

一款智能人机交互康复辅助仪的设计

孙彤滢^{1,2}, 王 瑞^{1*}, 刘 敏¹, 严雨洁¹, 王怡凌¹, 陈劲光¹

¹湖州学院生命健康学院, 浙江 湖州

²绍兴市中医院, 浙江 绍兴

收稿日期: 2025年1月3日; 录用日期: 2025年1月27日; 发布日期: 2025年2月7日

摘 要

随着全球老龄化趋势的加剧以及导致肢体功能丧失的突发事故频发, 下肢功能障碍患者数量持续增加, 对智能化康复辅助器械的需求也随之扩大。针对当前康复训练受限于固定医疗场所、依赖大型设备及需专人陪护等问题, 本文设计了一款智能人机交互式康复辅助仪。这款康复辅助仪结合了机械技术的优势, 不仅能够减轻医生在执行复杂、重复且单一的训练任务时的压力, 还使得医生可以更多地专注于治疗方案的优化与创新。此外, 它极大地促进了集中式和远程医疗服务的发展可能性。通过集成多种传感器来精确监测患者的生理指标和运动状态, 并基于这些数据进行深入分析, 该仪器能够为每位用户提供个性化的功能评估报告, 从而帮助医护人员更准确地调整治疗计划, 更好地满足个性化需求。总之, 智能康复辅助仪对于改善下肢功能障碍患者的临床康复效果具有重要意义, 同时也推动了现代康复医学领域的发展与进步。

关键词

康复辅助仪, AI智能人机交互, 肌电芯片信号

Design of an Intelligent Human-Computer Interactive Rehabilitation Aid Instrument

Tongyan Sun^{1,2}, Rui Wang^{1*}, Min Liu¹, Yujie Yan¹, Yiling Wang¹, Jingguang Chen¹

¹School of Life and Health, Huzhou College, Huzhou Zhejiang

²Shaoxing Hospital of Traditional Chinese Medicine, Shaoxing Zhejiang

Received: Jan. 3rd, 2025; accepted: Jan. 27th, 2025; published: Feb. 7th, 2025

Abstract

As the global aging society intensifies and various sudden accidents leading to limb dysfunction

*通讯作者。

文章引用: 孙彤滢, 王瑞, 刘敏, 严雨洁, 王怡凌, 陈劲光. 一款智能人机交互康复辅助仪的设计[J]. 护理学, 2025, 14(2): 189-198. DOI: 10.12677/ns.2025.142025

occur frequently, the number of patients with lower limb functional impairments continues to grow, and the demand for fully functional intelligent rehabilitation assistance devices keeps expanding. This article addresses the issue that current rehabilitation training is restricted to fixed medical facilities and large-scale medical equipment, often requiring the assistance and accompaniment of nursing staff. We designed this intelligent human-machine interactive rehabilitation aid device. This rehabilitation aid device leverages mechanical advantages, not only allowing doctors to move away from complex, burdensome, repetitive, and monotonous training tasks and methods, enabling them to focus more on improving treatment plans, but also increasing the possibility of centralized and remote rehabilitation care. Additionally, the rehabilitation aid can precisely control the rehabilitation treatment process. Through various sensors equipped in the rehabilitation aid, it measures human biological and kinematic data, combines and analyzes the data to assess the patient's functionality, providing an objective basis for doctors to improve and reference, making it more aligned with the actual treatment needs of the patients. This rehabilitation aid has significant theoretical implications and clinical application value for the clinical rehabilitation training of patients with lower limb functional impairments, as well as for the development and progress of modern rehabilitation medicine.

Keywords

Rehabilitation Aid Instrument, AI Intelligent Human-Computer Interaction, Myoelectric Chip Signal

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

“十四五”国民健康规划提出全周期保障人群健康，特别需要提升老年医疗和康复护理服务水平[1]。《关于全面加强老年健康服务工作的通知》[2]明确指出大力发展老年护理、康复服务，推进康复医疗服务和康复辅助器具配置服务深度融合[3]，扩大康复的环境选择可能会改善康复资源的使用[4]，用居家康复训练设备代替传统治疗方式是解决供需矛盾的有效途径与手段。针对老年患者下肢康复设备少，康复训练中面临时间和人力成本高，效率低下，缺少交互和反馈等诸多问题[5]，在“健康中国 2030”背景下，设计开发一款适宜老年人的居家型下肢术后康复仪，具有巨大的应用前景[6]。通过设计一款智能人机交互康复辅助仪，可用于家庭、医院、康复院的康复辅助器械，实现人机交互。现报告如下。

2. 前期调查

2.1. 专利检索

Table 1. Patent classification, IPC and technical content
表 1. 专利分类、IPC 及其技术内容

专利分类	IPC	技术内容	专利数量
帮助行动训练用器械	A61H1/02	训练用的伸张或弯曲器具	42
	A61H3/00	帮助病人或残疾人走动的器具	9
	A61H3/04	病人或残疾人用的带轮的行走辅助器具	3

续表

多种能源驱动用器械	A61H23/02	用电或磁驱动的	13
	A61H23/04	用液压或气动驱动的	2
	A61H23/06	手动	1
纯被动式器械	A61H7/00	揉捏按摩器具	2
	A61H9/00	气动或液压按摩	2
	A61H11/02	具有纵向振动带的按摩装置	1
	A61H15/00	用滚柱、球按摩，如可膨胀物，链条或滚柱链	3
	A61H23/00	叩打或振动按摩，例如使用超声振动；吸引 - 振动按摩；振动膜按摩	3
居家用品改造器械	A41D13/12	外科病人服装	1
	A63B23/04	用于下肢	8
	A43B3/00	鞋子	2

经国家知识产权专利局检索，以“康复辅助仪”为主题词，检索出近 5 年共计 92 件仪器辅具，国际专利分类号(International Patent Classification, IPC)如表 1 所示。后经文献检索，现已投入使用的仪器辅具包括髋关节外展辅助训练仪、摆动双层外骨骼等[7]，多可利用多信息融合技术，客观评价康复训练效果，增强患者训练信心，提高主动参与兴趣，为康复医生制定更加科学、精细的康复方案提供数据依据，缩短康复周期[8]，但仍普遍存在操作难度高，价格高昂等问题。见表 1。

总之，现下肢康复仪器从综合训练下肢的方向细化到了专门针对髋关节的功能性训练；从智能监督，实时监控、运动反馈以及人机对话等方向加以改进；从结构复杂、功能单一、价格昂贵、操作繁琐向简易、多功能、高操作性和便捷性转变；仪器的使用场景也从医院，研究所开始转向家用、生活用方向。

2.2. 问卷调查

针对市场痛点、客户需求、购买动机、产品价格、客户细分、购买特点、购买渠道、市场规模等方面设计问卷，分别对 201 名医务人员和 247 名患者进行了问卷调研。

2.3. 调研结果

医务人员更多的是觉得现有的康复辅助仪功能单一，外观笨重不可移动。见图 1。而患者则大多觉得仪器外观笨重，使用空间受到限制。见图 2。

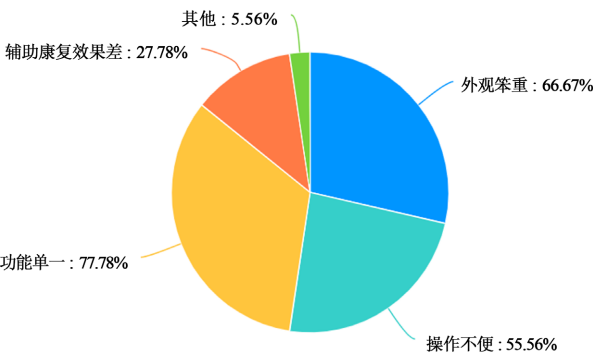


Figure 1. Analysis of medical personnel survey results
图 1. 医务人员调查结果分析

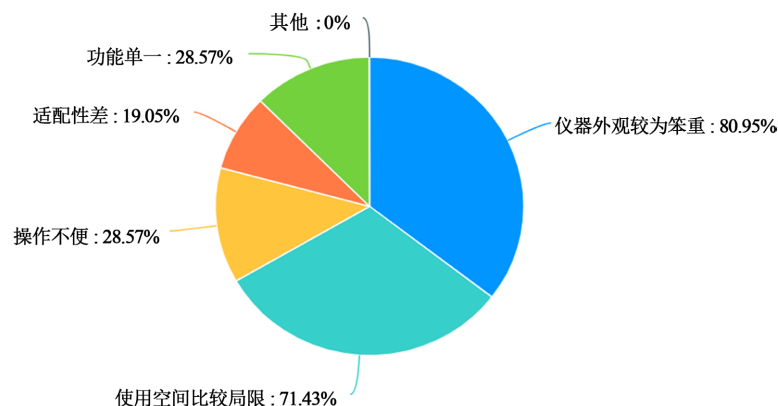


Figure 2. Analysis of patient survey results
图 2. 患者调查结果分析

几乎所有的医务人员都认可小腿骨折患者的中后期的康复可以变成居家进行，定期回医院复查的模式，而大部分的患者都有较为强烈的回家复健的意愿。对于不能居家康复的原因大多数人的担心是没有专业人员的指导以及没有专业的康复辅助训练器。医院大多数通过一对一、个性化训练指导，康复训练也有小部分使用视频讲解的方式进行指导。见图 3。患者则更加倾向于通过遥控按键使用康复辅助仪。见图 4。

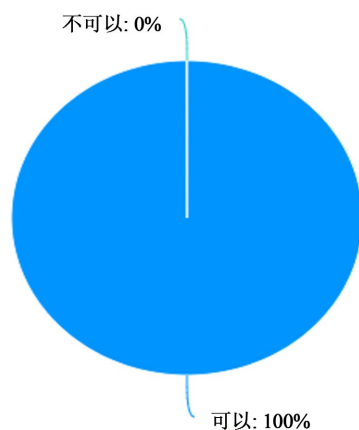


Figure 3. Medical staff's attitudes towards home use
图 3. 医务人员对家用态度

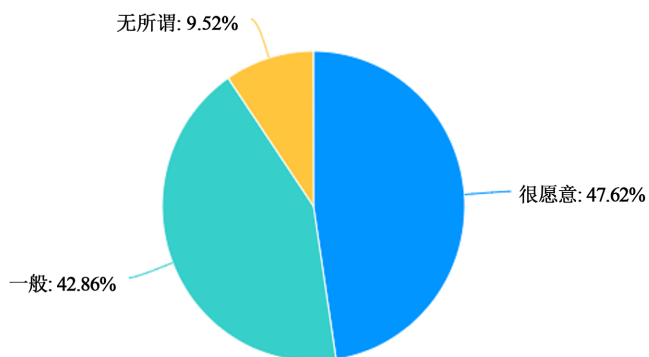


Figure 4. Patients' attitudes towards home use
图 4. 患者对家用的态度

目前已有的康复辅助仪，外观笨重占据空间、功能单一、操作不便且价格昂贵是较大的问题，绝大多数患者更加倾向于通过居家遥控按键使用康复辅助仪，但担心没有专业的康复辅助仪器以及医生的指导。而目前市面上存在的同类产品基本只能满足单方面功能需求。因此我们提出了一种便携式、居家化的康复仪，可安装在患者腿部，并在康复仪上加入了表面肌电信号识别记录患者的康复情况，辅助医生进行康复治疗，此款小型康复仪相对造价更低，更适合购买和使用。

3. 设计及功能

本康复辅助仪与智能科技结合，解决了传统康复辅助仪笨重、使用繁琐和安全隐患的问题，更加个性化和多样化。可以在患者腿抬高的高度未达到要求时，发出语音提示：过高或过低。当高度符合要求时，开始计时，当单次时间也达到要求时，提示：达标，并计数。针对重心转换站立的训练，该产品可监测重心的转换，对其进行计时，计数。在行走训练方面，该产品可对比双腿行走的步长，并计时、计数。当患者完成当日的康复训练量时，会发出提示音：今日任务已完成。此外，该产品还可以实时监测肢体数据，在患者复诊时，医生可以根据患者具体数据改进治疗方案。该产品还有摔倒报警系统，当患者摔倒时它将会自动报警并将残疾人摔倒的信息及其定位通过云服务器传输到小程序，其亲属就可以接收摔倒信息并获取患者的定位，及时采取措施给患者提供救助。另外，产品还配备遥控器，患者可以根据自己的需求选择不同的模式和定时开关，满足患者个性化需求，操作更加方便快捷。在外观上，产品精致小巧，方便携带，基本不会影响日常行动。

4. 具体功能结构

4.1. 主控板

esp8266 物联网开发板。ESP32 集成 2.4 GHz Wi-Fi 和蓝牙双模，采用台积电(TSMC)超低功耗的 40 纳米工艺，具有超高的射频性能、稳定性、通用性和可靠性，以及超低功耗，满足不同的功耗需求，适用于各种物联网应用场景。见图 5。

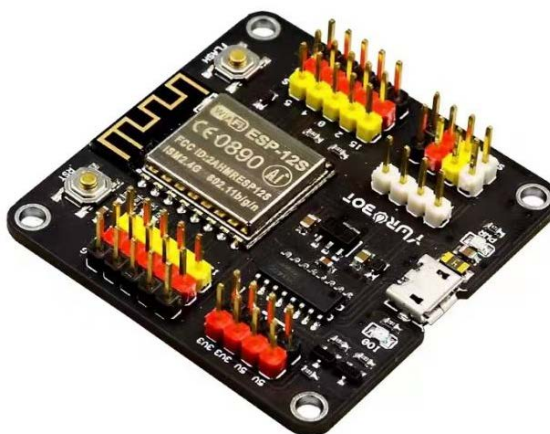


Figure 5. esp8266 iot development board
图 5. esp8266 物联网开发板

4.2. 语音提示模块主控板

使用语音模块(jr6001 型号)实现。该产品可以在患者开始进行康复训练时，提供语音提示；在动作不达标时，会有纠正的提示出现；当训练符合要求时，也会有提示音出现。见图 6。

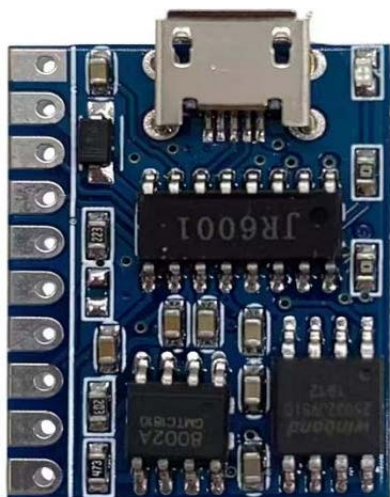


Figure 6. Voice module (jr6001 model)
图 6. 语音模块(jr6001 型号)

4.3. 抬腿训练监视模块(包括直腿抬高股四头肌功能训练及外展外旋肌功能训练)

采用位移传感器来监测患者抬腿的高度及外展的角度是否达到要求，用计时系统记录时间，三轴陀螺仪加速度变化判断患者抬腿速度识别患者是否抬腿成功，同时用智能语言系统给予患者提示，并计数。见图 7。

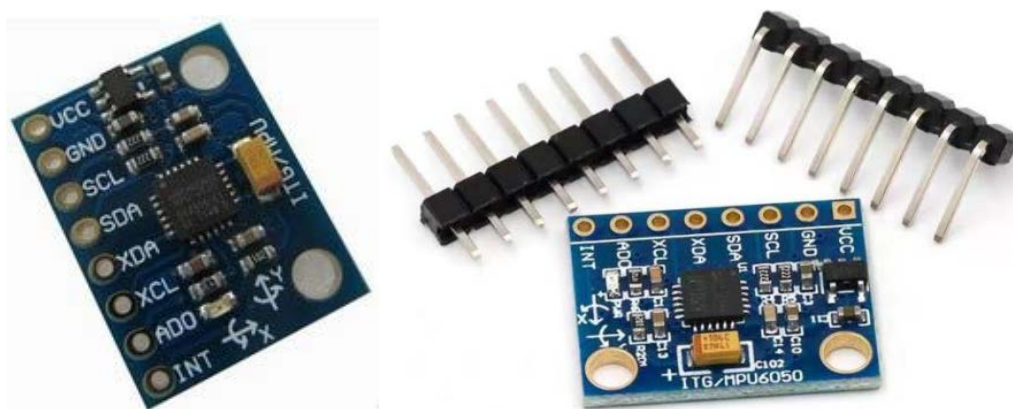


Figure 7. Three-axis gyroscope sensor (mpu6050)
图 7. 三轴陀螺仪传感器(mpu6050)

三轴位置：可以用陀螺仪判断患者的重心，三轴角度以及加速度，通过检测加速度变化量判别患者抬腿次数。

4.4. 下肢站立平衡功能监测模块

采用陀螺仪判断患者的重心位置。此外，还有计时、计数功能。

4.5. 行走平衡训练模块

采用 Maixduino 自配备摄像头通过双机通讯获取并对比患者双腿步长，检测患者训练效果。通过模式选择控制相应语言提示、计时和计数功能。见图 8。



Figure 8. Pressure sensor (light touch button)

图 8. 压力传感器(轻触式按键)

4.6. 摔倒报警及定位功能

采用压力传感器或压力传感器按键类型来判断患者是否摔倒。通过将按键围绕腿部一圈的方式判断患者摔倒的情况，及时发出警报，并通过 ESP 互联网模块将数据传输到微信小程序，使其亲属及相关工作人员接收到残疾人摔倒的信息并获取定位。见图 9。



Figure 9. Maixduino camera

图 9. Maixduino 摄像头

4.7. 医生获取数据和导入数据模块



Figure 10. An electromyography acquisition device based on the surface electromyography signal principle

图 10. 以表面肌电信号原理制造的肌电采集装置

采用肌电传感器获取患者的肌电信号，通过肌电传感器采集到的肌电信号可以反映出患者的肌肉状态，它可以让医生根据数据对之前的康复效果得出一个阶段性的评价，合理制定后续康复方案。医生调整康复数据并导入到仪器中，使其作为患者康复训练的监测数据。见图 10。

4.8. 模式控制选择

患者可通过使用遥控器选择符合个人需求的模式及定时开关。见图 11。

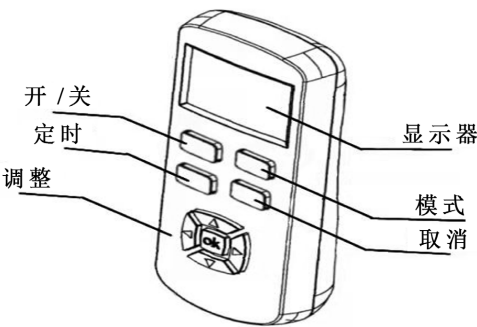


Figure 11. Remote control
图 11. 遥控器

4.9. 实物模拟图展示

见图 12。



Figure 12. Side view of product simulation display
图 12. 产品模拟展示侧视图

5. 优点

5.1. 功能模块化

不同实际情况的下肢功能障碍患者对康复训练的要求不同。下肢康复辅助仪功能设计倾向于模块化，有利于快速批量生产，降低设计成本，提高市场弹性，更具市场竞争力。用户根据自身情况结合训练需要选择使用各功能模块，并完成相应的练习，达到辅助康复训练的目的。功能模块化使得下肢康复训练仪更加实用、更加具有市场。

5.2. 控制智能化

在传统的下肢功能性障碍康复训练中,以被动训练模式为主,以机械结构驱动腿部运动。该模式对重症患者效果显著,对轻症患者则效果不良。智能化的控制系统,较为全面,在康复训练过程中,患者可借助位移传感器配合康复训练,助肌电传感器实时监测肢体数据,反馈给医生,以便在患者复诊时,为医生评估康复情况和效果、改进治疗方案提供客观依据。

5.3. 设计人性化

下肢康复辅助仪的研发用于下肢功能障碍患者,在设计产品时,必须考虑患者的实际需求,使其结构满足人体的生理需求,设备安全、人性化。大部分康复辅助仪潜在客户为老人,该产品易于操作和使用。整体外观美观大方,给予患者心理安全感,体现对患者的人文关怀。

本款智能康复辅助仪采用传感器,摔倒报警系统等技术对现有的大型康复辅助仪进行改进,可安装在腿部,制作体型更小,造价更低。内置的芯片用于监测患者的康复运动次数、时间及动作达标情况;语音提示系统指导患者进行正确的康复训练;摔倒报警系统可在患者摔倒时将信息通过云服务器传输到小程序,其亲属通过接收摔倒信息并获取患者的定位,及时采取措施给患者提供救助。通过肌电信号芯片,精准控制康复治疗过程,进行数据收集,为医生改善和优化康复方案提供客观依据。同时,辅助仪的联网功能,通过小程序与医院互联,减轻医务人员的压力,增大远程康复医疗及集中化康复医疗可能性。

6. 总结

在中国,下肢运动功能障碍患者越来越多,甚至有很多患者年纪尚小,高昂的医疗费用和康复器械费用加重了家庭的压力与负担。为了提高下肢活动困难患者的生活质量,帮助他们进行康复训练,恢复一定的活动能力,迫切需要一种家庭能够负担的康复辅助仪器。

下肢功能性障碍患者在康复训练时难免经历不断地摔倒和爬起,而监护人员并不能时时陪同,这不仅会给患者的生活带来不便,还可能对患者的肢体带来再次伤害。此外,下肢功能性障碍患者由于自身因素或者其他因素进行康复训练过于耗时耗力,进出医院不方便,这种特殊情况使得他们无法及时、快速和便捷地获取康复辅助仪,致使他们无法进行康复训练。前期调查发现,目前市场上的康复辅助仪大多为大型仪器,一般置于医院、养老院等特定场地,一定程度上限制了下肢功能性障碍患者的康复训练的时间与空间。对于肢体残疾四级的单侧小腿部分截肢患者,在截肢后是可以进行残肢抬高训练的,而在装上假肢后的适应阶段,患者主要进行平衡站立训练,重心转换站立训练和行走训练(要求双腿步长大致相同,患侧肢体的步长可略小于健侧肢体)。对于小腿骨折受伤的患者,亦可以进行抬腿训练和行走训练。这款新型的康复辅助仪,能针对不同程度的下肢功能性障碍患者和患者在康复训练的不同阶段的不同需求,帮助患者自主进行康复训练,加快患者康复的速度。本款智能康复辅助仪以其模块化功能,智能化控制和人文化设计实现人机交互,对于下肢功能性障碍患者的康复训练,甚至对于现代康复医学的发展进步都有重大的理论意义和临床应用价值。

项目基金

浙江省大学生科技创新活动计划(新苗人才计划) 2023R463004。

参考文献

- [1] 中华人民共和国中央人民政府. 关于全面加强老年健康服务工作的通知[EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-01/18/content_5669095.htm, 2022-01-18.
- [2] 魏聪惠, 郭坤, 马凤领, 等. 下肢康复机器人康复实践的研究进展[J]. 山东医药, 2023, 63(10): 95-98.

- [3] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院关于印发加快发展康复辅助器具产业的若干意见[EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-10/27/content_5125001.htm, 2016-10-27.
- [4] 林颖, 何鹏, 叶晶, 等. 髋关节助力外骨骼机器人研究现状[J]. 中国康复医学杂志, 2023, 38(4): 571-575.
- [5] 刘寒. 下肢髋关节康复训练设备设计[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江理工大学, 2019.
- [6] 洪理徽, 李洪叶, 吕南宁, 等. 康复机器人在下肢功能障碍康复中的应用[J]. 中国矫形外科杂志, 2024, 32(16): 1492-1496, 1501.
- [7] 冯晓兰, 高卉, 王洁, 等. 髋关节外展辅助训练仪的设计及在全髋关节置换患者中的应用[J]. 解放军护理杂志, 2020, 37(11): 84-86, 89.
- [8] 毕洪菊, 王迅, 张飒, 等. 程序化护理干预对髋关节置换术后患者康复质量的影响[J]. 保健医学研究与实践, 2022, 19(3): 122-125.