



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109833040 A

(43)申请公布日 2019.06.04

(21)申请号 201910097886.9

(22)申请日 2019.01.31

(71)申请人 中国医学科学院生物医学工程研究所

地址 300192 天津市南开区白堤路236号

(72)发明人 姚博 高晨阳 蒲江波

(74)专利代理机构 天津盛理知识产权代理有限公司 12209

代理人 王利文

(51)Int.Cl.

A61B 5/0488(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

A61B 5/11(2006.01)

A61B 5/22(2006.01)

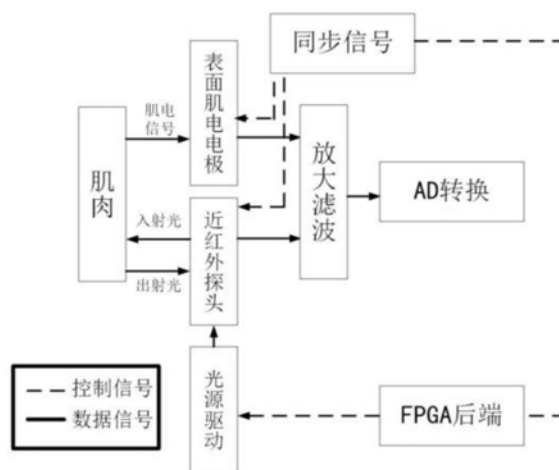
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

基于光电联合检测的人体运动能力评估装置及其评估方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于光电联合检测的人体运动能力评估装置及其评估方法,其技术特点是:包括高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端和FPGA后端,所述高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端安装在目标肌群上并与FPGA后端相连接,所述FPGA后端控制高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端分别采集肌电信号和近红外信号并对人体运动能力进行评估。本发明将高密度表面肌电和近红外光谱技术结合在一起,通过表面肌电高密度柔性电极、近红外探头组成联合采集方案,能够对较深层肌肉和较大范围肌群的电生理状态进行实时、准确的分析,实现对人体运动能力的全面、准确评估功能。



1. 一种基于光电联合检测的人体运动能力评估装置,其特征在于:包括高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端和FPGA后端,所述高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端安装在目标肌群上并与FPGA后端相连接,所述FPGA后端控制高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端,分别采集肌电信号和近红外信号并对人体运动能力进行评估。

2. 根据权利要求1所述基于光电联合检测的人体运动能力评估装置,其特征在于:所述高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端采用柔性电路或无线方式与FPGA后端相连接。

3. 根据权利要求1或2所述基于光电联合检测的人体运动能力评估装置,其特征在于:所述高密度表面肌电采集前端采用一片或多片柔性高密度阵列式电极。

4. 根据权利要求1或2所述基于光电联合检测的人体运动能力评估装置,其特征在于:所述近红外光谱采集前端采用反射式近红外探头,该近红外探头由近红外光源和探测器构成。

5. 根据权利要求4所述基于光电联合检测的人体运动能力评估装置,其特征在于:所述近红外光源选择700nm至1300nm之间的近红外光波长。

6. 根据权利要求1或2所述基于光电联合检测的人体运动能力评估装置,其特征在于:所述FPGA后端包括主控模块、光源驱动模块、电源模块、ADC信号采集模块和信号处理模块;所述主控模块与高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端、光源驱动模块、ADC信号采集模块及信号处理模块相连接;所述光源驱动模块根据主控模块发送的时序信号控制近红外光谱采集前端的多波长LED;所述ADC信号采集模块读取高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端的信号并进行滤波放大以及模数转换;所述电源模块采用有线电源或移动可充电电源为整个装置进行供电;所述信号处理模块对采集到的表面肌电信号和近红外信号进行信号处理和分析,并对人体运动能力评估。

7. 一种如权利要求1至6所述基于光电联合检测的人体运动能力评估装置的评估方法,其特征在于:包括以下步骤:

步骤1:对受试者目标肌群进行皮肤前处理,根据解剖学特性对目标肌群进行定标;

步骤2:根据步骤1中的目标肌群定标,在较深层肌肉处放置近红外探头,采用高密度柔性表面肌电电极覆盖整块目标肌群;

步骤3:根据有氧运动能力指标,选用递增功率型范式进行运动生理测试;

步骤4:通过高密度柔性表面肌电记录肌电信号,通过近红外接收器接受光强和相位变化,并通过有线或者无线的形式将两种信号上传至FPGA后端;

步骤5、FPGA后端进行特征提取、参数估计,并根据肌电信号与近红外信号的特征参数相关性进行融合评估,获得实时有效的运动能力评估结果。

8. 根据权利要求7所述基于光电联合检测的人体运动能力评估装置的评估方法,其特征在于:所述步骤2的具体实现方法为:

步骤2.1:根据步骤1中标定的深层肌肉位置,将接收器放置于步骤1中标定的较深层肌肉的肌腹位置,将光源放置于沿肌肉方向远端位置,光源通过FPGA后端的光源驱动循环点亮,接收器依驱动顺序依次记录反射信号;

步骤2.2:根据步骤1中标定的浅层肌肉位置,按步骤2.1安放的近红外光源和接收器位置,使用高密度表面肌电电极覆盖目标浅层肌肉的位置,若表面肌电放置位置与近红外光

源/接收器的放置位置有重叠,则将一块或多块柔性表面肌电电极安置在近红外光源/接收器邻近位置。

9.根据权利要求7所述基于光电联合检测的人体运动能力评估装置的评估方法,其特征在于:所述步骤3的递增功率型范式包括Bruce运动测试范式和Balke运动测试范式。

10.根据权利要求7所述基于光电联合检测的人体运动能力评估装置的评估方法,其特征在于:所述运动能力评估结果包括从运动单元的特性到肌肉状态、从动作电位数目估计、肌肉时频域特性、血液动力学特性及血氧代谢。

基于光电联合检测的人体运动能力评估装置及其评估方法

技术领域

[0001] 本发明属于人机接口技术领域,尤其是一种基于光电联合检测的人体运动能力评估装置及其评估方法。

背景技术

[0002] 人体的运动能力,特别是对肌肉生理特性的多层次、多方位的研究,一直被体育工作者和从事康复工作相关的科研及医务人员所关注。运动系统中骨骼肌是重要组成部分之一,骨骼肌广泛的分布于人体内,约占人体体重的40%,其解剖学特性决定其在人类日常行动中具有非常重要的意义,骨骼肌的研究与人体的运动能力息息相关。当前随着电生理采集和处理技术的不断发展,很多科研工作者已经使用表面肌电信号对骨骼肌的肌肉力量、肌肉运动状态等生理学特性进行了研究。同时,也有科研工作者采用近红外技术对人体运动时肌肉中的氧气的浓度、含量等进行了研究,以了解人体的新陈代谢状态,也有科研工作者进一步将表面肌电和近红外技术进行融合,并实现了联合采集。

[0003] 但是对于骨骼肌特性的研究,仍然存在以下几个问题:(1)大多数表面肌电设备,主要监测的为局部肌肉,甚至仅是测试肌肉的部分区域;而近红外检测技术更以监测局部肌肉为主要目标,因此对于承担精细和复杂动作的肌群,如前臂肌群、手部肌群等,只能对局部甚至仅仅是单块肌肉的部分区域进行测量,而对于协同运动的整体肌群,难以进行全面、准确的评估。(2)表面肌电信号主要反应浅层肌群的电生理特性,而较深层肌肉由于肌肉、脂肪的容积导体效应,从杂乱的肌电信号干扰项中独立分离或者分析比较困难。在临床上通常采用插入式电极,如同心圆电极、单纤维电极对较深层的肌电信号等进行采集;或者采用活体检查的方法抽取肌肉切片进行分析。但是由于这些技术都属于有创技术,会令受试者感到痛苦和害怕,也有感染的风险,而目前较深层肌肉的电生理特性的无创研究还是一个难点。(3)目前尚未见有较成熟的人体运动能力评估设备产出和投入实际使用,特别是可以实时在线处理的系统。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提出一种设计合理、高效准确且实时性强的基于光电联合检测的人体运动能力评估装置及其评估方法。

[0005] 本发明解决其技术问题是采取以下技术方案实现的:

[0006] 一种基于光电联合检测的人体运动能力评估装置,包括高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端和FPGA后端,所述高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端安装在目标肌群上并与FPGA后端相连接,所述FPGA后端控制高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端,分别采集肌电信号和近红外信号并对人体运动能力进行评估。

[0007] 所述高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端采用柔性电路或无线方式与FPGA后端相连接。

[0008] 所述高密度表面肌电采集前端采用一片或多片柔性高密度阵列式电极。

[0009] 所述近红外光谱采集前端采用反射式近红外探头,该近红外探头由近红外光源和探测器构成。

[0010] 所述近红外光源选择700nm至1300nm之间的近红外光波长。

[0011] 所述FPGA后端包括主控模块、光源驱动模块、电源模块、ADC信号采集模块和信号处理模块;所述主控模块与高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端、光源驱动模块、ADC信号采集模块及信号处理模块相连接;所述光源驱动模块根据主控模块发送的时序信号控制近红外光谱采集前端的多波长LED;所述ADC信号采集模块读取高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端的信号并进行滤波放大以及模数转换;所述电源模块采用有线电源或移动可充电电源为整个装置进行供电;所述信号处理模块对采集到的表面肌电信号和近红外信号进行信号处理和分析,并对人体运动能力评估。

[0012] 一种基于光电联合检测的人体运动能力评估装置的评估方法,包括以下步骤:

[0013] 步骤1:对受试者目标肌群进行皮肤前处理,根据解剖学特性对目标肌群进行定标;

[0014] 步骤2:根据步骤1中的目标肌群定标,在较深层肌肉处放置近红外探头,采用高密度柔性表面肌电电极覆盖整块目标肌群;

[0015] 步骤3:根据有氧运动能力指标,选用递增功率型范式进行运动生理测试;

[0016] 步骤4:通过高密度柔性表面肌电记录肌电信号,通过近红外接收器接受光强和相位变化,并通过有线或者无线的形式将两种信号上传至FPGA后端;

[0017] 步骤5、FPGA后端进行特征提取、参数估计,并根据肌电信号与近红外信号的特征参数相关性进行融合评估,获得实时有效的运动能力评估结果。

[0018] 所述步骤2的具体实现方法为:

[0019] 步骤2.1:根据步骤1中标定的深层肌肉位置,将接收器放置于步骤1中标定的较深层肌肉的肌腹位置,将光源放置于沿肌肉方向远端位置,光源通过FPGA后端的光源驱动循环点亮,接收器依驱动顺序依次记录反射信号;

[0020] 步骤2.2:根据步骤1中标定的浅层肌肉位置,按步骤2.1安放的近红外光源和接收器位置,使用高密度表面肌电电极覆盖目标浅层肌肉的位置,若表面肌电放置位置与近红外光源/接收器的放置位置有重叠,则将一块或多块柔性表面肌电电极安置在近红外光源/接收器邻近位置。

[0021] 所述步骤3的递增功率型范式包括Bruce运动测试范式和Balke运动测试范式。

[0022] 所述运动能力评估结果包括从运动单元的特性到肌肉状态、从动作电位数目估计、肌肉时频域特性、血液动力学特性及血氧代谢。

[0023] 本发明的优点和积极效果是:

[0024] 1、本发明将高密度表面肌电和近红外光谱技术结合在一起,通过表面肌电高密度柔性电极、近红外探头(近红外光源和接收器)组成联合采集方案,能够对测试的肌群(整块肌群,甚至是多个肌群)进行全局而不是局部的检测,能够对较深层肌肉和较大范围肌群的电生理状态进行实时、准确的分析,实现对人体运动能力的全面、准确评估功能;同时,利用FPGA高速并行计算优势,从而获得实时结果。

[0025] 2、本发明表面肌电高密度柔性电极、近红外探头采集的信号中主要包含HD-sEMG信号和近红外光谱信号,其从肌肉活动中的最基础单元——运动单元(motor unit, MU)特

性分析到肌肉整体的运动协同机制评估;从运动单元数量,运动单元发放序列,表面肌电时-频分析,肌肉协同分析,干扰相分析,血液动力学特性及血氧饱和度七个方面量化建立评定人体肌肉状态和特性,能够从肌肉的最基础单元到整体协同特性,从肌肉的电生理特性到人体中肌氧利用情况,从微观到宏观分析人体的身体机能状态,结合FPGA具有的高速并行计算的特点,实现对身体机能状态的实时评估。

附图说明

[0026] 图1为本发明的原理方框图;

[0027] 图2为本发明的信号采集原理图。

具体实施方式

[0028] 以下结合附图对本发明实施例做进一步详述。

[0029] 一种基于光电联合检测的人体运动能力评估装置,如图1及图2所示,包括高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端和FPGA后端,所述高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端通过柔性电路线与FPGA后端相连接,或者采用无线通信方式(例如Wifi)与FPGA后端相连接。

[0030] 所述高密度表面肌电采集前端采用高密度表面肌电电极。在本实施例中,高密度表面肌电电极采用一片或多片柔性高密度阵列式电极,电极与电极之间的间距为7mm,每个电极的直径为3mm。

[0031] 所述近红外光谱采集前端采用近红外探头,该近红外探头包括近红外光源和探测器,其采用反射式探测方式进行探测。在本实施例中,近红外探头可以为1个圆形探头或多个圆形探头,也可以采用其他形状探头。所述近红外光源选择700nm~1300nm的近红外光波长,获取近红外光源的反射信号。

[0032] 所述FPGA后端包括主控模块、光源驱动模块、电源模块、ADC信号采集模块和信号处理模块。所述主控模块与高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端、光源驱动模块及信号处理模块相连接,主控模块负责对近红外信号和表面肌电信号进行控制,包括:①负责对表面肌电数据采集过程和传输过程的控制;②负责发出控制光源的时序信号,读取ADC采样值并发送到信号处理模块。所述光源驱动模块根据主控模块给出的时序信号转换成电流或者电压控制近红外光谱采集前端的多波长LED。所述ADC信号采集模块读取高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端的信号并进行滤波放大以及模数转换。所述电源模块采用有线电源或移动可充电电源为整个装置进行供电。信号处理模块负责对采集到的表面肌电信号和近红外信号进行信号处理和分析,从而实现对人体运动能力评估功能。

[0033] 一种基于光电联合检测的人体运动能力评估装置的评估方法包括以下步骤:

[0034] 步骤1:对受试者目标肌群进行皮肤的前处理,根据解剖学特性对目标肌群进行定标。

[0035] 在本步骤中,对受试者目标肌群进行皮肤的前处理,能够减少皮肤角质层、毛发等的影响,使采集到的信号信噪比更高。其中皮肤前处理包括酒精擦拭、磨砂膏擦拭、角质层的去除,导电膏的使用,根据受试者皮肤的实际情况进行调整。

[0036] 对目标肌群的定位主要对参与运动的浅层和深层肌肉进行定标,同时对目标肌肉

的肌腱和肌腹位置进行标注。对目标肌群的定位通常由专业医生或有经验的科研人员对肌群进行标定,标记目标肌群中主要肌肉的肌腹的几何中心点、肌腱位置。使用的方法可以是医生指压判断、肌电信号检测、B型超声检测等方法。

[0037] 步骤2:根据步骤1中的肌群定标,在较深层肌肉处放置近红外探头;采用高密度柔性表面肌电电极覆盖整块目标肌群;并通过有线或者无线方式与FPGA后端进行连接。具体包括以下步骤:

[0038] 步骤2.1:根据步骤1中标定的深层肌肉位置,安置光源和探测器。在本实施例中,采用三波长二极管作为光源,三个入射波长分别为730nm、805nm、850nm,接收器放置于步骤1中标定得较深层肌肉的肌腹位置,光源放置于沿肌肉方向远端3cm位置,近红外探测深度约为1.5cm。三个波长的光源通过FPGA后端的光源驱动循环点亮,接收器依驱动顺序依次记录反射信号。

[0039] 本步骤采用近红外光谱检测技术,能够通过测量光在组织中的散射、吸收后的出射光光强或相位变化,反映出生物组织内部吸收色团(主要是脱氧血红蛋白和含氧血红蛋白)浓度的变化。

[0040] 步骤2.2:根据步骤1中标定的浅层肌肉位置,和步骤2.1近红外光源和接收器位置,使用高密度表面肌电电极覆盖目标浅层肌肉的位置。若表面肌电放置位置与近红外光源/接收器的放置位置有重叠,则将一块或多块柔性表面肌电电极安置在近红外光源/接收器邻近位置。

[0041] 表面肌电信号是由于肌肉兴奋或活动而形成的复杂生物电的过程,是多个运动单元兴奋发放的动作电位序列沿肌纤维传播,通过肌肉、脂肪和皮肤等的容积导体效应,在表面电极处的时间、空间叠加合成结果。表面肌电信号是与肌肉收缩紧密相关的神经肌肉活动电特性的表现。

[0042] 步骤3:根据有氧运动能力指标,选用递增功率型范式进行运动生理测试,主要包含Bruce运动测试范式和Balke运动测试范式,使运动范式的功率强度逐步递进,能够在不同运动强度下进行运动能力的全面评估,同时可以避免身体由于快速进入较为剧烈的运动而引发身体不适甚至危险。

[0043] 本步骤可以根据运动测试范式,并使受试者在有经验的研究人员指导下进行有氧运动能力测试:根据男女性别、年龄不同,分10个不同强度进行测试,每个强度运动持续时间为3分钟。

[0044] 步骤4:通过高密度柔性表面肌电记录肌电信号,通过近红外接收器接受光强和相位变化,并通过有线或者无线的形式将两种信号上传至FPGA后端。

[0045] 在本步骤中,FPGA后端的主控模块同时负责对近红外信号和表面肌电信号进行控制:①负责对表面肌电数据采集过程和传输过程的控制,②负责发出控制光源的时序信号,读取ADC采样值并发送到信号处理模块。

[0046] 步骤5:根据从步骤4活动的运行指令,在FPGA后端进行特征提取、参数估计,并根据肌电信号与近红外信号的特征参数相关性进行融合评估,获得实时有效的运动能力评估结果,包括从运动单元的特性到肌肉状态,从动作电位数目估计,肌肉时频域特性,血液动力学特性及血氧代谢等方面进行人体运动能力评估。

[0047] 在步骤中,在FPGA后端进行特征提取,对表面肌电信号提取参数为运动单元数目、

运动单元发放序列、中值频率、中位频率,干扰项分析结果;近红外信号主要提取参数为脱氧血红蛋白变化量、含氧血红蛋白变化量、肌氧疲劳下降拐点。依据指定运动范式中10次强度递增,分别进行数据采集,在3分钟的测试时间内,每2秒进行一次采样,并对信号进行实时分析和存储。最后通过深度学习算法对所有数据进行融合分析,并输出人体生理状态和运动水平指标。

[0048] 通过以上步骤,实现了本发明的若干目标并获得了其他有利结果。

[0049] 上述方法的执行或实现顺序不是必要的,除非另外指定。即,方法的元素可以用任何顺序来执行,除非另外指定,且方法可包括比此处所揭示的更多或更少的元素。可以认为,在另一元素之前、与其同时或之后执行或实现特定元素是在本发明的范围之内。

[0050] 当说明本发明或其实施例的元素时,冠词“一”、“一个”、“该”和“所述”是指存在一个或多个元素。“包括”、“包含”、“具有”旨在包含性的,且意味着除所列出的元素之外还可以有其他元素。

[0051] 本发明未述及之处适用于现有技术。

[0052] 需要强调的是,本发明所述的实施例是说明性的,而不是限定性的,因此本发明包括并不限于具体实施方式中所述的实施例,凡是由本领域技术人员根据本发明的技术方案得出的其他实施方式,同样属于本发明保护的范围。

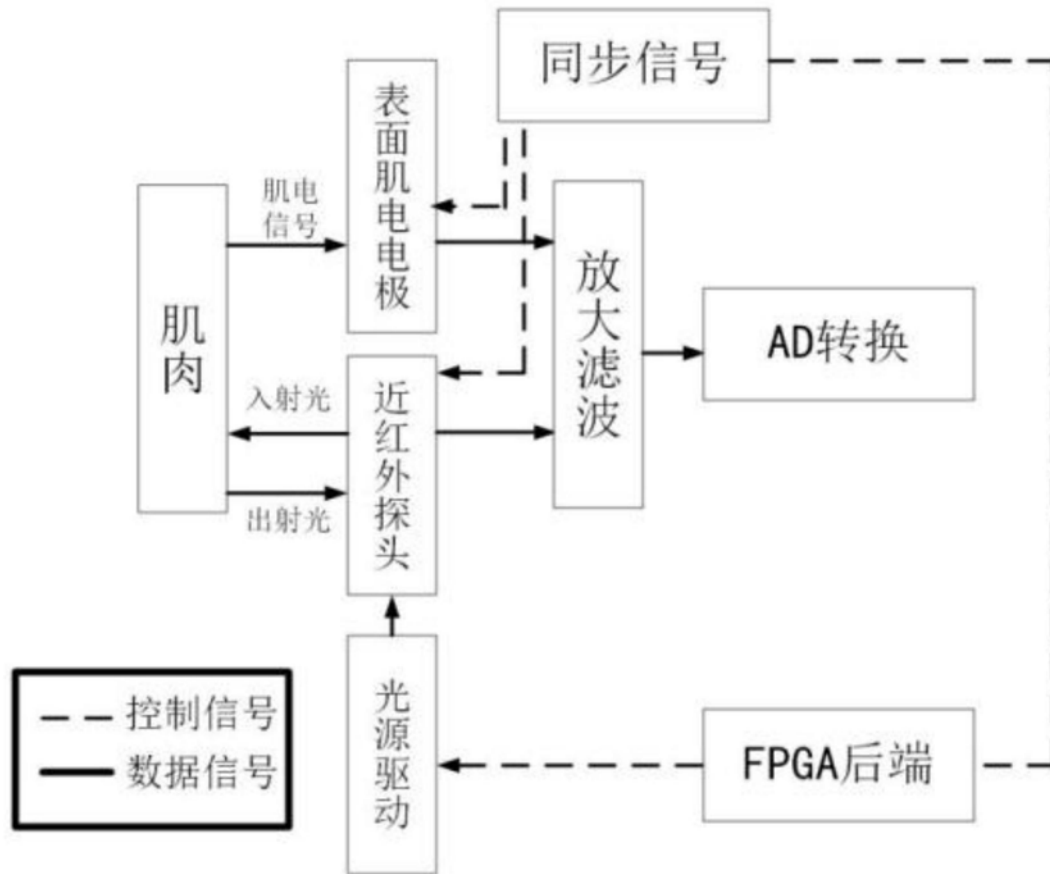


图1

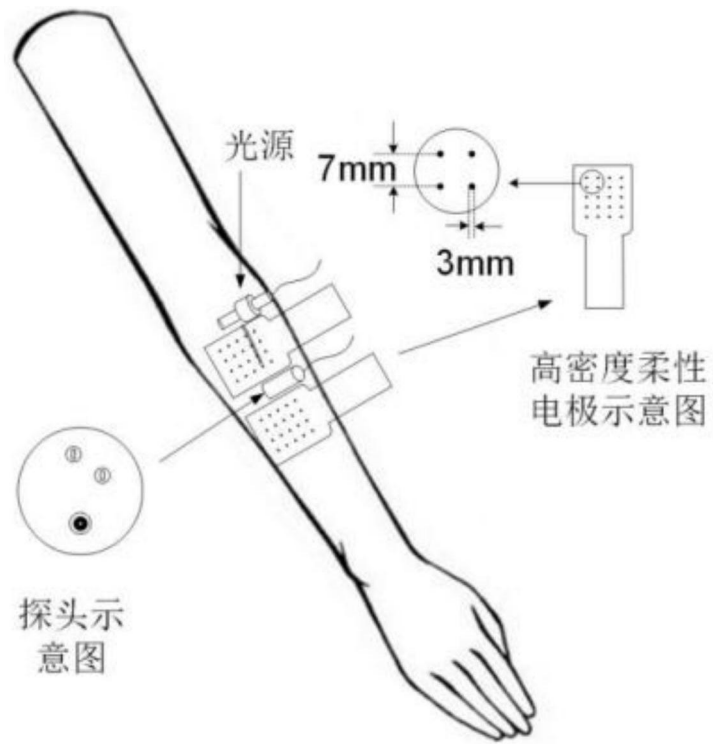


图2

专利名称(译)	基于光电联合检测的人体运动能力评估装置及其评估方法		
公开(公告)号	CN109833040A	公开(公告)日	2019-06-04
申请号	CN201910097886.9	申请日	2019-01-31
[标]申请(专利权)人(译)	中国医学科学院生物医学工程研究所		
申请(专利权)人(译)	中国医学科学院生物医学工程研究所		
当前申请(专利权)人(译)	中国医学科学院生物医学工程研究所		
[标]发明人	姚博 高晨阳 蒲江波		
发明人	姚博 高晨阳 蒲江波		
IPC分类号	A61B5/0488 A61B5/00 A61B5/11 A61B5/22		
代理人(译)	王利文		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及一种基于光电联合检测的人体运动能力评估装置及其评估方法，其技术特点是：包括高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端和FPGA后端，所述高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端安装在目标肌群上并与FPGA后端相连接，所述FPGA后端控制高密度表面肌电采集前端、近红外光谱采集前端分别采集肌电信号和近红外信号并对人体运动能力进行评估。本发明将高密度表面肌电和近红外光谱技术结合在一起，通过表面肌电高密度柔性电极、近红外探头组成联合采集方案，能够对较深层肌肉和较大范围肌群的电生理状态进行实时、准确的分析，实现对人体运动能力的全面、准确评估功能。

