注意监测患者有无不适、血压和心率等。

三、疗效评定

2 组患者在训练前、训练结束 1 周后(训练后)进行疗效评定,具体评定内容如下。

1. 下肢运动功能评定:患侧下肢运动功能采用简化 Fugl-Meyer 运动功能评定量表(Fugl-Meyer assessment, FMA)下肢部分,满分为 34 分,分值越高表明患者下肢运动功能越好^[7]。

2. MVC 测定:受试者取坐位,下肢放于自制的踝关节肌力测试架上,保持髋关节屈曲 90°,膝关节屈曲 60°,踝关节跖屈 10°。先进行每次 3~5 s 的最大踝背屈运动,重复 3 次,每次间隔 2 min,再进行每次 3~5 s 的最大踝跖屈运动,重复 3 次,每次间隔 2 min。分别记录两侧胫骨前肌和腓肠肌的 MVC。

3. 表面肌电(surface electromyography, sEMG)测试:在受试者进行 MVC 测试的同时进行 sEMG 监测。采用芬兰 Mega 公司产 Mega4000 型肌电信号记录和分析系统采集 sEMG 信号,采样频率 1000 Hz,输入阻抗 $<10\text{ G}\Omega$,差分放大器放大倍数 1000 倍,噪声水平 $<1\text{ }\mu\text{V}$,带通滤波 10~500 Hz,共模抑制比 $>100\text{ dB}$,A/D 转换 12 bit。表面探测电极选用 Ag-AgCl 电极,分别贴在双下肢的胫骨前肌和腓肠肌的肌腹部位,电极间距 2 cm。测试前剃去毛发,用细砂纸去除皮屑,再用 75% 的酒精棉球去除油脂。受试者处于静止状态时即开始记录肌电信号,待信号基线平稳后,即开始实验。受试者进行 MVC 运动,并持续记录表面肌电信号,至动作测试结束且表面肌电信号平稳为止。信号处理及分析采用快速傅立叶变换方法(fast Fourier transform, FFT)

表 2 2 组患者治疗前、后 FMA 和 IEMG 值比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	FMA 评分(分)	胫骨前肌 iEMG(mV)		腓肠肌 iEMG(mV)	
			健侧	患侧	健侧	患侧
治疗组						
训练前	15	20.07±3.08	60.07±15.99	34.5±35.74	49.73±10.94	12.40±6.13
训练后	15	26.53±2.64 ^{ab}	76.87±8.43 ^{ab}	58.47±6.68 ^{ab}	62.80±8.78 ^{ab}	32.47±6.27 ^{ab}
对照组						
训练前	15	19.13±3.07	58.80±16.05	32.73±7.44	48.93±10.98	12.33±7.24
训练后	15	23.40±2.92 ^a	62.07±14.52 ^a	50.07±10.33 ^a	50.67±10.36 ^a	27.87±7.93 ^a

注:与组内训练前比较,^a $P<0.05$;与对照组训练后同侧比较,^b $P<0.05$

分析积分肌电值(integrated electromyography,iEMG)。

四、统计学分析

采用 SPSS 20.0 版统计学软件进行统计分析。计量资料采用($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用两独立样本 t 检验,组内治疗前、后数据对比及健、患侧对比使用成对样本 t 检验,计数资料组间比较采用 χ^2 检验,以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

训练前,2 组患者的 FMA、双侧胫骨前肌和腓肠肌的 MVC 和 iEMG 组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。训练后,治疗组 FMA 评分为(26.53±2.64)分,与组内治疗前和对照组训练后比较,差异均有统计学意义($P<0.05$);训练后,治疗组胫骨前肌 IEMG、腓肠肌 IEMG 与组内治疗前和对照组训练后同侧比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),详见表 2。

训练后,治疗组双侧胫骨前肌和腓肠肌的 MVC 与组内治疗前和对照组训练后同侧比较,差异均有统计学意义明显改善($P<0.05$),详见表 3。

表 3 2 组患者治疗前、后 MVC 比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	胫骨前肌 MVC		腓肠肌 MVC	
		健侧	患侧	健侧	患侧
治疗组					
训练前	15	10.4±12.18	4.85±2.05	11.09±2.64	4.00±1.34
训练后	15	12.881.73 ^{ab}	8.23±1.52 ^{ab}	13.67±2.84 ^{ab}	7.75±1.18 ^{ab}
对照组					
训练前	15	9.80±1.82	4.41±2.01	10.93±2.28	3.88±1.57
训练后	15	10.24±1.52 ^a	6.99±1.66 ^a	11.41±2.32 ^a	6.85±1.40 ^a

注:与组内训练前比较,^a $P<0.05$;与对照组训练后同侧比较,^b $P<0.05$

讨 论

本研究结果显示,脑卒中偏瘫患者经 6 周健侧踝背屈等长抗阻训练后,患侧胫骨前肌 MVC 与组内训练前和对照组训练后比较,均显著改善($P<0.05$);且治疗组患侧腓肠肌 MVC 与组内训练前和对照组训练后比较,差异亦均有统计学意义($P<0.05$)。该结果表明,脑卒中偏瘫患者健侧等长抗阻训练,不仅能够提高未经训练的患侧同源肌肉的肌力,还能够提高拮抗肌

的肌力,证实了脑卒中偏瘫患者健侧踝背屈等长抗阻训练能够产生肌力的交叉迁移现象。

脑卒中患者无论健侧还是患侧力量减弱很普遍^[8]。行走过程中,摆动相的踝背屈障碍导致步速减慢,步行效率降低^[1]。大多数脑卒中后运动康复的策略是高重复或长时间的训练^[9]。Dragert 等^[10]研究发现,脑卒中 6 个月以上的患者,健侧最大等长抗阻训练 6 周后,训练侧(健侧)力量增长 34%,未训练侧(患侧)力量增长 31%。6 周的短期训练可以取得明显的肌力增长效果,而且等长抗阻训练只是每周三次,每次训练 20 min。说明神经适应能力远远超出了典型脑卒中后运动康复的时间表,也说明了患者出院后居家阻力训练的有效性^[10]。本研究表明早期脑卒中患者,60%MVC 的健侧等长抗阻力量训练同样可以引起患侧力量增长。脑卒中早期患者更适合中低强度的力量训练,健侧等长抗阻训练同样可以达到患侧力量增长的目的,亦可以增长拮抗肌的肌肉力量,促进患肢的康复,缩短患者的住院康复时间。

IEMG 反映肌电信号的强度及运动单位激活的数量。本研究观察到单侧力量训练后,治疗组胫骨前肌 IEMG、腓肠肌 IEMG 与组内训练前和对照组训练后比较,差异显著。Dragert 等^[10]研究脑卒中患者健侧胫骨前肌力量练习后,双侧胫骨前肌的肌电信号激活强度都出现了明显增长,对侧比目鱼肌肌力及肌电信号激活强度并未显示明显的变化。可能是本研究的研究对象病程、训练强度及训练方法不同的原因。脑卒中偏瘫患者踝背屈无力常常伴随伸肌的过度兴奋,引起更复杂的功能障碍。增加胫骨前肌的肌力或者减少腓肠肌的肌张力,都可以改善偏瘫患者下肢的运动功能。本实验选择肌张力在 2 级以下的早期脑卒中患者,Dragert 等研究并未排除肌张力的影响,受试者肌张力的不同也可能是本试验腓肠肌 IEMG 区别于 Dragert 等研究的原因。如何有效地健侧力量训练引起未经训练患侧肢体的力量增长,功能改善,仍需进一步研究。

在健康受试者^[11]和脑卒中患者^[9]通过不同的单侧力量训练方式都可以观察到显著的对侧力量增长效果。健康受试者经过 4 周单侧踝跖屈等长力量训练

后,双侧比目鱼肌都观察到力量增长^[12]。健康受试者右侧胫骨前肌重复等长收缩训练 6 周后,未训练的左侧胫骨前肌肌力也明显增强^[13]。本研究也观察到类似的变化。脑卒中患者比健康受试者交叉迁移力量增长幅度大^[14],可能是脑卒中患者在力量训练干预前肌力已有所下降^[2]。双侧肢体的功能锻炼显著优于单侧训练,单侧肢体力量训练可以有效提高双侧肢体的肌肉力量。研究表明,双侧运动训练能显著提高脑卒中恢复期偏瘫患者的上肢运动功能及日常生活活动能力^[15]。本研究观察到偏瘫患者健侧等长抗阻训练后,治疗组 FMA 评分与组内训练前和对照组训练后相比,改善明显。进一步说明,脑卒中偏瘫患者可以运用交叉迁移原理,健侧使用等长抗阻训练的方法使未经锻炼的患侧肢体力量增长,改善下肢运动功能。

交叉迁移现象产生时,未训练侧肌肉并没有发生明显肥大,同源肌肉的力量增长可能主要是神经因素起作用。人体两大脑半球间存在功能上的相互联系,存在交互抑制和交互易化,这些联系使两侧大脑半球兴奋性保持相对平衡。脑卒中后一侧大脑功能受损,两侧大脑间平衡被破坏,健侧和患侧下肢的不对称,影响步行能力。交叉迁移可以恢复肢体间的对称性,用于脑卒中偏瘫的康复治疗^[16]。前期研究观察到,健康人单侧主动踝背屈运动引起双侧大脑皮质多个运动相关皮质激活^[17],双侧运动皮质的共同兴奋可能引起交叉迁移和大脑可塑性的变化。脑卒中患者同样可以产生交叉迁移现象,和健康人群一样,同样具有神经可塑性,可能具有相同的神经传导通路^[18]。

综上所述,脑卒中偏瘫患者,健侧踝背屈等长抗阻训练可以引起对侧胫骨前肌及拮抗肌的力量增长,存在力量训练的交叉迁移现象;健侧等长抗阻力量练习可以改善下肢运动功能,为早期踝背屈功能障碍的改善提供新的锻炼方法。交叉迁移的中枢控制机制及如何有效地利用这一原理应用于康复领域仍需进一步探讨。

参 考 文 献

- [1] Zehr EP, Loadman PM. Persistence of locomotor-related interlimb reflex networks during walking after stroke [J]. Clin Neurophysiol, 2012, 123(4): 796-807. DOI: 10.1016/j.clinph. 2011. 07.049.
- [2] Zehr EP. Evidence-based risk assessment and recommendations for physical activity clearance: stroke and spinal cord injury [J]. Appl Physiol Nutr Metab, 2011, 36 (Suppl 1): S214-S231. DOI: 10. 1139/h11-055.
- [3] Scripture EW, Smith TL, Brown EM. On the education of muscular control and power [J]. Studies Yale Psych Lab 1894, 2: 114-119.
- [4] Carroll TJ, Herbert RD, Munn J, et al. Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms [J]. J Appl Physiol, 2006, 101 (5): 1514-1522. DOI: 10.1152 /jappphysiol. 00531.2006.
- [5] Farthing JP, Krentz JR, Magnus CR. Strength training the free limb attenuates strength loss during unilateral immobilization [J]. J Appl Physiol, 2009, 106 (3): 830-836. DOI: 10.1152/ jappphysiol.91331. 2008.
- [6] 中华神经科学会, 中华神经外科学会. 各类脑血管疾病分类诊断要点 [J]. 中华神经杂志, 1996, 29 (6): 379-380. DOI: 10.1111/j. 1469-7580.2010.01269.
- [7] 缪鸿石, 朱镛连. 脑卒中的康复评定和治疗 [M]. 北京: 华夏出版社, 1996: 8-12.
- [8] Barzi Y, Zehr EP. Rhythmic arm cycling suppresses hyperactive soleus H-reflex amplitude after stroke [J]. Clin Neurophysiol, 2008, 119 (6): 1443-1452. DOI: 10.1016/ j.clinph. 2008.02. 016.
- [9] Patten C, Lexell J, Brown HE. Weakness and strength training in persons with poststroke hemiplegia: rationale, method, and efficacy [J]. J Rehabil Res Dev, 2004, 41 (3A): 293-312.
- [10] Dragert K, Zehr EP. High-intensity unilateral dorsiflexor resistance training results in bilateral neuromuscular plasticity after stroke [J]. Exp Brain Res, 2013, 225 (1): 93-104. DOI: 10.1007/ s00221-012- 3351-x.
- [11] Hubal MJ, Gordish-Dressman H, Thompson PD, et al. Variability in muscle size and strength gain after unilateral resistance training [J]. Med Sci Sports Exerc, 2005, 37 (6): 964-972. DOI: 10.1249/01. mss.0000170469.90461.5f.
- [12] Palmer HS, Håberg AK, Finland MS, et al. Structural brain changes after 4 wk of unilateral strength training of the lower limb [J]. J Appl Physiol, 2013, 115 (2): 167-175. DOI: 10.1152/ jappphysiol. 00277.2012.
- [13] 于俊海, 周石, 黄力平, 等. 单侧肢体电刺激或随意力量训练对双侧足背屈力量和肌肉动员能力的影响 [J]. 中国康复医学杂志, 2008, 23 (9): 777-781.
- [14] Dragert K, Zehr EP. Bilateral neuromuscular plasticity from unilateral training of the ankle dorsiflexors [J]. Exp Brain Res, 2011, 208 (2): 217-227. DOI: 10.1007/ s00221- 010-2472-3.
- [15] 王强, 黄富表, 颜如秀, 等. 双侧运动训练对脑卒中恢复期上肢运动功能障碍的疗效 [J]. 中国康复理论与实践, 2015 (7): 821-825. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2015.07.018.
- [16] Farthing JP, Zehr EP. Restoring symmetry: clinical applications of cross-education [J]. Exerc Sport Sci Rev, 2014, 42 (2): 70-75. DOI: 10.1249/JES.0000000000000009.
- [17] 李霞, 徐守宇, 解光尧. 单侧踝背屈等长运动对双侧大脑皮质的影响 [J]. 中国康复医学杂志, 2013, 28 (11): 996-1000. DOI: 10. 3969/j.issn.1001-1242.2013.11.003.
- [18] Shima N, Ishida K, Katayama K. Cross education of muscular strength during unilateral resistance training and detraining [J]. Eur J Appl Physiol, 2002, 86 (4): 287-294. DOI: 10.1007/s00421-001-0559-z.

(修回日期: 2017-09-19)

(本文编辑: 阮仕衡)