



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107028603 B

(45) 授权公告日 2020.11.13

(21) 申请号 201611022770.1

(22) 申请日 2016.11.21

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107028603 A

(43) 申请公布日 2017.08.11

(30) 优先权数据
4372/MUM/2015 2015.11.20 IN

(73) 专利权人 塔塔咨询服务有限公司
地址 印度马哈拉施特拉邦孟买

(72) 发明人 斯里尼瓦桑·亚拉曼
纳文·库马尔·托卡拉
巴拉穆拉利达尔·普鲁肖撒曼

(74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司
11332

代理人 杨生平 任庆威

(51) Int.Cl.

A61B 5/024 (2006.01)

A61B 5/145 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102395310 A, 2012.03.28

US 2015018632 A1, 2015.01.15

CN 103153175 A, 2013.06.12

EP 2544124 A1, 2013.01.09

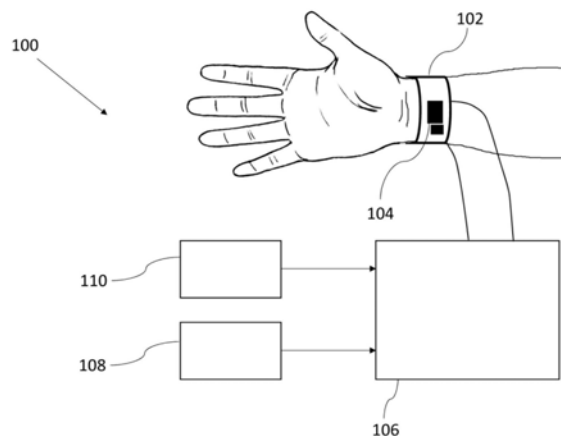
审查员 李易陆

(54) 发明名称

使用脉搏触诊信号来检测人体内的糖尿病的装置和方法

(57) 摘要

提供了用于使用脉搏触诊信号来检测人体内的糖尿病的装置和方法。使用光体积描绘仪 (PPG) 传感器从人的桡动脉捕捉脉搏触诊信号。然后由处理器对 PPG 信号进行预处理。然后由处理器来分析预处理 PPG 信号以检测 PPG 信号中的峰值。使用检测到的峰值来提取第一组特征参数。将第一组特征参数与第二组特征参数相比较, 其中, 第二组特征参数是从个体的控制群组提取的。基于该比较, 检测到人处于正常状况、前期糖尿病状况或糖尿病患者状况中的一个。根据另一实施例, 本发明还提供了一种用以确定人体内的糖尿病的严重度指数和发展风险的方法。



1. 一种用于检测人体内的糖尿病的装置,所述装置包括:
 - 多个传感器,其通过监视人的动脉触诊来获取信号;
 - 处理器和被耦合到处理器的存储器,其中,所述处理器被配置成执行存储在存储器中的计算机可读指令以:
 - 对信号进行预处理以生成预处理信号;
 - 从预处理信号检测多个峰值;
 - 从所述多个峰值提取第一组特征参数;
 - 使用机器学习将该第一组特征参数与在探测阶段期间获得的第二组特征参数相比较,所述机器学习包括:基于输入数据集中的特征与输出之间的相关、输入数据集中的特征和输入数据集中的其余特征之间的相关和的开方,这二者之比,确保与输出高度相关且与其它输入因素最少相关的特征被选择用于分类算法的输入特征矢量,而从信号中选择特征,其中,第二组特征参数是从具有已知分类为正常、糖尿病前期或糖尿病的个体的控制群组提取的;
 - 基于所述比较而检测人处于正常状况、糖尿病前期状况或糖尿病疾病状况中的至少一个;以及
 - 收集某个时刻期间及其随后时刻的人的脉搏波速度(PWV)来将患有糖尿病的人的健康判断为得到改善、务必要改善、无改善中的一个。
2. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述信号是使用光体积描记图从人的动脉搏捕捉的光体积描绘仪信号。
3. 根据权利要求2所述的装置,其中,所述光体积描记图使用位移传感器。
4. 根据权利要求1所述的装置,还包括移动装置,用以将人的分类显示为正常、糖尿病前期或糖尿病患者。

使用脉搏触诊信号来检测人体内的糖尿病的装置和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求来自2015年11月20日提交的印度临时申请号4372/MUM/2015的优先权,该申请的全部公开被整体地通过引用结合到本文中。

技术领域

[0003] 本申请一般地涉及人体内的糖尿病检测。更特别地但不是具体地,本发明涉及一种用于使用从人捕捉的脉搏触诊信号来检测人体内的糖尿病的方法和系统。

背景技术

[0004] 糖尿病(DM)是现在最常见的疾病中的一个。糖尿病由导致出现的各种并发症的葡萄糖—胰岛素调节系统的功能障碍组成。按照世界卫生组织报告(WHO/NMH/MNC/03.1)进行的预测,到2030年全世界将有至少35000万人具有2型糖尿病。因此,定期地针对糖尿病对人们进行筛查变得必不可少。此外,是可以全体人群为基础还是仅仅针对可能显示出具有高风险的人完成此类筛查是不确定的。应在什么年龄发起糖尿病筛查程序也是不确定的。此外,此类筛查还证明对长期健康状况风险(例如2型糖尿病、心脏病、高血压、中风、肾病、诸如阿尔茨海默病之类的某些形式的痴呆等)的评定有益。并且,糖尿病患者的持续监视也可以帮助辅助短期和长期的并发症风险。

[0005] 用于此类监视的大多数现有解决方案依赖于诸如C肽测试、空腹血糖测试、GAD抗体测试、Hba_{1c}测试、口服葡萄糖耐量测试、2型糖尿病指示测试之类的技术。应注意的是大部分上述技术本质上是创伤性或微创(外形刺戳)的。此外,基于血糖水平,将用正常、糖尿病前期或糖尿病患者来映射个体。此外,在上述技术中使用的传感器对于患者而言是不舒服的,并且通常一天使用不超过三或四次。

[0006] 现有技术文献并未进一步探索糖尿病筛查的无创方法,也没有现有技术公开了用以连续地监视个体对糖尿病的易受性,从而确定疾病的严重度指数并估计由于糖尿病而引起的健康状况风险。

[0007] 某些现有技术已经含糊地认为脉波分析是用于动脉评定的简单、无创且信息性的技术,其中可以根据臂血压来估计中央动脉血压。然而,现有技术文献并未关于该技术的有效性达成一致同意。事实上,Murgo等人(1980;62:105—116)讲授了动脉搏的形状将受到末梢循环的变化或心脏功能的改变的影响。

[0008] 现有技术文献已经举例说明了确定和筛查糖尿病的各种方法,然而,糖尿病的连续且无创筛查仍被视为技术领域的最大挑战中的一个。

发明内容

[0009] 在描述本方法、系统以及硬件实现之前,应理解的是本发明不限于所描述的特定系统以及方法,因为可能存在并未在本公开中明确地举例说明的本发明的多个可能实施例。还应理解的是在本描述中使用的术语仅仅是出于描述特定版本或实施例的目的,而不

意图限制将仅仅由所附权利要求限制的本发明的范围。

[0010] 本申请根据本发明的实施例提供了一种用于检测人体内的糖尿病的装置。该装置将从人的动脉树进行的无创脉搏触诊检测技术用于检测人体内的糖尿病。本装置可以借助于现有装置或特别设计的装置来获取或收集脉搏信号。本发明使用从古代印度传统医学(Nadi诊断法)激发灵感的方法。本装置包括传感器、处理器、存储器和与处理器操作耦合的数据储存器。

[0011] 在本发明的实施例中,传感器是被配置成从人的指尖动脉生成PPG信号的PPG传感器。PPG信号然后被处理器处理以生成预处理PPG信号。预处理信号被进一步分析以提取第一组特征参数。第一组特征参数是使用峰值检测技术提取的。然后将该第一组参数与第二组特征参数相比较,其中,第二组特征参数是从个体的控制群组提取的。基于第一组特征参数与第二组特征参数的比较,可以将那个人分类为处于正常状况、前期糖尿病状况或糖尿病患者状况中的一个。

[0012] 根据另一实施例,还提供了一种使用上述装置来检测人体内的糖尿病的方法。

附图说明

[0013] 当结合附图来阅读时,更好地理解前文的概要以及优选实施例的以下描述。出于举例说明本发明的目的,在图中示出了本发明的示例性构造;然而,本发明不限于公开的特定方法和系统。在所述附图中:

[0014] 图1示出了根据本发明的实施例的用于检测人体内的糖尿病的系统的示意性框图;

[0015] 图2示出了根据本公开的实施例的用于通过感测腕中的动脉搏触诊率来检测糖尿病的可穿戴传感器;

[0016] 图3示出了图示出根据本发明的实施例的在检测人体内的糖尿病时涉及到的步骤的流程图;

[0017] 图4示出了根据本公开的实施例的从人和个体的控制群组接收到的PPG信号;

[0018] 图5示出了根据本发明的实施例的用于人和个体的控制群组的PPG信号的脉搏率变化性特征的均值和标准误差均值的比较;以及

[0019] 图6示出根据本发明的实施例的糖尿病方面的正常和异常情况的逐个对象分类。

具体实施方式

[0020] 现在将详细地讨论本发明的某些实施例,举例说明所有其特征。

[0021] 词语“包括”、“具有”、“包含”和“含有”及其其它形式意图在意义上是等价的,并且是开放式的,因为在这些词语中的任何一个之后的项目并不意图是此类项目的穷举开列或意图仅局限于所列项目。

[0022] 还可注意的是如在本文中和所附权利要求中使用的单数形式“一”、“一个”和“该”包括复数参考,除非上下文清楚地另外规定。虽然在本发明的实施例的实践或测试中可以使用与本文所述的那些类似或等价的任何系统和方法,但现在描述优选的系统和方法。在以下描述中,出于说明和理解的目的,对许多实施例进行了参考,对于其而言意图并不是限制本发明的范围。

[0023] 将本发明的一个或多个组件描述为模块以便理解本说明书。例如，模块可包括由逻辑门、半导体装置、集成电路或任何其它分立组件构成的硬件电路中的自包含式组件。模块还可以是由任何硬件实体（例如处理器）执行的任何软件程序的一部分。模块作为软件程序的实施方式可包括将由处理器或任何其它硬件实体执行的一组逻辑指令。

[0024] 公开的实施例仅仅是本发明的示例，其可以以各种形式来体现。

[0025] 图中所示的元件如下面更详细地解释的那样进行互操作。然而，在阐述详细说明之前，应注意的是下面的所有讨论（无论描述的特定实施方式如何）本质上是示例性而非限制性的。例如，虽然实施方式的选定方面、特征或组件被描述为被存储在存储器中，但根据磨损告警系统和方法的系统和方法的全部或各部分可被存储在其它机器可读介质、跨其它机器可读介质分布或者从其读取。

[0026] 本发明的方法步骤可一个或多个计算机处理器执行，该计算机处理器执行在计算机可读介质上有形地体现以通过对输入进行操作并生成输出来执行本发明的功能的程序。举例来说，适当处理器包括通用和专用微处理器两者。一般地，处理器从存储器（诸如只读存储器和/或随机存取存储器）接收（读取）指令和数据并向存储器写入（存储）指令和数据。适合于有形地体现计算机程序指令和数据的存储装置包括例如所有形式的非易失性存储器，诸如半导体存储器装置，包括EPROM、EEPROM以及闪存装置；磁盘，诸如内部磁盘和可移动磁盘；磁光盘；以及CD-ROM。前述内容中的任何一个可由特色户设计的ASIC（专用集成电路）或FPGA（现场可编程门阵列）补充或者被结合在其中。计算机一般地还可以从非临时计算机可读存储介质（诸如内部磁盘（未示出）或可移动磁盘）接收（读取）程序和数据以及向其写入（存储）程序和数据。

[0027] 图1图示出根据本发明的实施例的用于检测人体内的糖尿病的装置100的示意性框图。装置100将无创脉搏触诊检测技术用于人体内的糖尿病检测。设备100可以借助于现有装置或特别设计的装置来获取或收集脉搏信号。本发明使用从古代印度传统医学（Nadi诊断法）激发灵感的方法。然而经Nadi修改的传感技术不同于基于PPG的方法。

[0028] 根据本发明的说明性实施例，装置100包括皮带102、存在于皮带102上的至少一个传感器104、处理器106、存储器108和数据存储器110，如图1所示。传感器104被配置成测量和监视人的指尖处的动脉搏。在实施例中，脉搏传感器104被用作传感器104。脉搏传感器104被配置成收集用于动脉搏的一分钟的最小值的信号。应认识到的是脉搏传感器104可将类似于光体积描记术（PPG）的光学传感器用于在人体的腕或任何其它部分处监视动脉搏。还应认识到的是脉搏传感器104可将压力传感器用于在人体的腕或任何其它部分处监视动脉搏。进一步应认识到的是脉搏传感器104可将位移传感器用于在人体的腕或任何其它部分处监视动脉搏。在本公开中为了明了起见，脉搏传感器104和PPG传感器104将是可替换的。PPG传感器104被配置成生成PPG信号。PPG信号然后被发送到处理器106。

[0029] 处理器106与存储器108和数据存储器110电子耦合。处理器106被配置成从传感器104获取PPG信号作为输入以生成预处理PPG信号。处理器106被进一步配置成使用峰值检测技术从预处理PPG信号提取第一组特征参数。第一组提取的特征参数可被存储在装置100的数据存储器110中，并且可被用于进一步处理。存储器元件可存储将由处理器106执行的各种编程指令。处理器106进一步被配置成通过实现机器学习技术而将来自人的第一组特征参数与来自探测阶段的第二组特征参数相匹配以将人分类为正常。糖尿病前期和糖尿病患

者。

[0030] 在图2中示出了用于检测人体内的糖尿病的可穿戴传感器104的分解图。本图示出了包括螺钉112、上盖114、下盖116和可以装配在上盖114与下盖116之间的处理器106的可穿戴传感器104。

[0031] 在另一实施例中,可使用一个或多个传感器通过使用无创方法来捕捉生理数据或信号。在实施例中,可将传感器附着到腕或指尖或人类的身体的任何部分,在那里可以感测动脉搏(外周器官)。例如,可以使用手表或腕带或诸如袖口之类的纺织材料来测量动脉搏触诊信号或生物参数或者使用指环或指套来测量指尖处的动脉搏。在一个方面,在预定超短或短历时内从至少一个外部传感器捕捉动脉搏触诊信号。

[0032] 参考图3,其为图示出在人体中的糖尿病检测中涉及到的步骤的流程图。最初,在步骤202处,其中由PPG传感器104来感测脉搏信号。在实施例中,可通过监视人的动脉搏触诊来获取PPG信号。在下一步204中,处理所获取的PPG信号以产生预处理PPG信号。在实施例中,PPG信号的预处理包括将PPG信号放大以产生已放大PPG信号,从已放大PPG信号滤出任何噪声以产生已滤波PPG信号并以预定义频率对已滤波PPG信号进行采样以产生预处理PPG信号。

[0033] 在实施例中,PPG信号由于最初获取的PPG信号的极低量值而被放大。在另一实施例中,执行已放大PPG信号的滤波以从已放大PPG信号去除噪声。在另一实施例中,可通过使用模拟数字转换器(ADC)来执行已滤波PPG信号的采样。在另一实施例中,用于对已滤波PPG信号进行采样的预定义频率可以是60Hz。

[0034] 在下一步206中,从预处理PPG信号检测多个峰值。在步骤208处,使用检测到的峰值从预处理PPG信号提取第一组特征参数。该特征提取导致人的第一组特征参数的提取。在步骤210处,所提取的第一组特征参数被存储在数据存储器110中以便由装置进行未来处理。在下一步212中,将第一组特征参数与从个体的控制群组提取的第二组特征参数相比较。个体的控制群组包括具有作为正常、糖尿病前期或糖尿病患者的已知分类的个体。使用机器学习技术中的至少一个来匹配第一组特征参数和第二组特征参数已将人分类为正常、前期糖尿病或糖尿病患者。并且最后在步骤214处,检测到那个人处于正常、糖尿病前期或糖尿病患者中的至少一个。

[0035] 根据本发明的另一实施例,特征提取的步骤进一步涉及到如下各种步骤:PPG信号包含缓慢变化的DC(由于呼吸)及其它高噪声分量。然而,基于人的心率(60-90bpm),基频在1至1.5Hz之间。使原始PPG信号移位至其零平均值并使用具有0.5Hz和20Hz的截止频率的二阶巴特沃恩带通滤波器进行滤波以去除非期望频率分量。

[0036] 根据本发明的另一实施例,然后处理已滤波PPG信号并从 $s_1, s_2, \dots$ 检测峰值,其中, s_n 是各种个体PPG信号。计算连续峰值之间的距离并表示为: $PP = \{PP_1, PP_2, \dots, PP_n\}$ 。根据不同峰值的集合,计算不同种类的特征。时间特征(例如峰值的平均值、标准偏差等)基于形状、基于熵和频率的特征。

[0037] 在时域中计算PP间隔的平均值(平均PP)、正常间PP间隔的标准偏差(SDNN)、相邻PP间隔之间的连续差的均方根(RMSSD)和具有大于50ms的差的PP间隔的数目的百分比(pNN50)。通过快速傅立叶变换来获得频域度量,并且其包括通过对0.0033-0.04Hz的甚低频(VLF)波段、.04-0.15Hz的低频(LF)波段、0.15-0.4Hz的高频(HF)波段中的功率以及全部

3个波段一起的总功率求积分而获得的绝对功率。考虑LF和HF功率的归一化单位(nu)以及LF/HF比。例如,在从PPG的PPG进行的基于频率的特征提取中--间隔矢量。使用Welch的周期图方法(50%重叠)来计算HRV和PRV的功率谱。通过三次样条内插将脉搏间隔系列转换成均匀时间采样信号。对每个段应用Blackman窗口并针对每个窗口化段计算快速傅立叶变换。最后,对段的功率谱求平均值。

[0038] 根据频谱分析,考虑两个频带:低频(LF)波段(0.045-.15Hz)和高频(HF)波段(0.15-0.4Hz)。不考虑甚低频(VLF)波段,因为生理相关仍是未知的。波段谱功率被计算为波段谐波的功率谱密度与频谱的陡峭度的积的和。在这里,LF和HF振荡分量是以绝对(毫秒平方,ms²)单位提出的,并且还显示了LF/HF比。还以如下获得的归一化单位(nu)提出了HF。

$$[0039] \quad HF_{nu} = \frac{HF}{\text{总功率} - VLF} \times 100$$

[0040] 这些特征被用于开发可以从正常个体将糖尿病患者个体分类的分类器。

[0041] $F = [PRV_1, PRV_2, \dots, PRV_N]$

[0042] 用户的数目是‘U’

[0043] 用于一个用户的试验次数是‘T’,并且

[0044] PPG信号的特征F具有长度‘N’。

[0045] 其中,

[0046] $i = 1, 2 \dots U$

[0047] $j = 1, 2 \dots N$

[0048] $k = 1, 2 \dots T$

[0049] 形成个体的控制群组的一部分的个体的数目是U,个体参加实验的次数是T,并且对应于其中获得PPG信号的持续时间的谐波的长度被称为N。

[0050] 根据本发明的另一实施例,为了确认本发明的结果,如下执行两个方法:

[0051] A) 统计模型法

[0052] 提取的特征被处理并用于糖尿病检测应用。图5显示控制群组明显不同于糖尿病群组。完成用于人和个体的控制群组的PPG信号的脉搏率变化性特征的平均和标准误差均值的比较。

[0053] B) 机器学习法

[0054] 1. 特征检测:

[0055] 可以如下表示分类:

[0056] $Y = f(PR_1, PR_2, \dots, PR_n)$

[0057] $Y = 1$ 针对正常个体

[0058] $= 0$ 针对糖尿病个体

[0059] 将新型特征选择算法用于从PPG信号导出的特征的选择。特征选择是基于特征、输出和与所有其它特征的相关的和之间的相关的比。

[0060] $Cor_{x1,Y}$ = 相关(x_1, Y) 是由 x_1 (表示输入集中的特征)与Y(输出)之间的相关

[0061] $Cor_{x1,X}$ = 相关(x_1, X) 由 x_1 与输入数据集中的X个其其余特征之间的相关组成的

$$[0062] \quad \text{影响系数} = \frac{\text{相关}(x_1, Y)}{\sqrt{\left(\sum \text{相关}(x_1, X)\right)}}$$

[0063] 此程序确保与输出高度相关且与其它输入因素最少相关的特征被选择用于分类算法的输入特征矢量。

[0064] 2. 分类算法:

[0065] 一旦特征选择完成, 则将数据划分成训练和测试数据。可以将大量的机器学习算法用于分类, 例如人工神经网络 (ANN)、逻辑回归和支持向量机 (SVM)。为了简单和容易使用, 在这里基于SVM的分类器已被修改, 因为所使用的对象的尺寸是小的。

[0066] $Y_2 = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$

[0067] 其中, Y_2 针对正常个体 = 1 且针对糖尿病患者个体为 0。

$$[0068] \quad f_r(x, c_i) = \begin{cases} 1, & \text{针对类 } 1 \\ 0, & \text{针对类 } 2 \end{cases} \quad (1)$$

[0069] $x_1, x_2, \dots, x_n$ 是具有高影响系数的特征。

[0070] 在图6中可以示出基于SVM的糖尿病患者分类结果。本图示出了糖尿病情况中的正常和异常的逐个对象分类。结果显示基于SVM的糖尿病患者分类的准确度接近于90%。

[0071] 本文中公开的本发明可进一步用来使用移动装置来显示人的分类的结果。移动装置可以是一般移动装置, 诸如与本文中公开的装置电子耦合的智能电话, 或者可以是被电子耦合到本文公开的装置并被配置成显示人的分类的专用装置。

[0072] 根据本发明的另一实施例, 移动装置或任何其它电子装置可进一步被用来显示关于健康严重度指数的已处理信息。

[0073] 根据本发明的另一实施例, 装置100可以连续地获取脉搏信号并将该信号发送到云服务器。脉搏信号的连续测量被用于使用决策支持系统 (DSS) 的疾病管理应用。DSS还被配置成确定糖尿病的严重度指数。

[0074] 根据另一实施例, 可以通过在第一时刻 $PTT = x$ 兆秒期间收集或计算个体的 PTT/PWV 来估计严重度指数的DSS。在下一测量前, 收集的数据注释 $PPT = y$ 兆秒, 其中, $y = x \pm Dx$, 在这种情况下可以判断

[0075] if $x < y$ == 健康得到改善

[0076] if $x > y$ == 健康必须要改善

[0077] $x = y$ 无改善

[0078] 根据本发明的另一实施例, 装置还被配置成借助于决策融合法来估计由于糖尿病而引起的心脏疾病风险。在这种情况下, 具有其它生理参数的糖尿病信息将被融合以估计由于糖尿病而引起的心脏风险。

[0079] 公开的发明可被进一步结合, 使得人可存储关于触发各预定义联系点的晶胞的信息或偏好。在示例中, 当个体被宣判关于严重度指数在预定义阈值以上时可触发警报。在另一示例中, 当人被确定为糖尿病患者时, 可触发警报。

[0080] 该警报可包括向预定义电话发送求救呼叫或向预定义电话号码发送消息。

[0081] 在参考图4的实施例中,可在用于训练阶段期间的个体的控制群组 and 探测阶段期间的人的第二图表中以振幅对比样本的形式描绘由传感器104获取的原始PPG信号。由于PPG信号在量值方面可能是低的,因此达到1mV的量值的预处理模块,处理器106被配置成将获取的PPG信号放大。

[0082] 在本发明的另一实施例中,处理器106可被配置成通过将训练特征参数与探测特征参数匹配而将第一组特征参数与第二组特征参数匹配以确定用于人的糖尿病疾病的严重程度指数。

[0083] 在另一实施例中,处理器106可进一步被配置成将第一组特征参数与第二组特征参数匹配以确定用于人的糖尿病疾病的发展风险。

[0084] 在另一实施例中,公开发明可分别地使用类似于血糖水平或超声心电图之类的创伤性或成像技术来收集、记录、获取及其它生理参数,并将其发送到中央服务器或云或远程装置。处理器106可进一步被配置成将通过实现本发明而获得的糖尿病信息与其它生理参数融合以估计被测试的个体的心脏的风险。

[0085] 鉴于前述内容,将认识到的是本发明提供了通过使用脉搏触诊技术来测量人的脉搏信号而检测人体内的糖尿病的实时方法和装置。

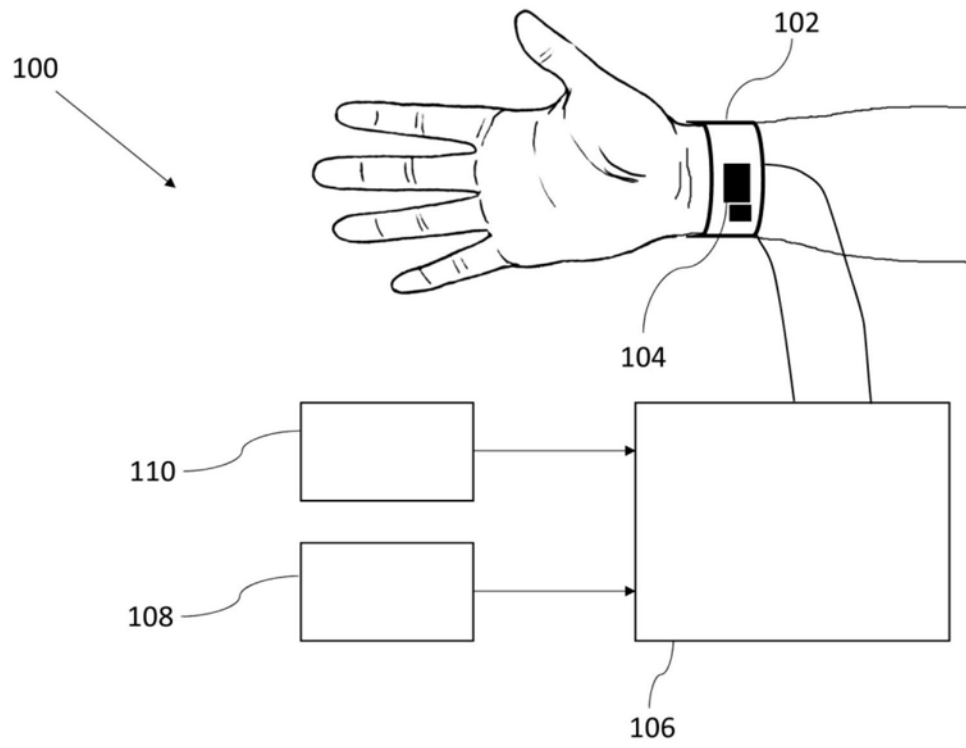


图1

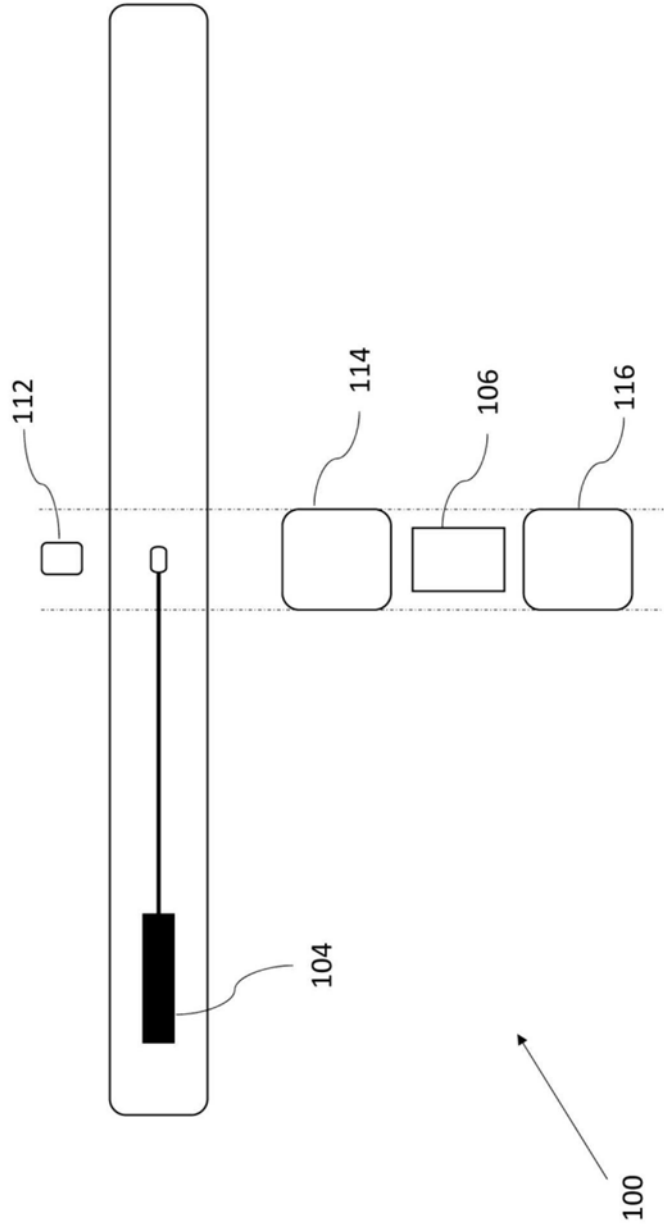


图2

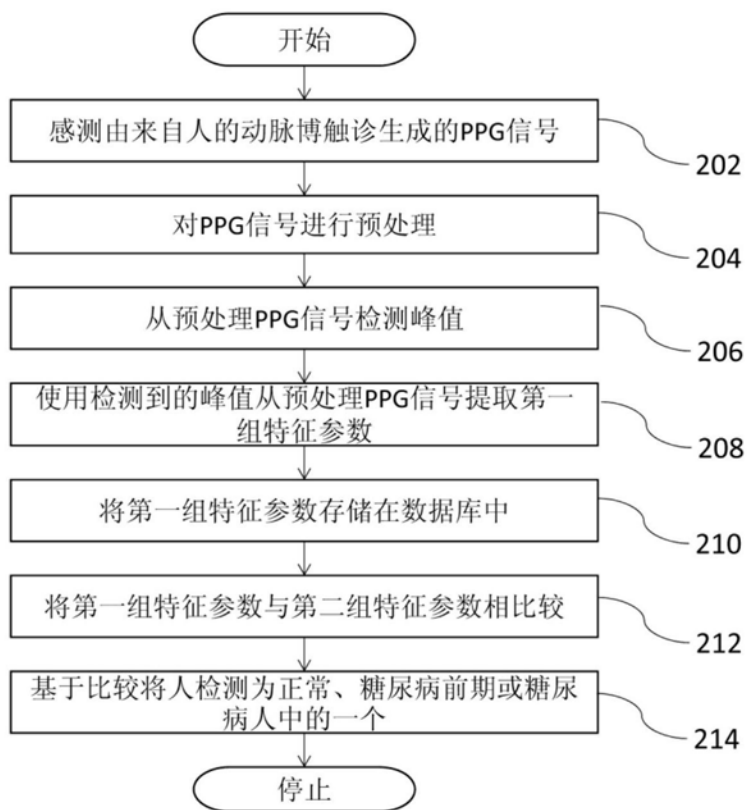


图3

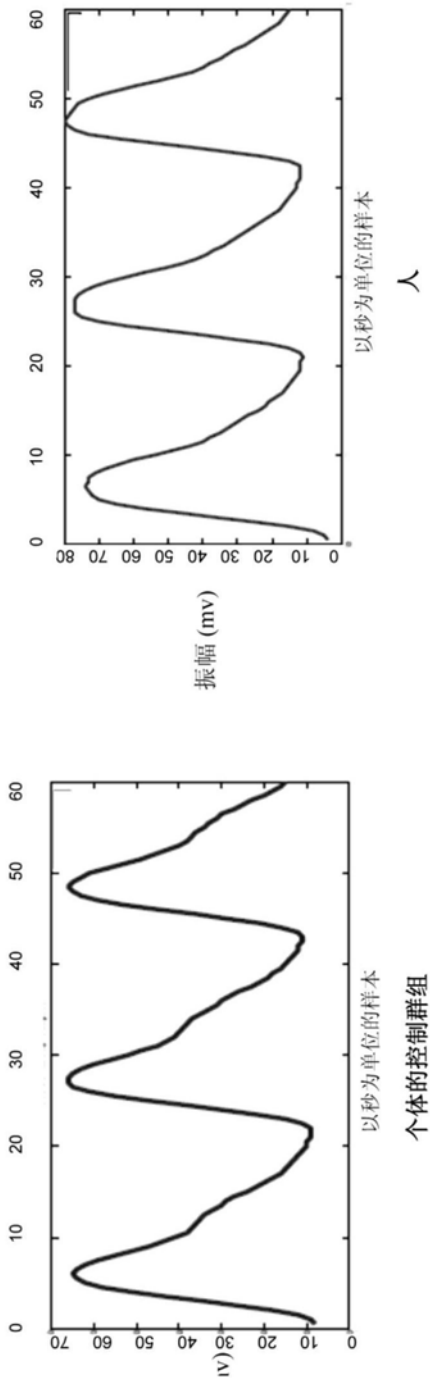


图4

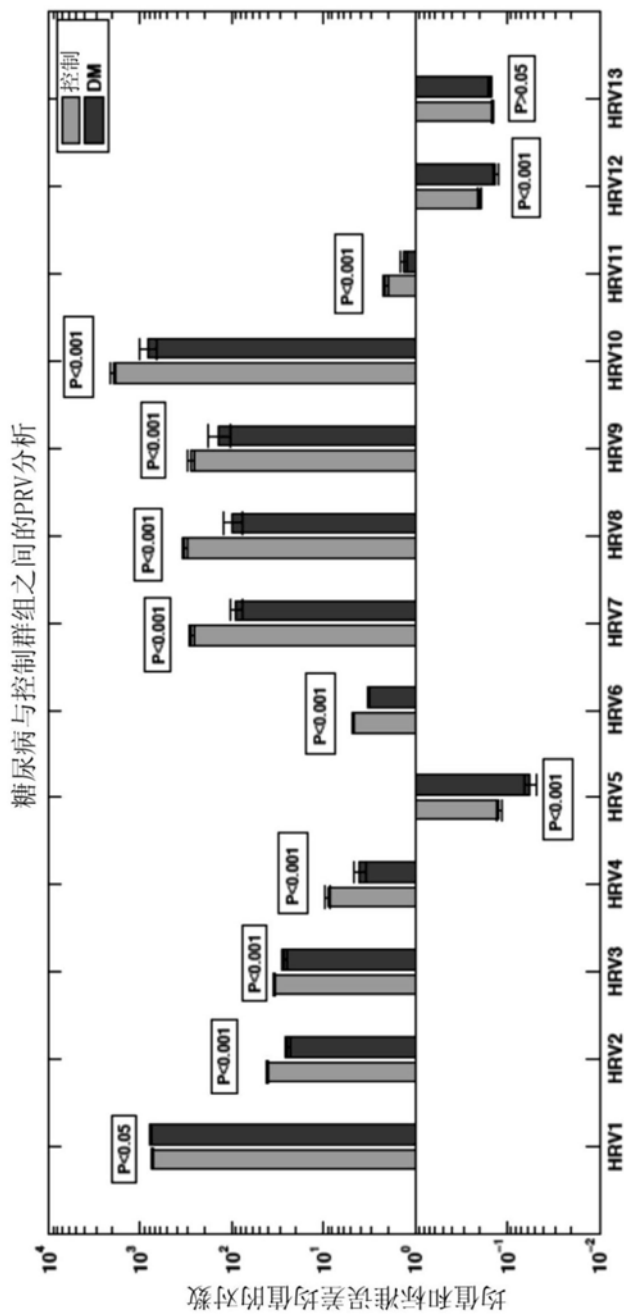


图5

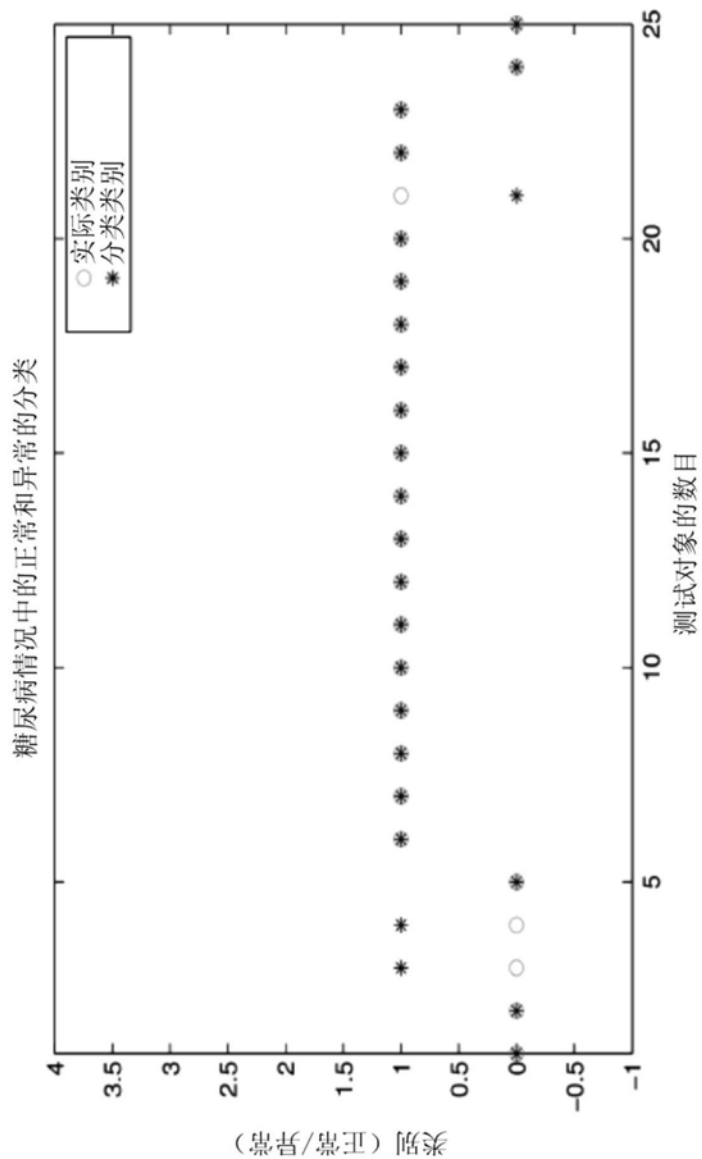


图6