



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106037759 A

(43)申请公布日 2016. 10. 26

(21)申请号 201610505040.0

(22)申请日 2016.06.30

(71)申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁路28号

(72)发明人 闫相国 张娟 吴宁 王刚

郑崇勋

(74)专利代理机构 西安智大知识产权代理事务

所 61215

代理人 弋才富

(51) Int. Cl.

A61B 5/1455(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

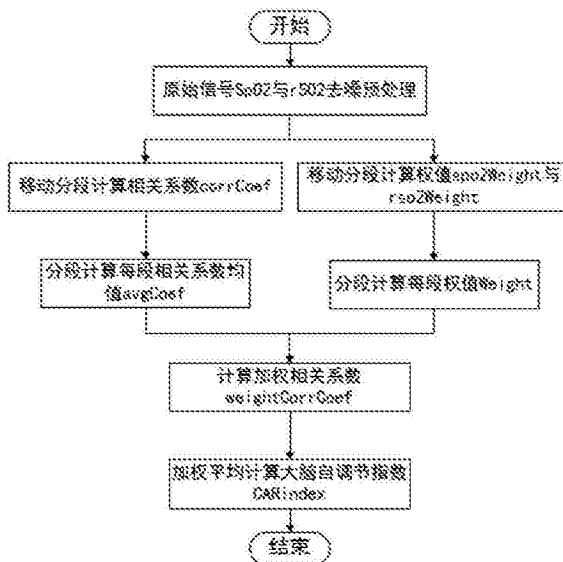
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

一种面向睡眠呼吸暂停的大脑自调节指数检测方法

(57)摘要

一种面向睡眠呼吸暂停的大脑自调节指数检测方法,包括五个步骤,步骤一、对采用近红外光谱记录器采集得到的组织血氧与脉搏血氧进行去噪、降采样等预处理;步骤二、计算组织血氧与脉搏血氧的移动相关系数r;步骤三、对得到的移动相关系数分段加权得到加权移动相关系数wr;步骤四、对加权移动相关系数求加权平均得到大脑自调节指数CARindex;步骤五、通过大脑自调节指数评估睡眠呼吸暂停综合症对大脑自调节功能影响;本发明可有效避免现有方法数据采集复杂、操作困难等缺陷。



1. 一种面向睡眠呼吸暂停的大脑自调节指数检测方法,其特征在於,包括以下步骤:

步骤一:将近红外光谱记录器所采集的检测对象的夜间组织血氧与脉搏血氧数据,进行去噪、降采样预处理,预处理后的组织血氧信号与脉搏血氧信号分别表示为长度为N的离散时间序列 $rso2(n)$ 与 $spo2(n)$ ;之后将处理好的数据发送给处理单元;

步骤二:处理单元计算组织血氧与脉搏血氧的移动相关系数

(1)、确定移动分段的移动长度 $mLen$ 、段长度 $sLen$ 以及分段数 $nseg$ ,见公式(1)~(3):

$$mLen = \frac{f_s}{f_0} \quad (1)$$

$$sLen = 3 * mLen \quad (2)$$

$$nseg = \left\lfloor \frac{N - sLen}{mLen} \right\rfloor + 1 \quad (3)$$

其中,

$f_s$ ——信号采样率;

$f_0$ ——所需最小频率分辨率;

$\lfloor \dots \rfloor$ ——向下取整运算;

(2)、计算各信号分段对应的移动相关系数 $r(i)$ ,见公式(4):

$$r(i) = \frac{l(spo2_i(n), rso2_i(n))}{\sqrt{l(spo2_i(n), spo2_i(n)) * l(rso2_i(n), rso2_i(n))}}, 1 \leq i \leq nseg \quad (4)$$

其中,

$spo2_i(n)$ 与 $rso2_i(n)$ —— $spo2(n)$ 与 $rso2(n)$ 的第 $i$ 分段,表示如下:

$$spo2_i(n) = spo2(n), mLen * (i-1) + 1 \leq n \leq mLen * (i-1) + sLen \quad (5)$$

$$rso2_i(n) = rso2(n), mLen * (i-1) + 1 \leq n \leq mLen * (i-1) + sLen \quad (6)$$

$l(\dots, \dots)$ ——离均差积和(或离均差平方和)运算,计算公式如下:

$$l(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sum_{i=1}^m (x_i - \bar{\mathbf{x}}) * (y_i - \bar{\mathbf{y}}) \quad (7)$$

其中,

$m$ —— $x$ 与 $y$ 的长度;

$\bar{\mathbf{x}}$ 与 $\bar{\mathbf{y}}$ —— $x$ 与 $y$ 的均值;

(3)、计算各信号分段对应的权值 $w_p(i)$ 与 $w_r(i)$ ,用于步骤四中权值计算,见公式(8)与(9):

$$w_p(i) = \sqrt{\frac{\sum_{n=mLen*(i-1)+1}^{mLen*(i-1)+sLen} (spo2(n) - \overline{spo2_i(n)})}{sLen - 1}} \quad (8)$$

$$w_r(i) = \sqrt{\frac{\sum_{n=mLen*(i-1)+1}^{mLen*(i-1)+sLen} (rso2(n) - \overline{rso2_i(n)})}{sLen - 1}} \quad (9)$$

其中,

$\overline{spo2_i(n)}$ 与 $\overline{rso2_i(n)}$ —— $spo2(n)$ 与 $rso2(n)$ 的第*i*分段信号均值,计算如下:

$$\overline{spo2_i(n)} = \frac{\sum_{n=mLen*(i-1)+1}^{mLen*(i-1)+sLen} spo2(n)}{sLen-1} \quad (10)$$

$$\overline{rso2_i(n)} = \frac{\sum_{n=mLen*(i-1)+1}^{mLen*(i-1)+sLen} rso2(n)}{sLen-1} \quad (11)$$

步骤三:步骤二得到移动相关系数为 $r=[r(1),r(2),\dots,r(nseg)]$ ,对应的两组权值为 $w_p=[w_p(1),w_p(2),\dots,w_p(nseg)]$ 与 $w_r=[w_r(1),w_r(2),\dots,w_r(nseg)]$ ,使用权值对移动相关系数加权计算移动加权相关系数 $w_r$ :

(1)、对移动相关系数分段,确定分段数 $nseg'$ ,见公式(12)与(13):

$$sLen' = 300 * f_0 \quad (12)$$

$$nseg' = \left\lfloor \frac{nseg}{sLen'} \right\rfloor \quad (13)$$

其中,

$sLen'$ ——分段每段段长;

(2)、计算每段对应的加权移动相关系数 $w_r(j)$ ,见公式(14):

$$w_r(j) = w(j) * \frac{\sum_{i=sLen'*j+1}^{sLen'*(j+1)} r(i)}{sLen'-1}, 1 \leq j \leq nseg' \quad (14)$$

其中,

$w(j)$ ——第*j*分段对应的相关系数权值,计算公式如下:

$$w(j) = \max\left(\frac{\sum_{i=sLen'*j+1}^{sLen'*(j+1)} w_p(i)}{sLen'-1}, \frac{\sum_{i=sLen'*j+1}^{sLen'*(j+1)} w_r(i)}{sLen'-1}\right), 1 \leq j \leq nseg' \quad (15)$$

其中,

$\max(\dots, \dots)$ ——取较大值运算;

步骤四:上一步得到移动加权相关系数 $w_r$ ,对其求加权平均计算大脑自调节指数 $CARindex$ ,见公式(16):

$$CARindex = \frac{\sum_{j=1}^{nseg'} w_r(j)}{\sum_{j=1}^{nseg'} w(j)} \quad (16)$$

若 $CARindex > 1$ ,则 $CARindex = 1$ ;若 $CARindex < -1$ ,则 $CARindex = -1$ ;

步骤五:处理单元向显示单元发出以下信号提示, $CARindex \in [-1, 1]$ :当 $CARindex \leq 0$ 时,发出大脑自调节功能未受损伤;当 $CARindex > 0$ 时,越趋近于1,发出睡眠呼吸暂停综合症对大脑自主调节功能危害越大;越趋近于0,发出睡眠呼吸暂停综合症对大脑自主调节功能危害越小。

## 一种面向睡眠呼吸暂停的大脑自调节指数检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于生物医学信号处理技术领域,特别涉及利用近红外光谱技术计算基于脑血氧数据的大脑自调节指数来评价睡眠呼吸暂停危险性的一种方法。

### 背景技术

[0002] 患有睡眠呼吸暂停综合症的患者呼吸暂停反复发作时会引起低血氧和高碳酸,可导致神经功能失调、内分泌紊乱以及血液动力学改变,造成全身多器官的损伤,严重威胁人的身体健康。临床研究证实,其与多种致命疾病密切相关,包括脑卒中、高血压、冠状动脉疾病等。

[0003] 多导睡眠监测(Polysomnography, PSG)是目前诊断睡眠呼吸暂停综合症的金标准。通过记录患者在睡眠过程中的多项生理参数,包括脑电图、心电图、肌电图、口鼻呼吸气流、鼾声、血氧饱和度、心率、体位、胸腹呼吸等,利用专业软件对这些参数进行分析,得到睡眠结构、呼吸紊乱、睡眠监测等总结报告。但是多导睡眠监测存在如下缺陷:

[0004] 1、监测过程需在专业的实验室进行;

[0005] 2、检查需要同步进行长时间多项生理监测,患者需全身贴上大量传感器,这对患者的睡眠质量有一定影响,从而导致监测环境与真实环境差别较大,影响监测结果的准确性;

[0006] 3、检查价格昂贵;

[0007] 4、多导睡眠监测只对睡眠呼吸暂停综合症的严重程度进行诊断,并不能直接评估患者大脑自调节功能的损伤程度。

[0008] 人的大脑自调节功能未受损的情况下,呼吸暂停的发生会导致脉搏血氧降低,为维持大脑供氧的正常水平,组织血氧在大脑自调节的负反馈机制作用下会稳定在一定的范围。但长期睡眠呼吸暂停的反复发作会使大脑自调节功能受损,脉搏血氧与组织血氧间的负反馈作用将逐渐减弱甚至消失,负反馈作用的强弱与大脑受损程度有密切关系。

[0009] 目前评估睡眠呼吸暂停综合症对大脑自调节功能影响的方法主要是:采用经颅多普勒(transcranial Doppler, TCD)技术,通过计算平均脑血流速度(cerebral blood flow velocity, CBFV)与动脉血压(arterial blood pressure, ABP)的移动相关系数,得到一个可以评估大脑自主调节的指数。

[0010] 但是该方法存在以下缺陷:

[0011] 1、经颅多普勒需要医师在旁操作仪器,并且要确保大脑中动脉被声波照射的区域直径恒定,所以此采集方法不能获得睡眠呼吸暂停综合症患者睡眠期间的长时间数据。

[0012] 2、动脉血压测量往往需要采用有创方式,对于睡眠呼吸暂停症患者采用有创血压测量方式是不现实的。

### 发明内容

[0013] 为了克服上述现有方法的缺陷,本发明的目的在于提供一种面向睡眠呼吸暂停的

大脑自调节指数检测方法,利用近红外光谱技术,从采集的大脑近红外光谱信号计算得到组织血氧与脉搏血氧信号,在睡眠呼吸暂停期间,脉搏血氧会有一定程度降低,此时大脑自调节能力将直接反映于组织血氧信号,对组织血氧信号与脉搏血氧信号进行移动加权相关系数的计算,最终得到大脑自调节指数,以评估睡眠呼吸暂停综合症对大脑自调节功能的影响,利用此方法可有效避免现有方法数据采集复杂、操作困难等缺陷。

[0014] 为了达到上述目的,本发明采用的技术方案为:

[0015] 一种面向睡眠呼吸暂停的大脑自调节指数检测方法,包括以下步骤:

[0016] 步骤一:将近红外光谱记录器所采集的检测对象的夜间组织血氧与脉搏血氧数据,进行去噪、降采样预处理,预处理后的组织血氧信号与脉搏血氧信号分别表示为长度为N的离散时间序列 $rso2(n)$ 与 $spo2(n)$ ;之后将处理好的数据发送给处理单元;

[0017] 步骤二:处理单元计算组织血氧与脉搏血氧的移动相关系数

[0018] (1)、确定移动分段的移动长度 $mLen$ 、段长度 $sLen$ 以及分段数 $nseg$ ,见公式(1)~(3):

$$[0019] \quad mLen = \frac{f_s}{f_0} \quad (1)$$

$$[0020] \quad sLen = 3 * mLen \quad (2)$$

$$[0021] \quad nseg = \left\lfloor \frac{N - sLen}{mLen} \right\rfloor + 1 \quad (3)$$

[0022] 其中,

[0023]  $f_s$ ——信号采样率;

[0024]  $f_0$ ——所需最小频率分辨率;

[0025]  $\lfloor \dots \rfloor$ ——向下取整运算;

[0026] (2)、计算各信号分段对应的移动相关系数 $r(i)$ ,见公式(4):

$$[0027] \quad r(i) = \frac{l(spo2_i(n), rso2_i(n))}{\sqrt{l(spo2_i(n), spo2_i(n)) * l(rso2_i(n), rso2_i(n))}}, 1 \leq i \leq nseg \quad (4)$$

[0028] 其中,

[0029]  $spo2_i(n)$ 与 $rso2_i(n)$ —— $spo2(n)$ 与 $rso2(n)$ 的第 $i$ 分段,表示如下:

$$[0030] \quad spo2_i(n) = spo2(n), mLen * (i-1) + 1 \leq n \leq mLen * (i-1) + sLen \quad (5)$$

$$[0031] \quad rso2_i(n) = rso2(n), mLen * (i-1) + 1 \leq n \leq mLen * (i-1) + sLen \quad (6)$$

[0032]  $l(\dots, \dots)$ ——离均差积和(或离均差平方和)运算,计算公式如下:

$$[0033] \quad l(x, y) = \sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y}) \quad (7)$$

[0034] 其中,

[0035]  $m$ —— $x$ 与 $y$ 的长度;

[0036]  $\bar{x}$ 与 $\bar{y}$ —— $x$ 与 $y$ 的均值;

[0037] (3)、计算各信号分段对应的权值 $w_p(i)$ 与 $w_r(i)$ ,用于步骤四中权值计算,见公式(8)与(9):

$$[0038] \quad w_p(i) = \sqrt{\frac{\sum_{n=mLen*(i-1)+1}^{mLen*(i-1)+sLen} (spo2(n) - \overline{spo2_i(n)})}{sLen-1}} \quad (8)$$

$$[0039] \quad w_r(i) = \sqrt{\frac{\sum_{n=mLen*(i-1)+1}^{mLen*(i-1)+sLen} (rso2(n) - \overline{rso2_i(n)})}{sLen-1}} \quad (9)$$

[0040] 其中,

[0041]  $\overline{spo2_i(n)}$  与  $\overline{rso2_i(n)}$  ——  $spo2(n)$  与  $rso2(n)$  的第  $i$  分段信号均值, 计算如下:

$$[0042] \quad \overline{spo2_i(n)} = \frac{\sum_{n=mLen*(i-1)+1}^{mLen*(i-1)+sLen} spo2(n)}{sLen-1} \quad (10)$$

$$[0043] \quad \overline{rso2_i(n)} = \frac{\sum_{n=mLen*(i-1)+1}^{mLen*(i-1)+sLen} rso2(n)}{sLen-1} \quad (11)$$

[0044] 步骤三: 步骤二得到移动相关系数为  $r = [r(1), r(2), \dots, r(nseg)]$ , 对应的两组权值为  $w_p = [w_p(1), w_p(2), \dots, w_p(nseg)]$  与  $w_r = [w_r(1), w_r(2), \dots, w_r(nseg)]$ , 使用权值对移动相关系数加权计算移动加权相关系数  $w_r$ :

[0045] (1)、对移动相关系数分段, 确定分段数  $nseg'$ , 见公式(12)与(13):

$$[0046] \quad sLen' = 300 * f_0 \quad (12)$$

$$[0047] \quad nseg' = \left\lfloor \frac{nseg}{sLen'} \right\rfloor \quad (13)$$

[0048] 其中,

[0049]  $sLen'$  —— 分段每段段长;

[0050] (2)、计算每段对应的加权移动相关系数  $w_r(j)$ , 见公式(14):

$$[0051] \quad w_r(j) = w(j) * \frac{\sum_{i=sLen'*j+1}^{sLen'*(j+1)} r(i)}{sLen'-1}, 1 \leq j \leq nseg' \quad (14)$$

[0052] 其中,

[0053]  $w(j)$  —— 第  $j$  分段对应的相关系数权值, 计算公式如下:

$$[0054] \quad w(j) = \max\left(\frac{\sum_{i=sLen'*j+1}^{sLen'*(j+1)} w_p(i)}{sLen'-1}, \frac{\sum_{i=sLen'*j+1}^{sLen'*(j+1)} w_r(i)}{sLen'-1}\right), 1 \leq j \leq nseg' \quad (15)$$

[0055] 其中,

[0056]  $\max(\dots, \dots)$  —— 取较大值运算;

[0057] 步骤四: 上一步得到移动加权相关系数  $w_r$ , 对其求加权平均计算大脑自调节指数  $CAR_{index}$ , 见公式(16):

$$[0058] \quad CARindex = \frac{\sum_{j=1}^{nseg} wr(j)}{\sum_{j=1}^{nseg} w(j)} \quad (16)$$

[0059] 若 $CARindex > 1$ , 则 $CARindex = 1$ ; 若 $CARindex < -1$ , 则 $CARindex = -1$ ;

[0060] 步骤五: 处理单元向显示单元发出以下信号提示,  $CARindex \in [-1, 1]$ : 当 $CARindex \leq 0$ 时, 发出大脑自调节功能未受损伤; 当 $CARindex > 0$ 时, 越趋近于1, 发出睡眠呼吸暂停综合症对大脑自主调节功能危害越大; 越趋近于0, 发出睡眠呼吸暂停综合症对大脑自主调节功能危害越小。

[0061] 本发明的优点是: 将因睡眠呼吸暂停导致的脉搏血氧饱和度下降, 与受到大脑自调节的组织血氧饱和度的变化联系起来, 采用无创长时简便的方法获取原始数据, 避免了传统方法只能短时间采集并且复杂的缺陷。

[0062] 通过计算脉搏血氧与组织血氧的加权移动相关系数, 得到反映睡眠呼吸暂停对大脑自调节功能影响程度的大脑自调节指数, 从而利用大脑自调节指数来评价睡眠呼吸暂停危险性。

#### 附图说明

[0063] 图1-a是脉搏血氧与组织血氧原始信号的时域波形图。

[0064] 图1-b是脉搏血氧与组织血氧原始信号的部分时间截图。

[0065] 图2-a是经过去噪与降采样预处理后的时域波形图。

[0066] 图2-b是经过去噪与降采样预处理后的部分时间截图。

[0067] 图3-a是脉搏血氧与组织血氧的移动相关系数图。

[0068] 图3-b是脉搏血氧与组织血氧的部分时间截图。

[0069] 图4是脉搏血氧与组织血氧的移动加权相关系数图。

[0070] 图5是本发明的流程图。

#### 具体实施例

[0071] 下面结合附图及实例对本发明做详细描述。

[0072] 以一名患有睡眠呼吸暂停综合症患者为数据样本, 采集夜间近红外光谱信号, 数据时长8小时8分56秒(从19:53:00—04:01:56), 采样率10Hz, 数据长度293360个点。根据近红外光谱信号计算脉搏血氧与组织血氧数据。原始信号时域波形图及部分截图如图1-a与图1-b所示。为了评估该患者的睡眠呼吸暂停综合症对其大脑自主调节功能的影响, 采用本发明对数据进行分析。

[0073] 一种面向睡眠呼吸暂停的大脑自调节指数检测方法, 参照图5, 包括以下步骤:

[0074] 步骤一: 根据近红外光谱记录器所采集的信号自身情况, 对其进行去噪及降采样等预处理, 预处理后信号采样率为0.2Hz, 数据长度为5268个点。预处理后信号时域波形图及部分截图如图2-a与图2-b所示, 之后将处理好的数据发送给处理单元;

[0075] 步骤二: 处理单元计算组织血氧与脉搏血氧的移动相关系数 $r$

[0076] 所需最小频率分辨率 $f_0 = 0.1\text{Hz}$ , 根据公式(1)~(3)得到, 移动分段的移动长度

$mLen=2$ 、段长度 $sLen=6$ 以及分段数 $nseg=2632$ ；根据公式(4)计算各信号分段对应的移动相关系数 $r(i)$ 。最终，得到移动相关系数 $r$ ，如图3所示。

[0077] 步骤三：计算移动加权相关系数 $w_r$ 。

[0078] 根据公式(12)与(13)对移动相关系数进行分段，段长 $sLen'=30$ ，分段数 $nseg'=85$ ；根据公式(15)计算相应权值，最终根据公式(14)得到移动加权相关系数 $w_r$ ，如图4所示。

[0079] 步骤四：对加权移动相关系数 $w_r$ 求加权平均得到大脑自调节指数 $CARindex$ 。

[0080] 根据公式(16)可计算得到该患者的大脑自调节指数 $CARindex=0.7773$ 。

[0081] 步骤五：处理单元向显示单元发出以下信号提示， $CARindex \in [-1, 1]$ ：当 $CARindex \leq 0$ 时，发出大脑自调节功能未受损伤；当 $CARindex > 0$ 时，越趋近于1，发出睡眠呼吸暂停综合症对大脑自主调节功能危害越大；越趋近于0，发出睡眠呼吸暂停综合症对大脑自主调节功能危害越小。该患者的样本数据大脑自调节指数为0.7773，表明睡眠呼吸暂停综合症对其大脑自调节功能损伤很大。

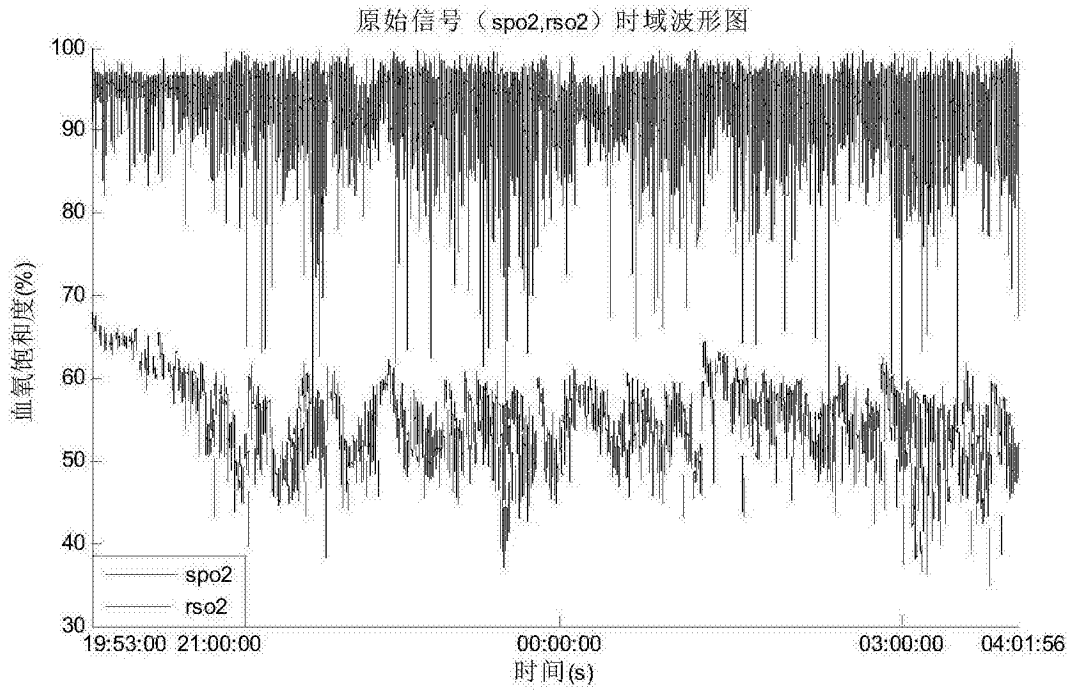


图1-a

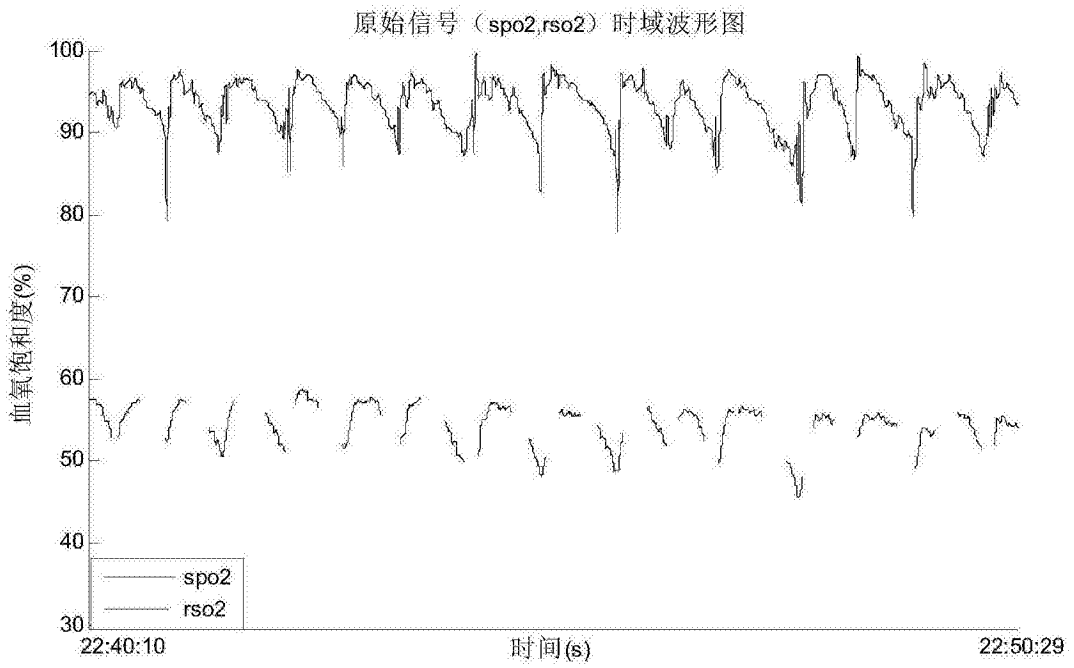


图1-b

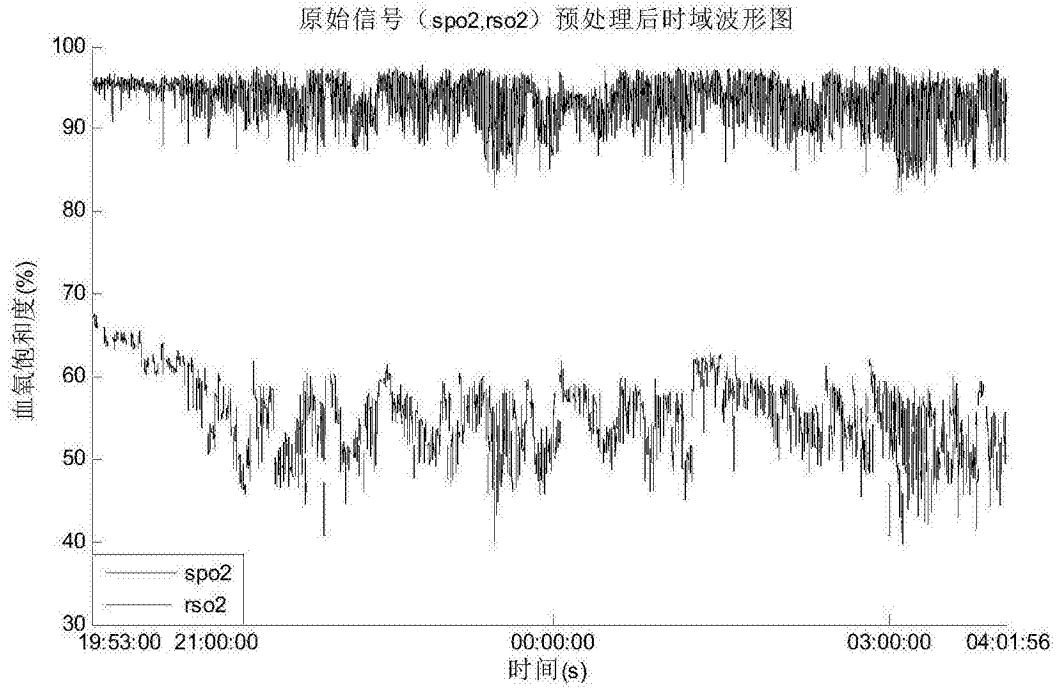


图2-a

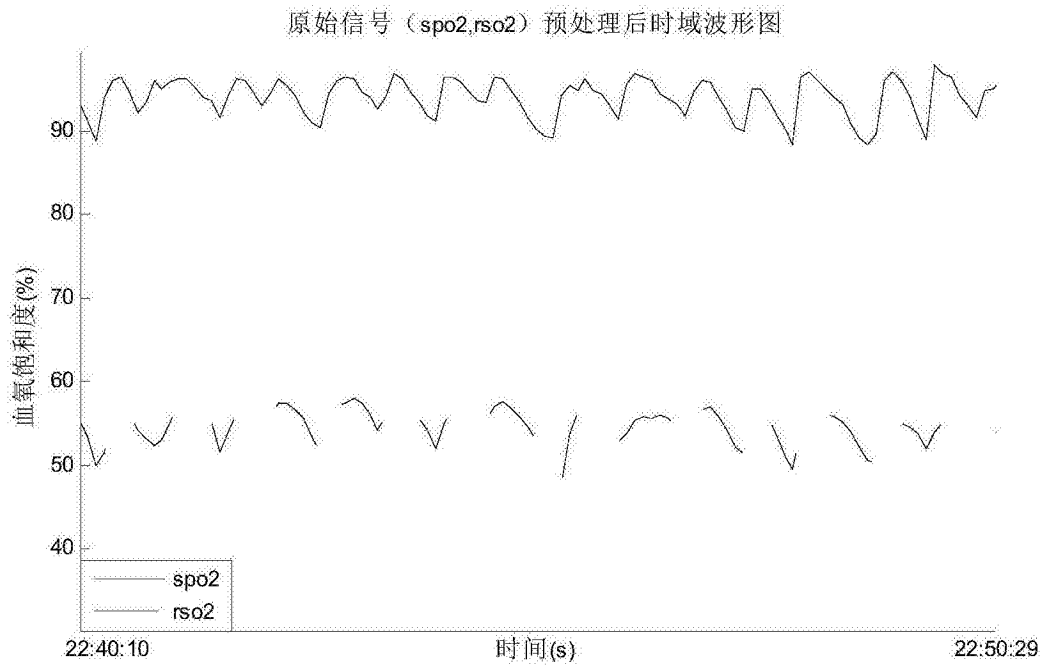


图2-b

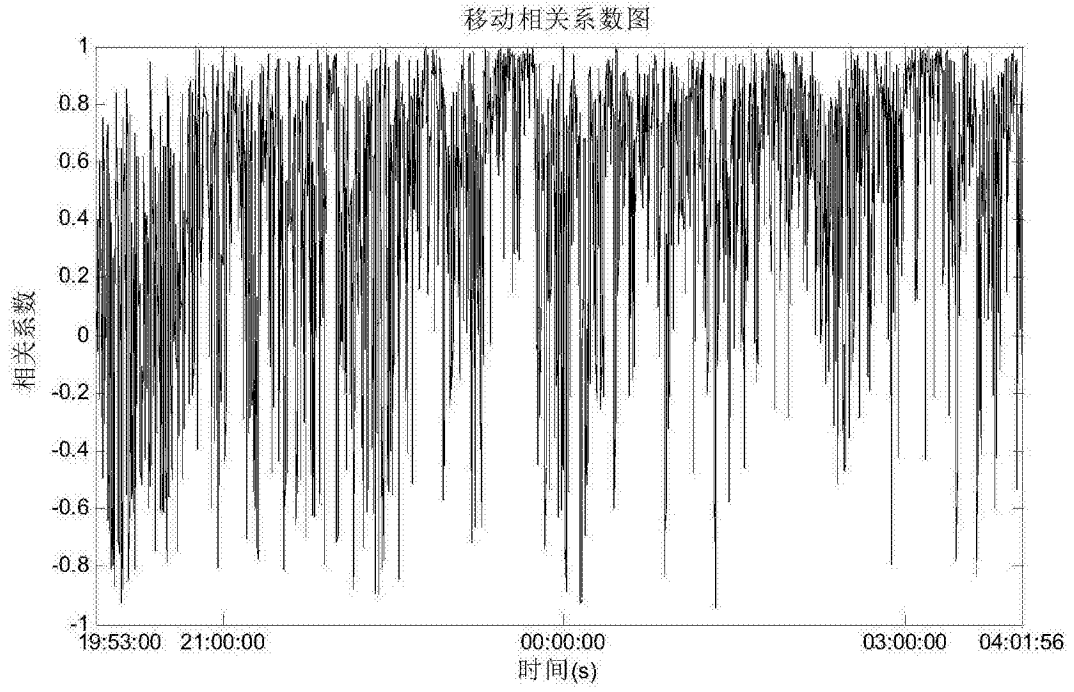


图3-a

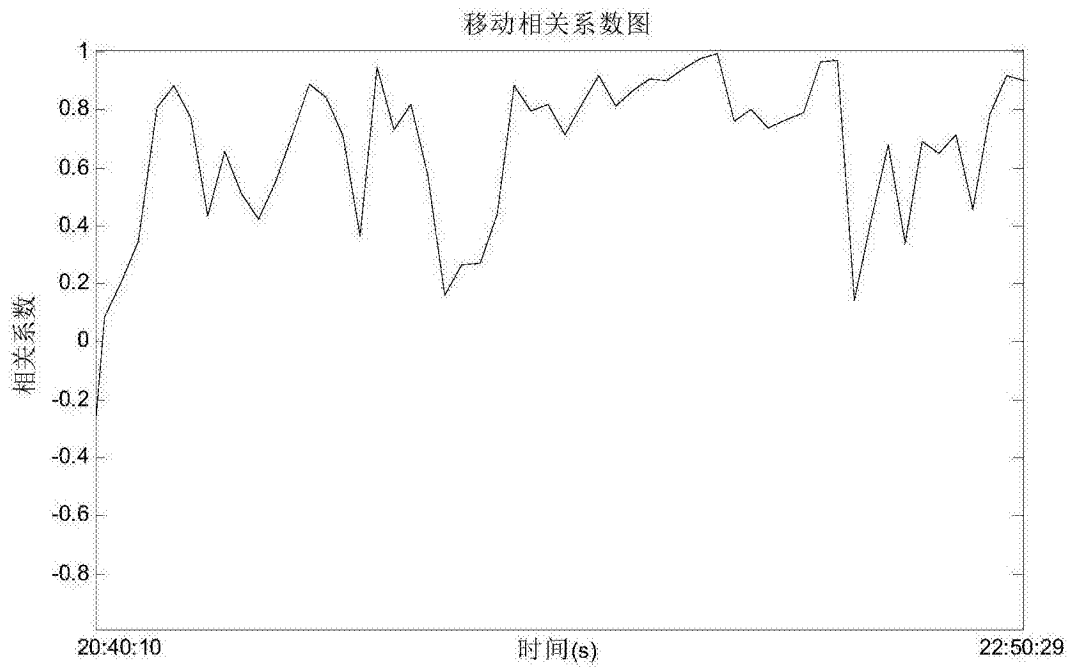


图3-b

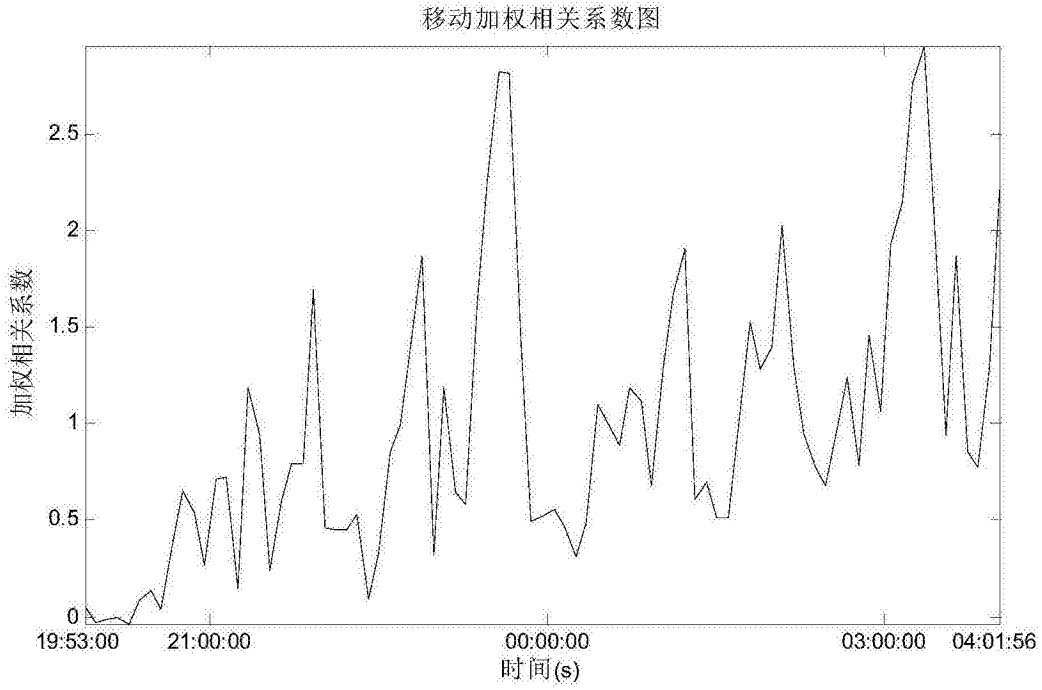


图4

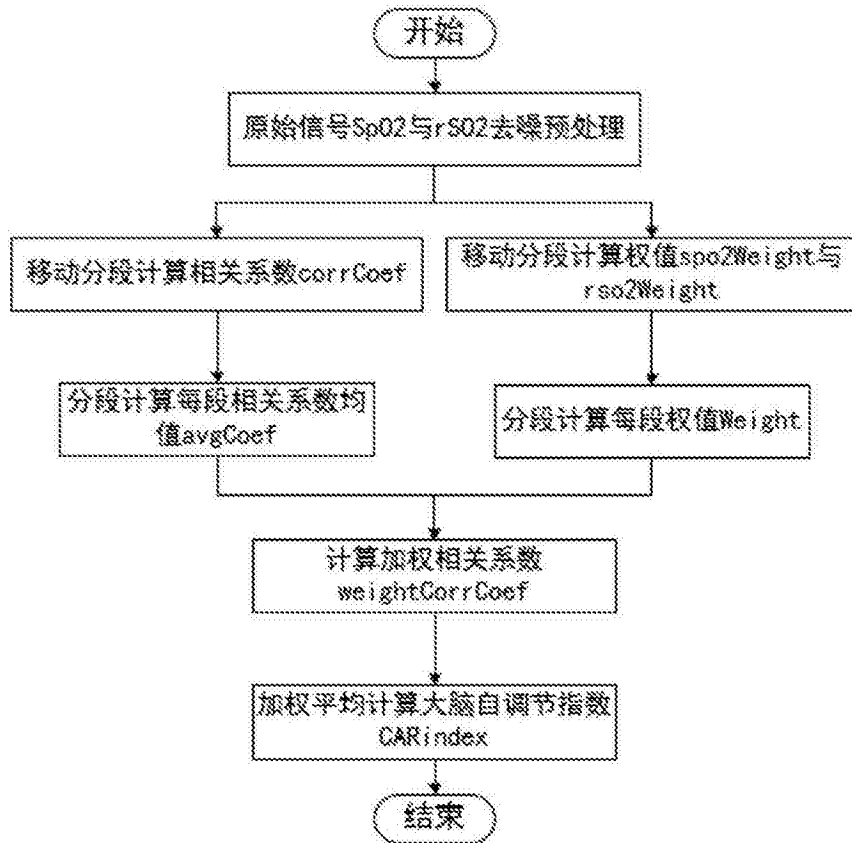


图5

|                |                                                                                |         |            |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 一种面向睡眠呼吸暂停的大脑自调节指数检测方法                                                         |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">CN106037759A</a>                                                   | 公开(公告)日 | 2016-10-26 |
| 申请号            | CN201610505040.0                                                               | 申请日     | 2016-06-30 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 西安交通大学                                                                         |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | 西安交通大学                                                                         |         |            |
| 当前申请(专利权)人(译)  | 西安交通大学                                                                         |         |            |
| [标]发明人         | 张娟<br>吴宁<br>郑崇勋                                                                |         |            |
| 发明人            | 闫相国<br>张娟<br>吴宁<br>王刚<br>郑崇勋                                                   |         |            |
| IPC分类号         | A61B5/1455 A61B5/00                                                            |         |            |
| CPC分类号         | A61B5/0075 A61B5/14551 A61B5/14553 A61B5/4818 A61B5/7203 A61B5/7235 A61B5/7275 |         |            |
| 其他公开文献         | CN106037759B                                                                   |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>                                 |         |            |

摘要(译)

一种面向睡眠呼吸暂停的大脑自调节指数检测方法，包括五个步骤，步骤一、对采用近红外光谱记录器采集得到的组织血氧与脉搏血氧进行去噪、降采样等预处理；步骤二、计算组织血氧与脉搏血氧的移动相关系数 $r$ ；步骤三、对得到的移动相关系数分段加权得到加权移动相关系数 $wr$ ；步骤四、对加权移动相关系数求加权平均得到大脑自调节指数CARindex；步骤五、通过大脑自调节指数评估睡眠呼吸暂停综合症对大脑自调节功能影响；本发明可有效避免现有方法数据采集复杂、操作困难等缺陷。

