



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109330582 A

(43)申请公布日 2019.02.15

(21)申请号 201811006097.1

(22)申请日 2018.08.31

(71)申请人 苏州心生智能科技有限公司  
地址 215000 江苏省苏州市常熟市辛庄大道4号

(72)发明人 郑明 李星辰 吴伟 徐学春  
彭继湘

(51) Int. Cl.  
A61B 5/0245(2006.01)  
A61B 5/0456(2006.01)  
A61B 5/0402(2006.01)  
A61B 5/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

基于心电信号分析的心率及其特征指标检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于心电信号分析的心率及其特征指标检测方法,包括如下步骤:S1) ECG信号预处理:包括如下子步骤,通过高通滤波器、低通滤波器分别消除基线漂移和干扰,同时采用陷波器来滤除工频干扰;通过小波变换多尺度分解、各尺度小波系数除噪、小波逆变换重构信号;S2)R波检测与识别,得到心率次数和心率变异性指标,S3)通过函数得到心率特征相关指标。本发明的有益效果为:其测量结果更加精准。



1. 一种基于心电信号分析的心率及其特征指标检测方法,其特征在于,包括如下步骤:

S1) ECG信号预处理:包括如下子步骤,

通过高通滤波器、低通滤波器分别消除基线漂移和高频干扰,同时采用陷波器来滤除工频干扰;

通过小波变换多尺度分解、各尺度小波系数除噪、小波逆变换重构信号;同时分析心电信号的频谱特性,得到心率变异性的频谱信息;

S2) R波检测与识别,得到心率次数,

S3) 通过函数得到心率特征相关指标。

2. 根据权利要求1所述的基于心电信号分析的心率及其特征指标检测方法,其特征在在于,

步骤S1中,通过下限频率为0.5Hz的高通滤波器、上限频率为100Hz的低通滤波器分别消除基线漂移和高频干扰,同时采用50Hz的陷波器来滤除工频干扰。

3. 根据权利要求1或2所述的基于心电信号分析的心率及其特征指标检测方法,其特征在在于,

S2) 具体包括如下子步骤,

a) 接收S1除噪后的信号,做小波变换,阈值分段,每段包含一个心动周期,在每个心动周期内确定R波;

b) 计算R-R间期,计算平均R波峰值 $f_m$ ,判断R-R间期是否大于 $t$ 毫秒,若否,执行步骤c,若是,执行步骤d;

c) 返回步骤b;

d) 在该R-R间期内寻幅值最大点,并判断 $f_{max}$ 是否大于 $x_1*f_m$ 且小于 $x_2*f_m$ ,若是,执行步骤e,若否,执行步骤f;

e) 计入新R波,结束;

f) 在该R-R间期内寻幅值最小点并判断 $f_m-f_{min}$ 是否大于 $x_3*f_m$ 且小于 $x_4*f_m$ ,若是,则执行步骤e,若否,则执行步骤g;

g) 结束。

4. 根据权利要求3所述的基于心电信号分析的心率及其特征指标检测方法,其特征在在于,

S2) 具体包括如下子步骤,

a) 接收S1除噪后的信号,在1-32尺度下做小波变换,以模极大值的一半作为阈值分段,每段包含一个心动周期,在每个心动周期内确定R波;

b) 计算R-R间期,计算平均R波峰值 $f_m$ ,判断R-R间期是否大于200ms,若否,执行步骤c,若是,执行步骤d;

c) 返回步骤b;

d) 在该R-R间期内寻幅值最大点,并判断 $f_{max}$ 是否大于 $0.5f_m$ 且小于 $1.5f_m$ ,若是,执行步骤e,若否,执行步骤f;

e) 计入新R波,结束;

f) 在该R-R间期内寻幅值最小点并判断 $f_m-f_{min}$ 是否大于 $f_m$ 且小于 $3f_m$ ,若是,则执行步骤e,若否,则执行步骤g;

g) 结束。

## 基于心电信号分析的心率及其特征指标检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及运动科学和生理参数测定技术领域,具体涉及一种基于心电信号分析的心率及其特征指标检测方法。

### 背景技术

[0002] 人体运动特征指标分析与提取是评估人体一切有关运动相关活动的前提,也是对单兵训练作战任务效能评估的重要依据。人体运动特征指标包括 $V_{O_2}$ (氧消耗量), $V_{O_{2max}}$ (最大氧消耗量),EE(能量消耗),EPOC(运动后过氧消耗量),TE(训练效果)等等指标。在运动生理学领域, $V_{O_2}$ 、 $V_{O_{2max}}$ 、EPOC分别是评估运动强度、心肺健康、训练影响的重要标准,在传统的测量过程中,这些指标都采用实验室方法进行直接测量,通过相关昂贵的专用仪器设备对被实验人员进行测量,不具有普适性,而且每个人的各个指标数据也会跟随个人的身体机能的改变而发生改变,因此,实验法只能作为数据采集与获取的一种手段。近年来,研究学者们也对 $V_{O_2}$ 、EPOC等指标进行相关研究,建立该类指标与HR(心率)的相关线性回归方程,虽然与实验结果趋势一致,但是运用到个人身上还存在较大的误差。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种基于心电信号分析的心率及其特征指标检测方法,其测量结果更加精准。

[0004] 为实现上述目的,本发明的技术方案是

一种基于心电信号分析的心率及其特征指标检测方法,包括如下步骤:

S1) ECG信号预处理:包括如下子步骤,

通过高通滤波器、低通滤波器分别消除基线漂移和高频干扰,同时采用陷波器来滤除工频干扰;

通过小波变换多尺度分解、各尺度小波系数除噪、小波逆变换重构信号;同时分析心电信号的频谱特性,得到心率变异性的频谱信息;

S2) R波检测与识别,得到心率次数,

S3) 通过函数得到心率特征相关指标。

[0005] 优选地,

步骤S1中,通过下限频率为0.5Hz的高通滤波器、上限频率为100Hz的低通滤波器分别消除基线漂移和高频干扰,同时采用50Hz的陷波器来滤除工频干扰。

[0006] 优选地,

S2) 具体包括如下子步骤,

a) 接收S1除噪后的信号,做小波变换,阈值分段,每段包含一个心动周期,在每个心动周期内确定R波;

b) 计算R-R间期,计算平均R波峰值 $f_m$ ,判断R-R间期是否大于 $t$ 毫秒,若否,执行步骤c,若是,执行步骤d;

- c) 返回步骤b;
- d) 在该R-R间期内寻幅值最大点,并判断 $f_{max}$ 是否大于 $x_1 \cdot f_m$ 且小于 $x_2 \cdot f_m$ ,若是,执行步骤e,若否,执行步骤f;
- e) 计入新R波,结束;
- f) 在该R-R间期内寻幅值最小点并判断 $f_m - f_{min}$ 是否大于 $x_3 \cdot f_m$ 且小于 $x_4 \cdot f_m$ ,若是,则执行步骤e,若否,则执行步骤g;
- g) 结束。

[0007] 优选地,

S2) 具体包括如下子步骤,

- a) 接收S1除噪后的信号,在1-32尺度下做小波变换,以模极大值的一半作为阈值分段,每段包含一个心动周期,在每个心动周期内确定R波;
- b) 计算R-R间期,计算平均R波峰值 $f_m$ ,判断R-R间期是否大于200ms,若否,执行步骤c,若是,执行步骤d;
- c) 返回步骤b;
- d) 在该R-R间期内寻幅值最大点,并判断 $f_{max}$ 是否大于 $0.5 f_m$ 且小于 $1.5 f_m$ ,若是,执行步骤e,若否,执行步骤f;
- e) 计入新R波,结束;
- f) 在该R-R间期内寻幅值最小点并判断 $f_m - f_{min}$ 是否大于 $f_m$ 且小于 $3 f_m$ ,若是,则执行步骤e,若否,则执行步骤g;
- g) 结束。

[0008] 本发明的有益效果为:其测量结果更加精准。

## 附图说明

[0009] 图1为典型的心电信号的整个心动周期的频谱估计图;

图2为本发明步骤S1的流程示意图;

图3为本发明步骤S2的流程示意图。

## 具体实施方式

[0010] 下面结合实施例,对本发明的具体实施方式作进一步描述。以下实施例仅用于更加清楚地说明本发明的技术方案,而不能以此来限制本发明的保护范围。

[0011] 本发明具体实施的技术方案是:

一种基于心电信号分析的心率及其特征指标检测方法,包括如下步骤:

S1) ECG信号预处理:包括如下子步骤,

通过高通滤波器、低通滤波器分别消除基线漂移和高频干扰,同时采用陷波器来滤除工频干扰;

通过小波变换多尺度分解、各尺度小波系数除噪、小波逆变换重构信号;

S2) R波检测与识别,得到心率次数和心率变异性指标,

S3) 通过函数得到心率特征相关指标。

[0012] 步骤S1中,通过下限频率为0.5Hz的高通滤波器、上限频率为100Hz的低通滤波器

分别消除基线漂移和高频干扰,同时采用50Hz的陷波器来滤除工频干扰。

[0013] S2) 具体包括如下子步骤,

a) 接收S1除噪后的信号,在1-32尺度下做小波变换,以模极大值的一半作为阈值分段,每段包含一个心动周期,在每个心动周期内确定R波;

b) 计算R-R间期,计算平均R波峰值 $f_m$ ,判断R-R间期是否大于2000,若否,执行步骤c,若是,执行步骤d;

c) 返回步骤b;

d) 在该R-R间期内寻幅值最大点,并判断 $f_{max}$ 是否大于 $0.5f_m$ 且小于 $1.5f_m$ ,若是,执行步骤e,若否,执行步骤f;

e) 计入新R波,结束;

f) 在该R-R间期内寻幅值最小点并判断 $f_m - f_{min}$ 是否大于 $f_m$ 且小于 $3f_m$ ,若是,则执行步骤e,若否,则执行步骤g;

g) 结束。

[0014] 本发明的工作原理为:

典型的心电信号的整个心动周期的频谱估计图如图1所示,可以明显看出心电信号各波的能量主要集中在低频区域,且随着频率的增高,相应的能量逐渐降低。心电信号的整体频谱范围在 $0.05\text{Hz} \sim 100\text{Hz}$ ,但能量主要集中在 $0.5 \sim 45\text{Hz}$ ,能量的最高点在 $8 \sim 15\text{Hz}$ 附近;QRS波群的频谱带宽为 $3 \sim 40\text{Hz}$ ,积聚了将近99%的能量,波峰能量集中在 $6 \sim 18\text{Hz}$ 附近,P波的频谱带宽为 $0 \sim 18\text{Hz}$ ,波峰能量集中在 $5 \sim 12\text{Hz}$ ;T波的频谱带宽为 $0 \sim 8\text{Hz}$ ,波峰能量集中在 $0 \sim 8\text{Hz}$ 区间。

[0015] 在采集、放大及传输心电信号的过程中,由于受人体、采集仪器、电磁环境、操作水平等的影响,不可避免会有许多干扰耦合到心电信号,存在50Hz工频干扰、基线漂移、肌电干扰等扰动,心电信号还受到其他的随机噪声和环境干扰的影响,如加性白噪声、极化噪声、仪器内部噪声等。

[0016] 心电信号预处理要从硬件电路优化设计和软件数字滤波器的设计两个方面考虑。根据心电信号的频谱分布特点,在硬件方面,需要设计下限频率为 $0.5\text{Hz}$ 的高通滤波器和上限频率为 $100\text{Hz}$ 的低通滤波器分别消除基线漂移和肌电等高频干扰,同时还应考虑设计 $50\text{Hz}$ 的陷波器来滤除工频干扰。鉴于硬件滤波器的元器件精度、稳定性要求以及难以实现严格线性相位等问题,仅采用硬件滤波不能满足滤波性能的要求,需要探究基于小波变换的数字滤波方法,流程图如图2所示。

[0017] 心电波形的特征参数检测和波形识别是心电信号处理涉及的一个重要问题,它是实现心电信号自动分析与诊断系统的关键。而QRS波群的检测是ECG信号分析诊断的前提和基础,只有R波标定后,才可能计算心率,检测ST段参数及正确区分心律失常事件。提出基于小波变换的R波检测,流程图如图3所示。小波具有多分辨率的特点,心电信号上的峰值奇异点(R波)在尺度域上对应一个模极大值点或者是极大极小值的过零点,采用这种方法可以精确地把R波从心电波形中分离出来。

[0018] 本发明的有益效果为:其测量结果更加精准。

[0019] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明技术原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰

也应视为本发明的保护范围。

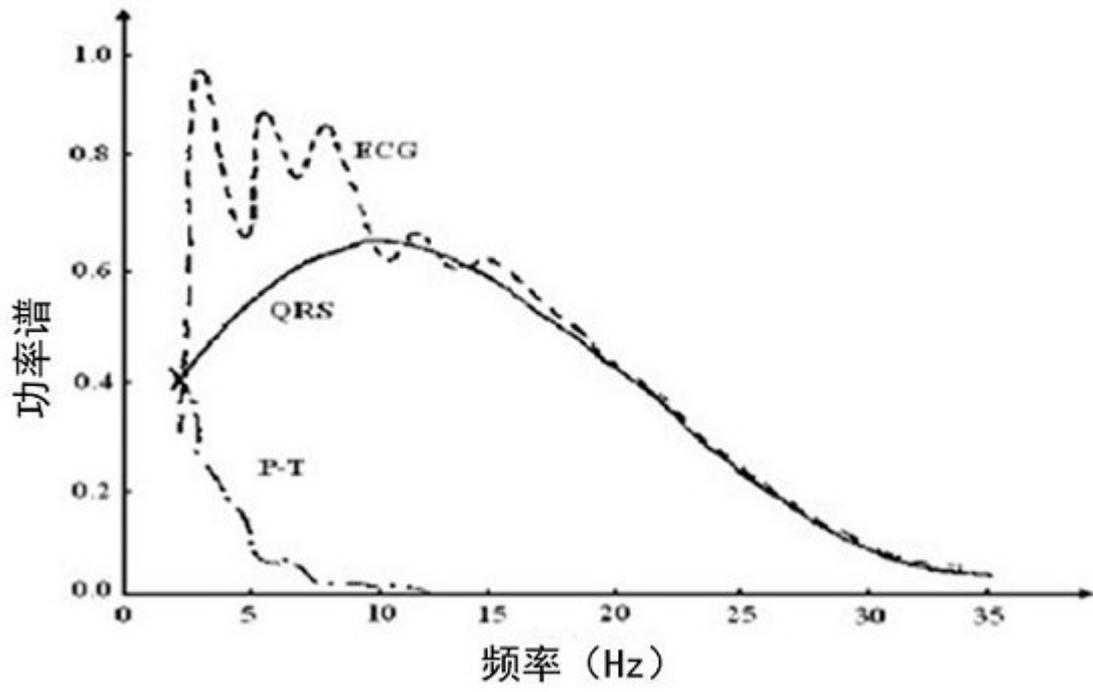


图1



图2

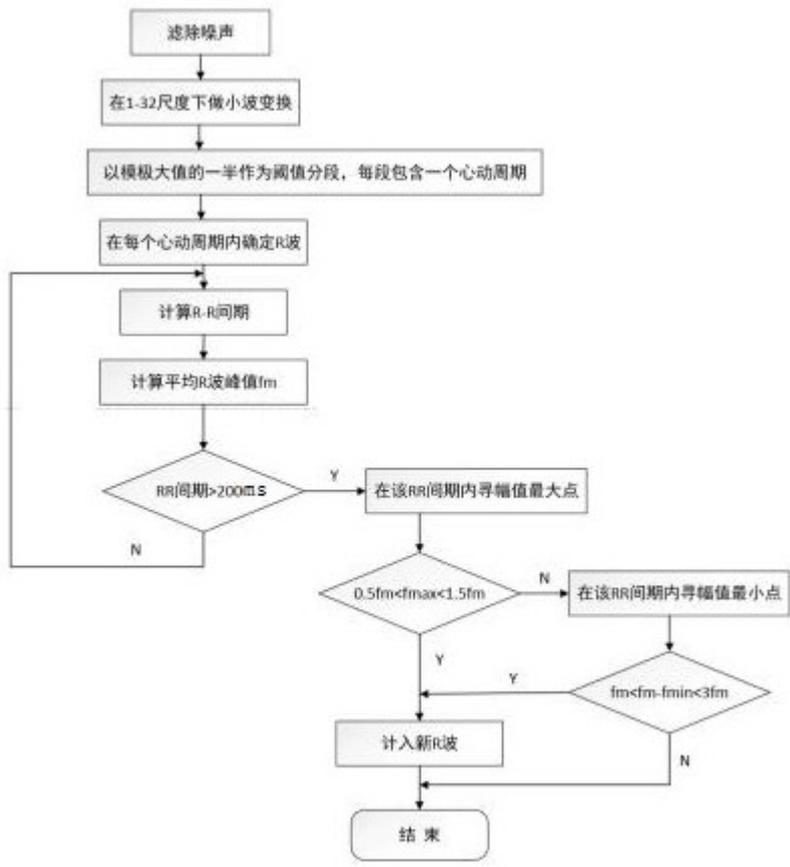


图3

专利名称(译)	基于心电信号分析的心率及其特征指标检测方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN109330582A</a>	公开(公告)日	2019-02-15
申请号	CN201811006097.1	申请日	2018-08-31
[标]发明人	郑明 李星辰 吴伟 徐学春 彭继湘		
发明人	郑明 李星辰 吴伟 徐学春 彭继湘		
IPC分类号	A61B5/0245 A61B5/0456 A61B5/0402 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/0245 A61B5/04012 A61B5/0402 A61B5/0456 A61B5/7203 A61B5/7225 A61B5/726		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明公开了一种基于心电信号分析的心率及其特征指标检测方法，包括如下步骤：S1)ECG信号预处理：包括如下子步骤，通过高通滤波器、低通滤波器分别消除基线漂移和干扰，同时采用陷波器来滤除工频干扰；通过小波变换多尺度分解、各尺度小波系数除噪、小波逆变换重构信号；S2)R波检测与识别，得到心率次数和心率变异性指标，S3)通过函数得到心率特征相关指标。本发明的有益效果为：其测量结果更加精准。

