

# 一种用于站起训练的起坐机构设计

张立勋<sup>1</sup> 白大鹏<sup>1</sup> 伊 蕾<sup>1</sup>

随着老年人年龄的增长,大部分老年人往往有行走能力而没有站起能力,许多有走动能力的老年人因为缺乏站起能力而被困在椅子上,需要进行康复训练和护理,提供正常站起所需要的肌肉力或辅助力,以满足患者的日常生活需要,并使受损肌肉维持必要的生理活性,才能够保证肢体的康复,避免因肌肉长期缺乏运动导致肌肉萎缩或坏死<sup>[1-3]</sup>。康复设备的服务对象不仅是残疾人,还包括老年人、各类术后患者、慢性病患者,其研究和应用有着广阔的前景。

近年国内外的研究机构在辅助站起机器人方面取得了一定的研究成果。美国研制的用于进行站起训练的辅助装置<sup>[4]</sup>,该装置不需要外部的动力源,使人体以很自然的方式起立。斯洛文尼亚卢布尔雅那大学研制了一台用于起立的机器人辅助设备<sup>[5]</sup>,该机械装置由电控液压式伺服系统驱动,使下肢患者达到站起的状态,从而使患者达到训练下肢关节、神经、肌肉的目的。意大利研制的起坐功能的康复机器人<sup>[6]</sup>,为患者站起提供一定的支撑力,防止患者多关节肌肉骨骼系统自由度的下降和衰退。法国的玛丽居里皮埃尔大学机器人实验室研制的辅助老年人助行和起立装置<sup>[7]</sup>,该装置是一个两自由度系统,安装在可以任意移动的平台。起立时,手柄先使人体前倾,然后手柄提升达到行走的高度。哈尔滨工业大学研制的一种新型辅助起立康复机器人<sup>[8]</sup>,系统共有三个自由度,采用人机交互的方式辅助下肢残疾者和老年人完成起立动作。

上述各辅助站起装置,有的装置尺寸较大,不便于患者在家中使用;有的装置不便于患者的独立操作;有的装置则机构较复杂。因此,本文设计了一种用于站起训练的起坐机构,可以使患者独立的在家中或室外进行站起训练,且结构简单,占用空间小。

## 1 起坐机构的结构设计

### 1.1 设计要求

研究发现,人体从坐姿到站起的过程中,需要各方面能力的统一协调,包括身体协调能力、身体平衡能力以及足够的关节活动范围和下肢肌肉力量等。然而,老年人和下肢功能障碍患者由于生理功能的衰退,导致下肢肌肉力量非常薄

弱,下肢关节力矩不足,平衡能力也有所下降,存在站起困难的问题。起立过程中,若完全依靠上肢来起立,长期下去会对上肢关节造成危害。

绳索悬吊式辅助起坐方法通过负重背心承担人的体重,对人的束缚感较强且存在一定的危险,如局部过分压力而导致压疮,悬吊带如落在臂下容易造成臂丛神经损伤等。而座椅式辅助起坐机构通过座椅承担人的体重、提升性好,适用于腰部和手臂力量比较差的使用者,如体弱的老年人和截瘫患者,所以宜采用座椅式的起坐机构。本文设计的起坐机构能满足以下要求:①能保持患者身体的平衡,给使用者提供起立过程中的支撑力或向上的拉力。②具有结构简单,使用安全、舒适,可控性强的特点。③在实现功能的前提下尽量降低产品的成本。

### 1.2 设计方案的选择

图1为起坐机构的两种设计方案。①方案一:采用两套滑轨滑块机构,分别用来提供在起立过程中的竖直、水平方向的运动。可升降座位选用自行车座椅。竖直方向的运动与水平方向的运动是耦合的,当电机带动可升降座位沿竖直方向向上运动时,竖直方向的拉力带动固定到座位下端的导向杆前进,导杆与座椅连接,因此座椅同时实现了前进运动。从而实现模拟人的站起过程。②方案二:将方案一中的导向杆去掉,采用绳与过轮配合的方式来带动升降座位运动。设计了一个新的可升降座椅,增加了一套滑轨滑块机构,并在滑轨滑块机构和可升降座椅之间加设了一根弹簧。人在进行站起训练时,可升降座位可以进行前后的游动,使可升降座位具有一定的柔顺性,以免患者使用时感到不适。在竖直方向上安装了两个行程开关作为机械限位,增强使用的安全性。

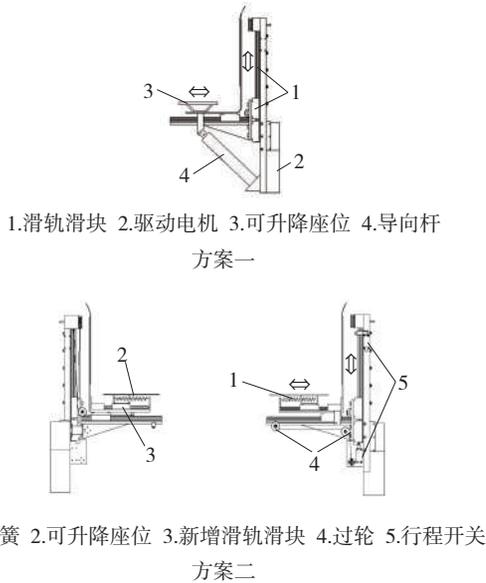
方案一中对导向杆的加工和安装精度要求较高,如果出现加工或安装不好的情况,会导致导杆伸缩不畅,影响使用性能。方案二对方案一进行了改进,并安装了安全带,防止患者使用时身体前倾,保证患者的上肢平衡,提高了使用的安全性和舒适性。使用一个电机实现了对身体重心的上下移动和前后的运动控制,实现协助下肢患者完成站起训练的目的。综上所述,选用方案二为起坐机构的最终设计方案。

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2012.04.012

1 哈尔滨工程大学机电工程学院,哈尔滨,150001

作者简介:张立勋,男,教授;收稿日期:2011-08-02

图1 起坐机构设计方案

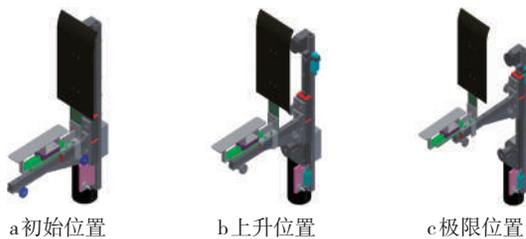


## 2 仿真及实验研究

### 2.1 仿真研究

为模拟起坐机构的工作原理,利用 Autodesk/ Inventor 软件描述了起坐机构的运动过程图。见图2。从图中可以看出起坐机构实现了向上提升的过程,说明了机构设计的合理性。

图2 起坐机构运动过程

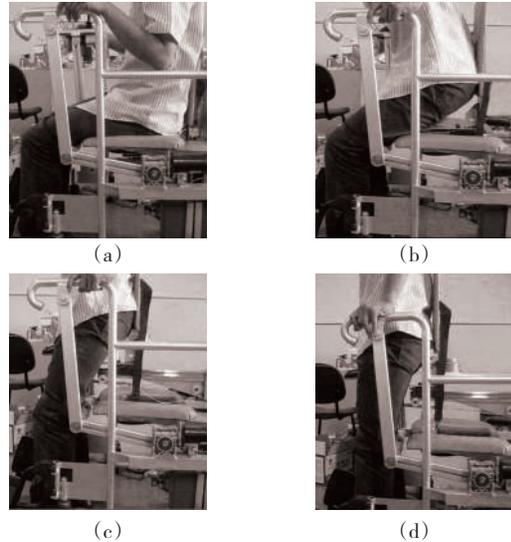


### 2.2 样机实验研究

根据最终选定的设计方案,研制了用于站起训练的起坐机构的物理样机。图3为受试者在起坐机构的辅助下的站起过程图。

对不同身高、体重的受试者进行站起训练实验。实验中发现,起坐机构在不同负载的情况下,运行稳定,无明显的震动发生,起坐机构的驱动电机可以提供足够大的驱动力矩。受试者在起坐机构的协助下完成了从坐姿到站姿的转化,从而证明了起坐机构设计的合理性。

图3 站起过程



## 3 结论

本文设计的一种用于站起训练的起坐机构,通过座椅承担人的体重、提升性好;使用一个电机实现了对身体重心的上下移动和前后的运动控制,实现协助下肢患者完成站起训练的目的,又可以在助行训练时起到身体的辅助支撑和防止摔倒的作用;具有一定的柔顺性,以免患者使用时感到不适。经样机实验证明了在起坐机构的协助下能够实现人从坐姿到站姿的转化,证明了起坐机构设计的合理性,可以用于下肢患者的站起训练。

## 参考文献

- [1] 张济川,金德闻.康复工程在现代康复医学中的作用和进展[J].中国康复理论与实践,2004,10(5):257—260.
- [2] 王汪,金德闻.中国康复工程发展道路之思考[J].中国康复理论与实践,2005,11(3):161—163.
- [3] 孙立宁,何富君,杜志江,姚玉峰.辅助型康复机器人技术的研究与发展[J].机器人,2006,28(3):355—360.
- [4] Fattah A, Agrawal SK, Catlin G, et al. Design of a passive gravity-balanced assistive device for sit-to-stand tasks[J]. Journal of Mechanical Design, 2006, 128: 1122—1129.
- [5] Music J, Kamnik R, Munih M. Model based inertial sensing of human body motion kinematics in sit-to-stand movement [J]. Simulation Modelling Practice and Theory, 2008, 16, 933—944.
- [6] Previdi F, Ferrarin M, Savaresi SM, et al. Closed-loop control of FES supported standing up and sitting down using Virtual Reference Feedback Tuning[J]. Control Engineering Practice, 13 (2005) :1173—1182.
- [7] Mederic P, Pasqui V, Plumet F, et al. Sit to Stand Transfer Assisting by an Intelligent Walking-Aid[C]. Climbing and Walking Robots Proceedings of the 7th International Conference CLAWAR. 2004:1127—1135.
- [8] 姜洪源,马长波,李姗姗.一种新型辅助起立康复机器人的设计及逆运动学分析[J]. 康复医学工程,2009,24(2):162—164.