

低频电刺激对健康成年人体感和运动诱发电位的影响

向 云¹ 尉 洋²

¹(深圳市第六人民医院康复医学科 深圳 518052)

²(深圳市蛇口人民医院 深圳 518067)

摘 要 目的: 观察低频电刺激(Low-frequency Electrical Stimulation, LES)对健康成年人体感诱发电位(Somatosensory Evoked Potential, SEP)及运动诱发电位(Motor Evoked Potential, MEP)的影响。方法: 入选 25 例健康成年人(男 13 例, 女 12 例, 平均年龄 42.9 ± 5.7 岁), 采用经颅磁刺激仪(TMS)及肌电图仪, 分别测量 LES 刺激前后 SEP 值及 MEP 值。结果: 健康成年人 LES 刺激后 SEP 及 MEP 值的潜伏期缩短、波幅增高, 与刺激前比较, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 非刺激侧无明显变化。结论: 健康成年人 LES 刺激前后 SEP 及 MEP 参数值均有显著性变化, 尤以波幅明显, 提示电刺激对中枢神经系统存在作用。

关键词 低频电刺激; 体感诱发电位; 运动诱发电位

Effects of Low-frequency Electrical Stimulation on Sense and Motor Evoked Potentials of Healthy Adult Human

XIANG Yun¹ WEI Yang²

¹(Department of Rehabilitation Medicine, the Sixth People's Hospital of Shenzhen, Shenzhen 518052, China)

²(People's Hospital of Shekou, Shenzhen 518067, China)

Abstract Objective: to observe the effects of low-frequency electrical stimulation (LES) on healthy adult with somatosensory evoked potential (SEP) and motor evoked potential (MEP). Method: 25 healthy adults (thirteen males and twelve females, with a mean age of 42.9 and a standard deviation of 5.7) participated in the study. SEP and MEP were measured before and after the LES stimulation. Results: After LES, the latency of SEP and MEP for the stimulated side became shorter and the amplitude became greater. These changes in latency and amplitude were statistically significant ($P < 0.05$). For the unstimulated side, the changes of SEP and MEP did not show statistically significant difference. Conclusion: The SEP and MEP parameters, especially the amplitude, can be used to evaluate the effect of LES on central nervous system (CNS).

Keywords low-frequency electrical stimulation; somatosensory evoked potential; motor evoked potential

1 引 言

低频电刺激是康复医学科应用最为广泛的理疗方式之一, 对于神经系统疾病如脑卒中疗效稳定, 有促进神经生长、防止肌肉萎缩等作用, 但其作用机制一直未能得到深入探索。目前可能的作用机制分为以下

几种^[1]: (1) 作用于大脑的血管舒张中枢, 从而增加皮质的血流量、促进神经功能恢复, 即血液动力学机制; (2) 通过局部释放内源性神经保护剂(神经递质), 降低神经元兴奋性、减少钙内流和抑制梗死周围去极化等增加神经元对缺血损害的耐受性, 即细胞保护性机制; (3) 增强缺血再灌注后脑组织中超氧化物歧化酶的活性, 抑制缺血炎症反应, 减少自由基

含量,减轻脑水肿,缩小脑梗死体积从而实现保护作用;(4)电刺激还能通过部分有功能的神经纤维向上传导至中枢神经系统,在病灶周围网样的突触联系中形成新的传导通路,以获得正确的运动输出。利用正常发育程序和各种反射活动,促进脑卒中后脑功能重组,加速随意运动控制的建立和恢复^[2]。虽然机制研究尚不明确,但 LES 的临床应用却越来越广泛,其作用更多的体现在 CNS 疾病患者的神经功能恢复上。

脑诱发电位(Brain Evoked Potential, BEP)是继脑电图后临床神经电生理技术的第三大进步^[3]。神经冲动经神经末梢到达神经中枢的过程中在不同等级的中继站进行不同等级的重新组合,到达高级中枢再进行不同形式的扩散,引起各种中枢反应。由于神经冲动是固定的,神经冲动重新组合的中途站和高级中枢的反应部位及扩散区域也是固定的,因而 BEP 具有比较恒定的波形、波幅、潜伏期。当神经通路的某一水平或大脑皮质发生病变或功能障碍时,就可以观察及分析 BEP 的变化,了解感觉通路及大脑皮质各代表区的机能状况^[3]。

诱发电位不仅是临床神经系统疾患常规检测手段,也是治疗手段作用机制研究的常用方法^[4,5]。其中体感诱发电位 SEP 是中枢部分是否正常的诊断手段和中枢损伤后预后的依据之一^[6,7],运动诱发电位 MEP 是检测运动系统传导功能状态的神经电生理技术,能够检测运动神经通路不同部位的传导功能状态^[8-10],目前已经广泛运用于脑血管病、脊髓损伤、周围神经病变等疾病的运动功能的检测。国内外已有低频电刺激 LES 对肌电信号影响的研究^[11],但对完整感觉运动通路的 SEP 和 MEP 影响的研究甚少,本研究旨在观察健康成年人接受 LES 刺激后 SEP 与 MEP 的变化,说明 LES 对于 CNS 存在作用,并依此推断,临床上使用 LES 治疗 CNS 疾病明显有效的机制就是激活了 CNS 本身、进而促进了神经功能重组、神经再生等作用,而 SEP 与 MEP 可以作为评价 LES 疗效的客观指标。

2 对象和方法

2.1 基本资料和纳入标准

选择健康成年人 25 例,其中男 13 例、女 12 例,年龄 28~62 岁,平均年龄 42.9 ± 5.7 岁,一般体格检查和神经系统检查均正常,既往无系统性疾病和神经系统疾病史,了解实验过程并签署知情同意书。

2.2 仪器和参数

SEP 记录:采用英国产肌电图仪 Synergy T-EP EMG/EP Monitoring Systes (Oxford Instruments Medical, Inc)记录;MEP 记录:应用 Magstim 公司生产的 RAPID 2 型经颅磁刺激仪,刺激线圈为 8 字形,线圈内径 70 mm,对应最大输出量为 2.5 T,采用单脉冲脚踏式的输出模式,输出量为最大输出量的 80%~85%,再用英国产 Synergy T-EP EMG/EP Monitoring Systems 型肌电图仪记录 MEP。低频电刺激:采用日本产 KR7 型 LES 治疗仪,频率 30 Hz,脉宽 200 μ s,通电/断电比 5 s/5 s,波升/波降 1 s/1 s,电流强度在 0~100 mA,以患者最大耐受为限。

2.3 检测方法

25 例入选受试者首先测量其刺激前 SEP 值及 MEP 值。然后给予通电情况下能够引起右手腕背伸和拇指外展动作的 LES 刺激 30 分钟,测量刺激后的 SEP 值及 MEP 值。

SEP 检测:选择针电极,取 Fpz 为参考电极,C3、C4 为 N20(皮层)的记录部位,两侧锁骨上窝为 N9(臂丛)的记录部位,刺激头置于腕前部正中神经处,分别记录刺激侧和非刺激侧的 N9 及 N20 的潜伏期和波幅,所记录的 SEP 值为 150 \times 2 次重复叠加后的平均值。

MEP 检测:受试者取坐位,肌电图仪的记录电极为一对表面电极,放于右手拇短展肌的肌腹上,检测时该肌肉处于放松状态。取肘关节刺激点在肘关节偏尺侧,臂丛区刺激点在锁骨上窝处,C7 刺激点在 C7 椎体棘突与横突之间,皮层区刺激点的定位点在两耳之间连线与鼻根越颅顶正中到枕骨隆凸连线的交点处,再沿着两耳连线向左或右 5~7 cm 处向前 1.5 cm 区域。操作时调整刺激线圈位置至记录出现肌肉复合动作电位(Compound Muscle Action Potential, CMAP)波幅最大、潜伏期最短、重复性最好为止。取重复性好的 5 个波形的平均值。见图 1。



图 1 示左侧皮层区接受刺激,右手拇短展肌的肌腹检测

低频电刺激:肌电图引导下定位右侧上肢前臂腕背伸肌和拇外展肌运动点,刺激时将电极电源线接口

插入输出通道口,在电源线的另一端接上电极,每一根电源线可接2个电极,分别放置在2个运动点上,其中阳极上的电极放置在肢体远端运动点上,阴极上的电极放置在肢体近端运动点上。刺激时患者取坐位(保持测量MEP时体位),前臂呈旋前位自然放于刺激用桌面上,电极连接好以后依次打开LES刺激仪的2个电流强度调节按钮,绿色指示灯闪烁表明电源接通,逐渐调大刺激电流,以患者可以耐受为限,固定调节按钮开始计时刺激。刺激时间为30 min,刺激时可见腕背伸、拇指外展动作。

2.4 观察指标

(1)潜伏期:从刺激开始至CMAP出现的时间,单位为毫秒(ms);(2)波幅:取峰-峰电压,即最负峰和最正峰之间的电位差,单位为毫伏(mV)。见图2。

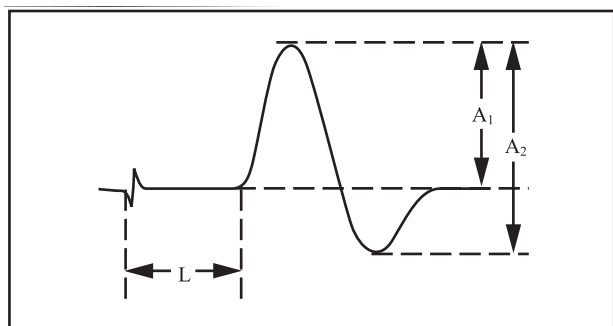


图2 检测观察指标图

(L: 潜伏期, A2: 波幅)

2.5 统计学分析

采用SPSS 15.0统计软件包进行统计学分析,计量资料用均数±标准差表示进行数据正态性检验,对刺激前后SEP值和MEP值行配对t检验,设定 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

3 结果

25例入院成年人均完成LES刺激,刺激过程中未出现头晕、头痛、恶心、心悸、气短、胸闷等不良事件,刺激后顺利接受再次SEP、MEP检测,后留院观察2小时,均无不良事件发生。

3.1 LES刺激前后SEP指标比较

受试者右侧肢体SEP值N9、N20潜伏期及波幅值刺激前后差异有统计学意义($P<0.05$);非刺激侧N9、N20潜伏期及波幅值差异无统计学意义($P>0.05$),如表1所示。

3.2 LES刺激前后MEP指标比较

受试者右侧肢体MEP值各刺激点潜伏期及波幅值刺激前后差异有统计学意义($P<0.05$);非刺激侧各刺激点潜伏期及波幅值刺激前后差异无统计学意义($P>0.05$),如表2。

4 讨论

SEP复合波是一种较为恒定的波形,是一种客观评定感觉通路完整性的神经电生理学方法,体现了中枢感觉传导通路的功能,弥补了CT、磁共振成像和各种评分量表的不足,在CNS受损患者的预后判断中起到了重要作用,正常SEP波形的出现需要大脑皮层感觉运动功能的完整^[10]。MEP是通过电或磁信号刺激大脑皮质运动区或脊髓前角,在肢体相应部位肌肉记录到的复合运动动作电位,可以反映中枢运动传导通路的功能,比临床功能指标更加客观,能可靠地反映运动神经元的功能状态,为CNS疾病患者运动功能的预后提供重要的临床信息^[10,12]。MEP与SEP联合应用可以对受试者的感觉与运动通路的总体状况

表1 LES刺激前后右侧肢体SEP参数值比较($\bar{X}\pm S$)

			刺激前	刺激后
刺激侧	N9	潜伏期	8.8±0.9	7.4±1.0 *
		波幅	7.6±2.1	8.7±2.7 *
	N20	潜伏期	19.4±3.1	17.1±2.8 *
		波幅	6.7±1.2	7.9±1.9 *
非刺激侧	N9	潜伏期	8.8±0.8	9.0±0.9
		波幅	7.7±1.9	7.5±2.1
	N20	潜伏期	19.5±3.4	19.8±4.1
		波幅	7.1±1.4	6.8±1.6

注: * 与刺激前比较 $P<0.05$

表 2 LES 刺激前后右侧肢体 MEP 参数值比较 (X±S)

			刺激前	刺激后
刺激侧	肘	潜伏期	7.1±1.8	6.5±1.3 *
		波幅	6.5±1.6	7.8±2.0 *
	臂丛	潜伏期	11.6±2.5	10.5±2.1 *
		波幅	7.9±2.3	8.9±2.5 *
	颈丛	潜伏期	13.1±3.1	11.6±2.7 *
		波幅	3.0±0.5	3.8±0.7 *
皮层	潜伏期	22.9±4.5	19.5±3.5 *	
	波幅	1.2±0.4	1.8±0.7 *	
非刺激侧	肘	潜伏期	7.1±1.5	7.0±1.4
		波幅	6.5±1.8	6.7±2.1
	臂丛	潜伏期	11.2±1.9	10.9±1.7
		波幅	7.7±2.1	7.8±2.2
	颈丛	潜伏期	13.5±2.6	13.7±2.5
		波幅	3.2±0.5	3.5±0.8
	皮层	潜伏期	22.5±4.7	23.1±4.9
		波幅	1.3±0.3	1.5±0.4

注: * 与刺激前比较 $P < 0.05$

进行综合评估, 利于进一步研究的开展。

本实验采用自身对照研究排除了自身心理因素和磁刺激本身引起的治疗作用和易化作用的影响。结果显示, 受 LES 刺激的一侧在刺激前后 SEP 及 MEP 参数均有变化, 尤以波幅明显, 这与刘非等人的研究结论一致^[13]。这表明 LES 能够改变健康成年人大脑感觉及运动皮层和通路兴奋性, 而在非刺激侧则无类似变化, 表明 LES 作为一种外周神经的刺激手段, 不仅对肌肉、外周神经本身产生了直接的刺激作用, 也通过感觉神经上传和/或运动神经下传对 CNS 的神经功能产生了影响。而刺激前后波幅变化较潜伏期变化明显, 我们认为与入选的受试对象有关。本研究纳入的受试对象均为正常成年人, 潜伏期作为一种定量指标反映神经传导速度, 属于正常范围, 受到 LES 刺激后潜伏期出现缩短现象, 这种缩短受到神经解剖本身的影响在正常人身上不会无限制缩小; 而波幅较潜伏期而言, 出现的变化是增大, 相比较潜伏期而言, 无明显限制, 故表现出更为明显的改变。进一步说, 如果入选的对象是神经功能受损的患者, 本身神经潜伏期就已经延长, 受到刺激后出现缩短的程度就会较健康人明显, 这也是我们今后的研究方向之一。

近年来的研究表明, LES 作用于肢体可以使电极下运动和感觉神经轴突反复去极化, 电极刺激部位运动轴突由于去极化产生的动作电位, 从刺激部位直接

传递至肌肉并引发肌肉收缩(外周途径), LES 激发的感觉冲动随着电刺激的频率反复传入中枢神经系统, 通过中枢感觉运动整合, 脊髓运动神经元的突触向下传导产生肌肉收缩(中枢途径); 同时 LES 诱发的感觉冲动上传还可以激活相应皮质环路和促进中枢损伤后神经重塑^[14]。结合实验研究结果, 可见 LES 对 CNS 疾病患者肢体、言语、吞咽等功能有临床疗效的可能机制有外周和中枢两种作用, 而中枢机制对于脑部受损的患者神经功能的重组、再生等具有一定的刺激作用, 具体需待后续研究探索。

本研究只选择了健康成年人作为研究对象, 样本量较少, 初步探索了低频电刺激对健康人肢体 SEP 及 MEP 的影响, 研究结论有一定的局限性。今后, 我们会把 CNS 疾病患者纳入研究范围, 配合延长 LES 治疗时间、改变 LES 治疗参数等方法, 更全面地探索低频电刺激对于肢体 SEP 值及 MEP 值的影响, 探讨 LES 治疗作用的内在机制, 同时确定 SEP 值及 MEP 值作为评价 LES 疗效的客观性。

参 考 文 献

- [1] 金志萍, 刘学源. 低频电刺激联合早期康复训练治疗急性脑梗死 [J]. 中华脑血管病杂志(电子版), 2012, 6(2): 92-95.
- [2] 沈光宇, 钱国全, 蔡俊燕, 等. 电刺激和运动疗法对早期脑卒中患者运动功能恢复的作用 [J]. 中华物理医学与康复杂志,

- 2008, 30 (8) : 532-533.
- [3] 黄永新, 陆正齐. 诱发电位在脑血管病中的临床应用 [J]. 医学综述, 2011, 17 (21) : 3292- 3294.
- [4] Gremeaux V, Renault J, Pardon L, et al. Low-frequency electric muscle stimulation combined with physical therapy after total hip arthroplasty for hip osteoarthritis in elderly patients: a randomized controlled trial [J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2008, 89 (12) : 2265-2273.
- [5] Millet G Y, Bachasson D, Temesi J, et al. Potential interests and limits of magnetic and electrical stimulation techniques to assess neuromuscular fatigue [J]. Neuromuscul Disord, 2012, 22 (3) : 181-186.
- [6] Legon W, Dionne J K, Staines W R. Continuous theta burst stimulation of the supplementary motor area: effect upon perception and somatosensory and motor evoked potentials [J]. Brain Stimulation, 2013.
- [7] Sand T, Kvaløy M B, Wader T, et al. Evoked potential tests in clinical diagnosis [J]. Tidsskr Nor Laegeforen, 2013, 133 (9) : 960-965.
- [8] Yang J H, Suh S W, Modi H N, et al. Effects of vertebral column distraction on transcranial electrical stimulation-motor evoked potential and histology of the spinal cord in a porcine model [J]. The Journal of Bone and Joint Surgery, 2013, 95 (9) : 835-842.
- [9] Lim K B, Kim J A. Activity of daily living and motor evoked potentials in the subacute stroke patients [J]. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, 2013, 37 (1) : 82-87.
- [10] Akgün H, Yücel M, Oz O, et al. Usefulness of somatosensory and motor evoked potentials for lesion localization [J]. Clinical Neurology and Neurosurgery, 2013, 3.
- [11] 王岩, 王东岩. 伸-屈肌交替低频电刺激在脑卒中早期患者上肢功能重建中的临床观察 [J]. 中医药信息, 2011, 28 (4) : 96-97.
- [12] 沈滢, 单春雷, 殷稚飞. 不同频率重复经颅磁刺激对脑梗死患者上肢功能的影响 [J]. 中国康复医学杂志, 2012, 27 (11) : 997-1001.
- [13] 刘非, 刘慧华, 燕铁斌, 等. 功能性电刺激对健康青年受试者体感及运动诱发电位影响的对照研究 [J]. 中国康复医学杂志, 2009, 24 (9) : 790-792.
- [14] Collins D F. Central contributions to contractions evoked by tetanic neuromuscular electrical stimulation [J]. Exercise and Sport Sciences Reviews, 2007, 35 (3) : 102-109.