



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110403595 A

(43)申请公布日 2019.11.05

(21)申请号 201910527239.7

(22)申请日 2019.06.18

(71)申请人 中国人民解放军陆军军医大学

地址 400038 重庆市沙坪坝区高滩岩正街
30号

(72)发明人 李永勤 龚渝顺 魏良 谢佳玲
王建杰 陈碧华 何密

(74)专利代理机构 重庆鼎慧峰合知识产权代理
事务所(普通合伙) 50236

代理人 刘立烈

(51)Int.Cl.

A61B 5/0402(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

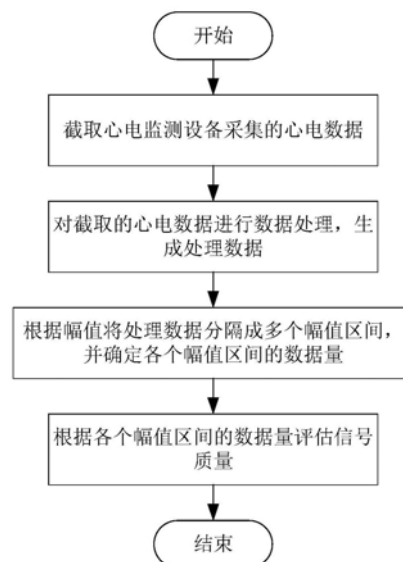
权利要求书2页 说明书6页 附图6页

(54)发明名称

可穿戴式心电监测设备的信号质量评估方法

(57)摘要

本发明公开一种可穿戴式心电监测设备的信号质量评估方法,用于低噪声信号通道以及高质量信号段的选择,从而避免运动干扰对心率及心电参数实时分析结果的影响。该方法首先通过数据变换突出心电信号形态特征,之后利用信号幅值统计分布状态确定最大阈值,并以之对信号幅度进行等间隔分割。最后,统计落在不同分割区域的样点数,利用分割区域比值对信号质量进行评估,从而实时判断并选择信号质量较高的心电数据段,用于各种状态下穿戴式心电监测的准确心率计算以及有效心电分析。



1. 一种可穿戴式心电监测设备的信号质量评估方法,其特征在于,包括:
 步骤1、按照预设的截取长度,截取心电监测设备采集的心电数据 $x(n)$;
 步骤2、对截取的心电数据 $x(n)$ 进行数据处理,生成处理数据;
 步骤3、根据幅值将处理数据分割成 N 个幅值区间 A_i ,并统计每个幅值区间 A_i 的数据量 n_i ;
 步骤4、选择幅值区间 A_i 的数据量 n_i 评估信号质量。
2. 根据权利要求1所述的可穿戴式心电监测设备的信号质量评估方法,其特征在于,所述截取长度大于等于3秒,且小于等于10秒。
3. 根据权利要求1所述的可穿戴式心电监测设备的信号质量评估方法,其特征在于,所述步骤2中,采用以下方法对截取的心电数据 $x(n)$ 进行数据处理:
 对截取的心电数据 $x(n)$ 进行变换,放大心电数据 $x(n)$ 的R波特征,生成变换数据 $y(n)$;
 计算变换数据 $y(n)$ 幅值的四分位距IQR;
 根据四分位距IQR确定异常值阈值 th ;
 根据异常值阈值 th 剔除变换数据 $y(n)$ 中的异常数据,生成处理数据。
4. 根据权利要求3所述的可穿戴式心电监测设备的信号质量评估方法,其特征在于,采用以下计算式对截取的心电数据 $x(n)$ 进行变换:

$$y(n) = \left| 2x(n) - x\left(n - \left\lfloor \frac{\alpha f_s}{2} \right\rfloor\right) - x\left(n + \left\lfloor \frac{\alpha f_s}{2} \right\rfloor\right) \right|;$$
 其中, f_s 为信号采样频率, α 为正常心电QRS波的宽度。
5. 根据权利要求3所述的可穿戴式心电监测设备的信号质量评估方法,其特征在于,采用以下计算式确定异常值阈值 th ;

$$th = 1.5 \times IQR + y_{0.98};$$
 其中, $y_{0.98}$ 为心电数据98%位点的幅值。
6. 根据权利要求1所述的可穿戴式心电监测设备的信号质量评估方法,其特征在于,所述步骤3包括:
 确定处理数据的幅值范围;
 将幅值范围等分成 N 个幅值区间 A_i ,确定每个幅值区间的阈值范围;
 统计处理数据在各个幅值区间 A_i 中的的数据量 n_i 。
7. 根据权利要求1所述的可穿戴式心电监测设备的信号质量评估方法,其特征在于,所述步骤4中,包括QRS复合波的质量评估。
8. 根据权利要求7所述的可穿戴式心电监测设备的信号质量评估方法,其特征在于,所述QRS复合波的质量评估包括:
 根据幅值区间的数据量 n_i ,按照以下计算式计算评价指标 R_1 ;

$$R_1 = n_1 / (n_4 + n_5)$$
 其中, n_1 为第一幅值区间的数据量, n_4 为第四幅值区间的数据量, n_5 为第五幅值区间的数据量;
 采用以下评估标准评估QRS复合波的信号质量,确定心电数据应用于心率计算的可靠性:

$$\begin{cases} R_1 > \beta & ; \quad \text{可准确计算} \\ \delta < R_1 < \beta & ; \quad \text{计算可能出错;} \\ R_1 < \delta & ; \quad \text{无法计算} \end{cases}$$

其中, β 、 δ 分别为评价指标 R_1 的最大阈值和最小阈值。

9.根据权利要求8所述的可穿戴式心电监测设备的信号质量评估方法,其特征在于,所述步骤4中,还包括T波及P波的质量评估。

10.根据权利要求9所述的可穿戴式心电监测设备的信号质量评估方法,其特征在于,所述T波及P波的质量评估包括:

步骤S1、根据幅值区间的数据量,按照以下计算式计算评价指标 R_1 ;

$$R_1 = n_1 / (n_4 + n_5)$$

步骤S2、判定评价指标是否大于5;

若小于5,则不能获取有效的T波和P波信息;

若大于5,则进入步骤S3;

步骤S3、按照以下计算式计算二次评价指标 R_2 ;

$$R_2 = n_1 / n_2$$

n_2 为第二幅值区间的数据量;

步骤S4、采用以下评价标准评估T波及P波的信号质量,确定心电数据应用于T波与P波相关的参数分析的可靠性:

$$\begin{cases} R_2 > \eta & ; \quad \text{可分析} \\ \mu < R_2 < \eta & ; \quad \text{分析可能出错} \\ R_2 < \mu & ; \quad \text{无法分析} \end{cases} ;$$

其中, η 、 μ 分别为二次评价指标 R_2 的最大阈值和最小阈值。

可穿戴式心电监测设备的信号质量评估方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于处置或处理医疗或健康数据的信息和通信技术领域,特别是涉及一种可穿戴式心电监测设备的信号质量评估方法。

背景技术

[0002] 在穿戴式心电监测中,心率的计算以及心电信号的PR间期、QRS宽度、QT间期等参数的分析能够实时对人体心脏活动进行监控,一方面可对人体运动状态进行评估,另一方面可实时探测人体心脏异常电活动的发生,具有很高的临床应用价值。但穿戴式心电监测面临着运动干扰的影响,尤其是在肢体活动幅度较大以及运动强度较大时,心电信号会因混入了严重干扰,影响准确的心率计算以及心电参数的分析结果。

[0003] 因此,需要一种能够评估穿戴式心电监测设备信号质量的方法,用于低噪声信号通道以及高质量信号段的选择,为心率及心电参数实时准确的分析计算提供评价依据。

发明内容

[0004] 为解决以上技术问题,本发明提供一种能够评估运动状态下穿戴式心电监测信号质量的算法,用于信号通道的选择以及高质量信号段的截取使用,为心率及心电参数实时准确的分析计算提供评价依据。

[0005] 技术方案如下:

[0006] 一种可穿戴式心电监测设备的信号质量评估方法,包括:

[0007] 步骤1、按照预设的截取长度,截取心电监测设备采集的心电数据 $x(n)$;

[0008] 步骤2、对截取的心电数据 $x(n)$ 进行数据处理,生成处理数据;

[0009] 步骤3、根据幅值将处理数据分割成 N 个幅值区间 A_i ,并统计每个幅值区间 A_i 的数据量 n_i ;

[0010] 步骤4、选择幅值区间 A_i 的数据量 n_i 评估信号质量。

[0011] 更进一步的,所述截取长度大于等于3秒,且小于等于10秒。

[0012] 更进一步的,所述步骤2中,采用以下方法对截取的心电数据 $x(n)$ 进行数据处理:

[0013] 对截取的心电数据 $x(n)$ 进行变换,放大心电数据 $x(n)$ 的R波特征,生成变换数据 $y(n)$;

[0014] 计算变换数据 $y(n)$ 幅值的四分位距IQR;

[0015] 根据四分位距IQR确定异常值阈值 th ;

[0016] 根据异常值阈值 th 剔除变换数据 $y(n)$ 中的异常数据,生成处理数据。

[0017] 更进一步的,采用以下计算式对截取的心电数据 $x(n)$ 进行变换;

$$[0018] \quad y(n) = \left| 2x(n) - x\left(n - \left\lfloor \frac{\alpha f_s}{2} \right\rfloor\right) - x\left(n + \left\lfloor \frac{\alpha f_s}{2} \right\rfloor\right) \right|;$$

[0019] 其中, f_s 为信号采样频率, α 为正常心电QRS波的宽度。

[0020] 更进一步的,采用以下计算式确定异常值阈值 th ;

[0021] $th = 1.5 \times IQR + y_{0.98}$;

[0022] 其中, $y_{0.98}$ 为心电数据98%位点的幅值。

[0023] 更进一步的, 所述步骤3包括:

[0024] 确定处理数据 $x(n)$ 的幅值范围;

[0025] 将幅值范围等分成 N 个幅值子范围, 确定每个幅值区间 A_i 的阈值范围;

[0026] 根据阈值范围将处理数据分割成 N 个幅值区间 A_i ;

[0027] 统计各个幅值区间 A_i 的数据量。

[0028] 更进一步的, 所述步骤4中, 包括QRS复合波的质量评估。

[0029] 更进一步的, 所述QRS复合波的质量评估包括:

[0030] 根据幅值区间的数据量 n_i , 按照以下计算式计算评价指标 R_1 ;

[0031] $R_1 = n_1 / (n_4 + n_5)$

[0032] 其中, n_1 为第一幅值区间的数据量, n_4 为第四幅值区间的数据量, n_5 为第五幅值区间的数据量;

[0033] 采用以下评估标准评估QRS复合波的信号质量。

[0034]
$$\begin{cases} R_1 > \beta & ; \quad \text{可准确计算} \\ \delta < R_1 < \beta & ; \quad \text{计算可能出错;} \\ R_1 < \delta & ; \quad \text{无法计算} \end{cases}$$

[0035] 其中, β 、 δ 分别为评价指标 R_1 的最大阈值和最小阈值。

[0036] 更进一步的, 所述步骤4中, 包括T波及P波的质量评估。

[0037] 更进一步的, 所述T波及P波的质量评估包括:

[0038] 步骤S1、根据幅值区间的数据量, 按照以下计算式计算评价指标 R_1 ;

[0039] $R_1 = n_1 / (n_4 + n_5)$

[0040] 步骤S2、判定评价指标是否大于5;

[0041] 若小于5, 则不能获取有效的T波和P波信息;

[0042] 若大于5, 则进入步骤S3;

[0043] 步骤S3、按照以下计算式计算二次评价指标 R_2 ;

[0044] $R_2 = n_1 / n_2$

[0045] n_2 为第二幅值区间的数据量;

[0046] 步骤S4、采用以下评价标准评估T波及P波的信号质量

[0047]
$$\begin{cases} R_2 > \eta & ; \quad \text{可分析} \\ \mu < R_2 < \eta & ; \quad \text{分析可能出错} \\ R_2 < \mu & ; \quad \text{无法分析} \end{cases};$$

[0048] 其中, η 、 μ 分别为二次评价指标 R_2 的最大阈值和最小阈值。

[0049] 有益效果: 能准确评估可穿戴监护设备采集的心电数据的质量, 以便监护设备选择干扰较小的采样通道进行数据采集, 并且心电监护设备可以选择干扰小的心电数据进行分析计算, 从而在很大程度上提高数据心率检测的准确性以及分析结果的可靠性, 为心率

及心电参数实时准确的分析计算提供评价依据。

附图说明

- [0050] 图1为本发明的评估方法的流程图；
- [0051] 图2为数据处理的流程图；
- [0052] 图3为数据分隔分割的流程图；
- [0053] 图4为T波及P波的质量评估流程图；
- [0054] 图5为正常情况下载取的心电数据的数据图；
- [0055] 图6为图5的心电数据变换后的数据图；
- [0056] 图7为各个幅值区间的数据量的分布图；
- [0057] 图8为受到干扰情况下的心电数据的数据图；
- [0058] 图9为图8的心电数据变换后的数据图；
- [0059] 图10为各个幅值区间的数据量的分布图。

具体实施方式

- [0060] 下面结合实施例和附图对本发明作进一步说明。
- [0061] 如图1所示的可穿戴式心电监测设备的信号质量评估方法流程图,该评估方法包括:
 - [0062] 步骤1、按照预设的截取长度,截取心电监测设备采集的心电数据 $x(n)$;
 - [0063] 步骤2、对截取的心电数据 $x(n)$ 进行数据处理,生成处理数据;
 - [0064] 步骤3、根据幅值将处理数据分割成 N 个幅值区间 A_i ,并统计每个幅值区间 A_i 的数据量 n_i ;
 - [0065] 步骤4、选择幅值区间 A_i 的数据量 n_i 评估信号质量。
- [0066] 具体而言,实时从可穿戴式心电监护设备采集的每个通道的心电数据中,分别截取一段和预设的截取长度相同的心电数据。正常情况下载取的心电数据如图5所示,受到干扰的情况下,截取的心电数据如图8所示。
- [0067] 通过对截取的心电数据的数据处理,放大心电数据的形态特征,比如R波特征,从而抑制干扰。
- [0068] 然后根据幅值将处理后的处理数据分割成10个幅值区间 A_i 。其中, $i=1,2,3,\dots,10$ 。然后统计各个幅值区间 A_i 的数据量。根据各个幅值区间 A_i 的数据量确定评估穿戴式设备采集的心电数据的采样点分布情况,以此评估心电数据的质量。以便选择信号通道以及高质量的信号段,为心率及心电参数实时准确的分析计算提供评价依据。
- [0069] 在本实施例中,为了减少数据计算量,并保证评估准确性,优选的,所述截取长度大于等于3秒,且小于等于10秒。
- [0070] 在本实施例中,优选的,如图2所示,所述步骤2中,采用以下方法对截取的心电数据 $x(n)$ 进行数据处理:
 - [0071] 对截取的心电数据 $x(n)$ 进行变换,放大心电数据 $x(n)$ 的R波特征,生成变换数据 $y(n)$;
 - [0072] 计算变换数据 $y(n)$ 幅值的四分位距IQR;

[0073] 根据四分位距IQR确定异常值阈值th;

[0074] 根据异常值阈值th剔除变换数据y(n)中的异常数据,生成处理数据。

[0075] 具体而言,对截取的心电数据进行变换后,可以放大心电数据的R波特征,正常情况,变换后的信号,通过对幅值分布进行分析,可以间接反映R波特征的显著性,从而准确评估整个心电信号的质量。四分位距反映了变化后数据的离散程度,通过四分位距确定的异常值阈值表示变换后数据的正常范围,由此,可以剔除变换后数据中由于特殊情况,比如电极扯动、基线跳变等造成的异常数据,提高评估结果的准确性。

[0076] 对图5的心电数据进行数据处理后,得到的处理数据如图6所示,对图8的心电数据进行数据处理后,得到的处理数据如图9所示。

[0077] 在本实施例中,优选的,采用以下计算式对截取的心电数据x(n)进行变换;

$$[0078] \quad y(n) = \left| 2x(n) - x\left(n - \left\lfloor \frac{\alpha f_s}{2} \right\rfloor\right) - x\left(n + \left\lfloor \frac{\alpha f_s}{2} \right\rfloor\right) \right|;$$

[0079] 其中, f_s 为信号采样频率, α 为正常心电QRS波的宽度,在本实施例中, $\alpha \in [0.06, 0.1]$ 。由此可以放大心电数据的R波特征,由于R波特征在心电数据中最明显,只有在R波质量较高时,才有可能有效的进行心电其他特征参数的分析,因此通过对R波特征的干扰状态进行分析,更能准确评估心电信号的质量。

[0080] 在本实施例中,优选的,采用以下计算式确定异常值阈值th;

$$[0081] \quad th = 1.5 \times IQR + y_{0.98};$$

[0082] 其中, $y_{0.98}$ 为心电数据98%位点的幅值。

[0083] 具体而言,四分位距反映了处理数据x(n)'的离散程度,通过四分位距计算的异常阈值更准确地反映了处理数据的正常范围,因此,能更准确地剔除处理数据中的异常数据,保证评估结果的准确性。

[0084] 在本实施例中,优选的,如图3所示,所述步骤3中,所述对处理数据x(n)'中所有采样点数据进行归类包括:

[0085] 确定处理数据的幅值范围;

[0086] 将幅值范围等分成N个幅值子范围,确定每个幅值区间 A_i 的阈值范围;

[0087] 根据阈值范围将处理数据分割成N个幅值区间 A_i ;

[0088] 统计各个幅值区间 A_i 的数据量。

[0089] 具体而言,可以根据处理数据的幅值范围确定处理数据的极差,由此确定每个幅值子范围的极差,并根据处理数据的幅值范围和每个幅值子范围的极差,依次确定第1幅值区间、第2幅值区间、、、、第10幅值区间的阈值范围。最后根据各个采样点的幅值所在的阈值范围,将采样点分隔到对应的幅值区间 A_i 内,计数落入各个幅值子范围的采样点数据,从而确定各区间中的数据量 n_i ,以此确定采样点的分布情况。

[0090] 图6所示的处理数据,最后统计的各个幅值区间的样点计数如图7所示。图9所示的处理数据,最后统计的各个幅值区间的样点计数如图10所示。

[0091] 在本实施例中,优选的,所述步骤4中,包括QRS复合波的质量评估。通过对QRS复合波的质量评估,可以评估心电数据用于计算心率的可行性。

[0092] 在本实施例中,优选的,所述QRS复合波的质量评估包括:

[0093] 根据幅值区间的数据量 n_i ,按照以下计算式计算评价指标 R_1 ;

$$[0094] \quad R_1 = n_1 / (n_4 + n_5)$$

[0095] 其中, n_1 为第一幅值区间的数据量, n_4 为第四幅值区间的数据量, n_5 为第五幅值区间的数据量。根据图7计算出的评价指标 R_1 为17.6,根据图9计算出的评价指标 R_1 为5.2。

[0096] 采用以下评估标准评估QRS复合波的信号质量。

$$[0097] \quad \begin{cases} R_1 > \beta & ; \quad \text{可准确计算} \\ \delta < R_1 < \beta & ; \quad \text{计算可能出错;} \\ R_1 < \delta & ; \quad \text{无法计算} \end{cases}$$

[0098] 其中, β 、 δ 分别为评价指标 R_1 的最大阈值和最小阈值。

[0099] 具体而言,在本实施例中, $\beta=5$ 、 $\delta=1$,心电信号受到的干扰越小,信号中R波的特征就越突出,所以变换后的信号中大多数样点的幅值处于0附近,而仅有少数R波位置的样点能够具有较高的幅值,以至在分析信号幅值分布时,采样点大量集中在第1幅值区间 A_i ,反之数据就会因干扰的出现而分散集中在第2至第5区间中。因此将第1区间 A_i 的样点数 n_1 与第4幅值区间 A_i 、第5幅值区间 A_i 的样点数 n_4 、 n_5 进行比值可作为评价指标,反映出正常采样数据与受到干扰的采样数据之间的差异,从而准确评估心电数据的信号质量。

[0100] 在本实施例中,优选的,所述步骤4中,包括T波及P波的质量评估。通过进行T波及P波的质量评估,可以评估心电数据用于分析心电参数的可行性。

[0101] 在本实施例中,优选的,如图4所示,所述T波及P波的质量评估包括:

[0102] 步骤S1、根据幅值区间的数据量,按照以下计算式计算评价指标 R_1 ;

$$[0103] \quad R_1 = n_1 / (n_4 + n_5)$$

[0104] 步骤S2、判定评价指标是否大于5;

[0105] 若小于5,则不能获取有效的T波和P波信息;

[0106] 若大于5,则进入步骤S3;

[0107] 步骤S3、按照以下计算式计算二次评价指标 R_2 ;

$$[0108] \quad R_2 = n_1 / n_2$$

[0109] n_2 为第二幅值区间的数据量;根据图7计算出的二次评价指标 R_2 为13.3,根据图9计算出的二次评价指标 R_2 为2.1。

[0110] 步骤S4、采用以下评价标准评估T波及P波的信号质量

$$[0111] \quad \begin{cases} R_2 > \eta & ; \quad \text{可分析} \\ \mu < R_2 < \eta & ; \quad \text{分析可能出错} \\ R_2 < \mu & ; \quad \text{无法分析} \end{cases};$$

[0112] 其中, η 、 μ 分别为二次评价指标 R_2 的最大阈值和最小阈值。

[0113] 具体而言,在本实施例中, $\eta=8$ 、 $\mu=4$,与QRS复合波的信号质量评估原理相同,由于T波及P波的信号质量对干扰要求更高,所以,只有当QRS复合波的信号质量评估合格后,才能进行T波及P波的信号质量的评估。

[0114] 最后需要说明的是,上述描述仅仅为本发明的优选实施例,本领域的普通技术人

员在本发明的启示下,在不违背本发明宗旨及权利要求的前提下,可以做出多种类似的表示,这样的变换均落入本发明的保护范围之内。

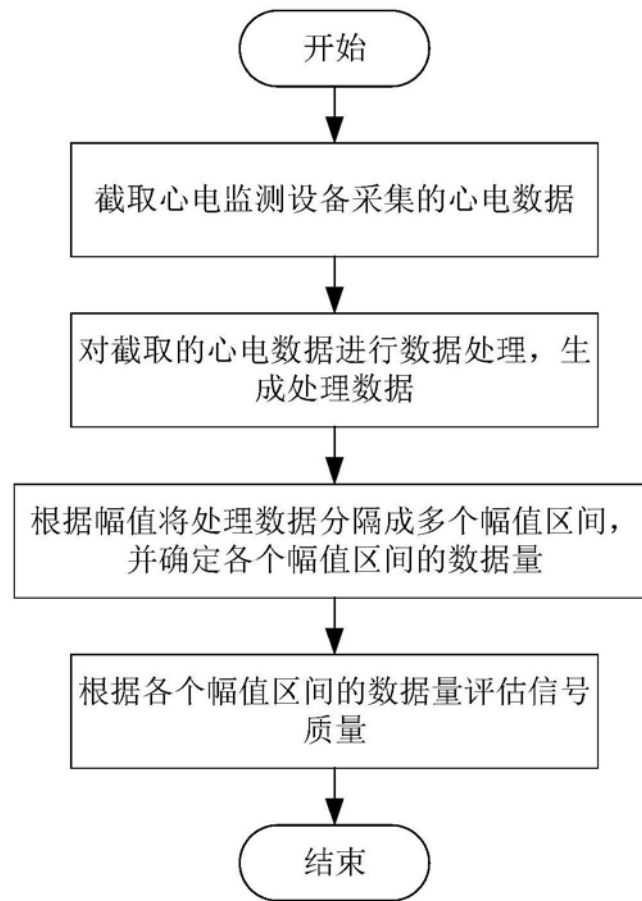


图1

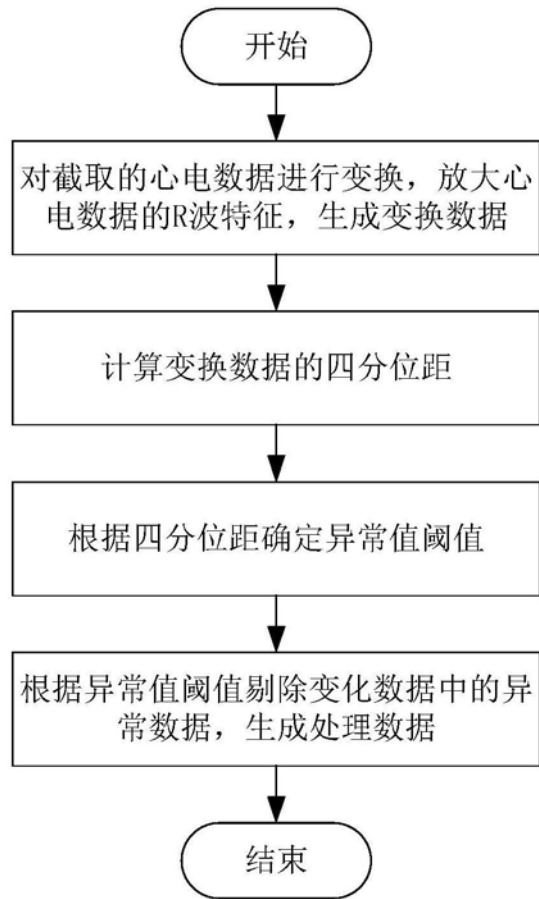


图2

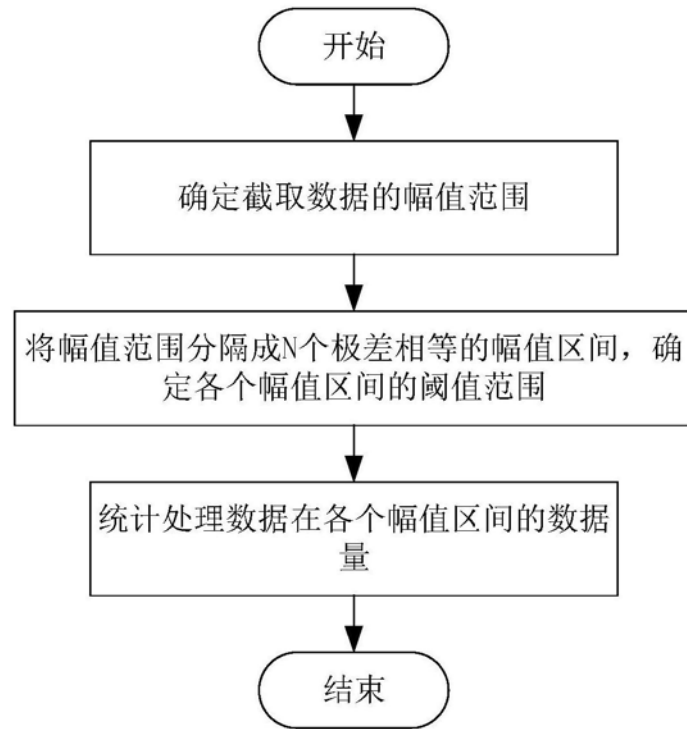


图3

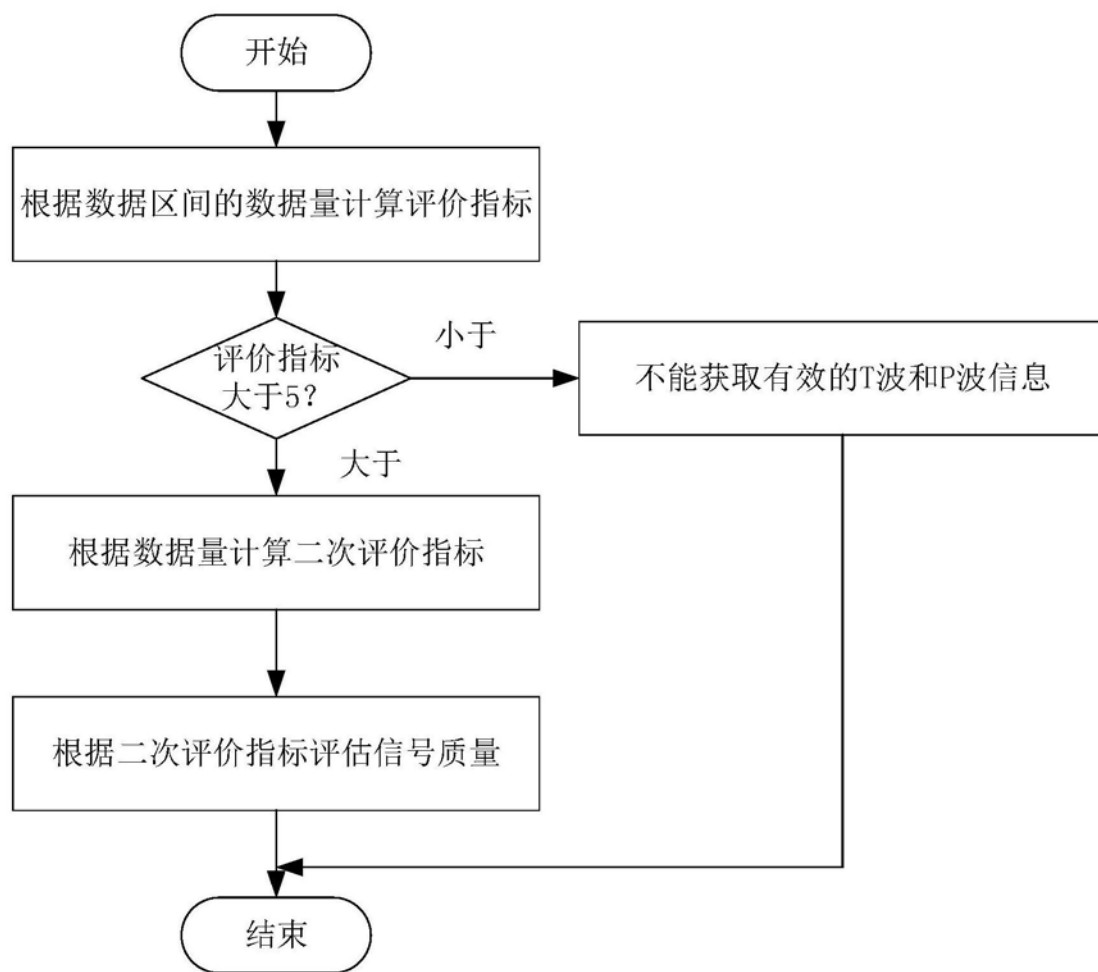


图4

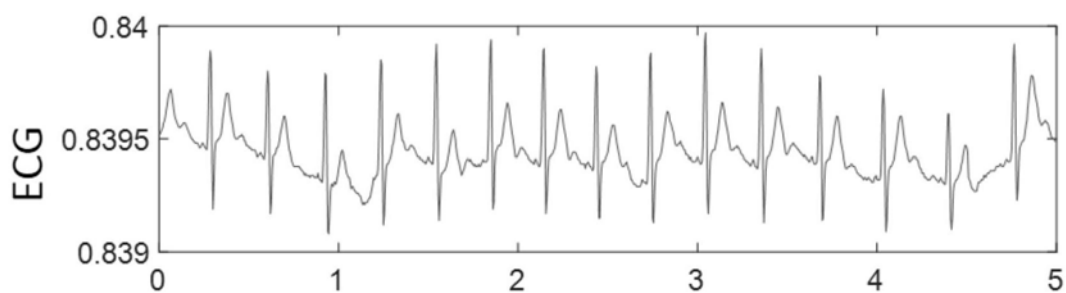


图5

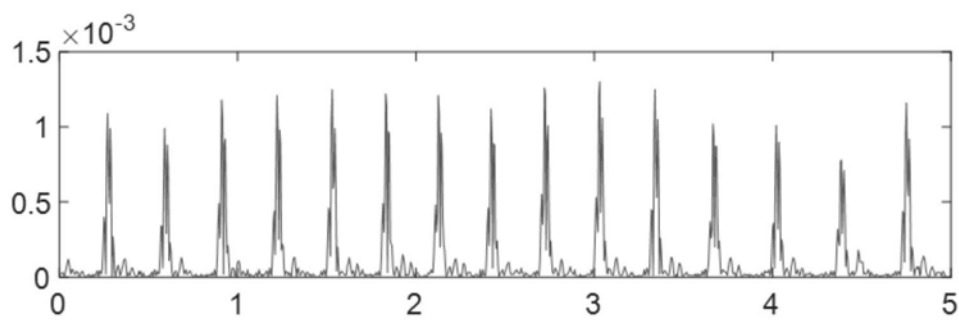


图6

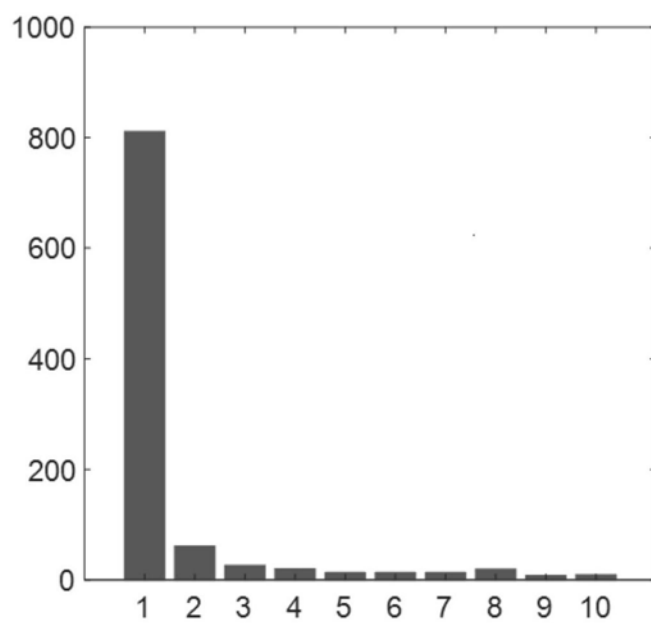


图7

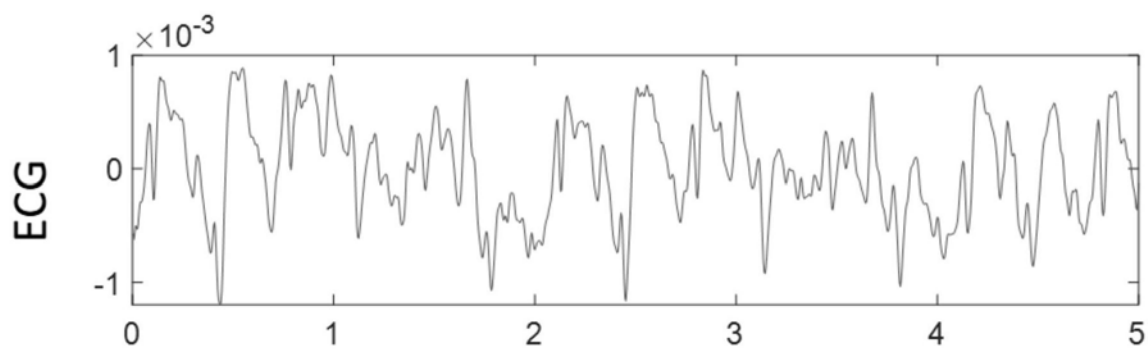


图8

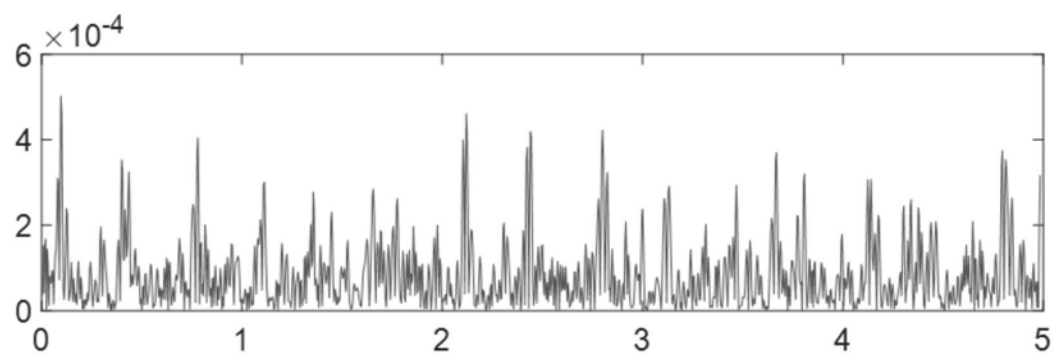


图9

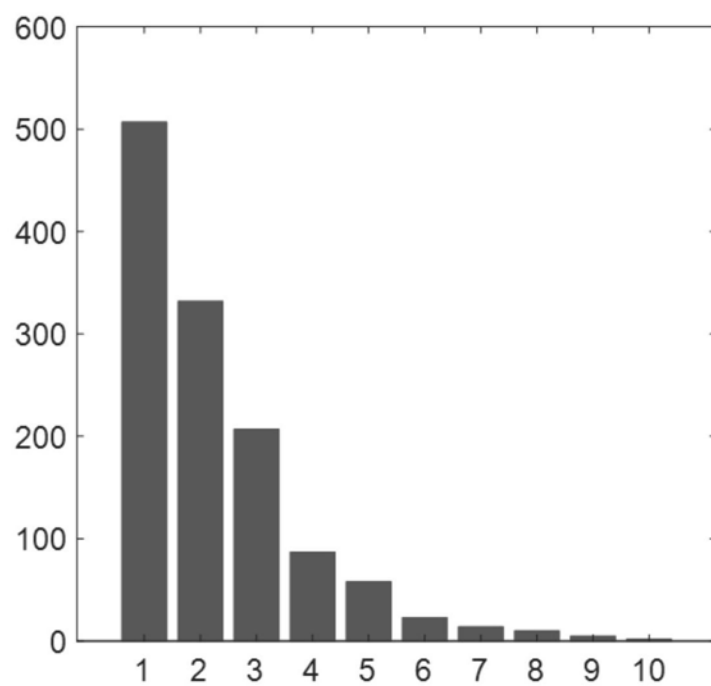


图10

专利名称(译)	可穿戴式心电监测设备的信号质量评估方法		
公开(公告)号	CN110403595A	公开(公告)日	2019-11-05
申请号	CN201910527239.7	申请日	2019-06-18
[标]发明人	李永勤 龚渝顺 魏良 谢佳玲 王建杰 陈碧华 何密		
发明人	李永勤 龚渝顺 魏良 谢佳玲 王建杰 陈碧华 何密		
IPC分类号	A61B5/0402 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/0402 A61B5/7221		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开一种可穿戴式心电监测设备的信号质量评估方法，用于低噪声信号通道以及高质量信号段的选择，从而避免运动干扰对心率及心电参数实时分析结果的影响。该方法首先通过数据变换突出心电信号形态特征，之后利用信号幅值统计分布状态确定最大阈值，并以之对信号幅度进行等间隔分割。最后，统计落在不同分割区域的样点数，利用分割区域比值对信号质量进行评估，从而实时判断并选择信号质量较高的心电数据段，用于各种状态下穿戴式心电监测的准确心率计算以及有效心电分析。

