



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102389359 A

(43) 申请公布日 2012. 03. 28

(21) 申请号 201110196558. 8

(22) 申请日 2011. 07. 14

(71) 申请人 北京工业大学

地址 100124 北京市朝阳区平乐园 100 号

(72) 发明人 李剑锋 吴希瑶 邓楚慧 肖博

张自强

(74) 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理

有限公司 11203

代理人 刘萍

(51) Int. Cl.

A61H 1/02 (2006. 01)

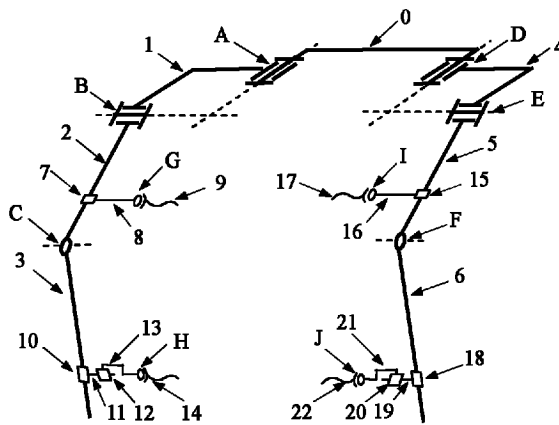
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种具有人-机运动相容性的下肢康复训练机器人机构

(57) 摘要

本发明涉及一种具有人-机运动相容性的下肢康复训练机器人机构,由外骨骼机构以及用于与人体下肢相连的连接关节和连接件构成。其中,外骨骼机构含有左、右两条对称布置的分支机构,两条分支机构均由腰部构件、上腿构件、下腿构件以及髋关节和膝关节组成。两条分支机构通过腰部连接构件联为一体,每条分支机构的上腿构件和下腿构件分别与人体单侧下肢的大腿和小腿通过连接关节及连接件相连,外骨骼机构以及全部的连接关节和连接件共同组成下肢康复训练机器人机构。本发明可导引人体下肢作较大幅度的左、右侧摆运动和前、后屈曲运动。此外还使穿戴后形成的人-机系统的运动相容性得到明显改善,能够提高下肢康复训练的安全性和有效性。



1. 一种具有人-机运动相容性的下肢康复训练机器人机构,包括:外骨骼机构以及用于与人体下肢相连接的连接关节和连接件;其特征在于:外骨骼机构含有两条构成相同,且左、右对称布置的分支机构,左、右两条分支机构通过腰部连接构件连接为一体;

左分支机构由腰部构件(1),上腿构件(2),下腿构件(3),单自由度转动关节(A),单自由度转动关节(B)和单自由度转动关节(C)组成;其中,转动关节(A)与转动关节(B)的回转轴彼此正交,构成左分支机构的两自由度髋关节;转动关节(C)为左分支机构的膝关节,其回转轴与关节(B)的回转轴相平行;右分支机构由腰部构件(4),上腿构件(5),下腿构件(6),单自由度转动关节(D),单自由度转动关节(E)和单自由度转动关节(F)组成;其中,转动关节(D)与转动关节(E)的回转轴彼此正交,构成右分支机构的两自由度髋关节;转动关节(F)为右分支机构的膝关节,其回转轴与关节(E)的回转轴相平行;

左分支机构中各构件之间的连接关系是:腰部构件(1)与上腿构件(2)通过转动关节(B)相连,上腿构件(2)与下腿构件(3)通过转动关节(C)相连;右分支机构中各构件之间的连接关系是:腰部构件(4)与上腿构件(5)通过转动关节(E)相连,上腿构件(5)与下腿构件(6)通过转动关节(F)相连;左、右两条分支机构分别通过腰部构件(1)、转动关节(A)以及腰部构件(4)、转动关节(D)在腰部联接构件(0)的两端与其连接为一体,由此构成具有六个转动自由度的外骨骼机构。

2. 根据权利要求(1)所述的具有人-机运动相容性的下肢康复训练机器人机构,其特征在于:外骨骼左分支机构的上腿构件(2)和下腿构件(3)分别与人体左下肢的大腿和小腿通过连接关节及连接件相连接;

上腿构件(2)与人体左下肢大腿之间的连接关节与连接件依次为沿上腿构件(2)杆长方向上移动的滑块(7)、与滑块(7)固联的杆件(8)、与杆件(8)固联的三自由度球副关节(G)以及与球副关节(G)固联的绑带(9);下腿构件(3)与人体左下肢小腿之间的连接关节与连接件依次为沿下腿构件(3)杆长方向上移动的滑块(10)、与滑块(10)固联的杆件(11)、沿杆件(11)杆长方向移动的滑块(12)、与滑块(12)固联的杆件(13)、与杆件(13)固联的三自由度球副关节(H)以及与球副关节(H)固联的绑带(14);外骨骼右分支机构的上腿构件(5)和下腿构件(6)分别与人体右下肢的大腿和小腿通过连接关节及连接件相连接;上腿构件(5)与人体右下肢大腿之间的连接关节与连接件依次为沿上腿构件(5)杆长方向上移动的滑块(15)、与滑块(15)固联的杆件(16)、与杆件(16)固联的三自由度球副关节(I)以及与球副关节(I)固联的绑带(17);下腿构件(6)与人体右下肢小腿之间的连接关节与连接件依次为沿下腿构件(6)杆长方向上移动的滑块(18)、与滑块(18)固联的杆件(19)、沿杆件(19)杆长方向移动的滑块(20)、与滑块(20)固联的杆件(21)、与杆件(21)固联的三自由度球副关节(J)以及与球副关节(J)固联的绑带(22);

或者杆件(11)与球副关节(H)、杆件(19)与球副关节(J)之间固联;

或球副关节(G)和球副关节(I)均退化为两自由度虎克铰关节;

或者球副关节(H)和球副关节(J)均退化为两自由度虎克铰关节;

或者球副关节(G)和球副关节(I),球副关节(H)和球副关节(J)均退化为两自由度虎克铰关节。

## 一种具有人-机运动相容性的下肢康复训练机器人机构

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种具有人-机运动相容性的下肢康复训练机器人机构,可以作为穿戴型下肢康复训练机器人系统的基本组成单元,用于对下肢偏瘫或下肢运动功能损伤的患者进行康复训练,以帮助患者恢复下肢运动功能和正常步态的重建。

### 背景技术

[0002] 减重步行训练是下肢康复医疗采用的主要方法,由吊带承受患者部分体重以减少下肢的负荷,并在医师帮助下借助于运动平板进行康复训练。训练过程中一般需要两名医师相互协调,一名医师帮助患者完成下肢摆动和足-板接触运动,另一名医师保持患者直立并帮助患者进行髋伸展。减重步行训练可以获得较为理想的下肢康复医疗效果,但在很大程度上取决于医师的临床经验。另外,减重步行训练还需要在特定环境中进行,训练过程中医师的工作强度大、占时较长、效率较低。由于专业人员的缺乏,很多患者只能选择自行训练,往往因方法不够科学或训练量不足导致康复效果不够理想。为弥补专业人员的不足,减轻医师工作强度并为患者提供及时有效的医疗服务。自上世纪九十年代以来,一些研究机构相继开展了穿戴型下肢康复训练机器人系统的研制工作。穿戴型下肢康复训练机器人系统可以显著降低医师的工作强度,并具有训练参数重复性好、训练指标可根据需要设定以及能够有效加快下肢康复进程等优点。

[0003] 穿戴型下肢康复训练机器人系统主要由减重装置、运动平板和下肢康复训练机器人等组成。下肢康复训练的过程是:患者穿戴下肢康复训练机器人机构并经吊带减重后,机器人机构根据预先规划的运动规律导引下肢协同运动进行康复训练。现有研制的有代表性的穿戴型下肢康复训练机器人系统主要有苏黎士 Balgrist 医学康复中心与 Hocoma 医疗器械公司研制的 LOKOMAT 系统,荷兰 Twente 大学生物医学工程研究所研制的 LOPES 系统和美国特拉华大学机械工程系统实验室研制的 ALEX 系统等。其中,已有部分穿戴型下肢康复训练机器人系统(如 LOKOMAT 系统)开始进入临床应用阶段。

[0004] 穿戴型下肢康复训练机器人系统是典型的人-机一体化系统,为保证康复训练过程中人-机系统的安全性,要求下肢康复训练机器人机构与人体下肢之间具有良好的运动相容性,以避免人-机之间在连接(穿戴)部位产生较强的相互作用以及由此导致的人-机运动干涉和安全问题。从现有下肢康复训练机器人机构的结构组成看,机器人机构的髋关节多采用单自由度转动关节(如 LOKOMAT 系统中的机器人机构)或两个单自由度转动关节(如 LOPES 系统中的机器人机构)通过高副低代来进行运动等效,膝关节均为单自由度转动关节,各关节轴线拟人体下肢对应关节的结构与运动功能进行分解布位。机器人机构中构件的尺度参数则根据人体下肢骨骼的比例和长度确定,或构件设计成可调节式以增强对人体下肢尺度的适应性。在人-机连接(穿戴)方式上,均采用机器人机构与人体下肢在大、小腿的中下部通过固联于机器人构件的绑带或穿戴件以紧致穿戴的形式相连接。

[0005] 根据人体解剖学,人体下肢骨骼的髋关节为如图 1 所示的三自由度球窝关节,膝关节为图 2 所示的单自由度滑车球状关节,膝关节在绕其自身轴线转动的同时还伴有轴

线的滑移运动。显然,现有下肢康复训练机器人机构与人体下肢在关节形式以及关节运动属性上是不同的,区别在于人体下肢髌关节的运动为绕球窝中心的三自由度转动,膝关节为单自由度滑车球状关节,膝关节在转动的同时其关节轴线还存在有滑移运动,而下肢康复训练机器人机构各关节的运动只能是绕其自身轴线的转动。当人体下肢与机器人机构在大、小腿的中下部穿戴连接(穿戴)后,人体下肢与机器人机构形成封闭的空间运动链。由于两者在关节形式及关节运动属性上的差异,容易出现运动学意义上的不相容现象,导致人-机之间在连接部位发生运动干涉与冲突。若人-机在大、小腿连接部位为无相对运动的紧致连接,仅由于两者在膝关节运动属性上的差异就可能导致人-机之间发生运动冲突,原因是人-机在大、小腿处连接后形成的局部闭链的理论自由度为零。如果允许在人-机连接部位处有很小的弹性变形(人体下肢连接部位的软组织弹性变形),则在康复训练过程中当人-机之间大、小腿的相对位形偏离到一定幅度时,因连接部位的弹性变形过大,也必然会出现运动干涉现象,导致康复训练难以进行或出现安全问题。因此,应该综合考虑下肢康复训练机器人机构与人体下肢在关节形式、关节运动属性上的差异以及人-机之间连接形式等对人-机系统运动相容性的影响,从人-机系统的整体角度出发进行下肢康复训练机器人机构的设计,以改善机器人机构与人体下肢之间的运动相容性,提高下肢康复训练的安全性和有效性。

## 发明内容

[0006] 为了使下肢康复训练机器人机构具有更好的人-机运动相容性,以提高下肢康复训练的安全性与康复训练的医疗效果,本发明设计了一种具有人-机运动相容性的下肢康复训练机器人机构。其设计理念是:下肢康复训练机器人机构由外骨骼机构以及用于与人体下肢相连的连接关节和连接件组成。其中,外骨骼机构实现的功能是带动人体下肢作左、右侧摆运动和前、后屈曲运动,连接关节和连接件的作用是在外骨骼构件与绑带或穿戴件之间增加运动自由度以改善人-机之间的运动相容性。

[0007] 本发明的技术方案:

[0008] 一种具有人-机运动相容性的下肢康复训练机器人机构,由外骨骼机构以及用于与人体下肢相连的连接关节和连接件组成。如图3所示,外骨骼机构含有两条构成相同,且左、右对称布置的分支机构。左分支机构由腰部构件1,上腿构件2,下腿构件3,单自由度转动关节A,单自由度转动关节B和单自由度转动关节C组成。其中,转动关节A与转动关节B的回转轴线彼此正交,构成左分支机构的两自由度髌关节。转动关节C为左分支机构的膝关节,其回转轴线与关节B的回转轴线相平行。左分支机构中构件之间的连接关系是:腰部构件1与上腿构件2通过转动关节B相连,上腿构件2与下腿构件3通过转动关节C相连。右分支机构由腰部构件4,上腿构件5,下腿构件6,单自由度转动关节D,单自由度转动关节E和单自由度转动关节F组成。其中,转动关节D与转动关节E的回转轴线彼此正交,构成右分支机构的两自由度髌关节。转动关节F为右分支机构的膝关节,其回转轴线与关节E的回转轴线相平行。右分支机构中构件之间的连接关系是:腰部构件4与上腿构件5通过转动关节E相连,上腿构件5与下腿构件6通过转动关节F相连。左、右两条分支机构分别通过腰部构件1、转动关节A以及腰部构件4、转动关节D在腰部联接构件0的两端与其连接为一体,由此构成具有六个转动自由度的外骨骼机构。

[0009] 外骨骼机构与人体下肢的连接方式是：左分支机构的上腿构件 2 和下腿构件 3 分别与人体左下肢的大腿和小腿通过连接关节及连接件相连接。上腿构件 2 与人体左下肢大腿之间的连接关节与连接件依次为沿上腿构件 2 杆长方向上移动的滑块 7、与滑块 7 固联的杆件 8、与杆件 8 固联的三自由度球副关节 G 以及与球副关节 G 固联的绑带 9。下腿构件 3 与人体左下肢小腿之间的连接关节与连接件依次为沿下腿构件 3 杆长方向上移动的滑块 10、与滑块 10 固联的杆件 11、沿杆件 11 杆长方向移动的滑块 12、与滑块 12 固联的杆件 13、与杆件 13 固联的三自由度球副关节 H 以及与球副关节 H 固联的绑带 14。右分支机构的上腿构件 5 和下腿构件 6 分别与人体右下肢的大腿和小腿通过连接关节及连接件相连接。上腿构件 5 与人体右下肢大腿之间的连接关节与连接件依次为沿上腿构件 5 杆长方向上移动的滑块 15、与滑块 15 固联的杆件 16、与杆件 16 固联的三自由度球副关节 I 以及与球副关节 I 固联的绑带 17。下腿构件 6 与人体右下肢小腿之间的连接关节与连接件依次为沿下腿构件 6 杆长方向上移动的滑块 18、与滑块 18 固联的杆件 19、沿杆件 19 杆长方向移动的滑块 20、与滑块 20 固联的杆件 21、与杆件 21 固联的三自由度球副关节 J 以及与球副关节 J 固联的绑带 22。所述的外骨骼机构和所有的连接关节及连接件共同构成具有人-机运动相容性的下肢康复训练机器人机构。

[0010] 为了简化下肢康复训练机器人机构的设计,可以根据需要在机器人机构中去除部分连接件,如去除滑块 12、杆件 13 以及滑块 20、杆件 21,使杆件 11 与球副关节 H、杆件 19 与球副关节 J 之间固联。或锁定部分连接关节中的部分自由度,如锁定三自由度球副关节 G 绕杆件 8、三自由度球副关节 I 绕杆件 16 的转动自由度,使球副关节 G 和球副关节 I 均退化为两自由度虎克铰关节。

[0011] 或者球副关节 H 和球副关节 J 均退化为两自由度虎克铰关节;或者球副关节 G 和球副关节 I,球副关节 G 和球副关节 I 均退化为两自由度虎克铰关节。与以上相类似的简化设计方案均属于本下肢康复训练机器人机构技术方案所涵盖的范围。

[0012] 本发明的有益效果:人体下肢通过绑带 9、绑带 14、绑带 17 和绑带 22 与下肢康复训练机器人机构紧致连接后,康复训练机器人机构可以导引人体下肢进行康复训练,实现人体下肢较大幅度的左、右侧摆运动和前、后屈曲运动。

[0013] 由于在外骨骼机构与绑带之间增置了连接关节和连接件,使人体下肢与康复训练机器人机构通过绑带紧致连接所构成的人-机系统的运动相容性得到明显改善,有助于提高下肢康复训练的安全性及康复训练的医疗效果。

## 附图说明

[0014] 图 1 为人体下肢的三自由度球窝髋关节。

[0015] 图 2 为人体下肢的单自由度滑车球状膝关节。

[0016] 图 3 为本发明的下肢康复训练机器人机构。

[0017] 图 4 为本发明的实施方式 1。

[0018] 图 5 为本发明的实施方式 2。

[0019] 图 6 为本发明的实施方式 3。

[0020] 图 3 中,0- 腰部联接构件,1- 腰部构件,2- 上腿构件,3- 下腿构件,A- 单自由度转动关节,B- 单自由度转动关节,C- 单自由度转动关节,4- 腰部构件,5- 上腿构件,6- 下腿构

件, D- 单自由度转动关节, E- 单自由度转动关节, F- 单自由度转动关节, 7- 滑块, 8- 杆件, G- 三自由度球副关节, 9- 绑带, 10- 滑块, 11- 杆件, 12- 滑块, 13- 杆件, H- 三自由度球副关节, 14- 绑带, 15- 滑块, 16- 杆件, I- 三自由度球副关节, 17- 绑带, 18- 滑块, 19- 杆件, 20- 滑块, 21- 杆件, J- 三自由度球副关节, 22- 绑带。

[0021] 图 4 中, 23- 三自由度球窝髌关节, 24- 单自由度滑车球状膝关节, 25- 大腿, 26- 小腿, 27- 三自由度球窝髌关节, 28- 单自由度滑车球状膝关节, 29- 大腿, 30- 小腿。

[0022] 图 6 中, 31- 两转动自由度虎克铰关节, 32- 两转动自由度虎克铰关节。

## 具体实施方式

[0023] 实施方式 1 :

[0024] 本发明的实施方式 1 如图 4 所示, 下肢康复训练机器人机构与人体下肢的连接(穿戴)方式是:外骨骼左分支机构的转动关节 A 和转动关节 B 的回转轴线交点与人体左下肢球窝髌关节 23 的中心点重合, 转动关节 C 的回转轴线与人体左下肢滑车球状膝关节 24 的回转轴线彼此平行, 左分支机构分别通过绑带 9 和绑带 14 与左下肢的大、小腿紧致连接。外骨骼右分支机构的转动关节 D 和转动关节 E 的回转轴线交点与人体由下肢球窝髌关节 27 的中心点重合, 转动关节 F 的回转轴线与人体右下肢滑车球状膝关节 28 的回转轴线彼此平行, 右分支机构分别通过绑带 17 和绑带 22 与右下肢的大、小腿紧致连接。

[0025] 实施方式 2 :

[0026] 本发明的实施方式 2 如图 5 所示, 在该实施方式中下肢康复训练机器人机构与人体下肢的连接方式与实施方式 1 相同。实施方式 2 相对实施方式 1 的差异之处是在机器人机构中去掉了滑块 12、杆件 13、滑块 20 和杆件 21, 且杆件 11 和杆件 19 分别直接与球副关节 H 及球副关节 J 直接固联。

[0027] 实施方式 3 :

[0028] 本发明的实施方式 3 如图 6 所示, 在该实施方式中下肢康复训练机器人机构与人体下肢的连接方式与实施方式 2 相同。实施方式 3 相对实施方式 2 的差异之处是在球副关节 H 及球副关节 J 中, 分别去掉了绕杆件 11 和杆件 19 杆长方向的转动自由度, 球副关节 H 及球副关节 J 分别退化为具有两个转动自由度的虎克铰关节 31 和 32。



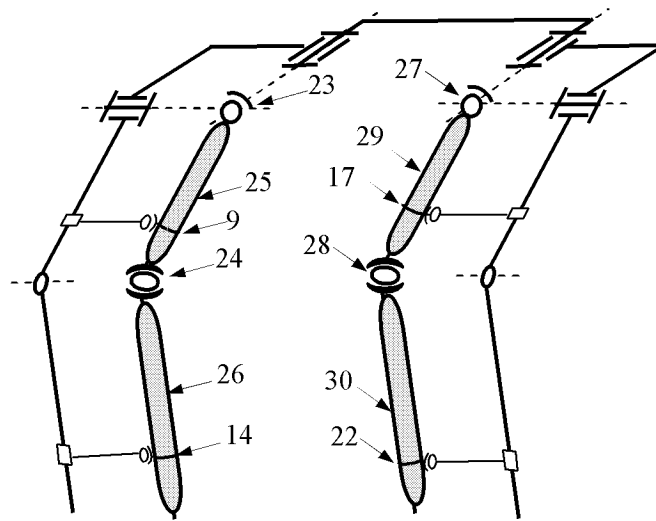


图 5

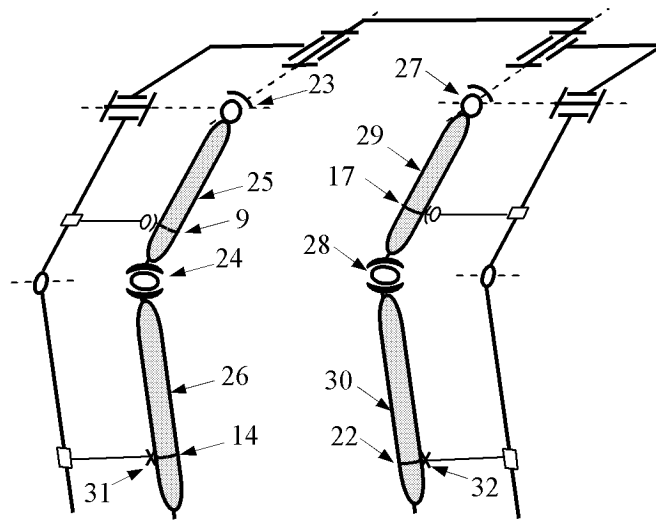


图 6