



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109693223 A

(43)申请公布日 2019.04.30

(21)申请号 201710983007.3

(22)申请日 2017.10.20

(71)申请人 中国科学院沈阳自动化研究所
地址 110016 辽宁省沈阳市东陵区南塔街
114号

(72)发明人 刘连庆 李宁 杨铁 常俊玲
赵亮 于鹏

(74)专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限公司 21002

代理人 王倩

(51)Int.Cl.

B25J 9/00(2006.01)

B25J 9/10(2006.01)

B25J 9/12(2006.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图9页

(54)发明名称

一种穿戴式上肢仿生柔性外骨骼机器人及其助力方法

(57)摘要

本发明涉及一种穿戴式上肢仿生柔性外骨骼机器人及其助力方法,在人体每个骨骼肌两个端点对应的皮肤处设置结点对,结点对之间通过拉力线连接;控制系统包括控制器、电机驱动器、电机和电源,控制器通过电机驱动器连接电机,发送控制命令给电机,通过电机驱动器驱动电机工作,电源为控制系统供电;拉力线缠绕在电机输出端的绕线轮上,对结点对进行拉力输出。本发明采用柔性外骨骼技术,基于仿生学和运动生物力学的原理,将人体运动的骨骼、肌肉模型化,基于人体自身骨骼结构,利用拉力线模拟骨骼肌、柔性绑带模拟肌腱,从而使装置结构具有人体相似的运动构型,驱动方式符合人体驱动原理,使佩戴者运动符合人体正常模式,同时结构轻便,可日常穿戴。



1. 一种穿戴式上肢仿生柔性外骨骼机器人,其特征在於:包括顺序连接的控制系统、拉力线和结点;

结点,设于人体骨骼肌端点对应的皮肤处;

拉力线,用于模拟人体骨骼肌,实现控制系统与结点间的连接;

控制系统,用于带动拉力线,实现模拟骨骼肌收缩产生运动。

2. 根据权利要求1所述的一种穿戴式上肢仿生柔性外骨骼机器人,其特征在於所述控制系统包括控制器、电机驱动器、电机;所述控制器通过电机驱动器连接电机;

控制器,用于发送控制命令给电机驱动器,通过电机驱动器驱动电机工作。

3. 根据权利要求1所述的穿戴式上肢仿生柔性外骨骼机器人,其特征在於:两个结点构成结点对;结点A、结点B的位置分别对应人体某骨骼肌的两个端点;结点对中,距离肢体连接处近的结点为结点A,距离肢体连接处远的结点为结点B;结点A、结点B处分别设有固定于人体上的连接挡块、结构件;控制系统中电机输出端的绕线轮缠绕的拉力线经连接挡块与结构件连接。

4. 根据权利要求1所述的穿戴式上肢仿生柔性外骨骼机器人,其特征在於所述拉力线在电机输出端的绕线轮与连接挡块之间的部分套有套索;所述套索为中空管,使拉力线通过其中空部分。

5. 根据权利要求3所述的穿戴式上肢仿生柔性外骨骼机器人,其特征在於所述连接挡块为阶梯孔结构,距离肢体连接处较远一端开孔B直径小于距离肢体连接处较近一端开孔A直径,使套索从开孔A插入孔内,且无法从开孔B穿出,同时使拉力线贯穿开孔A和开孔B。

6. 根据权利要求3所述的穿戴式上肢仿生柔性外骨骼机器人,其特征在於所述结构件为非弹性结构件。

7. 根据权利要求1所述的穿戴式上肢仿生柔性外骨骼机器人,其特征在於所述连接挡块、结构件通过魔术贴设于人体。

8. 根据权利要求7所述的穿戴式上肢仿生柔性外骨骼机器人,其特征在於:所述魔术贴与人体皮肤之间设有弹性结构件,用于对人体进行保护。

9. 根据权利要求1所述的一种穿戴式上肢仿生柔性外骨骼机器人,其特征在於所述控制系统设置于背包内,且通过绑带穿戴于人体上。

10. 一种穿戴式上肢仿生柔性外骨骼机器人的助力方法,其特征在於包括以下步骤:

在人体骨骼肌两个端点对应的皮肤处分别设置结点A、结点B;

控制系统中的控制器发送控制命令至电机驱动器,通过电机驱动器驱动电机工作;

电机通过绕线轮缠绕拉力线产生拉力,模拟人体骨骼肌收缩;

拉力线穿过设于结点A的连接挡块、带动设于结点B的结构件,进而拉动该结构件所对应的肢体,模拟骨骼肌收缩时产生的运动,驱动关节旋转,实现仿生柔性外骨骼机器人的助力。

一种穿戴式上肢仿生柔性外骨骼机器人及其助力方法

技术领域

[0001] 本发明涉及穿戴式机器人领域,具体地说是一种穿戴式上肢仿生柔性外骨骼机器人及其助力方法。

背景技术

[0002] 现代军事领域,士兵在重负载或长期保持姿势时经常出现肌肉疲劳等状况;正常人,也经常因为生活或者工作中因重复动作造成肌肉疲劳;而对于肌肉力量不足的残疾人或老年人来说,无法实现抬臂、抓取等日常基本动作。

[0003] 现有的外骨骼助力机器人,结构多采用为刚性部件,干扰关节运动,从而使佩戴者偏离自然运动模式,同时,刚性构件的大惯量和笨重的调整机制,增加了佩戴者代谢与穿着的系统成本,损害佩戴者运动的灵活性。

发明内容

[0004] 针对现有技术的不足,本发明提供一种穿戴式上肢仿生柔性外骨骼机器人,采用仿生学和运动生物力学的原理,将人体运动的骨骼、肌肉模型化,基于人体自身骨骼结构,利用拉力线模拟骨骼肌、柔性绑带模拟肌腱,避免传统刚性构件外骨骼机器人对关节运动的干扰,解决了现有传统刚性构件外骨骼机器人存在的扰关节运动、大惯量及笨重等问题,使佩戴者运动符合人体正常模式。

[0005] 本发明为实现上述目的所采用的技术方案是:一种穿戴式上肢仿生柔性外骨骼机器人,包括顺序连接的控制系统、拉力线和结点;

[0006] 结点,设于人体骨骼肌端点对应的皮肤处;

[0007] 拉力线,用于模拟人体骨骼肌,实现控制系统与结点间的连接;

[0008] 控制系统,用于带动拉力线,实现模拟骨骼肌收缩产生运动。

[0009] 所述控制系统包括控制器、电机驱动器、电机;所述控制器通过电机驱动器连接电机;

[0010] 控制器,用于发送控制命令给电机驱动器,通过电机驱动器驱动电机工作。

[0011] 两个结点构成结点对;结点A、结点B的位置分别对应人体某骨骼肌的两个端点;

[0012] 结点对中,距离肢体连接处近的结点为结点A,距离肢体连接处远的结点为结点B;结点A、结点B处分别设有固定于人体上的连接挡块、结构件;控制系统中电机输出端的绕线轮缠绕的拉力线经连接挡块与结构件连接。

[0013] 所述拉力线在电机输出端的绕线轮与连接挡块之间的部分套有套索;所述套索为中空管,使拉力线通过其中空部分。

[0014] 所述连接挡块为阶梯孔结构,距离肢体连接处较远一端开孔B直径小于距离肢体连接处较近一端开孔A直径,使套索从开孔A插入孔内,且无法从开孔B穿出,同时使拉力线贯穿开孔A和开孔B。

[0015] 所述结构件为非弹性结构件。

- [0016] 所述连接挡块、结构件通过魔术贴设于人体。
- [0017] 所述魔术贴与人体皮肤之间设有弹性结构件,用于对人体进行保护。
- [0018] 所述控制系统设置于背包内,且通过绑带穿戴于人体上。
- [0019] 一种穿戴式上肢仿生柔性外骨骼机器人的助力方法,包括以下步骤:
- [0020] 在人体骨骼肌两个端点对应的皮肤处分别设置结点A、结点B;
- [0021] 控制系统中的控制器发送控制命令至电机驱动器,通过电机驱动器驱动电机工作;
- [0022] 电机通过绕线轮缠绕拉力线产生拉力,模拟人体骨骼肌收缩;
- [0023] 拉力线穿过设于结点A的连接挡块、带动设于结点B的结构件,进而拉动该结构件所对应的肢体,模拟骨骼肌收缩时产生的运动,驱动关节旋转,实现仿生柔性外骨骼机器人的助力。
- [0024] 本发明具有以下有益效果及优点:
- [0025] 1. 本发明采用柔性外骨骼技术,基于仿生学和运动生物力学的原理,将人体运动的骨骼、肌肉模型化,基于人体自身骨骼结构,利用拉力线模拟骨骼肌、柔性绑带模拟肌腱,从而使装置结构具有人体相似的运动构型,驱动方式符合人体驱动原理,使佩戴者运动符合人体正常模式,同时装置具有结构轻便,可日常穿戴等有益效果。
- [0026] 2. 本发明在骨骼肌端点设置结点,在人体自身运动系统中,骨骼肌端点距离因肌肉收缩而缩短,从而带动关节运动,仿照此原理设置结点,结点之间通过拉力线连接,拉力线模拟肌肉,通过驱动拉力线改变结点之间的距离,从而驱动关节运动,模拟人体自身运动,能够实现外骨骼机器人仿人运动的目的,具有符合人体自身运动驱动原理,实现人机行为协同,是外骨骼和人体自身关节顺应性。
- [0027] 3. 本发明能够根据人体自身意图驱动肢体,通过传感器采集人体肌肉运动意图信号,并将信号进行处理为驱动对应电机的控制信号,实现模拟肌肉之间的协同运动关系进行控制对应拉力线肌肉运动,外骨骼机器人与人体自身驱动力协同作用,实现人体对机器人的控制,最终达到人机共融的效果。

附图说明

- [0028] 图1是本发明的控制系统结构图;
- [0029] 图2是本发明的连接挡块与柔性套索装配图;
- [0030] 图3a是本发明实施例的前视立体结构示意图一;
- [0031] 图3b是本发明实施例的前视立体结构示意图二;
- [0032] 图4是本发明实施例的后视立体结构示意图;
- [0033] 图5a是本发明实施依据的仿生学原理示意图一;
- [0034] 图5b是本发明实施依据的仿生学原理示意图二;
- [0035] 图5c是本发明实施依据的仿生学原理示意图三;
- [0036] 图6是本发明正面部分原理结构示意图;
- [0037] 图7是本发明侧面部分原理结构示意图;
- [0038] 图8是本发明后面部分原理结构示意图;
- [0039] 图9是本发明手臂部分原理结构示意图;

[0040] 图10a是本发明助力实验效果图一；

[0041] 图10b是本发明助力实验效果图二；

[0042] 其中,1为柔性套索(附图中虚线均为此结构),2为连接挡块,3为穿戴式仿生柔性结构件,4为柔性绑带,5为驱动系统,6为肱二头肌短头,7为肱二头肌长头,8为肱二头肌,9为肌腱,10为喙突,11为肱二头肌模型化示意拉力线,12为桡骨粗隆,13为胸大肌简化拉力线,14为肱二头肌简化拉力线,15为肱肌简化拉力线,16为肱二头肌简化模型端点(附图中圆点均为肌肉模型端点),17为冈上肌简化拉力线,18为指深肌腱简化拉力线,19为三角肌中部简化拉力线,20为三角肌后部简化拉力线,21为肱三头肌外侧头简化拉力线,22为肱三头肌长头简化拉力线,23为旋前圆肌简化拉力线,24为旋后肌简化拉力线,25为指长肌腱简化拉力线。

具体实施方式

[0043] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0044] 一种穿戴式上肢仿生柔性外骨骼机器人,在人体每个骨骼肌两个端点对应的皮肤处设置结点对,结点对之间通过拉力线连接；

[0045] 控制系统包括:控制器、电机驱动器、电机和电源,控制器通过电机驱动器连接电机,发送控制命令给电机,通过电机驱动器驱动电机工作,电源为控制系统供电；

[0046] 拉力线缠绕在电机输出端的绕线轮上,对结点对进行拉力输出。

[0047] 所述结点对包括远端结点和近端结点,其中远端结点为两个结点中沿肩部方向距离控制器较远的结点,近端结点为两个结点中沿肩部方向距离控制器较近的结点。所述远端结点通过非弹性结构件固定于对应结点位置。所述非弹性结构件为魔术贴结构。所述近端结点固定于连接挡块上。

[0048] 所述连接挡块为阶梯孔结构,即距离控制器较远一端开孔直径小于距离控制器较近一端开孔直径,使柔性套索可以从距离控制器较近一端开孔插入孔内,且无法从距离控制器较远一端开孔穿出,同时拉力线可以从贯通开孔自由穿过。

[0049] 所述柔性套索为中空管,设置于连接挡块和电机输出端的绕线轮之间,使拉力线通过其中空部分。

[0050] 所述电机驱动器和电机有若干组,且与柔性套索和拉力线的个数对应。

[0051] 所述控制系统设置于背包内,且通过柔性绑带穿戴于人体。

[0052] 还包括弹性结构件,穿戴于人体,对人体进行保护;所述弹性结构件为弹性护具,通过松紧魔术贴固定。

[0053] 一种穿戴式上肢仿生柔性外骨骼机器人包括:弹性结构件、柔性绑带、控制系统、柔性套索及模拟骨骼肌的拉力线,其中弹性结构件是由弹性布料构成,具有佩戴舒适性及尺寸适应性,柔性绑带将弹性结构件与控制系统背包连接于人体躯干上,柔性套索将动力由控制系统传递到弹性结构件上,驱动手臂运动。

[0054] 骨骼作为运动主要构件,骨骼肌作为运动驱动单元,本发明将其分别模型化为连杆与拉力线结构,利用拉力线模拟人体骨骼肌,捆绑带模拟肌腱,电机牵引拉力线模拟骨骼肌收缩产生运动。

[0055] 仿骨骼肌拉力线,具体是指:对骨骼肌进行拉力线化,依据解剖学原理、对应骨骼

肌位置布置拉力线,使整体装置具有与人体相似运动链构型。

[0056] 弹性结构件是指根据人体身体形状设计,并具有一定的弹性变形能力的结构件,本实施例采用针织材质,其穿戴于人体,起到连接各部分的作用(本实施例为针织袖穿戴于上肢,并将背包与针织袖用绑带连接)。弹性结构件采用松紧魔术贴结构,校正佩戴者体位。

[0057] 如图1所示为本发明的控制系统结构图。

[0058] 控制系统的动力源为电机,控制器采用单片机,电源为控制系统和电机供电,人体运动意图信号采集系统采集人体运动意图,通过处理器对运动意图进行处理,并转换为电机控制信号,进而将发送控制命令给电机驱动器,电机驱动器驱动电机工作,电机通过绕线轮缠绕拉力线产生拉力,最终拉力线上的拉力传递到仿肌腱捆绑件等结构件上,驱动关节旋转,多关节拉力线协同配合实现外骨骼机器人人类运动。

[0059] 人体运动意图信号采集系统能够采集人体运动意图信号,该系统为现有技术。本实施例可以通过将该系统的肌电信号采集仪,设于某骨骼肌两个端点连线的中点处,实时采集人体运动意图信号。

[0060] 同时系统控制采用闭环控制,在机器人执行器末端通过角度传感器和速度传感器捕捉人体实际运动状态(如关节弯曲角度),并将运动状态信息与人体信号采集系统捕捉的运动意图(如与关节弯曲角度成比例的电压信号)进行对比,实时进行对运动控制信号进行修正,以达到机器人运动最符合人体实际运动的效果。

[0061] 柔性套索两端分别通过连接挡块与电机和近端骨骼肌端点连接,保持电机与人体之间的拉力线长度始终不变,同时改变拉力线方向,使电机与人体位置具有任意性。柔性套索为中空线管结构,拉力线通过其中空部分。

[0062] 如图2所示为本发明的连接挡块与柔性套索装配图。

[0063] 柔性套索两端分别通过连接挡块2与电机和近端骨骼肌端点连接,采用阶梯孔结构,柔性套索1可深入孔中,利用阶梯固定套索,拉力线可完全通过连接挡块,从而实现固定套索的作用,柔性套索两端均采用这种结构。

[0064] 如图2所示为本发明的实施例示意图。

[0065] 如图3a、图3b和图4,一种穿戴式仿生柔性外骨骼机器人实施例包括:穿戴式仿生柔性结构件、柔性绑带、驱动系统背包、柔性套索及运动肌肉模型的拉力线,其中穿戴式仿生柔性结构件是由弹性布料构成,具有佩戴舒适性及尺寸适应性,柔性绑带将穿戴式仿生柔性结构件与驱动系统连接于人体躯干上,柔性套索将动力由驱动系统背包传递到穿戴式仿生柔性结构件上,驱动手臂运动。

[0066] 本实施例中,柔性绑带为针织材质的绑带,柔性套索采用可以弯曲的中空管;模拟肌腱的捆绑带,采用针织材质的护具材料,护具材料上设有非弹性结构件,即非弹性的用于连接拉力线的连接片。这样可以使拉力线与捆绑带连接,进而实现与人体的连接。

[0067] 如图5a~5c,一种穿戴式仿生柔性外骨骼机器人仿生设计原理图(参考顾德明,缪进昌.运动解剖学图谱.第3版[M].人民体育出版社,P170,2013.),其中骨骼作为运动的主要构件,肌肉作为运动的驱动单元,本发明将其分别模型化为连杆与拉力线结构,利用拉力线模拟人体肌肉,捆绑带模拟肌腱,电机牵引拉力线模拟肌肉组织的收缩。

[0068] 如图6至图9,图中实线部分为肌肉的简化拉力线模型,如胸大肌简化拉力线14,图4~9中虚线部分代表柔性套索结构,可任意弯曲,且长度不改变,提供持续的驱动力。图6至

图9中肌肉的分布依据类似于图5a~5c中的人体骨骼肌肉解剖图,如上臂的肩关节上扬、前收、后展,肘关节弯曲、伸展,小臂的前旋、后旋,腕关节背曲、前收等动作对应的肌肉,在图6至图9中均有体现,图6至图9中所有圆点代表对应这些肌肉的两端点。在运动过程中,通过驱动系统中电机旋转缠绕拉力线,利用柔性套索将动力传递到对应的肌肉拉力线上,根据人体解剖学及运动生物力学原理,协同控制多条肌肉对应的拉力线,驱动手臂各关节的协同运动,从而实现上肢的辅助运动。

[0069] 因此,本发明可以在上肢、下肢的多个骨骼肌的两端均设置结点对,每个结点对通过一根拉力线由一个电机驱动,根据需要,可以同时多条肌肉的拉力线进行控制,实现上肢、下肢的辅助运动。

[0070] 本实施中骨骼肌为以下中的一个或多个:肱二头肌、胸大肌、肱肌、冈上肌、深肌腱、三角肌、肱三头肌、旋前圆肌、旋后肌、长肌腱等。

[0071] 如图10a~图10b所示,人体骨骼肌产生收缩力越大,肌肉上肌电信号幅值越大,基于此原理对外骨骼机器人助力效果进行验证。肱二头肌是主要的肘屈肌,手持相同质量的重物,在肘关节弯曲抬升重物时分别测量佩戴外骨骼机器人和未佩戴外骨骼机器人两种情况下肱二头肌上肌电信号幅值情况,从图10a~图10b中可以看出助力状态肌肉肌电信号幅值明显小于未助力状态下,说明在相同负载下,助力状态肌肉输出力明显减小,进而证明外骨骼机器人的助力效果。

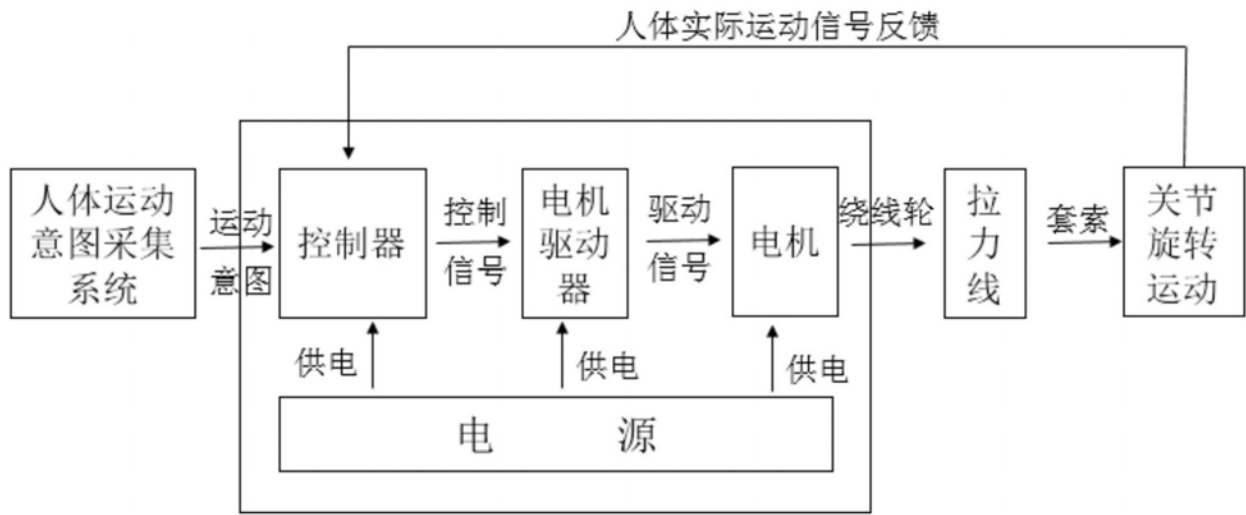


图1

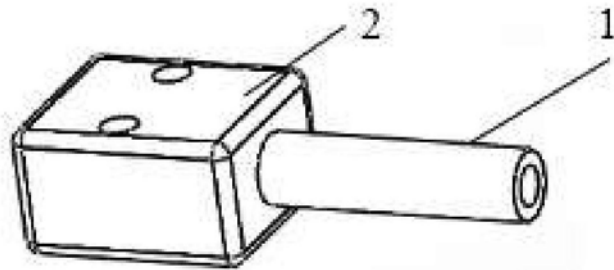


图2



图3a

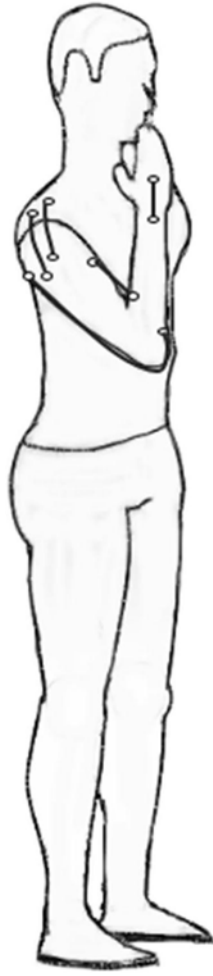


图3b

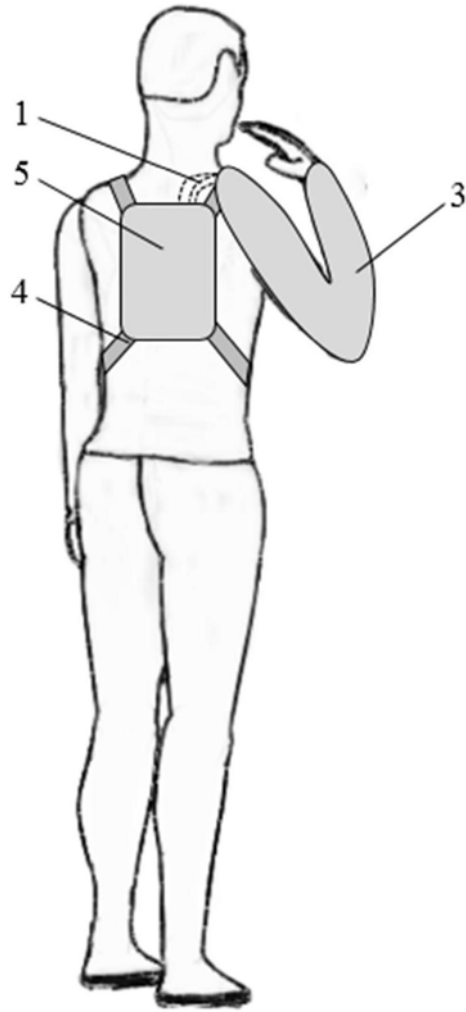


图4



图5a



图5b

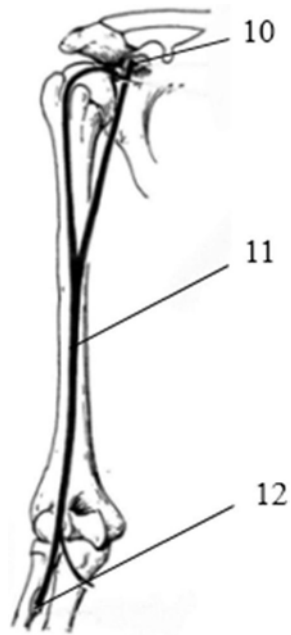


图5c

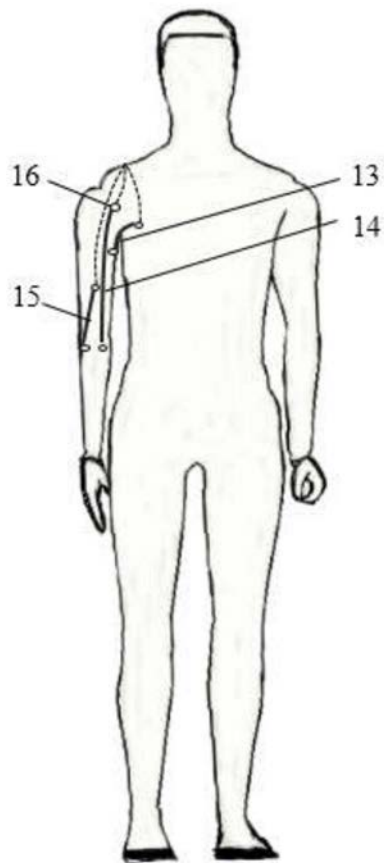


图6

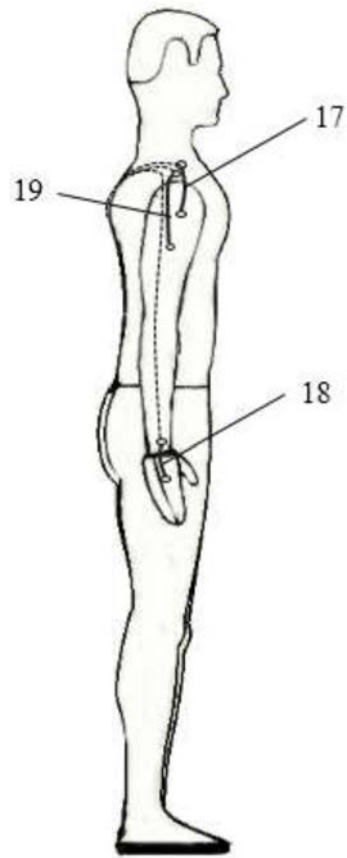


图7

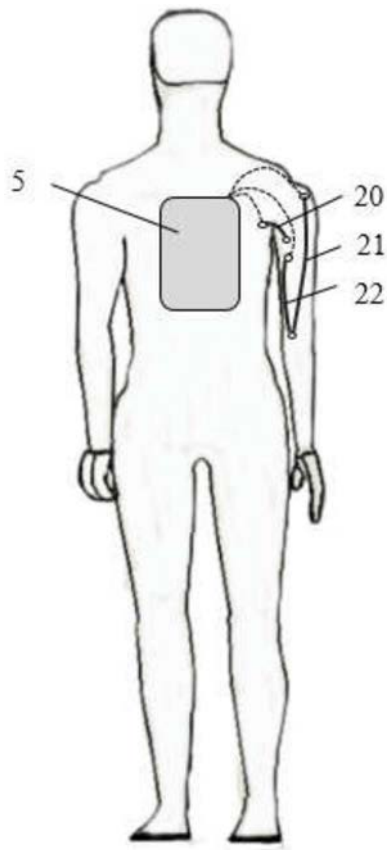


图8

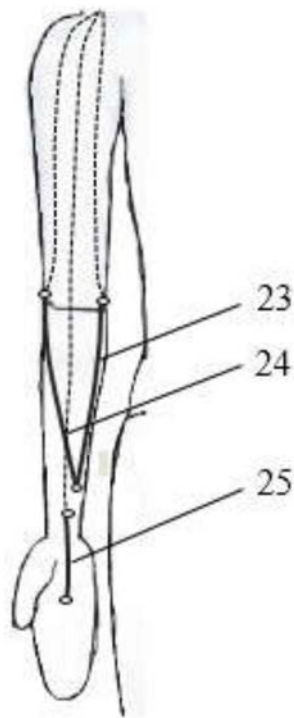


图9

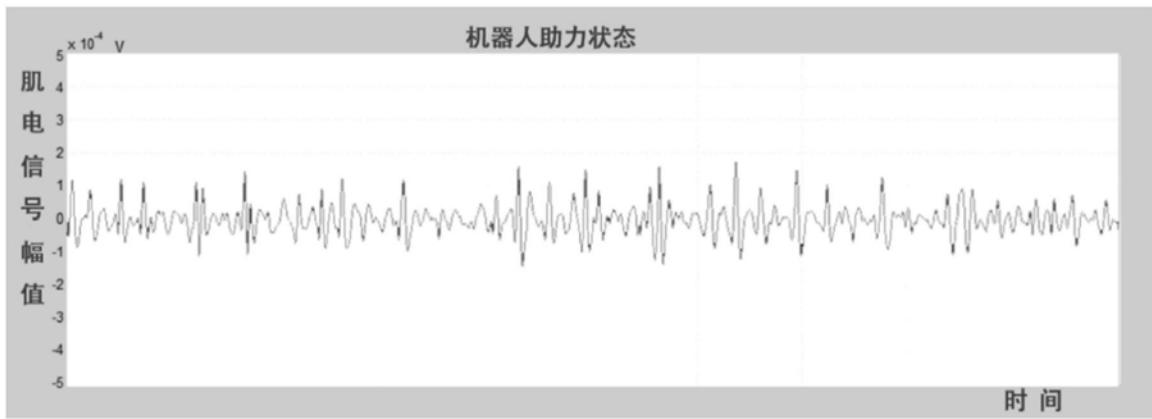


图10a

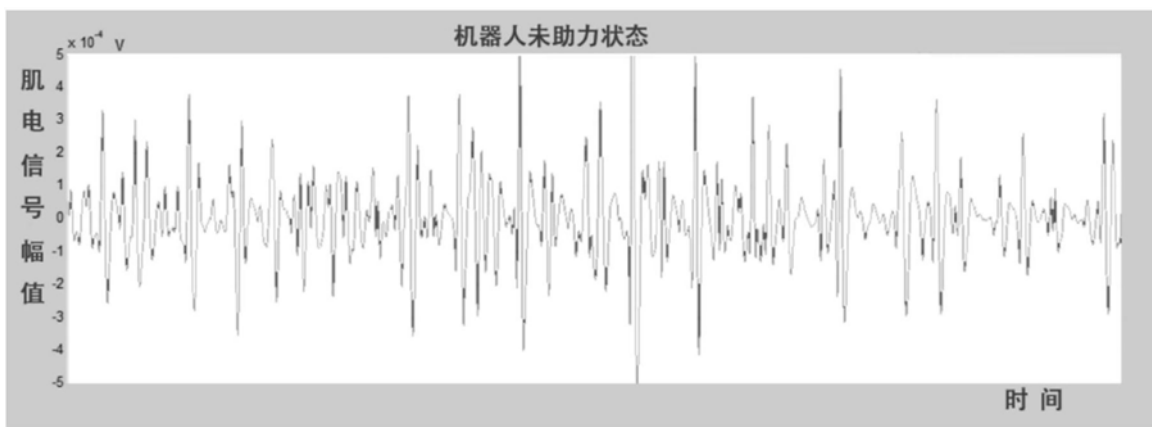


图10b