

· 临床研究 ·

脑卒中患者小腿肌肉运动协调性的
表面肌电特征研究

窦祖林 温红梅 姜丽 朱雷

【摘要】目的 探讨脑卒中恢复期患者小腿前后肌群在踝关节屈伸周期性运动时的表面肌电特征变化。**方法** 选取 10 例脑卒中恢复期偏瘫患者作为病例组和 10 例年龄、性别与之相匹配的健康者作为健康对照组。在进行踝关节屈伸运动的同时,采用表面肌电图仪记录患者患侧、健侧及健康对照组的胫骨前肌、腓肠肌外侧头、腓肠肌内侧头和比目鱼肌的肌电信号,并对积分肌电值(iEMG)、收缩率等指标进行分析比较。**结果** 在周期性踝屈伸运动过程中,踝背伸时,患者患侧胫骨前肌、腓肠肌内侧头、腓肠肌外侧头、比目鱼肌的 iEMG 均明显小于健侧($P < 0.05$),患侧腓肠肌外侧头、腓肠肌内侧头、比目鱼肌的 iEMG 也明显小于健康对照组($P < 0.05$);踝跖屈时,患侧胫骨前肌、腓肠肌外侧头、腓肠肌内侧头的 iEMG 明显小于健康对照组($P < 0.05$),患侧腓肠肌内侧头的 iEMG 明显小于健侧($P < 0.05$),患侧比目鱼肌收缩率明显大于健侧及健康对照组($P < 0.05$)。**结论** 脑卒中恢复期患者在周期性踝屈伸运动时,患侧小腿前后肌群除比目鱼肌外,肌肉收缩功能均明显下降;患侧踝跖屈时,比目鱼肌取代正常跖屈时的腓肠肌外侧头或腓肠肌内侧头成为主要的主动跖屈肌。

【关键词】 脑卒中; 表面肌电图; 踝屈伸运动; 肌肉协调性

Lower extremity muscle coordination in stroke patients revealed by surface electromyography DOU Zulín, WEN Hong-mei, JIANG Li, ZHU Lei. Third Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510630, China

【Abstract】 Objective To explore the changes in muscle activity patterns in the lower leg during ankle dorsiflexion and plantarflexion in stroke patients. **Methods** Ten recovering stroke patients with hemiparesis (Patient group) and ten age-and sex-matched healthy volunteers (Healthy control group) were studied. The subjects performed ankle dorsiflexion and plantarflexion synchronized with a visual cue while supine. Surface electrodes were applied over the anterior tibialis (TA), caput laterale musculi gastrocnemius (LGM), caput mediale musculi gastrocnemius (MGM) and soleus muscles (SOL) for integrated electromyography (iEMG). **Results** During ankle dorsiflexion, the TA, LGM, MGM and SOL of the affected side showed a significantly lower iEMG signal than the unaffected side. Activity of the LGM, MGM and SOL of the affected side were significantly lower than in the healthy controls. During ankle plantarflexion, the TA, LGM and MGM on the affected side had significantly lower activity than those of the healthy controls. The MGM of the affected side showed significantly lower muscle activity than the unaffected side. The SOL contraction ratio on the affected side was significantly higher than on the unaffected side and in the healthy control group. **Conclusion** Except for the soleus, there is an obvious decline in muscle activity in the affected lower extremities of stroke patients during ankle dorsiflexion and plantarflexion. The soleus on the affected side becomes the primary plantarflexor in patients with stroke, rather than the caput laterale musculi gastrocnemius or caput mediale musculi gastrocnemius as in healthy subjects.

【Key words】 Stroke; Surface electromyography; Ankle joint movement; Muscle coordination

脑卒中是中老年人的常见病,致残率较高^[1],其中肌无力和运动模式的异常限制了患者的功能康复。表面肌电图(surface electromyography, sEMG)^[2-9]与肌肉的运动功能状态之间存在着关联

性,其中时域分析参数——积分肌电图(integrated electromyography, iEMG)^[10,11]反映了单位时间内骨骼肌放电总量,可用来分析肌肉在单位时间内的收缩特性,近年来已成为常用的肌肉运动功能评定方法。本研究通过分析周期性踝屈伸运动时,脑卒中恢复期患者和健康人小腿肌群 iEMG 的差异,探讨脑卒中恢复期患者小腿前后肌群的协调性变化,为更好地进行步态训练提供依据。

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2009.07.006

基金项目: 国家科技部 - 中国芬兰政府间合作项目 (2006DFA33290), 广东省科技计划项目 (2006B50107003)

作者单位: 510630 广州, 中山大学附属第三医院康复医学科

资料与方法

一、研究对象

2007 年 6 月至 2008 年 4 月在中山大学附属第三医院、广州军区总医院、广东省中医院三家 3 级甲等医院康复医学科、神经科选取 10 例脑卒中恢复期患者作为本研究的病例组,其中男 6 例、女 4 例,年龄(52.2 ± 11.8)岁,身高(1.7 ± 9.8)m,体重(66.9 ± 11.4)kg。另在中山大学附属第三医院选取 10 例年龄、性别与病例组相匹配的正常志愿者作为健康对照组,其中男 6 例、女 4 例,年龄(52.3 ± 12.7)岁,身高(1.6 ± 7.8)m,体重(64.5 ± 6.0)kg。2 组年龄、身高、体重比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。

病例组入选标准:初发脑卒中 3~12 月内;经头颅 CT 或 MRI 检查确诊;年龄 30~70 岁;一侧肢体偏瘫,徒手肌力检查患侧踝屈伸肌力 ≥ 3 级;可独立坐和站,独立或扶手杖行走。排除标准:病情不稳定或偏瘫严重;明显认知障碍;基本语言理解和表达能力丧失;患侧踝屈伸肌的肌张力 Ashworth 分级 > 2 级;脑外伤、脑手术后或有其它神经疾病史。所有入选者均签署知情同意书。

二、设备

表面肌电图记录采用芬兰 Mega 公司产 ME6000 型肌电图仪;同步视频图像采集应用 Sony DCR-HC 15 型数码摄像机;电极采用一次性银/氯化银心电监护电极。

三、测试方法

受试者取仰卧位,记录电极置于所测肌肉的肌腹部位最隆起处,并与肌纤维走行方向一致,间距 2 cm,具体放置位置如下^[12]:①胫骨前肌,从腓骨头到胫骨内踝下边连线的 1/3 处;②腓肠肌外侧头,腓骨头到跟骨连线的 1/3 处;③腓肠肌内侧头,小腿内侧肌肉最丰满处;④比目鱼肌,股骨内侧踝到胫骨内踝连线的 2/3 处。参考电极置于胫骨前肌两记录电极内侧。放置电极处皮肤须经砂纸打磨、酒精擦拭等处理,以减小皮肤与电极间的阻抗($< 5 \text{ k}\Omega$)。

测试前进行 10 次踝屈、背伸准备运动,开始测试前约 2 min 应用视觉节拍器(39 次/min)进行同步的踝屈伸运动。屈伸运动通过触发与踝部相连的光电触发装置,记录并在计算机上同步显示 sEMG 信号、触发信号和视频信号。sEMG 信号经带通滤波器(10~200 Hz)滤过、全波整流。病例组测试患侧、健侧小腿,健康对照组仅测试左侧。

四、数据处理

采用 FCODAS 软件分析 sEMG,选取运动节律接

近且周期间相差较小的 10 个运动周期数据进行平均,得到一个代表性的运动周期数据,再将该周期等分为 10 个时段,1~5 时段对应踝背伸运动,6~10 时段对应踝跖屈运动。另据此计算肌肉的收缩率及协同收缩率。计算公式:收缩率(%) = 主动肌 iEMG / (主动肌 iEMG + 拮抗肌 iEMG) $\times 100\%$;协同收缩率(%) = 拮抗肌 iEMG / (主动肌 iEMG + 拮抗肌 iEMG) $\times 100\%$ 。

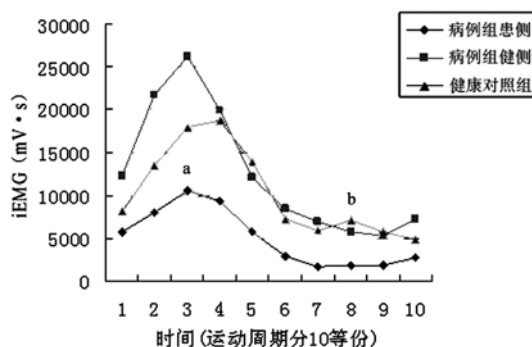
五、统计学分析

数据采用 SPSS 16.0 版统计软件进行分析。病例组和健康对照组之间及病例组组内数据的比较采用独立样本 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

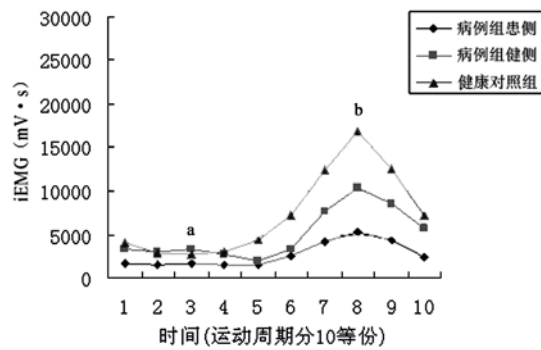
一、2 组小腿前后肌群 iEMG 的比较

胫骨前肌、腓肠肌外侧头、腓肠肌内侧头、比目鱼肌的 iEMG 分析见图 1~4。如前所述,为理解方便,分析时将 1 个运动周期数据分为 10 个时段,1~5 时段对应踝背伸运动,6~10 时段对应踝跖屈运动。踝背伸时,病例组患侧胫骨前肌的 iEMG 值在第 3、4 时段显著低于健侧,踝跖屈时在第 6~10 时段显著低于健康对照组,差异有统计学意义(图 1)。踝背伸时,病例组患侧腓肠肌外侧头的 iEMG 值在第 3 时段显著低于健侧,在第 2~4 时段显著低于健康对照组,踝跖屈时在第 7~10 时段显著低于健康对照组,差异有统计学意义(图 2)。踝背伸时,病例组患侧腓肠肌内侧头的 iEMG 值在第 4 时段显著低于健侧和健康对照组,踝跖屈时在第 7、8、10 时段显著低于健侧,差异有统计学意义(图 3)。踝背伸时,病例组患侧比目鱼肌的 iEMG 值在第 2、3 时段显著低于健侧,在第 5 时段显著低于健康对照组,差异有统计学意义;但比目鱼肌在踝跖屈时患侧与健侧、健康对照组比较差异均无统计学意义(图 4)。



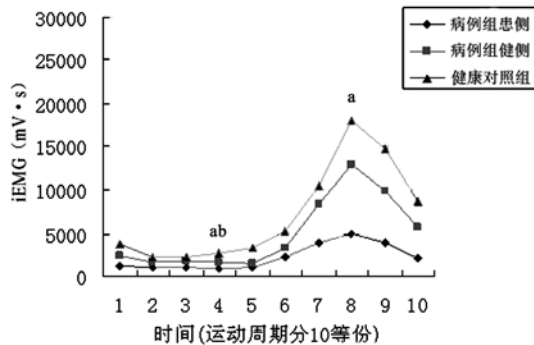
注:与病例组健侧比较,^a $P < 0.05$;与健康对照组比较,^b $P < 0.05$

图 1 病例组患侧、健侧和健康对照组胫骨前肌 iEMG 比较



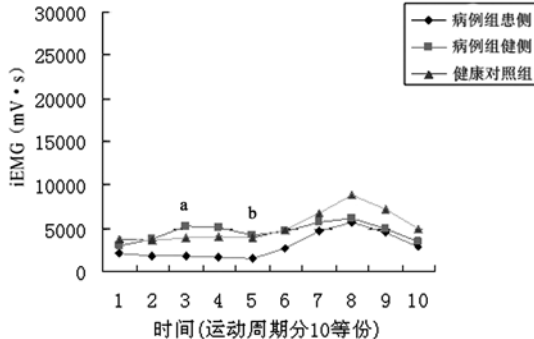
注:与病例组健侧比较,^a $P < 0.05$;与健康对照组比较,^b $P < 0.05$

图2 病例组患侧、健侧和健康对照组腓肠肌外侧头 iEMG 比较



注:与病例组健侧比较,^a $P < 0.05$;与健康对照组比较,^b $P < 0.05$

图3 病例组患侧、健侧和健康对照组腓肠肌内侧头 iEMG 比较



注:与病例组健侧比较,^a $P < 0.05$;与健康对照组比较,^b $P < 0.05$

图4 病例组患侧、健侧和健康对照组比目鱼肌 iEMG 比较

二、踝跖屈肌群的收缩率及其在踝背伸时的协同收缩率的比较

踝跖屈时,病例组患侧比目鱼肌的收缩率在第7~10时段显著大于健侧和健康对照组,差异有统计学意义,见表1;病例组患侧腓肠肌外侧头、腓肠肌内侧头的收缩率与健侧及健康对照组之间比较,差异均无统计学意义。踝背伸时,病例组患侧作为拮抗肌的比目鱼肌、腓肠肌外侧头、腓肠肌内侧头的协同收缩率与健侧和健康对照组相比,差异均无统计学意义。

讨 论

本研究发现,脑卒中恢复期患者在踝关节屈伸运动中,患侧除比目鱼肌外,腓肠肌内、外侧头和胫骨前

表1 2组受试者踝跖屈时比目鱼肌的收缩率比较

组 别	踝跖屈 (%, $\bar{x} \pm s$)				
	6	7	8	9	10
病例组					
患侧	26.27 ± 11.51	35.64 ± 9.42 ^{ac}	35.21 ± 8.15 ^{ac}	33.68 ± 7.59 ^{ac}	28.75 ± 6.89 ^{ab}
健侧	20.04 ± 15.10	17.48 ± 10.10	15.69 ± 10.78	15.59 ± 11.06	13.92 ± 6.66
健康对照组	17.34 ± 7.93	18.10 ± 6.32	18.03 ± 6.96	17.75 ± 7.31	18.98 ± 9.92

注:与健侧比较,^a $P < 0.01$;与对照组比较,^b $P < 0.05$,^c $P < 0.01$

肌的肌电活动均较健侧及健康对照组明显下降,提示脑卒中患者比目鱼肌可能代偿腓肠肌的功能,成为主要的踝跖屈主动肌。

踝关节在站立行走中具有重要作用。健康人胫骨前肌在踝背伸时起主要作用,腓肠肌在跖屈中起主要作用,比目鱼肌主要维持踝关节站立行走时的稳定性,在跖屈中起协同作用。本研究结果显示,脑卒中患者患侧胫骨前肌在踝背屈过程中 iEMG 显著降低,踝跖屈时,腓肠肌(腓肠肌外侧头或腓肠肌内侧头)的肌电信号也明显低于健侧和健康对照组,提示脑卒中患者小腿肌肉功能明显降低,与文献报道^[13-18]一致。Pullman 等^[19]的研究也证实,在不同强度和不同类型的运动中,不同数目的肌纤维有序地交替参加活动,并且以一定数量的肌纤维作为一个整体进行全或无的收缩。在运动开始时,肌肉只是动用一部分肌纤维就可以产生较大的肌张力维持所需的运动;随着运动持续时间的延长,某些运动单位可能由于所支配的运动神经发出的冲动减少,使得肌张力降低;其次,由于肌肉运动时局部酸性代谢产物增加等因素使内环境发生改变,导致某些肌纤维收缩力量下降,为了维持原来的肌张力,必需募集新的运动单位参与运动^[20]。Gemperline 等^[21]研究显示,偏瘫患者运动单位平均放电率降低,并且在收缩过程中不能增加。有鉴于此,在本研究中患侧胫骨前肌在踝背屈3~4时段、腓肠肌在踝跖屈7~10时段 iEMG 显著降低,可能是由于上运动神经功能障碍,运动过程中无法动员更多新的运动单位来参与活动,加之运动单位放电率降低,导致肌肉收缩力明显下降。

本研究结果显示,在踝跖屈时,病例组患侧比目鱼肌 iEMG 降低不显著,但收缩率显著大于健侧和健康对照组;而患侧腓肠肌内、外侧头踝跖屈时的收缩率与健侧和健康对照组比较,差异无统计学意义。提示脑卒中后患侧腓肠肌功能受累较大,而比目鱼肌受影响相对较小,在脑卒中患者踝跖屈运动中,比目鱼肌发挥了主要作用。这种改变可能与双关节肌与单关节肌收缩任务不同所致。在静态收缩时,双关节肌不仅影响外力产生的方向,而且影响肌力的大小;而单关节肌主

会影响关节力矩。机体对双关节肌的控制更为复杂,其控制不仅需要来自肌梭的信息,而且还需要来自高尔基腱器官(Golgi tendon organ)和皮肤感受器的信息。同时,对运动方向和力产生方向较敏感的特殊神经元又存在于人体大脑运动皮质中,因此脑卒中造成的运动皮质或皮质脊髓束损伤对双关节肌的影响较单关节肌更大^[22]。鉴于腓肠肌是双关节肌,比目鱼肌是单关节肌,所以脑卒中后腓肠肌受影响大,收缩功能明显降低,而比目鱼肌收缩功能降低不明显。正常人腓肠肌 I 型、II 型肌纤维几乎各占 50%,而比目鱼肌 I 型肌纤维比例可高达 80%^[23]。脑卒中患者患肢肌肉的 II 型肌纤维大量萎缩, I 型肌纤维比例相对增加^[24]。因此脑卒中后患肢肌纤维比例的改变,对比目鱼肌功能的影响远小于腓肠肌。由此我们认为,脑卒中后患侧小腿肌肉收缩功能下降的同时,小腿肌肉协调性亦发生改变,正常时在踝跖屈运动时起协同作用的比目鱼肌,代偿了腓肠肌明显降低的功能,成为主要的踝跖屈主动收缩肌。

研究已证实,拮抗肌的协同收缩率增加是脑卒中患者普遍存在的现象^[13-15];同时郭京伟等^[25]的研究表明,Brunnstrom V 期的脑卒中患者患侧踝背屈的协同收缩率显著低于 Brunnstrom IV 期的患者,说明恢复后期的患者,不仅主动肌功能活动增强,而且控制拮抗肌的协同收缩能力也增强。本研究结果与上述文献报道存在差异,即脑卒中患者患侧踝背伸拮抗肌协同收缩率未显著增加,考虑可能与入组患者病情较轻,已能较好地控制拮抗肌的协同收缩有关。

总之,踝关节屈伸活动时肌肉协调性的改变对站立和行走具有重要的影响,本研究表明,在恢复期患者进行康复训练时,应重视小腿肌肉协调性的训练,特别是针对双关节肌的训练,对提高康复训练效果可能具有重要的作用。

参 考 文 献

- [1] 饶明俐. 中国脑血管病防治指南. 北京:人民卫生出版社,2007:1-5.
- [2] 余洪俊,刘宏亮,陈蕾. 表面肌电图的发展与应用. 中国临床康复,2002,6:720-721.
- [3] 杨志家,赵光宙. 肌电信号的相空间分析. 生物物理学报,1998,14:257-261.
- [4] Duchon EJ, Hogrel J Y. A model of EMG generation. IEEE Trans Biomed Eng,2000,47:192-201.
- [5] Kleine BU, Stegeman DF, Mund DA, et al. Influence of motoneuron firing synchronization on sEMG characteristics in dependence of electrode position. J Appl Physiol,2001,91:1588-1599.
- [6] Kleine BU, Blok JH, Oostenveld R, et al. Magnetic stimulation-induced modulations of motor unit firings extracted from multi-channel surface EMG. Muscle Nerve,2000,23:1005-1015.
- [7] Pullman SL, Goodin DS, Marquinez AI, et al. Clinical utility of surface EMG. Neurology,2000,55:171-177.
- [8] Farina D, Merletti R, Enoka RM. The extraction of neural strategies from the surface EMG. J Appl Physiol,2004,96:1486-1495.
- [9] Hagg GM. Interpretation of EMG spectral alterations and alteration indexes at sustained contraction. J Appl Physiol,1992,73:1211-1217.
- [10] 杨坚,张颖. 表面肌电图在神经肌肉病损功能评估中的应用. 中国临床康复,2004,8:4580-4581.
- [11] 王奎,刘建红,宋刚. sEMG 技术在评价运动性疲劳方面的方法及应用. 安徽体育科技,2004,25:49-51.
- [12] Hermens HJ, Freriks B, Merletti R, et al. European recommendations for surface electromyography (SENIAM 8). Enschede:Roessingh Research and Development BV,1999:15-46.
- [13] Hammond MC, Fitts SS, Kraft GH, et al. Co-contraction in the hemiparetic forearm:quantitative EMG evaluation. Arch Phys Med Rehabil,1988,69:348-351.
- [14] Levin MF, Hui-Chan CWY. Ankle spasticity is inversely correlated with antagonist voluntary contraction in hemiparetic subjects. Electromyogr Clin Neurophysiol,1994,34:415-425.
- [15] 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. 中华物理医学与康复杂志,2003,25:212-215.
- [16] 李青青,吴宗耀. 10m 自由步行偏瘫步态胫前后肌群的表面肌电图研究. 临床神经电生理学杂志,2006,15:208-212.
- [17] 温红梅, 窦祖林, 胡昔权, 等. 脑卒中患者大腿肌肉协调性评价的 MRI 对比研究. 中华物理医学与康复杂志,2007,29:382-387.
- [18] 朱燕,齐瑞,张宏,等. 恢复期脑卒中患者肘屈伸肌群最大等长收缩的表面肌电图研究. 中国康复,2006,21:308-310.
- [19] Pullman SL, Goodin DS, Marquinez AL, et al. Clinical utility of surface EMG. Neurology,2000,55:171-177.
- [20] 崔玉鹏,洪峰. 表面肌电图在人体运动研究中的应用. 首都体育学院学报,2005,17:102-104.
- [21] Gemperline JJ, Allen S, Walk D, et al. Characteristics of motor unit discharge in subjects with hemiparesis. Muscle Nerve,1995,18:1101-1114.
- [22] Burke D, Dickson HG, Skuse NF. Task-dependent changes in the responses to low-threshold cutaneous afferent volleys in the human lower limb. J Physiol,1991,432:445-458.
- [23] 薛黔,李名扬,李志义. 人类小腿三头肌肌纤维型分布. 遵义医学院学报,1991,14:30-33.
- [24] Frontera WR, Grimby L, Larsson L. Firing rate of the lower motoneuron and contractile properties of its muscle fibers after upper motoneuron lesion in man. Muscle Nerve,1997,20:938-947.
- [25] 郭京伟,谢欲晓,黄学英,等. 不同恢复期脑卒中患者胫骨前肌和腓肠肌表面肌电信号的研究. 中国康复医学杂志,2007,22:802-804.

(修回日期:2009-05-19)
(本文编辑:吴倩)