

脑卒中患者下肢肌肉动态运动负荷下表面肌电信号特征研究*

谭炎全¹ 戴慧寒^{1,3} 蔡奇芳¹ 林奕¹ 王健²

摘要 目的:观察动态运动负荷对脑卒中患者下肢肌肉表面肌电信号变化的影响,探讨在动态运动负荷下脑卒中患者下肢肌肉表面肌电信号特征。**方法:**11 例脑卒中患者和 10 例正常人(对照组)参加本实验研究,利用动态运动负荷诱发双侧下肢屈伸膝关节,采用表面电极引导和记录肌电信号并进行线性时、频分析。**结果:**两组各活动肢体间比较除 AEMG 斜率均值外 MF、MPF、AEMG 及 MF 斜率及 MPF 斜率均值差异无显著性意义;各活动肌肉间比较 MF、MPF、AEMG 均值差异有显著性意义,而 MF 斜率、MPF 斜率及 AEMG 斜率均值无显著性差异;活动肢体因素四个水平间比较除偏瘫组患侧与健侧之间的 MF 和 AEMG、AEMG 斜率均值和偏瘫组患侧与正常组左侧的 MPF 斜率均值有显著性差异外,其余参数在偏瘫组与正常组组内、组间的差异无显著性差异;活动肌肉因素 4 组肌肉间对比:主动肌与拮抗肌以及协同肌 AEMG、MPF 差异有显著性,协同肌之间 MF、MPF 差异有非常显著性,拮抗肌与协同肌差异无显著性。**结论:**采用快速傅立叶变换方法进行线性功率谱分析和平均肌电值及疲劳试验分析并不能很好地反映动态运动负荷下脑卒中患者下肢肌肉表面肌电信号变化,特别是活动肢体因素,原因尚待深入研究。

关键词 脑卒中;下肢肌肉;动态运动负荷;表面肌电图

中图分类号:R743.3,R741.044 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2008)-08-0711-04

The study on the characters of surface myoelectric signals of stroke patients' lower limb muscles contracting dynamically/TAN Yanquan,DAI Huihan,CAI Qifang, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2008, 23(8):711-714

Abstract Objective:To explore the characters of surface myoelectric signals of stroke patients' lower limb muscles contracting dynamically. **Method:** Eleven stroke patients and 14 health individuals were compared. All the subjects had to perform dynamic contraction for knee flexion and extension. The surface myoelectric signals were collected by surface electrodes and then processed by linear time-and frequency-domain method. **Result:** There was no significant difference about the value of MF, MPF, AEMG, MF slope and MPF slope expect AEMG slope among the motion limbs. There were very significant differences about the values of MP, MPF and AEMG among the motion muscles, but there was no significant difference about the singals of MF slope, MPF slope and AEMG slope. In patients group there were significant differences about the values of MF, AEMG, AEMG slope of motion limb between paretic side and non-paretic side. There were also significant differences about the values of MPF slope between paretic side of the patients and left side of the health. But there was no significant difference about other parameters in groups or among groups. Compared the activity muscles of four groups, there were significant difference about the values of AEMG and MPF among initiative muscles, antagonistic muscles and co-contraction muscles. There were very significant differences about the values of MF and MPF among co-contraction muscles, but there was no significant difference between initiative muscle and antagonistic muscle. **Conclusion:**The method of analyzing linearity power chart and AEMG and Fatigue test with fast fourier transform could not well reflect the changes characters of surface myoelectric signals of the lower limb muscles contracting dynamically.

Author's address Dept. of Rehabilitation Medicine,The First People's Hospital of Shunde City,Guangdong,528300

Key words stroke; limb muscle; dynamic contraction; surface EMG

表面肌电图(surface electromyography,sEMG)信号是通过表面电极从被检肌肉的皮肤表面获得的神经肌肉系统活动时的生物电时间序列信号,该信号源自大脑皮质运动区,形成于众多外周肌肉运动单位电位总和,信号的振幅、频率等特征的特异性变化取决于运动单位募集和同步化等中枢控制因素,以

* 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 佛山市顺德区第一人民医院康复科,广东顺德大良蓬莱路 1 号,528300

2 浙江大学体育科学与技术研究所

3 通讯作者

作者简介:谭炎全,男,副主任医师

收稿日期:2008-02-04

及肌肉兴奋传导速度等外周因素的共同作用^[1]。这些因素与中风状态下机体上位神经控制功能障碍密切相关^[2]。本研究进一步观察在动态运动负荷下对脑卒中患者下肢肌肉表面肌电信号变化的影响,探讨在动态运动负荷下脑卒中患者下肢肌肉表面肌电信号特征。

1 资料与方法

1.1 对象

选择佛山市顺德区第一人民医院康复科住院治疗、经CT或MRI证实为脑梗死、轻度偏瘫或恢复期患者共11例,其中男7例、女4例;年龄 75.82 ± 6.58 (64—84岁);左侧偏瘫4例、右侧偏瘫4例、双侧偏瘫3例;Brunnstrom分期IV期以上、患侧下肢肌力4—5级(MMT)。健康对照组10例,其中男4例、女6例;年龄 73.14 ± 12.20 (47—84岁);无神经系统疾病史。两组性别、年龄差异无显著性意义。

1.2 运动负荷

采用双侧伸屈膝动态运动试验,分别检测股直肌(rectus femoris, RF)、股外侧肌(vastus lateral, VL)、股内侧肌(vastus medialis, VM)、股二头肌(biceps femoris, BF)的sEMG信号。受试者端坐床沿,小腿自然下垂,双侧踝关节负荷2kg,膝关节反复进行屈曲和伸展运动。受试者可自由选择周期运动的频率,并尽可能平稳运动60s,检测双侧RF、VL、VM及BF。双侧膝屈伸动态运动试验的负荷重量是根据预试验多次观察结果获得,其主要依据是使患肢肌肉维持60s的动态收缩,以便进行肌肉疲劳度的分析。本试验中所有受试者均能完成60s动态运动负荷试验。

1.3 sEMG信号采集与分析

本研究使用的肌电记录仪器名称:Muscle Tester,型号:ME3000P8,生产厂家:MEGA Electronics Ltd, Kuopio (芬兰),分析及操作软件:MegaWin 700046,设置为通频带8—500Hz,输出阻抗10GΩ,共模抑制比>130dB,增益为1000,噪声<1μV, A/D转换12Bit,采样频率1000Hz,通道数8。表面探测电极Ag-AgCl心电监护电极(德国健柏医疗器械香港有限公司),电极黏附区直径35mm,导电区直径10mm;采样部位双侧下肢股直肌、股外侧肌、股内侧肌、股二头肌;电极放置部位参照MEGA说明书进行,电极间距20mm。

信号处理及分析用MegaWin 700046, 2.2版软件,内容包括采用快速傅立叶变换(fast fourier transform, FFT)方法进行线性功率谱分析和平均肌

电值(average EMG, AEMG)及疲劳试验分析。线性功率谱分析包括平均功率频率(mean power frequency, MPF)中位频率(median frequency, MF),疲劳试验分析包括时间与MF、MPF及AEMG曲线的斜率分别以MF斜率、MPF斜率及AEMG斜率表示。

1.4 统计学分析

本研究采用观测偏瘫-正常对照组×肌肉分组×肢体(偏瘫组患侧与健侧、正常组左侧与右侧对比)2×2×4多因素析因实验设计。采用SPSS13.0软件对偏瘫组患侧与健侧、正常组左侧与右侧股直肌、股外侧肌、股内侧肌和股二头肌四组肌肉的MF、MPF、AEMG及MF斜率、MPF斜率、AEMG斜率均值进行多因素方差分析。

2 结果

以各项sEMG信号分析指标时间序列曲线的变化斜率和60s平均值显示肌肉负荷的信号特征。

多因素方差分析结果表明偏瘫组组内患侧与健侧比较,除拮抗肌BF的AEMG患侧大于健侧外,各肌肉的MF、MPF、AEMG均值患侧小于健侧。疲劳试验分析显示患侧股直肌、股外侧肌的MF斜率、MPF斜率均值明显大于健侧;患侧AEMG斜率均值明显小于健侧;患侧股内侧肌MF斜率、AEMG斜率均值明显小于健侧,而患侧MPF斜率明显大于健侧。患侧股二头肌MF斜率、MPF斜率、AEMG斜率均值明显小于健侧。正常组组内MF、MPF均值左侧大于右侧,AEMG均值右侧大于左侧,MPF斜率、MPF斜率均值右侧大于左侧,AEMG斜率均值股直肌和股外侧肌右侧大于左侧而股内侧肌和股二头肌左侧大于右侧(见表1)。

多因素方差分析结果表明主效应活动肢体因素除AEMG斜率的均值差异有显著性($P < 0.05$)外, MF、MPF、AEMG及MF斜率、MPF斜率均值差异无显著性;而活动肌肉因素MF、MPF、AEMG均值差异有非常显著性,而MF斜率、MPF斜率、AEMG斜率均值差异无显著性。活动肢体与活动肌肉交互效应分析结果MPF、AEMG均值差异有显著性($P < 0.05$),其余差异无显著性。

活动肢体因素四个水平间比较:偏瘫组患侧与健侧之间的MF和AEMG、AEMG斜率均值有显著性差异,MPF、MF斜率、MPF斜率均值无显著性差异;偏瘫组患侧与正常组左侧的MPF斜率均值有显著性差异, MF、MPF、AEMG、MF斜率、AEMG斜率均值无显著性差异;正常组左侧与右侧、偏瘫组患侧与

正常组右侧的 MF、MPF、AEMG 及 MF 斜率、MPF 斜率、AEMG 斜率均值均无显著性差异。

活动肌肉因素四组肌肉间对比: 股外侧肌与股内侧肌之间的 MF、MPF 均值有非常显著性差异; 股内侧肌与股二头肌之间的 MF 有显著性差异而

MPF、AEMG 有非常显著性差异; 股直肌与股内侧肌的 MF 均值有显著性差异, 股直肌与股二头肌的 MPF 均值有显著性差异, 而 AEMG 均值有非常显著性差异; 股内侧肌与股二头肌的 AEMG 均值有非常显著性差异; 其余无显著性差异。

表 1 偏瘫组与正常组各肌肉双侧肢体间 MF、MPF、AEMG 及 MF 斜率、MPF 斜率、AEMG 斜率均值 ($\bar{x} \pm s$)

	MF	MPF	AEMG	MF 斜率	MPF 斜率	AEMG 斜率
肢体						
偏瘫组	63.15±15.11 ^⑤	80.61±20.21 ^④	30.57±25.46 ^{④⑤}	4.34±18.16	4.38±15.56 ^⑥	2.96±19.49 ^{①⑤}
患侧	60.07±16.16	77.75±21.69	27.07±17.29	4.15±16.25	4.57±15.11	-0.66±16.48
健侧	66.75±12.83	84.75±17.33	35.63±33.64	4.63±20.86	4.10±16.39	8.19±22.39
正常组	60.43±12.64	77.23±15.35	25.37±18.24	-1.39±6.33	-3.62±8.74	0.94±14.80
左侧	61.10±14.11	78.57±16.69	23.52±19.85	-2.78±6.94	-5.41±10.07	1.24±15.10
右侧	59.77±11.12	75.90±13.98	27.22±16.53	-0.01±5.39	-1.82±6.83	0.64±14.68
肌肉						
RF	62.09±11.27 ^③	76.59±13.32 ^③	35.28±16.04 ^②	-0.70±5.14	-0.29±9.28	3.71±22.70
偏瘫组	62.95±13.72	77.22±16.62	41.54±16.68	-0.45±5.44	2.41±9.93	5.09±29.69
正常组	61.15±8.01	75.90±8.78	28.40±12.35	-0.98±4.91	-3.27±7.68	2.19±11.55
VL	66.64±12.77 ^{⑦⑨}	83.28±15.75 ^{⑦⑧}	32.64±18.41 ^⑧	2.89±10.27	2.45±12.09	-0.01±14.15
偏瘫组	63.13±13.51	78.50±16.24	32.81±20.11	6.20±11.90	7.80±12.56	0.70±11.61
正常组	70.50±10.97	88.55±13.72	32.45±16.85	-0.74±6.66	-3.42±8.48	-0.80±16.79
VM	56.30±11.62	71.45±15.12	30.73±31.32 ^⑩	3.42±18.05	1.74±14.43	3.01±17.14
偏瘫组	58.72±12.21	72.59±15.69	40.54±34.24	7.78±23.84	5.91±18.07	4.21±22.64
正常组	53.65±10.61	73.10±18.47	19.95±24.23	-1.36±5.40	-2.84±6.81	1.62±7.11
BF	62.40±17.88 ^⑨	84.69±23.71 ^⑩	13.73±13.23 ^⑪	0.82±18.50	-1.62±16.57	1.33±14.71
偏瘫组	67.81±19.56	94.13±25.12	7.40±5.73	3.85±24.23	1.39±19.79	1.84±5.72
正常组	56.45±13.98	73.10±18.46	20.70±15.62	-2.50±8.19	-4.94±11.73	0.78±20.74

1、主效应: 两对照组双侧肢体之间, ①: $P<0.05$, 四组肌肉之间比较, ②: $P<0.001$; ③: $P<0.01$; 2、肌肉与肢体交互效应, ④: $P<0.05$; 3、肢体四水平之间比较: 患侧与健侧之间比较, ⑤: $P<0.05$; 患侧与左侧之间比较, ⑥: $P<0.05$; 5、肌肉四水平之间比较: VM 与 VL 之间比较, ⑦: $P<0.01$; VL 与 RF 之间比较, ⑧: $P<0.001$; ⑨: $P<0.05$; BF 与 VL 之间比较, ⑩: $P<0.05$; BF 与 RF 之间比较, ⑪: $P<0.001$; ⑫: $P<0.05$; VM 与 RF 之间比较, ⑬: $P<0.001$ 。

3 讨论

对于脑卒中患者肌肉表面肌电的研究, 既往我们报道了静态运动负荷下线性研究^[3], 静态和动态运动负荷下非线性研究和康复治疗前后对比研究^[4-5]。国内一些学者还进行了最大自主收缩下协同收缩率的研究^[6-11], 动态运动负荷下协同收缩率的研究^[12], 躯干屈伸肌群静息位与直立位、前倾位、后伸位电压比值的研究及表面肌电图的信度研究等^[13,14]。但是, 动态运动负荷下肌肉表面肌电线性研究尚未见报道。

本研究采用双侧伸屈膝动态运动负荷诱发肌肉收缩, 采用表面电极获得受试者双侧下肢 RF、VL、VM 及 BF 的 sEMG 信号, 通过比较脑卒中患者患肢、健肢和正常对照组有关运动肌肉 sEMG 信号分析指标, 对动态运动负荷条件下的反应。

多因素方差分析主效应结果发现, 两组各活动肢体因素除 AEMG 斜率均值外 MF、MPF、AEMG 及 MF 斜率及 MPF 斜率均值无明显的临床实验效应, 提示各活动肢体之间除 AEMG 斜率均值能反映偏瘫组与正常组之间的差异外其余参数均不能反映偏瘫组与正常组之间的差异; 活动肢体因素四个水平间比较除偏瘫组患侧与健侧之间的 MF 和 AEMG、

AEMG 斜率均值和偏瘫组患侧与正常组左侧的 MPF 斜率均值有显著性差异外, 其余参数在偏瘫组与正常组组内、组间的差异无显著性。

多因素方差分析主效应结果显示: 活动肌肉因素 MF、MPF、AEMG 均值差异有非常显著性, 而 MF 斜率、MPF 斜率及 AEMG 斜率均值无显著性差异, 提示活动肌肉之间 MF、MPF、AEMG 均值能反映偏瘫组与正常组之间的差异而 MF 斜率、MPF 斜率及 AEMG 斜率均值不能反映偏瘫组与正常组之间的差异; 活动肌肉因素四组肌肉间对比显示: 主动肌与拮抗肌以及协同肌 AEMG 差异有非常显著性 ($P<0.001$) 而 MPF 差异有显著性 ($P<0.05$), 协同肌之间 MF、MPF 差异有非常显著性 ($P<0.01$), 拮抗肌与协同肌差异无显著性, 提示主动肌、协同肌及拮抗肌之间的 MPF 和 AEMG 有明显规律性, 这就能解释上述活动肢体因素中 MF、MPF、AEMG 无明显的临床实验效应, 而既往研究中虽然应用相同的实验数据但是 MPF 和 AEMG 协同收缩率有明显的临床实验效应^[12]; 这也可以解释大多数国内学者采用协同收缩率参数进行临床研究的原因^[6-11]。

活动肢体与活动肌肉交互效应分析结果 MPF、AEMG 均值差异有显著性 ($P<0.05$), 提示活动肢体

与活动肌肉 MPF、AEMG 均值有交互影响。

本研究条件下采用 FFT 方法进行线性功率谱分析和平均肌电值及疲劳试验分析,显示不能很好地反映动态运动负荷下脑卒中患者下肢肌肉表面肌电信号变化,特别是活动肢体因素,其原因尚待深入研究,可能是由于 sEMG 信号是一种原始的一维时间序列信号,在各种肌肉活动条件下往往呈现为非稳定、类似噪声的准随机信号变化特征^[1]。既往的研究多数在静态运动负荷条件下进行,此时的肌电信号具有相对稳定的变化趋势,并且各种干扰因素能够得到较好的控制^[15]。戴慧寒等^[4]研究采用非线性分析方法取得很好的阳性结果,可能是与偏瘫组入组患者的范围较小(4—5 级肌力)有关。

参考文献

- [1] 王健. sEMG 信号分析及其应用研究进展[J]. 体育科学, 2000, 20(4): 56—60.
- [2] Hagg GM. Interpretation of EMG spectral alterations and alteration indexes at sustained contraction [J]. J Appl Physiol. 1992 Oct;73(4):1211—7.
- [3] 戴慧寒, 王健, 杨红春, 等. 脑卒中患者四肢肌肉的表面肌电信号特征研究 [J]. 中国康复医学杂志, 2004, 19(8): 581—587.
- [4] 戴慧寒, 王健, 杨红春, 等. 脑卒中患者不同强度随意运动时的 sEMG 反应特点 [J]. 中国康复医学杂志, 2008, 23(1): 23—29.
- [5] 蔡奇芳, 戴慧寒, 谭炎全, 等. 脑梗死偏瘫患者康复治疗前后 sEMG 信号变化的研究 [J]. 中国康复医学杂志, 2008, 23(4): 347—348.
- [6] 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[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2003, 25(4): 212—215.
- [7] 齐瑞, 严陶, 房敏, 等. 脑卒中偏瘫患者肱二、三头肌表面肌电特征的研究[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2006, 28(6): 399—401.
- [8] 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[J]. 中国康复, 2006, 21(5): 308—310.
- [9] 燕铁斌, Hui-Chan WYC. 经皮穴位电刺激对急性脑卒中偏瘫患者踝关节肌张力及协同收缩率的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2007, 29(1): 25—28.
- [10] 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 [J]. 中国康复医学杂志, 2007, 22(9): 802—811.
- [11] 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特征[J]. 中国康复医学杂志, 2008, 23(3): 256—257.
- [12] 谭炎全, 蔡奇芳, 林奕, 等. 恢复期脑卒中偏瘫患者膝关节拮抗肌群在动态运动负荷下对协同收缩率的影响[J]. 中国康复理论与实践, 2008, 14(3): 220—221.
- [13] 刘世文, 槐洪波, 刘然, 等. 早期脑卒中偏瘫患者躯干屈伸肌群表面肌电研究[J]. 中国康复医学杂志, 2006, 21(1): 57—60.
- [14] 李青青, 吴宗耀, 罗利平. 表面肌电图的信度研究[J]. 中国康复医学杂志, 2006, 21(3): 224—227.
- [15] 叶伟, 王健, 刘加海. 静态运动负荷诱发局部肌肉疲劳和恢复过程中 sEMG 信号复杂度变化规律 [J]. 体育科学, 2004, 24(9): 19—66.

广东省荣誉军人康复医院招聘启事

广东省荣誉军人康复医院是一所具有 30 多年康复历史的省直医疗单位,地处广州市中心城区。医院拥有 250 张床位、价值 2000 多万元的医疗设备,其中“三科一中心”为框架的康复医学部,拥有 120 多张病床及价值 300 多万元的康复治疗和评估仪器。现因康复医学发展需要,向全国招聘康复医学专业人才。

招聘康复医师 2 名,康复治疗师 1 名: 条件:本科及以上学历,50 岁以下,身体健康;康复医师具有高级职称,康复治疗师具有中级或以上职称,在三级医院从事本专业工作 5 年以上,具有一定的行政组织管理能力。待遇面谈。

联系方式: 应聘者请将个人简历、毕业证、医师资格证书、执业证书、身份证等相关证件复印件邮寄本院;符合要求的,医院通知面试。资料恕不退还。地址:广州市新港西路 114 号广东省荣誉军人康复医院政工科,邮政编码:510260;电子邮箱:rjyyzgk@163.com;联系电话:020-84187600-2611;联系人:陈先生。