



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102727362 B

(45) 授权公告日 2014. 09. 24

(21) 申请号 201210252436. 0

(22) 申请日 2012. 07. 20

(73) 专利权人 上海海事大学

地址 201306 上海市浦东新区临港新城海港大道 1550 号

(72) 发明人 夏斌 郭明 杨文璐 谢宏

(74) 专利代理机构 上海信好专利代理事务所
(普通合伙) 31249

代理人 徐茂泰

(51) Int. Cl.

A61H 1/00(2006. 01)

B25J 11/00(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2009-66395 A, 2009. 04. 02, 说明书
0021-0024 段.

CN 200954207 Y, 2007. 10. 03, 说明书第 5 页
第 2 段.

CN 102500094 A, 2012. 06. 20, 说明书 0022
段.

US 2012/0182431 A1, 2012. 07. 19, 全文.

审查员 杨则强

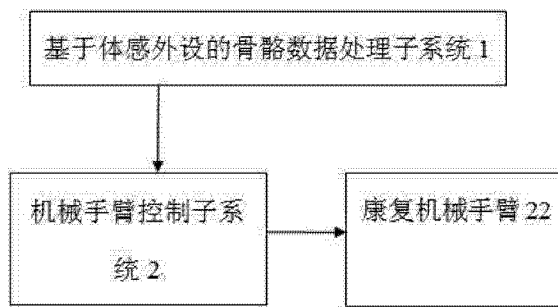
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

基于体感外设手臂运动追踪的康复训练系统
及其训练方法

(57) 摘要

本发明公开一种基于体感周边外设手臂运动追踪的康复训练系统,该系统包含基于体感外设的骨骼数据处理子系统,电路连接基于体感外设的骨骼数据处理子系统输出端的机械手臂控制子系统,以及电路连接机械手臂控制子系统输出端的康复机械手臂;基于体感外设的骨骼数据处理子系统采用微软公司的 Kinect 设备。本发明采用 Kinect 设备捕获的手臂三维坐标数据,控制外部机械手臂运动,通过机械手臂带动患者进行康复运动,不用理疗师戴任何电子器件,解决了传统理疗师只能一对一治疗中风患者的限制,同时还提升了患者进行多次康复性训练的精准度,不仅减轻了理疗师的负担,也增强了患者接受康复性训练后的效果。



1. 一种基于体感外设手臂运动追踪的康复训练系统,其特征在于,该系统包含基于体感外设的骨骼数据处理子系统(1),电路连接所述基于体感外设的骨骼数据处理子系统(1)输出端的机械手臂控制子系统(2),以及电路连接所述机械手臂控制子系统(2)输出端的康复机械手臂(22);

所述的康复机械手臂(22)包含上臂部件(224),分别设置在上臂部件(224)两端的下臂部件(226)和肩部部件(221),以及机械手臂基座;

所述下臂部件(226)与上臂部件(224)之间还设有肘部屈伸旋转部件(225),下臂部件(226)与上臂部件(224)通过该肘部屈伸旋转部件(225)转动连接;

所述上臂部件(224)与肩部部件(221)之间还设有肩关节前后转动部件(223),上臂部件(224)与肩部部件(221)通过该肩关节前后转动部件(223)转动连接;

所述肩部部件(221)的顶端设有肩关节上下转动部件(222),肩部部件(221)通过该肩关节上下转动部件(222)与机械手臂基座转动连接;

所述肘部屈伸旋转部件(225)通过转轴连接有肘部屈伸旋转驱动电机(229);

所述肩关节前后转动部件(223)通过转轴连接有肩部前后旋转驱动电机(228);

所述肩关节上下转动部件(222)通过转轴连接有肩部上下旋转电机(227)。

2. 如权利要求1所述的基于体感外设手臂运动追踪的康复训练系统,其特征在于,所述的基于体感外设的骨骼数据处理子系统(1)采用微软公司的Kinect设备。

3. 如权利要求2所述的基于体感外设手臂运动追踪的康复训练系统,其特征在于,所述上臂部件(224)与下臂部件(226)都设有呈半圆弧形的支撑结构。

基于体感外设手臂运动追踪的康复训练系统及其训练方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种属于生物医学工程、计算机和自动控制领域的康复训练技术,具体涉及一种基于体感外设的手臂运动追踪的康复训练系统及其训练方法。

背景技术

[0002] 体感(Natural User Interface)是一种识别三维空间中肢体动作的人机交互技术,近年来受到广泛的关注。

[0003] 微软公司推出的 Kinect 设备(即体感外设),由一个 RGB 摄像头和两个深度摄像头构成,能够捕捉深度信息,提供丰富和准确的三维运动信息。

[0004] 中风后的功能缺失是一种常见的后遗症,所以病人通常需要进行长期的康复性训练恢复功能。在传统的功能康复治疗中,主要是靠理疗师来一对一的进行病人的康复训练,这样的方式使得工作效率较低。

[0005] 在新型的体感技术下,理疗师站在 Kinect 传感器前做一些康复性动作,Kinect 实时地捕获到理疗师各个关节的三维坐标,通过对三维坐标的解析实时给出机械手臂控制命令,实现机械手臂带动患者进行康复性训练。这种技术不但可以实时处理理疗师的动作,还能根据需要存储理疗师的动作,以方便单个甚至多个患者进行准确的、周期的康复性训练。这些是传统理疗师对病人进行康复性训练做不到的。

发明内容

[0006] 本发明提供一种基于体感周边外设手臂运动追踪的康复训练系统及其训练方法,通过理疗师示范指导性的康复动作,精准地映射成机械手臂控制命令,通过机械手臂运动带动患者手臂进行准确地、重复地、长期地训练,最终提升中风患者康复效果。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供一种基于体感周边外设手臂运动追踪的康复训练系统,其特点是,该系统包含基于体感外设的骨骼数据处理子系统,电路连接基于体感外设的骨骼数据处理子系统输出端的机械手臂控制子系统,以及电路连接机械手臂控制子系统输出端的康复机械手臂。

[0008] 上述的基于体感外设的骨骼数据处理子系统采用微软公司的 Kinect 设备。

[0009] 上述的康复机械手臂包含上臂部件,分别设置在上臂部件两端的下臂部件和肩部部件,以及机械手臂基座;

[0010] 上述下臂部件与上臂部件之间还设有肘部屈伸旋转部件,下臂部件与上臂部件通过该肘部屈伸旋转部件转动连接;

[0011] 上述上臂部件与肩部部件之间还设有肩关节前后转动部件,上臂部件与肩部部件通过该肩关节前后转动部件转动连接;

[0012] 上述肩部部件的顶端设有肩关节上下转动部件,肩部部件通过该肩关节上下转动部件与机械手臂基座转动连接;

[0013] 上述肘部屈伸旋转部件通过转轴连接有肘部屈伸旋转驱动电机;

[0014] 上述肩关节前后转动部件通过转轴连接有肩部前后旋转驱动电机；

[0015] 上述肩关节上下转动部件通过转轴连接有肩部上下旋转电机。

[0016] 上述上臂部件与下臂部件都设有呈半圆弧形的支撑结构。

[0017] 一种适用于基于体感外设手臂运动追踪的康复训练系统的训练方法，其特点是，该方法包含以下步骤：

[0018] 步骤 1、基于体感外设的骨骼数据处理子系统每秒对手腕、手肘、肩、双肩中点、另一侧肩的关节节点捕获 30 次三维坐标；取各点最近五次的三维坐标数值，并分别计算取其平均数值；

[0019] 步骤 2、基于体感外设的骨骼数据处理子系统每次捕获上述五个关节节点的三维坐标后，计算肘部关节的旋转关系和肩部关节的前后旋转关系；

[0020] 步骤 2.1、基于体感外设的骨骼数据处理子系统计算肘部关节的旋转关系，设手腕的三维坐标为 A、手肘的三维坐标为 B、肩的三维坐标为 C；

[0021] 计算关节旋转角度的公式如下：

$$\overrightarrow{BA} = A - B$$

$$\overrightarrow{BC} = C - B$$

[0022]

$$temp = (\overrightarrow{BA} * \overrightarrow{BC}) / (|\overrightarrow{BA}| + |\overrightarrow{BC}|)$$

$$\angle ABC = 180 / 3.14 * \arccos(temp)$$

[0023] 其中，所得的 $\angle ABC$ 即为肘部关节的旋转角度；

[0024] 步骤 2.2、基于体感外设的骨骼数据处理子系统计算肩部关节的前后旋转关系，设手肘的三维坐标为 A、肩的三维坐标为 B、双肩中点的三维坐标为 C，

[0025] 计算关节旋转角度的公式如下：

$$\overrightarrow{BA} = A - B$$

$$\overrightarrow{BC} = C - B$$

[0026]

$$temp = (\overrightarrow{BA} * \overrightarrow{BC}) / (|\overrightarrow{BA}| + |\overrightarrow{BC}|)$$

$$\angle ABC = 180 / 3.14 * \arccos(temp)$$

[0027] 其中，所得的 $\angle ABC$ 即为肩部关节的前后旋转角度；

[0028] 步骤 3、基于体感外设的骨骼数据处理子系统通过手腕、手肘、肩和另一侧肩的关节节点的三维坐标，判断手臂在身体的前方还是右侧；

[0029] 步骤 3.1、计算过手腕、手肘、肩三点三维坐标的平面方程的表达式 ($Ax + By + Cz + D = 0$)，跳转到步骤 3.2；

[0030] 步骤 3.2、计算另一侧肩的三维坐标到手腕、手肘、肩三点所在平面的距离，跳转到步骤 3.3；

[0031] 步骤 3.3、判断另一侧肩的三维坐标到手腕、手肘、肩三点所在平面的距离是否大于 0.2 米，若是，则判定手臂在身前运动，并跳转到步骤 4；若否，则判定手臂在身侧运动，并

跳转到步骤 4；

[0032] 步骤 4、基于体感外设的骨骼数据处理子系统通过储存任意一个被测关节的任意相邻两个时刻的三维坐标,计算出该关节的运动速度；

[0033] 关节的速度计算公式如下：

$$[0034] \quad v = |p_2 - p_1| / 0.033$$

[0035] 其中, p_1 是前一时刻被测关节三维坐标, p_2 是后一时刻被测关节三维坐标, 0.033 为相邻两次三维坐标捕获时刻的时间间隔；

[0036] 步骤 5、基于体感外设的骨骼数据处理子系统将获取和计算得的关节运动的角度和速度数值实时传输至机械手臂控制子系统；

[0037] 机械手臂控制子系统根据关节运动的角度和速度数值,向康复机械手臂发送控制指令；

[0038] 步骤 6、康复机械手臂根据机械手臂控制子系统所发送的控制指令带动患者的手臂进行康复运动。

[0039] 本发明基于体感外设手臂运动追踪的康复训练系统及其训练方法和现有技术的复健方式相比,其优点在于,本发明采用 Kinect 设备捕获的手臂三维坐标数据,控制外部机械手臂运动,通过机械手臂带动患者进行康复运动,不用理疗师戴任何电子器件,甚至可以坐着；不但解决了传统理疗师只能一对一治疗中风患者的限制,同时还提升了患者进行多次康复性训练的精准度,不仅减轻了理疗师的负担,也增强了患者接受康复性训练后的效果。

附图说明

[0040] 图 1 为本发明基于体感外设手臂运动追踪的康复训练系统的结构框图；

[0041] 图 2 为本发明基于体感外设手臂运动追踪的康复训练系统的康复机械手臂的结构示意图；

[0042] 图 3 为本发明基于体感外设手臂运动追踪的康复训练系统的训练方法的流程图；

[0043] 图 4 为本发明基于体感外设手臂运动追踪的康复训练方法中关节点选取示意图。

具体实施方式

[0044] 以下结合附图,进一步说明本发明的具体实施例。

[0045] 如图 1 所示,本发明公开一种基于体感外设手臂运动追踪的康复训练系统,该系统包含基于体感外设的骨骼数据处理子系统 1,以及与该基于体感外设的骨骼数据处理子系统 1 的输出端电路连接的机械手臂控制子系统 2。

[0046] 基于体感外设的骨骼数据处理子系统 1 即采用微软公司的 Kinect 设备,该基于体感外设的骨骼数据处理子系统 1 用于实时探测和获取理疗师的三维人体骨骼坐标数据,并着重对手臂关节数据进行分析,计算出每个关节之间的旋转角度,最后实时把控制指令传输给机械手臂控制子系统 2。

[0047] 机械手臂控制子系统 2 的输出端电路连接康复机械手臂 22。机械手臂控制子系统 2 实时接收基于体感外设的骨骼数据处理子系统 1 发出的三维骨骼运动数据,并向康复

机械手臂 22 发出运动指令。

[0048] 康复机械手臂 22 实时接收机械手臂控制子系统 2 发出的运动指令,根据指令,带动患者进行康复训练。

[0049] 如图 2 所示,康复机械手臂 22 实现了三个自由度,三个自由度的机械手臂运动在一定程度上还是比较复杂,但 Kinect 骨骼追踪使得人机交互变得简单,为了实现控制,本发明中把运动控制限定在三个旋转电机上。

[0050] 康复机械手臂 22 包含肩部部件 221,与肩部部件 221 转动连接的上臂部件 224,与上臂部件 224 转动连接的下臂部件 226,以及机械手臂基座。

[0051] 肩部部件 221 顶端设有肩关节上下转动部件 222,肩部部件 221 通过肩部部件 221 与机械手臂基座转动连接。该肩关节上下转动部件 222 通过转轴连接肩部上下旋转电机 227,肩部上下旋转电机 227 通过肩关节上下转动部件 222 带动肩部部件 221、上臂部件 224、下臂部件 226 一起做上下旋转运动,该肩关节上下转动部件 222 可带动机械手臂在侧向竖直面内做上下旋转运动,其旋转范围为 180 度,使肩部部件 221 能带动患者的肩部在肩关节上下转动部件 222 的正上方与正下方之间旋转。

[0052] 肩部部件 221 与上臂部件 224 之间通过肩关节前后转动部件 223 转动连接,该肩关节前后转动部件 223 通过转轴连接有肩部前后旋转驱动电机 228。肩部前后旋转电机 228 通过肩关节前后转动部件 223 带动上臂部件 224、下臂部件 226 一起在正向竖直面中做前后运动,其旋转范围为 180 度,使上臂部件 224 能带动患者的上臂在肩关节前后转动部件 223 的正上方与正下方之间旋转。

[0053] 上臂部件 224 与、下臂部件 226 之间通过肘部屈伸旋转部件 225 转动连接。该肘部屈伸旋转部件 225 通过转轴连接有肘部屈伸旋转驱动电机 229,肘部屈伸旋转驱动电机 229 通过肘部屈伸旋转部件 225 带动下臂部件 226 在正向竖直面中做屈伸运动,其旋转范围为 180 度,即使下臂部件 226 能带动患者下臂在与上臂部件 224 折叠的位置,以及与上臂部件 224 呈直线的位置之间做旋转屈伸运动。

[0054] 本康复机械手臂 22 的上臂部件 224 与下臂部件 226 都设有呈半圆弧形的支撑结构,该上臂部件 224 与下臂部件 226 的支撑结构分别与人体的上臂和下臂相适配,使患者的手臂能恰好地、舒适地固定在康复机械手臂 22 中。

[0055] 如图 3 所示,本发明公开的一种适用于基于体感外设手臂运动追踪的康复训练系统的训练方法,其包含以下步骤:

[0056] 步骤 1、如图 4 所示,本实施例中,以右手臂作为例子说明,选取五个人体关节;右手腕 3、右手肘 4、右肩 5、双肩中点 6、左肩 7。

[0057] 基于体感外设的骨骼数据处理子系统 1,即 Kinect 设备,每秒对上述的右手腕 3、右手肘 4、右肩 5、双肩中点 6、左肩 7 的五个关节点捕获 30 次三维坐标。

[0058] 取各点最近五次的三维坐标数值,并计算取其平均数值。取上述五点的三维坐标的平均数值,可以获取比较稳定的计算结果。

[0059] 步骤 2、基于体感外设的骨骼数据处理子系统 1 每次捕获上述五个关节点的三维坐标后,计算肘部关节的旋转关系和肩部关节的前后旋转关系。

[0060] 假设某三个关节的三维坐标分别为 A、B、C,需要计算 $\angle ABC$,则此系统计算关节旋转角度的公式如下:

$$\overline{BA} = A - B$$

$$\overline{BC} = C - B$$

[0061]

$$temp = (\overline{BA} * \overline{BC}) / (|\overline{BA}| + |\overline{BC}|)$$

$$\angle ABC = 180 / 3.14 * \arccos(temp)$$

[0062] 步骤 2.1、本实施例中,基于体感外设的骨骼数据处理子系统 1 计算肘部关节的旋转关系,即通过获取右手腕 3、右手肘 4、右肩 5,三点的三维坐标,设右手腕 3 的三维坐标为 A、右手肘 4 的三维坐标为 B、右肩 5 的三维坐标为 C,通过计算关节旋转角度的公式:

$$\overline{BA} = A - B$$

$$\overline{BC} = C - B$$

[0063]

$$temp = (\overline{BA} * \overline{BC}) / (|\overline{BA}| + |\overline{BC}|)$$

$$\angle ABC = 180 / 3.14 * \arccos(temp)$$

[0064] 计算所得的 $\angle ABC$ 为肘部关节的旋转关系,即可获得肘部关节的旋转角度。

[0065] 步骤 2.2、基于体感外设的骨骼数据处理子系统 1 计算肩部关节的前后旋转关系,即通过获取右手肘 4、右肩 5、双肩中点 6,三点的三维坐标,设右手肘 4 的三维坐标为 A、右肩 5 的三维坐标为 B、双肩中点 6 的三维坐标为 C,通过计算关节旋转角度的公式:

$$\overline{BA} = A - B$$

$$\overline{BC} = C - B$$

[0066]

$$temp = (\overline{BA} * \overline{BC}) / (|\overline{BA}| + |\overline{BC}|)$$

$$\angle ABC = 180 / 3.14 * \arccos(temp)$$

[0067] 计算所得的 $\angle ABC$ 为肩部关节的前后旋转关系,即可获得肩部关节的前后旋转角度。

[0068] 步骤 3、基于体感外设的骨骼数据处理子系统 1 通过右手腕 3、右手肘 4、右肩 5 和左肩 7 的关节的三维坐标,判断手臂在身体的前方还是右侧。

[0069] 步骤 3.1、基于体感外设的骨骼数据处理子系统 1 通过右手腕 3、右手肘 4、右肩 5,该三点的三位坐标,计算出过该三点的平面方程的表达式 ($Ax + By + Cz + D = 0$),跳转到步骤 3.2。

[0070] 步骤 3.2、基于体感外设的骨骼数据处理子系统 1 计算左肩 7 的三维坐标到上述的右手腕 3、右手肘 4、右肩 5 三点所在平面的距离,跳转到步骤 3.3。

[0071] 步骤 3.3、基于体感外设的骨骼数据处理子系统 1 判断左肩 7 的三维坐标到上述的右手腕 3、右手肘 4、右肩 5 三点所在平面的距离是否大于 0.2 米,若是,左肩 7 的三维坐标到右手腕 3、右手肘 4、右肩 5 三点所在平面的距离大于 0.2 米,则判定手臂在身前运动,并

跳转到步骤 4。若否,左肩 7 的三维坐标到右手腕 3、右手肘 4、右肩 5 三点所在平面的距离小于等于 0.2 米,则判定手臂在身侧运动,并跳转到步骤 4。

[0072] 步骤 4、基于体感外设的骨骼数据处理子系统 1 通过储存任意一个关节前一时刻及其后一时刻(即该关节的任意相邻两个时刻)的三维坐标,计算出该关节的运动速度。相邻两时刻之间的时间间隔取的是基于体感外设的骨骼数据处理子系统 1 相邻两次捕获三维坐标的时间间隔。

[0073] 假设前一时刻一个被测关节的三维坐标是 p_1 ,后一时刻该被测关节的三维坐标是 p_2 ,由于基于体感外设的骨骼数据处理子系统 1 相邻两次骨骼数据获取时间间隔是 0.033 秒,则此关节的速度计算公式如下:

$$[0074] \quad v = |p_2 - p_1| / 0.033$$

[0075] 其中, p_1 是前一时刻被测关节三维坐标, p_2 是后一时刻被测关节三维坐标,0.033 为相邻两次三维坐标捕获时刻的时间间隔。

[0076] 本发明所公开的系统,主要只计算腕关节和肘关节的运动速度,而肩关节由于固定不动则不进行计算。

[0077] 步骤 5、基于体感外设的骨骼数据处理子系统 1 将获取和计算得的关节运动的角度和速度数值实时传输至机械手臂控制子系统 2,机械手臂控制子系统 2 根据上述关节运动的角度和速度数值,向康复机械手臂 22 发送控制指令。

[0078] 步骤 6、康复机械手臂 22 根据机械手臂控制子系统 2 所发送的控制指令,带动康复机械手臂 22 中所固定的患者的手臂进行康复运动。

[0079] 尽管本发明的内容已经通过上述优选实施例作了详细介绍,但应当认识到上述的描述不应被认为是对本发明的限制。在本领域技术人员阅读了上述内容后,对于本发明的多种修改和替代都将是显而易见的。因此,本发明的保护范围应由所附的权利要求来限定。

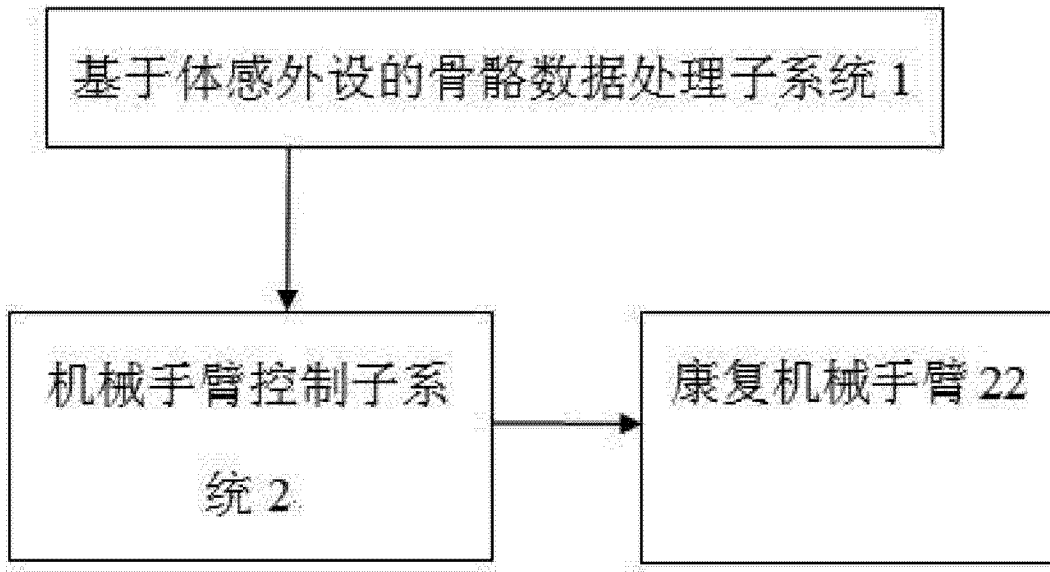


图 1

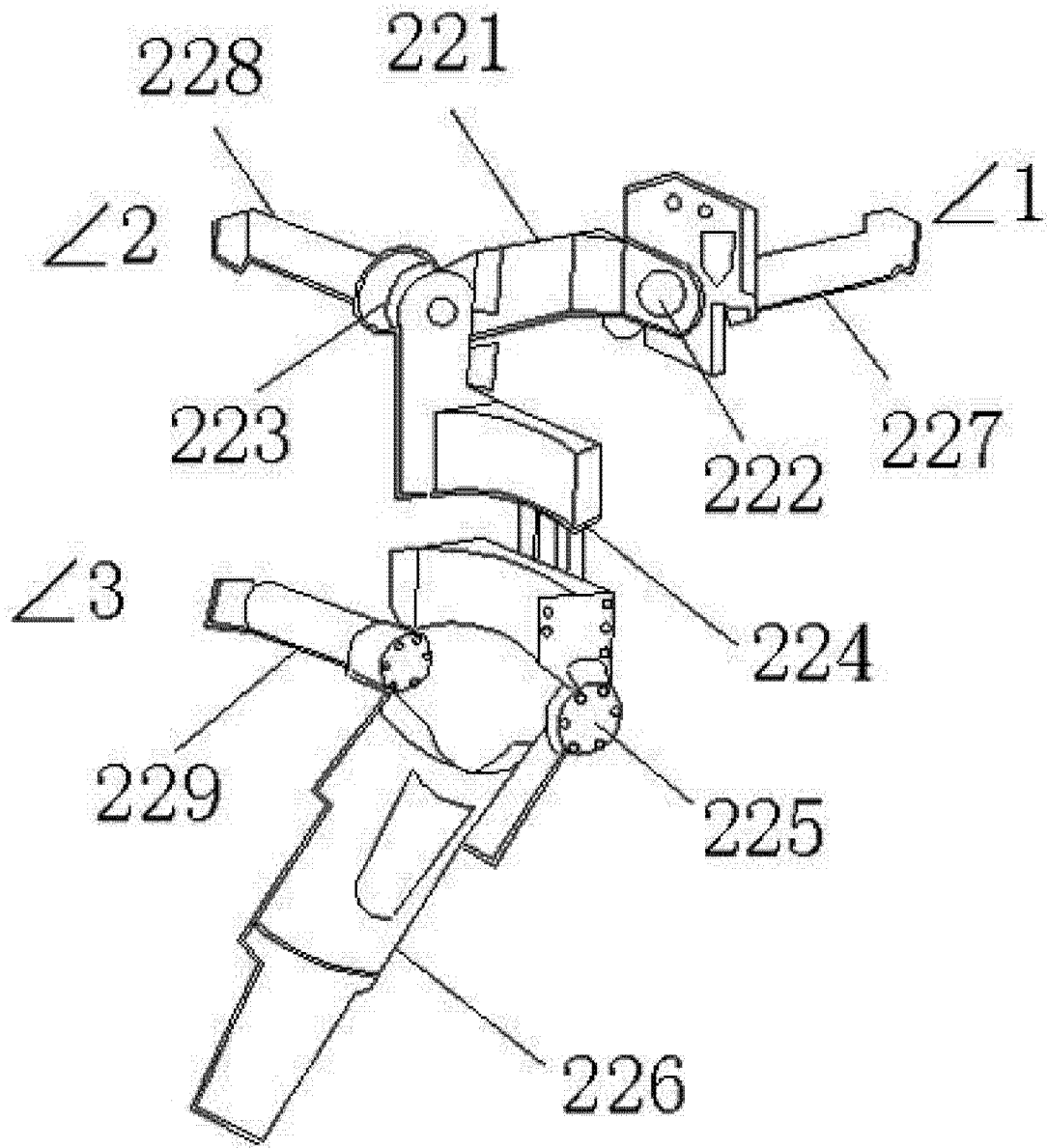


图 2

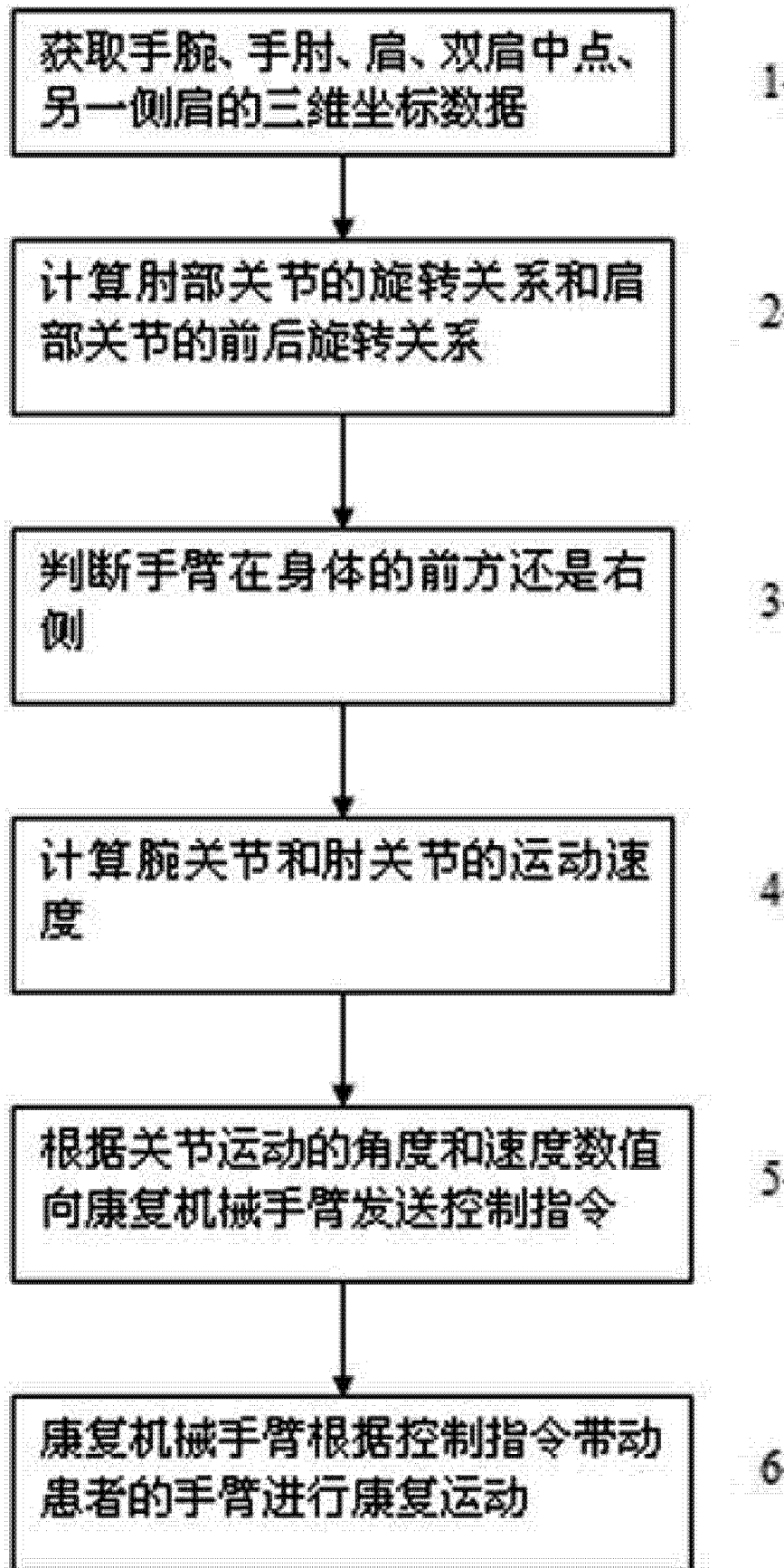


图 3

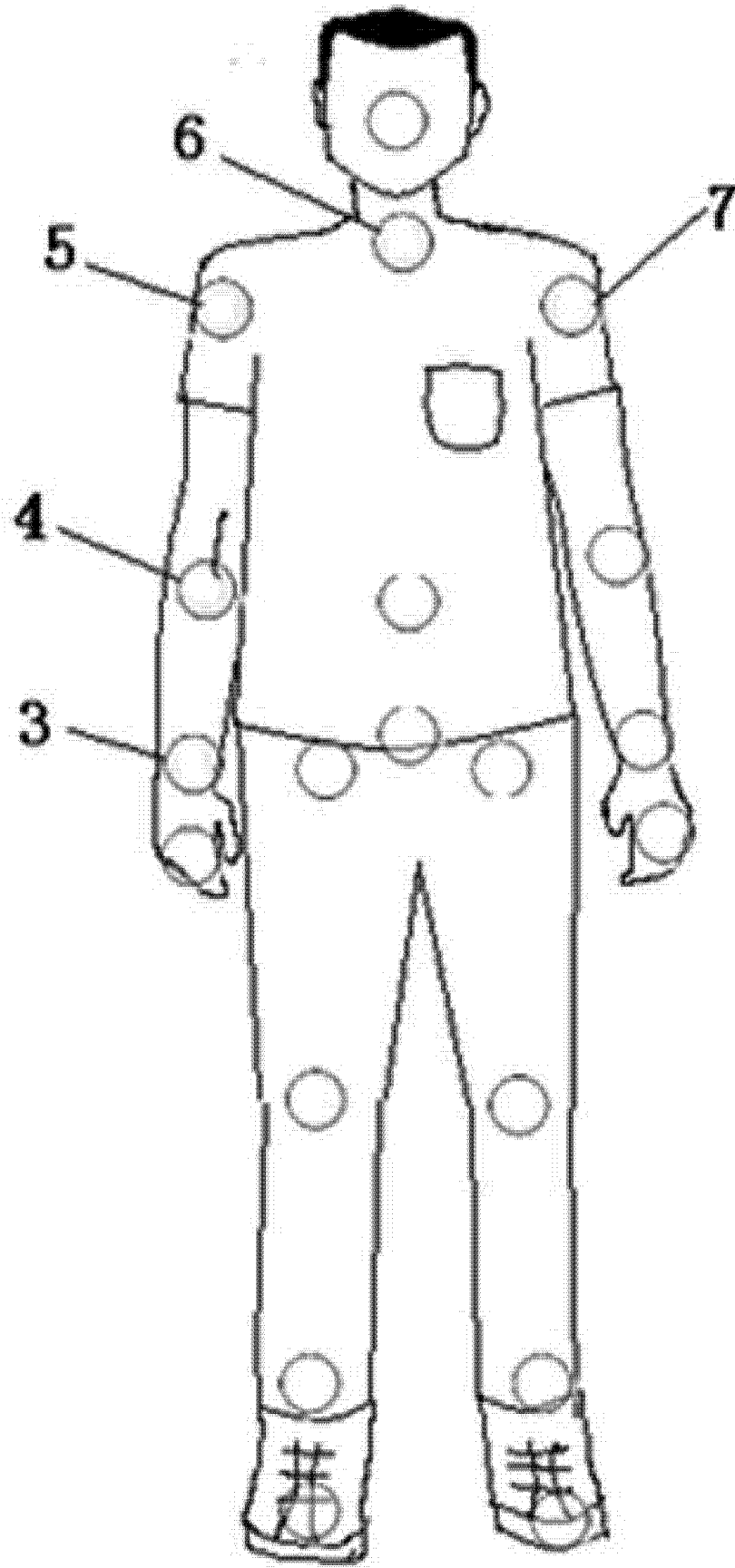


图 4