



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111967366 B

(45) 授权公告日 2022. 10. 21

(21) 申请号 202010806597.4
 (22) 申请日 2020.08.12
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 111967366 A
 (43) 申请公布日 2020.11.20
 (73) 专利权人 华中科技大学鄂州工业技术研究院
 地址 436044 湖北省鄂州市梧桐湖新区凤凰大道特一号
 专利权人 华中科技大学
 (72) 发明人 黄剑 晏箐阳 杨博
 (74) 专利代理机构 北京众达德权知识产权代理有限公司 11570
 专利代理师 原婧
 (51) Int. Cl.
 G06V 40/20 (2022.01)
 G06V 10/77 (2022.01)
 G06V 10/764 (2022.01)
 G06V 10/774 (2022.01)
 G06F 17/18 (2006.01)

(56) 对比文件
 CN 109528203 A, 2019.03.29
 CN 103536293 A, 2014.01.29
 CN 111089590 A, 2020.05.01
 CN 110110633 A, 2019.08.09
 CN 109758157 A, 2019.05.17
 CN 103267524 A, 2013.08.28
 CN 108022248 A, 2018.05.11
 US 2016370854 A1, 2016.12.22
 US 2017231532 A1, 2017.08.17
 US 2019240103 A1, 2019.08.08
 WO 2018081986 A1, 2018.05.11
 US 9789023 B1, 2017.10.17
 EP 3666245 A1, 2020.06.17
 US 2019150792 A1, 2019.05.23
 黄剑等. 基于无线穿戴式传感系统的智能步态检测研究.《华中科技大学学报(自然科学版)》.2017, (续)

审查员 崔芳婷

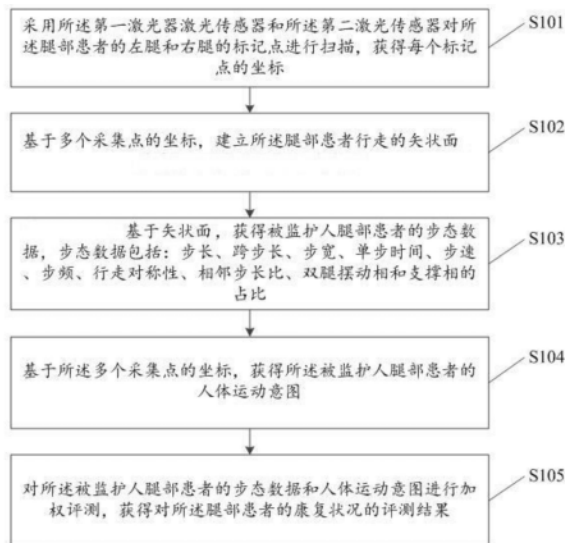
权利要求书2页 说明书13页 附图4页

(54) 发明名称
 一种对腿部患者的康复状况进行评测的方法及助行机器人

(57) 摘要

本发明涉及移动助行设备技术领域,尤其涉及一种对腿部患者的康复状况进行评测的方法及助行机器人,该方法包括:采用第一激光传感器和第二激光传感器对腿部患者的左腿和右腿的标记点进行扫描,获得每个标记点的坐标;基于多个标记点的坐标,建立腿部患者行走的矢状面;基于矢状面,获得腿部患者的步态数据,步态数据包括:步长、跨步长、步宽、单步时间、步速、步频、行走对称性、相邻步长比、双腿摆动相和支撑相的占比;基于多个标记点的坐标,获得腿部患者的人体运动意图;对腿部患者的步态数据和人体运动意图进行加权评测,获得对所述腿部患

者的康复状况的评测结果,进而提高了评测准确性。



CN 111967366 B

[接上页]

(56) 对比文件

朱见平. 人体下肢助力外骨骼机器人设计与实验研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库》.2019,

Shiinki Itadera et al.Coordinated movement algorithm for accompanying cane robot.《2016 International Symposium on

Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS)》.2019,

Shihao Yan et al.Model Predictive Control for Human Following Rehabilitation Robot.《2019 IEEE International Conference on Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO)》.2019,

1. 一种对腿部患者的康复状况进行评测的方法,应用于助行机器人中,所述助行机器人上设置有第一激光传感器和第二激光传感器,所述第一激光传感器位于所述第二激光传感器上方,其特征在于,包括:

采用所述第一激光传感器和所述第二激光传感器对所述腿部患者的左腿和右腿的标记点进行扫描,获得每个标记点的坐标;

基于多个标记点的坐标,建立所述腿部患者行走的矢状面;

基于所述矢状面,获得所述腿部患者的步态数据,所述步态数据包括:步长、跨步长、步宽、单步时间、步速、步频、行走对称性、相邻步长比、双腿摆动相和支撑相的占比;

基于所述多个标记点的坐标,将人腿坐标进行转换和滤波技术估计获得所述腿部患者的人体运动意图,即腿部患者的位姿信息;

对所述腿部患者的步态数据和人体运动意图进行加权评测,获得对所述腿部患者的康复状况的评测结果;

所述基于多个标记点的坐标,建立所述腿部患者行走的矢状面,包括:

基于所述腿部患者的左腿的第一标记点的第一坐标和第二标记点的第二坐标,获得第三标记点的第三坐标;

基于所述腿部患者的右腿的第四标记点的第四坐标和第五标记点的第五坐标,获得第六标记点的第六坐标;

基于所述第一坐标至所述第六坐标,建立所述腿部患者行走的矢状面。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,在所述采用所述第一激光传感器和所述第二激光传感器对所述腿部患者的左腿和右腿的标记点进行扫描,获得每个标记点的坐标之前,还包括:

基于正常人行走数据,获得步态分类训练集;

采用主成分分析法对所述步态分类训练集中的数据进行分析,获得正常人行走的阈值限。

3. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,在获得所述腿部患者的人体运动意图之后,还包括:

基于所述步态数据和所述人体运动意图,获得行走相关统计量;

将所述行走相关统计量与所述正常人行走阈值限进行比较;

在所述行走相关统计量大于或等于所述正常人行走阈值限时,确定所述腿部患者有跌倒趋势;

在所述行走相关统计量小于所述正常人行走阈值限时,确定所述腿部患者步态正常。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,在所述确定所述腿部患者有跌倒趋势之后,还包括:

生成控制信号,控制所述助行机器人采取跌倒防护措施。

5. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,在确定所述腿部患者步态正常之后,还包括:

基于所述腿部患者的人体运动意图、所述助行机器人与所述腿部患者之间的固定位姿差,获得所述助行机器人与所述腿部患者保持固定相对位姿的期望位姿;

基于所述期望位姿,控制所述助行机器人进行运动,使得所述助行机器人与所述腿部患者保持所述固定相对位姿。

6. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述基于所述步态数据和所述人体运动意图,获得行走相关统计量,包括:

基于所述步态数据和所述人体运动意图,采用主成分分析法和SVM方法对所述腿部患者的步态数据进行分析,按照如下公式,获得所述行走相关统计量:

$$T^2 = \overline{D}_h P \Lambda^{-1} P^T \overline{D}_h$$

其中, T^2 为所述行走相关统计量, D_h 为所述步态数据和所述人体运动意图的统称, \overline{D}_h 为 D_h 的主元子空间, Λ 为 \overline{D}_h 的特征矩阵, P 为负载矩阵。

7. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述基于所述第一坐标至第六坐标,建立所述腿部患者行走的矢状面,包括:

将所述第一标记点与所述第四标记点连线,获得第一线段;

将所述第二标记点与所述第五标记点连线,获得第二线段;

将所述第三标记点与所述第六标记点连线,获得第三线段;

获得所述第一线段的第一中点、所述第二线段的第二中点、第三线段的第三中点;

基于所述第一激光传感器和所述第二激光传感器对所述腿部患者的左腿和右腿进行扫描,获得所述腿部患者的行走速度方向向量;

基于所述腿部患者的行走速度方向向量以及所述第一中点、所述第二中点、所述第三中点两两构成的向量,获得目标向量;

基于所述目标向量,建立所述腿部患者行走的矢状面,所述目标向量为所述矢状面的法向量。

8. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,在采用所述第一激光传感器和所述第二激光传感器对所述腿部患者的左腿和右腿的标记点进行扫描,获得每个标记点的坐标之前,还包括:

通过所述第一激光传感器和所述第二激光传感器对待测物上的多个检测点进行扫描,获得所述多个检测点的坐标;

基于所述多个检测点的坐标,判断所述多个检测点是否满足人腿的特征信息;

在满足人腿的特征信息时,执行采用所述第一激光传感器和所述第二激光传感器对所述腿部患者的左腿和右腿的标记点进行扫描,获得每个标记点的坐标的步骤;

在不满足所述人腿的特征信息时,继续通过所述第一激光传感器和所述第二激光传感器对待测物上的多个检测点进行扫描。

9. 一种助行机器人,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,其特征在于,所述处理器执行所述程序时实现如权利要求1-8中任一权利要求所述的方法步骤。

一种对腿部患者的康复状况进行评测的方法及助行机器人

技术领域

[0001] 本发明涉及移动助行设备技术领域,尤其涉及一种对腿部患者的康复状况进行评测的方法及助行机器人。

背景技术

[0002] 现有对老年人或者步态障碍患者的运动功能进行评估时,可以通过人工评估方法或者基于传感器设备评估。

[0003] 人工评估方法是医护人员根据康复评定量表对被监护者的行走过程或者行走录像进行分析和打分,因此,人工评估方法具有主观性,且由于是短时间行为的观察易导致分析结果不准确,因此,人工评估方法不能满足养老监护、慢性病监护中对实时监护分析的需求。

[0004] 现有的基于传感器设备评估采用三维视觉捕捉系统、Kinect、测力平台、惯性测量单元等典型的步态分析的传感器设备,能够提供高精度测量结果,但是,该惯性测量单元需要用户穿戴大量的惯性测量单元给个人日常活动带来不便和不适,其他设备在个人日常活动和环境中监视人体运动时并不方便。

[0005] 因此,如何采用简便的设备对腿部患者的运动功能进行准确评估,是目前亟待解决的技术问题。

发明内容

[0006] 鉴于上述问题,提出了本发明以便提供一种克服上述问题或者至少部分地解决上述问题的对腿部患者的康复状况进行评测的方法及助行机器人。

[0007] 第一方面,本发明提供了一种对腿部患者的康复状况进行评测的方法,应用于助行机器人中,所述助行机器人上设置有第一激光传感器和第二激光传感器,所述第一激光传感器位于所述第二激光传感器上方,包括:

[0008] 采用所述第一激光传感器和所述第二激光传感器对所述腿部患者的左腿和右腿的标记点进行扫描,获得每个标记点的坐标;

[0009] 基于多个标记点的坐标,建立所述腿部患者行走的矢状面;

[0010] 基于所述矢状面,获得所述腿部患者的步态数据,所述步态数据包括:步长、跨步长、步宽、单步时间、步速、步频、行走对称性、相邻步长比、双腿摆动相和支撑相的占比;

[0011] 基于所述多个标记点的坐标,获得所述腿部患者的人体运动意图;

[0012] 对所述腿部患者的步态数据和人体运动意图进行加权评测,获得对所述腿部患者的康复状况的评测结果。

[0013] 进一步地,在所述采用所述第一激光传感器和所述第二激光传感器对所述腿部患者的左腿和右腿的标记点进行扫描,获得每个标记点的坐标之前,还包括:

[0014] 基于正常人行走数据,获得步态分类训练集;

[0015] 采用主成分分析法对所述步态分类训练集中的数据进行分析,获得正常人行走的

阈值限。

[0016] 进一步地,在获得所述腿部患者的人体运动意图之后,还包括:

[0017] 基于所述步态数据和所述人体运动意图,获得行走相关统计量;

[0018] 将所述行走相关统计量与所述正常人行走阈值限进行比较;

[0019] 在所述行走相关统计量大于或等于所述正常人行走阈值限时,确定所述腿部患者有跌倒趋势;

[0020] 在所述行走相关统计量小于所述正常人行走阈值限时,确定所述腿部患者步态正常。

[0021] 进一步地,在所述确定所述腿部患者有跌倒趋势之后,还包括:

[0022] 生成控制信号,控制所述助行机器人采取跌倒防护措施。

[0023] 进一步地,在确定所述腿部患者步态正常之后,还包括:

[0024] 基于所述腿部患者的人体运动意图、所述助行机器人与所述腿部患者之间的固定位姿差,获得所述助行机器人与所述腿部患者保持固定相对位姿的期望位姿;

[0025] 基于所述期望位姿,控制所述助行机器人进行运动,使得所述助行机器人与所述腿部患者保持所述固定相对位姿。

[0026] 进一步地,所述基于所述步态数据和所述人体运动意图,获得行走相关统计量,包括:

[0027] 基于所述步态数据和所述人体运动意图,采用主成分分析法和SVM方法对所述腿部患者的步态数据进行分析,按照如下公式,获得所述行走相关统计量:

$$[0028] \quad T^2 = \bar{D}_h P \Lambda^{-1} P^T \bar{D}_h$$

[0029] 其中, T^2 为所述行走相关统计量, D_h 为所述步态数据和所述人体运动意图的统称, \bar{D}_h 为 D_h 的主元子空间, Λ 为 \bar{D}_h 的特征矩阵, P 为负载矩阵。

[0030] 进一步地,所述基于多个标记点的坐标,建立所述腿部患者行走的矢状面,包括:

[0031] 基于所述腿部患者的左腿的第一标记点的第一坐标和第二标记点的第二坐标,获得第三标记点的第三坐标;

[0032] 基于所述腿部患者的右腿的第四标记点的第四坐标和第五标记点的第五坐标,获得第六标记点的第六坐标;

[0033] 基于所述第一坐标至所述第六坐标,建立所述腿部患者行走的矢状面。

[0034] 进一步地,所述基于所述第一坐标至第六坐标,建立所述腿部患者行走的矢状面,包括:

[0035] 将所述第一标记点与所述第四标记点连线,获得第一线段;

[0036] 将所述第二标记点与所述第五标记点连线,获得第二线段;

[0037] 将所述第三标记点与所述第六标记点连线,获得第三线段;

[0038] 获得所述第一线段的第一中点、所述第二线段的第二中点、第三线段的第三中点;

[0039] 基于所述第一激光传感器和所述第二激光传感器对所述腿部患者的左腿和右腿进行扫描,获得所述腿部患者的行走速度方向向量;

[0040] 基于所述腿部患者的行走速度方向向量以及所述第一中点、所述第二中点、第三中点两两构成的向量,获得目标向量;

[0041] 基于所述目标向量,建立所述腿部患者行走的矢状面,所述目标向量为所述矢状面的法向量。

[0042] 进一步地,在采用所述第一激光传感器和所述第二激光传感器对所述腿部患者的左腿和右腿的标记点进行扫描,获得每个标记点的坐标之前,还包括:

[0043] 通过所述第一激光传感器和所述第二激光传感器对待测物上的多个检测点进行扫描,获得所述多个检测点的坐标;

[0044] 基于所述多个检测点的坐标,判断所述多个检测点是否满足人腿的特征信息;

[0045] 在满足人腿的特征信息时,执行采用所述第一激光传感器和所述第二激光传感器对所述腿部患者的左腿和右腿的标记点进行扫描,获得每个标记点的坐标的步骤;

[0046] 在不满足所述人腿的特征信息时,继续通过所述第一激光传感器和所述第二激光传感器对待测物上的多个检测点进行扫描。

[0047] 第二方面,本发明还提供了一种助行机器人,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述程序时实现上述的方法步骤。

[0048] 本发明实施例中的一个或多个技术方案,至少具有如下技术效果或优点:

[0049] 本发明提供的对腿部患者的康复状况进行评测的方法,包括:通过第一激光传感器和第二激光传感器对腿部患者的左腿和右腿的标记点进行扫描,获得每个标记点的坐标,基于这些坐标,构建矢状面,基于该矢状面,获得腿部患者的步态数据,基于这些坐标,获得腿部患者的人体运动意图,对该腿部患者的人体运动意图以及该步态数据进行加权评测,获得对腿部患者的康复状况的评测结果,进而提高了评测的准确性,同时仅依靠行走机器人上的两个激光传感器进行位置采样,不会给腿部患者带来负担,不会影响其正常行走的步态。

附图说明

[0050] 通过阅读下文优选实施方式的详细描述,各种其他的优点和益处对于本领域普通技术人员将变得清楚明了。附图仅用于示出优选实施方式的目的,而并不认为是对本发明的限制。而且在整个附图中,用相同的参考图形表示相同的部件。在附图中:

[0051] 图1示出了本发明实施例一中对腿部患者的康复状况进行评测的方法的步骤流程示意图;

[0052] 图2示出了本发明实施例一中采用第一激光传感器和第二激光传感器对标记点进行扫描,获得其坐标的示意图;

[0053] 图3示出了本发明实施例一中获得腿与地面接触点的坐标的示意图;

[0054] 图4示出了本发明实施例一中对腿部患者的康复状况进行评测的方法执行框图;

[0055] 图5示出了本发明实施例二中对腿部患者的康复状况进行评测的装置的结构示意图;

[0056] 图6示出了本发明实施例三中对腿部患者的康复状况进行评测的助行机器人的结构示意图。

具体实施方式

[0057] 下面将参照附图更详细地描述本公开的示例性实施例。虽然附图中显示了本公开

的示例性实施例,然而应当理解,可以以各种形式实现本公开而不应被这里阐述的实施例所限制。相反,提供这些实施例是为了能够更透彻地理解本公开,并且能够将本公开的范围完整的传达给本领域的技术人员。

[0058] 本发明的总体思路如下:

[0059] 本发明提供一种对腿部患者的康复状况进行评测的方法,应用在助行机器人中,该助行机器人上设置有第一激光传感器和第二激光传感器,该第一激光传感器位于第二激光传感器的上方,通过第一激光传感器和第二激光传感器对腿部患者的左右腿的标记点进行扫描,获得每个标记点的坐标,根据这些坐标,建立该腿部患者的矢状面,基于该矢状面,获得该腿部患者的步态数据,该步态数据包括:步长、跨步长、步宽、单步时间、步速、步频、行走对称性、相邻步长、左腿或右腿的支撑相和摆动相;基于这些坐标,获得该腿部患者的人体运动意图;将该腿部患者的人体运动意图和步态数据结合,对该腿部患者的康复状况进行加权评测,获得评测结果,进而提高了对腿部患者的康复状况评测的准确性。

[0060] 实施例一

[0061] 本发明提供一种对腿部患者的康复状况进行评测的方法,应用于助行机器人中,该助行机器人上设置有第一激光传感器和第二激光传感器,该第一激光传感器位于第二激光传感器上方,使得第一激光传感器扫描人体上方部位,第二激光传感器扫描人体下方部位,该助行机器人还包括微机控制器、24V可充电电池、全向移动底盘,该微机控制器用于对第一激光传感器和第二激光传感器获取的数据进行分析和处理,并基于处理结果,控制全向移动底盘进行移动。

[0062] 如图1所示,包括:

[0063] S101,采用第一激光传感器和第二激光传感器对腿部患者的左腿和右腿的标记点进行扫描,获得每个标记点的坐标。

[0064] S102,基于多个标记点的坐标,建立腿部患者行走的矢状面。

[0065] S103,基于矢状面,获得腿部患者的步态数据,该步态数据包括:步长、跨步长、步宽、单步时间、步速、步频、行走对称性、相邻步长比、左腿或右腿是支撑相还是摆动相。

[0066] S104,基于多个标记点的坐标,获得腿部患者的人体运动意图;

[0067] S105,对腿部患者的步态数据和人体运动意图进行加权评测,获得对腿部患者的康复状况的评测结果。

[0068] 本发明仅借助助行机器人上的两个激光传感器获取腿部患者的腿部标记点的坐标,通过对获取的坐标进行分析判断,对腿部患者的康复状况进行评测,不会使得该腿部患者携带过多的检测设备,进而不会影响腿部患者的正常发挥,同时,采用本发明中对获得的坐标进行分析和判断的过程,能够有效提高评测的准确性。

[0069] 在执行S101之前,还需要对待测物进行判断,判断是否是人腿,若不是人腿,则需重新通过激光传感器扫描判断,若是人腿,则可执行本发明中的方法步骤,因此,在S101之前,还包括:

[0070] 通过第一激光传感器和第二激光传感器对待测物(待测物不确定是否是人腿)上的多个检测点进行扫描,获得多个检测点的坐标;

[0071] 基于多个检测点的坐标,判断该多个检测点是否满足人腿的特征信息;

[0072] 在满足人腿的特征信息时,执行该S101;

[0073] 在不满足该人腿的特征信息时,继续通过该第一激光传感器和第二激光传感器对待测物上的多个检测点进行扫描。

[0074] 在具体的实施方式中,通过第一激光传感器和第二激光传感器获取的激光检测点的极坐标信息转化为世界坐标系中的坐标,并利用基于相邻点间距的支持向量描述方法区分环境信息和腿部患者的腿部信息的聚类 $C_i = \left\{ \left(X_{c(1, \dots, n_c(i))}^T, Y_{c(1, \dots, n_c(i))}^T \right) \right\}$ 。对该聚类信息进行判断,利用特征匹配的方法,判断该聚类中点连线的周长、深度、宽度是否满足人腿的特征信息,该人腿的特征信息是已存储的,若满足该人腿的特征信息,则执行S101,若不满足该人腿的特征信息,继续通过第一激光传感器和第二激光传感器对待测物上的多个检测点进行扫描。进而避免在扫描到不是人腿信息时就执行本发明的方案,而导致的失误。

[0075] 若在判断获得多个检测点满足人腿的特征信息时,执行S101,采用第一激光传感器和第二激光传感器对腿部患者的左腿和右腿的标记点进行扫描,获得每个标记点的坐标。

[0076] 具体地,以左腿为例,如图2所示,通过位于上层的第一激光传感器对第一标记点 L_1 进行扫描,获得该第一标记点的坐标 $L_1(x_{11}, y_{11}, z_{11})$; 通过位于下层的第二激光传感器对第二标记点 L_2 进行扫描,获得该第二标记点的坐标 $L_2(x_{12}, y_{12}, z_{12})$ 。同理,对于右腿来说,获得第四标记点的坐标 $R_1(x_{r1}, y_{r1}, z_{r1})$ 和第五标记点的坐标 $R_2(x_{r2}, y_{r2}, z_{r2})$ 。

[0077] 然后,执行S102,基于多个标记点的坐标,建立腿部患者行走的矢状面。

[0078] 该S102,包括:基于该腿部患者的左腿的第一标记点的第一坐标和第二标记点的第二坐标,获得第三标记点的第三坐标;

[0079] 基于该腿部患者的右腿的第四标记点的第四坐标和第五标记点的第五坐标,获得第六标记点的第六坐标;

[0080] 基于该第一坐标至第六坐标,建立腿部患者行走的矢状面。

[0081] 在具体的实施方式中,在获得上述第一标记点的第一坐标、第二标记点的第二坐标、第四标记点的第四坐标、第五标记点的第五坐标之后;对于左腿来说,获得左腿与地面接触点的坐标,即该第三标记点 L_3 的第三坐标 $L_3(x_{13}, y_{13}, z_{13})$; 对于右腿来说,获得右腿与地面接触点的坐标,即第六标记点 R_3 的第六坐标 $R_3(x_{r3}, y_{r3}, z_{r3})$ 。

[0082] 具体地,如图3所示,由于 L_1 、 L_2 、 L_3 三个标记点均位于一条直线上,因此:

$$[0083] \quad \frac{x_{13} - x_{11}}{x_{12} - x_{11}} = \frac{y_{13} - y_{11}}{y_{12} - y_{11}} = \frac{z_{13} - z_{11}}{z_{12} - z_{11}}$$

[0084] 由于 L_3 为左腿与地面的接触点,因此, $z_{13} = 0$, 得到:

$$[0085] \quad x_{13} = x_{11} - \frac{(x_{12} - x_{11})z_{11}}{z_{12} - z_{11}};$$

$$[0086] \quad y_{13} = y_{11} - \frac{(y_{12} - y_{11})z_{11}}{z_{12} - z_{11}}$$

[0087] 同理,得到右腿与地面接触点 R_3 的坐标 $R_3(x_{r3}, y_{r3}, z_{r3})$ 。

[0088] 基于上述的多个标记点的坐标,获得 S_1 、 S_2 、 S_3 。

[0089] 具体地,建立腿部患者行走的矢状面,并获得矢状面的方向向量,包括:

[0090] 将第一标记点与第四标记点连线,获得第一线段;

[0091] 将第二标记点与第五标记点连线,获得第二线段;

[0092] 将第三标记点与第六标记点连线,获得第三线段;

[0093] 获得第一线段的第一中点 S_1 ,第二线段的第二中点 S_2 ,第三线段的第三中点 S_3 。

[0094] 基于第一激光传感器和第二激光传感器对腿部患者的左腿和右腿进行扫描,获得腿部患者的行走速度方向向量 V_{ec} ;

[0095] 基于腿部患者的行走速度方向向量以及第一中点、第二中点、第三中点两两构成的向量,获得目标向量;

[0096] 基于该目标向量,建立腿部患者行走的矢状面,该目标向量为矢状面的法向量。

[0097] 其中,该腿部患者的行走速度方向向量 V_{ec} 和矢状面平行,以及该矢状面上的点 S_1 、 S_2 、 S_3 构成的向量与矢状面的法向量分别垂直,该矢状面S的法向量为 \vec{n} 。矢状面的前向延伸的方向向量为行走速度方向向量 V_{ec} 。

[0098] 得到 $\vec{n} \perp \overline{S_1S_2}$, $\vec{n} \perp \overline{S_2S_3}$, $\vec{n} \perp V_{ec}$;

[0099] 在获得该矢状面之后,执行S103,基于该矢状面以及方向向量,获得腿部患者的步态数据,该步态数据包括:步长、跨步长、步宽、单步时间、步速、步频、行走对称性、相邻步长比,左腿或右腿的是支撑相还是摆动相。

[0100] 步长是行走时左右足跟或者足尖先后着地时两点间的纵向直线距离,以cm为单位表示。左脚向前迈一步为左步长,右脚向前迈一步为右步长。

[0101] 正常人行走时左右两侧下肢步长和时间都基本相等,若左右步长不一致则是反应步态不对称性的敏感指标。比如,左脚向前迈一步,右脚随后向前跟进与左脚平行或者落后,而不是越过左脚,则右步长为零或者负值,则认为左右步长是不一致的。

[0102] 在该矢状面中,步长 L_{step} 为第三线段 L_3R_3 在方向向量 V_{ec} 上投影的局部最大值:

$$[0103] \quad L_{step} = \max \left(\frac{L_3R_3}{|V_{ec}|} \cdot V_{ec} \right)$$

[0104] 跨步长,指同一侧脚前后连续两次着地间的纵向直线距离,相当于左右两个步长相加,正常人跨步长约为100~160cm。

[0105] 该跨步长 $L_{stride} = L_{step1} + L_{step2}$

[0106] 其中, L_{step1} 和 L_{step2} 分别为连续的左右脚的步长。

[0107] 步宽 L_{width} 是指左右两脚间的横向距离,通常以脚跟中点为参考点。步宽是反映步态稳定性的指标,步宽越窄,步态的稳定性越差。因此,在该矢状面模型中,步宽的为 L_3R_3 在方向向量 V_{ec} 垂直方向上 V_{ec1} 的投影的局部最大值:

$$[0108] \quad L_{width} = \max \left(\frac{L_3R_3}{|V_{ec1}|} \cdot V_{ec1} \right)$$

[0109] 步速 v 为单位时间内行走的距离,以m/s表示,正常人平均自然步速约为1.2m/s左右,步速 v 计算式如下:

$$[0110] \quad v = \frac{L_{step}}{T_{step}}$$

[0111] 步频 f 为单位时间内行走的步数,以steps/min表示。正常人平均自然步频约为95~125steps/min。

[0112] 行走对称性 I 用于评价步态的对称性。在某些病理情况下,这种步态的对称性会发生改变,比如,偏瘫患者因患侧下肢不能有效负荷体重,害怕摔倒,因此,急于要将身体的重量转移到健侧,此时,患侧下肢站立相时间缩短,而健侧站立相时间则明显延长,在行走中表现为步态不对称。行走对称性 I 的计算式如下:

$$[0113] \quad I = \frac{x_R - x_L}{0.5(x_R + x_L)} \times 100\%$$

[0114] 其中, x_R 为右腿速度数据, x_L 为左腿速度数据。

[0115] 若 $I=0$ 表示行走完全对称,大于0或者小于0都表示相应侧有优势,则对应的另一侧为患侧。

[0116] 相邻步长比 H 用于评估步态是否发生突变,因此,相邻步长比 H 的计算式为:

$$[0117] \quad H = \frac{L_{step2}}{L_{step1}} \times 100\%$$

[0118] 其中, L_{step1} 和 L_{step2} 分别为连续的左右脚的步长。

[0119] 支撑相和摆动相是指同侧站立相和迈步相各占时间的百分比 η ,站立相各个分期所占步行周期时间百分比,在自然速度行走过程中,站立相时间约占步行周期的60%,迈步相约占步行周期40%,正常行走过程中双腿支撑相和摆动相时间是相等的,在行走中表现为步态的对称性。

[0120] 利用该矢状面及其方向向量,对支撑相和摆动相进行判断,根据 L_3 和 R_3 的坐标是否发生变化来判断左右脚是否是在摆动,从而判断左右脚处于支撑相还是摆动相。

[0121] 在获得腿部患者的步态数据之后,执行S104,基于多个标记点的坐标,获得腿部患者的人体运动意图。

[0122] 在具体的实施方式中,基于两个激光传感器获取人腿坐标信息、将该人腿坐标进行转换和滤波技术估计得到世界坐标系中的人体运动意图,即腿部患者的位姿等信息 $X_h = [x_h, y_h, \theta_h]$,其中 x_h 是人体在世界坐标系中X方向上的位置, y_h 是人体在世界坐标系中Y方向上的位置, θ_h 是人体朝向在世界坐标系中的角度。

[0123] 在获得腿部患者的人体运动意图之后,执行S105,对所述腿部患者的步态数据和人体运动意图进行加权评测,获得对该腿部患者的康复状况的评测结果。

[0124] 获得的腿部患者的人体运动意图和步态数据统称为步态信息数据 $D_h, D_h = [L_{step}, L_{stride}, L_{width}, T_{step}, \eta, I, H, \eta, X_h]$ 。

[0125] 基于该步态数据和人体运动意图,通过对每一种步态信息数据分配权重,比如,针对偏瘫患者,对其行走对称性 I 的权重分配较大。对老年人(步行不是很方便的老年人),对其支撑相和摆动相的权重分配较大。由此,根据各个步态信息数据的值与其权重的乘积的总和,得到对该腿部患者的康复状况的评测结果。根据评测结果,确定该腿部患者的康复状况。

[0126] 在一种可选的实施方式中,在S101之前,还包括:基于正常人行走数据,获得步态分类训练集。

[0127] 采用主成分分析法(PCA)对步态分类训练集中的数据进行分析,获得正常人行走

的阈值限。

[0128] 具体地,助行机器人在使用前,需要进行相关坐标系的初始化以及步态分类训练集的初始化,由此,获得该助行机器人的初始世界坐标系位姿。

[0129] 该步态分类训练集T由正常人行走数据组成,这些数据中包括了步长、跨步长、步宽、单步时间、步速、步频、行走对称性,相邻步长比等等,并基于该正常人行走数据,即得到

的步态分类训练集,采用PCA方法求出正常人行走的阈值限 $T_{th}^2 = \frac{k(m^2 - 1)}{m(m - k)} F_{k, m-k, \alpha}$; 其中,

$F_{k, m-k, \alpha}$ 是该步态分类训练集T中数据统计量 T^2 的 α 置信度、k自由度和m-k情形下的F分布。

[0130] 在获得腿部患者的人体运动意图之后,还包括:

[0131] 基于步态数据和人体运动意图,获得行走相关统计量;

[0132] 将行走相关统计量与正常人行走阈值限进行比较;

[0133] 在所述行走相关统计量大于或等于所述正常人行走阈值限时,确定所述腿部患者有跌倒趋势;

[0134] 在所述行走相关统计量小于所述正常人行走阈值限时,确定所述腿部患者步态正常。

[0135] 其中,基于步态数据和人体运动意图,获得行走相关统计量,包括:

[0136] 基于所述步态数据和所述人体运动意图,采用主成分分析法和SVM方法对腿部患者的步态数据进行分析,按照如下公式,获得所述行走相关统计量:

$$[0137] \quad T^2 = \bar{D}_h P \Lambda^{-1} P^T \bar{D}_h$$

[0138] 其中, T^2 为所述行走相关统计量, D_h 为步态数据和人体运动意图的统称, \bar{D}_h 为 D_h 的主元子空间, Λ 为 \bar{D}_h 的特征矩阵,P为负载矩阵。

[0139] 在具体的实施方式中,具体是采用PCA方法和SVM方法对腿部患者的步态信息数据 D_h (包括步态数据和人体运动意图)进行分析和分类,从而获得行走相关统计量 T^2 。

[0140] 在获得该行走相关统计量 T^2 之后,将该行走相关统计量 T^2 与正常人行走阈值限 T_{th}^2 进行比较,若 $T^2 \geq T_{th}^2$,则说明腿部患者具有跌倒趋势,此时,通过生成控制信号,控制该助行机器人采取跌倒防护措施,比如,控制助行机器人在该腿部患者跌倒的方向进行底部固定,以起到支撑腿部患者目的。

[0141] 具体地,通过由助行机器人的微机控制器生成该控制信号,然后,通过串口通信输入到控制板以执行跌倒防护措施。

[0142] 若 $T^2 < T_{th}^2$,说明该腿部患者步态正常,此时,基于该腿部患者的人体运动意图、助行机器人与该腿部患者之间的固定位姿差,获得该助行机器人与腿部患者保持固定相对位姿的期望位姿;然后,基于该期望位姿,控制助行机器人进行运动,使得助行机器人与该腿部患者保持固定相对位姿,以帮扶腿部患者能够顺利行走。

[0143] 具体地,按照如下公式,获得助行机器人与腿部患者保持固定相对位姿的期望位姿:

$$[0144] \quad q_{rd} = X_h + E_{following}$$

[0145] $E_{following}$ 为助行机器人与腿部患者之间的固定位姿差,该固定位姿差可根据不同腿部患者的习惯来设置,比如说根据用户是左腿不便还是右腿不便,设置助行机器人是跟

随在用户的左边还是右边,具体是设置助行机器人与腿部患者的前后距离,左右距离以及朝向角度等等。目的是为了使得助行机器人能够稳定跟随用户行走,与用户保持相对稳定,从而获得较准确的行走数据。

[0146] 如图4所示,为本发明执行的流程框图。

[0147] S401,对助行机器人进行初始化坐标信息和获得步态训练集;

[0148] 接着,执行S402,该助行机器人获取相关的空间坐标信息;在信息获取完成之后,则执行S403,采用两个激光传感器采集人腿部信息;若没有获取完成,则依旧执行S402。

[0149] 对采集到的人腿部信息进行判断,在确定采集到人腿部信息时,执行S404,对人腿进行建模,即获得建立的矢状面以及该矢状面的方向向量。

[0150] 接着,执行S405,基于该建模,采用滤波估计得到人体运动意图,同时,S406,基于建模,计算步态数据,S407,基于步态数据,依据机器学习方法对步态数据进行分类。

[0151] 然后,基于该人体运动意图和对步态数据的分类,执行S408,判断该腿部患者是否有跌倒趋势,若有,执行S409,控制助行机器人执行跌倒防护。

[0152] 若否,执行S410,计算助行机器人保持固定相对位姿的期望位姿,接着,执行S411,控制助行机器人保持固定相对位姿跟随,确保该腿部患者正常行走,最后,执行S412,根据在正常行走过程中获得的步态数据和人体运动意图,输出步态分析和康复评测结果。

[0153] 本发明实施例中的一个或多个技术方案,至少具有如下技术效果或优点:

[0154] 本发明提供的对腿部患者的康复状况进行评测的方法,包括:通过第一激光传感器和第二激光传感器对腿部患者的左腿和右腿的标记点进行扫描,获得每个标记点的坐标,基于这些坐标,构建矢状面,并获得矢状面的方向,基于该矢状面,获得腿部患者的步态数据,基于这些坐标,获得腿部患者的人体运动意图,对该腿部患者的人体运动意图以及该步态数据进行加权评测,获得对腿部患者的康复状况的评测结果,进而提高了评测的准确性,同时仅依靠行走机器人上的两个激光传感器进行位置采样,不会给腿部患者带来负担,不会影响其正常行走的步态。

[0155] 实施例二

[0156] 基于相同的发明构思,本发明提供了一种对腿部患者的康复状况进行评测的装置,应用于助行机器人中,所述助行机器人上设置有第一激光传感器和第二激光传感器,所述第一激光传感器位于所述第二激光传感器上方,如图5所示,包括:

[0157] 扫描模块501,用于采用所述第一激光传感器和所述第二激光传感器对所述腿部患者的左腿和右腿的标记点进行扫描,获得每个标记点的坐标;

[0158] 建立矢状面模块502,用于基于多个标记点的坐标,建立所述腿部患者行走的矢状面;

[0159] 步态数据获得模块503,用于基于所述矢状面以及所述方向向量,获得所述腿部患者的步态数据,所述步态数据包括:步长、跨步长、步宽、单步时间、步速、步频、行走对称性、相邻步长比、双腿摆动相和支撑相的占比;

[0160] 人体运动意图获得模块504,用于基于所述多个标记点的坐标,获得所述腿部患者的人体运动意图;

[0161] 评测结果获得模块505,用于对所述腿部患者的步态数据和人体运动意图进行加权评测,获得对所述腿部患者的康复状况的评测结果。

[0162] 在一种可选的实施方式中,还包括:

[0163] 步态分类训练集获得模块,用于基于正常人行走数据,获得步态分类训练集;

[0164] 阈值限获得模块,用于采用主成分分析法对所述步态分类训练集中的数据进行分析,获得正常人行走的阈值限。

[0165] 在一种可选的实施方式中,还包括:

[0166] 行走相关统计量模块,用于在获得所述腿部患者的人体运动意图之后,基于所述步态数据和所述人体运动意图,获得行走相关统计量;

[0167] 比较模块,用于将所述行走相关统计量与所述正常人行走阈值限进行比较;

[0168] 第一确定模块,用于在所述行走相关统计量大于或等于所述正常人行走阈值限时,确定所述腿部患者有跌倒趋势;

[0169] 第二确定模块,用于在所述行走相关统计量小于所述正常人行走阈值限时,确定所述腿部患者步态正常。

[0170] 在一种可选的实施方式中,还包括:

[0171] 第一控制模块,用于在所述确定所述腿部患者有跌倒趋势之后,生成控制信号,控制所述助行机器人采取跌倒防护措施。

[0172] 在一种可选的实施方式中,还包括:

[0173] 期望位姿获得模块,用于在确定所述腿部患者步态正常之后,基于所述腿部患者的人体运动意图、所述助行机器人与所述腿部患者之间的固定位姿差,获得所述助行机器人与所述腿部患者保持固定相对位姿的期望位姿;

[0174] 第二控制模块,用于基于所述期望位姿,控制所述助行机器人进行运动,使得所述助行机器人与所述腿部患者保持所述固定相对位姿。

[0175] 在一种可选的实施方式中,行走相关统计量模块用于:

[0176] 基于所述步态数据和所述人体运动意图,采用主成分分析法和SVM方法对所述腿部患者的步态数据进行分析,按照如下公式,获得所述行走相关统计量:

$$[0177] \quad T^2 = \bar{D}_h P \Lambda^{-1} P^T \bar{D}_h$$

[0178] 其中, T^2 为所述行走相关统计量, D_h 为所述步态数据和所述人体运动意图的统称, \bar{D}_h 为 D_h 的主元子空间, Λ 为 \bar{D}_h 的特征矩阵, P 为负载矩阵。

[0179] 在一种可选的实施方式中,建立矢状面模块502,包括:

[0180] 第一获得单元,用于基于所述腿部患者的左腿的第一标记点的第一坐标和第二标记点的第二坐标,获得第三标记点的第三坐标;

[0181] 第二获得单元,用于基于所述腿部患者的右腿的第四标记点的第四坐标和第五标记点的第五坐标,获得第六标记点的第六坐标;

[0182] 建立单元,用于基于所述第一坐标至所述第六坐标,建立所述腿部患者行走的矢状面。

[0183] 在一种可选的实施方式中,所述建立单元,包括:

[0184] 第四获得单元,用于将所述第一标记点与所述第四标记点连线,获得第一线段;

[0185] 第五获得单元,用于将所述第二标记点与所述第五标记点连线,获得第二线段;

[0186] 第六获得单元,用于将所述第三标记点与所述第六标记点连线,获得第三线段;

[0187] 第七获得单元,用于获得所述第一线段的第一中点、所述第二线段的第二中点、第三线段的第三中点;

[0188] 方向向量获得单元,用于基于所述第一激光传感器和所述第二激光传感器对所述腿部患者的左腿和右腿进行扫描,获得所述腿部患者的行走速度方向向量;

[0189] 第八获得单元,用于基于所述腿部患者的行走速度方向向量以及所述第一中点、所述第二中点、所述第三中点两两构成的向量,获得目标向量;

[0190] 矢状面建立单元,用于基于所述目标向量,建立所述腿部患者行走的矢状面,所述目标向量为所述矢状面的法向量。

[0191] 在一种可选的实施方式中,还包括:

[0192] 检测点的坐标获得模块,用于在采用所述第一激光传感器和所述第二激光传感器对所述腿部患者的左腿和右腿的标记点进行扫描,获得每个标记点的坐标之前,通过所述第一激光传感器和所述第二激光传感器对待测物上的多个检测点进行扫描,获得所述多个检测点的坐标;

[0193] 判断模块,用于基于所述多个检测点的坐标,判断所述多个检测点是否满足人腿的特征信息;

[0194] 第一执行模块,用于在满足人腿的特征信息时,执行采用所述第一激光传感器和所述第二激光传感器对所述腿部患者的左腿和右腿的标记点进行扫描,获得每个标记点的坐标的步骤;

[0195] 第二执行模块,用于在不满足所述人腿的特征信息时,继续通过所述第一激光传感器和所述第二激光传感器对待测物上的多个检测点进行扫描。

[0196] 实施例三

[0197] 基于相同的发明构思,本发明第三实施例还提供了一种助行机器人,如图6所示,包括存储器604、处理器602及存储在存储器604上并可在处理器602上运行的计算机程序,所述处理器602执行所述程序时实现上述对腿部患者的康复状况进行评测的方法中的任一方法的步骤。

[0198] 其中,在图6中,总线架构(用总线600来代表),总线600可以包括任意数量的互联的总线和桥,总线600将包括由处理器602代表的一个或多个处理器和存储器604代表的存储器的各种电路链接在一起。总线600还可以将诸如外围设备、稳压器和功率管理电路等之类的各种其他电路链接在一起,这些都是本领域所公知的,因此,本文不再对其进行进一步描述。总线接口606在总线600和接收器601和发送器603之间提供接口。接收器601和发送器603可以是同一个元件,即收发机,提供用于在传输介质上与各种其他装置通信的单元。处理器602负责管理总线600和通常的处理,而存储器604可以被用于存储处理器602在执行操作时所使用的数据。

[0199] 实施例四

[0200] 基于相同的发明构思,本发明第四实施例还提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现前文所述对腿部患者的康复状况进行评测的方法中任一方法的步骤。

[0201] 在此提供的算法和显示不与任何特定计算机、虚拟系统或者其它设备固有相关。各种通用系统也可以与基于在此的示教一起使用。根据上面的描述,构造这类系统所要求

的结构是显而易见的。此外,本发明也不针对任何特定编程语言。应当明白,可以利用各种编程语言实现在此描述的本发明的内容,并且上面对特定语言所做的描述是为了披露本发明的最佳实施方式。

[0202] 在此处所提供的说明书中,说明了大量具体细节。然而,能够理解,本发明的实施例可以在没有这些具体细节的情况下实践。在一些实例中,并未详细示出公知的方法、结构和技术,以便不模糊对本说明书的理解。

[0203] 类似地,应当理解,为了精简本公开并帮助理解各个发明方面中的一个或多个,在上面对本发明的示例性实施例的描述中,本发明的各个特征有时被一起分组到单个实施例、图、或者对其的描述中。然而,并不应将该公开的方法解释成反映如下意图:即所要求保护的本发明要求比在每个权利要求中所明确记载的特征更多的特征。更确切地说,如下的权利要求书所反映的那样,发明方面在于少于前面公开的单个实施例的所有特征。因此,遵循具体实施方式的权利要求书由此明确地并入该具体实施方式,其中每个权利要求本身都作为本发明的单独实施例。

[0204] 本领域那些技术人员可以理解,可以对实施例中的设备中的模块进行自适应性地改变并且把它们设置在与该实施例不同的一个或多个设备中。可以把实施例中的模块或单元或组件组合成一个模块或单元或组件,以及此外可以把它们分成多个子模块或子单元或子组件。除了这样的特征和/或过程或者单元中的至少一些是相互排斥之外,可以采用任何组合对本说明书(包括伴随的权利要求、摘要和附图)中公开的所有特征以及如此公开的任何方法或者设备的所有过程或单元进行组合。除非另外明确陈述,本说明书(包括伴随的权利要求、摘要和附图)中公开的每个特征可以由提供相同、等同或相似目的的替代特征来代替。

[0205] 此外,本领域的技术人员能够理解,尽管在此的一些实施例包括其它实施例中所包括的某些特征而不是其它特征,但是不同实施例的特征的组合意味着处于本发明的范围之内并且形成不同的实施例。例如,在下面的权利要求书中,所要求保护的实施例的任意之一都可以以任意的组合方式来使用。

[0206] 本发明的各个部件实施例可以以硬件实现,或者以在一个或者多个处理器上运行的软件模块实现,或者以它们的组合实现。本领域的技术人员应当理解,可以在实践中使用微处理器或者数字信号处理器(DSP)来实现根据本发明实施例的对腿部患者的康复状况进行评测的装置、助行机器人中的一些或者全部部件的一些或者全部功能。本发明还可以实现为用于执行这里所描述的方法的一部分或者全部的设备或者装置程序(例如,计算机程序和计算机程序产品)。这样的实现本发明的程序可以存储在计算机可读介质上,或者可以具有一个或者多个信号的形式。这样的信号可以从因特网网站上下载得到,或者在载体信号上提供,或者以任何其他形式提供。

[0207] 应该注意的是上述实施例对本发明进行说明而不是对本发明进行限制,并且本领域技术人员在不脱离所附权利要求的范围的情况下可设计出替换实施例。在权利要求中,不应将位于括号之间的任何参考符号构造成对权利要求的限制。单词“包含”不排除存在未列在权利要求中的元件或步骤。位于元件之前的单词“一”或“一个”不排除存在多个这样的元件。本发明可以借助于包括有若干不同元件的硬件以及借助于适当编程的计算机来实现。在列举了若干装置的单元权利要求中,这些装置中的若干个可以是通过同一个硬件项

来具体体现。单词第一、第二、以及第三等的使用不表示任何顺序。可将这些单词解释为名称。

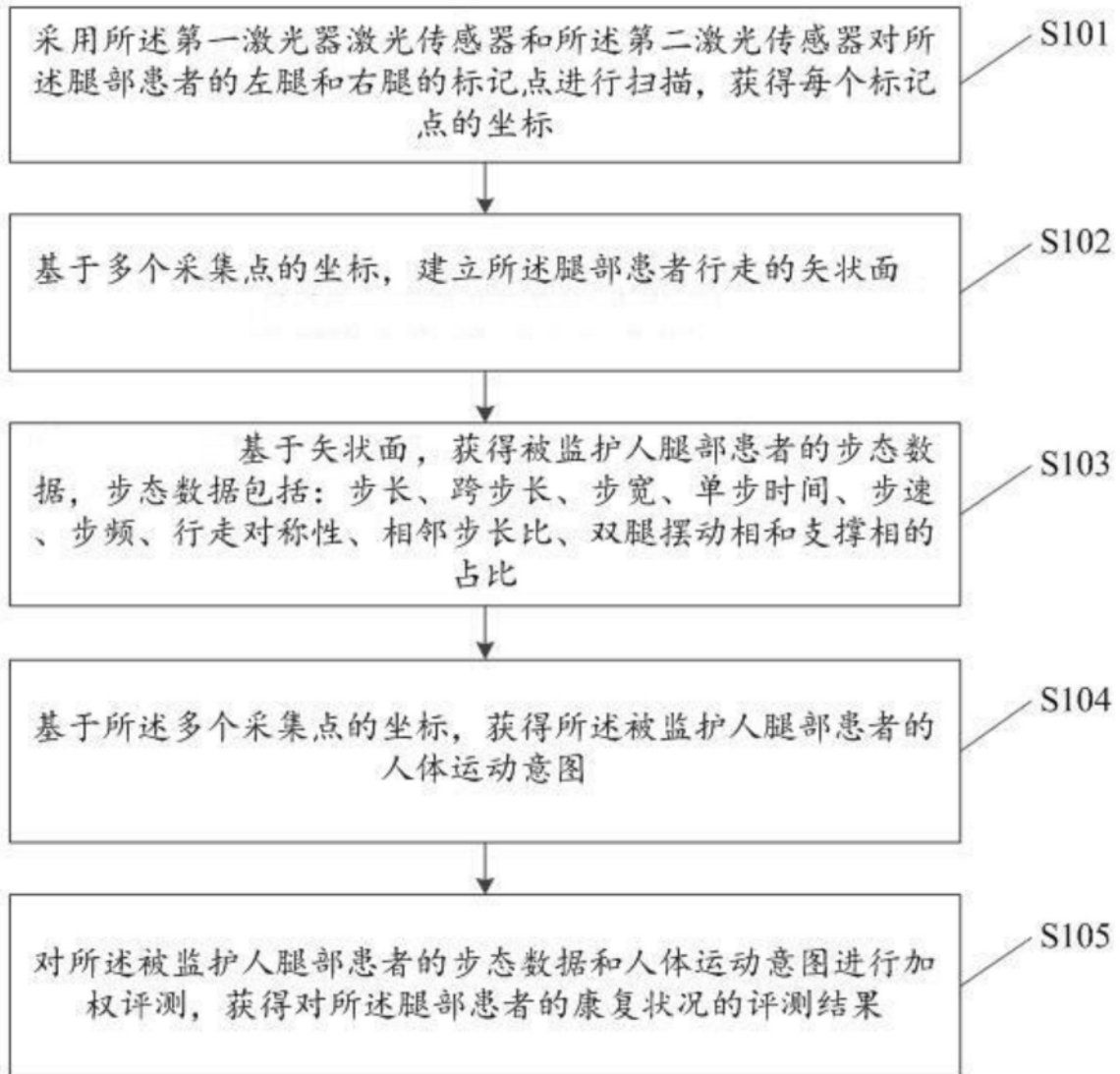


图1

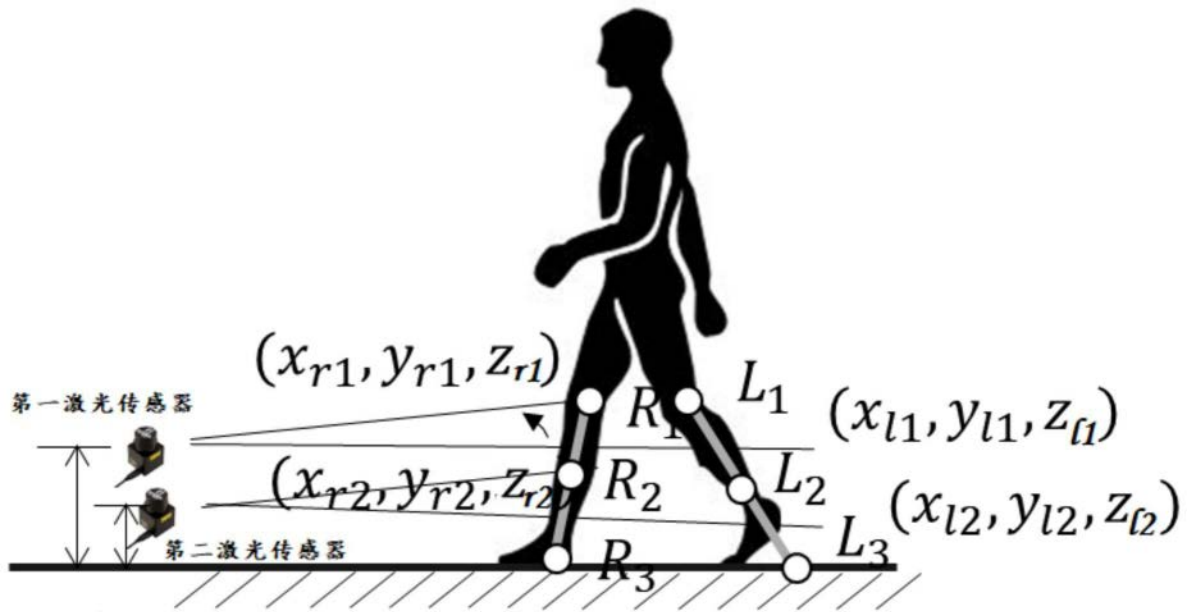


图2

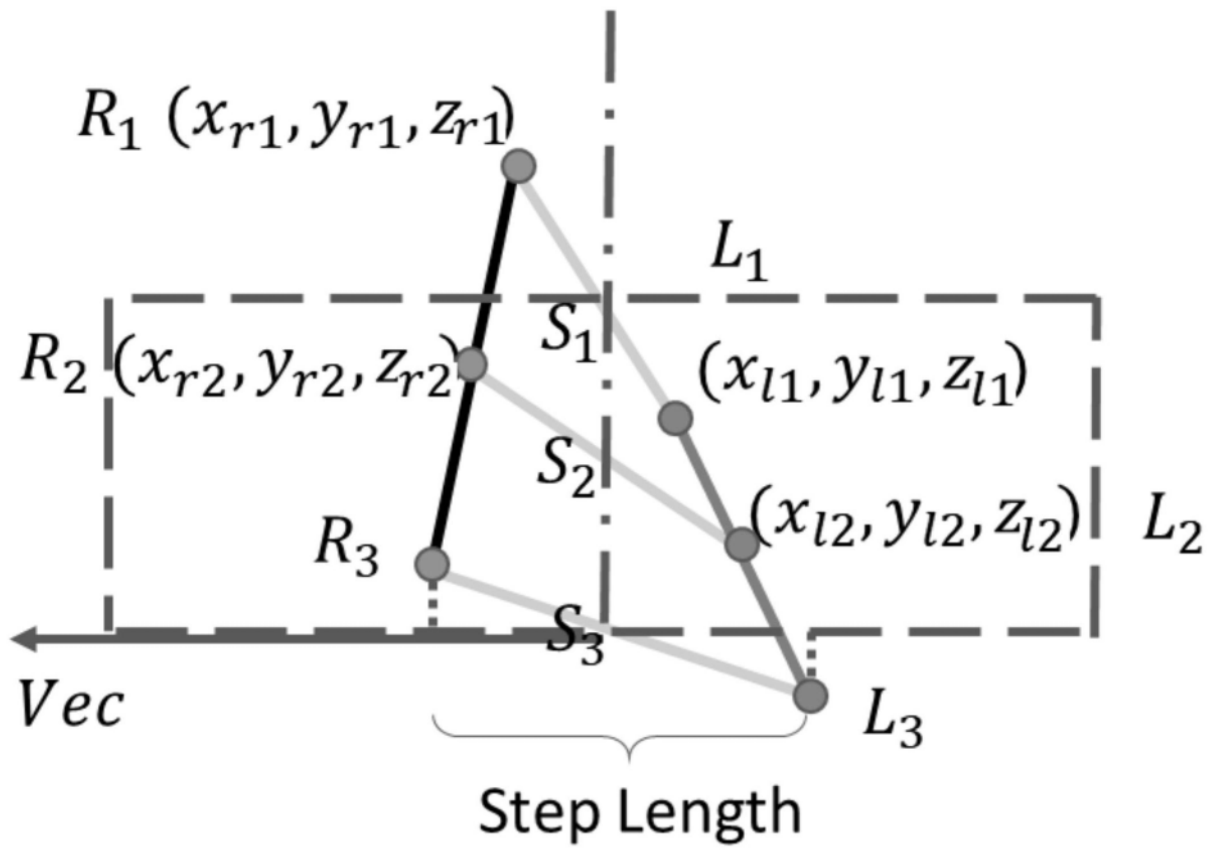


图3

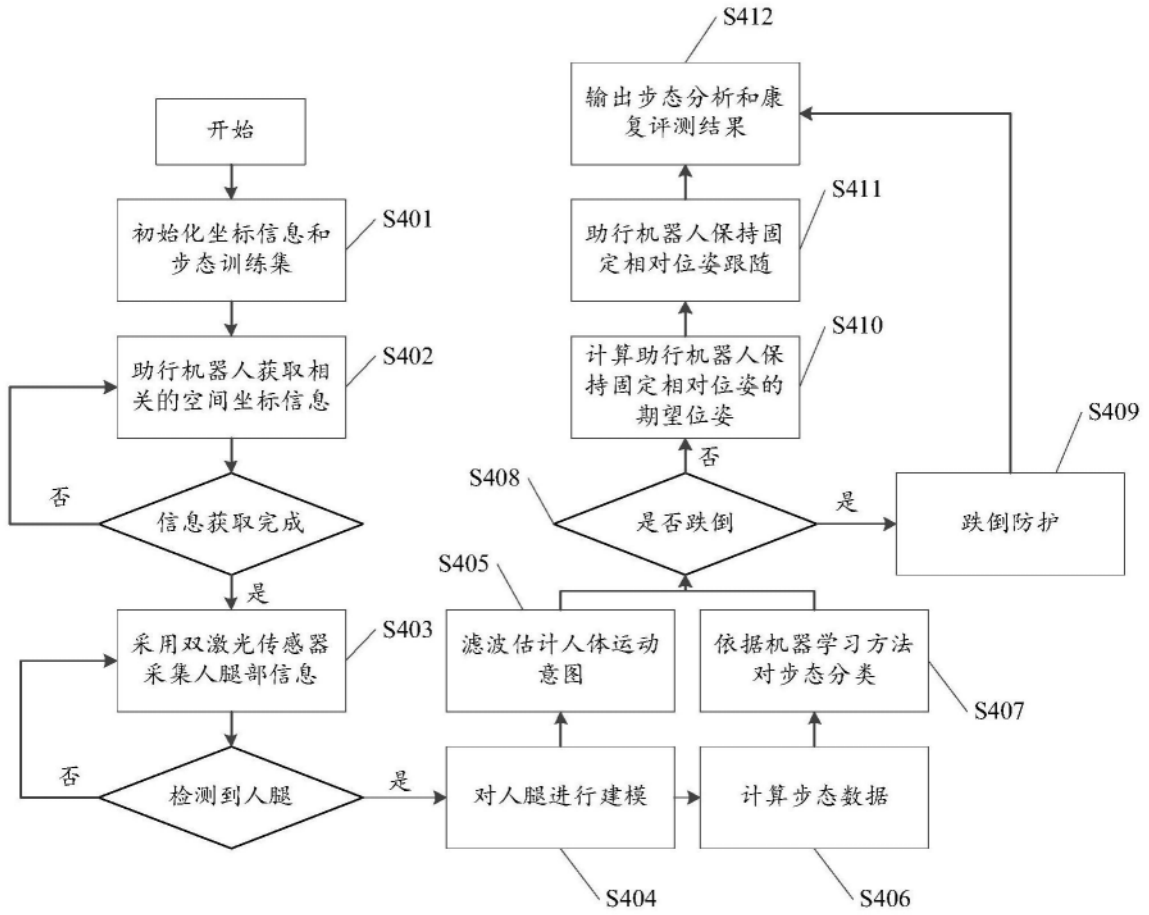


图4

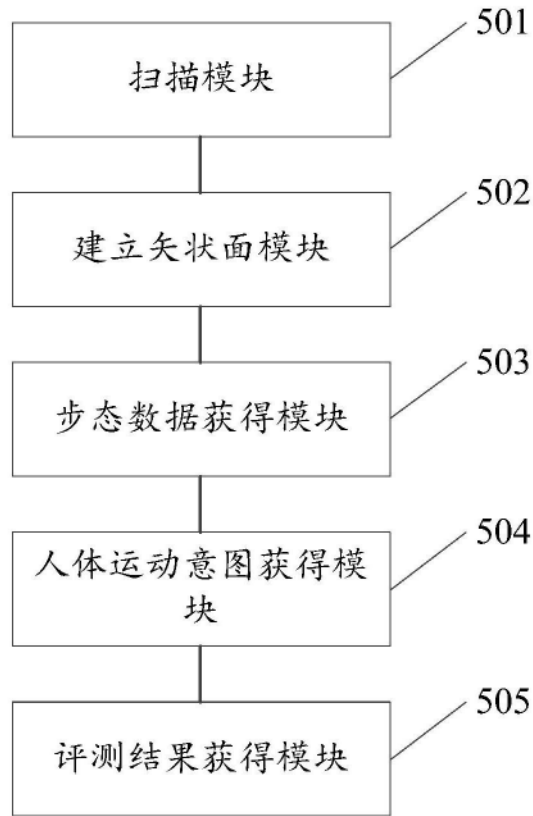


图5

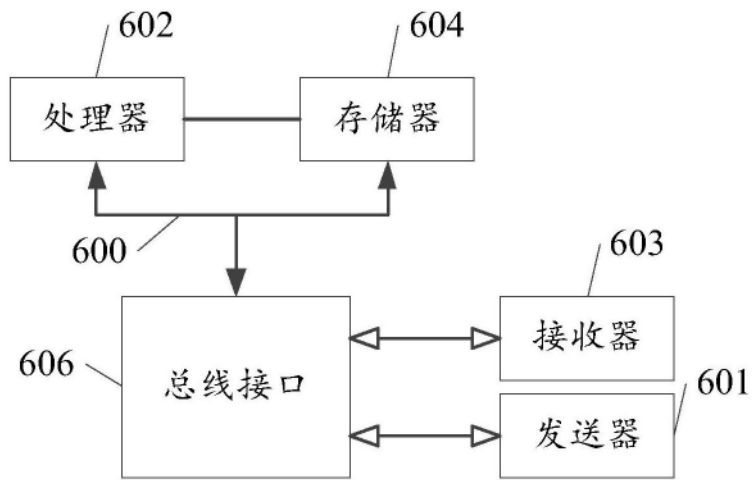


图6