

脑深部电极刺激机制的模拟研究*

连 芬^{1,2} 王 珏^{1,2} 刘红忠² 赵金娜² 刘亚雄²

深部脑电刺激术(deep brain stimulation, DBS)通过电极靶向电刺激深部脑神经核团, 使异常的神经元放电得以控制, 能够快速恢复患者原有的部分生理功能。由于其对于治疗运动失调, 如帕金森病、癫痫等方面取得了显著而持久的疗效, 并在其他神经疾病的治疗上显示出了很大的潜力, 正在被越来越多地应用于临床^[1]。但是目前的测量手段还不能直接测量电刺激过程中脑部刺激区域的电流分布, 导致脑电极刺激机制尚不明确, 为脑电极的设计与制造带了较大的困难。

利用有限元方法对脑电极的结构进行优化, 是脑电极设计和制作中一项重要的内容^[2-5]。本文通过构建人体脑部三维模型, 确定脑深部刺激环境; 利用有限元分析软件 ANSYS 建立脑电极对脑部刺激作用的数学模型, 即建立电极与脑部接触模型, 研究在脑深部刺激过程中电极触点(即正、负极触点)的排列方式和排列距离对脑部刺激区域的影响, 为脑电极的设计提供设计依据。

1 人体脑部三维模型及脑电极刺激环境

采用 MRI 得到脑部软组织图像, 通过 MIMICS 软件(比利时 MATERIALES 公司)的 DICOM 协议(医学影像数字通讯协议)数据接口, 将连续的 MRI 图像在其中生成点云数据。通过反求技术进一步得到人体脑部三维模型, 如图 1(见前置彩色插页)所示。

丘脑为脑深部电极的作用位置, 如图 2(见前置彩色插页)所示。根据文献^[6-9]方法简化脑组织为均值且各向同性, 确定其环境参数为典型的脑部灰质组织的电阻系数, 即刺激环境的电阻系数为 0.2s/m。

2 有限元模型构建

本文基于 Medtronic 3389 electrode 构建具有 4 个触点的脑电极有限元模型, 如图 3 所示。其中 D 为脑电极的触点直径, 标称值为 1mm, 变化范围为 $\pm 0.5\text{mm}$, L 为电极上两个触点的间隔距离, 标称值为 0.5mm, 变化范围为 $\pm 0.5\text{mm}$ 。植入体内的脑电极在正、负极触点间存在着压差, 当电流流过脑部组织时, 对脑部组织产生刺激作用。其电场分布是通过求解

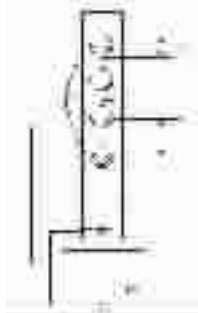


图 3 脑电极的原理图

泊松公式获得的。即假设一个内部没有电源的有限区域中, 泊松公式表达如下:

$$\nabla \cdot \sigma \nabla V = 0$$

其中, V 代表电势 (electric potential), 单位 V , σ 代表电阻率, 单位 s/m 。本文中 $\sigma = 5s/m$ 。

在 ANSYS 中构建整个有限元分析模型, 单元模型采用 PLANE230 平板单元, 网格划分前对网格尺寸进行控制, 对脑电极所在区域的边界线以及脑组织所在区域的边界线设定分割电源个数, 确定靠近脑电极区域的网络密度大, 整个有限元模型如图 4(见前置彩色插页)所示。

3 结果及讨论

通过在相邻脑电极 4 个触点上分别加载 +1 和 -1V 载荷, 其阵列分为 4 类, 见表 1。

表 1 脑电极触点阵列方式表

脑电极触点阵列方式	触点正负极分布
方式 1	-++或+-+
方式 2	--++或---+
方式 3	---+或+++
方式 4	++++或----

分别进行计算分析脑电极触点方式对刺激区域的电场分布的影响。图 5(见前置彩色插页)为方式 1 对刺激区域的作用结果图。

从脑电极平面偏移 0.2mm 的位置延 Y 轴设置一条电压延路径, 提取这条路径中的关键点电压, 定量分析脑电极的阵列方式对脑组织刺激作用的不同影响, 其结果图 6(见前置彩色插页)所示。

脑电极的总体长度是有限的, 因此, 确定脑电极的电极长度、电极上的触点阵列结构, 以促进电极对脑部组织的刺激作用和有效地治疗脑部疾病, 是脑电极设计中重要部分。而利用有限元分析方法建立以上关键因素与脑部组织的刺激强度之间的关系, 探索高频电刺激对神经活动的抑制作用的机制, 将为脑电极的结构设计提供有效理论指导。

图 6 中反映出电极上触点的正负极阵列方式 1 和阵列方式 2 对作用区域的刺激情况, 即 -++ 或 +-+ (第 1 种方式) 和 --++ 或 ---+ (第 2 种方式) 对其脑部刺激的绝对值是一致的。但第 1 种阵列方式对脑部的刺激较为集中, 在两个峰值附近电压很高, 而在远离脑电极附近电压则下降很快, 而第 2 种阵列方式, 对脑部的刺激作用则较为平缓, 刺激的范围也更大。

* 基金项目: 中国博士后科学基金 (20070410377); 863 计划 (2006AA04Z370)

1 西安交通大学生物医学信息工程教育部重点实验室, 西安, 710049

2 西安交通大学机械制造系统国家重点实验室

作者简介: 连芬, 女, 博士后

收稿日期: 2007-12-03

同时,图6还提示电极上触点的四种阵列方式对其刺激区域的作用区别,第3种和第4种阵列方式对刺激区域的电场分布的影响已不同于第1和第2阵列方式带来的影响。特别是第4种阵列方式,对脑部的刺激区域最大,刺激作用也最为集中,是比较理想的阵列方式。

4 结论

本文通过在ANSYS中构建脑电极及其刺激区域有限元模型,研究了脑深部电极的结构参数对脑部的刺激强度和刺激范围变化规律。结果表明,电极上触点阵列结构的变化,不仅影响到电极作用位置的变化,而且将改变电刺激的作用范围和作用强度,这对脑电极,特别是脑电极上微型触点的结构设计提供了设计依据。

参考文献

- [1] Yousif N, Bayford R, Bain PG, et al. The peri-electrode space is a significant element of the electrode-brain interface in deep brain stimulation: A computational study [J]. Brain Research Bulletin, 2007, 74(5): 361—368.
- [2] Zhou H, Tilton RD, White LR. The role of electrode impedance and electrode geometry in the design of microelectrode systems [J]. Journal of Colloid and Interface Science, 2006, 297(2):819—831.
- [3] Harriman K, Gavaghan DJ, Suli E. Stimulation of linear sweep voltammetry using an adaptive finite element algorithm [J]. Journal of Electroanalytical Chemistry, 2004, 573:169—174.
- [4] Butson CR, McIntyre CC. Differences among implanted pulse generator waveforms cause variations in the neural response to deep brain stimulation [J]. Clinical Neurophysiology, 2007, 118(8): 1889—1894.
- [5] Kuncel AM, Grill WM. Selection of stimulus parameters for deep stimulation [J]. Clinical Neurophysiology, 2004, 115(11): 2431—2241.
- [6] Holdefer RN, Sadleir R, Russell MJ. Predicted current densities in the brain during transcranial electrical stimulation [J]. Clinical Neurophysiology, 2006, 117(6): 1388—1397.

·心理康复·

颈髓损伤患者的心理状况及其心理护理效果观察

余小梅¹ 王楚怀^{1,2} 周玉萍¹ 杜晓红¹

摘要 **目的:**了解颈段脊髓损伤患者心理状况,以及给予相应的心理护理对改善患者心理状况的作用。**方法:**调查了解32例住院颈段脊髓损伤患者的心理状况,随机将患者分成对照组及试验组,每组16例。在Ⅰ期治疗中对照组只给予常规护理,试验组在此基础上给予相应的心理护理。在随后的Ⅱ期治疗中对照组与试验组一样,在常规护理基础上给予相应的心理护理。采用Zung氏抑郁自评量表(SDS)和抑郁量表(SDS)评估患者的心理状况。**结果:**两组患者入院时SAS和SDS测量评分差异无显著性($P>0.05$)。经Ⅰ期治疗后SAS和SDS测量评分有明显差异($P<0.01$),试验组心理状况改善明显优于对照组;经Ⅱ期治疗后两组SAS和SDS测量评分差异不明显($P>0.05$),试验组心理状况改善与对照组接近。**结论:**颈段脊髓损伤患者表现出明显的焦虑忧郁等不良心理状况,对其采用相应的心理护理,有助于改善焦虑忧郁等不良心理,促进患者的心理康复。

关键词 颈段脊髓损伤; Zung氏抑郁自评量表; 心理康复

中图分类号:R651.2,R493 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-1242(2008)-11-1038-03

脊髓损伤(spinal cord injury,SCI)患者大多为突发事故意外受伤,患者的生理状况和社会角色的突然改变,必然会造成不同程度的焦虑和抑郁心理反应,据有关资料报道SCI后截瘫患者94%有不同程度、不同症状的焦虑和抑郁^[1],尤其是颈段脊髓损伤患者四肢瘫、病程长、并发症多,心理反应更加明显,经实施针对性心理干预,获得良好效果,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

收集我科自2004年1月—2007年6月收治的32例经临床及影像检查确诊的颈段脊髓损伤患者。病程13天—2个月。其中男28例,女4例;年龄19—67岁。完全性损伤15例,不完全性损伤17例;文化程度:本科及本科以上6例,大专8例,高中7例,初中以下11例。

1.2 分组

将32例患者随机分成试验组及对照组,每组16例。在入院后前两周的治疗(Ⅰ期治疗)中对照组只给予常规护理,试验组在此基础上给予相应的心理护理。在入院后后两周的治疗(Ⅱ期治疗)中对照组与试验组一样,在常规护理基础上给予相应的心理护理。患者在入院后2天内及Ⅰ期治疗、Ⅱ期治疗后分别接受焦虑量表(SAS)和抑郁量表(SDS)评分。两组患者脊髓损伤水平、损伤程度、年龄、文化程度及干预前SAS、SDS评分等比较无显著性意义($P>0.05$)。见表1。

1 中山大学附属第一医院黄埔院区康复医学科,510700

2 通讯作者

作者简介:余小梅,女,护师

收稿日期:2008-10-20