

·临床论著·

脑卒中后下肢痉挛患者表面肌电参数与平衡功能关系研究

郑保¹, 刘一文^{1,2*}, 汪宗保¹, 徐婉月¹, 熊珊珊¹

¹ 安徽省中西医结合医院, 安徽 合肥 230031;

² 安徽中医药大学研究生院, 安徽 合肥 230031

*通信作者: 刘一文, E-mail: 617274651@qq.com

收稿日期: 2022-08-27; 接受日期: 2022-11-20

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(8177425); 安徽省重点研究面上攻关项目(S202004a07020061)

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2023.03002

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



摘要 **目的:**探讨脑卒中后偏侧下肢痉挛患者双侧下肢肌肉表面肌电参数与站立平衡参数之间的相关性,为脑卒中后下肢痉挛患者的平衡功能康复与治疗提供客观依据。**方法:**选取安徽省中西医结合医院符合脑卒中后偏侧下肢痉挛患者30例(简称患者组),同时选取30例健康、无外伤病史、性别、年龄、体质量指数(BMI)匹配的正常人作为健康对照组(简称健康组)。记录试验对象睁眼30 s站立状态下的重心动摇速度、平均包络面积和重心移动轨迹长度等平衡功能参数;利用表面肌电设备收集受试者在被动屈伸膝关节过程中最大等长收缩(MIVC)时股内侧肌(VM)、股外侧肌(VL)、股直肌(RF)、内侧腓肠肌(MG)和半腱肌(SE)的表面肌电信号,并计算出对应的均方根值(RMS)及两侧同名肌肉的RMS对称指数(SI),最后将表面肌电参数与各项平衡功能参数进行Spearman相关性分析。**结果:**患者组患侧VM、VL、RF、MG、SE的RMS值分别为 (126 ± 32) 、 (115 ± 26) 、 (88 ± 35) 、 (96 ± 19) 、 $(87 \pm 57) \mu V$,明显低于健侧及健康组,差异具有统计学意义($P < 0.05$);患者组双侧下肢VM、VL、RF、MG、SE的SI分别为 (-0.218 ± 0.125) 、 (-0.285 ± 0.168) 、 (-0.158 ± 0.112) 、 (-0.255 ± 0.120) 和 (-0.328 ± 0.173) ,其绝对值明显大于健康组,差异具有统计学意义($P < 0.05$);患者组患侧RF、MG的RMS值与重心移动轨迹长度呈正相关($r_{RF} = 0.57, P = 0.02$; $r_{MG} = 0.51, P = 0.01$),患者组SI值与重心移动轨迹长度均呈正相关($r_{VM} = 0.550, P = 0.011$; $r_{VL} = 0.561, P = 0.027$; $r_{RF} = 0.631, P = 0.017$; $r_{MG} = 0.665, P = 0.018$; $r_{SE} = 0.621, P = 0.024$)。**结论:**脑卒中后下肢痉挛患者双侧下肢肌群存在不平衡性,借助表面肌电以及平衡检测设备能够客观评价患者的肌肉状态及平衡功能,患侧肌肉RMS值、双侧下肢同名肌肉的RMS的SI能够间接反映患者的平衡功能,其中SI对脑卒中下肢痉挛患者平衡功能预测更具价值。**关键词** 脑卒中; 下肢痉挛; 表面肌电; 平衡功能

脑卒中是一种发病急,病情变化迅速,患病率、致残率及病死率均较高的急性脑血管疾病。在脑卒中急性期后,部分患者偏侧肢体肌张力增高,出现患侧下肢痉挛,不仅影响患者日常行走,还严重影响患者的平衡能力,增加了摔倒风险^[1]。目前对脑卒中后下肢痉挛与平衡功能的相关性研究较少,同时缺少客观化评估指标。表面肌电(surface electromyography, sEMG)可以提供痉挛肌肉的量化数

据^[2],既往研究提示sEMG中的均方根(root-mean-square, RMS)值能够反映肌力、肌张力大小,可以作为评估运动能力及康复效果的客观指标^[3]。平衡测试仪能够数据化评估人体平衡功能^[4],如准确测算出特定状态下人体的重心动摇速度、平均包络面积、重心移动轨迹长度等平衡参数^[5]。本研究对脑卒中后下肢痉挛患者及健康受试者进行下肢肌群sEMG检测,并记录30 s站立状态下的平衡参数,最

引用格式: 郑保, 刘一文, 汪宗保, 等. 脑卒中后下肢痉挛患者表面肌电参数与平衡功能关系研究[J]. 康复学报, 2023, 33(3): 202-207.

ZHENG B, LIU Y W, WANG Z B, et al. Relationship between surface electromyography parameters and balance function in patients with lower limb spasm after stroke [J]. Rehabil Med, 2023, 33(3): 202-207.

DOI: 10.3724/SP.J.1329.2023.03002

后将sEMG指标与平衡参数进行相关性分析,探讨sEMG参数能否作为评估脑卒中后下肢痉挛患者平衡功能的客观化指标。

1 临床资料

1.1 病例选择标准

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》^[6]中“脑卒中”诊断标准,经过头颅MR或CT证实为脑出血或脑梗死;②病程6~18个月;③年龄>18岁,均表现为一侧下肢肌肉痉挛性瘫痪;④能够独立站立>30 s, Berg平衡量表(Berg balance scale, BBS)评分<40分;⑤无言语障碍和认知障碍,能配合医生要求完成测试;⑥患侧膝关节可被动完成全关节屈伸运动,改良 Ashworth 分级(modified Ashworth scale, MAS)分级为 I~II 级。

1.1.2 排除标准 ①合并严重的认知能力减退,不能配合测试;②存在明显的患侧忽略;③具有下肢骨折史、下肢手术史及周围神经损害的患者;④患有其他严重的伴发疾病(失语症、下肢中重度水肿、下肢静脉血栓形成、下肢动脉硬化闭塞、糖尿病下

肢血管病变、周围神经病、脊髓病变、脑外伤、颅内感染、脑肿瘤等);继发疾病(如心、肝、肾功能衰竭等);⑤双侧偏瘫、小脑病变、单纯小脑出血或梗死、脑外伤或其他神经系统疾病的患者。

1.2 一般资料

选取2021年8月—2022年3月于安徽省中西医结合医院住院或门诊就诊,符合上述标准的30例脑卒中患者作为患者组,其中男22例,女8例;年龄44~85岁,平均 (68.43 ± 12.51) 岁;左侧下肢偏瘫痉挛19例,右侧下肢偏瘫痉挛11例;身高160~175 cm,平均 (169.21 ± 7.20) cm;体质量56~79 kg,平均 (68.14 ± 8.60) kg;体质量指数(body mass index, BMI)21.1~25.5 kg/m²,平均 (22.90 ± 1.32) kg/m²。同时选取30例健康、无外伤病史、性别、年龄、BMI匹配的正常人作为健康对照组(简称健康组),健康组受试者均是右利手。2组一般资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性,见表1。所有患者在参加试验前均已得知试验要求且签署知情同意书,本研究已通过安徽省中西医结合医院伦理委员会审批(审批号:2022AH-023)。

表1 2组一般资料比较

Table 1 Comparison of general data between the two groups

组别	例数	性别		年龄/ $(\bar{x} \pm s, \text{岁})$	体质量/ $(\bar{x} \pm s, \text{kg})$	身高/ $(\bar{x} \pm s, \text{cm})$	BMI/ $(\bar{x} \pm s, \text{kg/m}^2)$	ADL 评分/ $(\bar{x} \pm s, \text{分})$
		男	女					
患者组	30	22	8	68.43 ± 12.51	68.14 ± 8.60	169.21 ± 7.20	22.90 ± 1.32	45.26 ± 18.21
健康组	30	20	10	69.62 ± 10.07	71.20 ± 6.73	170.32 ± 6.35	23.24 ± 1.29	—
t/χ^2 值		0.318		0.406	1.535	0.633	1.099	—
P 值		0.573		0.686	0.130	0.529	0.317	—

2 方 法

2.1 测试工具

2.1.1 平衡仪测试系统 由中国科学院合肥物质科学研究院智能机械研究所研发。当受试者站立在测试平台时,测试平台四角的压力传感器感受到压力作用时,产生四路电压信号,将这四路电压信号经过转化计算可得出受测者压力重心在测试平台上的投影位置。将重心的投影坐标随时间的变化记录下来,并能同时在计算机上显示出重心移动轨迹长度、重心动摇速度、平均包络面积,测试结果可以精准、客观地评价受试者的平衡功能^[7]。

2.1.2 Noraxon Ultium 表面肌电测试系统 EMG 信号采集频率高达4 000 Hz,24位内部分辨率,EMG 信号输入范围24 000 μV ,基线噪音<1 μV ,屏蔽电缆技术,信号伪影极小,软件内置数字滤波。通过

在肌肉皮肤表面贴敷电极片(上海跨康生物科技有限公司生产,型号:pf-30),记录神经肌肉系统活动时的生物电信号,通过系统内置算法计算出积分肌电值(integrated electromyography, IEMG)、均方根值(root mean square, RMS)、平均肌电图(average electromyogram, AEMG)、中位频率(mean frequency, MF)等,该指标能够客观地反映人体肌肉的变化特征和功能状态。

2.2 测试方法

2.2.1 平衡数据采集 ①受试者脱鞋后双脚并拢站立在平衡台上保持站立姿势不动,双眼向前平视,坚持30 s。②测试结束后记录重心移动轨迹长度、平均包络面积、重心动摇速度等平衡指标。

2.2.2 表面肌电数据采集 ①sEMG测试前对受试者进行皮肤处理,包括剔除粘贴处电极部位毛发、乙醇擦拭减小抗阻。②贴敷电极片,电极片贴敷部

位具体如下:股直肌(rectus femoris, RF)位于髌骨上缘与髌前上棘连线的中点;股内侧肌(vastus medialis, VM)位于髌骨上缘,大腿内侧上 2 cm 处;股外侧肌(vastus lateralis, VL)位于大腿外侧,髌骨上 3~5 cm 处;内侧腓肠肌(medial gastrocnemius, MG)位于股骨内上髁与跟骨结节连线上 1/3;半腱肌(semi-tendinosus, SE)位于坐骨结节与胫骨粗隆内侧连线区中点处。以上电极片贴敷于各靶肌肉肌腹处,方向与肌纤维走向平行。③受试者平卧于检查床上,熟悉测试流程后,嘱受试者精神及肢体放松,开启 sEMG (NORXON)测试仪,过滤干扰波,计时开始后,检查者一手托起受试者足跟,另一手置于受试者膝关节表面,使受试者膝关节被动屈伸 3 次。过程中注意屈伸动作到位、速度均匀,完成每个动作不超过 2 s,每次动作间隔 15 s,记录每次屈伸过程中各靶肌肉在最大等长收缩(maximal isometric voluntary contraction, MIVC)时的 RMS 值,计算平均值作为参考指标。若测试过程中出现电极脱落或信号干扰,则去除相关因素后重新采集。2 组双侧下肢均按照上述方法进行肌电数据采集。

2.3 评价指标

RMS 由表面肌电系统内置算法获取,为一定时间内瞬时肌电图振幅平方平均后的平方根,代表放电有效值,其大小决定于肌电幅值的变化,取决于肌肉负荷性因素及肌肉本身生理生化间的联系,一般认为与运动单位募集和兴奋节律的同步化有关,可实时地反映肌肉的活动状态。双侧同名肌肉的“对称指数(symmetry index, SI)”能反映双侧肌肉在完成同一动作时的差异性特征,也指双侧肢体的对抗肌群在相同收缩形式下的差异性表现^[8-9]。本研究中 SI 具体算法为:患者组中, (患侧 RMS-健侧 RMS)/(患侧 RMS+健侧 RMS), 当结果>0 时代表患侧肌肉放电量大于健侧, 结果<0 时则说明健侧肌肉放电量大于患侧;健康组中, (左侧 RMS-右侧

RMS)/(左侧 RMS+右侧 RMS), 当结果>0 时说明左侧所测肌肉的放电量大于右侧肌肉, <0 时则表示右侧所测肌肉放电量大于左侧肌肉。

2.4 统计学方法

使用 SPSS 25.0 软件对数据进行统计分析。将所有受试者数据进行分组分析, 正态分布的计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示, 2 组组间数据比较采用两独立样本 t 检验, 患者组健患侧比较采用配对样本 t 检验。2 组受试者年龄、体质量、身高等一般资料比较采用 t 检验, 性别比采用 χ^2 检验。所测肌肉各项指标与各平衡参数的相关性分析采用 Spearman 相关分析。 $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

3 结果

3.1 2 组平衡功能参数比较

患者组正常站立 30 s 的重心动摇速度、平均包络面积、重心移动轨迹长度各项参数值均大于健康组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 2 组平衡功能参数比较($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of balance function parameters

between two groups ($\bar{x} \pm s$)

组别	重心动摇速度/(mm/s)	平均包络面积/mm ²	重心移动轨迹长度/mm
患者组	19.54±7.62	538.66±28.32	585.90±52.87
健康组	10.96±3.62	144.45±17.02	322.63±22.36

3.2 2 组间肌电信号参数比较

3.2.1 2 组被动屈伸膝关节时下肢肌群 RMS 比较 患者组的患侧 VM、VL、RF、MG、SE 的 RMS 值明显低于健侧及健康组, 差异具有统计学意义($P < 0.05$), 见表 3。

3.2.2 2 组表面肌电均方根值的 SI 比较 患者组双下肢 VM、VL、RF、MG、SE 的 SI 绝对值高于健康组, 差异具有统计学意义($P < 0.05$), 见表 4。

表 3 2 组被动屈伸膝关节时下肢肌群均方根值比较($\bar{x} \pm s$)

μV

Table 3 Comparison of RMS values of lower limb muscles between two groups and the affected side during passive knee flexion and extension ($\bar{x} \pm s$)

μV

组别	部位	伸膝 RMS			屈膝 RMS	
		VM	VL	RF	MG	SE
患者组	患侧	126±32	115±26	88±35	96±19	87±57
	健侧	197±15 ¹⁾	207±31 ¹⁾	121±23 ¹⁾	160±28 ¹⁾	172±59 ¹⁾
健康组	左侧	220±99 ¹⁾	252±114 ¹⁾	190±79 ¹⁾	206±131 ¹⁾	236±125 ¹⁾
	右侧	240±138 ¹⁾	273±161 ¹⁾	228±85 ¹⁾	203±104 ¹⁾	246±99 ¹⁾

注:与患者组患侧比较, 1) $P < 0.05$ 。

Note: Compared with affected side of the patient group, 1) $P < 0.05$.

表4 2组下肢肌群表面肌电均方根值的SI比较($\bar{x}\pm s$)Table 4 Comparison of RMS values of sEMG SI between two groups of lower limb muscle groups ($\bar{x}\pm s$)

组别	VM	VL	RF	MG	SE
患者组	-0.218 ± 0.125	-0.285 ± 0.168	-0.158 ± 0.112	-0.255 ± 0.120	-0.328 ± 0.173
健康组	-0.043 ± 0.016	-0.049 ± 0.021	-0.093 ± 0.042	0.017 ± 0.013	-0.022 ± 0.009

3.3 表面肌电信号RMS值、SI值与平衡功能参数的相关性分析

患者组患侧RMS值与重心移动轨迹长度具有正相关,见表5。同时将2组SI值与各项平衡参数进行Spearman相关性分析,结果提示患者组SI值与平衡参数具有正相关,患者组SI值与重心移动轨迹长度均呈正相关($r_{VM}=0.550, P=0.011$; $r_{VL}=0.561, P=0.027$; $r_{RF}=0.631, P=0.017$; $r_{MG}=0.665, P=$

0.018 ; $r_{SE}=0.621, P=0.024$)。见表6。

表5 患侧RMS值与患者平衡参数的相关性分析

Table 5 Correlation analysis between RMS values of the affected side and the patient's balance parameter

重心移动 轨迹长度	伸膝RMS			屈膝RMS	
	VM	VL	RF	MG	SE
r 值	0.32	0.39	0.57	0.51	0.26
P 值	0.29	0.40	0.02	0.01	0.39

表6 2组站立平衡参数与表面肌电均方根值SI的相关性分析

Table 6 Correlation analysis between standing balance parameters and RMS SI of sEMG between two groups

平衡参数	VM		VL		RF		MG		SE	
	患者组	健康组	患者组	健康组	患者组	健康组	患者组	健康组	患者组	健康组
重心动摇速度	0.567 ¹⁾	0.021 ¹⁾	0.531	0.263	0.625 ¹⁾	0.103	0.536 ¹⁾	0.025	0.520 ¹⁾	0.038
平均包络面积	0.572 ¹⁾	-0.228	0.479 ¹⁾	-0.072	0.614	-0.022 ¹⁾	0.671 ¹⁾	0.143	0.677 ¹⁾	0.002
重心移动轨迹长度	0.550 ¹⁾	-0.049	0.561 ¹⁾	0.020	0.631 ¹⁾	-0.034	0.665 ¹⁾	0.016	0.621 ¹⁾	0.105

注:1) $P<0.05$ 。

Note: 1) $P<0.05$ 。

4 讨 论

人体平衡的维持主要依赖于前庭、视觉和本体感觉系统的输入及中枢神经系统的整合^[10]。脑卒中后上运动神经元调控作用缺失和降低,脊髓反射弧完整性破坏,约有20%脑卒中患者后期出现偏侧肢体痉挛,痉挛侧下肢肌张力增高、负重减少,与对侧下肢在肌力、肌张力方面存在明显的不对称性,常表现出明显的平衡功能障碍^[11-12]。本研究中,脑卒中患者患侧肌力显著下降同时伴有肌肉痉挛,其sEMG参数RMS值明显低于健侧及健康组,这与既往研究相一致^[13-14]。本研究在sEMG测试基础上,增加了平衡指标检测,通过对两者数据的相关性分析,探讨sEMG指标与脑卒中后下肢痉挛患者平衡功能的关系。

sEMG信号源自大脑运动皮层控制下的 α 运动神经元的生物电活动,因此sEMG在理论上能够对脑卒中后患者肌肉痉挛程度进行评估^[15]。多项研究指出sEMG能够客观化评估脑卒中后肢体痉挛患者的肌肉状态^[16-17]。目前在临床上对平衡功能测评

最常用的方法是通过BBS评分法,该方法简单方便,但是十分依赖医师的经验,并且不能实时数据化反映平衡障碍严重程度。人体平衡仪测试系统评价人体平衡功能目前已被国内外普遍采用,其中重心动摇速度、平均包络面积、重心移动轨迹长度能够对人体摇摆程度、本体感觉性姿势控制功能、视觉的调节功能作出综合性数字化精准评估^[18]。

本研究中脑卒中后下肢痉挛患者患侧MAS分级范围为I~II级,主要因为I级以下患者临床上无明显的肌张力增加临床表现,不符合痉挛患者诊断标准,III级及III级以上患者进行被动膝关节屈伸活动较困难,不能有效采集到标准肌电信号。目前对sEMG信号的分析大多数集中在时域和频域分析。RMS属于时域分析范畴,指在一定时间内瞬时肌电图振幅平方平均后的平方根,代表了单位时间内骨骼肌放电总量,其大小决定于肌电幅值的变化,取决于肌肉负荷性因素及肌肉本身生理生化间的联系,一般认为与运动单位募集和兴奋节律的同步化有关,可实时地反映肌肉的活动状态,是评价和分析肌肉在单位时间内张力状态的重要可量化

指标^[19]。本研究中,首先通过sEMG完成对所测靶肌肉表面肌电信号采集与对应RMS计算,平衡仪完成对各项平衡参数检测,最后再通过RMS值计算出SI。SI是反映双侧下肢同名肌肌电差异性参数,其绝对值越大代表两侧下肢肌肉活动状态差异越大,反之则越小^[20]。本研究中,与健康组相比较,患者组SI绝对值更大,组间比较差异具有统计学意义($P<0.05$);患侧RMS值较健侧及健康组减低,组间比较差异具有统计学意义($P<0.05$)。同时本研究发现脑卒中后患者健侧亦存在RMS值降低,这提示脑卒中后患者健侧存在肌电生理异常,即使肌力及肌张力相关量表评分未见异常,这可能与中枢神经受损以及卒中后运动减少导致的肌肉废用性萎缩有关^[21]。本研究选取重心移动轨迹长度作为平衡参数代表,将其与患侧靶肌肉RMS值、所测各组同名肌肉的SI值进行相关性分析,结果发现患侧RF、MG的RMS值与其重心移动轨迹长度呈正相关;患者组各同名肌肉SI值与平衡参数亦呈正相关($P<0.05$),而在健康组中SI值与平衡参数无相关性($P<0.05$)。本研究结果表明,患侧RMS值越高,痉挛程度越高,一定时间内重心移动的轨迹越长,代表平衡能力越差;患者组下肢同名肌肉RMS对称指数越高,一定时间内重心移动轨迹长越长,提示平衡能力越差。

脑卒中后下肢痉挛患者双侧下肢存在明显不对称,且不对称程度与其平衡功能存在正相关,即sEMG指标SI越大,则其相对应的平衡数值越大,平衡能力则越差,同时患侧下肢sEMG的RMS值与平衡参数具有一定正相关。本研究结果提示临床上可以通过对脑卒中后下肢痉挛患者双侧下肢肌电参数的分析来评估其平衡能力,能够提供量化指标,对预防摔伤、指导临床康复治疗具有重要意义。但由于本研究病例数较少,未进行大规模的多中心研究,未对更多肌群进行分析,今后将在这些方面开展更广泛更深入的研究。

参考文献

- [1] 陈莉琳,黄牡丹,郑海清. 脑卒中后肢体痉挛的识别与评估: Scoping综述[J]. 中国康复理论与实践, 2022, 28(1): 62-68.
CHEN L L, HUANG M D, ZHENG H Q. Identification and evaluation of limb spasms after stroke: a review of scoping [J]. Chin J Rehabil Theory Pract, 2022, 28(1): 62-68.
- [2] 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.
XIANG Y, LIU J Q. Meta-analysis of surface electromyography in evaluating limb spasticity after stroke [J]. Chin J Rehabil Med,

- 2019, 34(8): 960-965.
- [3] 侯文生,许蓉,郑小林,等. 握力大小与前臂肌肉表面肌电活动模式的相关性研究[J]. 航天医学与医学工程, 2007, 20(4): 264-268.
HOU W S, XU R, ZHENG X L, et al. Correlation between grip strength and EMG activity pattern of forearm muscle surface [J]. Space Med Med Eng, 2007, 20(4): 264-268.
- [4] 郭丹. 平衡仪反馈训练结合肌电生物反馈治疗对脑卒中后偏瘫患者运动能力及平衡功能的影响[J]. 中国处方药, 2022, 20(12): 178-181.
GUO D. To explore the effects of posturometer feedback training combined with electromyographic biofeedback therapy on motor ability and balance function in patients with hemiplegia after stroke [J]. Prescr Drugs Chin, 2022, 20(12): 178-181.
- [5] 朱志强,赵刚,田野. 智能化平衡能力测评技术应用研究进展[J]. 中国运动医学杂志, 2022, 41(1): 61-69.
ZHU Z Q, ZHAO G, TIAN Y. Research progress on the application of intelligent balance ability evaluation technology [J]. Chin J Sports Med, 2022, 41(1): 61-69.
- [6] 曾进胜,蒲传强. 我国各类主要脑血管病诊断要点演变与更新[J]. 中华神经科杂志, 2019, 52(9): 681-683.
ZENG J S, PU C Q. Evolution and renewal of diagnostic criteria for main types of cerebrovascular diseases in China [J]. Chin J Neurol, 2019, 52(9): 681-683.
- [7] 宋雪. 动态姿态平衡仪训练联合常规护理干预对卒中偏瘫患者平衡功能的影响[J]. 医疗装备, 2021, 34(5): 153-154.
SONG X. To explore the effect of dynamic posturography training combined with routine nursing intervention on balance function of stroke patients with hemiplegia [J]. Med Equip, 2021, 34(5): 153-154.
- [8] HART N H, NIMPHIUS S, RANTALAINEN T, et al. Mechanical basis of bone strength: influence of bone material, bone structure and muscle action [J]. J Musculoskel Neuron Interact, 2017, 17(3): 114-139.
- [9] MEZAOUR M, YIOU E, LE BOZEC S. Does symmetrical upper limb task involve symmetrical postural adjustments? [J]. Gait Posture, 2009, 30(2): 239-244.
- [10] 成霞,谷玉海,陈耀祖,等. 人体平衡能力评估方法研究及系统实现[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2021, 35(8): 177-182.
CHENG X, GU Y H, CHEN Y Z, et al. Research on the assessment method of human balance ability and system implementation [J]. J Chongqing Univ Technol Nat Sci, 2021, 35(8): 177-182.
- [11] BURKE D, WISSEL J, DONNAN G A. Pathophysiology of spasticity in stroke [J]. Neurology, 2013, 80(3 Suppl 2): S20-S26.
- [12] SANTAMATO A. Safety and efficacy of incobotulinum toxin A as a potential treatment for poststroke spasticity [J]. Neuropsychiatr Dis Treat, 2016, 12: 251-263.
- [13] 孙栋,戴慧寒,蔡奇芳,等. 脑卒中偏瘫患者股直肌和股二头肌的表面肌电信号特征[J]. 中国康复医学杂志, 2008, 23(3): 256-257.
SUN D, DAI H H, CAI Q F, et al. Characteristics of surface electromyography signals of rectus femoris and biceps femoris in hemiplegic stroke patients [J]. Chin J Rehabil Med, 2008, 23(3):

- 256–257.
- [14] WEN H M, DOU Z L, FINNI T, et al. Thigh muscle function in stroke patients revealed by velocity-encoded cine phase-contrast magnetic resonance imaging [J]. *Muscle Nerve*, 2008, 37 (6) : 736–744.
- [15] 廖志平, 魏爽, 李建华. 表面肌电图评估技术在脑卒中患者下肢肌肉领域的应用[J]. *中国康复*, 2015, 30(5) : 388–390.
- LIAO Z P, WEI S, LI J H. To explore the application of surface electromyography (sEMG) in lower limb muscle domain in stroke patients [J]. *Chin J Rehabil*, 2015, 30(5) : 388–390.
- [16] SKÖLD C, HARMS-RINGDAHL K, HULTLING C, et al. Simultaneous Ashworth measurements and electromyographic recordings in tetraplegic patients [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1998, 79(8) : 959–965.
- [17] 廖志平, 马利娜, 李建华, 等. 基于表面肌电图检查技术的脑卒中患者下肢肌肉痉挛的定量分析[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2017, 39(5) : 347–350.
- LIAO Z P, MA L N, LI J H, et al. A quantitative analysis of lower limb muscle spasticity in stroke survivors [J]. *Chin J Phys Med Rehabil*, 2017, 39(5) : 347–350.
- [18] 林源, 钮美娥, 王丽. 脑卒中患者平衡功能评定方法的应用进展[J]. *中国康复理论与实践*, 2016, 22(6) : 667–671.
- LIN Y, NIU M E, WANG L. Application progress of balance function assessment methods in stroke patients [J]. *Chin J Rehabil Theory Pract*, 2016, 22(6) : 667–671.
- [19] 刘凡, 曹蕾. 表面肌电应用的新进展[J]. *体育世界(学术版)*, 2019(7) : 149–151.
- LIU F, CAO L. Recent advances in the application of surface electromyography [J]. *Sports World Sch*, 2019(7) : 149–151.
- [20] LIAO C F, LIAW L J, WANG R Y, et al. Electromyography of symmetrical trunk movements and trunk position sense in chronic stroke patients [J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27(9) : 2675–2681.
- [21] DATTOLA R, GIRLANDA P, VITA G, et al. Muscle rearrangement in patients with hemiparesis after stroke: an electrophysiological and morphological study [J]. *Eur Neurol*, 1993, 33 (2) : 109–114.

Relationship between Surface Electromyography Parameters and Balance Function in Patients with Lower Limb Spasm after Stroke

ZHENG Bao¹, LIU Yiwen^{1,2*}, WANG Zongbao¹, XU Wanyue¹, XIONG Shanshan¹

¹ Anhui Provincial Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Hefei, Anhui 230031, China;

² Graduate School of Anhui University of Traditional Chinese Medicine, Hefei, Anhui 230031, China

*Correspondence: LIU Yiwen, E-mail: 617274651@qq.com

ABSTRACT Objective: To investigate the correlation between electromyography (EMG) parameters of bilateral lower limb muscles and standing balance parameters in patients with hemiplegic lower limb spasm after stroke, and to provide basis for rehabilitation and treatment of balance function in patients with lower limb spasm after stroke. **Methods:** A total of 30 patients with hemiplegic lower limb spasm after stroke were recruited as the patient group from Anhui Provincial Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, and 30 healthy people with no history of trauma, gender, age and body mass index (BMI) matched were selected as healthy control group (referred to as healthy group). Balance function parameters such as the oscillation speed of the center of gravity, the average envelope area and the distance of the center of gravity movement track were recorded in the standing state with eyes open for 30 s. Surface EMG equipment was used to collect surface EMG signals of the vastus medialis (VM), vastus lateralis (VL), rectus femoris (RF), medial gastrocnemius (MG) and semitendinosus (SE) during maximum isometric voluntary contraction (MIVC) with passive knee flexion and extension. Then the corresponding root mean square (RMS) value and RMS symmetry index (SI) of the same muscles on both sides were calculated. Finally, Spearman correlation analysis was conducted between the calculated surface EMG parameters and various balance function parameters. **Results:** The RMS values of VM, VL, RF, MG and SE on the affected side were (126±32), (115±26), (88±35), (96±19) and (87±57) μ V, respectively, which were significantly lower than those of the healthy side and the healthy group, and the differences were statistically significant ($P<0.05$). SI of bilateral lower limb VM, VL, RF, MG and SE in the patient group were (−0.218±0.125), (−0.285±0.168), (−0.158±0.112), (−0.255±0.120) and (−0.328±0.173), respectively, and their absolute values were significantly higher than those in the healthy group, the differences were statistically significant ($P<0.05$). The RMS values of RF and MG on the affected side of the patient group were positively correlated with the distance of the center of gravity movement track ($r_{RF}=0.57$, $P=0.02$; $r_{MG}=0.51$, $P=0.01$), the SI value measured in the patient group was positively correlated with the distance of the center of gravity movement track ($r_{VM}=0.550$, $P=0.011$; $r_{VL}=0.561$, $P=0.027$; $r_{RF}=0.631$, $P=0.017$; $r_{MG}=0.665$, $P=0.018$; $r_{SE}=0.621$, $P=0.024$). **Conclusion:** The bilateral lower extremity muscle groups of patients with lower limb spasm after stroke are unbalanced. The muscle status and balance function of patients can be evaluated with the aid of surface EMG and balance assessment equipment. RMS value of affected side muscles and RMS symmetry index of bilateral lower extremity muscles can indirectly reflect the balance function of patients. SI is more valuable in predicting balance function in patients with lower limb spasm after stroke.

KEY WORDS stroke; lower limb spasm; surface electromyogram; balance function

DOI:10.3724/SP.J.1329.2023.03002