



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109222969 A

(43)申请公布日 2019.01.18

(21)申请号 201811290259.9

(22)申请日 2018.10.31

(71)申请人 郑州大学

地址 450001 河南省郑州市高新区科学大道100号

(72)发明人 任海川 李庆明 毛晓波 董杰超
刘明康 李臣宏 王邦锋 段虎飞
李世博 杨朝中 毛帆 邹青青

(51)Int.Cl.

A61B 5/0488(2006.01)

A61B 5/1455(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

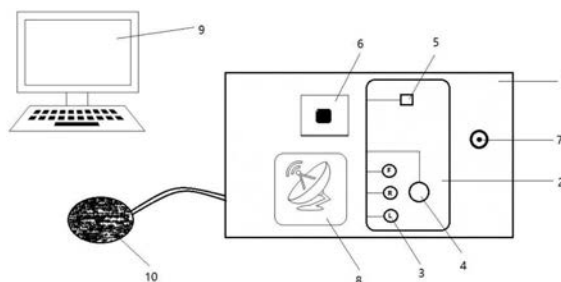
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种基于多传感器数据融合的可穿戴式人体上肢肌肉运动疲劳检测及训练系统

(57)摘要

本发明公开了一种基于多传感器数据融合的可穿戴式人体上肢肌肉运动疲劳检测及训练系统,系统包括信号采集模块、数据处理模块、报警模块和人机交互模块;由表面肌电传感器、肌音传感器和血氧饱和度传感器构成多传感器采集阵列穿戴在被测上肢部位,基于加权平均法进行数据融合,综合计算人体上肢肌肉疲劳参数,极大提高了人体上肢肌肉运动疲劳的检测精度;若参数达到预设值,系统可给出疲劳报警提醒;系统还具有肌肉力量训练功能,通过采集表面肌电信号和肌音信号来判断人体上肢动作和肌肉力量,并实时监测肌肉疲劳状况,采用无线传输方式将数据上传到人机交互模块,与虚拟游戏进行匹配,使上肢肌肉力量训练过程更有趣味,有效提高其训练效果。



1. 本发明公开了一种基于多传感器数据融合的可穿戴式人体上肢肌肉运动疲劳检测及训练系统,系统包括信号采集模块、数据处理及控制模块、报警模块和人机交互模块,是一种可穿戴的便携式检测设备,其特征在于采集模块是由表面肌电传感器、肌音传感器和血氧传感器集成的一个传感器阵列,固定在充气袖带的内侧表面以便与人体上肢皮肤接触;测量时,表面肌电传感器和肌音传感器放置在与肌腹接触的位置,血氧饱和度的采集端放置在手腕血管密集处,充气袖带缠绕在被测上肢相应部位,通过充气使电极阵列与皮肤紧密贴合,可准确采集人体上肢肌肉运动过程的表面肌电信号、肌音信号和血氧饱和度信号;放大、滤波电路和控制器集成在同一块芯片上,放置于袖带夹层;此硬件结构的设计可以减小导线对运动的影响,有效实现可穿戴的人体上肢肌肉运动疲劳检测,且多种传感器采集克服运动出汗等现象对肌肉运动疲劳分析的影响。

2. 根据权利要求1所述的数据处理及控制模块,其特征在于将通过多种传感器采集到的数据分别取固定窗函数内的数据进行中值频率和平均功率频率计算,分析每个信号的疲劳参数;采用加权平均法进行多传感器数据融合,即每种传感器参数占特定的权重,将加权平均后的融合值作为最终的疲劳指标;当所述表征用户肌肉疲劳指标(即融合值)超过疲劳阈值时,控制模块发出指令,报警模块发出疲劳报警。

3. 根据权利要求1所述的基于多传感器数据融合的可穿戴式人体上肢肌肉运动疲劳检测及训练系统具有肌肉力量训练模式,其特征在于,将原始表面肌电信号和原始肌音信号分别做包络检测,并进行波形特征和峰值识别,采用数据加权平均融合算法准确识别人体上肢动作和肌肉力量,无线传输模块可将信号上传至人机交互模块,当人体动作和力度与人机交互模块设定好的虚拟游戏任务动作和力度相吻合时,记1分并进入下一个训练动作,完成预设一整套游戏任务后,系统将训练成绩分为A、B、C、D、E五个等级,最终实现人体上肢肌肉力量训练的综合评价,训练过程也可实现肌肉疲劳状态的监测及预警;训练成绩、训练者姓名和训练时间可实时存入系统中,以便查询及追踪训练过程。

一种基于多传感器数据融合的可穿戴式人体上肢肌肉运动疲劳检测及训练系统

技术领域

[0001] 本发明涉及人体肌肉疲劳检测及训练领域,具体涉及一种基于多传感器数据融合的可穿戴式人体上肢肌肉运动疲劳检测及训练系统。

背景技术

[0002] 一定程度上的脑卒中患者可以通过适量的运动和合理锻炼来实现完全康复,但是脑卒中患者在运动康复训练时,较常人易于出现肌肉疲劳,再加之多数患者训练部位的中枢神经系统功能受损,在训练中患者大脑不能及时获取有关肌肉活动情况的反馈信息,随着疲劳程度的加重,肌张力会显著上升进而引起痉挛、拉伤等严重后果,易造成人体肌肉的二次损伤;在体育竞技方面,运动员在训练中为了提高成绩,过度的训练容易导致肌肉拉伤。因此,对于预防残障患者的二次损伤及运动员训练过量方面,人体肌肉疲劳状况的准确检测技术非常关键。

[0003] 目前对上肢肌肉疲劳研究发现,可以通过压力传感器、电容话筒、位移传感器等采集肌音信号来检测局部肌肉活动,进而判断肌肉的不同疲劳程度,其中肌音是一种人体肌肉纤维在运动收缩情况下产生的机械振动波,通过肌动图(mechanomyography, MMG)可观测肌纤维移动和肌肉表面的振动;现有的无线表面肌电仪配套有信号处理软件,可以存储显示表面肌电信号,同时带有小波变换、多种滤波、快速傅里叶变换等数据处理分析功能,但大多数不具备肌肉疲劳分析的功能,此外,研究表明当被测皮肤不干净或出汗时,表面肌电信号不能够用于肌肉疲劳分析。

[0004] 综上所述,针对人体肌肉运动疲劳检测定量分析及可穿戴设备研究仍处于相对较早的阶段,国内外市场上的产品主要有两种重要特征:一种是采集肌肉状态的单一原始信号,在PC端进行后期数据处理分析后,将结果反馈给实验者,但是在运动出汗、高速高频肢体运动等极端情况下噪声增大,并不能准确反应肌肉运动的疲劳状态;另一种是通过复杂设备提取到肌肉状态的原始信号,没有进行所含生理特征的分析,也没有把康复医学和控制工程学方法很好的相结合,无法实时准确评测人体肌肉的运动疲劳状态。

发明内容

[0005] 针对目前市场上设备存在的不足,本发明公开了一种可穿戴式的基于多传感器数据融合的人体肌肉运动疲劳检测及训练系统,该设备结构简单,操作简便,灵敏度高,训练趣味性强,便于推广。

[0006] 本发明的技术解决方案如下。

[0007] 所述基于多传感器数据融合的可穿戴式人体上肢肌肉运动疲劳检测及训练系统包括信号采集模块、数据处理及控制模块、报警模块和人机交互模块。

[0008] 所述信号采集模块将表面肌电传感器、肌音传感器和血氧饱和度传感器三类传感器集成为一个传感器阵列,放置于人体上肢袖带的内侧,通过袖带充气可使传感器阵列与

皮肤紧密接触。

[0009] 所述多传感器数据融合的可穿戴式人体上肢肌肉运动疲劳检测设备的数据处理电路放置在袖带夹层中,并与控制板集成,使设计的电路板体积减小;数据处理及控制模块的主要功能是将肌电、肌音和血氧的原始数据进行放大和滤波,使控制模块获得高振幅且可清晰识别的模拟信号,并通过A/D转换输出数字信号,控制器将对输出数字信号进行深度处理及运算;此外,控制模块还负责控制无线模块与人机交互模块进行数据通信。

[0010] 所述肌肉疲劳检测设备将人体电信号、物理信号及生理信号三种不同类别的信号,利用平滑移动窗方法实现采集信号的周期化分割,并提取每个周期信号的疲劳特征参数,再将提取的这三类特征值参数根据加权平均法计算获得最终的疲劳参数;控制模块将多传感器数据融合指标作为人体肌肉疲劳的最终判别参数,设定人体肌肉疲劳的阈值,若此值达到疲劳阈值,则信号灯红灯闪烁并报警提示。

[0011] 所述的人体肌肉疲劳检测设备具有肌肉力量训练功能,通过采集人肢体运动的原始表面肌电信号与原始肌音信号,进行整流、包络平滑处理及数据融合,准确判断人肢体肌肉的动作信号、力量参数,并将上述两类数据作为控制游戏的重要参数;采用手抓蘑菇的游戏方式来进行肌肉力量训练,系统可选择肌肉训练的力量强度等级;无线传输模块,用于将采集到的运动信号传输给人机交互系统,由此判断采集到的上肢参数是否达到虚拟游戏中的力量强度。

[0012] 本发明的优势:基于单传感器的信号源单独获取疲劳参数虽然可作为人体肌肉疲劳的指标,但在不同运动条件下,这三类单参数分析方法的适用情况不同;人体训练出汗会导致采集的肌电信号噪声增大,无法准确判断肌肉疲劳,但是肌音信号和血氧饱和度并不会受到影响;当人体做高频动态训练时,由于加入外界振动源的干扰,肌音信号噪声增大,判断人体肌肉疲劳的准确度也会受到很大影响,但肌电信号和血氧饱和度并不会受到影响;单独采用血氧饱和度变化率来判断肌肉疲劳还容易受到人体血液循环的影响;除此之外,系统的上肢肌肉训练功能也是由表面肌电信号和肌音信号同步采集及数据融合作为肌肉力量训练的判断依据,因此,基于多传感器数据融合可以很好地解决单信号源采集存在的信息失真、噪声等缺陷,大大提高数据的精度与可靠性,并且可以适应不同的检测条件及环境,从而提高整个系统的可靠性和鲁棒性。

附图说明

[0013] 图1为基于多传感器数据融合的可穿戴式人体上肢肌肉运动疲劳检测及训练系统结构图。

[0014] 图2为所述系统的多传感器位置结构图。

[0015] 图3为基于多传感器数据融合的可穿戴式人体上肢肌肉运动疲劳检测及训练系统框图。

[0016] 图4为基于多传感器数据融合的可穿戴式人体上肢肌肉运动疲劳检测及训练系统工作原理图。

[0017] 图5为所述系统的人机交互训练流程示意图。

具体实施方式

[0018] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案和使用方法进行系统、完整、清楚地描述。

[0019] 如图1所示,本发明所述基于多传感器数据融合的可穿戴式人体上肢肌肉运动疲劳检测与训练系统结构包括充气袖带(1)、传感器阵列(2)、肌电传感器(3)、肌音传感器(4)、血氧饱和度传感器(5)、控制模块(6)、报警模块(7)、无线模块(8)、人机交互模块(9)和鼓风球(10)。

[0020] 如图1所示的充气袖带由传感器阵列、控制模块、报警器和无线模块组成,其中传感器阵列是本设备核心的采集部件及控制部件,主要包括表面肌电传感器、肌音传感器和血氧饱和度传感器三种传感器。

[0021] 如图1所示的传感器阵列是由不导电的复合柔性材料作为依托,本系统的所有采集探头都集成在这块传感器阵列上,传感器阵列上的采集探头包括九个表面肌电传感器电极、三个肌音传感器探头和一个血氧饱和度传感器探头。

[0022] 如图2所示将传感器阵列划分了32个区域,其中沿前臂纵向划分了4个区,分别用数字1、2、3、4表示,沿着手臂横向一圈平均划分为8个区域,用字母A~H标记,其中A是正侧中心区域,E是背侧中心区域,每一个区域用数字和字母进行标定。

[0023] 肌电传感器电极安放位置为:通道一(2G、3G、4G),通道二:(2A、3A、4A),通道三:(2C、3C、4B);肌音传感器探头安放位置为:3H、3C和3B;血氧饱和度探头安放位置为:1A。

[0024] 当基于多传感器数据融合的可穿戴式设备使用时,肌电传感器电极放置的位置与肌腹相接触,肌电电极选用电势稳定、重现性好、内阻低、灵敏度高的电极,通过非侵入式方法提取人体肌肉皮肤表面的电信号,同时采用两路差分F、L电极和一路参考电极R,以提高采样信号的准确度;肌音采集端子分布在肌电电极周围,用于检测肌腹的振动信号,通过压电陶瓷片直接贴在皮肤表面,从而采集微弱的压电信号准确获取肌音信号,方便且灵敏度高;血氧饱和度值的测量原理是由红光LED和红外光LED发射红光和红外光,经过人体组织和血管后由上面的光电探测器接收反射光,再通过光电转换,将光信号转换为了电流信号,分析电流信号的变化得出血氧饱和度,血氧饱和度的采集端子固定在传感器阵列最外侧,此处血管最密集,从而便于信号采集、处理和准确分析;采集端子的位置设计全部采用最优的采集部位,获取的数据值也最准确,所有采集方式都采用无创伤采集,高度集成的传感器阵列使检测设备穿戴更方便。

[0025] 如图3所示的信号采集模块中的三种传感器开始同时采集信号,信号通过放大、滤波等简单处理后,将得到的信号传输到控制模块并对数据做进一步处理,首先将传感器采集到的模拟信号转换成数字信号,取相同间隔的窗作为一个信号单元,然后将信号进行快速傅里叶变换,得到信号的频域谱和功率谱,分别计算各数据的中值频率(MF)和平均功率频率(MPF),MF和MPF的计算公式为:

$$\int_{f_1}^{f_2} PS(f)df = \int_{f_1}^{f_2} PS(f)df$$

$$MPF = \frac{\int_{f_1}^{f_2} f * PS(f)df}{\int_{f_1}^{f_2} PS(f)df}$$

其中,PS(f)为信号的频谱,f1、f2为信号窗函数的频率范围,将频域MF和MPF这两个参

数的变化率作为判断肌肉疲劳的重要指标,对于三种生理信号,如果MF和MPF的值出现突然下降,则系统将此时的状态判断为疲劳的过渡期,如果MF和MPF进入平稳期且达到对应该信号预设的下降比例,则认定此状态为疲劳期,从而分析得出每个信号的疲劳参数。

[0026] 基于多传感器数据融合理论,将肌肉疲劳这一待测量的多元信息进行融合,从而与单一传感器测量结果相比,更能准确的估计出肌肉疲劳状态,对于三种不同传感器采用融合算法中的加权平均法将数据进行融合,三种传感器数据各占一定的比重,融合后的指标作为最终的肌肉疲劳指标。

[0027] 如图4所示疲劳检测系统的工作原理图,首先采集模块采集人体上肢的初始信号,然后进行数据处理和分析,将分析得出的参数和疲劳阈值进行比较;若未达到所设的疲劳阈值,检测设备会持续循环检测目标部位的疲劳状态;若设备检测出人体训练部位肌肉出现疲劳时,将会通过报警模块提示用户进行适度休息,以防止过度训练时肌肉出现痉挛和拉伤。

[0028] 如图5所示的虚拟游戏训练系统流程,该系统配备有人机交互模块,若用户没有自己的训练任务时,可以切换到虚拟训练模式,在此模式下人体肌肉疲劳检测设备在检测肌肉疲劳的同时,还可以识别肢体的动作,识别肢体动作关键在于表面肌电信号和肌音信号均可以检测上肢的动作和力量,表面肌电传感器既可以输出原始信号用于疲劳检测,也可以输出修正信号用于动作识别,修正信号是原始信号经过滤波去噪、全波整流、包络检测之后再行平滑处理,对修正信号特征提取和分类识别即可判断出肢体的动作和力量,其中采集与运动相关的肌肉包括桡侧腕屈肌、指浅屈肌、尺侧腕伸肌和指总伸肌四部分;在该系统中采用三通道肌电传感器和三通道肌音传感器采集人体上肢的运动信号,为了精确细化采集的位置,表面肌电传感器的三通道电极分别安置在通道一(2G、3G、4G),通道二:(2A、3A、4A),通道三:(2C、3C、4B),肌音传感器分别安置在通道一3H,通道二:3C,通道三:3B,在该模式下,从三通道信号提取用户手部抓握发力和手腕屈伸运动相关的上肢肌肉的肌电信号肌音信号,通过竞争型神经网络学习算法将手部及肢体动作进行分类,将分好的动作编号进行存储,并同时发送给人机交互系统。

[0029] 所述系统还设计有采蘑菇的肌肉力量虚拟训练游戏,游戏界面有一只可以移动和抓握的手,用户手部屈伸和抓握可驱动游戏中的手移动和抓握,游戏的主要动作是将森林里的蘑菇采摘并放进篮子,蘑菇大小不一,因此需要用户使用不同的力度进行采摘;用户抓握力度较大会将小蘑菇抓烂,用户抓握力度太小则不能把大蘑菇采摘起来,抓烂或者采不起来均不得分。

[0030] 此模式主要针对神经控制能力较弱的患者使用,这类用户的肌肉相对常人抓握力不足且比较容易疲劳,此类若用户需要配合游戏进行训练,则需要打开人机交互系统,当检测设备和交互系统连接成功时,可以开始虚拟游戏训练,若设备采集并上传的动作及力量信号和游戏的参数相配套,则完成游戏内容,游戏结束会给出训练得分,将训练得分保存以便之后训练时进行挑战,这样通过游戏的训练模式大大增加了人体上肢肌肉训练的趣味性,同样的,疲劳检测设备会持续工作,若达到疲劳阈值则会报警提醒用户停止正在做的训练并进行休息。

实施例

[0031] 首先,把人体上肢肌肉疲劳检测设备穿戴在被测上肢,袖带套好后开始用手动式鼓风球往袖带里充气,直到传感器与皮肤充分接触的程度停止充气,并拔出鼓风球;在训练之前,首先对设备进行校准,校准之后便可以正常使用;使用时选择系统模式,即检测模式和训练模式;在检测模式下,用户可以按照自己的训练动作进行训练,此模式下只有疲劳检测的功能,用户达到疲劳状态时会报警提醒用户;在训练模式下,穿戴设备首先需要和人机交互模块进行连接,连接成功之后用户需要按照人机交互的预设游戏进行训练,训练过程中会给用户计分,并给出训练等级,用户还可以存储和查询训练成绩,与此同时,疲劳检测功能依然处于正常工作状态;使用完成后,关闭电源,把人体肌肉疲劳检测设备及袖带套等从被试者上肢取下,放置在安全位置,最终完成人体上肢肌肉检测及训练全过程。

[0032] 以上叙述和说明了本发明的基本原理、具体实施过程及本发明的优点,业内技术人员应该了解,本发明不受上述实施例子的限制,在不脱离本发明精神和设计范围的前提下,本发明将有各种改进与拓展,这些改进与拓展均落入要求保护的本发明范围内,本发明要求保护的范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

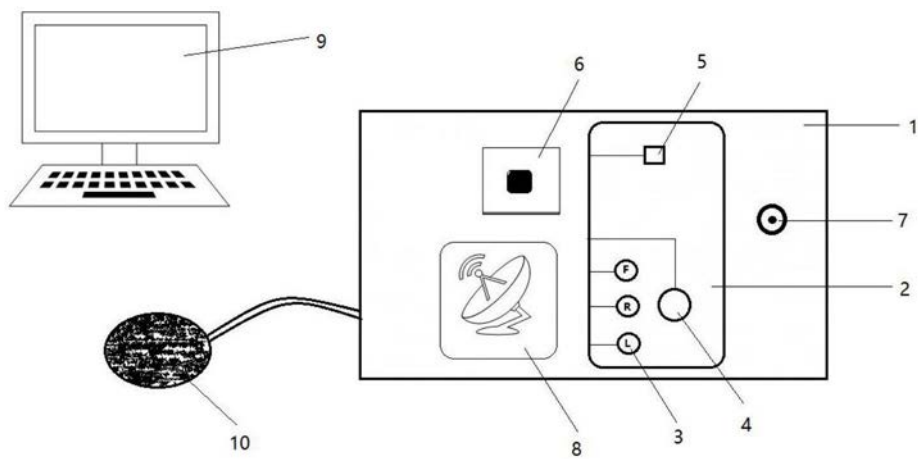


图1

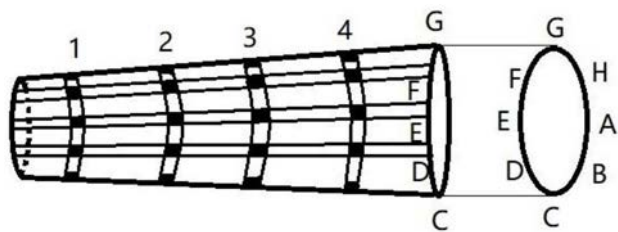


图2

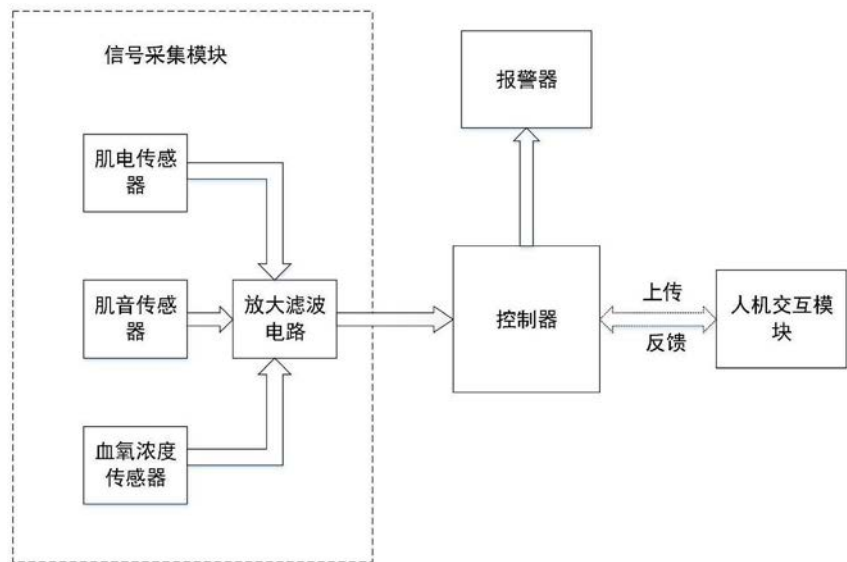


图3

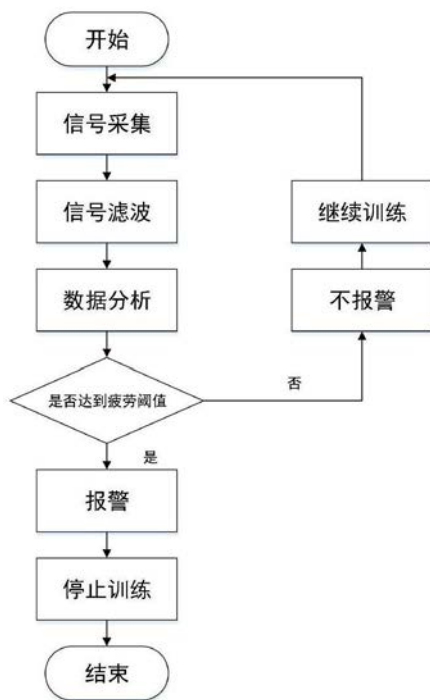


图4

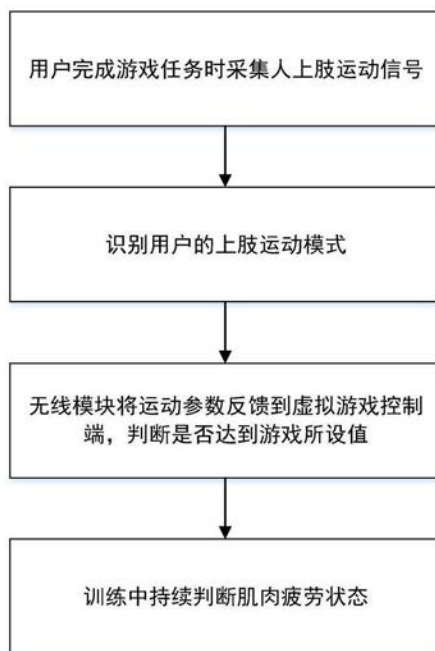


图5

专利名称(译)	一种基于多传感器数据融合的可穿戴式人体上肢肌肉运动疲劳检测及训练系统		
公开(公告)号	CN109222969A	公开(公告)日	2019-01-18
申请号	CN201811290259.9	申请日	2018-10-31
[标]申请(专利权)人(译)	郑州大学		
申请(专利权)人(译)	郑州大学		
当前申请(专利权)人(译)	郑州大学		
[标]发明人	任海川 李庆明 毛晓波 董杰超 刘明康 李臣宏 王邦锋 段虎飞 李世博 杨朝中 毛帆 邹青青		
发明人	任海川 李庆明 毛晓波 董杰超 刘明康 李臣宏 王邦锋 段虎飞 李世博 杨朝中 毛帆 邹青青		
IPC分类号	A61B5/0488 A61B5/1455 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/0488 A61B5/14551 A61B5/4519 A61B5/4884 A61B5/6802 A61B5/746		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种基于多传感器数据融合的可穿戴式人体上肢肌肉运动疲劳检测及训练系统，系统包括信号采集模块、数据处理模块、报警模块和人机交互模块；由表面肌电传感器、肌音传感器和血氧饱和度传感器构成多传感器采集阵列穿戴在被测上肢部位，基于加权平均法进行数据融合，综合计算人体上肢肌肉疲劳参数，极大提高了人体上肢肌肉运动疲劳的检测精度；若参数达到预设值，系统可给出疲劳报警提醒；系统还具有肌肉力量训练功能，通过采集表面肌电信号和肌音信号来判断人体上肢动作和肌肉力量，并实时监测肌肉疲劳状况，采用无线传输方式将数据上传到人机交互模块，与虚拟游戏进行匹配，使上肢肌肉力量训练过程更有趣味，有效提高其训练效果。

