



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107616793 A

(43)申请公布日 2018.01.23

(21)申请号 201710841869.2

(22)申请日 2017.09.18

(71)申请人 电子科技大学

地址 610000 四川省成都市高新区(西区)
西源大道2006号

(72)发明人 赖大坤 阚增辉 张欢欢

(74)专利代理机构 成都顶峰专利事务所(普通
合伙) 51224

代理人 杨俊华

(51)Int.Cl.

A61B 5/0476(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

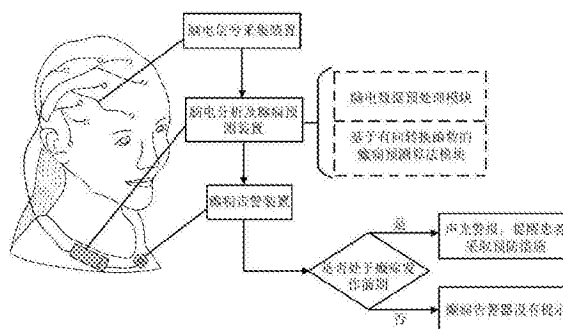
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54)发明名称

一种具有癫痫发作预测功能的脑电监测装置及方法

(57)摘要

本发明公开了一种具有癫痫发作预测功能的脑电监测装置及方法,可用于头皮脑电图机或者埋藏式皮层脑电监测系统。该装置的方法如下:(1)由脑电采集装置采集患者脑电信号;(2)将脑电信号传输到癫痫预测告警装置中;(3)由癫痫预测告警装置中的癫痫预测算法模块判断患者所处于状态,一旦癫痫预测算法模块判定患者处于癫痫发作前期,就会触发声光警报,提醒患者及其家属采取预防措施。本发明中癫痫预测算法模块以有向转换函数为基础并将脑电信号之间的连接性矩阵的特征作为预测患者癫痫发作的参数,能够提前数十秒预测到癫痫发作,具有较强的临床实用意义。



1. 一种具有癫痫发作预警功能的脑电监测装置,其特征在于,所述的装置包括脑电信号采集装置、脑电分析及癫痫预测装置和癫痫告警装置,其中脑电分析及癫痫预测装置包括脑电数据预处理模块和基于有向转换函数的癫痫预测算法模块。

2. 一种如权利要求1所述的具有癫痫发作预警功能的脑电监测装置的方法,其特征在于,包括:首先由脑电信号采集装置采集患者脑电信号,然后将脑电信号传输到脑电分析及癫痫预测装置中,由脑电分析及癫痫预测装置中的癫痫预测算法模块判断患者所处于状态,一旦癫痫预测算法模块判定患者处于癫痫发作前期,就触发癫痫告警装置发出报警信号。

3. 如权利要求1所述的具有癫痫发作预警功能的脑电监测装置,其特征在于,所述的脑电信号采集装置是在患者脑部安放若干数量的电极,所述电极为埋藏式皮层电极或头皮电极。

4. 如权利要求1所述的具有癫痫发作预警功能的脑电监测装置,其特征在于,所述的脑电数据预处理模块用于对患者脑电信号进行 $f1\text{Hz}$ 至 $f2\text{Hz}$ 的带通滤波、去伪迹预处理,所述的基于有向转换函数的癫痫预测算法模块用于以有向转换函数为基础并将脑电信号之间的连接性矩阵的特征作为预测患者癫痫发作的参数,所述的基于有向转换函数的癫痫预测算法模块采用如下工作流程:

(1) 确定每次计算分析脑电数据的时间长度为 L 秒,计算多元自回归模型的相关系数 n ,自回归模型的阶数每隔 $n*L$ 秒重新计算一次;

(2) 根据多元自回归模型的相关系数和多元自回归模型的阶数计算有向转换函数,得到多通道脑电之间的连接性矩阵;

(3) 计算连接性矩阵的多种中心性参数;

(4) 向症状分类器输入多种中心性参数,由症状分类器判别患者当前所处的状态,所述的症状分类器每隔 L 秒完成一次对患者所处的状态进行判别;所述的患者所处的状态包括为癫痫发作间期、癫痫发作前期和癫痫发作期;所述的癫痫发作前期,即患者在未来一段时间极有可能发作癫痫。

5. 如权利要求4所述的具有癫痫发作预警功能的脑电监测装置,其特征在于,所述连接性矩阵的多种中心性参数包括度中心性参数、接近中心性参数和中介中心性参数,所述的中心性参数的目的在于鉴别一个图中的最重要的节点。

6. 如权利要求4所述的具有癫痫发作预警功能的脑电监测装置,其特征在于,在所述向症状分类器输入多种中心性参数的步骤之前,还包括如下对所述症状分类器进行训练的步骤:首先对采集到的脑电数据中患者对应的癫痫发作间期、癫痫发作前期和癫痫发作期进行人工标注,采用权利要求4中工作流程(1)(2)(3),提取用于预测癫痫发作的特征参数,也就是权利要求4中工作流程(3)所述的连接性矩阵的中心性参数,该中心性参数可以是一种,也可以是多种;把用于预测癫痫发作的特征参数和人工标注的三种癫痫状态组成训练集,输入症状分类器进行训练,得到症状分类器的参数。

一种具有癫痫发作预测功能的脑电监测装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于医学电子技术领域,具体涉及一种基于有向转换函数的预测癫痫发作的方法,可用于头皮脑电图机或者埋藏式皮层脑电监测系统。

背景技术

[0002] 癫痫作为一种神经系统疾病,影响着世界上5000万人,其中中国患者达到900万,而且治疗癫痫产生的花费每年大约有12.5亿元。由于癫痫发作的猝发性,并且在癫痫发作时会随时晕倒,所以除了经济负担,严重的癫痫患者也可能面临着活动的限制,比如开车,游泳等,此外,癫痫患者还面临着学习障碍和抑郁等并发症的巨大危险。

[0003] 由于癫痫发作机制至今还不清楚,而且病人手术过后癫痫可能不会被完全治愈,癫痫发作时会对病人造成损伤,例如骨折、淹死、烧伤等事故,所以为了更好的提高病人的生活质量,只是对癫痫病灶和机制的分析是不够的,若能研究出一种对癫痫发作提前预警的癫痫预测方法,开发出一种易于携带的发作预警装置使其能够在癫痫发作前发出预警信号,则可以大大提高癫痫患者的生活质量,另外对癫痫预测的研究也有助于人们更进一步了解癫痫发作的机制。目前,对于癫痫发作预测方法的研究正处于高速发展阶段,并且急切需要把这种方法应用于临床。

[0004] 患者在做癫痫手术之前需要进行癫痫病灶的定位,一般要进行一段时间的头皮脑电图监测和大约3天的埋藏式皮层脑电图监测。目前临床使用的脑电图监测仪很少具有癫痫预测的功能,当患者癫痫发作时,陪伴的家属可能在睡觉或者没有及时的注意。如果有一种装置能够提前预测到癫痫发作,早让患者家属做好准备,将能减少患者发作时的痛苦。

[0005] 近些年来,基于临床脑电图信号的癫痫预测方法相继出现,例如时频分析、相位同步、功率谱等。然而现有的癫痫预测方法在临床应用时还存在较大的弊端,例如预测时间太短,尤其是在预测准确度方面。因此,进一步探索和发明一种适合临床需要的癫痫预测方法,尤其是合理处理癫痫发作时信号的不一致性,尽早捕捉癫痫发作的前期征兆和给予及时的预警,对于有效提高癫痫预测的准确率和推进该技术的临床应用具有重要的科学价值和实用意义。

[0006] 近年来,对于癫痫机制及脑网络分析的相关研究越来越受到业内人士的重视,而有向转换函数(Directed Transfer Function,DTF)方法在连接性研究方面具有突出的优越性。为此,本发明通过采集患者的头皮或者皮层脑电信号,将癫痫发作前的脑网络特征及其相关分析方法成功引入癫痫的预测,实现在癫痫发作前尽早捕捉到癫痫发作征兆并给予相应的预警提示,让患者或者周围家属在起癫痫发作前期采取有效的预防措施,有效减少癫痫意外发作给患者带来的伤害或者不幸。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于公开一种具有预测精确性高和预测时间长的预测癫痫发作的方法及癫痫发作预警装置。本方法结合脑电信号间的连接性理论和图论理论,提出了一种

具有癫痫发作预测功能的脑电监测装置及方法。所述的具有癫痫发作预测功能的脑电监测装置及方法主要包括脑电信号采集装置、脑电分析及癫痫预测装置和癫痫告警装置,其中脑电分析及癫痫预测装置包括脑电数据预处理模块和基于有向转换函数的癫痫预测算法模块。

[0008] 本发明中,所述的一种具有癫痫发作预测功能的脑电监测装置及方法工作流程如下:

- (1) 由脑电采集装置采集患者脑电信号;
- (2) 将患者脑电信号传输到脑电分析及癫痫预测装置中;
- (3) 由癫痫预测算法模块判断患者所处于状态,一旦癫痫预测算法模块判定患者处于癫痫发作前期,就会触发癫痫告警装置,提醒患者及家属采取预防措施。

[0009] 本发明中,所述的脑电分析及癫痫预测装置包括脑电数据预处理模块和基于有向转换函数的癫痫预测算法模块。脑电数据预处理模块对患者脑电数据进行进行 $f1\text{Hz}$ 至 $f2\text{Hz}$ 的带通滤波、工频滤波等预处理,基于有向转换函数的癫痫预测算法模块以有向转换函数为基础并将脑电信号之间的连接性矩阵的特征作为预测患者癫痫发作的参数,所述的基于有向转换函数的癫痫预测算法模块采用如下工作流程:

(1) 确定每次分析脑电数据的时间长度为 L 秒,计算多元自回归模型的相关系数,自回归模型的阶数每隔 $n*L$ 秒重新计算一次, n 为多元自回归模型的相关系数;

(2) 根据所得的多元自回归模型的相关系数和模型阶数,计算有向转换函数,得到多通道脑电之间的连接性矩阵;

(3) 计算连接性矩阵的多种中心性参数,具体可以是度中心性、接近中心性和中介中心性等,但本发明不限于这三种中心性;

(4) 向症状分类器输入上述多种中心性参数,再由症状分类器判别患者当前所处的状态(注患者所处的状态分为三种,分别是癫痫发作间期、癫痫发作前期以及癫痫发作期):a) 当症状分类器判定患者处于癫痫发作间期时,表示患者目前没有癫痫发作的迹象,可以进行正常的活动;b) 当症状分类器判定患者处于癫痫发作前期时,表示患者在未来一段时间极有可能发作癫痫,此时患者应当采取相应防护措施;c) 当症状分类器判定患者处于癫痫发作期时,不作处理。也即每隔 L 秒得到一次症状分类器的结果。

[0010] 本发明中,所述的症状分类器需要训练才可在癫痫预测算法模块的工作流程(4)中使用,所述症状分类器的训练方法如下:首先对采集到的脑电数据中患者对应的癫痫发作间期、癫痫发作前期和癫痫发作期进行人工标注,采用癫痫预测算法模块中工作流程的(1)(2)(3),提取用于预测癫痫发作的特征参数,也就是癫痫预测算法模块工作流程(3)所述的连接性矩阵的中心性参数,该中心性参数可以是一种,也可以是多种。把用于预测癫痫发作的特征参数和人工标注的三种癫痫状态组成训练集,输入症状分类器进行训练,得到症状分类器的参数。

[0011] 本发明中,所述患者脑电信号数据可以是患者头皮的脑电监测数据也可以是皮层脑电监测数据,即本发明可适用于头皮脑电图机或者埋藏式皮层脑电监测系统。所述的有向转换函数是基于多元自回归(MVAR)模型的一种函数。在计算多元自回归模型模型的相关系数时,多元线性模型的模型相关系数的标准大多为三种,分别是最终预测误差(Final Prediction Error,FPE)、信息论准则(Akaike Information Criterion,AIC)、自回归转换

函数准则(Criteria Autoregressive Transfer Function,CAT)。把自回归模型转换为频域,获得等式:

$$A(f)X(f)=E(f) \quad (1)$$

其中, $X(f)$ 表示脑电信号, $E(f)$ 是多元零均值非相关白噪声信号,具体的,

$$A(f)=\sum_{k=0}^p A_k \exp(-j2\pi fk\Delta t) \quad (2)$$

$$X(f)=A^{-1}(f)E(f)=H(f)E(f) \quad (3)$$

其中, $H(f)$ 是系统的转换函数,转换矩阵函数元素 $H_{ij}(f)$ 代表单侧频率特异性信息,并通过除以每一行元素的总和来实现每个元素的归一化,最终得到连接性矩阵。

[0012] 本发明中,所述连接性矩阵的多种中心性参数,包括:度中心性、接近中心性和中介中心性,也可以是其他中心性参数。中心性是社会网络学家发现的一种最有用的数学方法,通过计算中心性可以得到社会关系的结构属性,目的在于鉴别图中的最重要的节点。度中心性是一种最简单的中心性度量,定义为与特定节点连接的边的数量,接近中心性目的是鉴别在较短时间内传播的节点,中介中心性目的是测量通过特定节点的节点对之间的最短路径所占比例,这三种中心性参数来源自图论的相关理论。

附图说明

[0013] 图1为本发明一种具有癫痫发作预测功能的脑电监测装置及方法的原理框图。

[0014] 图2为本发明实施例中脑电信号间的连接性矩阵及对应的网络图。

[0015] 图3为本发明实施例中癫痫患者连接性矩阵的接近中心性参数随时间变化的曲线图。

[0016] 图4为本发明实施例中分类器对癫痫发作特征参数的分类结果图。

[0017] 图5为本发明实施例中对图4的分类结果进一步优化的结果图。

[0018] 图6为采用本发明中的预测癫痫发作的方法的性能分析结果图。

具体实施方式

[0019] 下面结合附图与实施例对本发明做进一步的阐述和说明。

[0020] 图1为本发明提出的一种具有癫痫发作预测功能的脑电监测装置及方法的原理框图。如图1所示,实施例中具有癫痫发作预测功能的脑电监测装置包括脑电信号采集装置、脑电分析及癫痫预测装置和癫痫告警装置。其一,本实施例中脑电信号采集装置直接采用医院脑电监测仪,采集的数据为患者埋藏式皮层脑电数据,数据采样率为512Hz。其二,脑电分析及癫痫预测装置包括脑电数据预处理模块和基于有向转换函数的癫痫预测算法模块。本实施例中,脑电数据预处理模块对患者脑电数据进行0.1Hz至70Hz的带通滤波以及50Hz工频滤波预处理,基于有向转换函数的癫痫预测算法模块利用自回归模型计算模型的相关系数和模型阶数,本实施例采用AIC准则选取模型阶数,最终确定模型阶数为3,模型阶数每隔30分钟则重新计算一次。根据得到的模型阶数和相关系数计算有向转换函数,得到连接性矩阵,每次计算的脑电数据时间长度为1秒。本实施例计算连接性矩阵的接近中心性值作为预测癫痫发作的特征参数。其三,本实施例癫痫告警装置工作方式声光报警,当癫痫预测算法模块判断患者处于癫痫发作前期时,就会触发癫痫告警装置,癫痫告警装置发出声光报警提醒患者及家属采取预防措施

[0021] 图2为患者脑电信号的连接性矩阵及其对应的网络图,图2(a)为癫痫发作间期的连接性矩阵,图2(b)为癫痫发作前期的连接性矩阵,图2(c)为癫痫发作间期连接性矩阵对应的网络图,图2(d)为癫痫发作前期连接性矩阵对应的网络图,从图中可以看出患者癫痫发作间期和癫痫发作前期的连接性矩阵具有一定的差异性。

[0022] 图3为临床患者癫痫发作时的接近中心性参数随时间变化的曲线,由图中可以看出患者处于癫痫发作间期时的连接性矩阵的接近中心性值和处于癫痫发作前期时的连接性矩阵的接近中心性值有明显不同。

[0023] 本实施例患者的脑电数据由临床上的医生标注患者所处的状态,分别是癫痫发作间期、癫痫发作前期和癫痫发作期。在采集到的临床脑电信号中截取癫痫发作间期5分钟和癫痫发作期/发作前期10分钟的信号,针对每一个状态分别计算连接性矩阵的接近中心性参数,形成训练集,本实施例中症状分类器选用支持向量机,向症状分类器输入构建的训练集得到支持向量机的参数。

[0024] 图4为利用支持向量机作为症状分类器对一段测试数据分类所得到的分类结果。图中类别1代表癫痫发作间期,类别2代表癫痫发作前期,类别3代表癫痫发作期,也就是当症状分类器判定结果为类别2时,会触发癫痫告警装置,提醒患者和家属采取预防措施,从图中可以看出患者在45s左右进入癫痫发作前期,在120s左右进入癫痫发作期,所以此次预测癫痫发作的时间约为75s。

[0025] 图5为对图4分类结果的平滑处理之后的效果,从图4中看出在0-40s分类器有数次判别结果属于类别2,属于误判的情况,对其进行平滑处理后可以提高分类器的稳定性。本实施例的具体方法是设计一个5秒的滑动窗口,如果在窗口中有大于或等于三个标号为类x的分类结果,则判别为是类x。利用5秒的窗口处理得到预测的标号值将癫痫发作间期和癫痫发作期合并设置为0,癫痫发作前期设置为1。为了进一步分析基于有向转换函数的癫痫预测算法的性能,本实施例又采用临床三个癫痫患者脑电数据对该方法的敏感性、特异性、精确性和提前预测的时间进行评估分析,结果如图6所示。由上述发明实例的结果可见,本发明所述的基于有向转换函数的预测癫痫发作的脑电监测装置和方法能够在患者癫痫发作前数十秒预测癫痫发作,并且有较好的精确性,证明了此方法在癫痫预测方面的有效性。

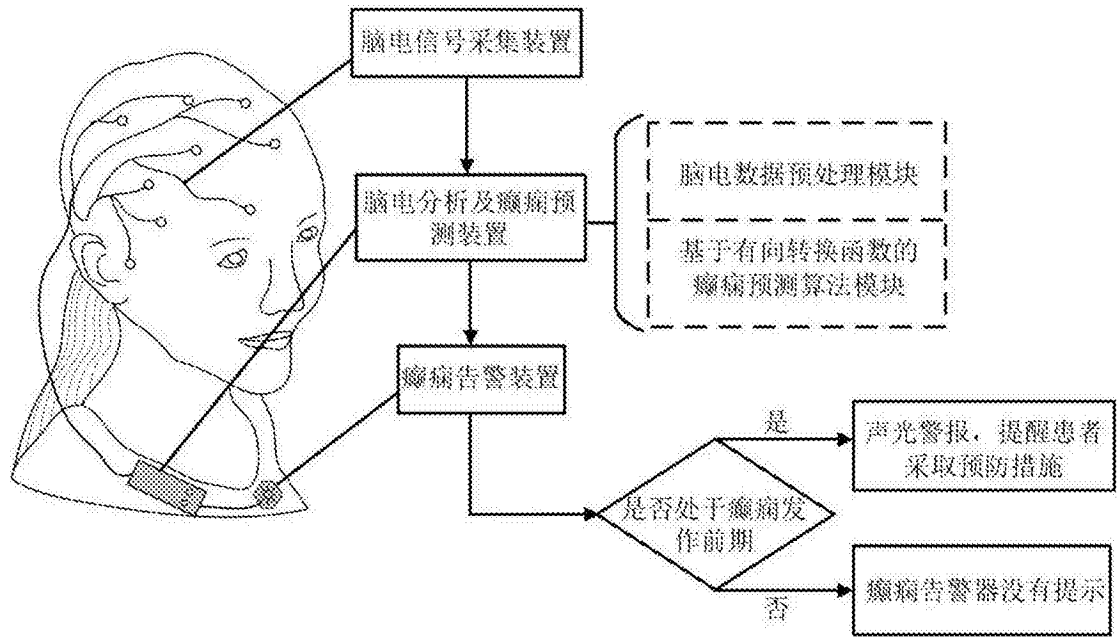


图1

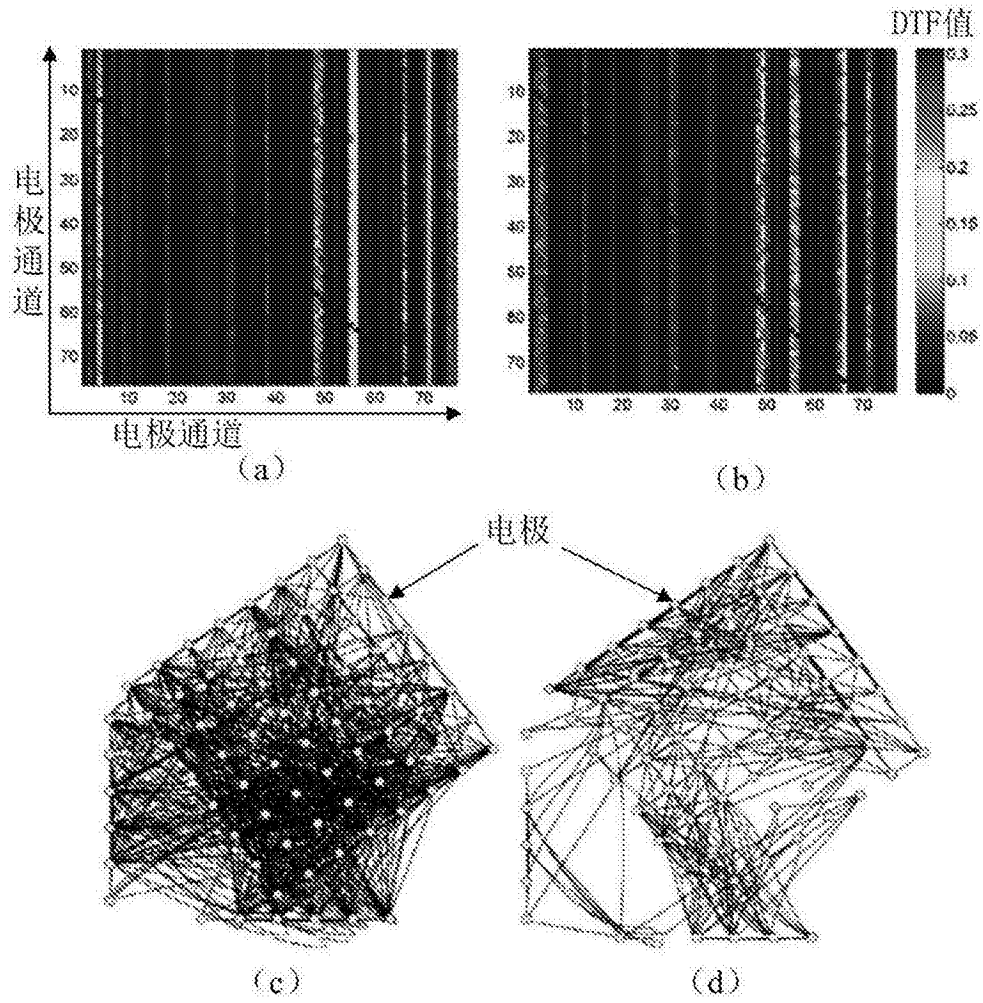


图2

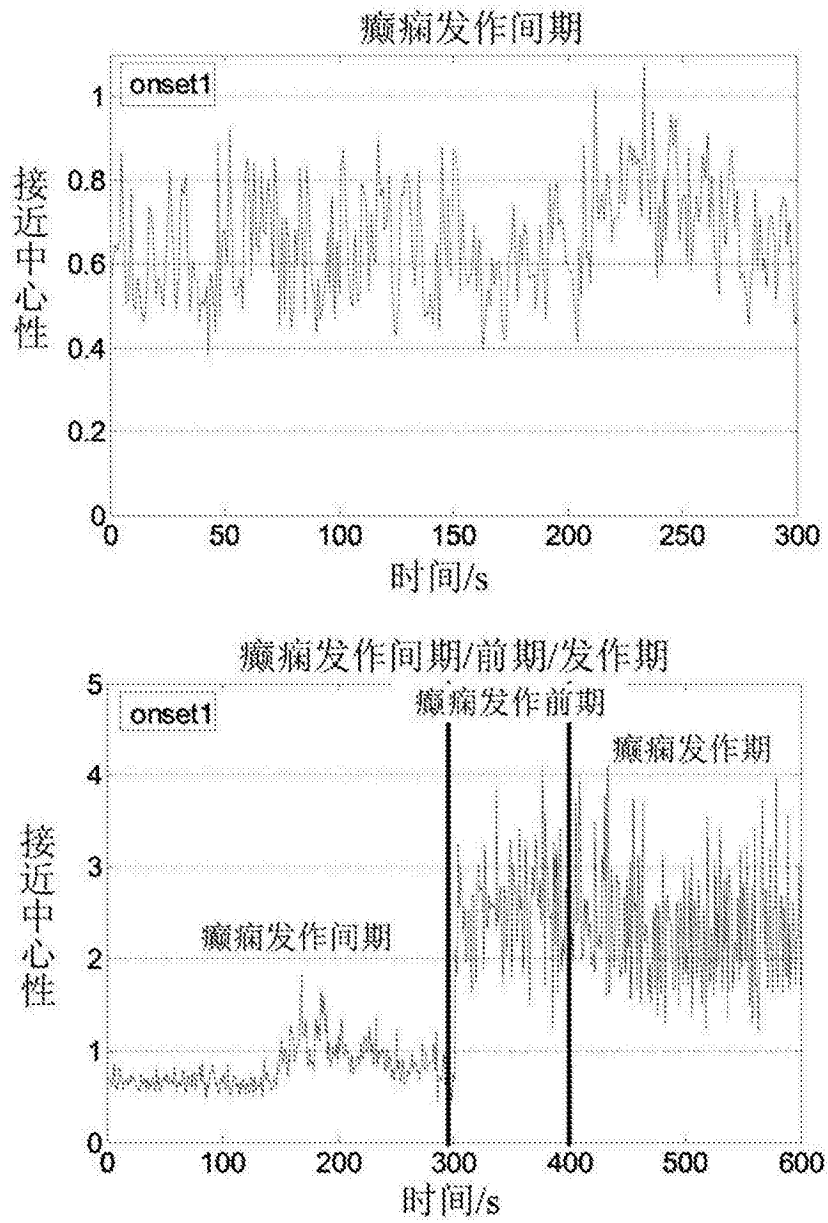


图3

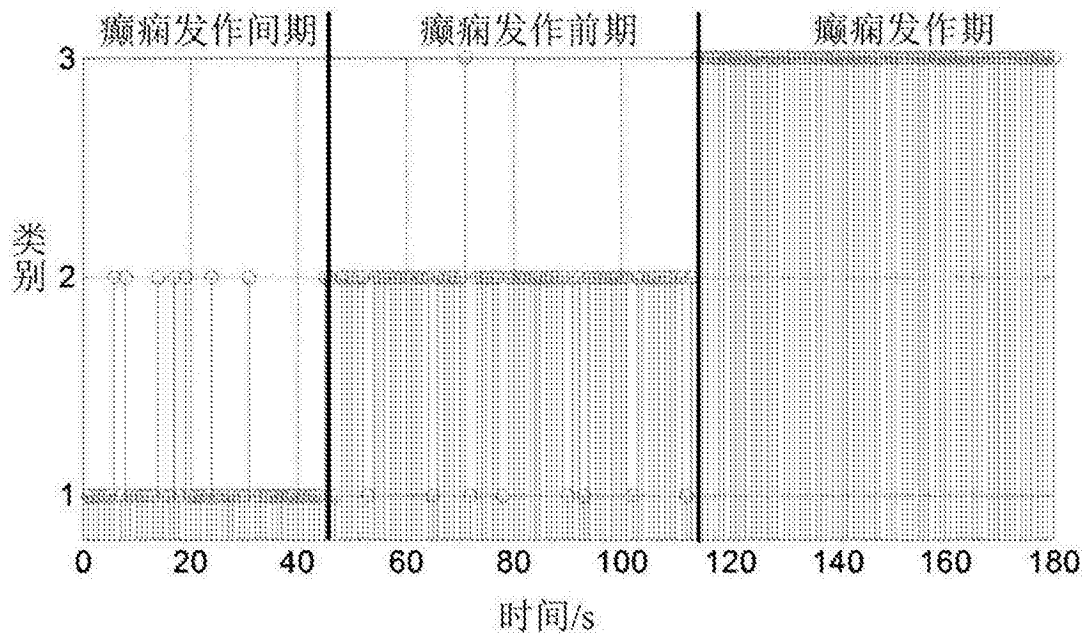


图4

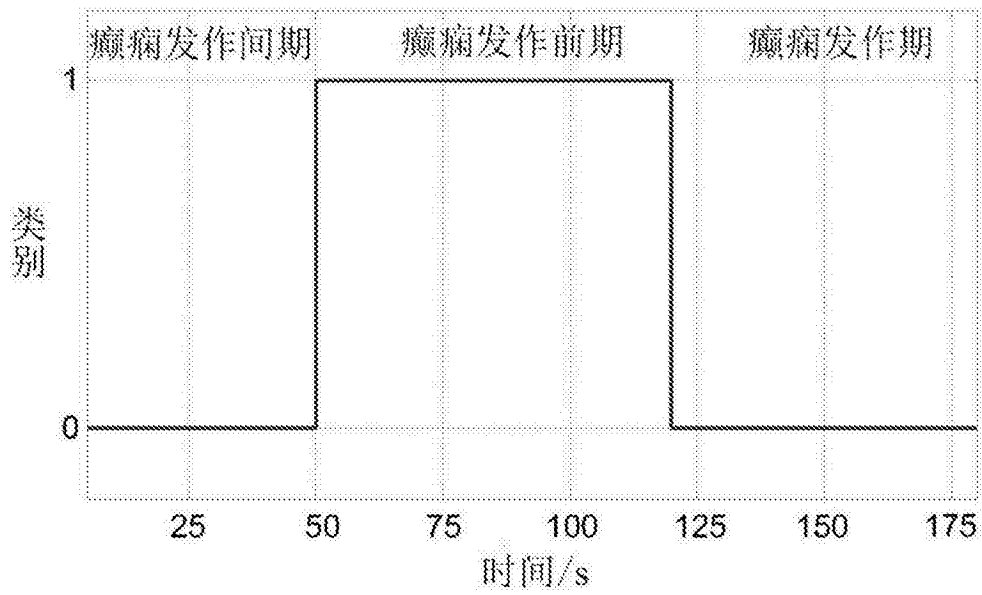


图5

患者	敏感性	特异性	精确	预测时间/s
1	96.71%	89.28%	92.10%	35s
2	91.44%	92.18%	93.72%	60s
3	96.32%	93.19%	93.61%	85s
平均	94.82%	91.55%	93.14%	60s

图6

专利名称(译)	一种具有癫痫发作预测功能的脑电监测装置及方法		
公开(公告)号	CN107616793A	公开(公告)日	2018-01-23
申请号	CN2017110841869.2	申请日	2017-09-18
[标]申请(专利权)人(译)	电子科技大学		
申请(专利权)人(译)	电子科技大学		
当前申请(专利权)人(译)	电子科技大学		
[标]发明人	赖大坤 阚增辉 张欢欢		
发明人	赖大坤 阚增辉 张欢欢		
IPC分类号	A61B5/0476 A61B5/00		
代理人(译)	杨俊华		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种具有癫痫发作预测功能的脑电监测装置及方法，可用于头皮脑电图机或者埋藏式皮层脑电监测系统。该装置的方法如下：(1)由脑电采集装置采集患者脑电信号；(2)将脑电信号传输到癫痫预测告警装置中；(3)由癫痫预测告警装置中的癫痫预测算法模块判断患者所处于状态，一旦癫痫预测算法模块判定患者处于癫痫发作前期，就会触发声光警报，提醒患者及其家属采取预防措施。本发明中癫痫预测算法模块以有向转换函数为基础并将脑电信号之间的连接性矩阵的特征作为预测患者癫痫发作的参数，能够提前数十秒预测到癫痫发作，具有较强的临床实用意义。

