

· 临床研究 ·

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

廖志平 马利娜 李建华 何武丹

【摘要】 目的 探讨脑卒中偏瘫患者股四头肌表面肌电图(sEMG)信号和改良 Ashworth 分级(MAS)之间的相关性,研究表面肌电图指标是否可作为评估痉挛的量化指标。**方法** 选择符合标准的脑卒中患者 60 例,由同一测试人员对脑卒中偏瘫患者患侧股四头肌进行 MAS 评估,并记录股四头肌被动牵伸时股四头肌内侧头(VM)、股直肌(RF)、股四头肌外侧头(VL)处表面肌电信号的均方根值(RMS)值和平均肌电值(AEMG)值,对不同表面肌电图指标与 MAS 进行相关性分析。**结果** 被动牵伸股四头肌时,VM、RF、VL 的表面肌电信号都与 MAS 分级呈正相关;经 Spearman 相关统计分析,被动活动时,VM($r=0.751$)、VL($r=0.563$)、RF($r=0.800$)的均方根值(RMS)均与 MAS 相关($P<0.001$);VM($r=0.767$)、VL($r=0.646$)、RF($r=0.834$)的平均肌电值(AEMG)均与 MAS 相关($P<0.001$)。**结论** 脑卒中偏瘫患者被动牵伸股四头肌(VM、VL、RF)时,表面肌电信号的 RMS 指标及 AEMG 指标与 MAS 分级呈正相关;sEMG 检查股四头肌被动牵伸时的幅度指标可为临床肌张力评估和痉挛的治疗提供量化的参考。

【关键词】 脑卒中; 表面肌电图; 痉挛; 股四头肌

A quantitative analysis of lower limb muscle spasticity in stroke survivors Liao Zhiping*, Ma Lina, Li Jianhua, He Wudan. * Department of Rehabilitation, Sir Run Run Shaw Hospital, Medical College of Zhejiang University, Hangzhou 310053, China

Corresponding author: Li Jianhua, Email: zjdxsyfkk@126.com

【Abstract】 Objective To relate the results of surface electromyography (sEMG) of the femoris among patients with hemiplegia after a brain lesion with scores on the modified Ashworth scale (MAS), and to decide whether sEMG can be used as a quantitative index for evaluating spasm. **Methods** The affected quadriceps femoris of sixty hemiplegic stroke survivors were assessed by the same therapist using the MAS. sEMGs were also recorded and the root mean square and average sEMG readings from the vastus medialis (VM), rectus femoris (RF) and vastus lateralis (VL) were extracted. The correlation between these sEMG indexes and the MAS grading was analyzed. **Results** The average sEMG signals from the VM, RF and VL were strongly correlated with the MAS grading, and they increased with increasing MAS grade. Spearman correlation analysis demonstrated highly significant correlation ($P\leq 0.001$) when the quadriceps femoris was moved passively. **Conclusions** Surface EMG signals from the VM, RF and VL correlate well with MAS grades, rising when the affected quadriceps femoris of a stroke survivor is moved passively. sEMG can present the electrical activity during passive movements of the quadriceps femoris and can be useful in spasticity assessment and clinical treatment.

【Key words】 Stroke; Spasticity; Surface electromyography; Quadriceps femoris

肌肉痉挛在脑卒中发病后 3 个月的发生率可达 19%,18 个月后可达 20%^[1]。严重的肢体痉挛不仅影响患者功能的恢复,且可引起一系列并发症如挛缩、疼痛、无力、步态异常等^{[2][3]}。痉挛的精确量化评估是我们了解患者痉挛严重程度并开展安全有效的治疗的前提^[4]。改良 Ashworth 分级(modified Ashworth scale, MAS)是临床广泛用于评估肌肉痉挛的量表^[5],表面肌电图(surface electromyography, sEMG)评估技术是通

过在肌肉表面放置表面电极而采集肌肉活动时的电信号,能够很直观地了解到肌肉活动时的动作电位^[6],从而客观量化的反映患者的神经肌肉功能。国内学者^[7]在脑卒中患者肘关节肱二头肌、肱三头肌 sEMG 特征与 MAS 相关性研究中指出,sEMG 能够检测痉挛相关肌群的肌电活动,为临床肌张力评估和痉挛的治疗提供量化的依据;肱二头肌、肱三头肌 sEMG 信号指标在被动屈伸肘时均与 MAS 分级相关,与本研究的结果相一致。本研究采用 MAS 量表来评测偏瘫患者股四头肌痉挛程度,并应用 sEMG 采集下肢股四头肌在被动屈伸过程中的均方根值(root mean square, RMS)值和平均肌电值(average electromyography, AEMG)值,

研究 sEMG 信号不同指标与 MAS 的相关性,探讨 sEMG 指标是否可以作为评估痉挛的量化指标。

资料与方法

一、病例资料及分组

纳入标准:①符合 1995 年全国第 4 届脑血管疾病学术会议制订的脑卒中诊断标准^[8],且经头颅 CT 或 MRI 证实;②年龄>18 岁,均有一侧肢体瘫痪;③首次发病且病情稳定;④无言语障碍和认知障碍,简易精神状态检查量表(mini-mental state examination, MMSE)评分 ≥ 20 分^[9],能够配合实验;⑤患侧膝关节可被动全关节范围活动,改良 Ashworth 分级(modified Ashworth scale, MAS)评分^[10] ≥ 0 分;⑥所有患者在参加实验前均已熟知实验要求且能配合完成测试,签署知情同意书。

排除标准:①意识障碍、病情不稳定患者;②有新梗死或出血的患者及非初次脑卒中患者;③因外伤、骨折、组织损伤、挛缩等导致膝关节、髋关节活动障碍;④精神障碍、失语或视听障碍者;⑤偏瘫侧膝关节疼痛者;⑥双侧偏瘫、小脑病变、脑外伤或其他神经系统疾病,如多发性硬化。

选取 2014 年 10 月至 2015 年 10 月浙江大学医学院附属邵逸夫医院康复医学科收治且符合上述标准的脑卒中患者 60 例,其中男 34 例,女 26 例,年龄 42~67 岁,平均 (54.74 ± 12.25) 岁;脑梗死 38 例,脑出血 22 例;左侧偏瘫 36 例,右侧偏瘫 24 例;MMSE 评分 22~28 分,平均 (25.36 ± 2.78) 分,身高 160~170 cm,平均 (164.34 ± 5.04) cm,体重 55~67 kg,平均 (61.64 ± 6.81) kg。

二、准备工作

浙江大学医学院附属邵逸夫医院康复医学科表面肌电图评估室,由空调控制室温为 25℃,空气湿度 70%~80%,以避免气温及湿度对实验准确性的影响。采用芬兰产 Mega ME6000 型表面肌电图仪,设置采集方案中表面肌电信号带通滤波器(10~200 Hz)滤过,全波整流,采样频率 1000 Hz,共模抑制比>130 dB,增益 1000,噪声<1 V, A/D 转换 12 Bit,通道数为 3,电极统一采用杭州迅达公司生产的一次性心电电极,导电区直径 1 cm。所有受试者实验前未进行任何剧烈体力活动,实验前告知并熟悉动作要领,能够参加并配合完成测试。测试过程由本科室同一位拥有多年康复临床工作经验的医师执行,能够熟练运用 Mega ME6000 型肌电图仪以及 MAS 评估方法。

三、测试方法

表面肌电测试前先行皮肤处理,患者患侧大腿皮肤经酒精擦拭,必要时予以剃除毛发以减小皮肤与电极间的抗阻。电极放置部位具体如下。①股四头肌内侧头(vastus medialis, VM):髌骨上缘 2 cm,电极间与

股骨头呈 55°角;②股四头肌外侧头(vastus lateralis, VL):大腿外侧面,髌骨上 3~5 cm,与股骨呈一定角度大腿前面;③股直肌(rectus femoris, RF):髌骨上缘与髌前上棘连线中点^[11],记录电极置于肌腹处且两电极连线与肌纤维走向平行,电极间距 20 mm,参考电极置于其测试肌肉旁。

测试前一天对患者进行预训练,让受试者熟悉测试过程。嘱受试者平卧在检查床上,精神放松,勿主观用力,开启表面肌电图仪,待表面肌电信号回归基线后,检查者一手扶在股骨远端向上托起,另一手置于踝关节做牵伸膝关节动作,检查者牵伸力度根据被动牵伸时阻力大小调整,每次被动牵伸尽量匀速完成,每次牵伸时间最多不能超过 2 s,2 次间隔至少 10 s,重复 3 次,取 3 次完整的原始信号,以 1 s 为周期进行数据采集提取 AEMG 值及 RMS 值,取 3 次的平均值作为参考指标,并同步记录被动牵伸时患者的 MAS 分级。测试过程中需密切关注患者的反应^[12],若 3 次测试过程中某次患者出现配合不佳或肌电信号出现干扰,则休息 1 min 后去除相关影响因素后,再次重复牵伸 3 次采集。

四、评价指标

RMS 是一段时间内瞬间肌电图振幅平方平均的平方根,是放电有效值,取决于肌肉负荷性因素和肌肉本身,而 AEMG 值为一段时间内瞬间肌电图振幅的平均,是反映 sEMG 信号振幅变化的特征性指标^[13]。

五、统计学方法

使用 SPSS 17.0 版统计软件对所有数据进行统计学分析,对 MAS 各分级的 VM、RF、VL 的 AEMG、RMS 值以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,并将这些肌肉的 RMS 和 AEMG 值分别与 MAS 作 Spearman 相关分析。设定双侧 $\alpha = 0.05$, $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

结 果

被动牵伸时各 MAS 分级下 VM、VL、RF 的 AEMG 值和 RMS 值如表 1 所示,可见随着肌张力增高,VM、VL、RF 的 AEMG 值和 RMS 值分别逐渐增高。

Spearman 相关分析显示,被动活动时,VM($r = 0.751$)、VL($r = 0.563$)、RF($r = 0.800$)的均方根值(RMS)均与 MAS 呈正相关($P < 0.001$);VM($r = 0.767$)、VL($r = 0.646$)、RF($r = 0.834$)的平均肌电值(AEMG)均与 MAS 呈正相关($P < 0.001$)。详见表 2。

讨 论

痉挛是一种因牵张反射兴奋性增高所致的以速度依赖性肌肉张力增高为特征的运动障碍,并伴有腱反射的亢进。目前研究认为,脑卒中后痉挛的产生是由上运动神经元调控作用缺失和降低时,结合脊髓反射

表 1 被动牵伸时各 MAS 分级下 VM、VL、RF 的 AEMG 值和 RMS 值($\bar{x}\pm s$)

MAS 分级	例数	AEMG 值(μV)			RMS 值(μV)		
		VM	VL	RF	VM	VL	RF
0 级	19	5.28 $\pm$ 3.14	5.71 $\pm$ 2.67	5.42 $\pm$ 3.45	5.21 $\pm$ 2.32	8.28 $\pm$ 7.52	4.71 $\pm$ 2.23
1 级	18	7.37 $\pm$ 4.43	6.25 $\pm$ 1.66	9.75 $\pm$ 6.90	6.25 $\pm$ 2.25	7.75 $\pm$ 2.76	7.12 $\pm$ 5.05
1 ⁺ 级	10	16.50 $\pm$ 9.32	13.75 $\pm$ 8.66	19.25 $\pm$ 4.57	15.50 $\pm$ 6.40	11.75 $\pm$ 6.44	21.25 $\pm$ 4.85
2 级	8	19.20 $\pm$ 6.64	15.20 $\pm$ 9.93	25.60 $\pm$ 5.94	19.00 $\pm$ 8.27	19.80 $\pm$ 7.08	25.40 $\pm$ 6.87
3 级	5	29.75 $\pm$ 11.26	36.50 $\pm$ 5.06	47.25 $\pm$ 5.37	28.25 $\pm$ 8.53	30.50 $\pm$ 10.34	39.00 $\pm$ 12.67

表 2 被动牵伸时 VM、RF、VL 的 sEMG 值与 MAS 相关性

肌肉	AEMG 值		RMS 值	
	<i>r</i>	<i>P</i> 值	<i>r</i>	<i>P</i> 值
VM	0.767	0.000	0.751	0.000
RF	0.834	0.000	0.802	0.000
VL	0.646	0.000	0.557	0.000

注:*r* 是 Spearman 相关系数,*P*<0.001 表示呈显著相关

弧完整性,是反射活动、运动神经元过度活跃以及运动神经元群的支配异常降低及其其他未知因素的综合作用的结果,从而对被动运动表现出不同的抗阻而形成痉挛^[14]。sEMG 信号源于大脑运动皮层控制下的 α 运动神经元的生物电活动,因此在理论上表面肌电图能够对卒中患者的痉挛进行评估^[15]。国外学者 Onishi 等^[16] 对积分肌电值 (integrated electromyographic, IEMG) 与肌力和肌张力的关系研究指出,肌肉随意静力收缩时表面电极测定 iEMG 与肌力及肌张力在一定程度上呈正相关。

Skold 等^[17] 采用 sEMG 研究脊髓损伤患者下肢肌肉痉挛时指出,约有 80% 测试者的 sEMG 数据与同时测得的 MAS 分级呈明显正相关,与本研究得出的结果大致相应。本研究经 Spearman 相关分析发现,脑卒中偏瘫患者在做被动活动时下肢 VM、VL、RF 肌电信号的 RMS 值和 AEMG 值均与 MAS 相关在表面肌电分析中,RMS 值和 AEMG 值均能反映肌肉活动时运动单位激活的数量、参与活动的运动单位类型以及其同步化程度^[7]。可能与脑卒中患者皮质脊髓束下行抑制作用降低、对外周的抑制作用降低、导致脊髓前角易化及主被动运动中 α 运动神经元兴奋增高所致^[18]。

从解剖角度来讲,RF 的解剖长度最长^[19],在膝关节被动牵伸时,RF 被牵伸最长,肌梭长度受调节最明显,通过 γ 环路引起梭外肌兴奋,而 VM、VL 肌梭兴奋性相对较低,因此,股四头肌牵张时,RF 肌张力最高,这与本研究结果一致。本研究中,股直肌 RMS 值及 AEMG 值与 MAS 分级相关性最高,相关系数分别达到 0.802 和 0.834 (见表 2)。

痉挛具有速度依赖性,Biering-Sorensen 等^[20] 总结报道大部分研究在使用 MAS 评测时,是用“1 s”的时间活动肢体,但 1 s 的时间对于活动度较大的关节和痉挛程度较为明显的关节有着一定的不适用情况,本

研究依据 Biering-Sorensen 等^[18] 的结论,使用 2 s 时间来快速完成膝关节的全关节范围被动活动,痉挛程度低的 (如 MAS 分级在 0~1⁺ 级的) 1 s 内完成,而痉挛程度高的 (如 MAS 分级为 2 级及以上的) 测试时间为 1~2 s,所有牵伸活动都在 2 s 内完成。有研究指出,sEMG 信号募集的阈值在 6 s,因此本研究设定 2 次被动牵伸时间间隔 10 s,从而使肌纤维得到休息,以免影响下一次测试结果。

本研究在实际测试过程中,MAS 评级为 0 级的患者电脑显示屏幕有微量肌电活动,波形多不规则,其原始肌电值较小,考虑其膝关节被动屈伸过程中体位摆放及不自觉的紧张或用力等因素有关;而 MAS 分级为 1 级的患者,因其肌张力较小,肌电信号振幅较低,且只在关节活动度终末端时才会肌张力增高,因而难以将 MAS 为 0 级与 1 级两者表面肌电图数据区分开来,这与杨坚^[21] 及 Sherwood 等^[22] 的研究结果一致。本研究初步建立了脑卒中后偏瘫肢体痉挛患者股四头肌 MAS 分级所对应的 AEMG 和 RMS 值量化区间,但仍需大量临床研究来进一步验证。

本研究所收集的 MAS 评级为 2 级和 3 级病例数较少,多数集中在 0~1⁺ 级 (见表 1),这可能跟本院脑卒中病例以早期患者为主有关,大多数患者处于软瘫期和恢复早期,且参与测试的患者局限于本院,未进行大规模的多中心合作。因此仍有待于今后收集更多 MAS 分级更高的病例,增加样本量,对 MAS 分级的 sEMG 客观量化做进一步研究。

综上所述,通过对脑卒中患者偏瘫侧被动牵伸股四头肌时 sEMG 指标与 MAS 分级的相关性评估,被动牵伸股四头肌时,VM、VL、RF 的 AEMG 值和 RMS 值均与 MAS 分级呈正相关。RF 被动牵伸测得的表面肌电 AEMG 值和 RMS 值与 MAS 相关性最高,因此通过 sEMG 检查,分析股四头肌被动牵伸时的 AEMG 指标和 RMS 指标,可为肌张力评估和痉挛的治疗提供量化参考。

参 考 文 献

[1] Santamato A. Safety and efficacy of incobotulinum toxin A as a potential treatment for poststroke spasticity[J]. Neuropsychiatr Dis Treat, 2016, 12(12):251-263. DOI:10.2147/NDT.S86978.

- [2] Clark RA, Vernon S, Mentiplay BF, et al. Instrumenting gait assessment using the Kinect in people living with stroke: reliability and association with balance tests[J]. J Neuroeng Rehabil, 2015, 12(1): 15.006-008. DOI:10.1186/s12984-015-0006-8.
- [3] Bethoux F. Spasticity management after stroke[J]. Phys Med Rehabil Clin N Am, 2015, 26(4): 625-639. DOI:10.1016/j.pmr.2015.07.003.
- [4] Bhimani RH, Anderson LC, Henly SJ, et al. Clinical measurement of limb spasticity in adults: state of the science[J]. J Neurosci Nurs, 2011, 43(2): 104-115.
- [5] Kaya T, Karatepe AG, Gunaydin R, et al. Inter-rater reliability of the Modified Ashworth Scale and modified Modified Ashworth Scale in assessing poststroke elbow flexor spasticity[J]. Int J Rehabil Res, 2011, 34(1): 59-64. DOI:10.1097/MRR.0b013e32833d6cdf.
- [6] Cram JR. The history of surface electromyography[J]. Appl Psychophysiol Biofeedback, 2003, 28(2): 81-91.
- [7] 郭明远, 张建宏, 王惠娟, 等. 表面肌电在评估偏瘫患者肘关节肌张力中的应用[J]. 中国康复理论与实践, 2012, 18(5): 448-450. DOI:10.3969/j.issn.1006-9771.2012.05.015.
- [8] 中华神经科学会, 中华神经外科学会. 各类脑血管疾病诊断要点[J]. 中华神经科杂志, 1996, 29(6): 379-380.
- [9] Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician[J]. J Psychiatr Res, 1975, 12(3): 189-198.
- [10] Thibaut A, Chatelle C, Ziegler E, et al. Spasticity after stroke: physiology, assessment and treatment[J]. Brain Inj, 2013, 27(10): 1093-1105. DOI:10.3109/02699052.2013.804202.
- [11] 李建华, 王健, 王楚怀, 等. 表面肌电图诊断技术临床应用[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2015: 308-309.
- [12] Bhimani RH, Peden-Mcalpine C, Gaugler J, et al. Spasticity over time during acute rehabilitation: a study of patient and clinician scores[J]. Appl Nurs Res, 2016, 30(1): 16-23. DOI:10.1016/j.apnr.2015.08.007.
- [13] 穆景颂, 倪朝民. 表面肌电图在脑卒中康复评定中的应用[J]. 中国康复, 2009, 24(1): 53-55. DOI:10.3870/zgkf.2009.01.026
- [14] Burke D, Wissel J, Donnan GA. Pathophysiology of spasticity in stroke[J]. Neurology, 2013, 80(3 Suppl 2): 20-26. DOI:10.1212/WNL.0b013e31827624a7.
- [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. DOI:10.3870/zgkf.2015.023.
- [16] Onishi H, Yagi R, Akasab AK, et al. Relationship between EMG signals and force in human vastus lateralis muscle using multiple bipolar wire electrodes[J]. J Electromyogr Kinesiol, 2000, 10(1): 59-67.
- [17] Skold C, HaM s-Ringdahl K, Huhling C, et al. Simultaneous Ashworth measurements and electromyographic recordings in tetraplegic patients[J]. Arch Phys Med Rehabil, 1998, 79: 959-965.
- [18] Gracies JM. Pathophysiology of spastic paresis. II: Emergence of muscle overactivity[J]. Muscle Nerve, 2005, 31(5): 552-571. DOI:10.1002/mus.20285.
- [19] 陆俊杰. 股四头肌疲劳前后反应时及表面肌电图的变化特征[D]. 江苏: 苏州大学, 2010.
- [20] Biering-Sørensen F, Nielsen JB, Klinge K. Spasticity-assessment: a review[J]. Spinal Cord, 2006, 44(12): 708-722. DOI:10.1038/sj.sc.3101928.
- [21] 杨坚, 王凯泉, 张颖, 等. 表面肌电在脑卒中肘关节痉挛评价中的意义[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2007, 29(6): 389-391.
- [22] Sherwood AM, Graves DE, Priebe MM. Altered motor control and spasticity after spinal cord injury: subjective and objective assessment[J]. J Rehabil Res Dev, 2000, 37(1): 41-52.

(修回日期: 2017-03-12)

(本文编辑: 汪 玲)

• 外刊撷英 •

Thromboprophylaxis after knee arthroscopy

BACKGROUND AND OBJECTIVE The use of pharmacologic thromboprophylaxis after most orthopedic interventions is well established. Whether such prophylaxis is effective after arthroscopic knee surgery is less certain. The Prevention of Thrombosis after Knee Arthroscopically (POT-KAST) and the Prevention of Thrombosis after Lower Leg Plaster Cast (POT-CAST) trials were designed to assess the effect of low molecular weight heparin for the prevention of symptomatic venous thromboembolism (VTE).

METHODS Subjects 18 years of age or older who were scheduled to undergo knee arthroscopy were enrolled in the POT-KAST study and those treated for at least one week with casting of the lower leg with or without surgery were enrolled in the POT-CAST study. Eligible patients in the two trials were randomly assigned to receive either a prophylactic dose of low molecular weight heparin or no anticoagulant therapy. In the POT-KAST study, heparin was administered once daily for eight days, while in the POT-CAST study, heparin was administered for the full period of immobilization. The primary outcome measure was the cumulative incidence of symptomatic VTE within three months of the procedure.

RESULTS Subjects were 1,543 patients, with 773 assigned to receive low molecular weight heparin and 770 to a control group. In the intention to treat analysis, in the POT-CAST trial, the cumulative incidences of symptomatic VTE within three months were 0.7% in the treatment group and 0.4% in the control group. This finding represented a relative risk of 1.6. One patient in each group had a major hemorrhagic event. The POT-KAST study revealed that the cumulative incidence of symptomatic venous thromboembolism was 1.6% in the treatment group and 1.8% in the control group. In neither study was the prophylaxis found to be effective.

CONCLUSION This study found that administering low molecular weight heparin for eight days following knee surgery performed arthroscopically or during immobilization due to casting was not significantly effective for preventing symptomatic venous thromboembolism.

【摘自: Adrichem R, et al. Thromboprophylaxis after knee arthroscopically and lower leg casting. N Engl J Med, 2017, 376(6): 515-525.