

脑卒中患者不同强度随意运动时的 sEMG 反应特点*

戴慧寒¹ 王 健² 杨红春³ 李天骄⁴ 蔡奇芳¹ 林金来¹

摘要 目的:观察不同强度静态及动态运动负荷对脑卒中患者四肢肌肉 sEMG 信号变化的影响,研究脑卒中患者四肢肌肉活动的表面肌电信号特征与其神经运动控制的关系。**方法:**24例脑卒中患者参加本研究,采用患、健侧自身对照实验方法设计,采用上肢屈肘和下肢伸膝静态运动,以及肘关节和膝关节动态屈伸运动负荷试验,采集主动肌和拮抗肌的表面肌电信号,分析信号振幅和拮抗比值等 sEMG 信号活动特征。**结果:**最大用力收缩时,上、下肢患侧主动肌 AEMG 小于健侧,而拮抗比大于健侧;小强度静态运动负荷过程中,患侧上肢主动肌的 AEMG 略高于患侧,拮抗比明显大于健侧。患侧下肢股外侧肌(VL)、股直肌(RF)和股内侧肌(VM)的平均 AEMG、%DET 标准化值大于健侧,拮抗比小于健侧;小强度动态运动负荷过程中,上肢患侧主动肌 AEMG 明显高于健侧。下肢患侧 VL、RF 和 VM 的 AEMG 均值具有增大趋势,但无明显差异。而患侧拮抗比明显小于健侧。**结论:**脑卒中患者由于高位神经元和运动控制功能受损,导致其患侧在最大随意收缩时运动单位募集能力下降,而在轻负荷运动时运动单位募集过度。

关键词 表面肌电;脑卒中;运动控制

中图分类号:R743.3,R493 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1242(2008)-01-0023-03

sEMG responses to the different intensities of muscles voluntary contractions in post-stroke hemiparetic subjects/DAI Huihan,WANG Jian,YANG Hongchun, et al//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2008, 23(1): 23-25

Abstract Objective:To investigate the relationship between surface electromyography (sEMG) signal activities and neuromuscular motor control in post-stroke hemiparetic subjects. **Method:**Both sEMG signal activities and muscles maximal voluntary contraction of paretic and non-paretic upper and lower limb muscles of 24 stroke patients were compared. All the subjects performed a maximal voluntary, isometric and dynamic muscles contractions in elbow and knee flexion/extension movement. Myoelectric signals were collected by surface electrode and then processed by linear and non-linear methods. **Result:** AEMG of agonist in non-paretic side were higher than paretic side during maximal isometric voluntary contraction. Both upper and lower limb agonist muscles AEMG and DET% were higher in paretic side than in non-paretic side during 20%MVC isometric contractions. Both upper and lower limb agonist muscles AEMG were higher in paretic side than in non-paretic side during 20% MVC dynamic contractions. **Conclusion:**The paretic muscles of post-stroke patients had a specific muscle motor unit recruitment patterns during maximal voluntary and light intensity muscles contractions.

Author's address Dept. of Rehabilitation, Shunde People's Hospital, 528300

Key words surface electromyography; stroke; motor control

脑卒中患者上位中枢神经及其运动控制功能受损引起的肌肉无力 (muscular weakness)、肌痉挛 (spasticity) 和协调运动 (inter-segmental coordination) 能力下降等现象,是定量健侧和评价患者中枢神经受损的程度及其康复治疗效果的重要内容^[1,2]。以往研究指出,表面肌电 (surface electromyography, sEMG) 作为客观反映神经肌肉运动控制及其功能状态的康复评价手段,能够在较大程度上反映运动单位募集、运动单位活动的同步化活动和多肌群协调性活动等中枢运动控制因素以及肌肉兴奋传导、局部肌肉收缩力和抗疲劳能力等外周因素的共同作用^[3-5]。与此同时,采用该项技术的临床研究也发现,脑卒中患者在静息、步行和多种定量运动负荷状

态下,其主动肌、拮抗肌和协同肌 sEMG 信号活动具有明显不同于健康人群的特征^[6-9],从而奠定了应用 sEMG 信号分析技术研究脑卒中运动控制及其康复评价的基础。本研究将在以往研究的基础上,进一步观察不同强度静态及动态运动对脑卒中患者四肢肌肉 sEMG 信号活动的影响,探讨脑卒中患者四肢肌

* 基金项目:广东省科学事业费计划项目(2005B36001099);广东省佛山市科技发展专项资金资助项目(佛科 2004,55)

1 广东省佛山市顺德第一人民医院神经康复科, 528300

2 浙江大学体育科学与技术研究所

3 浙江省体育科学研究所

4 福建省第二人民医院康复科

作者简介:戴慧寒,女,主任医师

收稿日期:2007-12-11

肉活动的表面肌电信号特征与其中枢运动控制功能的关系, 为进一步建立神经肌肉运动控制功能定量评价方法和开展相关的康复医学临床研究提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

研究对象为本院康复科住院治疗患者, 经 CT 或 MRI 证实的恢复期脑卒中患者 24 例 (女性 8 例)。年龄 21—84 岁, 身高 150—177cm, 体重 48—79kg。其中, 左偏患者 12 例, 右偏患者 12 例。

1.2 最大随意用力测试及运动负荷试验

1.2.1 最大随意用力 (maximal voluntary contraction, MVC) 测试: 受试者端坐座椅, 要求其分别在双侧肘关节、膝关节 90° 角度作 2 次维持 3—5s 的最大屈肘及伸膝静态运动, 于腕部和踝部记录收缩力, 并分别检测上肢肱二头肌 (biceps brachii, BB)、肱三头肌 (triceps brachii, TB) 和下肢股外侧肌 (vastus lateral, VL)、股直肌 (rectus femoris, RF)、股内侧肌 (vastus medialis, VM) 和股二头肌 (biceps femoris, BF) 的 sEMG 信号, 取 MVC 值大者进行后续分析。

1.2.2 运动负荷试验: 采用上肢屈肘和下肢伸膝静态运动以及肘关节和膝关节动态屈伸运动负荷试验, 分别检测上肢 BB、TB 和下肢 VL、RF、VM 和 BF 的 sEMG 信号。其中, 在上肢静态屈肘试验中, 受试者端坐座椅, 上臂保持垂直, 前臂保持水平与上臂在矢状面内成直角, 两手自然放松, 手心相对。分别在受试者双侧腕部悬挂一个重量为健侧肢体 20% MVC 沙袋, 要求受试者保持肘关节成 90°, 维持 10s; 休息 2min 后, 受试者进行肘关节动态屈伸运动 10 次。在下肢伸膝试验中, 受试者端坐座椅上, 膝关节踝窝部位紧靠座面前沿, 分别在双侧踝关节处负重 20% MVC, 要求受试者保持膝关节伸直状态 10s, 休息 2min 后, 受试者进行膝关节动态屈伸运动 10 次。上、下肢运动负荷实验的负荷重量是根据预实验多次观察结果获得, 主要依据是能够使患者完成运动要求。

1.2.3 sEMG 信号采集与分析: 本研究使用的表面探测电极为 Ag-AgCl 电极 (Model M-00-s; Medicaotest, Olstykke, 丹麦), 采样部位包括双侧 BB、TB、VL、VM、RF 及 BF。电极放置部位参照 Mega 说明书进行。其中, 探测电极分别被放置在被检肌肉的肌腹处, 电极连线与肌纤维走向相平行, 探测电极间距 2cm, 采用双极肌电记录系统 (Mega3000P8, Mega electronics, Finland) 记录实验中 sEMG 信号。采样频

率为 1000Hz, 共模抑制比 (common mode rejection ratio, CMRR) > 130dB, 增益为 1000, 噪声 < 1 μ V。信号经 A/D 转换 (12bit) 后存入计算机待处理。

信号处理内容包括线性指标平均肌电值 (average EMG, AEMG)、平均功率频率 (mean power frequency, MPF), 以及非线性指标 Lempel-Ziv 复杂度 (Lempel-Ziv complexity, C(n)) 和确定性线段百分数 (%DET), 这些指标的计算方法见先前研究^[6]。分析窗口均为 1024 点, 其中 %DET 的计算条件分别为: $\tau=4, n=1024, \text{shift data}=1024, m=10, r=15\% \text{ max distance}, l=2$ 。

1.3 统计学分析

采用患、健侧自身对照实验设计, 采用 SPSS10.0 软件对受试者作 MVC 时的各指标进行配对 *t* 检验; 以 MVC 时的各指标作为基准, 对静、动态负荷运动指标的标准化结果进行配对 *t* 检验。标准化计算方法如下: 各指标标准化 = 各指标 / 该受试者作 MVC 时各指标 $\times 100\%$; 对受试者在各种测试状态下的拮抗肌与主动肌振幅的拮抗比率进行配对 *t* 检验, 拮抗比率的计算方法如下:

拮抗比值 1 = 拮抗肌 AEMG / 主动肌 AEMG;

拮抗比值 2 = 拮抗肌 AEMG / 主动肌 + 拮抗肌 AEMG。

2 结果

24 例患者中有 4 例无法完成上肢负荷运动要求, 所有患者均能完成下肢负荷运动。

2.1 最大随意收缩及其表面肌电信号特征

患者上、下肢健、患侧 MVC 测试结果见表 1。配对 *t* 检验表明, 健侧肢体的 MVC 明显大于患侧。MVC 测试的 sEMG 信号活动处理结果: 上肢 MVC 测试中患侧 BB 的 AEMG 显著低于健侧, 而拮抗比则显著大于健侧; 下肢 MVC 测试中患侧肢体 VL、RF 和 VM 的 AEMG 均值显著低于健侧, 而其他指标在健、患侧间差异无显著。此外, 患侧的拮抗比略大于健侧, 但差异无显著性意义。

2.2 定量静态负荷

上肢定量静态负荷: 如表 2 所示, 静态运动负荷条件下, 上肢患侧 BB 的 AEMG 均值略高于健侧, 但无明显差异。患侧的拮抗比显著大于健侧。下肢定量静态负荷: 静态负荷运动条件下健侧 VL、RF 和 VM 三个被检肌肉的平均 AEMG、%DET 标准化值低于患侧, 而拮抗比显著大于患侧。

2.3 定量动态负荷

上肢定量动态负荷: 如表 3 示, 动态负荷运动条件下患侧 BB 的 AEMG、%DET 标准化值显著大于

健侧,患侧结抗比具有增大趋势,但无明显差异。下肢定量动态负荷:患侧三块主动肌 AEMG 均值具有增大趋势,但无明显差异。而患侧的结抗比明显小于健侧。

表 1 最大随意收缩试验过程中收缩力及肌肉 sEMG 特征变化 ($\bar{x}\pm s$)

	上肢健侧	上肢患侧	下肢健侧	下肢患侧
MVC	13.3±6.0	7.5±3.9 ^①	12.1±4.9	7.8±2.1 ^①
AEMG(μV)	331.3±204.7	124.1±82.3 ^①	108.0±87.8	59.2±35.4 ^①
MPF(Hz)	70.5±8.5	69.4±8.6 ^③	76.3±9.2	73.6±9.9 ^③
C(n)	0.6±0.1	0.6±0.1 ^③	0.6±0.7	0.6±0.5 ^③
%DET	62.7±16.4	60.9±11.9 ^③	57.8±9.3	55.1±15.8 ^③
AEMG 拮抗比 1	11.9±4.9	17.5±9.5 ^②	4.0±1.7	8.6±12.5 ^③
AEMG 拮抗比 2	10.4±4.0	14.4±6.7 ^②	3.8±1.5	7.0±8.2 ^③

健患侧比较: ①P<0.001, ②P<0.05, ③P>0.05

表 2 静态负荷时脑卒中患者主动肌 sEMG 特征变化检测结果 ($\bar{x}\pm s$)

	上肢健侧	上肢患侧	下肢健侧	下肢患侧
AEMG(μV)	16.4±7.1	17.7±8.9 ^③	61.8±51.3	91.6±35.7 ^①
MPF(Hz)	102.0±10.9	102.1±16.5 ^③	110.1±15.4	110.5±9.5 ^③
C(n)	103.5±9.4	103.0±9.8 ^③	107.5±9.1	105.8±5.5 ^③
%DET	82.5±24.0	84.1±23.5 ^③	94.6±22.7	102.9±20.3 ^①
AEMG 拮抗比 1	17.3±11.6	22.2±11.8 ^②	13.1±14.1	6.2±4.3 ^②
AEMG 拮抗比 2	14.0±7.9	17.4±8.0 ^②	10.4±9.6	5.7±3.7 ^②

健患侧比较: ①P<0.001, ②P<0.05, ③P>0.05

表 3 动态负荷时脑卒中患者主动肌 sEMG 特征变化检测结果 ($\bar{x}\pm s$)

	上肢健侧	上肢患侧	下肢健侧	下肢患侧
AEMG(μV)	23.4±6.8	30.4±9.1 ^①	59.8±49.9	69.2±32.0 ^③
MPF(Hz)	98.2±16.7	97.3±15.1 ^③	99.3±13.2	101.8±10.0 ^③
C(n)	101.9±9.3	100.3±13.5 ^③	97.3±11.0	99.9±8.3 ^③
%DET	121.2±31.9	128.5±34.8 ^②	106.3±22.3	107.9±24.7 ^③
AEMG 拮抗比 1	14.6±6.9	15.9±8.4 ^③	12.8±12.2	6.5±3.2 ^②
AEMG 拮抗比 2	12.4±5.0	13.3±6.0 ^③	10.4±8.6	6.0±2.8 ^②

健患侧比较: ①P<0.001, ②P<0.05, ③P>0.05

3 讨论

本研究采用直接获取肘关节、膝关节屈伸运动的主动肌和拮抗肌 sEMG 的方法,观察了不同强度随意静态及动态运动负荷对脑卒中患者四肢肌肉 sEMG 信号变化的影响,发现脑卒中患者在完成最大随意收缩时患侧肢体的运动单位募集能力下降,而在完成小强度的定量运动负荷时运动单位募集过度。此外,小强度的定量运动负荷过程中,上肢拮抗肌表现出较强的拮抗性活动,而下肢拮抗肌则表现出较弱的拮抗性活动。结果提示,脑卒中患者在完成不同强度随意运动负荷过程中,健侧与患侧肢体肌肉活动具有不同的 sEMG 信号反应模式。

郑玉慧等^[10]在短时肌肉活动的 sEMG 信号研究中发现,与健侧肌肉相比,患侧上肢肱二头肌在静息状态下反应肌电信号振幅水平的 RMS 明显增高,患侧下肢股外肌 RMS 明显降低;而在对抗重力收缩条件下,无论上肢还是下肢肌肉的均方根值(root mean square, RMS)均明显低于健侧。戴慧寒等^[11]采

用相同重量运动负荷的方法研究发现,中风患者患侧下肢股四头肌和上肢三角肌前部的 AEMG 均值明显小于健侧。齐瑞等^[12]观察了脑卒中偏瘫患者在最大等长收缩过程中肱二、三头肌表面肌电图的特征,结果发现最大等长收缩状态下,肘屈曲时肱二头肌健侧的积分肌电值明显大于患侧;肘伸展时肱三头肌健侧 iEMG 明显大于患侧。朱燕等^[13]对恢复期脑卒中患者肘关节屈伸肌群最大收缩时的表面肌电研究发现,卒中组患侧肘屈肌及伸肌的峰力矩、峰力矩体重比均低于健侧,而屈伸力矩比高于健侧;此外,患侧肱二、三头肌的积分肌电面积比健侧下降,而协同收缩率则明显升高。以上研究虽发现了中风患者患侧肢体肌肉 sEMG 信号活动的一些特征,但就中风患者在不同强度运动负荷条件下 sEMG 信号活动的反映模式,以及患者患侧、健侧之间的区别尚缺乏必要的认识。此外,由于各项研究采用的运动负荷强度各有不同,所获结果也缺乏一致性。与以往研究相比,本研究尝试采用最大随意收缩和以此为基础确定的相对运动负荷强度(20%MVC)为运动负荷条件,观察了健侧与患侧肢体在分别完成静态和动态运动负荷时主动肌和拮抗肌的 sEMG 信号活动。所获结果一方面验证了先前研究观察到的最大随意收缩状态下患侧肌无力和肌电振幅下降的现象,另一方面还发现患者在完成小强度的运动负荷时存在运动单位过度募集和上、下肢拮抗反应不一致等特点,这些结果在以往的研究中尚未见报道,对于制订合理的运动康复治疗方案具有一定的参考价值。

AEMG 是反映 sEMG 信号振幅变化的特征性指标,其变化主要反映肌肉活动时运动单位激活的数量、运动单位类型,以及其同步化程度。根据目前的研究,本实验所观察到的最大随意运动负荷时患侧主动肌 AEMG 振幅降低主要与脑卒中患者大脑运动控制中枢损害,以及外周肌肉 II 型肌纤维的选择项萎缩等作用有关^[14]。而导致患侧肢体在完成小强度运动负荷时主动肌 AEMG 增强,则可能与脑卒中患者普遍存在的交互抑制障碍、拮抗肌活动加强和主动肌活动阻力增大等有关。

参考文献

- [1] Adams RW, Gandevia SC, Skuse NF. The distribution of muscle weakness in upper motoneuron lesions affecting the lower limb[J]. Brain, 1990, 113(Pt 5):1459-1476.
- [2] Kautz SA, Brown DA. Relationships between timing of muscle excitation and impaired motor performance during cyclical lower extremity movement in post-stroke hemiplegia[J]. Brain, 1998, 121(Pt 3):515-526.
- [3] Moglia A, Alfonsi E, Zandrini C. Surface EMG analysis of femoris in patients with spastic hemiparesis undergoing rehabilitation