

肌电生物反馈疗法结合镜像疗法对脑卒中患者下肢运动和平衡功能的影响*

王耀霆¹ 姚佳琴² 王红雨^{3,5} 卢燕¹ 杨春花¹ 张永卿¹ 王敏⁴

摘要

目的:探究肌电生物反馈疗法(EMGBFT)结合镜像疗法(MT)对脑卒中患者下肢运动和平衡功能的影响。

方法:选取60例脑卒中后偏瘫患者,随机分为肌电反馈组与镜像肌电组,每组30例。在常规康复基础上,肌电反馈组患者接受假MT刺激结合EMGBFT,镜像肌电组患者接受MT结合EMGBFT。于治疗前后,选用Fugl-Meyer运动功能评定量表下肢部分(FMA-LE)、表面肌电图-膝屈曲及踝背伸下的积分肌电值(iEMG)、协同收缩率(CR)评价患者下肢运动功能;睁眼及闭眼状态下,足底压力-双足平均压力和接触面积的对称指数(SI)、身体重心椭圆面积、身体重心前后向(AP)和内外向(ML)位移距离评价患者负重与平衡功能。

结果:治疗后,两组患者的FMA-LE,股二头肌和股直肌、胫骨前肌和腓肠肌内侧头的CR和iEMG均明显改善($P<0.01$)。治疗后,睁眼状态下,两组患者双足平均压力和接触面积SI、身体重心椭圆面积、身体重心AP及ML位移距离均明显改善($P<0.05$, $P<0.01$),闭眼状态下,两组患者双足平均压力和接触面积SI、身体重心ML位移距离均明显改善($P<0.05$, $P<0.01$)。与肌电反馈组治疗后比较,镜像肌电组FMA-LE、股二头肌和胫骨前肌iEMG、睁眼时身体重心椭圆面积和身体重心AP及ML位移距离、闭眼时双足接触面积SI变化幅度更加显著($P<0.05$, $P<0.01$)。

结论:肌电生物反馈疗法结合镜像疗法可提高脑卒中患者下肢运动和平衡功能,其潜在机制可能是激活了下肢薄弱肌群运动单位,缓解了下肢痉挛,改善了站立位静态平衡能力。

关键词 镜像疗法;肌电生物反馈;脑卒中;下肢功能;足底压力

中图分类号:R743.3;R681.8,R493 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1242(2024)-03-0375-07

Effects of electromyographic biofeedback therapy combined with mirror therapy on lower limb motor and balance function in stroke patients/WANG Yaoting, YAO Jiaqin, WANG Hongyu, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2024, 39(3): 375—381

Abstract

Objective: To study the influence of electromyographic biofeedback therapy(EMGBFT) combined with mirror therapy (MT) on lower limb motor and balance function in stroke patients.

Method: Sixty patients with hemiplegia after stroke were randomly divided into two groups: MT based EMGBFT group and EMGBFT group, 30 patients in each group. On the basis of conventional rehabilitation, the patients in the EMGBFT group received sham MT stimulation combined with EMGBFT, and the patients in the MT based EMGBFT group received MT combined with EMGBFT. Before and after treatment, the lower limb motor function of the patients was evaluated using Fugl-Meyer assessment scale-lower extremity (FMA-LE) and surface electromyography - integrated electromyography (iEMG) of knee flexion and ankle dorsiflexion, co-contraction ratio (CR). Plantar pressure - symmetry index (SI) of mean pressure and contact area of both feet, elliptical area of body center of gravity, anteroposterior (AP) and mediolateral (ML) displacement

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2024.03.011

*基金项目:安徽省教育厅高校科学研究重大项目(SK2020ZD32);蚌埠医学院研究生科研创新计划项目(Byycx21009)

1 蚌埠医学院研究生院,安徽省蚌埠市,233030; 2 蚌埠医学院护理学院; 3 蚌埠医学院健康体能中心; 4 蚌埠医学院第一附属医院康复医学科; 5 通讯作者

第一作者简介:王耀霆,女,硕士研究生; 收稿日期:2022-01-06

distance of body center of gravity under eye-opening and eye-closed states were calculated to evaluate patients' weight-bearing and balance function.

Result: After treatment, FMA-LE, CR and iEMG of biceps femoris and rectus femoris under knee flexion, tibialis anterior and medial gastrocnemius under ankle dorsiflexion were markedly ameliorated in the two groups ($P<0.01$). After treatment, in the eye-opening state, the SI of mean pressure and contact area of both feet, elliptical area of body center of gravity, AP and ML displacement distances of body center of gravity were greatly enhanced in the two groups ($P<0.05$, $P<0.01$), in the eye-closed state, the SI of mean pressure and contact area of both feet, ML displacement distances of body center of gravity were observably ameliorated in the two groups ($P<0.05$, $P<0.01$). Compared with the EMGBFT group, the FMA-LE, iEMG of biceps femoris and tibialis anterior muscles, elliptical area of body center of gravity, AP and ML displacement distance of body center of gravity with eyes open, SI of contact area of both feet with eyes closed had more significant changes in the MT based EMGBFT group after treatment($P<0.05$, $P<0.01$).

Conclusion: Electromyographic biofeedback therapy combined with mirror therapy can improve lower limb motor and balance function in stroke patients, the underlying mechanism of which may be the activation of lower limb weak muscle motor units, the relief of lower limb spasm, and the improvement of standing static balance ability.

Author's address Graduate School of Bengbu Medical College, Bengbu, Anhui, 233030

Key word mirror therapy; electromyographic biofeedback therapy; stroke; lower limb function; plantar pressure

脑卒中(cerebral stroke)作为首要致死、致残的病因严重威胁着我国国民健康^[1]。脑卒中患者站立时易发生跌倒,其发生率高达65%,跌倒后患者通常会出现疼痛综合征、严重软组织损伤等^[2],而平衡障碍是脑卒中后患者容易发生跌倒的众多原因之一。^[3-4]肌电生物反馈疗法(electromyographic biofeedback therapy, EMGBFT)常采用表面电极测量潜在的外周肌肉活动,发出的肌电信号可以被转换成视觉或听觉信号,向个体提示其肌肉收缩表现,使个体达到所需的肌肉收缩目标。比起常规康复训练,更能对下肢活动能力起到很好的促进作用^[5]。镜像疗法(mirror therapy, MT)被证实可通过视觉输入来刺激大脑皮质及与外周运动的连接过程,患者可专注于非瘫痪侧运动以促进瘫痪侧对称运动,从而改善自身运动与平衡功能^[6]。近年来有研究表明两者结合可更好地改善脑卒中患者的下肢功能^[7]。因此,本研究将MT与EMGBFT结合起来治疗脑卒中后偏瘫患者,并采用表面肌电及足底压力指标来客观评价其疗效,报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

1.1.1 纳入标准:①符合《中国各类主要脑血管病诊断要点2019》^[8]界定的脑卒中患者;②初次发病并伴

单侧肢体运动和平衡功能障碍者;③身体状况平稳,病程 ≤ 6 个月者;④年龄30—79岁者;⑤患肢Brunnstrom II—V期者;⑥患肢经改良Ashworth量表评级后至少有1块肌肉(腓肠肌内侧头或/和股直肌) > 1 者;⑦坐位平衡 ≥ 2 级,可保持坐位 ≥ 15 min者;⑧不需任何外界辅助单次可站立10s者;⑨无意识、听觉及视觉障碍,依从性好,配合治疗者;⑩对本研究知悉并签署知情同意书者。

1.1.2 排除标准:①有严重的重要脏器病变或心肌梗死、未控制高血压等并发症者;②患有药物也无法控制的精神类疾病者;③下肢缺失或本身存在肌肉骨骼系统疾病者;④研究期间接受其他中枢干预者。

1.1.3 脱落标准:①在干预阶段发生不良反应并必须强制停止此次试验者;②因本人原因或其他原因自行中途退出者。

1.1.4 选取2021年3月至2021年10月在蚌埠医学院第一附属医院康复科接受治疗的脑卒中患者60例,按随机数表法分为肌电反馈组(30例)与镜像肌电组(30例)。该研究已顺利通过蚌埠医学院第一附属医院伦理委员会讨论(2021KY046)。两组基线资料差异均无显著性意义($P>0.05$)。见表1。

1.2 治疗方法

在常规治疗基础上,肌电反馈组:采取假MT刺激结合EMGBFT。见图1;镜像肌电组:采取MT结

表1 两组患者基线资料比较

组别	例数	性别(例)		年龄 ($\bar{x}\pm s$,岁)	病程 ($\bar{x}\pm s$,d)	病灶侧别(例)		类型(例)		身高 ($\bar{x}\pm s$,cm)	体质量 ($\bar{x}\pm s$,kg)
		男	女			左	右	脑梗死	脑出血		
肌电反馈组	30	23	7	55.43±11.29	79.03±21.97	18	12	19	11	170.23±6.36	69.80±8.83
镜像肌电组	30	22	8	57.30±11.98	79.63±34.01	20	10	20	10	169.23±5.99	68.23±10.05
<i>t/z</i> 值		0.089		0.621	0.081	0.287		0.073		- 0.627	- 0.641
<i>P</i> 值		0.766		0.537	0.936	0.592		0.787		0.533	0.524

合EMGBFT。见图2。15—30min/次,1次/d,6d/周,共持续4周。

1.2.1 常规治疗:涉及用药(缓解头痛头晕、营养脑细胞等对症处理)、物理疗法(神经发育疗法、运动再学习、各类对症的物理因子等治疗)、中医治疗(针刺、艾灸等)、语言康复等。30—40min/次,1次/d,6d/周,共持续4周。

1.2.2 MT与假MT刺激:MT刺激:患者取坐位,双腿间放置一面康复科自制的大型镜子(高200cm×宽100cm),其镜面面向非瘫痪侧下肢,镜子反面面向瘫痪侧下肢,镜面根据患者视线进行适当倾斜调整。全程患者需要集中注意力在镜子里的非瘫痪侧运动而非背侧的患肢运动,治疗师或家属应不断提醒患者尽可能经过大脑想象以进行双侧下肢对称运动。假MT刺激与上述相反,即将镜子反面面向其非瘫痪侧下肢,镜面面向瘫痪侧下肢。

1.2.3 EMGBFT:采用生物刺激反馈仪(S2-1,南京伟思医疗科技有限责任公司)。患者取坐位,并将裤

腿卷起以暴露小腿及大腿远端,用医用酒精(75%)对目标肌肉外部皮肤进行灭菌消毒后,将2片电极片分别贴于患腿腓骨头后外侧腓总神经处和胫骨前肌肌腹膨隆处,1片贴于胫骨粗隆处以防干扰。生物反馈仪调制下肢触发电刺激治疗模式,先进行肌电阈值检测,患者根据听到的“使劲”、“放松”词汇进行踝背伸及跖屈放松,测试三次肌电阈值后仪器将取其平均值,治疗师在调节电流的同时需观察患者足踝是否背伸并外翻,并以患者自我承受情况为准。正式开始后的每次“使劲”时仪器会检测患者的肌电值并设置为下一次的主动目标阈值,患者应根据仪器指令运动,每次用力达到阈值时将触发事先调制好的电流刺激靶肌肉以助力收缩,治疗师和家属应时刻保证患者双下肢同时运动。根据Brunnstrom技术理论^[9],Brunnstrom分期在Ⅱ—Ⅲ期的患者应以膝关节屈曲≤90°时的踝背伸跖屈为主;Brunnstrom分期在Ⅳ—Ⅴ期的患者以静止伸膝状态下的踝背伸跖屈为主,条件较好患者选择在使劲时动态伸膝加踝背伸、放松时屈膝收回练习,可以适当绑上沙袋以实施抗阻运动。患者可根据自身情况配合踝内外翻、髌屈曲等辅助运动,以满足下肢自然运动需求。

1.3 评定标准

于治疗前后,评定患者运动及平衡功能。

1.3.1 运动功能:①Fugl-Meyer运动功能评定量表下肢部分(Fugl-Meyer assessment scale-Lower extremity,FMA-LE):有7大项目,共17个部分(每部分:0—2分),总分达34分,分数愈高反映其运动功能愈佳;②表面肌电图(surface electromyography,sEMG)设备(XMYoMove-EOW,江西诺诚电气有限公司):患者体位:患者坐位双腿悬空(膝屈曲)或仰卧位(踝背伸)。准备工作同1.2.3所述。膝屈曲时2片电极片贴于股直肌肌腹处,2片贴于股二头肌肌腹处;踝背伸时2片贴于胫骨前肌肌腹处,2片贴于腓肠肌内侧头肌腹处。开始后,起始10s患者需保

图1 肌电反馈组治疗方法



图2 镜像肌电组治疗方法



持放松以适应测试。1个周期包括:10s嘱患者用最大力气抵抗评估者相反方向力进行膝屈曲或踝背伸,10s嘱患者全身心放松。需重复3个周期,持续70s,共测试3次,取其平均值。采集指标^[10]包括:瘫痪侧膝屈曲和踝背伸最大等长收缩下,上述4块肌肉的积分肌电值(integrated electromyography, iEMG)和协同收缩率(co-contraction ratio, CR)。iEMG实际代表肌肉在单位收缩时间内的特性、放电量多少和功能状态;CR代表拮抗肌占比大小,可有效反映脑卒中患者下肢肌肉痉挛程度,公式:拮抗肌iEMG/(拮抗肌iEMG+主动肌iEMG)。

1.3.2 平衡功能:使用Footwork 动态足部测力台测评系统(Footwork Pro 5.1.13.1,苏州好博医疗器械股份有限公司):患者脱掉鞋袜后踩在压力平台上并处于自然站立位,放松且注视前方2m和双眼水平的红色标志。嘱患者站立测量过程中保持站立稳定,双眼注视前方中心点。每次测量持续10s,共测量3次,求其平均值。采集指标包括:睁眼及闭眼状态下,①双足平均压力、②双足接触面积、③身体重心椭圆面积、④身体重心前后向(anteroposterior, AP)和内外向(mediolateral, ML)位移距离。运用公式:对称指数(symmetry index, SI)^[11]="非瘫痪侧肢体值/非瘫痪侧肢体值+瘫痪侧肢体值"评估患者双足动力学参数的对称程度,进而反映患者双下肢的平衡功能。SI范围为0—1,“SI=0.5”表示非瘫痪侧和瘫痪侧肢体的参数值相等(即完全对称)。若SI>0.5,则该观察指标的非瘫痪侧肢体值>瘫痪侧肢体值,非瘫痪侧对双下肢平衡的贡献度较大,反之较小。需计算①②的SI值。

1.4 统计学分析

用SPSS 26.0软件处理测得数据。表格中组间或组内采用非参数检验的数据均以中位数(四分位间距)[M(P25, P75)]表示,组间和组内均采用参数检验的数据皆表示为平均数±标准差。①参数检

验:两组间符合正态分布及方差齐性的计量资料采用两独立样本 t 检验;组内数据符合正态分布的计量资料采用配对样本 t 检验。②非参数检验:两组间非正态分布或非方差齐性的计量资料采用Mann-Whitney U 检验;组内数据非正态分布的计量资料采用Wilcoxon符号秩检验。③计数资料选用 χ^2 检验。 $P<0.05$ 提示差异有显著性意义。

2 结果

2.1 两组患者治疗前后FMA-LE、CR、iEMG组内和组间比较

治疗前,各组FMA-LE、CR、iEMG在组间比较,差异均无显著性意义($P>0.05$);与本组治疗前比较,两组患者在治疗后上述指标均获得改善($P<0.01$);与肌电反馈组治疗后比较,镜像肌电组的FMA-LE分数、股二头肌和胫骨前肌iEMG改善幅度更大($P<0.05$, $P<0.01$),CR、股直肌和腓肠肌内侧头iEMG差异均无显著性意义($P>0.05$)。见表2—3。

2.2 两组患者两种状态下治疗前后SI、椭圆面积、AP和ML组内和组间比较

治疗前,在睁眼及闭眼状态下,各组平均压力和接触面积SI、身体重心椭圆面积、身体重心AP和ML位移距离在组间比较,差异均无显著性意义($P>0.05$);与本组治疗前比较,睁眼状态下,两组患者在治疗后上述指标均明显改善($P<0.05$, $P<0.01$),闭眼状态下,两组患者在治疗后平均压力和接触面积SI、身体重心ML位移距离明显改善($P<0.05$, $P<0.01$);与肌电反馈组治疗后比较,镜像肌电组睁眼时的身体重心椭圆面积、身体重心AP及ML位移距离和闭眼时的接触面积SI变化幅度更加显著($P<0.05$, $P<0.01$)。见表4—5。

3 讨论

本研究选取60例脑卒中患者,在4周治疗后,结

表2 两组患者治疗前后FMA-LE和协同收缩率(CR)

组别	例数	FMA-LE[M(P25, P75), 分]		膝屈曲CR($\bar{x}\pm s$)		踝背伸CR[M(P25, P75)]	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
肌电反馈组	30	10.50(8.00, 14.25)	17.00(13.00, 21.25) ^①	0.54±0.15	0.26±0.11 ^①	0.60(0.46, 0.65)	0.19(0.12, 0.30) ^①
镜像肌电组	30	11.00(8.00, 14.00)	20.00(18.00, 23.00) ^{①②}	0.58±0.17	0.22±0.13 ^①	0.55(0.46, 0.68)	0.12(0.09, 0.22) ^①
t/Z 值		0.326	2.721	1.034	-1.252	0.163	-1.939
P 值		0.745	0.009	0.305	0.216	0.871	0.053

注:组内比较:① $P<0.01$; 组间比较:② $P<0.01$; FMA-LE: Fugl-Meyer运动功能评定量表下肢部分。

表3 两组患者治疗前后四块肌肉的积分肌电值(iEMG) [M(P25,P75),μV·s]

组别	例数	股二头肌		股直肌		胫骨前肌		腓肠肌内侧头		
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	
肌电反馈组	30	506.49	1040.33	502.65	314.99	543.83	1553.78	664.67	372.25	
		(231.38, 720.53)	(733.33, 1475.04) ^①	(372.74, 749.90)	(258.50, 480.56) ^①	(332.82, 1268.51)	(832.46, 2403.78) ^①	(465.50, 1299.53)	(219.80, 566.52) ^①	
		480.75	1300.90	482.10	248.86	591.38	1982.95	783.08	333.91	
镜像肌电组	30	(208.67, 668.35)	(969.75, 1750.80) ^{①②}	(384.42, 782.99)	(211.95, 473.49) ^①	(291.48, 1280.17)	(1239.09, 3274.96) ^{①②}	(527.75, 1309.63)	(215.95, 446.40) ^①	
		<i>t</i> / <i>Z</i> 值	- 0.445	- 2.011	- 0.503	- 0.843	- 0.163	2.131	- 0.606	- 0.991
		<i>P</i> 值	0.658	0.044	0.615	0.399	0.871	0.039	0.544	0.322

注:组内比较:①P<0.01;组间比较:②P<0.05

表4 睁眼下两组患者治疗前后SI、椭圆面积、AP和ML

组别	例数	平均压力 SI[M(P25,P75)]		接触面积 SI($\bar{x}\pm s$)		椭圆面积[M(P25,P75),cm ²]		AP[M(P25,P75),cm]		ML[M(P25,P75),cm]	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
肌电反 馈组	30	0.60(0.54, 0.66)	0.52(0.45, 0.56) ^②	0.56± 0.07	0.53± 0.06 ^②	2.09(1.36, 3.77)	1.39(0.80, 2.25) ^②	1.51(1.05, 1.75)	1.17(0.97, 1.54) ^①	1.62(1.39, 2.59)	1.52(0.97, 2.01) ^②
镜像肌 电组	30	0.60(0.54, 0.72)	0.51(0.48, 0.52) ^②	0.55± 0.07	0.51± 0.03 ^②	2.33(1.30, 3.04)	0.91(0.68, 1.33) ^{②④}	1.33(1.05, 1.65)	0.99(0.69, 1.16) ^{①③}	2.24(1.63, 2.82)	1.19(0.73, 1.61) ^{②③}
t/Z值		0.301	- 0.584	- 0.895	- 1.735	- 0.148	- 3.079	- 1.419	- 2.011	- 0.931	- 2.135
P值		0.764	0.562	0.375	0.090	0.882	0.004	0.156	0.044	0.352	0.037

注:组内比较:①P<0.05,②P<0.01;组间比较:③P<0.05,④P<0.01;SI:对称指数;AP:身体重心前后向位移;ML:身体重心内外向位移

表5 闭眼下两组患者治疗前后SI、椭圆面积、AP和ML

组别	例数	平均压力SI[M(P25,P75)]		接触面积SI($\bar{x}\pm s$)		椭圆面积[M(P25,P75),cm ²]		AP[M(P25,P75),cm]		ML[M(P25,P75),cm]	
		治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后	治疗前	治疗后
肌电反 馈组	30	0.67(0.57, 0.73)	0.61(0.54, 0.67) ^①	0.57± 0.07	0.55± 0.04 ^①	2.84(2.10, 4.91)	2.84(1.65, 3.56)	1.69(1.36, 2.33)	1.51(1.24, 2.07)	2.41(1.63, 3.46)	2.01(1.53, 2.96) ^②
镜像肌 电组	30	0.66(0.56, 0.77)	0.57(0.51, 0.65) ^②	0.54± 0.06	0.52± 0.04 ^{①③}	3.51(1.75, 4.53)	2.71(1.54, 3.72)	1.73(1.23, 2.11)	1.61(1.14, 1.79)	2.42(1.72, 3.14)	2.10(1.54, 2.79) ^①
t/Z值		- 0.143	- 0.720	- 1.284	- 2.095	- 0.148	- 0.207	- 0.253	- 0.207	- 0.366	- 0.192
P值		0.887	0.474	0.204	0.041	0.882	0.836	0.801	0.836	0.716	0.849

注:组内比较:①P<0.05,②P<0.01;组间比较:③P<0.05,④P<0.01;SI:对称指数;AP:身体重心前后向位移;ML:身体重心内外向位移

果显示:两组患者FMA-LE、CR和iEMG均明显改善。睁眼下,两组患者双足平均压力和接触面积SI、身体重心椭圆面积、身体重心AP和ML位移距离均明显改善。闭眼下,两组患者上述足底压力参数值均明显改善。镜像肌电组FMA-LE、股二头肌和胫骨前肌iEMG、睁眼时身体重心椭圆面积和身体重心AP及ML位移距离、闭眼时双足接触面积SI变化幅度较肌电反馈组更加显著。可以看出,常规治疗结合单独EMGBFT能改善脑卒中患者的下肢运动和平衡功能,当结合MT时在一定程度上效果更好。

3.1 EMGBFT结合MT对脑卒中患者运动功能的影响和可能机制

神经肌肉电刺激(neuromuscular electrical stimulation, NMES)可刺激患者肌肉引其收缩而预防肌肉萎缩,但它并非强调患者主动参与,且易引起肌肉

收缩疲劳。EMGBFT通过检测患者肌肉主动参与情况而形成一连串肌电信号,从而反馈给大脑以提高皮质条件反射的兴奋性。另外,EMGBFT可引起外周肌肉运动单位有序募集,降低易疲劳性,弥补了NMES在治疗上的不足^[12-13]。Gómez等^[14]通过对脑卒中患者长达12次的EMGBFT干预,发现EMGBFT可有效增加老年脑卒中患者踝背伸肌群电活动量,使FMA分数得到提高,这与本研究结果一致。

人类大脑两个半球犹如其内环境一样处于“动态平衡”。当一侧大脑因受损而功能减退时,另一侧大脑功能将“优越”起来。但这种失衡并非永久而是可以逆转的,如何找到“开关”以恢复平衡至关重要^[15]。MT作为一种低成本的中枢干预手段,可通过视觉输入调节同侧与对侧大脑相关运动感觉区域皮质功能。Liu等^[16]在EMGBFT的基础上介入MT后,

发现患者下肢胫骨前肌的羽状角和肌肉厚度显著增加。本研究同样发现镜像肌电组患者瘫痪侧踝背伸时胫骨前肌 iEMG 得到明显提高,腓肠肌内侧头异常放电得到一定抑制,可能更有助于踝背伸动作的完成,对 FMA 下肢部分分数可能也有积极影响,患者通过反复踝背伸加强训练从而使包含有踝关节运动的条目分数得以提升;此外,EMGBFT 结合 MT 可明显提高膝屈曲下股二头肌 iEMG,同时一定程度上也抑制了股直肌异常放电,患者可能通过观看镜子里的肢体运动从而刺激受损中枢,进而通过某种机制“修整”了下肢主动肌和拮抗肌在完成某项功能活动时而出现的和谐收缩现象。膝屈曲时股直肌和股二头肌、踝背伸时腓肠肌内侧头和胫骨前肌的收缩占比能够反映脑卒中患者下肢功能^[17]。本研究结果还显示,治疗后两组患者在膝屈曲和踝背伸下 CR 值均显著降低,但组间比较差异并不显著。有限证据^[18]表明,镜像刺激并不能起到明显抑制偏瘫患者下肢相关肌肉痉挛的作用。

3.2 EMGBFT 结合 MT 对脑卒中患者平衡功能的影响和可能机制

本次试验从生物力学角度出发选用足底压力设备对患者平衡功能定量分析。国外有研究显示^[19],12%的脑卒中患者更趋向于使用瘫痪侧下肢控制身体平衡。部分患者双侧下肢所承受的负重高低水平不一可能会影响试验结果,选用 SI 这一指标可以消除个体疾病差异引起的双侧负重差异。研究结果表明,在接受镜像视觉反馈后,脑卒中患者瘫痪侧负重能力增强,足底接触面积变大,而在闭眼时双足接触面积 SI 值较单独接受肌电生物反馈疗法情况下更接近 0.5,所以避免了因站立位身体倾斜而导致的跌倒事件发生。偏瘫患者身体平衡功能与下肢肌肉痉挛状况有关,踝与膝关节稳定一同影响其平衡能力^[20]。本研究表明,MT 介入治疗后,患者下肢运动功能和下肢薄弱肌肉的电生理指标得到更大幅度改善,因此更有利于患者维持静态站立时身体稳定。

此外,两组患者在治疗后,其睁眼时身体重心椭圆面积明显变小,前后和内外侧摆动距离明显变短,而闭眼时仅改善了内外侧摆动距离。在睁眼时,镜像肌电组较肌电反馈组在 AP、ML 和其包络的椭圆面积上获得更大改善。上述结论与之前的一项研究

结论^[21]大致相符。一方面说明视觉信息对维持整体平衡具有重要作用;另一方面,ML 在反映脑卒中后患者的静态站立平衡能力方面更加敏感,本方案中电极片的放置位置既帮助了患者踝背屈,也帮助其外翻,因此对患者踝内/外翻控制能力也有所加强。患者在运动时,真实镜像同时加强视觉信息的输入作用,调节了大脑半球间功能的不平衡性,增强了患者对瘫痪侧的注意力,此时患者并非立即使负重对称而是首先控制姿势摆动来调整失衡状态。基于叠加效应,MT 结合双下肢同时训练可进一步增强患者的平衡能力,提高站立平衡控制时肢体间的同步性。

EMGBFT 结合 MT 符合“中枢-外周-中枢”核心理论,而 MT 也可以改善患者注意缺陷,使目标运动高效完成^[22-23]。由于下肢关键肌群异常肌电募集现象得到改善,因此可能加强了患者的运动功能,从而进一步强化下肢平衡与姿势控制能力,且效果可能受视觉信息影响而存在差异。受损中枢被镜像视觉反馈信息激活后,从上至下重建与下肢外周运动的信号连接通路,改善由运动与平衡障碍而导致的双侧肢体不对称情况,从移动肢体开始到受损中枢有关区域被激活则是一种自下而上的镜像反应。

综上所述,肌电生物反馈疗法结合镜像疗法可提高脑卒中患者下肢运动和平衡功能,其潜在机制可能是激活了下肢薄弱肌群运动单位,缓解了下肢痉挛,改善了站立位静态平衡能力。由于成本较低,可在临床、社区或家庭试用。本研究也存在一定局限性,如样本量不够大、没有设置空白对照组、没有对患者采取康复训练动机(即心理学水平)评估、没有随访患者出院后情况,有待今后进一步研究。

参考文献

- [1] 《中国脑卒中防治报告 2019》编写组.《中国脑卒中防治报告 2019》概要[J].中国脑血管病杂志,2020,17(5):272—281.
- [2] Kannus P, Sievänen H, Palvanen M, et al.Prevention of falls and consequent injuries in elderly people[J].Lancet,2005,366(9500):1885—1893.
- [3] Mansfield A, Mochizuki G, Inness EL, et al.Clinical correlates of between-limb synchronization of standing balance control and falls during inpatient stroke rehabilitation[J].Neurorehabil Neural Repair,2012,26(6):627—635.
- [4] Maeda N, Kato J, Shimada T.Predicting the probability for fall incidence in stroke patients using the berg balance scale [J].J Int Med Res,2009,37(3):697—704.
- [5] Stanton R, Ada L, Dean CM, et al.Biofeedback improves per-

- formance in lower limb activities more than usual therapy in people following stroke: a systematic review[J]. *J Physiother*, 2017, 63(1): 11—16.
- [6] Gandhi DB, Sterba A, Khatter H, et al. Mirror therapy in stroke rehabilitation: current perspectives[J]. *Ther Clin Risk Manag*, 2020, 16: 75—85.
- [7] 李苏宁, 勾丽洁, 郭华平, 等. 镜像疗法联合肌电生物反馈对脑卒中偏瘫患者下肢功能的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2018, 40(4): 278—281.
- [8] 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.
- [9] Huang CY, Lin GH, Huang YJ, et al. Improving the utility of the Brunnstrom recovery stages in patients with stroke: validation and quantification[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2016, 95(31): e4508.
- [10] 向云, 刘家庆. 表面肌电评定脑卒中后肢体痉挛状态的 meta 分析[J]. *中国康复医学杂志*, 2019, 34(8): 960—965.
- [11] Hendrickson J, Patterson KK, Inness EL, et al. Relationship between asymmetry of quiet standing balance control and walking post-stroke[J]. *Gait Posture*, 2014, 39(1): 177—181.
- [12] Barss TS, Ainsley EN, Claveria-Gonzalez FC, et al. Utilizing physiological principles of motor unit recruitment to reduce fatigability of electrically-evoked contractions: a narrative review[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2018, 99(4): 779—791.
- [13] 孙文娟, 李妍, 段毅飞, 等. 脑卒中患者上肢功能恢复物理因子疗法的应用现状[J]. *现代中西医结合杂志*, 2021, 30(7): 782—787.
- [14] Gámez AB, Hernandez Morante JJ, Martínez Gil JL, et al. The effect of surface electromyography biofeedback on the activity of extensor and dorsiflexor muscles in elderly adults: a randomized trial[J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 13153.
- [15] Ramachandran VS, Rogers-Ramachandran D. Mirror feedback assisted recovery from hemiparesis following stroke. In Reply to Morkisch et al.: How to perform mirror therapy after stroke? Evidence from a meta-analysis[J]. *Restor Neurol Neurosci*, 2019, 37(5): 437—443.
- [16] Liu M, Xu L, Li H, et al. Morphological and functional changes of the tibialis anterior muscle after combined mirror visual feedback and electromyographic biofeedback in poststroke patients: a randomized trial[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2021, 100(8): 766—773.
- [17] Sousa ASP, Silva A, Santos R, et al. Interlimb coordination during the stance phase of gait in subjects with stroke[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2013, 94(12): 2515—2522.
- [18] 何宇迪, 吕雨梅, 冯子维. 镜像视觉反馈疗法对脑卒中患者下肢平衡及运动功能康复作用的 Meta 分析[J]. *中国康复医学杂志*, 2020, 35(1): 73—79.
- [19] Mansfield A, Danells CJ, Zettel JL, et al. Determinants and consequences for standing balance of spontaneous weight-bearing on the paretic side among individuals with chronic stroke[J]. *Gait Posture*, 2013, 38(3): 428—432.
- [20] Mansfield A, Danells CJ, Inness E, et al. Between-limb synchronization for control of standing balance in individuals with stroke[J]. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2011, 26(3): 312—317.
- [21] In T, Lee K, Song C, et al. Virtual reality reflection therapy improves balance and gait in patients with chronic stroke: randomized controlled trials[J]. *Med Sci Monit*, 2016, 22: 4046—4053.
- [22] 贾杰. “中枢-外周-中枢”闭环康复: 脑卒中后手功能康复新理念[J]. *中国康复医学杂志*, 2016, 31(11): 1180—1182.
- [23] Tai RY, Zhu JD, Cheng CH, et al. Cortical neural activity evoked by bilateral and unilateral mirror therapy after stroke[J]. *Clin Neurophysiol*, 2020, 131(10): 2333—2340.

(上接第 354 页)

- 心症状的关联[J]. *中国学校卫生*, 2023, 44(2): 176—180+185.
- [7] 任雯泽, 徐坚. 体力活动水平对儿童健康体适能的影响[J]. *辽宁体育科技*, 2021, 43(1): 80—83.
- [8] Sit CH, Yu JJ, Wong SH, et al. A school-based physical activity intervention for children with developmental coordination disorder: a randomized controlled trial[J]. *Res Dev Disabil*, 2019, 89: 1—9.
- [9] Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour[J]. *Brit J Sport Med*, 2020, 54(24): 1451—1462.
- [10] Healy S, Nacario A, Braithwaite RE, et al. The effect of physical activity interventions on youth with autism spectrum disorder: a meta-analysis[J]. *Autism Res*, 2018, 11(6): 818—833.
- [11] Merino-De HI, Mora-Gonzalez J, Cadenas-Sanchez C, et al. Higher socioeconomic status is related to healthier levels of fatness and fitness already at 3 to 5 years of age: the PREFIT project[J]. *J Sport Sci*, 2019, 37(12): 1327—1337.
- [12] Mora-Gonzalez J, Cadenas-Sanchez C, Martinez-Tellez B, et al. Estimating VO_{2max} in children aged 5—6 years through the preschool-adapted 20-m shuttle-run test (PRE-FIT)[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2017, 117(11): 2295—2307.
- [13] Pan CY, Tsai CL, Chu CH, et al. Objectively measured physical activity and health-related physical fitness in secondary school-aged male students with autism spectrum disorders[J]. *Phys Therapy*, 2016, 96(4): 511—520.
- [14] McCoy SM, Jakicic JM, Gibbs BB. Comparison of obesity, physical activity, and sedentary behaviors between adolescents with autism spectrum disorders and without[J]. *J Autism Dev Disord*, 2016, 46(7): 2317—2326.
- [15] Healy S, Aigner CJ, Haeghe JA, et al. Meeting the 24-hr movement guidelines: an update on US youth with autism spectrum disorder from the 2016 National Survey of Children's Health[J]. *Autism Res*, 2019, 12(6): 941—951.
- [16] Pierantozzi E, Morales J, Fukuda DH, et al. Effects of a long-term adapted judo program on the health-related physical fitness of children with ASD[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(24): 16731.
- [17] 《运动处方中国专家共识(2023)》专家组. 运动处方中国专家共识(2023)[J]. *中国运动医学杂志*, 2023, 42(1): 3—13.