



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104644381 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 27

(21) 申请号 201510082305. 6

(22) 申请日 2015. 02. 15

(71) 申请人 安徽理工大学

地址 232001 安徽省淮南市舜耕中路 168 号

申请人 王成军

(72) 发明人 王成军 陈金燕 李龙 刘志卫

章天雨 沈豫浙 郑艳

(51) Int. Cl.

A61H 3/00(2006. 01)

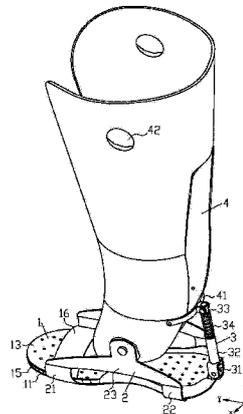
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种外骨骼用三自由度柔性踝关节装置

(57) 摘要

本发明公开了一种具有一平移两转动共三个自由度的外骨骼用柔性踝关节装置,包括足底支撑部、足侧支撑部、足后阻尼器和小腿支护架。足侧支撑部作为柔性转动副,起到转动减振保护作用;设有磁流变阻尼器的足后阻尼器在足跟部起支撑和减振保护作用。本发明可使得外骨骼踝关节的运动与使用者保持同步,三个运动自由度有利于增强本踝关节机构对各种下肢外骨骼的匹配性,足底支撑部的防震填充层、弹性支撑件的设计、足侧支撑部的柔性转动副以及足后阻尼器的设计有助于减轻使用者行走负担,提高舒适性。本发明可作为负重型助力行走装置、康复器械或其它下肢外骨骼用踝关节装置,具有结构紧凑、工作稳定可靠、灵活性高和穿戴舒适等优点。



1. 一种外骨骼用三自由度柔性踝关节装置,其特征在于:包括足底支撑部、对称布置在足底支撑部两侧的足侧支撑部、位于足底支撑部后端的足后阻尼器和小腿支护架,所述的足侧支撑部有两个,且足侧支撑部的底部与足底支撑部通过焊接的方式固连,其顶部与小腿支护架的底端通过铰链相连接;所述的足后阻尼器的下端与足底支撑部通过万向节相连接,足后阻尼器的上端与小腿支护架通过铰链相连接;

所述的足底支撑部包括下底板、防震填充层、上底板、弹性支撑件、外侧密封圈和柔性绑带,所述的下底板采用可焊接型金属材料;所述的弹性支撑件呈U型结构,且弹性支撑件的底部与下底板固连,在弹性支撑件的顶部设有螺纹孔,弹性支撑件与上底板通过螺钉相连接;所述的防震填充层上设有均布的圆柱形通孔,所述的外侧密封圈位于下底板、上底板的外侧面,且防震填充层、外侧密封圈与下底板、上底板之间均采用胶接的方式相固连;所述的上底板上设有螺钉连接孔和透气孔,上底板包括前板、中板和后板,所述的前板与中板之间通过铰链相连接,所述的中板与后板之间通过铰链相连接,在后板的后端设有万向节下铰链座;所述的柔性绑带的两端分别固定在上底板上;

所述的足侧支撑部包括前柔性铰链、后柔性铰链、足部连接护板,所述的前柔性铰链、后柔性铰链均呈圆弧形板状结构,且采用弹性金属材料,所述的前柔性铰链、后柔性铰链的底部与足底支撑部的下底板通过焊接的方式固连,前柔性铰链、后柔性铰链的顶部与足部连接护板的两端分别通过焊接的方式固连;

所述的足后阻尼器包括万向节、磁流变阻尼器、压缩弹簧、阻尼器导向轴,所述的万向节的下铰链座与足底支撑部的上底板通过焊接的方式固连,所述的磁流变阻尼器与万向节的上铰链座固连,所述的阻尼器导向轴置于磁流变阻尼器内,所述的压缩弹簧套在阻尼器导向轴上;

所述的小腿支护架的下端设有弧形铰链座,在小腿支护架的上端两侧设有圆形连接孔,所述的弧形铰链座与阻尼器导向轴的顶部通过铰链相连接。

2. 根据权利要求1所述的一种外骨骼用三自由度柔性踝关节装置,其特征在于:所述的弹性支撑件对称布置在足底支撑部的下底板与上底板之间,且弹性支撑件的数量不少于七。

3. 根据权利要求1所述的一种外骨骼用三自由度柔性踝关节装置,其特征在于:所述防震填充层优先地采用纯天然橡胶。

4. 根据权利要求1所述的一种外骨骼用三自由度柔性踝关节装置,其特征在于:所述的前柔性铰链、后柔性铰链均呈圆弧形板状结构,其截面均为劣弧,且位于足底支撑部两侧的前柔性铰链、后柔性铰链圆弧的弧心均采取相向布置的方式。

## 一种外骨骼用三自由度柔性踝关节装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于外骨骼设备领域,具体涉及一种具有一个平移两个转动共三个运动自由度的外骨骼用柔性踝关节装置。

### 背景技术

[0002] 踝关节扭伤在全身关节扭伤中发病率最高,极易造成韧带拉伤甚至撕裂,伤后治疗及康复过程难度较大,且由于关节内软组织损伤,部分伤者的行走疼痛症状长期不愈可达数十年,容易复发造成陈旧性扭伤,从而引起肌肉痉挛及神经末梢的炎性应激反应,严重者造成腓肠肌、比目鱼肌等驱动踝关节产生跖屈的主要肌群的不可逆损伤,影响响应时间、收缩量及收缩强度等,最终形成踝关节功能性稳定障碍。脚踝也是人类保持各种执行动作的关键部位,也是较敏感易扭伤的地方,在军事和医疗等领域需要外骨骼装置对脚踝加以保护或康复治疗。机械外骨骼是一种结合了人的智能和机器人机械能量的人机结合可穿戴装备。机械外骨骼技术在许多领域有着很好的应用前景。在军事领域,脚踝外骨骼能够提高士兵的弹跳力、负载、机动等能力,脚踝外骨骼是在战斗中保护士兵、减少伤亡率、增加士兵的作战执行力的有效保障;在高危险高强度作业领域,如抢救、救灾、火灾等现场作业时,车辆又无法使用的情况下,脚踝外骨骼能够有效的增加作业人员负重能力,是作业人员及时有效的完成救护工作的有效保障;在医疗领域,机械外骨骼可以用于辅助残疾人、老年人及下肢肌无力和下肢截瘫患者行走,也可以帮助他们进行强迫性康复运动等,具有很好的发展前景。

[0003] 此外,下肢助力外骨骼作为一种负重行走的助力器械,可以帮助救援人员背负更多的救生器材等物资在普通运输工具无法行进的地震、泥石流等灾害现场进行作业;在地形复杂的作战区域,可以帮助战士携带更多的武器装备做长距离的行军。而对人体下肢动力学特性的研究发现,在下肢各关节中,踝关节在脚跟触地缓冲阶段、跖屈蹬地前行阶段均具有重要的作用,同时,由于膝关节基本不具备额状面内的自由度,故而行走平衡性的保持由髋关节与踝关节在额状面内的侧向转动实现,因此,有必要研究满足这些要求的外骨骼的踝关节机构。

[0004] 可见,无论是作为一种能够对踝关节扭伤者进行行走辅助的康复器械,还是作为用于武装行军、灾害救援的下肢外骨骼的重要组成部分或者专用的踝关节外骨骼,外骨骼踝关节机构的研究都具有极大的实用价值和研究意义。

[0005] 在外骨骼踝关节的机构设计中,首先必须保证自由度的设置满足人体在正常行走过程中的踝关节运动规律,以使得使用者的行走运动不受外骨骼踝关节机构自由度的限制。而目前市场上广泛存在的踝关节的康复设备、矫形器或外骨骼都是使踝关节进行跖屈/背屈的单一运动,而依据人体生物解剖学,踝关节在做跖屈/背屈运动时,并不是单自由度的运动,而是会耦合着其它五个自由度(内/外翻、内/外旋、三个直线位移)的运动。其中最主要的是同时伴随着在冠状面的内/外翻运动( $7^{\circ}$ )、沿矢状轴的直线运动(12mm)和水平面的内/外旋运动( $7.6^{\circ}$ )。另外,如果强制做单一方向运动的话,也是对踝关节的再

次损伤,而且舒适性、安全性、适应性及康复效果都很差。

[0006] 脚踝外骨骼无论是提高穿戴者机动能力、负重能力,还是辅助老年人行走或辅助医疗康复训练功能,均要求脚踝外骨骼有一定的辅助支撑作用,更需具有类似人体骨骼的自由度。而现有的脚踝外骨骼大部分都是脚踝助行器外骨骼或辅助康复训练的外骨骼。公开号为 CN200410053695.6 和 CN200420081797.4 的发明公开了两种医疗器械领域的下肢步行外骨骼,该发明可在一定程度上减轻步行者疲劳,增强人体携带重物运动的能力,作为下肢截肢病人或者肌肉萎缩病人的助行器。但该发明结构体积大,步行时难以克服行走时来自地面的冲击,且穿戴着的脚踝的运动自由度有限,长期穿戴会给穿戴者带来一定的不舒适感和疲劳感,同时由于它的功能单一使该发明应用领域有限。公开号为 CN200910111110.4 的发明公布了两自由度康复器,该发明实现了脚踝的内翻/外翻动和外展/内收动作。该发明虽然实现了脚踝的两个自由度动作,但仍不能克服行走时来自地面的冲击,其外展/内翻这一动作实施时可控性不便,控制不好更容易崴脚,且结构复杂实施不够便捷,应用领域也仅限于医疗器械。申请号为 201410208291.3 的中国专利公开了一种康复训练用的多自由度的踝关节动力外骨骼,可以自适应踝关节的内/外翻、内/外旋和沿矢状轴前后移动的三类耦合运动。但该技术方案仅适合于康复运动中的被动训练用,不适合于穿戴使用。

[0007] 目前,总体上对脚踝外骨骼方面的研究不是很多,且大部分脚踝外骨骼仅应用在医疗辅助脚踝康复领域,在其它领域的研究甚少,迫切需要自由度多、稳定性高、穿着舒适、应用广泛的脚踝外骨骼装置。

## 发明内容

[0008] 本发明的目的是针对现有技术的不足,提供一种具有一个平移两个转动共三个运动自由度的外骨骼用柔性踝关节装置。

[0009] 本发明所要解决的技术问题采用以下技术方案来实现。

[0010] 一种外骨骼用三自由度柔性踝关节装置,包括足底支撑部、对称布置在足底支撑部两侧的足侧支撑部、位于足底支撑部后端的足后阻尼器和小腿支护架。其中,所述的足侧支撑部有两个,用于连接、支撑小腿支护架与足底支撑部,并作为柔性转动副和起到转动减振保护作用。所述的足侧支撑部的底部与足底支撑部通过焊接的方式固连,其顶部与小腿支护架的底端通过铰链相连接;所述的足后阻尼器用于在足跟部起支撑和减振保护作用,其下端与足底支撑部通过万向节相连接,足后阻尼器的上端与小腿支护架通过铰链相连接。

[0011] 所述的足底支撑部用于支撑和承载穿戴者足部力量,并起到减振保护的作用。所述的足底支撑部包括下底板、防震填充层、上底板、弹性支撑件、外侧密封圈和柔性绑带。其中,所述的下底板为本发明的底部承重支撑件,下底板采用可焊接型金属材料;所述的弹性支撑件为呈 U 型结构板弹簧,主要起支撑连接下底板和上底板并吸收或减少上底板对下底板的冲击振动;所述的弹性支撑件的底部与下底板固连,在弹性支撑件的顶部设有螺纹孔,弹性支撑件与上底板通过螺钉相连接;所述的防震填充层用于支撑上底板对下底板的载荷并起到缓冲和减振的作用,即在垂直方向上具有一个微量移动的运动自由度,在所述的防震填充层上设有均布的圆柱形通孔;所述的外侧密封圈位于下底板、上底板的外侧面,起到

密封和防尘的作用,且防震填充层、外侧密封圈与下底板、上底板之间均采用胶接的方式相固连;所述的上底板上设有用于固定弹性支撑件的螺钉连接孔和透气孔,所述的上底板包括前板、中板和后板三个部分,所述的前板与中板之间通过铰链相连接,所述的中板与后板之间通过铰链相连接,以进一步提高足底支撑部穿戴的柔性度和舒适度,在所述的后板的后端设有万向节下铰链座。所述的柔性绑带的两端分别固定在上底板上。

[0012] 所述的足侧支撑部包括前柔性铰链、后柔性铰链、足部连接护板。其中,所述的前柔性铰链、后柔性铰链均呈圆弧形板状结构,且采用弹性金属材料,所述的前柔性铰链、后柔性铰链的底部与足底支撑部的下底板通过焊接的方式固连,前柔性铰链、后柔性铰链的顶部与足部连接护板的两端分别通过焊接的方式固连;所述的足部连接护板与小腿支护架通过铰链相连接,使得本发明具有绕平行于脚的宽度方向的水平轴转动的运动自由度。所述的前柔性铰链、后柔性铰链作为连接小腿支护架与下底板的无间隙型柔性转动副,具有绕平行于脚长度方向的水平轴转动的运动自由度。

[0013] 所述的足后阻尼器包括万向节、磁流变阻尼器、压缩弹簧、阻尼器导向轴。其中,所述的万向节的下铰链座位于足底支撑部的后端,且与足底支撑部的上底板通过焊接的方式固连,所述的磁流变阻尼器与万向节的上铰链座固连,所述的阻尼器导向轴置于磁流变阻尼器内,所述的压缩弹簧套在阻尼器导向轴上。作为主动驱动型踝关节装置使用时,可将所述的足后阻尼器中的磁流变阻尼器更换为电动推杆,所述的足后阻尼器即由原来的被动减振变为具有主动驱动功能的动力装置。所述的足后阻尼器为一个 RPU 结构的串联机构,其中,字母 R 表示转动副,字母 P 表示移动副,字母 U 表示万向节。所述的足后阻尼器与足底支撑部一起又构成一个 RPUP 结构的串联机构。

[0014] 所述的小腿支护架的下端设有弧形铰链座,在小腿支护架的上端两侧设有圆形连接孔,所述的弧形铰链座与小腿支护架固连,弧形铰链座与阻尼器导向轴的顶部通过铰链相连接。

[0015] 所述的弹性支撑件对称布置在足底支撑部的下底板与上底板之间,且弹性支撑件的数量不少于七。

[0016] 为了提高足底支撑部的减振效果、使用寿命和穿戴的舒适性,所述防震填充层优先地采用纯天然橡胶。

[0017] 所述的前柔性铰链、后柔性铰链均呈圆弧形板状结构,其截面均为劣弧,且位于足底支撑部两侧的前柔性铰链、后柔性铰链圆弧的弧心均采取相向布置的方式。

[0018] 从机构学的角度看,本发明为一个具有三条支链的一平移两转动型三自由度并联机构。第一条支链为由小腿支护架与外侧的足部连接护板之间的铰链构成的转动副、位于足底支撑部外侧的前柔性铰链和后柔性铰链形成的柔性转动副组成的  $\{-R \perp R-\}$  结构的支链,符号  $\perp$  表示两个运动副的轴线之间为垂直关系;第二条支链为由小腿支护架与内侧足部连接护板之间的铰链构成的转动副、位于足底支撑部内侧的前柔性铰链和后柔性铰链形成的柔性转动副组成的  $\{-R \perp R-\}$  结构的支链;第三条支链为由足后阻尼器与足底支撑部一起构成的 RPUP 结构的串联机构。同时,由于足后阻尼器的各运动副的轴线之间存在垂直关系,因而,本发明的机构型式可以详细地表示为  $\{-R \perp R-\} + \{-R \perp R-\} + \{-R \perp P \perp U \perp P-\}$ ,且第一条支链的转动副的轴线对应地平行与第二条支链的转动副的轴线,第一条支链的两个转动副的轴线分别平行与第三条支链的万向

节的十字轴的两条轴线。

[0019] 使用时,可根据时间情况选择足后阻尼器中磁流变阻尼器的参数、压缩弹簧的结构参数,以调节磁流变阻尼器的动态阻尼,确定压缩弹簧的刚度。

[0020] 本发明的足底支撑部的设计中,在下底板与上底板之间沿着下底板的外侧面布置了不少于七个起减振保护的作用的弹性支撑件,同时在下底板与上底板之间的中部布置了防震填充层,足底支撑部的结构不仅模拟了人体足底的肌肉群在行走过程中的弹性特征。为了提高其运动灵活度和穿戴舒适度,还将上底板分为由铰链相连接的前板、中板和后板三个部分,使得外骨骼踝关节装置的足底支撑部在行走中更具有柔顺特性。

[0021] 本发明的有益效果是,与现有的技术相比,本发明可使得外骨骼踝关节的运动与使用者保持同步,三个运动自由度有利于增强本踝关节机构对各种下肢外骨骼的匹配性,而且本发明的外形与质量分布设计更加接近人体踝关节的特征;足底支撑部的防震填充层、弹性支撑件的设计、足侧支撑部的柔性转动副以及足后阻尼器的设计有助于减轻使用者行走负担,提高舒适性。本发明可作为负重型助力行走装置、康复器械或其它下肢外骨骼用踝关节装置,具有结构紧凑、工作稳定可靠、灵活性高和穿戴舒适等优点。

## 附图说明

[0022] 图1为本发明的总体结构示意图;

[0023] 图2为本发明的足底支撑部的结构分解示意图;

[0024] 图3为本发明的足底支撑部与足后阻尼器的结构示意图。

## 具体实施方式

[0025] 为了使本发明所实现的技术手段、创作特征、达成目的与功效易于明白了解,下面结合具体实施例和图示,进一步阐述本发明。

[0026] 如图1和图3所示,一种外骨骼用三自由度柔性踝关节装置,包括足底支撑部1、对称布置在足底支撑部1两侧的足侧支撑部2、位于足底支撑部1后端的足后阻尼器3和小腿支护架4。其中,所述的足侧支撑部2有两个,用于连接、支撑小腿支护架4与足底支撑部1,并作为柔性转动副和起到转动减振保护作用。所述的足侧支撑部2的底部与足底支撑部1通过焊接的方式固连,其顶部与小腿支护架4的底端通过铰链相连接;所述的足后阻尼器3用于在足跟部起支撑和减振保护作用,其下端与足底支撑部1通过万向节相连接,足后阻尼器3的上端与小腿支护架4通过铰链相连接。

[0027] 如图2和图3所示,所述的足底支撑部1用于支撑和承载穿戴者足部力量,并起到减振保护的作用。所述的足底支撑部1包括下底板11、防震填充层12、上底板13、弹性支撑件14、外侧密封圈15和柔性绑带16。其中,所述的下底板11为本发明的底部承重支撑件,下底板11采用可焊接型金属材料;所述的弹性支撑件14为呈U型结构板弹簧,主要起支撑连接下底板11和上底板13并吸收或减少上底板13对下底板11的冲击振动;所述的弹性支撑件14的底部与下底板11固连,在弹性支撑件14的顶部设有螺纹孔141,弹性支撑件14与上底板13通过螺钉相连接;所述的防震填充层12用于支撑上底板13对下底板11的载荷并起到缓冲和减振的作用,即在Z方向上具有一个微量移动的运动自由度,在所述的防震填充层12上设有均布的圆柱形通孔121;所述的外侧密封圈15位于下底板11、上

底板 13 的外侧面,起到密封和防尘的作用,且防震填充层 12、外侧密封圈 15 与下底板 11、上底板 13 之间均采用胶接的方式相固连; ;所述的上底板 13 上设有螺钉连接孔 134 和透气孔 135,所述的上底板 13 包括前板 131、中板 132 和后板 133,所述的前板 131 与中板 132 之间通过铰链相连接,所述的中板 132 与后板 133 之间通过铰链相连接。所述的柔性绑带 16 的两端分别固定在上底板 13 上。

[0028] 如图 1、图 2 和图 3 所示,所述的足侧支撑部 2 包括前柔性铰链 21、后柔性铰链 22、足部连接护板 23。其中,所述的前柔性铰链 21、后柔性铰链 22 均呈圆弧形板状结构,且采用弹性金属材料,所述的前柔性铰链 21、后柔性铰链 22 的底部与足底支撑部 1 的下底板 11 通过焊接的方式固连,前柔性铰链 21、后柔性铰链 22 的顶部与足部连接护板 23 的两端分别通过焊接的方式固连;所述的足部连接护板 23 与小腿支护架 4 通过铰链相连接,使得本发明具有绕 Y 轴转动的运动自由度。

[0029] 如图 1 和图 3 所示,所述的足后阻尼器 3 包括万向节 31、磁流变阻尼器 32、压缩弹簧 34、阻尼器导向轴 33。其中,所述的万向节 31 的下铰链座 311 位于足底支撑部 1 的后端,且与足底支撑部 1 的上底板 13 通过焊接的方式固连,所述的磁流变阻尼器 3 与万向节 31 的上铰链座 312 固连,所述的阻尼器导向轴 33 置于磁流变阻尼器 32 内,所述的压缩弹簧 34 套在阻尼器导向轴 33 上。所述的足后阻尼器 3 为一个 RPU 结构的串联机构,与足底支撑部 1 一起构成一个 RPUP 结构的串联机构。

[0030] 如图 1 所示,所述的小腿支护架 4 的下端设有弧形铰链座 41,在小腿支护架 4 的上端两侧设有圆形连接孔 42,所述的弧形铰链座 41 与小腿支护架 4 固连,弧形铰链座 41 与阻尼器导向轴 33 的顶部通过铰链相连接。

[0031] 如图 2 和图 3 所示,所述的弹性支撑件 14 对称布置在足底支撑部 1 的下底板 11 与上底板 13 之间,且弹性支撑件 14 的数量不少于七。

[0032] 如图 2 所示,所述防震填充层 12 优先地采用纯天然橡胶。

[0033] 如图 1、图 2 和图 3 所示,所述的前柔性铰链 21、后柔性铰链 22 均呈圆弧形板状结构,其截面均为劣弧,且位于足底支撑部 1 两侧的前柔性铰链 21、后柔性铰链 22 圆弧的弧心均采取相向布置的方式。所述的前柔性铰链 21、后柔性铰链 22 作为连接小腿支护架 4 与下底板 11 的无间隙型柔性转动副,具有绕 X 轴转动的运动自由度。

[0034] 从机构学的角度看,本发明为一个具有三条支链的一平移两转动型三自由度并联机构。第一条支链为由小腿支护架 4 与外侧的足部连接护板 23 之间的铰链构成的转动副、位于足底支撑部 1 外侧的前柔性铰链 21 和后柔性铰链 22 形成的柔性转动副组成的  $\{-R \perp R-\}$  结构的支链;第二条支链为由小腿支护架 4 与内侧的足部连接护板 23 之间的铰链构成的转动副、位于足底支撑部 1 内侧的前柔性铰链 21 和后柔性铰链 22 形成的柔性转动副组成的  $\{-R \perp R-\}$  结构的支链;第三条支链为由足后阻尼器 3 与足底支撑部 1 一起构成的 RPUP 结构的串联机构。本发明的机构型式可以详细地表示为  $\{-R \perp R-\} + \{-R \perp R-\} + \{-R \perp P \perp U \perp P-\}$ ,且第一条支链的转动副的轴线对应地平行与第二条支链的转动副的轴线,第一条支链的两个转动副的轴线分别平行与第三条支链的万向节 31 的十字轴的两条轴线。

[0035] 使用时,可根据时间情况选择足后阻尼器 3 中磁流变阻尼器 32 的参数、压缩弹簧 34 的结构参数,以调节磁流变阻尼器 32 的动态阻尼,确定压缩弹簧 34 的刚度。

[0036] 以上显示和描述了本发明的基本原理、主要特征和优点。本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和进步都落入本发明要求保护的范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

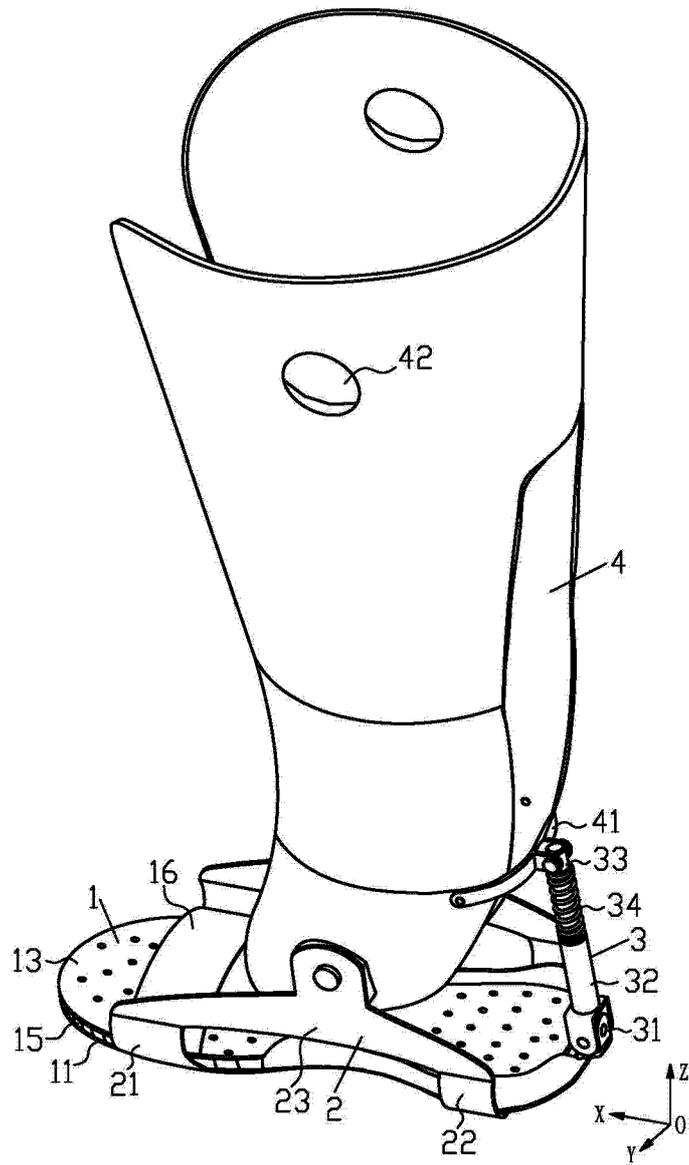


图 1

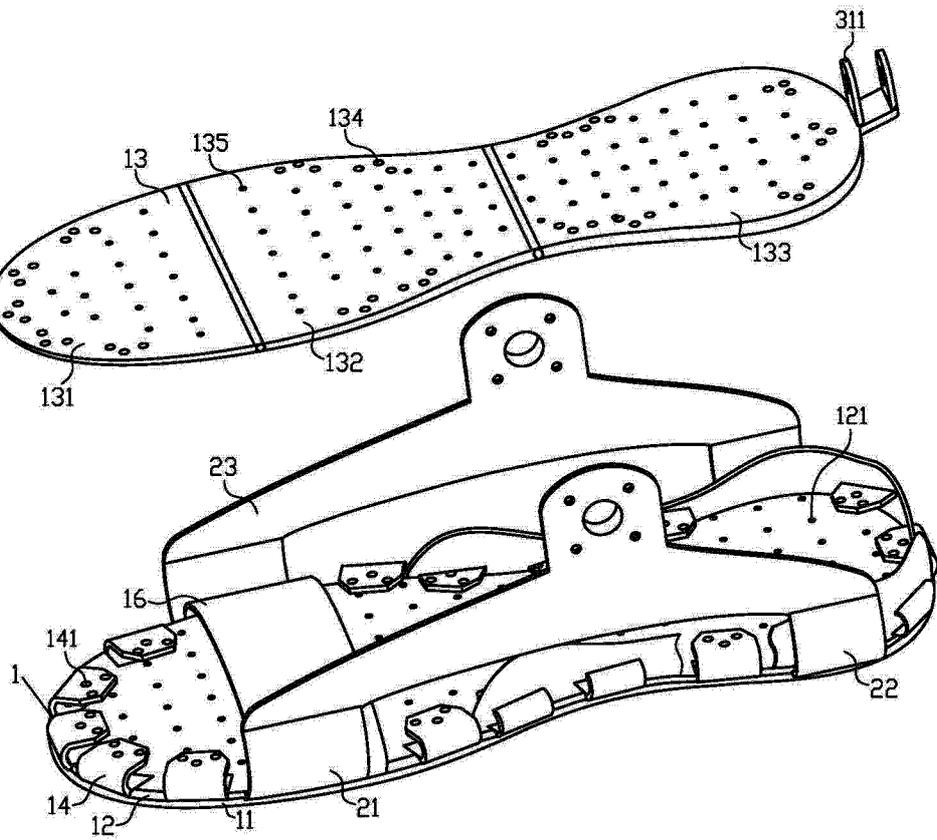


图 2

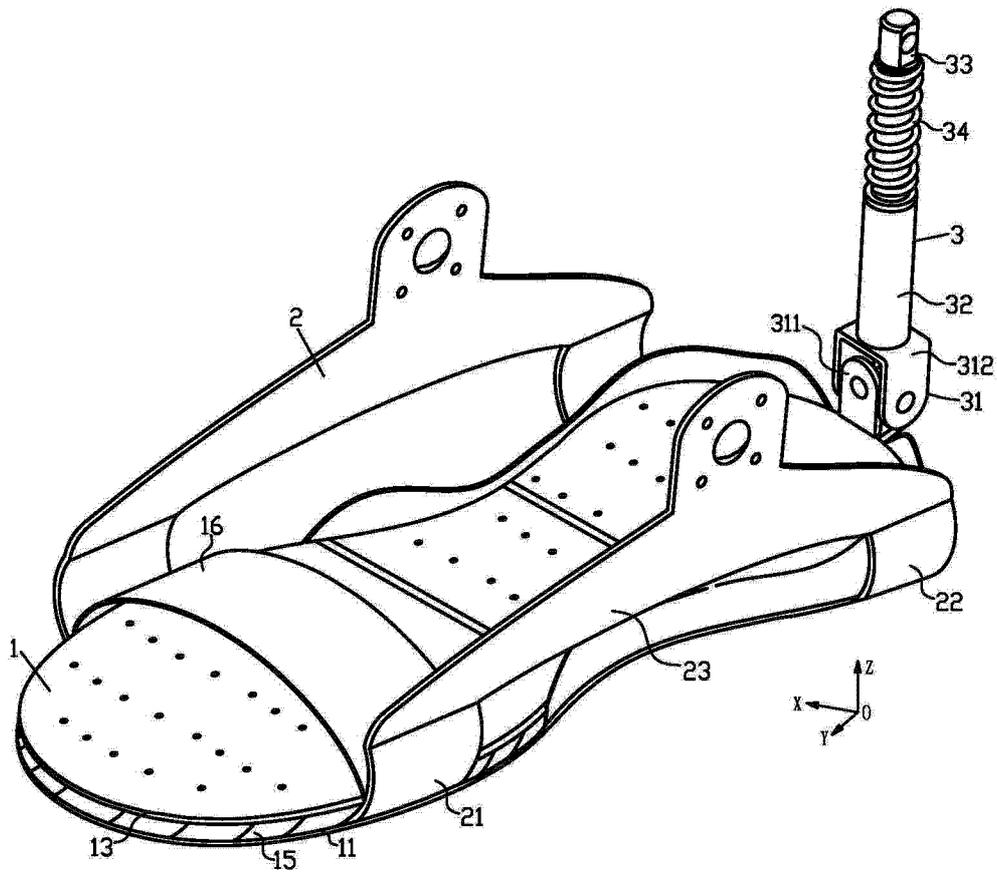


图 3