



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109497967 A
(43)申请公布日 2019.03.22

(21)申请号 201910007031.2

(22)申请日 2019.01.04

(71)申请人 济南汇医融工科技有限公司
地址 250101 山东省济南市高新区齐鲁软件园创业广场F座B307室

(72)发明人 杨磊 刘常春

(74)专利代理机构 济南日新专利代理事务所
37224

代理人 王书刚

(51)Int.Cl.

A61B 5/02(2006.01)

A61B 8/00(2006.01)

G01G 19/50(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

A61B 5/16(2006.01)

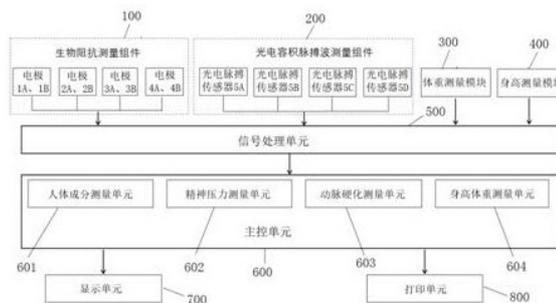
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种人体成分、精神压力和动脉硬化同步检测装置

(57)摘要

一种人体成分、精神压力和动脉硬化同步检测装置,包括生物电阻抗测量组件、光电容积脉搏波测量组件、体重测量模块、身高测量模块、信号处理单元和主控单元,信号处理单元向通过电流电极向人体四肢施加正弦波电流,同时采集由生物电阻抗测量组件、光电容积脉搏波测量组件、体重测量模块和身高测量模块同步测量获得的生物电阻抗信号、光电容积脉搏波信号、体重和身高信号,并对各信号进行处理,将处理后的各信号输送至主控单元;主控单元接收信号处理单元处理后的相应信号并进行分析,获得人体成分、精神压力量化值、动脉硬化程度和身高体重值。本发明一次测量即可获取受测者身体健康状态、心理健康状态和血管健康状态,快速而简便。



1. 人体成分、精神压力和动脉硬化同步检测装置,其特征是:包括生物电阻抗测量组件、光电容积脉搏波测量组件、体重测量模块、身高测量模块、信号处理单元和主控单元;

生物电阻抗测量组件,包括分别向左手、右手、左脚、右脚施加电流的电流电极,以及左手、右手、左脚和右脚的电压采集电极;各个电流电极和电压采集电极均与信号处理单元连接;

光电容积脉搏波测量组件,包括用于分别采集左手大拇指、右手大拇指、左脚大拇指和右脚大拇指四处光电容积脉搏波信号的四个光电脉搏传感器;四个光电脉搏传感器均与信号处理单元连接;

体重测量模块,包括体重传感器,与信号处理单元连接,用于测量人体重量;

身高测量模块,包括超声波测量传感器,与信号处理单元连接,用于测量人体身高;

信号处理单元,用于接收由生物电阻抗测量组件、光电容积脉搏波测量组件、体重测量模块和身高测量模块同步测量获得的生物电阻抗信号、光电容积脉搏波信号、体重和身高信号,并对各信号进行处理,将处理后的各信号输送至主控单元;

主控单元,包括人体成分测量单元、精神压力测量单元、动脉硬化测量单元和身高体重测量单元,各单元分别接收信号处理单元处理后的相应信号并进行分析,获得人体成分、精神压力量化值、动脉硬化程度和身高体重值。

2. 根据权利要求1所述的人体成分、精神压力和动脉硬化同步检测装置,其特征是:所述信号处理单元向生物电阻抗测量组件中的电流电极施加正弦波电流,信号频率为6个频段,同时采集电压采集电极的电压信号,然后将电压信号进行二阶巴特沃斯带通滤波和放大处理,再经交直流转换电路转为直流信号进行模数转换。

3. 根据权利要求1所述的人体成分、精神压力和动脉硬化同步检测装置,其特征是:所述信号处理单元在采集生物电阻抗信号的同时,采集光电容积脉搏波组件中的四路脉搏波信号,再进行四阶巴特沃斯带通滤波和放大处理,然后进行数模转换;同时对采集的身高和体重模块信号进行模数转换。

4. 根据权利要求1所述的人体成分、精神压力和动脉硬化同步检测装置,其特征是:所述人体成分测量单元用于计算水分、体脂肪、蛋白质和无机盐四个人体成分量化值;具体过程如下所述:

首先基于大样本的临床试验数据利用BP神经网络建立人体成分与身高H、体重W和生物电阻抗Z的模型,模型建立步骤为:

(1) 从样本集中取一个样本 (X_p, Y_p) , 将 X_p 输入到BP神经网络中,其中 X_p 代表样本数组 $[H, W, Z]$, Y_p 代表该样本 p 对应的体成分结果,其中 $p=1, 2, \dots, N$, N 为样本数;

(2) 计算相应的预测输出 O_p , 在此阶段,结构化特征从输入层,经过中间层,传输到输出层,在此过程中,BP神经网络执行前向传播,如下计算:

$$O_p = g(f(W'_{1j} * X_p + b_{1j}) * W'_{2j} + b_{2j}),$$

其中 $W'_{1j}, b_{1j}, W'_{2j}, b_{2j}$ 为第 j 次迭代训练BP神经网络的系数向量和偏置向量,它们为模型的参数; f 为中间层激励函数, g 为输出层SoftMax函数;

(3) 计算预测输出 O_p 和实际输出 Y_p 的误差 $Err_p: Err_p = O_p - Y_p$;

(4) 按极小化误差的方向反向传播调整 $W'_{1j}, b_{1j}, W'_{2j}, b_{2j}$, 使得 Err_p 最小;

模型训练的过程就是反复执行上述四步的操作,当训练的误差 Err_p 不再减小或者达到

指定的训练次数时,停止训练,最后一次反向传播调整后的 $W'_{1j=T}$, $b_{1j=T}$, $W'_{2j=T}$, $b_{2j=T}$ 即为模型的参数,其中T为模型训练误差达到最小的迭代次数或为指定的训练次数;

模型训练过程中的前向传播过程,亦是在BP神经网络训练完毕后预测体成分结果的过程,计算公式如下: $O_p = g(f(W'_T * X_p + b_T) * W'_T + b_T)$,其中f为中间层激励函数,g为输出层SoftMax函数, X_p 为数组[H,W,Z];

最后,利用上述公式计算人体成分的水分、脂肪、无机盐和蛋白质指标。

5. 根据权利要求1所述的人体成分、精神压力和动脉硬化同步检测装置,其特征是:所述精神压力测量单元接收信号处理单元处理后的任意一路光电容积脉搏波信号,并计算精神压力指数;计算精神压力指数的具体过程如下所述:

经数字滤波模块去除工频干扰、基线干扰及运动干扰后,提取采集时间段内脉搏波信号的峰值点位置,得到心动周期序列 R_p ,通过BP神经网络建立精神压力指数PSI与心动周期序列 R_p 的模型公式 $O_p = g(f(W'_T * R_p + b_T) * W'_T + b_T)$,其中 W'_T 和 b_T 为BP神经网络训练后的模型参数;f为中间层激励函数,g为输出层SoftMax函数;T为模型训练误差达到最小的迭代次数或为指定的训练次数;当采集到新时间段的脉搏波数据,提取相应的心动周期序列 R_p 后,带入上述公式,实时计算精神压力指数PSI。

6. 根据权利要求1所述的人体成分、精神压力和动脉硬化同步检测装置,其特征是:所述动脉硬化测量单元,首先提取脉搏波信号的特征,然后计算双侧下肢外周动脉硬化程度,具体如下:

提取四路光电脉搏波信号的起始点,形成四个起始点序列数组 LPT_{b1} 、 LPT_{a1} 、 RPT_{b1} 、 RPT_{a1} ,分别代表左手大拇指、左脚大拇指、右手大拇指和右脚大拇指的脉搏波起始点序列,使用如下脉搏波传播速度PWV的计算公式:

$$LePWV = \frac{1}{N} \sum_i \frac{D1}{LPT_{b1i} - LPT_{a1i}},$$

$$RePWV = \frac{1}{N} \sum_i \frac{D2}{RPT_{b1i} - RPT_{a1i}},$$

分别计算左下肢外周动脉脉搏波传播速度 $LePWV$ 和右下肢外周动脉脉搏波传播速度 $RePWV$,其中D1为心脏到左脚大拇指减去心脏到左手大拇指的体表距离,D2为心脏到右脚大拇指减去心脏到右手大拇指的体表距离; $LPT_{b1,i}$, $LPT_{a1,i}$, $RPT_{b1,i}$, $RPT_{a1,i}$ 分别表示四处光电脉搏波信号的第i个心动周期的起始点位置;N为采集一段时间内心脏正常搏动的个数。

7. 根据权利要求1所述的人体成分、精神压力和动脉硬化同步检测装置,其特征是:所述身高体重测量单元,接收信号处理单元发送的体重和身高信号,获得出身高和体重。

8. 根据权利要求1所述的人体成分、精神压力和动脉硬化同步检测装置,其特征是:该装置还包括:

显示单元:与主控单元连接,用于显示测量界面,以及人体成分、精神压力量化值、动脉硬化程度和身高体重值;

打印单元:与主控单元连接,用于检测结果的数据打印。

一种人体成分、精神压力和动脉硬化同步检测装置

技术领域

[0001] 本发明涉及用于对人体成分、精神压力和动脉硬化进行同步检测装置,属于全面评估人体亚健康状态的健康体检领域。

背景技术

[0002] 身体素质和心理状态的降低往往预示着亚健康的来临,进而导致各种慢性病(如心脑血管疾病)的发生。目前,医药卫生模式从传统的疾病诊治向健康管理转移,其重心也越来越着眼于人体的健康状态辨识和疾病的预警,这也是健康体检的发展趋势,因而国内外相关的人体成分分析、精神压力分析和动脉硬化检测设备应运而生。

[0003] 虽然人体成分检测仪器、精神压力检测仪器和动脉硬化检测仪器众多,但是同步检测上述三大项目的仪器或者装置非常少见。所能检索到的中国专利文献CN206700156U公开的《一种人体机能指标综合检测仪》可以测量上述二项功能(身体成分和精神压力),但只是将上述二项检测模块组合在一个平台上,分时异步检测,耗费较多的测量时间;而且不能提供更有临床价值的动脉硬化测量功能。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明提出一种人体成分、精神压力和动脉硬化的同步检测装置,采用同步检测分析,一次测量即可获取受测者身体健康状态、心理健康状态和血管健康状态。

[0005] 本发明的人体成分、精神压力和动脉硬化同步检测装置,采用以下技术方案:

[0006] 该检测装置,包括生物电阻抗测量组件、光电容积脉搏波测量组件、体重测量模块、身高测量模块、信号处理单元和主控单元;

[0007] 生物电阻抗测量组件,包括分别向左手、右手、左脚、右脚施加正弦波电流的电流电极,以及左手、右手、左脚和右脚的电压采集电极;各个电流电极和电压采集电极均与信号处理单元连接;

[0008] 光电容积脉搏波测量组件,包括用于分别采集左手大拇指、右手大拇指、左脚大拇指和右脚大拇指四处光电容积脉搏波信号的四个光电脉搏传感器;四个光电脉搏传感器均与信号处理单元连接;

[0009] 体重测量模块,包括固定在支架上的体重传感器,与信号处理单元连接,用于测量人体重量;

[0010] 身高测量模块,包括固定在支架上的超声波测量传感器,与信号处理单元连接,用于测量人体身高;

[0011] 信号处理单元,用于接收由生物电阻抗测量组件、光电容积脉搏波测量组件、体重测量模块和身高测量模块同步测量获得的生物电阻抗信号、光电容积脉搏波信号、体重和身高信号,并对各信号进行处理,将处理后的各信号输送至主控单元;

[0012] 信号处理单元向生物电阻抗测量组件中的电流电极施加正弦波电流,信号频率为6个频段(1kHz,5kHz,50kHz,250kHz,500kHz和1MHz),同时采集电压采集电极的电压信号,

然后将电压信号进行二阶巴特沃斯带通滤波(带通频率1kHz-1MHz)和放大处理,再经交直流转换电路转为直流信号进行模数转换;信号处理单元在采集上述生物电阻抗信号的同时,采集光电容积脉搏波组件中的四路脉搏波信号,再进行四阶巴特沃斯带通滤波(带通频率 0.5Hz-25Hz)和放大处理,然后进行数模转换;同时信号处理单元对采集的身高和体重模块信号进行模数转换。

[0013] 主控单元,包括人体成分测量单元、精神压力测量单元、动脉硬化测量单元和身高体重测量单元,各单元分别接收信号处理单元处理后的相应信号并进行分析,获得人体成分、精神压力量化值、动脉硬化程度和身高体重值。

[0014] 所述人体成分测量单元,用于计算水分、体脂肪、蛋白质和无机盐四个人体成分量化值;具体过程如下所述:

[0015] 首先基于大样本的临床试验数据利用BP神经网络建立人体成分与身高H、体重W和生物电阻抗Z的模型,模型建立步骤为:

[0016] (1)从样本集中取一个样本 (X_p, Y_p) ,将 X_p 输入到BP神经网络中,其中 X_p 代表样本数组 $[H, W, Z]$, Y_p 代表该样本 p 对应的体成分结果,其中 $p=1, 2, \dots, N$, N 为样本数;

[0017] (2)计算相应的预测输出 O_p (具体输出为水分、体脂肪、蛋白质或无机盐),在此阶段,结构化特征从输入层,经过中间层,传输到输出层,在此过程中,BP神经网络执行前向传播,如下计算:

[0018] $O_p = g(f(W'_{1j} * X_p + b_{1j}) * W'_{2j} + b_{2j})$,

[0019] 其中 $W'_{1j}, b_{1j}, W'_{2j}, b_{2j}$ 为第 j 次迭代训练BP神经网络的系数向量和偏置向量,它们为模型的参数; f 为中间层激励函数, g 为输出层SoftMax函数;

[0020] (3)计算预测输出 O_p 和实际输出 Y_p 的误差 $Err_p: Err_p = O_p - Y_p$;

[0021] (4)按极小化误差的方向反向传播调整 $W'_{1j}, b_{1j}, W'_{2j}, b_{2j}$,使得 Err_p 最小;

[0022] 模型训练的过程就是反复执行上述四步的操作,当训练的误差 Err_p 不再减小或者达到指定的训练次数时,停止训练,最后一次反向传播调整后的 $W'_{1j=T}, b_{1j=T}, W'_{2j=T}, b_{2j=T}$ 即为模型的参数,其中 T 为模型训练误差达到最小的迭代次数或为指定的训练次数。

[0023] 模型训练过程中的前向传播过程,亦是在BP神经网络训练完毕后预测体成分结果的过程,计算公式如下: $O_p = g(f(W'_T * X_p + b_T) * W'_T + b_T)$,其中 f 为中间层激励函数, g 为输出层SoftMax函数, X_p 为数组 $[H, W, Z]$ 。

[0024] 最后,利用上述公式计算人体成分的水分、脂肪、无机盐和蛋白质指标。

[0025] 所述精神压力测量单元,接收信号处理单元处理后的任意一路光电容积脉搏波信号,并计算精神压力指数;计算精神压力指数的具体过程如下所述:

[0026] 经数字滤波模块去除工频干扰、基线干扰及运动干扰后,提取采集时间段内脉搏波信号的峰值点位置,得到心动周期序列 R_p ,通过BP神经网络建立精神压力指数PSI与心动周期序列 R_p 的模型公式 $O_p = g(f(W'_T * R_p + b_T) * W'_T + b_T)$,其中 W'_T 和 b_T 为BP神经网络训练后的模型参数; f 为中间层激励函数, g 为输出层SoftMax函数; T 为模型训练误差达到最小的迭代次数或为指定的训练次数;当采集到新时间段的脉搏波数据,提取相应的心动周期序列 R_p 后,带入上述公式,实时计算精神压力指数PSI。PSI数值越大,代表精神压力越大。

[0027] 所述动脉硬化测量单元,首先提取脉搏波信号的特征,然后计算双侧下肢外周动脉硬化程度,具体如下:

[0028] 提取四路光电脉搏波信号的起始点,形成四个起始点序列数组LPT_{bl}、LPT_{al}、RPT_{bl}、RPT_{al},分别代表左手大拇指、左脚大拇指、右手大拇指和右脚大拇指的脉搏波起始点序列,使用如下脉搏波传播速度PWV的计算公式:

$$[0029] \quad LePWV = \frac{1}{N} \sum_i \frac{D1}{LPT_{bli} - LPT_{ali}},$$

$$[0030] \quad RePWV = \frac{1}{N} \sum_i \frac{D2}{RPT_{bli} - RPT_{ali}},$$

[0031] 分别计算左下肢外周动脉脉搏波传播速度LePWV和右下肢外周动脉脉搏波传播速度 RePWV,其中D1为心脏到左脚大拇指减去心脏到左手大拇指的体表距离,D2为心脏到右脚大拇指减去心脏到右手大拇指的体表距离,通过实际测量或者根据经验公式获取;LPT_{bl,i},LPT_{al,i},RPT_{bl,i},RPT_{al,i}分别表示四处光电脉搏波信号的第i个心动周期的起始点位置;N为采集一段时间内心脏正常搏动的个数。

[0032] 所述身高体重测量单元,接收信号处理单元发送的体重和身高信号,获得出身高和体重。

[0033] 本发明的上述装置,还包括:

[0034] 显示单元:与主控单元连接,用于显示测量界面,以及人体成分、精神压力量化值、动脉硬化程度和身高体重值;

[0035] 打印单元:与主控单元连接,用于检测结果的数据打印。

[0036] 本发明可同步采集生物电阻抗和四路光电容积脉搏波信号,实时显示人体成分、精神压力指数、动脉硬化指数、脉搏波、脉率,采用同步检测分析,一次测量即可评估受测者身体健康状态、心理健康状态和血管健康状态,解决了目前市场上相关仪器集成化低、异步分时检测的问题,大大节约受测者的检测时间。

附图说明

[0037] 图1是本发明人体成分、精神压力和动脉硬化同步检测方法和装置的测量原理示意图。

[0038] 图2是本发明装置的结构示意图。

[0039] 图3是左手大拇指光电容积脉搏波及特征提取示意图。

[0040] 图4是右手大拇指光电容积脉搏波提取的心动周期序列图。

[0041] 图5是四路光电容积脉搏波特征提取及动脉硬化计算方法示意图。

[0042] 图中:100.生物电阻抗测量组件,200.光电容积脉搏波测量组件,300.体重测量模块,400.身高测量模块,500.信号处理单元,600.主控单元,700.显示模块,800.打印模块;

[0043] 1.左手柄,1A.左手电流电极,1B.左手电压采集电极,2.右手柄,2A.右手电流电极,2B.右手电压采集电极,3A.左脚电流电极,3B.左脚电压采集电极,4A.右脚电流电极,4B.右脚电压采集电极,5A.左手大拇指反射式光电脉搏传感器,5B.右手大拇指反射式光电脉搏传感器,5C.左脚大拇指反射式光电脉搏传感器,5D.右脚大拇指反射式光电脉搏传感器。

具体实施方式：

[0044] 本发明的人体成分、精神压力和动脉硬化同步检测装置，如图1和图2所示，主要包括生物电阻抗测量组件100、光电容积脉搏波测量组件200、体重测量模块300、身高测量模块400、信号处理单元500和主控单元600，还包括显示模块700和打印模块800。

[0045] 如图2，体重测量模块300和身高测量模块400可以采用现有的人体重量身高测量仪。体重测量模块300包括体重传感器及其固定支架；身高测量模块400包括超声波测量传感器及其固定支架。身高测量模块400设置在体重测量模块300的后部上方。体重测量模块300和身高测量模块400通过数据线连接主控单元600。信号处理单元500和主控单元600可设置于整个装置的机架中。

[0046] 生物电阻抗测量组件100，用于人体电流和电压的测量及采集。包括：左手握住的手柄电流电极1A和电压采集电极1B，用于右手握住的手柄电流电极2A和电压采集电极2B、用于左脚接触的踏板电流电极3A和电压采集电极3B、用于右脚接触的踏板电流电极4A和电压采集电极4B。参见图2，左手握住的手柄电流电极1A和电压采集电极1B设置在体重测量模块300上部的左手柄1上，右手握住的手柄电流电极2A和电压采集电极2B设置在体重测量模块300上部的右手柄2上，左脚接触的踏板电流电极3A和电压采集电极3B设置在体重测量模块300底座的左踏板上，右脚接触的踏板电流电极4A和电压采集电极4B设置在体重测量模块300底座的右踏板上。电极1A，1B，2A和2B用于上肢阻抗的采集。电极3A，3B，4A和4B用于下肢阻抗的采集。

[0047] 光电容积脉搏波测量组件200，用于采集受测者手脚大拇指处的光电容积脉搏波信号。包括采集受测者左手大拇指处光电容积脉搏波信号的光电脉搏传感器5A，采集受测者右手大拇指处光电容积脉搏波信号的光电脉搏传感器5B，采集受测者左脚大拇指处光电容积脉搏波信号的光电脉搏传感器5C，采集受测者右脚大拇指处光电容积脉搏波信号的反射式光电脉搏传感器5D。各光电脉搏传感器均为反射式光电脉搏传感器。参见图2，光电脉搏传感器5A、5B、5C、5D分别设置在(嵌入到)左手柄1、右手柄2、左踏板和右踏板上。光电脉搏传感器5C和5D分别嵌入到用于左脚接触的电压采集电极3B和用于右脚接触的电压采集电极4B的对称位置。光电脉搏传感器5A和5B与左右手柄的外壳表面在同一平面，光电脉搏传感器5C和5D与电压采集电极3B和4B在同一平面。光电脉搏传感器5A和5B用于左手指脉搏波和右手指脉搏波测量。光电脉搏传感器5C和5D用于左脚大拇指脉搏波和右脚大拇指脉搏波测量。光电脉搏传感器与电极之间通过绝缘材料进行隔离处理。

[0048] 信号处理单元500，用于接收由生物电阻抗测量组件100、光电容积脉搏波测量组件200、体重测量模块300和身高测量模块400同步测量获得的生物电阻抗信号、光电容积脉搏波信号、体重和身高，并对所述生物电阻抗信号、光电容积脉搏波信号、体重和身高进行信号处理。

[0049] 信号处理单元500向生物电阻抗测量组件100中左侧电流电极对(1A, 3A)和右侧电流电极对(2A, 4A)施加微弱的正弦波电流约160 μ A，信号频率为6个频段(1kHz, 5kHz, 50kHz, 250kHz, 500kHz和1MHz)，同时采集电压采集电极(1B, 2B)直接的电压信号，然后将电压信号进行二阶巴特沃斯带通滤波(带通频率1kHz-1MHz)和放大处理，再经交直流转换电路转为直流信号进行模数转换。信号处理单元500在采集上述生物电阻抗信号的同时，采集光电容积脉搏波组件200中的四路脉搏波信号，再进行四阶巴特沃斯带通滤波(带通频率 0.5Hz-

25Hz) 和放大处理, 然后进行数模转换。同时信号处理单元500对采集的身高和体重模块信号进行模数转换。

[0050] 主控单元600, 包括人体成分测量单元601、精神压力测量单元602、动脉硬化测量单元 603和身高体重测量单元604。主控单元600通过数据接口 (如RS232, USB或RJ45) 与信号处理单元500进行交互, 将各组件或模块的数据送入相应的处理单元进行数据处理和分析。主控单元600接收信号处理单元500处理后的信号并进行分析, 并通过人体成分测量单元601、精神压力测量单元602、动脉硬化测量单元603和身高体重测量单元604分别获得人体成分、精神压力量化值、动脉硬化程度和身高体重值。

[0051] 人体成分测量单元601, 用来计算人体成分的四大主要指标水分、脂肪、蛋白质和无机盐, 评估身体健康状态。先期通过人工神经网络建立人体成分与身高、体重和生物电阻抗的模型, 当输入被测者的身高、体重和生物电阻抗时, 自动计算出各个体成分量化值水分、体脂肪、蛋白质和无机盐四个人体成分量化值, 具体过程如下所述:

[0052] 首先基于大样本的临床试验数据利用人工神经网络建立体成分与身高H、体重W和生物电阻抗Z的模型, 模型建立步骤为:

[0053] (1) 从样本集中取一个样本 (X_p, Y_p) , 将 X_p 输入到BP神经网络中, 其中 X_p 代表样本数组 $[H, W, Z]$, Y_p 代表该样本 p 对应的体成分结果, 其中 $p=1, 2, \dots, N$, N 为样本数;

[0054] (2) 计算相应的预测输出 O_p (指水分、体脂肪、蛋白质或无机盐), 在此阶段, 结构化特征从输入层, 经过中间层, 传输到输出层, 在此过程中, BP神经网络执行前向传播, 如下计算:

[0055] $O_p = g(f(W'_{1j} * X_p + b_{1j}) * W'_{2j} + b_{2j})$,

[0056] 其中 $W'_{1j}, b_{1j}, W'_{2j}, b_{2j}$ 为第 j 次迭代训练BP神经网络的系数向量和偏置向量, 它们为模型的参数; f 为中间层激励函数, g 为输出层SoftMax函数;

[0057] (3) 计算预测输出 O_p 和实际输出 Y_p 的误差 $Err_p: Err_p = O_p - Y_p$;

[0058] (4) 按极小化误差的方向反向传播调整 $W'_{1j}, b_{1j}, W'_{2j}, b_{2j}$, 使得 Err_p 最小;

[0059] 模型训练的过程就是反复执行上述四步的操作, 当训练的误差 Err_p 不再减小或者达到指定的训练次数时, 停止训练, 最后一次反向传播调整后的 $W'_{1j=T}, b_{1j=T}, W'_{2j=T}, b_{2j=T}$ 即为模型的参数, 其中 T 为模型训练误差达到最小的迭代次数或为指定的训练次数。

[0060] 模型训练过程中的前向传播过程亦是在BP神经网络训练完毕后预测体成分结果的过程, 计算公式如下: $O_p = g(f(W'_{T} * X_p + b_T) * W'_{T+} + b_T)$, 其中 f 为中间层激励函数, g 为输出层SoftMax函数, X_p 为数组 $[H, W, Z]$ 。

[0061] 最后, 利用上述公式计算人体成分的水分、脂肪、无机盐和蛋白质指标。

[0062] 精神压力测量单元602接收信号处理单元处理后的任意一路光电容积脉搏波信号, 与光电脉搏传感器5A、5B、5C和5D中的一个连接, 可任意选择其中一路光电容积脉搏波信号作为精神压力的测量单元部件, 实时采集一段时间 (1分钟、3分钟或5分钟) 的左手大拇指、右左手大拇指、左大脚趾或右大脚趾的光电容积脉搏波信号作为输入, 经过滤波之后, 提取脉搏波信号的起始点位置, 得到心动周期序列 R_p , 利用心率变异性分析技术计算心动周期序列 R_p 的时域指标和频域指标, 计算精神压力指数。具体如下: 经数字滤波模块去除工频干扰、基线干扰及运动干扰后, 提取采集时间段内脉搏波信号的峰值点位置, 得到心动周期序列 R_p ; 先期通过人工神经网络建立精神压力指数PSI与心动周期序列 R_p 的模型公式, 建

立模型公式的步骤同人体成分测量单元601中模型公式的建立,得到计算公式: $O_p = g(f(W'_T * R_p + b_T) * W'_T + b_T)$,其中f为中间层激励函数,g为输出层SoftMax函数, R_p 为心动周期序列数组;当采集到新的脉搏波信号,提取得到心动周期序列 R_p 后,输入到上述公式中,可实时自动计算出精神压力的量化值PSI,PSI数值越大,代表精神压力越大。

[0063] 动脉硬化测量单元603先提取脉搏波信号的特征,然后计算双侧下肢外周动脉硬化程度,具体如下:

[0064] 1.经同步信号滤波模块(数字滤波模块)对5A、5B、5C和5D四路光电脉搏波信号分别经50Hz带阻滤波和25Hz低通滤波,获得高质量无污染的光电脉搏波信号;

[0065] 2.提取四路光电脉搏波信号的起始点,形成四个起始点序列数组 LPT_{bl} 、 LPT_{al} 、 RPT_{bl} 、 RPT_{al} ,分别代表左手大拇指、左脚大拇指、右手大拇指和右脚大拇指的脉搏波起始点序列;

[0066] 3.计算左右两侧动脉的脉搏波传播速度LePWV和RePWV,计算公式如下:

$$[0067] \quad LePWV = \frac{1}{N} \sum_i \frac{D1}{LPT_{bli} - LPT_{ali}}$$

$$[0068] \quad RePWV = \frac{1}{N} \sum_i \frac{D2}{RPT_{bli} - RPT_{ali}}$$

[0069] 其中D1为心脏到左脚大拇指减去心脏到左手大拇指的体表距离,D2为心脏到右脚大拇指减去心脏到右手大拇指的体表距离,可以通过实际测量或者根据经验公式获取; $LPT_{bl,i}$ 、 $LPT_{al,i}$ 、 $RPT_{bl,i}$ 、 $RPT_{al,i}$ 分别表示反射式光电脉搏传感器(5A,5C,5B,5D)获取的光电脉搏波信号的第i个心动周期的起始点位置,N为采集一段时间内心脏正常搏动的个数。

[0070] LePWV和RePWV反映了左右侧下肢外周动脉的硬化程度,数值越大,动脉硬化程度越高。

[0071] 身高体重测量单元604在人体握住手柄电极和踩住脚部电极站立的同时,该单元自动测量出身高和体重。

[0072] 显示单元700与主控单元600相连,用于显示测量界面,以及人体成分、精神压力量化值、动脉硬化程度和身高体重值。显示单元700的左右两侧分别放置左手柄1和右手柄2,通过凹陷槽位固定手柄;其中,左右手柄两侧各嵌入生物电阻抗测量组件的电极1A,1B,2A和2B,用于上肢阻抗的采集,左右手柄正面上方各嵌入光电脉搏传感器5A和5B,用于左手大拇指和右手大拇指的脉搏波测量。

[0073] 打印单元800通过USB数据接口连通主控单元600,用于检测结果的打印。

[0074] 以下给出人体成分、精神压力和动脉硬化同步检测装置测量的具体实例:

[0075] 受测者基本信息:年龄29岁,身高175cm,体重65.1kg;

[0076] 采集的生物电阻抗数据如下表所示:

[0077] 生物电阻抗数据(单位 Ω)

频率 / 节段	右上肢	左上肢	躯干	右下肢	左下肢
1kHz	458.8	430.8	27.1	327.6	323.4
5kHz	449.8	422.4	26.6	321.2	317.1
50kHz	400.6	368.1	23.6	289.4	289.3
250kHz	356.4	324.6	19.0	268.2	265.2
500kHz	342.9	312.3	18.3	258.0	255.1
1MHz	329.5	300.4	16.7	254.4	250.2

[0078] 将上述生物电阻抗数据作为数组Z,身高为H,体重为W,得到数组 $X_p = [H, W, Z]$,带入建立的模型公式 $O_p = g(f(W'_T * X_p + b_T) * W'_T + b_T)$,其中f为中间层激励函数,g为输出层SoftMax函数, X_p 为数组 $[H, W, Z]$,计算得到人体成分的各项指标分别为水分36.6kg,体脂肪15.4kg,无机盐3.44kg,蛋白质9.7kg,从而进行身体健康状态评估,检测结论为身体水分、蛋白质和无机盐缺乏,脂肪含量正常。

[0080] 采集的四路光电容积脉搏波信号,选取左手大拇指的光电容积脉搏波信号,截取部分信号演示如图3所示,对光电容积脉搏波进行特征识别,标注每个心动周期的起始点位置,如图3所示;进而形成测量时间内的所有脉搏波起始点序列 R_p , R_p 序列如图4所示;

[0081] 将 R_p 带入先期通过神经网络建立精神压力指数PSI与心动周期序列 R_p 的模型公式: $O_p = g(f(W'_T * R_p + b_T) * W'_T + b_T)$,其中f为中间层激励函数,g为输出层SoftMax函数,得到精神压力指数为72,精神压力指数范围为0-100,测量结论为精神压力指数偏高。

[0082] 同步采集的四路光电容积脉搏波进行同步分析,提取四路光电脉搏波信号的起始点,形成四个起始点序列数组 LPT_{blt} 、 LPT_{alt} 、 RPT_{blt} 、 RPT_{alt} ,分别代表左手大拇指、右手大拇指、左脚大拇指和右脚大拇指的脉搏波起始点序列,如图5所示;然后计算左右两侧动脉的脉搏波传播速度 $LePWV$ 和 $RePWV$,计算公式如下:

$$[0083] \quad LePWV = \frac{1}{N} \sum_i \frac{D1}{LPT_{blt} - LPT_{alt}}$$

$$[0084] \quad RePWV = \frac{1}{N} \sum_i \frac{D2}{RPT_{blt} - RPT_{alt}}$$

[0085] 其中D1为心脏到左脚大拇指减去心脏到左手大拇指的体表距离,D2为心脏到右脚大拇指减去心脏到右手大拇指的体表距离,根据手动测量或经验公式获取此受试者的D1约为51cm, D2约为55cm,测得 $LePWV$ 为1098cm/s, $RePWV$ 为1120cm/s;检测结论:左右两侧外周动脉无硬化,血管弹性良好。

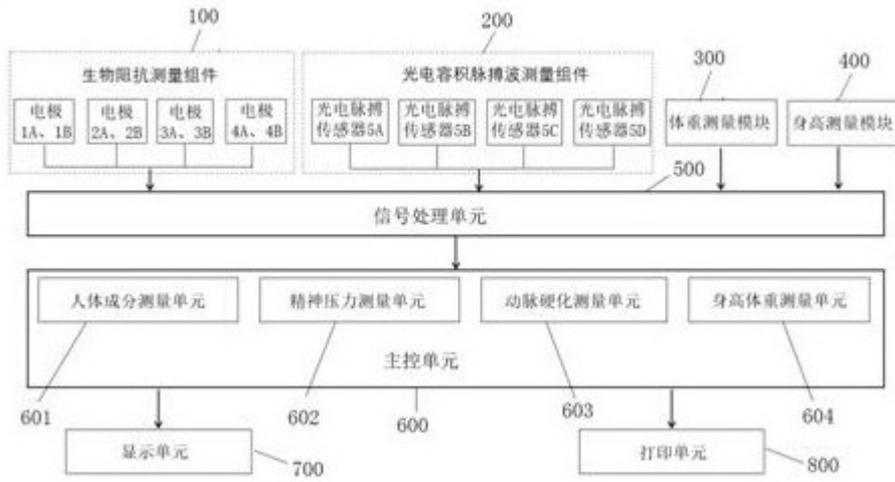


图1

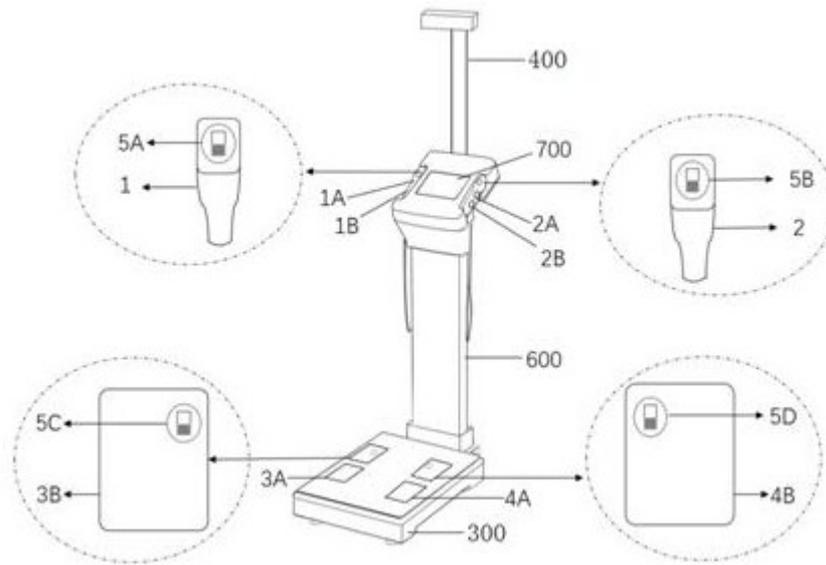


图2

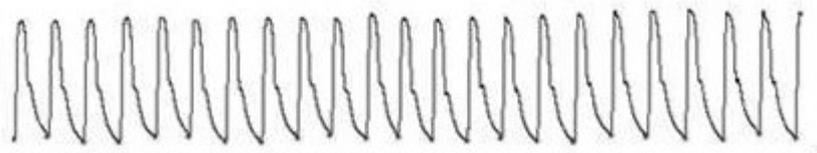


图3

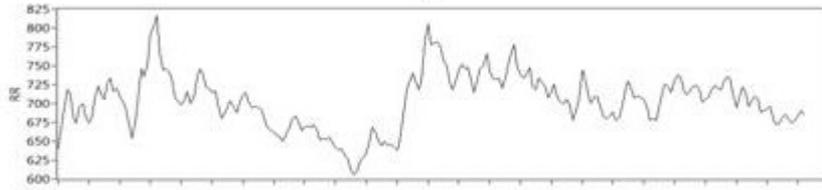


图4

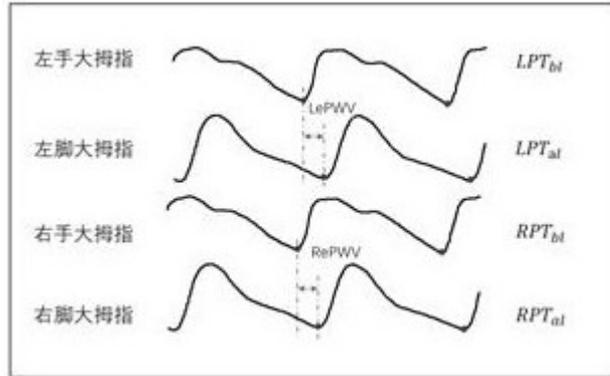


图5

专利名称(译)	一种人体成分、精神压力和动脉硬化同步检测装置		
公开(公告)号	CN109497967A	公开(公告)日	2019-03-22
申请号	CN201910007031.2	申请日	2019-01-04
[标]发明人	杨磊 刘常春		
发明人	杨磊 刘常春		
IPC分类号	A61B5/02 A61B8/00 G01G19/50 A61B5/00 A61B5/16		
代理人(译)	王书刚		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种人体成分、精神压力和动脉硬化同步检测装置，包括生物电阻抗测量组件、光电容积脉搏波测量组件、体重测量模块、身高测量模块、信号处理单元和主控单元，信号处理单元向通过电流电极向人体四肢施加正弦波电流，同时采集由生物电阻抗测量组件、光电容积脉搏波测量组件、体重测量模块和身高测量模块同步测量获得的生物电阻抗信号、光电容积脉搏波信号、体重和身高信号，并对各信号进行处理，将处理后的各信号输送至主控单元；主控单元接收信号处理单元处理后的相应信号并进行分析，获得人体成分、精神压力量化值、动脉硬化程度和身高体重值。本发明一次测量即可获取受测者身体健康状态、心理健康状态和血管健康状态，快速而简便。

