

镜像疗法对脑卒中患者运动功能和平衡功能以及胫骨前肌形态结构的影响

刘美快 徐乐义 李海燕 陈顺平 陈斌

温州医科大学附属第一医院超声影像科,温州 325000

通信作者:陈斌,Email:doctorchbe@126.com

【摘要】 目的 观察镜像疗法(MVF)对脑卒中患者运动功能和平衡功能的影响,并采用超声影像观察 MVF 干预前、后其患侧胫骨前肌(TA)形态结构的变化。**方法** 选取符合入选和排除标准的脑卒中患者 36 例,按随机数字表法分为镜像组(18 例)和对照组(18 例),2 组患者均接受常规药物和常规康复治疗,镜像组患者在此基础上增加 MVF 训练,而对照组则进行假 MVF 训练。2 组患者均每周训练 5 d,连续训练 4 周。于治疗前和治疗 4 周后(治疗后)采用 FMA 量表的下肢部分(FMA-LE)和 Berg 平衡量表(BBS)分别对 2 组患者的下肢运动功能和平衡功能进行评估,并采用超声技术获取 2 组患者胫骨前肌(TA)静息和最大等长收缩(MVC)时羽状角(PA)、肌肉厚度(MT)和肌纤维长度(FL)。**结果** 治疗后,2 组患侧 TA 静息和 MVC 时的 PA 较组内治疗前均显著增加,且镜像组治疗后患侧 TA 静息和 MVC 时的 PA 均显著高于对照组治疗后,差异均有统计学意义($P<0.05$);镜像组患侧 TA 静息和 MVC 时的 MT 较组内治疗前和对照组治疗后均显著增加,差异均有统计学意义($P<0.05$)。治疗后,2 组患者的 FMA-LE 和 BBS 评分较组内治疗前均显著提高,且镜像组的 FMA-LE 和 BBS 评分分别为(24.39±6.99)分和(38.67±9.80)分,均显著优于对照组治疗后,差异均有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 镜像疗法可改善脑卒中患者的下肢运动功能和平衡能力,超声影像可量化评估脑卒中患者 TA 形态结构的变化,为临床疗效评价提供客观依据。

【关键词】 超声; 肌肉结构参数; 胫骨前肌; 脑卒中; 镜像疗法

基金项目:温州市科技局资助项目(Y20170217)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2020.05.009

Mirror visual feedback can improve motor function and balance after a stroke

Liu Meikuai, Xu Leyi, Li Haiyan, Chen Shunping, Chen Bin

Department of Ultrasonography, The First Affiliated Hospital of Wenzhou Medical University, Wenzhou 325000, China

Corresponding author: Chen Bin, Email: doctorchbe@126.com

【Abstract】 Objective To observe the effect of mirror visual feedback (MVF) on the motor functioning and balance of stroke survivors, and to observe any morphological and structural changes in the tibialis anterior (TA) after MVF training. **Methods** Thirty-six stroke survivors were divided into a mirror group ($n=18$) and a control group ($n=18$). Both groups received conventional drugs and routine rehabilitation treatment, while the mirror group was additionally provided with MVF training 5 days a week for 4 weeks. Before and after the treatment, both groups were evaluated using the Fugl-Meyer assessment for the lower extremities (FMA-LE) and the Berg balance scale (BBS). Moreover, the pennation angle (PA), the muscle thickness (MT) and the fascicle length (FL) of the tibialis anterior were measured at rest and in maximum isometric voluntary contraction (MVC) using ultrasonic imaging. **Results** After the treatment the average PA of the affected side at rest and the MVC of the TA increased significantly in both groups compared with before the treatment, with the average improvement in the mirror group significantly greater than in the control group. The average TA thickness at rest and the MVC were both significantly greater in the mirror group than among the control group after the treatment. The average FMA-LE and BBS scores of both groups had improved significantly, but the mirror group's average scores were significantly better than those of the control group. **Conclusion** MVF can improve the motor function and balance ability of stroke survivors. Moreover, ultrasound can be used to evaluate the changes of TA morphology in such patients quantitatively, providing an objective foundation for tracking clinical efficacy.

【Key words】 Ultrasound; Muscle structure; Tibialis anterior; Stroke; Mirror therapy

Funding: A Wenzhou Science and Technology Bureau Project (Y20170217)

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2020.05.009

脑卒中是危害人类健康最常见的脑血管疾病之一,其高发病率、高致残率及高病死率为家庭以及社会造成沉重的经济负担。肌肉结构是由肌束平行且斜行排列而成,是肌肉功能的主要决定因素^[1],而脑卒中后瘫痪的肌肉结构会发生变化,影响肌肉的功能,有研究显示,脑卒中后瘫痪的肌肉体积缩小,且运动单位的肌肉数量也随之减少^[2]。镜像视觉反馈疗法(mirror visual feedback, MVF)是指利用平面镜成像原理,通过观察健侧活动在镜面中的成像来诱发患侧运动,患者通过想象患侧运动,将视觉反馈、视错觉、虚拟现实与康复训练相结合的一种治疗手段^[3]。目前,对于 MVF 对脑卒中患者肌肉形态结构的影响尚不清楚,尚缺乏关于从肌肉结构方面了解下肢运动功能改善的生物力学机制的研究。

而对于 MVF 治疗后的效果,临床常用简式 Fugl-Meyer 评分量表(Fugl-Meyer motor assessment, FMA)、Berg 平衡量表(Berg balance scale, BBS)、改良的 Barthel 指数(modified Barthel index, MBI)、功能性步行量表(functional ambulation category scale, FAC)等临床量表来进行评估,但由于检测结果难以精确定量和检测效度的主观性,最终结果往往受到一定的质疑和限制^[3]。因此本研究观察了镜像疗法对脑卒中患者运动功能和平衡功能影响的,并采用超声影像技术客观地评估了 MVF 治疗前、后对脑卒中患者胫骨前肌(tibialis anterior, TA)形态结构的改变,旨在从肌肉层次进一步了解生物力学机制,以期为脑卒中的临床康复提供一种可靠、简易的评估方法。

资料与方法

一、一般资料

纳入标准:①符合 1995 年第四届全国脑血管学术会议通过的脑卒中诊断标准^[4];②经头颅 CT 或 MRI 确诊为脑出血或脑梗死,均为首次发病,且一侧肢体瘫痪;③年龄 40~75 岁;④发病前可独立步行,病程 15~90 d;⑤下肢功能 Brunnstrom 分期 3 期及以上;⑥生命体征平稳,心理健康,智力正常,无明显认知功能障碍,简易精神状态检查(mini-mental state examination, MMSE)评分>24 分,无失语症、无视觉障碍、痴呆等,

可执行一般指令;⑦签署知情同意书。

排除标准:①病情不稳定;②并发其他影响运动功能的疾病,伴有严重的骨关节和肌肉病变或畸形;③并发严重心、肝、肾疾病和感染;④病程<14 d;⑤患有失语症、失用症、单侧忽略、倾斜综合征;⑥矫正视力低于 0.5;⑦存在认知功能障碍,MMSE 评分<24 分。

选取 2016 年 6 月至 2018 年 03 月在温州医科大学附属第一医院康复医学科住院治疗且符合上述标准的脑卒中患者 36 例,按随机数字表法分为镜像组(18 例)和对照组(18 例),2 组患者在平均年龄、性别、平均身高、平均体重、病变性质、病程、病变侧别、MMSE 评分和 Brunnstrom 分期等方面组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性,详见表 1。本研究经温州医科大学附属第一医院医学伦理委员会的授权,编号 2016 伦理 023。

二、治疗方法

2 组患者均接受常规药物和常规康复治疗,镜像组患者在此基础上增加 MVF 训练,而对照组则进行假 MVF 训练。

1. 常规康复训练:包括 Bobath 法、Brunnstrom 法、本体感觉神经肌肉促进疗法、Rood 技术、肢体良肢位摆放、运动再学习疗法、坐位和站立位平衡训练、步行训练、日常生活活动能力训练等综合康复训练。训练时间为每日 1 次,每次共 60 min,每周训练 5 d,连续训练 4 周。

2. MVF 疗法:治疗前需向患者说明治疗的目的、方法和相关注意事项,患者取坐位,两腿中间放置一面高 100 cm×宽 50 cm 的镜子,镜面反射健侧下肢,患侧下肢则置于镜子反面,要求患者注意力集中,目光注视镜面,按要求进行健侧下肢踝关节最大范围的背屈动作,患侧则跟随健侧进行想象运动,每 10 s 行 1 次背屈动作,并维持 10 s。运动过程中,治疗师需监督患者,以防出现注意力不集中、过度疲劳、动作代偿、恶心呕吐等情况的发生。对照组患者两腿间放置一块高宽相同的镜面,将镜子背面的无反射面朝向健侧下肢,完全避开视觉运动,其他运动训练方式同镜像组。2 组患者治疗时间均为每日 1 次,每次 30 min,每周训练 5 d,连续训练 4 周。

表 1 2 组患者一般资料

| 组别 | 例数 | 性别(例) | | 平均年龄(岁, $\bar{x}\pm s$) | 平均身高(cm, $\bar{x}\pm s$) | 平均体重(kg, $\bar{x}\pm s$) |
|-----|----|-------|----|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | 男 | 女 | | | |
| 镜像组 | 18 | 12 | 6 | 61.83±8.95 | 163.56±5.62 | 62.69±8.06 |
| 对照组 | 18 | 8 | 10 | 63.56±7.48 | 164.17±7.05 | 62.58±7.37 |

| 组别 | 例数 | 病变性质(例) | | 平均病程(d, $\bar{x}\pm s$) | 病变侧别(例) | | MMSE 评分(分) | Brunnstrom 分期(例) | | | |
|-----|----|---------|-----|--------------------------|---------|---|------------|------------------|----|----|----|
| | | 脑梗死 | 脑出血 | | 左 | 右 | | Ⅲ期 | Ⅳ期 | Ⅴ期 | Ⅵ期 |
| 镜像组 | 18 | 12 | 6 | 39.28±28.85 | 10 | 8 | 26.72±1.56 | 9 | 5 | 2 | 2 |
| 对照组 | 18 | 11 | 7 | 41.61±27.99 | 11 | 7 | 26.22±1.35 | 10 | 2 | 4 | 2 |



注:患者目光注视健侧踝关节镜中成像的运动,并想象成患侧在运动,双侧同时完成踝关节背屈,镜中为健侧下肢,镜子的背面为患侧下肢

图 1 下肢镜像疗法示范图

三、评定标准

于治疗前和治疗 4 周后(治疗后)采用超声和评估量表对 2 组患者的康复情况进行评价。评估者于双盲状态下进行评估,其对患者的分组情况不知情。

(一)超声评估

2 组患者患侧在治疗前、后均由同一位有经验的超声医生测量数据进行评定。采用日本株式会社日立制作所生产的 HI VISION Preirus 型超声诊断仪,探头为 EUP-L74M 的高频线阵探头,频率为 5~13 MHz,探头宽度 5 cm,检查类型 2D,灰阶类型 M2,超声检查声功率 100%,扫描深度 3~5 cm,帧频 25~45,动态范围 70,采用软组织肌肉专用检查模式 musculoskeletal,以获取最佳的肌肉骨骼超声图像。所有操作仪器设置保持统一。选取踝关节 0°(解剖中立位)时,测量胫骨前肌的形态结构参数,包括羽状角(pennation angle, PA)、肌肉厚度(muscle thickness, MT)及肌纤维长度(fascicle length, FL);利用超声技术获取静息和最大等长收缩(maximal voluntary contraction, MVC)时的矢状面超声图像,每种状态均获取三张超声图像。每一图像数据均测量 3 次,取其平均值进行分析以减小误差。沿肌纤维走向设定长度和角度,视野外肌纤维按平行四边形模型延长计算^[5]。测量静息状态或最大等长收缩状态时患者均取仰卧位,在膝关节伸直的情况下踝关节为 0°,测量时患者均穿着踝关节固定支具来保持踝关节 0°的姿势,测量位置统一取胫骨近端与外踝之间中点的肌腹处,并用笔标记,便于超声探头放置。将探头扫描长轴垂直置于标记处,并与小腿长轴方向平行,逐渐水平移动寻找目标肌纤维回声图像,调整图像的深度以使感兴趣区位于图像的中部,移动聚焦点调整调整声束的聚焦部位,当声像图显示高回声水平线的皮肤、筋膜、腱膜,

又能清晰显示无数条平行排列的高回声斜线的纤维脂肪隔将低回声肌束分开,此为最佳声像图测量切面,冻结声像图。测量最大等长收缩状态时,先嘱患者放松,然后对患者足背施加压力,让患者尽最大力量做踝关节背屈的动作进行抗阻,并保持抗阻的最大等长收缩态,试验过程中踝关节始终保持 0°。测量过程中,受试者可适当休息,防止在疲劳的状态下进行测量。超声探头必须垂直于皮肤表面,轻轻置于检查部位,通过超声耦合剂增强超声探头和皮肤表面的传导,充分接触皮肤,但不压迫软组织,必要时以指关节作支点,使探头相对固定,确保始终给予探头最小的压力,避免因皮下脂肪和肌肉受压变形而影响测量结果。

(二)临床评估

1. 下肢运动功能评估:采用 FMA 量表的下肢部分(FMA-lower extremities, FMA-LE)对 2 组患者的下肢运动功能进行评定,该部分共包括 17 个小项,每项 0~2 分,满分 34 分,得分越高则患者的下肢运动功能越好^[6]。

2. 平衡功能评估:采用 BBS 量表评估患者的平衡功能,该量表包括站起、坐下、独立站立、闭眼站立、上臂前伸、双足交替踏台阶、单腿站立等 14 个动作,每个动作评分标准为 0、1、2、3、4 分,最低分为 0 分,满分 56 分,分数越高则平衡功能越好^[7]。

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统计学分析。符合正态分布的计量资料采用($\bar{x} \pm s$)表示,组内比较采用配对样本 *t* 检验,计数资料(性别、病变性质、病变侧别等)以例数表示,组间比较采用 χ^2 检验,等级资料(Brunnstrom 分期)采用非参数检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、2 组患者治疗前、后超声评估比较

治疗前,2 组患者患侧 TA 静息和 MVC 时的 PA、MT、FL 组间比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。治疗后,2 组患侧 TA 静息和 MVC 时的 PA 较组内治疗前均显著增加,且镜像组治疗后患侧 TA 静息和 MVC 时的 PA 均显著高于对照组治疗后,差异均有统计学意义($P < 0.05$);镜像组患侧 TA 静息和 MVC 时的 MT 较组内治疗前和对照组治疗后均显著增加,差异均有统计学意义($P < 0.05$),但对对照组患侧 TA 静息和 MVC 时的 MT 与组内治疗前比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$);2 组患侧 TA 静息和 MVC 时的 FL 与组内治疗前比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),详见表 2 和图 2。

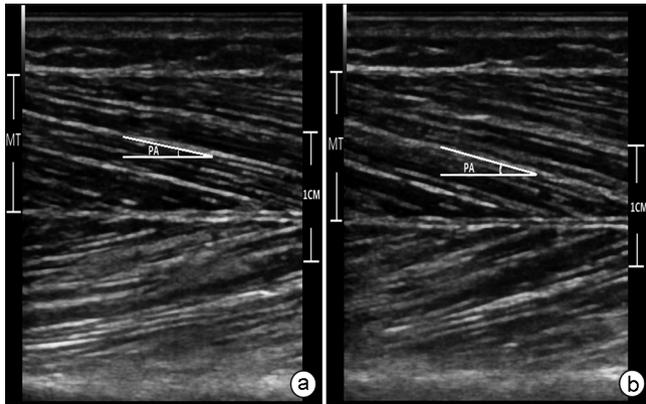
二、2 组患者治疗前、后临床评估比较

治疗前,2 组患者 FMA-LE 和 BBS 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

表 2 2 组患者训练前、后胫骨前肌结构参数比较($\bar{x}\pm s$)

| 组别 | 例数 | PA(°) | | MT(mm) | | FL(mm) | |
|-----|----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|------------|
| | | 静息 | MVC | 静息 | MVC | 静息 | MVC |
| 镜像组 | | | | | | | |
| 治疗前 | 18 | 9.70±1.11 | 10.50±0.97 | 9.99±1.25 | 10.44±1.25 | 60.08±10.57 | 57.94±9.84 |
| 治疗后 | 18 | 10.44±1.15 ^{ab} | 11.33±0.98 ^{ab} | 10.55±1.33 ^{ab} | 10.99±1.27 ^{ab} | 58.80±9.41 | 56.54±9.64 |
| 对照组 | | | | | | | |
| 治疗前 | 18 | 9.68±0.95 | 10.46±1.40 | 9.81±1.00 | 10.20±0.87 | 59.10±10.08 | 57.07±8.73 |
| 治疗后 | 18 | 9.90±0.89 ^a | 10.68±1.41 ^a | 9.92±1.08 | 10.32±0.92 | 58.48±10.10 | 56.60±8.98 |

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



注:图 a 为治疗前,图 b 为治疗后,治疗后,该患者患侧胫骨前肌 PA 和 MT 较其治疗前均显著增加

图 2 镜像组某患者受试时胫骨前肌结构参数

FMA-LE 和 BBS 评分较组内治疗前均显著提高,且镜像组的 FMA-LE 和 BBS 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 3。

表 3 2 组患者训练前、后 FMA-LE 评分和 BBS 评分比较(分, $\bar{x}\pm s$)

| 组别 | 例数 | FMA-LE 评分 | BBS 评分 |
|-----|----|--------------------------|--------------------------|
| 镜像组 | | | |
| 治疗前 | 18 | 18.00±7.49 | 30.22±11.83 |
| 治疗后 | 18 | 28.06±4.35 ^{ab} | 40.67±4.98 ^{ab} |
| 对照组 | | | |
| 治疗前 | 18 | 18.94±8.39 | 31.67±8.12 |
| 治疗后 | 18 | 22.28±8.10 ^a | 35.22±7.30 ^a |

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

讨 论

本研究结果显示,2 组患者治疗 4 周后,其 FMA-LE 和 BBS 评分较组内治疗前均有明显改善,且镜像组治疗后患侧胫骨前肌(TA)静息和 MVC 时的羽状角(PA)、肌肉厚度(MT)、FMA-LE 和 BBS 评分均显著优于组内治疗前和对照组治疗后,差异均有统计学意义($P<0.05$)。该结果提示,镜像疗法和常规康复治疗均可改善患者的下肢运动功能和平衡能力,但镜像疗法的疗效更为显著,且镜像疗法对脑卒中患者的肌肉形态结构有积极的强化作用。

下肢运动功能障碍,尤其是踝关节背屈功能障碍

会导致脑卒中患者行走时步态异常,平衡失调,并增加跌倒风险。踝关节是人体步行姿势和稳定性的关键枢纽,踝关节背屈受限会严重影响人们的行走和步态。脑卒中后胫骨前肌肌无力可导致踝关节背屈受限,而提高胫骨前肌肌力和踝关节背屈角度有利于踝关节背屈功能的改善。因此,尽早有针对性地脑卒中患者胫骨前肌进行力量训练,可增强胫骨前肌的肌肉控制,有助于足下垂症状的改善。

镜像疗法是基于视觉记忆功能来促进运动功能的恢复。偏瘫患者在镜像治疗中目光注视镜中健侧肢体的运动成像,同时患侧也运动起来,这种疗法可以激活病变区域的神经细胞,使越来越多的正常神经细胞之间产生联系,大脑部分受损区域也逐渐地由这些正常的神经元承担,解除两大脑半球间的抑制,易化患侧部分运动通路,有助于偏瘫侧的运动功能的提高。镜像疗法也是一种“去习得性”的疗法,通过将患者注意力转移到患侧肢体,可使肢体存在感增强,纠正单侧忽略,帮助运动功能恢复^[8]。经颅磁刺激已证明,镜像疗法对受损肢体运动功能的提高与主要运动皮质区(M1)的重塑关系密切^[9]。通过视觉有效性的反馈激活人脑主要运动皮质区(M1),能够重启废用区域,提高运动皮质的兴奋性和电活动^[9],有效的多种感觉刺激可激活镜像神经元系统^[10]。

镜像疗法因成本低廉,设备简单,可操作性强,无严重不良反应等优点,越来越受到学者的重视。Crosby 等^[11]的研究发现,蒙布镜像疗法对脑卒中患者下肢运动有明显的改善作用;Arya 等^[12]的研究也发现,镜像疗法可以促进慢性脑卒中患者下肢运动功能的恢复,并减少患者步态的偏差;还有研究者指出,镜像治疗不仅能促进急性脑卒中患者下肢运动恢复,还能提高其平衡和运动能力^[13]。

本研究尝试应用超声从肌肉的形态结构方面探讨镜像疗法改善患者下肢功能障碍的生物力学机制。有研究已验证,有效的训练可以使肌肉结构参数发生适应性改变^[14]。Suetta 等^[15]对老年术后患者进行抗阻训练 12 周后发现,患者的肌纤维角度、肌肉厚度和肌肉横截面积分别增加了 22%、15%、32%,从肌肉的角度证明了抗阻训练对老年术后患者康复的有效性。

Liu 等^[16]对亚急性脑卒中患者进行为期 3 周的减重步行训练,结果发现,胫骨前肌的羽状角、肌肉厚度和腓肠肌内侧头的肌纤维长度均显著增加,同时踝关节肌力较治疗前也显著增加。上述研究表明,康复训练可防止肌肉萎缩,增大肌肉体积^[17]。近期, Menon 等^[18]对慢性阻塞性肺疾病的患者进行了 8 周的抗阻训练,并利用超声测量评估了这些患者股直肌横截面积的变化情况,结果发现,训练后,慢性阻塞性肺疾病患者的股直肌横截面积较训练前增加了 5.7%,即出现了明显的形态变化。

本研究结果与上述结果基本一致,表明镜像疗法对脑卒中患者的肌肉形态结构有积极的强化作用。羽状角与肌肉肌腱中收缩组织启动的数目有显著的相关关系,康复训练可使肌肉羽状角增大,代表肌肉肌腱可以启动的收缩组织数目增加,肌肉横截面积增大,肌肉的发力能力也随之增强;而肌肉厚度与肌肉横截面积密切相关,肌肉横截面积也与肌力间存在正相关关系,因此康复训练可增加肌肉厚度,增强肌肉的发力潜能。本课题组认为,其机制为:肌肉中蛋白总量增多,毛细血管密度增加,肌肉厚度、肌肉的横截面积增加引起肌肉容积增加,宏观上,反映为肌力、抗重力和维持姿势的能力增强。因此,镜像疗法可改变脑卒中患者患侧萎缩的胫骨前肌的肌肉形态结构,增强肌肉的控制力和力量,改善胫骨前肌的背屈作用,从而改善患者足下垂症状和下肢运动功能。同时,在运动训练后对脑卒中患者肌肉结构参数进行影像学评估是有临床意义的,有助于评估肌肉的性能和运动功能。

综上所述,镜像疗法可改善脑卒中患者的下肢运动功能和平衡能力,超声影像可量化评估脑卒中患者小腿的肌肉结构,为脑卒中患者的疗效评价提供客观的影像学依据,有助于康复医学治疗方案的制定。本研究过程中,镜像组患者未发现严重不良反应,偶有患者出现头晕、疲劳等现象,但适当休息后均可缓解,因此脑卒中患者进行镜像疗法是安全有效的,但对于治疗介入时间、训练时间等方面未有定论。由于本研究患者入选标准严格,例数相对较少,测量的肌肉也比较局限,且不是运动状态下的实时监测,这些均有待今后的研究来补充和加强。

参 考 文 献

[1] Dias CP, Freire B, Goulart NB, et al. Muscle architecture and torque production in stroke survivors: an observational study[J]. *Top Stroke Rehabil*, 2017, 24 (3): 206213. DOI: 10. 1080/10749357. 2016. 1210873.

[2] Picelli A, Tamburin S, Cavazza S, et al. Relationship between ultrasonographic, electromyographic, and clinical parameters in adult stroke patients with spastic equinus: an observational study[J]. *Arch*

Phys Med Rehabil, 2014, 95(8): 1564-1570. DOI: 10.1016/j.apmr. 2014.04.011.

[3] 沈晓妍,姜咏梅,唐妮妮,等.镜像疗法改善脑卒中患者肢体功能的研究进展[J].*中华物理医学与康复杂志*, 2017, 39(6): 472-474. DOI: 10.3760/ema.j.issn.0254-1424.2017.06.021.

[4] 中华神经科学会,中华神经外科学会.各类脑血管疾病诊断要点[J].*中华神经科杂志*, 1996, 29(6): 379-380.

[5] 朱登纳,安爽,王明梅,等.不同剂量 A 型肉毒毒素注射缓解脑性瘫痪患儿腓绳肌痉挛的前瞻性研究[J].*中国康复医学杂志*, 2018, 33(5): 506-512. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2018.05.003.

[6] 恽晓平.康复疗法评定学[M].北京:华夏出版社, 2005: 393-396.

[7] 卓大宏.中国康复医学[M].北京:华夏出版社, 1990, 144-147.

[8] 姚淑珍,勾丽洁,刘旭东,等.镜像疗法结合肌电生物反馈疗法促进脑卒中偏瘫患者上肢功能重建的临床观察[J].*中华物理医学与康复杂志*, 2016, 38(10): 746-749. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2016.10.007.

[9] Nojima I, Mima T, Koganemaru S, et al. Human motor plasticity induced by mirror visual feedback [J]. *J Neurosci*, 2012, 32(4): 1293-1300. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.5364-11.2012.

[10] Garrison KA, Winstein CJ, Aziz-Zadeh L. The mirror neuron system: a neural substrate for methods in stroke rehabilitation[J]. *Neurorehabil Neural Repair*, 2010, 24 (5): 404-412. DOI: 10.1177/1545968309354536.

[11] Crosby LD, Marrocco S, Brown J, et al. A novel bilateral lower extremity mirror therapy intervention for individuals with stroke[J]. *Heliyon*, 2016, 2(12): e00208-e00225. DOI: 10.1016/j.heliyon.2016.e00208.

[12] Arya KN, Pandian S, Kumar V, et al. Effect of activity-based mirror therapy on lower limb motor-recovery and gait in stroke: a randomised controlled trial [J]. *Neuropsychol Rehabil*, 2017, 9(26): 1-18. DOI: 10.1080/09602011.2017.1377087.

[13] Mohan U, Babu SK, Kumar KV, et al. Effectiveness of mirror therapy on lower extremity motor recovery, balance and mobility in patients with acute stroke: a randomized sham-controlled pilot trial[J]. *Ann Indian Acad Neur*, 2013, 16(4): 634-639. DOI: 10.4103/0972-2327.120496.

[14] Timmins RG, Shield AJ, Williams MD, et al. Architectural adaptations of muscle to training and injury: a narrative review outlining the contributions by fascicle length, pennation angle and muscle thickness[J]. *Br J Sports Med*, 2016, 50(23): 1467-1472. DOI: 10.1136/bjsports-2015-094881.

[15] Suetta C, Andersen JL, Dalgas U, et al. Resistance training induces qualitative changes in muscle morphology, muscle architecture, and muscle function in elderly postoperative patients[J]. *J Appl Physiol*, 2008, 105(1): 180-186. DOI: 10.1152/jappphysiol.01354.2007.

[16] Liu P, Wang YJ, Hu HJ, et al. Change of muscle architecture following body weight support treadmill training for persons after subacute stroke: evidence from ultrasonography [J]. *Biomed Res Int*, 2014, 13(11): 270676-270686. DOI: 10.1155/2014/270676.

[17] Brorsson S, Hilliges M, Sollerman C, et al. A six-week hand exercise programme improves strength and hand function in patients with rheumatoid arthritis [J]. *J Rehabil Med*, 2009, 41(5): 338-342. DOI: 10.2340/16501977-0334.

[18] Menon MK, Houchen L, Harrison S, et al. Ultrasound assessment of lower limb muscle mass in response to resistance training in COPD [J]. *Respir Res*, 2012, 13(1): 119-129. DOI: 10.1186/1465-9921-13-119.

(修回日期:2020-04-05)

(本文编辑:阮仕衡)