



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108786074 B

(45)授权公告日 2019.06.25

(21)申请号 201810616252.5

A61B 5/00(2006.01)

(22)申请日 2018.06.14

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108786074 A

CN 205434800 U,2016.08.10,全文.

CN 103247010 A,2013.08.14,全文.

CN 106166063 A,2016.11.30,全文.

(43)申请公布日 2018.11.13

CN 107970590 A,2018.05.01,全文.

CN 106815570 A,2017.06.09,全文.

(73)专利权人 浙江大学

地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路388号

US 2015134089 A1,2015.05.14,全文.

审查员 吴泳江

(72)发明人 温煦 龚莹岚 张鞠成 夏灵

(74)专利代理机构 北京君泊知识产权代理有限公司 11496

代理人 王程远

(51)Int.Cl.

A63B 71/06(2006.01)

A61B 5/0452(2006.01)

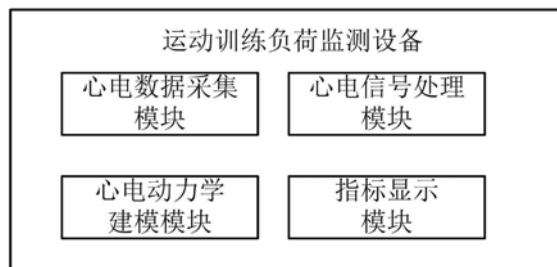
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

运动训练负荷监测设备

(57)摘要

本发明公开了一种运动训练负荷监测设备,包括心电数据采集模块、心电信号处理模块、心电动力学建模模块和指标显示模块,所述心电数据采集模块采集多导联心电图心电数据,所述心电信号处理模块对采集到的多导联心电图心电数据进行预处理,所述心电动力学建模模块对预处理后的心电数据进行动力学建模,得到心电动力学图,根据所述心电动力学图得到运动训练负荷监测指标,所述运动训练负荷监测指标在所述指标显示模块上显示。本发明公开的运动训练负荷监测设备可以实现无创、简便、经济的运动训练负荷监测。



1. 一种运动训练负荷监测设备,包括心电数据采集模块、心电信号处理模块、心电动力学建模模块和指标显示模块,所述心电数据采集模块采集多导联心电图心电数据,所述心电信号处理模块对采集到的多导联心电图心电数据进行预处理,所述心电动力学建模模块对预处理后的心电数据进行动力学建模,得到心电动力学图,根据所述心电动力学图得到运动训练负荷监测指标,所述运动训练负荷监测指标在所述指标显示模块上显示;所述的预处理是指提取所述心电图数据中心电信号的ST-T段数据,对心电图数据中的ST-T段或T波数据进行心电动力学建模,得到心电动力学图;计算所述心电动力学图的时间异质度和空间异质度,得到检测对象的运动训练负荷监测指标。

2. 如权利要求1所述的运动训练负荷监测设备,其特征在于:所述对心电图数据中的ST-T段或T波数据进行动力学建模由以下方法实现:将提取的ST-T段或T波数据转换为三维数据,得到ST-T环或T环;

采用神经网络辨识器,对ST-T环或T环的内在系统动态利用确定学习算法进行局部神经网络逼近,获得关于心电图ST-T段或T环数据内在的动力学特征;

将利用神经网络得到的关于心电图ST-T段或T环数据内在的动力学特征沿着ST-T环或T环轨迹进行三维可视化显示,得到心电动力学图;所述心电动力学图包含心电信号ST-T段的状态信息和沿着ST-T段或T环状态轨迹的动力学特征。

3. 如权利要求2所述的运动训练负荷监测设备,其特征在于:通过计算ST-T环或T环的空间异质度SI和时间异质度TI,得到运动训练负荷监测指标E,其中

$$SI = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \ln(d_{n2} / d_{n1}), \quad TI = \arg \min_{\lambda_i} |F \cdot e^{-0.14\lambda_i}|, \quad E = a \times TI - b \times SI + c;$$

其中a、b和c为可变系数,根据运动训练负荷监测指标E与血检结果的一致性确定,运动训练负荷监测指标E>0时,表征运动训练负荷过大,E<0时,表征运动训练负荷正常。

4. 如权利要求3所述的运动训练负荷监测设备,其特征在于:运动训练负荷监测指标E=-0.0018TI-SI+0.4,E>0时,表征运动训练负荷过大,E<0时,表征运动训练负荷正常。

5. 如权利要求3所述的运动训练负荷监测设备,其特征在于:所述心电动力学图既包含心电信号ST-T段的状态信息,也包含沿着ST-T段状态轨迹的动力学特征,是一种全息特征,在空间和时间上表征出心脏复极过程电活动的动力学信息。

6. 如权利要求5所述的运动训练负荷监测设备,其特征在于:心电动力学图采用动态模式建模与识别相结合,对心电信号进行动力学建模,提取逐拍心电信号ST段和T波中的动力学特征,对心电信号中微小的T波电交替进行检测,以达到运动训练负荷监测的目的。

7. 如权利要求1所述的运动训练负荷监测设备,其特征在于:通过采集20-60秒12导联心电图,提取其中18-20个心动周期的ST-T段或T波数据进行动力学建模分析,从而得到运动训练负荷监测指标;或者,通过采集20秒12导联心电图,提取其中20个心动周期的ST-T段或T波数据进行动力学建模分析,从而得到运动训练负荷监测指标。

8. 如权利要求6所述的运动训练负荷监测设备,其特征在于:分别在无运动负荷时、低运动负荷训练、中运动负荷训练,和高运动负荷训练三种运动训练后即刻和24小时后,采集样本人群的静脉血,分别测量20个心动周期的12导联心电图相关数据,并填写主观感觉疲劳问卷;通过静脉血标本,采集受试对象的肌酸激酶-MB型同工酶(CK-MB)、高敏肌钙蛋白I(hsTnI),采用RPE(rating of perceived exertion)量表测量样本人群的主观疲劳程度,以

采血的检测结果作为对心电图测试结果的验证和校正的标准,并对心电图测试结果进行准确度评价。

9.如权利要求2所述的运动训练负荷监测设备,其特征在于:所述运动训练负荷监测设备还包括心电数据管理模块和通讯模块,可以与电子病历系统集成,所采集的心电图和运动训练负荷监测指标既能在设备本地存储,又能实时上传到电子病历系统。

10.如权利要求9所述的运动训练负荷监测设备,其特征在于:所述运动训练负荷监测设备可以与体检管理系统集成,所采集的心电图和运动训练负荷监测指标既能在设备本地存储,又能实时上传到体检管理系统,设备所生成的检查报告既能在本地打印,又能在体检管理系统客户端与所有体检结果一起打印。

## 运动训练负荷监测设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及运动训练技术领域,具体地说是一种运动训练负荷监测设备。

### 背景技术

[0002] 加强运动员训练和全民健身的科学化水平,一个关键问题是如何根据个体的生理特点和运动应激反应选择适宜的运动训练负荷。理想的训练计划应当遵循运动训练中循序渐进的超负荷原则,即逐渐增加运动负荷,逐步提高运动能力,待身体适应该运动负荷后,再继续增加运动负荷,使运动能力不断提高。只有准确、及时地发现运动员在训练负荷下的身体机能变化状况,才能合理地安排和调整运动训练计划,避免过度疲劳,减少运动损伤,提高运动训练的有效性和安全性。

[0003] 虽然肌酸激酶、肌钙蛋白等指标已经被证明为监测运动负荷的有效指标,但是,这些传统的运动负荷监测方法的共同缺点是:1)需要采血,有创测试,不受运动员和普通运动健身者欢迎,也不可能长期频繁使用;2)时间滞后,一般需要几个小时到几天出结果,造成的运动损伤已经很难挽回;3)测试程序比较复杂,测试价格比较昂贵,许多专业运动队都很难频繁使用,更不适用于普通运动健身者的科学健身指导。

[0004] 心电图运动负荷试验又称心电运动试验,是通过一定量的运动增加心脏负荷,观察心电图变化,对已知或怀疑患有心血管疾病,尤其是冠状动脉粥样硬化性心脏病进行临床评估的方法。在运动心电图中,可以观察的心电参数包括心率、QRS波、ST段、T波和心律失常。心电运动试验在临床上的应用包括:诊断冠心病;评定已确诊冠心病的严重程度;预测心血管事件和心源性死亡;评定运动能力和耐量;评定运动相关的症状;评估心率变时性功能、心律失常和对植入性器械治疗的反应;评估对医学介入治疗的反应。

[0005] 综上,现有技术无法快速、便捷地实现运动训练负荷监测,而且有创测试存在着固有缺陷。现有技术心电运动试验还不能实现运动训练负荷监测,鉴于心电运动试验的无创特性和便捷性,若能将其用于运动训练负荷监测,可能会有较大优势。

### 发明内容

[0006] 有鉴于此,本发明针对上述与运动训练负荷监测相关的现有技术存在的测试方法有创、测试程序复杂、测试价格昂贵等问题,提供一种无创、简便、经济的运动训练负荷监测设备,并降低了监测成本。

[0007] 本发明的技术解决方案是,提供一种运动训练负荷监测设备,包括心电数据采集模块、心电信号处理模块、心电动力学建模模块和指标显示模块,所述心电数据采集模块采集多导联心电图心电数据,所述心电信号处理模块对采集到的多导联心电图心电数据进行预处理,所述心电动力学建模模块对预处理后的心电数据进行动力学建模,得到心电动力学图,根据所述心电动力学图得到运动训练负荷监测指标,所述运动训练负荷监测指标在所述指标显示模块上显示。

[0008] 作为可选,所述的预处理是指提取所述心电图数据中心电信号的ST-T段数据,对

心电图数据中的ST-T段或T波数据进行心电动力学建模,得到心电动力学图;计算所述心电动力学图的时间异质度和空间异质度,得到所述检测对象的运动训练负荷监测指标。

[0009] 作为可选,所述对心电图数据中的ST-T段或T波数据进行动力学建模由以下方法实现:将提取的ST-T段或T波数据转换为三维数据,得到ST-T环或T环;

[0010] 采用神经网络辨识器,对ST-T环或T环的内在系统动态利用确定学习算法进行局部神经网络逼近,获得关于心电图ST-T段或T环数据内在的动力学特征;

[0011] 将利用神经网络得到的关于心电图ST-T段或T环数据内在的动力学特征沿着ST-T环或T环轨迹进行三维可视化显示,得到心电动力学图;所述心电动力学图包含心电信号ST-T段的状态信息和沿着ST-T段或T环状态轨迹的动力学特征。

[0012] 作为可选,通过计算ST-T环或T环的空间异质度SI和时间异质度TI,得到运动训练负荷监测指标E,其中  $SI = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \ln(d_{n2}/d_{n1})$ ,  $TI = \arg \min_{\lambda_i} |F \cdot e^{-0.1\lambda_i}|$ ,  $E = a \times TI - b \times SI + c$ ;其

中a、b和c为可变系数,根据运动训练负荷监测指标E与血检结果的一致性确定,运动训练负荷监测指标E>0时,表征运动训练负荷过大,E<0时,表征运动训练负荷正常。

[0013] 作为可选,运动训练负荷监测指标  $E = -0.0018TI - SI + 0.4$ , E>0时,表征运动训练负荷过大,E<0时,表征运动训练负荷正常。

[0014] 作为可选,所述心电动力学图既包含心电信号ST-T段的状态信息,也包含沿着ST-T段状态轨迹的动力学特征,是一种全息特征,在空间和时间上表征出心脏复极过程电活动的动力学信息。

[0015] 作为可选,心电动力学图采用动态模式建模与识别相结合,对心电信号进行动力学建模,提取逐拍心电信号ST段和T波中的动力学特征,对心电信号中微小的T波电交替进行检测,以达到运动训练负荷监测的目的。突破了已有的仅提取心电信号时频特征、统计特征的范畴。

[0016] 作为可选,通过采集20-60秒12导联心电图,提取其中18-20个心动周期的ST-T段或T波数据进行动力学建模分析,从而得到运动训练负荷监测指标。

[0017] 作为可选,通过采集20秒12导联心电图,提取其中20个心动周期的ST-T段或T波数据进行动力学建模分析,从而得到运动训练负荷监测指标。

[0018] 作为可选,分别在无运动负荷时、低运动负荷训练、中运动负荷训练,和高运动负荷训练三种运动训练后即刻和24小时后,采集样本人群的静脉血,分别测量20个心动周期的12导联心电图相关数据,并填写主观感觉疲劳问卷;通过静脉血标本,采集受试对象的肌酸激酶-MB型同工酶(CK-MB)、高敏肌钙蛋白I(hsTnI),采用RPE(rating of perceived exertion)量表测量样本人群的主观疲劳程度,以采血的检测结果作为对心电图测试结果的验证和校正的标准,并对心电图测试结果进行准确度评价。

[0019] 作为可选,所述运动训练负荷监测设备还包括心电数据管理模块和通讯模块,可以与电子病历系统集成,所采集的心电图和运动训练负荷监测指标既能在设备本地存储,又能实时上传到电子病历系统。

[0020] 作为可选,所述运动训练负荷监测设备可以与体检管理系统集成,所采集的心电图和运动训练负荷监测指标既能在设备本地存储,又能实时上传到体检管理系统,设备所生成的检查报告既能在本地打印,又能在体检管理系统客户端与所有体检结果一起打印。

[0021] 采用以上运动训练负荷监测设备,本发明与现有技术相比,具有以下优点:(1) 本发明的心电动力学图采用动态模式建模与识别的新方法,对心电信号进行动力学建模,提取逐拍心电信号ST段或T波中的动力学特征,突破已有的仅提取心电信号时频特征、统计特征的范畴,对心电信号中微小的T波电交替进行更为敏感的检测,以达到运动训练负荷监测的目的,通过建立心电动力学图进一步提出通过心电信号ST-T段或T波时间异质度和空间异质度这两个指标来检测微伏级心电改变,从而达到评估运动负荷水平的目的;(2) 本发明将心电信号看作一类动态模式,使用动态模式建模方法对心电信号进行分析,提取其内部深层次的动力学信息,突破了已有提取心电信号时频特征、统计特征等范畴,并将提取到的动力学信息用于运动训练负荷的评估。

### 附图说明

- [0022] 图1为健康成年男性的标准12导联心电图;  
[0023] 图2为健康成年男性的心电动力学图;  
[0024] 图3为运动负荷过大引起心肌缺血的运动员的标准12导联心电图;  
[0025] 图4为运动负荷过大引起心肌缺血的运动员的心电动力学图;  
[0026] 图5为本发明的模块示意框图。

### 具体实施方式

[0027] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步说明,但本发明并不仅仅限于这些实施例。

[0028] 本发明涵盖任何在本发明的精髓和范围上做的替代、修改、等效方法以及方案。为了使公众对本发明有彻底的了解,在以下本发明优选实施例中详细说明了具体的细节,而对本领域技术人员来说没有这些细节的描述也可以完全理解本发明。

[0029] 本发明的一种运动训练负荷监测设备,包括心电数据采集模块、心电信号处理模块、心电数据管理模块、心电动力学建模模块和运动训练负荷监测指标显示模块,所述心电信号处理模块对采集到的10—60秒12导联心电图心电数据进行预处理,所述心电动力学建模模块对处理后的心电数据进行动力学建模,动力学建模得到的运动训练负荷监测指标在所述运动训练负荷监测指标显示模块上显示。

[0030] 对心电信号进行动力学建模包括以下步骤:

[0031] 1) 截取心电信号的ST-T段数据,将12导联ST-T段数据转换为三维数据,得到ST-T环;

[0032] 2) 采用动态径向基函数(radial basis function,RBF)神经网络辨识器,对ST-T环的内在系统动态利用确定学习算法进行局部准确RBF神经网络逼近,获得关于心电图ST-T段信号内在的动力学特征,这种系统动力学特征,与静态心电信号特征相比,是对心电信号内部更深层次更本质的一种特征描述;

[0033] 3) 把对步骤2)中RBF神经网络的建模结果沿着ST-T环轨迹进行三维可视化显示,得到心电动力学图。心电动力学图既包含了心电信号ST-T段的状态信息,也包含了沿着ST-T段状态轨迹的动力学特征,是一种全息特征,在空间和时间上刻画出心脏复极过程电活动的动力学信息。

[0034] 通过计算ST-T环的空间异质度SI和时间异质度TI,得到运动训练负荷监测指标E,其中 $SI = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \ln(d_{n2} / d_{n1})$ ,  $TI = \arg \min_{\lambda_i} |F \cdot e^{-0.1\lambda_i}|$ ,  $E = -0.0018TI - SI + 0.4$ 。运动训练负荷监测指标E>0时,运动训练负荷过大,E<0时,运动训练负荷正常。

[0035] 如图2所示,健康成年男性的心电动力学图比较规整。而运动训练负荷过量引起心肌缺血时,其心电动力学图明显比较紊乱,如图4所示。

[0036] 根据一个实施例,所述运动训练负荷监测设备还包括心电数据管理模块和通讯模块,可以与电子病历系统集成,所采集的心电图和运动训练负荷监测指标既能在设备本地存储,又能实时上传到电子病历系统。

[0037] 根据一个实施例,所述运动训练负荷监测设备可以与体检管理系统集成,所采集的心电图和运动训练负荷监测指标既能在设备本地存储,又能实时上传到体检管理系统,设备所生成的检查报告既能在本地打印,又能在体检管理系统客户端与所有体检结果一起打印。

[0038] 根据一个实施例,所述运动训练负荷监测设备通过采集20秒12导联心电图,提取其中18-20个心动周期的ST-T段信息进行动力学建模分析,从而得到运动训练负荷监测指标。

[0039] 根据一个实施例,所述运动训练负荷监测设备通过采集20秒12导联心电图,提取其中18-20个心动周期的T波信息进行动力学建模分析,从而得到运动训练负荷监测指标。

[0040] 得到运动训练负荷监测指标后,将其传输至云端,通过手持终端访问云端数据,并设置访问权限,只有本人和以及经过本人授权的其他人员才能具有访问权限。手持终端上设有北斗定位系统,在通过持续终端访问数据时,手持终端强制定位,当定位结果发现与被授权人的常住地不符合时,则手持终端关闭数据访问权限,需要本人生物识别特征验证后才能重新获得权限,以防止个人运动信息以及指标数据的泄露。大量的特定人群的运动训练负荷监测指标在云端形成大数据,通过大数据形成数据分析报告,包括年龄、职业、性别等信息与运动训练负荷监测指标的关系。

[0041] 本发明的方法还可利用得到的心电动力学图,即运动负荷心电图,和12导联动态心电图作为一个综合的指标,精准度更高。在做12导联心电图的时候同时测量心电图 $\Sigma T/R$ ,利用血清心肌肌钙蛋白,血浆心钠素,心电图 $\Sigma T/R$ 三个指标综合,作为验证和校正的标准,并对心电图测试结果进行准确度评价。这些技术特征均可与上述两个实施例进行结合。

[0042] 以300名高水平运动员和资深运动健身人群作为研究对象,分别在无运动负荷时、低运动负荷训练、中运动负荷训练,和高运动负荷训练三种运动训练后即刻和24小时后,分别采集静脉血,分别测量20个心动周期的12导联心电图相关数据,并填写主观感觉疲劳问卷。通过静脉血标本,采集受试对象的肌酸激酶-MB型同工酶(CK-MB)、高敏肌钙蛋白I(hsTnI),采用RPE(rating of perceived exertion)量表测量受试对象的主观疲劳程度。通过对20个心动周期的12导联心电图建立心电动力学图,计算运动训练负荷监测指标E。以CK-MB测试结果为金标准,CDG测试的准确率、灵敏度和特异性均为80%。以hsTnI测试结果为金标准,CDG测试的准确率为80.4%,灵敏度为71.5%,特异度为81.8%。

[0043] 以上仅就本发明较佳的实施例作了说明,但不能理解为是对权利要求的限制。本发明不仅局限于以上实施例,其具体结构允许有变化。总之,凡在本发明独立权利要求的保

护范围内所作的各种变化均在本发明的保护范围内。

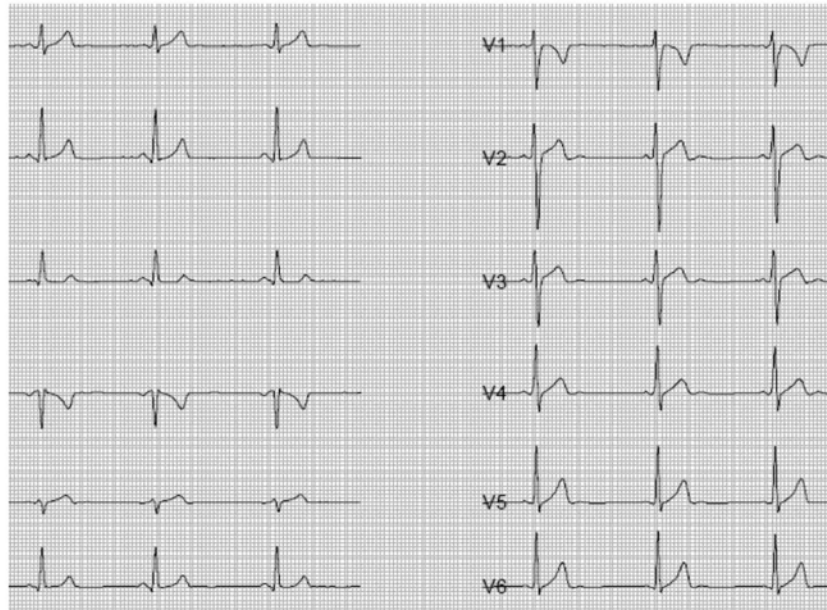


图1

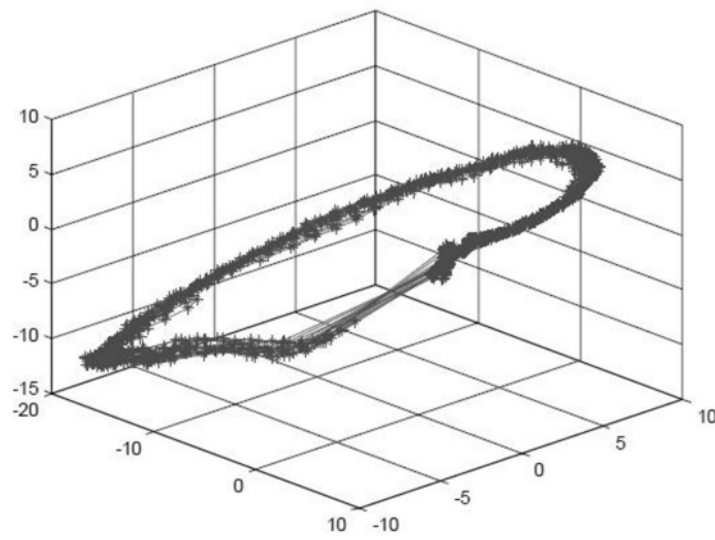


图2

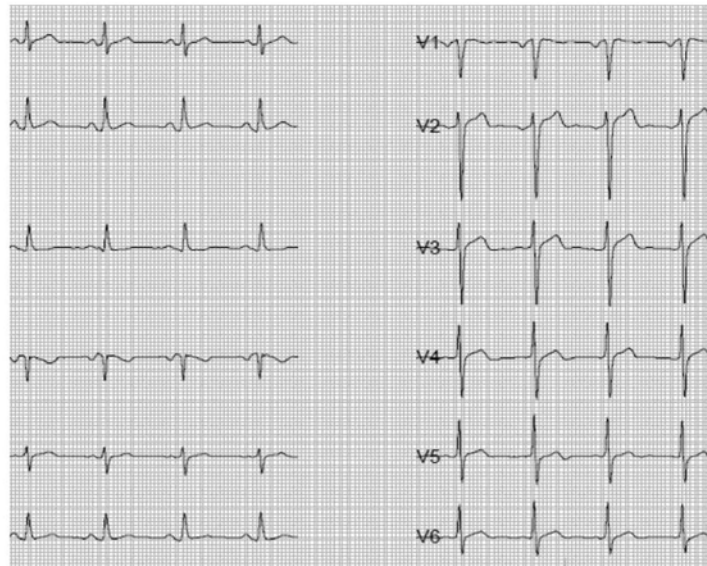


图3

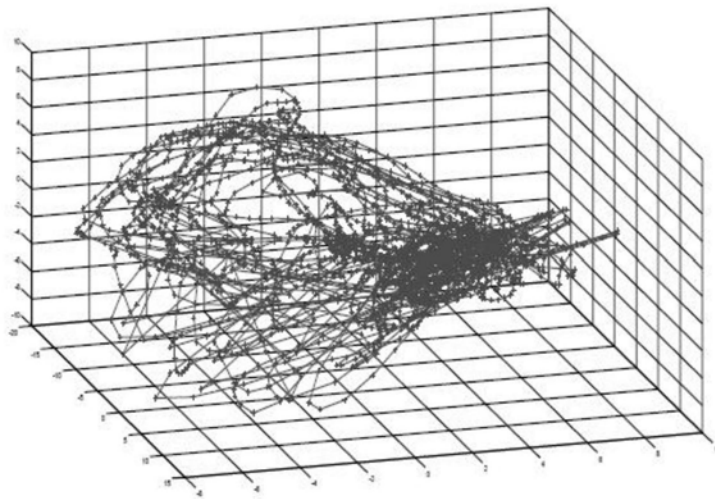


图4

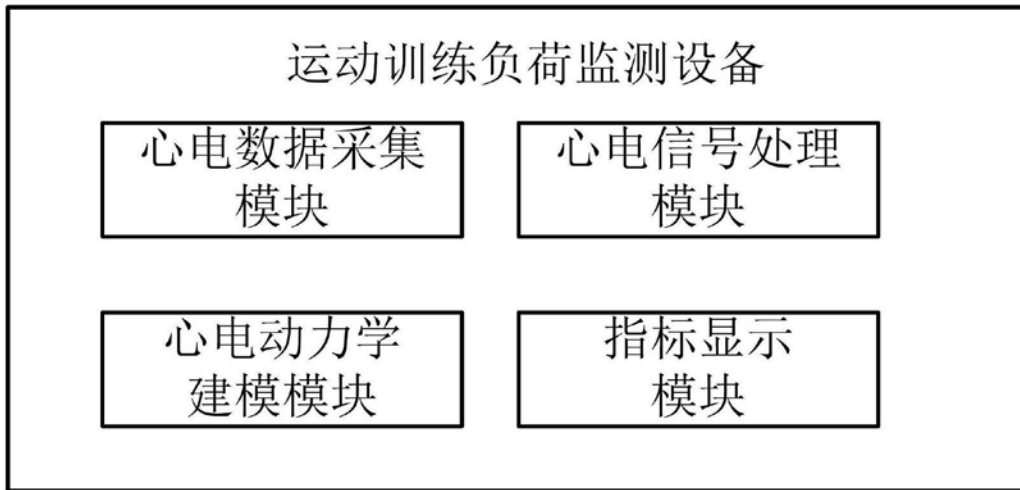


图5

专利名称(译)	运动训练负荷监测设备		
公开(公告)号	<a href="#">CN108786074B</a>	公开(公告)日	2019-06-25
申请号	CN201810616252.5	申请日	2018-06-14
[标]申请(专利权)人(译)	浙江大学		
申请(专利权)人(译)	浙江大学		
当前申请(专利权)人(译)	浙江大学		
[标]发明人	温煦 张鞠成 夏灵		
发明人	温煦 龚莹岚 张鞠成 夏灵		
IPC分类号	A63B71/06 A61B5/0452 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/04012 A61B5/0452 A61B5/7271 A63B71/0619 A63B2230/04 A63B2230/20		
代理人(译)	王程远		
审查员(译)	吴泳江		
其他公开文献	CN108786074A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明公开了一种运动训练负荷监测设备，包括心电数据采集模块、心电信号处理模块、心电动力学建模模块和指标显示模块，所述心电数据采集模块采集多导联心电图心电数据，所述心电信号处理模块对采集到的多导联心电图心电数据进行预处理，所述心电动力学建模模块对预处理后的心电数据进行动力学建模，得到心电动力学图，根据所述心电动力学图得到运动训练负荷监测指标，所述运动训练负荷监测指标在所述指标显示模块上显示。本发明公开的运动训练负荷监测设备可以实现无创、简便、经济的运动训练负荷监测。

