



(45)授权公告日 2020.02.21

权利要求书2页 说明书6页 附图3页

1. 一种应用皮层脑电信号对大脑皮层手部功能区定位的方法,其特征在于,通过以下步骤实现:

- (1) 分别获取原始皮层脑电信号和手部运动信号;
- (2) 对数据手套获得的手部运动信号进行预处理,提取手部运动的起始时刻和手部运动类型;
- (3) 根据所述运动起始时刻截取对应时间段的皮层脑电信号;
- (4) 提取对应时间段的皮层脑电信号的功率谱特征;
- (5) 使用上述所截取的对时间皮层脑电信号的功率谱特征对手部运动进行分类解码;
- (6) 根据上述分类解码结果进行不同通道间的显著性分析;
- (7) 根据显著性分析结果定位大脑皮层手部功能区。

2. 根据权利要求1所述的一种应用皮层脑电信号对大脑皮层手部功能区定位的方法,其特征在于,步骤(1)中所述的皮层脑电信号是在临床上病人癫痫灶定位期间采集,不需要采用另外的采集电极。

3. 根据权利要求1所述的一种应用皮层脑电信号对大脑皮层手部功能区定位的方法,其特征在于,步骤(4)中所述提取的皮层脑电信号的功率谱特征选用80-120Hz频段的功率谱。

4. 根据权利要求1所述的一种应用皮层脑电信号对大脑皮层手部功能区定位的方法,其特征在于,步骤(6)中所述对分类解码结果进行显著性分析,是通过t检验来衡量不同通道的分类解码正确率的显著性差异,并采用多倍交叉验证对显著性差异的通道进行验证。

5. 根据权利要求1所述的一种应用皮层脑电信号对大脑皮层手部功能区定位的方法,其特征在于,步骤(7)中所述定位大脑皮层手部功能区是选取分类解码具有显著性的通道所对应的大脑皮层区域。

6. 一种大脑皮层手部功能区定位系统,其特征在于:主要包括提示显示器(1)、ECoG电极(2)、分线器(3)、脑电信号采集子系统(4)、数据手套(5)以及分析和控制子系统(6),分析和控制子系统(6)通过提示显示器(1)提供视觉的运动指令,当根据指令执行特定手部动作时,分析和控制子系统(6)通过脑电信号采集子系统(4)和分线器(3)采集ECoG电极(2)上的皮层脑电信号,分析和控制子系统(6)同时通过数据手套(5)同步采集手部的运动信号,根据同步采集的皮层脑电信号和运动信号,经过分析和控制子系统(6)一系列分析和处理,最终定位所述手部运动对应的大脑皮层区域;

其中分析和控制子系统(6)根据功能不同还分为以下若干个功能单元:

提示显示单元:为病人提供视觉运动指令的提示;

信号获取单元:分别获取皮层脑电信号和手部运动信号;

信号预处理单元:提取手部运动信号中的运动起始时刻和手势类型,对皮层脑电信号进行放大、滤波、模数转换预处理;

功率谱计算单元:计算皮层脑电信号的功率谱;

起始时刻对齐单元:根据所述运动起始时刻截取对应时间段的皮层脑电信号的功率谱;

分类解码单元:使用上述所截取的功率谱对手部运动进行分类解码;

显著性分析单元:根据上述分类解码结果进行不同通道间的显著性分析;

功能区确定单元:根据显著性分析定位大脑皮层手部功能区。

7.根据权利要求6所述的一种大脑皮层手部功能区定位系统,其特征在于:其中,所述信号获取单元包括:分流子单元和脑电信号预处理子单元和手部运动信号预处理子单元,分流子单元使用分线器来保证信号采集过程中记录系统不受影响;脑电信号预处理子单元对脑电信号进行放大,滤波,模数转换预处理;手部运动信号预处理子单元对手部运动信号进行降采样处理;所述功率谱计算单元中,计算 80-120Hz频段所对应的功率谱;所述的分类解码单元是使用支持向量机训练分类器,脑电信号的功率谱作为特征,三种手势作为标签,调用MATLAB版本的libsvm工具包实现三分类;所述的显著性分析单元是通过t检验来衡量不同通道的分类解码的显著性差异,并采用多倍交叉验证对显著性差异的通道进行多次验证。

应用皮层脑电信号对大脑皮层手部功能区定位的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明属于生物医学工程领域,涉及一种应用皮层脑电(electrocorticography, ECoG)电极记录的脑电信号对大脑皮层手部功能区进行定位的方法和系统。

背景技术

[0002] 在治疗传统难治性癫痫的开颅手术中,准确把握大脑皮层上癫痫灶位置并进行切除是神经外科医师面临的难题之一,由于大脑皮层上不同区域对应着人体的不同功能,切除不当可能会造成患者永久性神经功能的障碍,因此对大脑的功能区进行定位是至关重要的。

[0003] 大脑运动感觉功能区即躯体运动中枢和躯体感觉中枢,分别位于大脑的中央前回和中央后回,手作为人体中最精细的器官,与其相关的运动区、感觉区在大脑皮层的投射范围广泛,在大脑运动感觉功能区中占有很重要的位置;而且,在日常生活中,手不仅可以抓握物体、完成精细的工作,还可以感知外界或物体的温度、硬度等属性,是人认知整个世界必须的身体器官之一。因此,在癫痫灶等的切除手术中如果发生对与手部功能区的破坏,会引起人体手部运动障碍或感觉缺失,

[0004] 现有技术中的大脑皮层手部功能区定位方法主要有以下几种:

[0005] (1) 皮层电刺激(electrocortical simulation,ECS)

[0006] 此方法是通过向大脑皮层输入特定的信息来激活皮层,同时观察手出现怎样的反应,执行怎样的动作,从而得出此处激活区域与手部的特定功能之间的对应关系。采用双相方波恒压刺激对颅内电极相邻两点实施横向及纵向刺激,刺激的范围为传统解剖学上功能定位的区域,通过刺激过程中病人的手部表现和感觉描述,可绘制出病灶与皮层功能关系图。这种方法能够精确定位大脑皮层手部功能区,是临床上确定大脑皮层功能区的“金标准”。

[0007] 这个方法存在着一定的缺陷:(1)检查的时间较长,病人和医生均容易出现疲劳和烦躁情绪;(2)刺激强度不易控制,容易导致在颅内扩散影响其他区域的激活,出现假阳性反应且重复性较差;(3)对于致痫灶切除术前皮层刺激,可能会诱导病人癫痫发作。

[0008] (2) 功能核磁共振成像(functional magnetic resonance imaging,fMRI)

[0009] 此方法是通过一定的任务观察大脑皮层的输出状态,即大脑皮层那些区域被激活,从而得出此处激活区域与手部的特定功能之间的对应关系。定位时,先进行一些手部运动的任务,借助血氧依赖水平(BOLD)技术对血液中的氧气浓度进行扫描,当大脑皮层某个区域的氧气浓度发生变化时,则认为此区域在执行这个任务的时候被激活,所以根据氧气浓度的变化位置,与CT、fMRI影像和导航序列MRI图像融合后,可以确定手部功能区的位置。

[0010] 此方法存在着一定的缺陷为:一,设备昂贵,检查费用高;二,时间分辨率比较低,无法记录到连续的脑区激活信息。

发明内容

[0011] 本发明所要解决的技术问题是提供一种应用皮层脑电信号对大脑皮层手部功能区定位的方法和系统。

[0012] 本发明应用皮层脑电信号对大脑皮层手部功能区定位的方法,主要包括如下步骤:

[0013] (1) 分别获取原始皮层脑电信号和手部运动信号;

[0014] (2) 对数据手套获得的手部运动信号进行预处理,提取手部运动的起始时刻和手部运动类型;

[0015] (3) 根据所述运动起始时刻截取对应时间段的皮层脑电信号

[0016] (4) 提取相应皮层脑电信号的功率谱特征;

[0017] (5) 使用上述所截取的功率谱特征对手部运动进行分类解码;

[0018] (6) 根据上述分类解码结果进行不同通道间的显著性分析;

[0019] (7) 根据显著性分析结果定位大脑皮层手部功能区。

[0020] 优选的,所述步骤(1)中,所述的皮层脑电信号是在临床上病人癫痫灶定位期间采集的,不需要采用另外的采集电极。

[0021] 优选的,所述步骤(1)中,所述的手部运动信号是由数据手套采集得到的。

[0022] 优选的,所述步骤(3)中,计算的皮层脑电信号的功率谱主要是High Gamma (80-120Hz)频段的功率谱。

[0023] 优选的,所述步骤(6)中,对分类解码结果进行显著性分析,通过t检验来衡量不同通道的分类解码正确率的显著性差异,并采用多倍交叉验证对显著性差异的通道进行多次验证。

[0024] 优选的,所述步骤(7)中,所述定位大脑皮层手部功能区是选取上述相对其他通道分类解码正确率显著性高的通道所对应的大脑皮层区域。

[0025] 本发明的另一个目的是提供一种大脑皮层手部功能区定位系统,主要包括提示显示器、ECoG电极、分线器、信号采集子系统、数据手套以及分析和控制子系统(计算机)。分析和控制子系统通过提示显示器提供视觉的运动指令,当根据指令执行特定手部动作时,分析和控制子系统通过脑电信号采集子系统和分线器上从ECoG电极上采集的皮层脑电信号,分析和控制子系统同时通过数据手套同步手部运动信号;根据同步采集的皮层脑电信号和运动信号,经过分析和控制子系统一系列分析和处理,最终定位所述手部运动对应的大脑皮层区域。其中分析和控制子系统根据功能不同还分为以下若干个功能单元:

[0026] 提示显示单元:为病人提供视觉运动指令的提示;

[0027] 信号获取单元:分别获取皮层脑电信号和手部运动信号;

[0028] 信号预处理单元:提取手部运动信号中的运动起始时刻和手势类型,对皮层脑电信号进行放大、滤波、模数转换预处理;

[0029] 功率谱计算单元:计算皮层脑电信号的功率谱;

[0030] 起始时刻对齐单元:根据所述运动起始时刻截取对应时间段的皮层脑电信号的功率谱

[0031] 分类解码单元:使用上述所截取的功率谱对手部运动进行分类解码;

[0032] 显著性分析单元:根据上述分类解码结果进行不同通道间的显著性分析;

[0033] 功能区确定单元:根据显著性分析定位大脑皮层手部功能区。

[0034] 本发明的上述技术方案相比现有技术具有以下优点:

[0035] (1) 皮层脑电信号具有高空间分辨率,高性噪比和长期稳定性的优点。当对象进行不同手部活动时,大脑皮层的相应功能区会被激活,从而对应产生不同特点的皮层脑电信号,因此,直接使用皮层脑电信号进行大脑皮层上的手部功能区定位,可以避免头皮引起的信号损失或颅内深部电极对皮层的损伤。

[0036] (2) 采集皮层脑电对临床上病人的癫痫灶定位并无影响,是在此期间完成的,也不需要另外植入ECoG电极。而且,对临床上其他应用的实行也没有干扰。

[0037] (3) 数据采集时间短,每次只需要采集半个小时。

[0038] (4) 数据手套穿戴简单,不会影响病人执行任务。

[0039] 本发明设计合理,方法操作简单,无需对大脑进行额外的电刺激,为大脑皮层手部功能区进行定位规划提供帮助。

附图说明

[0040] 图1为使用皮层脑电信号进行大脑皮层手部功能区定位实验的系统结构图。

[0041] 图2为大脑皮层手部功能区定位方法的流程图。

[0042] 图3为使用皮层脑电信号进行大脑皮层手部功能区定位实验的流程图。

[0043] 图4为时频分布图。

[0044] 图5为每个手指弯曲度与功率谱的对比图。

具体实施方式

[0045] 下面结合附图,通过具体实施例,对本发明的系统和方法进行清楚、完整的描述。

[0046] 实施例1

[0047] 参见图1,本实施例中,提供了一种大脑皮层手部功能区定位的系统。主要包括提示显示器1、ECoG电极2、分线器3、信号采集子系统4、数据手套5以及分析和控制子系统6(计算机6)。分析和控制子系统6通过提示显示器1给受试者提供视觉的运动指令,当受试者根据指令执行特定手部动作时,分析和控制子系统6通过脑电信号采集子系统4和分线器3上从受试者的ECoG电极2上采集受试者的皮层脑电信号,分析和控制子系统6同时通过数据手套5同步手部运动信号;根据同步采集的皮层脑电信号和运动信号,经过分析和控制子系统6一系列分析和处理,最终定位所述手部运动对应的大脑皮层区域。

[0048] 其中分析和控制子系统6根据功能不同还分为以下若干个功能单元:

[0049] 提示显示单元:为病人提供视觉运动指令的提示;

[0050] 信号获取单元:分别获取皮层脑电信号和手部运动信号;

[0051] 信号预处理单元:提取手部运动信号中的运动起始时刻和手势类型,对皮层脑电信号进行放大、滤波、模数转换预处理;

[0052] 功率谱计算单元:计算皮层脑电信号的功率谱;

[0053] 起始时刻对齐单元:根据所述运动起始时刻截取对应时间段的皮层脑电信号的功率谱

[0054] 分类解码单元:使用上述所截取的功率谱对手部运动进行分类解码;

[0055] 显著性分析单元:根据上述分类解码结果进行不同通道间的显著性分析;

[0056] 功能区确定单元:根据显著性分析定位大脑皮层手部功能区。

[0057] 其中,所述信号获取单元包括:分流子单元和脑电信号预处理子单元和手部运动信号预处理子单元。分流子单元使用分线器来保证信号采集过程中医院的记录系统不受影响;脑电信号预处理子单元对脑电信号进行放大,滤波,模数转换等预处理;手部运动信号预处理子单元对手部运动信号进行降采样处理。

[0058] 所述功率谱计算单元中,计算的功率谱主要为High Gamma频段(80-120Hz)所对应的功率谱。

[0059] 所述的分类解码单元是使用支持向量机(SVM)训练分类器,脑电信号的功率谱作为特征,三种手势作为标签,调用MATLAB版本的libsvm工具包实现三分类。

[0060] 所述的显著性分析单元是通过t检验来衡量不同通道的分类解码的显著性差异。并采用多倍交叉验证对显著性差异的通道进行多次验证。

[0061] 参见图1所示的系统装置,其中,本实例中的所需ECoG电极2覆盖在皮层运动感觉功能区的位置有32个电极点,按照4*8矩阵排列在中央沟附近。脑电信号采集子系统4为Blackrock公司的Neuroport系统,采集信号时采样频率设置为30KHz,皮层脑电信号经放大器将幅值放大20倍,经一阶截止频率为0.3Hz的高通滤波器和三阶截止频率为250Hz的低通滤波器完成带通滤波,以及经数据处理器完成模数转换这些预处理后导入MATLAB中进行数据分析。数据手套5是5DT公司的数据手套,此数据手套共有5个ultra传感器,这些传感器位于数据手套上五个手指关节处,用于记录每个手指的弯曲度、动作的起始时间和保持时间以及三种手势类型数据。

[0062] 本实施例中的大脑皮层手部功能区定位装置的工作过程为:病人位于显示器之前,根据显示器上随机的任务指令,执行相应的任务。位于病人大脑皮层上的ECoG电极2,采集到病人大脑皮层的脑电信号,先经由分线器3分流,并将该信号通过脑电信号采集子系统4预处理,最终传送到计算机6中进行数据处理、分析和存储。病人所穿戴的数据手套5把病人的手部运动信号直接传送到计算机6中。在计算机6中的MATLAB程序中,对手部运动信号进行降采样处理和运动起始时刻、手指弯曲值,手势类型等数据的提取;对皮层脑电信号进行功率谱计算,根据运动起始时间截取功率谱,将所截取得到的功率谱进行分类解码处理和显著性分析,得到大脑皮层手部运动功能区的位置。

[0063] 实施例2

[0064] 本实施例中,提供了一种大脑皮层手部功能区定位的方法。包括如下步骤,流程图参见图2所示。

[0065] 步骤1,分别获取皮层脑电信号和手部运动信号:在病人执行三种手势任务时,使用ECoG电极2完成对皮层脑电信号的采集,并同时使用数据手套5完成对手部运动信号的采集。其中,手势任务流程如图3所示:首先,病人处于休息状态,根据提示显示器上随机的手势指令提示,执行相应手势动作;然后,保持手势动作直到提示结束;手势动作执行结束后,回复到休息状态,等待下一个提示,整个过程为一次trial。一次实验任务过程持续约十分钟。每天至少有三次实验,一共持续三到四天。

[0066] 步骤2,对皮层脑电信号进行预处理,提取手部运动信号的运动起始时刻和手部运动类型:Neuroport系统4中的放大器对于皮层脑电信号进行放大,一阶截止频率为0.3Hz的

高通滤波器和三阶截止频率为250Hz的低通滤波器对皮层脑电信号进行,以及数据处理器对皮层脑电信号进行滤波。在计算机6的MATLAB程序中完成对手部运动信号的降采样处理和运动起始时刻,手指弯曲值,手势类型的提取。

[0067] 步骤3,在计算机6的MATLAB程序中计算皮层脑电信号的功率谱:使用多窗口法完成对皮层脑电信号的功率谱估计,将多个滑动的正交窗中的有限长序列 $x(n)$ 经过N点离散傅里叶变换,得到 $X_N(e^{jw})$,再取模值的平方并除以N,得到 $x(n)$ 的功率谱估计。它的公式为 $p(e^{jw}) = \frac{1}{N} |X_N(e^{jw})|^2 = \frac{1}{N} |\sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-jwn}|^2$ 。在本实施例中,滑动窗的大小为200ms,移动步长为100ms, $x(n)$ 为每个滑动窗内的皮层脑电信号,N的取值为2048。调用MATLAB函数库中的pmtm函数即可完成上述过程,得到不同通道的功率谱矩阵和频率矩阵,并提取出32个通道频率矩阵中80-120Hz频段所对应的功率谱。

[0068] 步骤4,在计算机6的MATLAB程序中根据所述运动起始时刻截取对应时间段的皮层脑电信号的功率谱:将运动起始时刻标为cue,提取32个通道不同cue前3个滑动窗以及cue后10个滑动窗的功率谱。

[0069] 步骤5,在计算机6的MATLAB程序中使用上述所截取的功率谱对手部运动进行分类解码:将步骤4中获得的32个通道的功率谱作为特征,步骤2中提取得到的手势类型作为标签,将一次运动起始时刻作为一次trial的开始,将多次trial均分两份,分别作为支持向量机分类器的训练集和测试集,调用MATLAB版本的libsvm工具包实现三分类,可得到不同通道的皮层脑电信号对三种手势类型的分类正确率。

[0070] 步骤6,在计算机6的MATLAB程序中根据上述分类解码结果进行不同通道间的显著性分析:通过t检验来衡量不同通道的分类解码的显著性差异。并采用多倍交叉验证对显著性差异的通道进行验证。首先,找出步骤5中分类正确率比较高的通道,接着建立假设 H_0 :此通道相对其他通道对三种手势的分类解码没有显著性差异, H_1 :此通道相对其他通道对三种手势的分类解码有显著性差异。然后将步骤5中的trial采用五倍交叉验证,即trial随机分成5个样本,一个单独的子样本被保留作为验证模型的数据,其他4个样本用来训练;交叉验证重复5次,每个子样本验证一次,平均5次的结果,最终得到分类准确率值。最后,根据公式 $t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s/\sqrt{n}}$ 计算统计量t的值,将计算得出的t值查表得出概率p值,若 $p > 0.05$,则接受 H_0 ,则

表明此通道相对其他通道对三种手势的分类解码没有显著性差异,反之则接受 H_1 ,表明此通道相对其他通道对三种手势的分类解码有显著性差异。其中 $\bar{x}$ 为每个通道的分类准确率值, μ_0 为32个通道分类准确率值的平均值,S为32个通道分类准确率值的方差,n为32,使用双侧检验,检验水准 $\alpha = 0.05$,

[0071] 步骤7,选择出具有显著性高的分类准确率的通道,这些通道即为与手部运动相关的通道,对应出这些通道在大脑皮层上的位置,即完成对大脑皮层手部功能区的定位。

[0072] 另外,本实施例中的大脑皮层手部功能区定位方法,在计算机6的MATLAB程序中计算出皮层脑电信号所有频段的功率谱,提取32个通道每次trial的运动起始时刻cue前10s和cue后50s的功率谱,将每次trial的功率谱叠加,以及运动信号中的cue开始的时间标出,可以得到32个通道的皮层脑电信号在手部运动前后的时频分布图(如图4)。与大脑皮层手部功能区相对应的通道较其他通道在低频段(15-30Hz)上有更明显的能量衰减,能辅助定

位大脑皮层手部功能区。

[0073] 另外,本实施例中的大脑皮层手部功能区定位方法,在计算机6的MATLAB程序中提取出数据手套5中每个手指的弯曲度,按照运动起始时刻cue截取出与功率谱相应时间段的弯曲度,使用plot函数画出此时间段内的手指弯曲度,并将所有频段的功率谱可视化时频分布图,将两者进行对比如图5所示,可以发现,手指出现运动的时候功率谱High Gamma频段(80-120Hz)在同样时间段也发生了能量上的变化,所以使用大脑皮层信号的功率谱对手势进行分类解码从而定位大脑皮层手部功能定位是可靠的。

[0074] 尽管上面结合图对本发明进行了描述,但是本发明并不局限于上述的具体实施方式,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

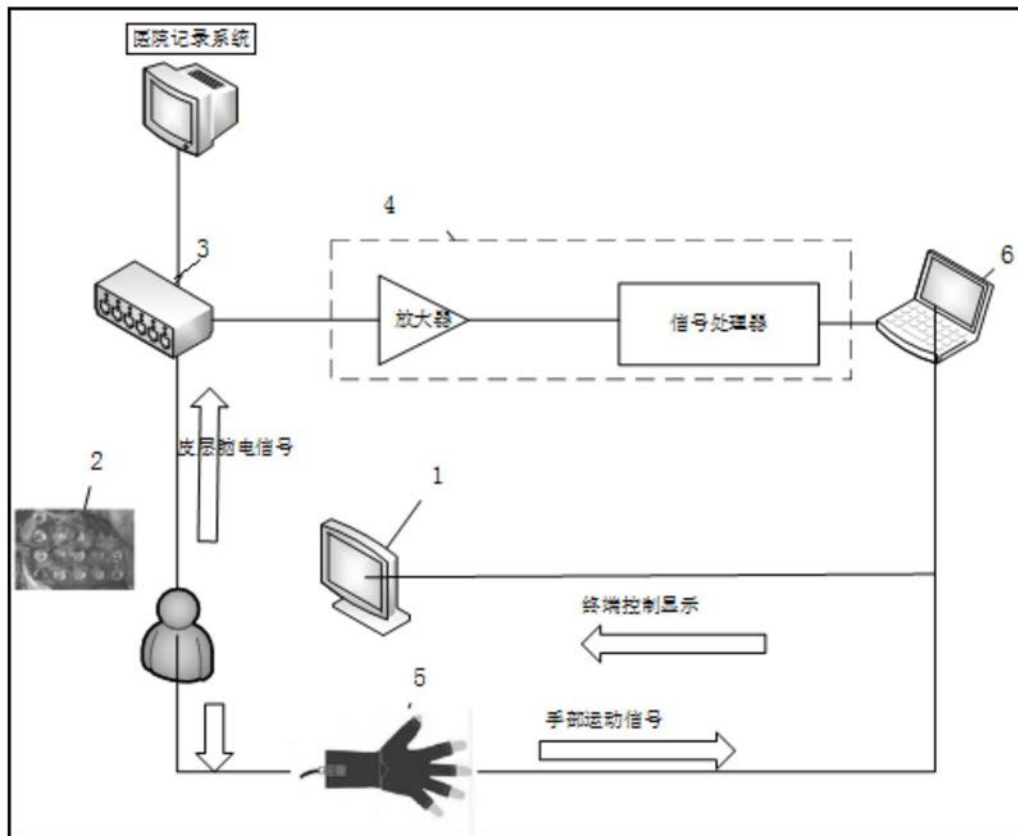


图1

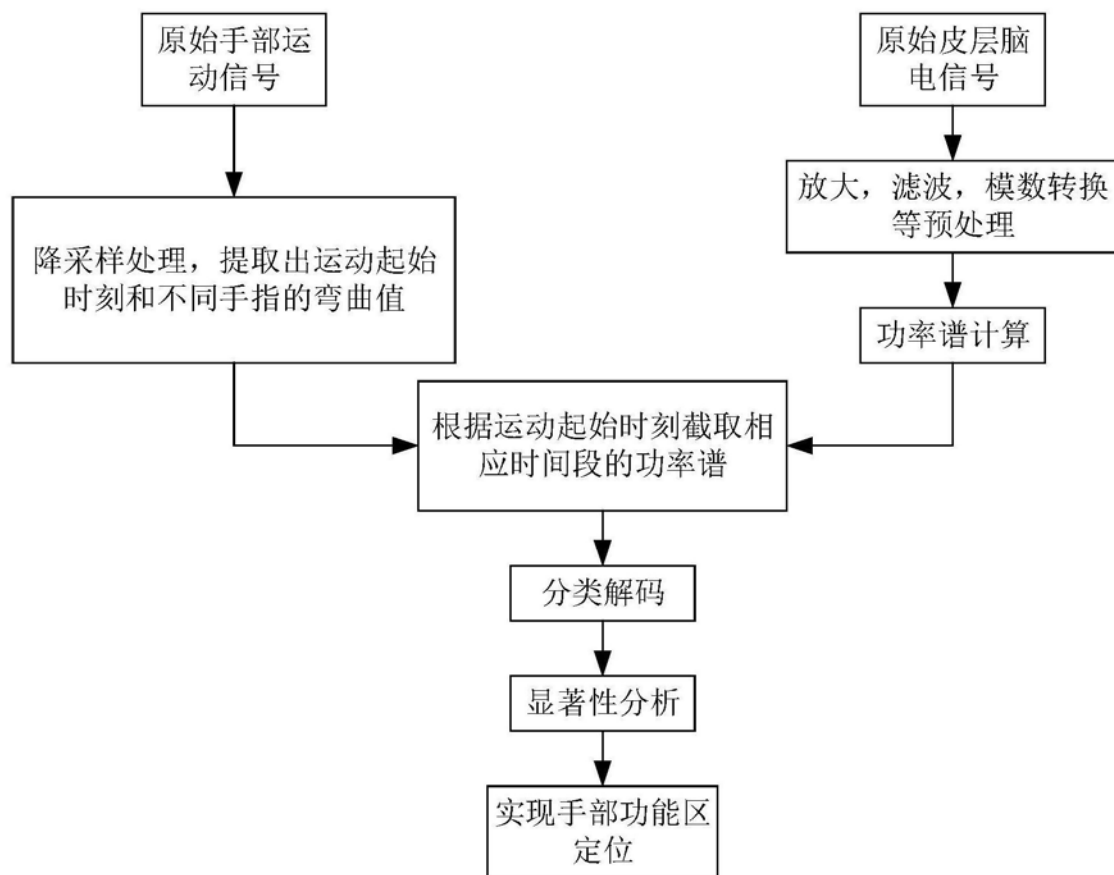


图2

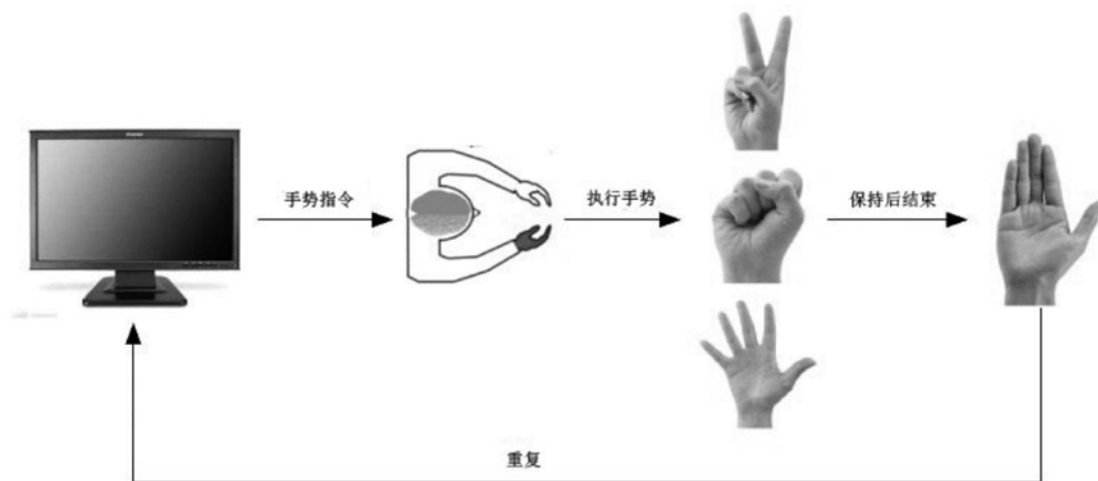


图3

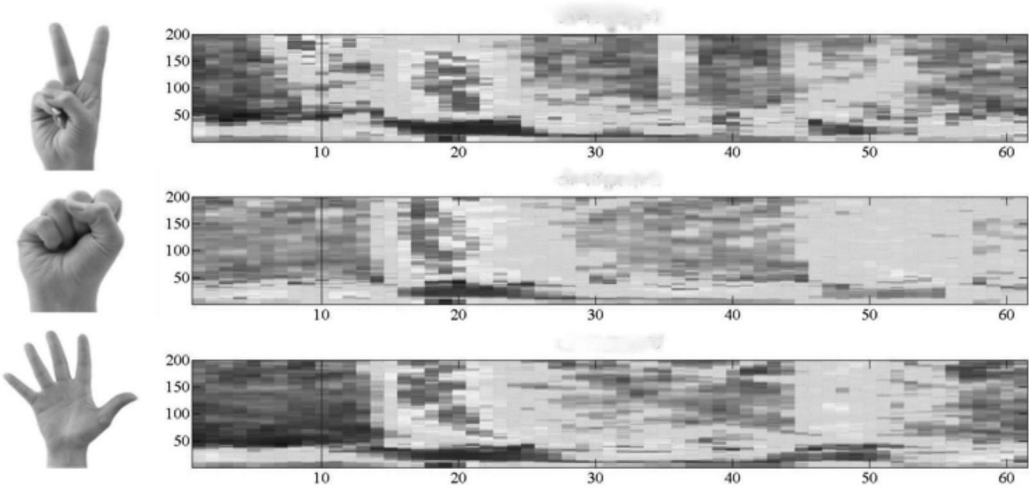


图4

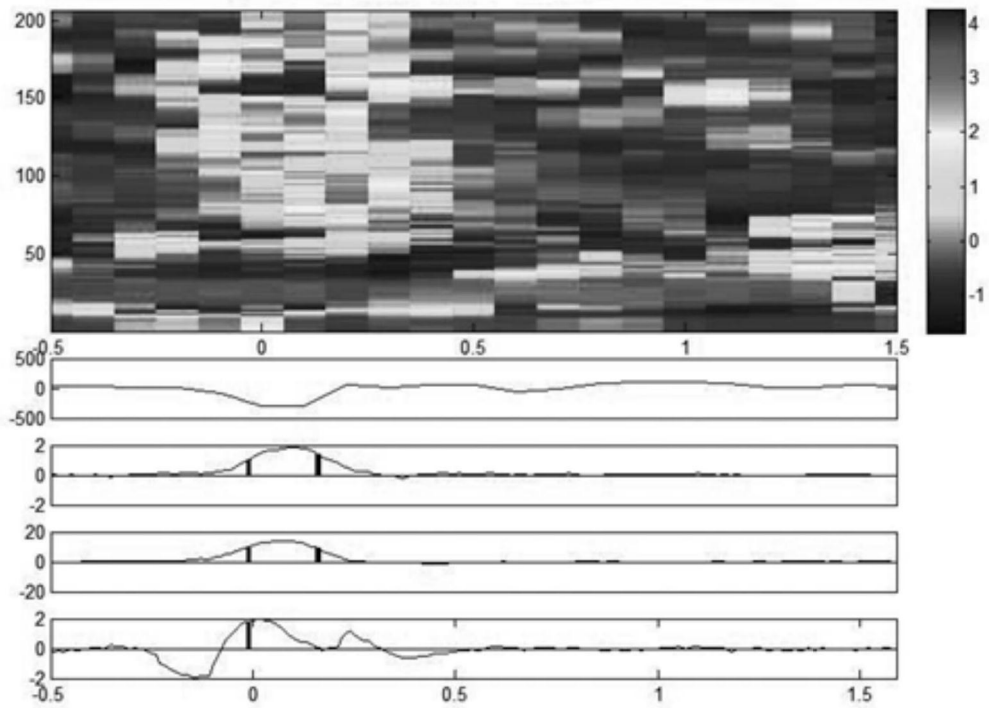


图5

专利名称(译)	应用皮层脑电信号对大脑皮层手部功能区定位的方法和系统		
公开(公告)号	CN106725463B	公开(公告)日	2020-02-21
申请号	CN201710035914.5	申请日	2017-01-18
[标]申请(专利权)人(译)	浙江大学		
申请(专利权)人(译)	浙江大学		
当前申请(专利权)人(译)	浙江大学		
[标]发明人	张韶岷 王晓田 郑宇新 朱君明 陈杭 郑筱祥		
发明人	张韶岷 王晓田 郑宇新 朱君明 陈杭 郑筱祥		
IPC分类号	A61B5/0476 A61B5/11 A61B5/00 G06F3/01 G06F17/14 G06K9/62		
CPC分类号	A61B5/04012 A61B5/0476 A61B5/1116 A61B5/4094 A61B5/7225 G06F3/014 G06F17/14 G06K9/6269		
审查员(译)	孙晓彤		
其他公开文献	CN106725463A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供一种大脑皮层手部功能区定位方法和系统，系统包括提示显示器、ECoG电极、分线器、信号采集子系统、数据手套以及分析和控制子系统，根据显示器提示执行手部运动的同时，系统采集原始皮层脑电信号和手部运动信号并进行处理。系统根据原始手部运动信号获取运动起始时刻和手部运动类型，根据手部运动起始时刻截取对应时间段内的皮层脑电信号，然后对皮层脑电信号预处理后计算其功率谱，利用手部运动类型和截取功率谱对手部运动进行分类解码，根据分类解码结果做不同通道间显著性分析，通过显著性分析结果定位手部运动对应的大脑皮层区域。本发明设计合理，方法操作简单，无需对大脑进行额外的电刺激，为指定癫痫灶切除手术规划提供帮助。

