

基于人机工程的老年关节炎患者智能拐杖设计研究

张宇婷, 耿佳祎, 姚晓丽

北京工业大学艺术设计学院, 北京

收稿日期: 2023年12月2日; 录用日期: 2023年12月22日; 发布日期: 2024年2月26日

摘要

本文旨在基于人机工程学的患关节炎老年人智能助行器设计研究。首先, 通过对患有关节炎的老年人用户特征进行分析, 了解他们的身体状况、行动能力和需求。其次, 通过人机工程学分析, 探讨患关节炎老年人使用助行器时可能遇到的问题和需求, 以提供更好的设计方案。最后, 根据分析结果, 提出了一种患关节炎老年人智能助行器的设计方案, 包括合适的材料选择、人体工学设计、智能化功能等。通过本研究, 可以为患有关节炎的老年人提供更好的助行器设计, 提高他们的生活质量和行动便利性。

关键词

人机工程, 适老设计, 助行器

Research on the Design of Intelligent Cane for Elderly Arthritis Patients Based on Ergonomics

Yuting Zhang, Jiayi Geng, Xiaoli Yao

College of Art and Design, Beijing University of Technology, Beijing

Received: Dec. 2nd, 2023; accepted: Dec. 22nd, 2023; published: Feb. 26th, 2024

Abstract

This paper aims to study the design of intelligent walking aids for the elderly with arthritis based on ergonomics. First, by analyzing the characteristics of elderly users with arthritis, we understand their physical condition, mobility and needs. Secondly, through ergonomic analysis, we ex-

plore the problems and needs that elderly people with arthritis may encounter when using walking aids to provide better design solutions. Finally, based on the analysis results, a design plan for an intelligent walking aid for the elderly suffering from arthritis was proposed, including appropriate material selection, ergonomic design, intelligent functions, etc. Through this study, better walking aid designs can be provided for elderly people with arthritis to improve their quality of life and ease of mobility.

Keywords

Ergonomics, Design for the Elderly, Walking Aids

Copyright © 2024 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

2022年,中国已正式进入老龄化社会,预计2033年左右进入超级老龄化社会,据推算,未来居家养老的比重将达到98% [1]。基于中国健康与养老追踪调查于2015年发布的数据,近四成老年人患有关节炎或风湿病类慢性病。同时,随着年龄增长,身体机能衰退,相当一部分老年人饱受腿脚不便,行动受限的困扰。现在居家养老的环境、设施、产品没有得到足够的关注和研究,且市面上助行器和其他老年人用具使用体验不佳、功能单一、外表老旧[2]。在此情况下,文章提出基于人机工程学和智能物联对患关节炎老年人的智能助行器进行设计,使老人能够独自、便捷地操作产品,并能够从容的解决生活中的紧急情况,提升生活质量。

2. 患有关节炎老人用户特征分析

2.1. 生理特征分析

人在步入老年阶段后,生理机能开始逐渐衰退,生理机能的老化主要体现在感知系统、神经系统和运动系统三个方面。在感知系统中,老年阶段对光亮度和色彩的辨别能力下降、远视、敏感程度降低、视域变窄,并对高频声音不敏感,出现听力减退现象甚至耳聋[3]。在神经系统方面,老年人思维灵敏度、短期记忆能力、推理能力均发生减弱,并常出现精神不集中、对环境刺激的反应时间延长的情况。运动系统方面主要有肌肉松弛、骨质疏松的变化。根据研究调查显示,重心不稳、肢体活动能力和协调能力下降是老年人在站立、运动的过程中所存在的主要现象。

2.2. 心理特征分析

进入老年期,老年人的心理变得比较敏感,由于年龄关系自身能力变得越来越差,许多事情会感到得力不从心,这种落差会使他们产生自卑、焦虑不安等负面情绪。此外,现在越来越多的老年人独居生活,这种情况大大加深了老年人心中孤独寂寞与失落感。患有关节炎老人身体上的关节疼痛不适感可能会造成失眠和疲劳等问题,会进一步影响他们的心理健康,因此,精神关怀同样重要[4]。

3. 患有关节炎老年人助行器的人机工程学分析

人机工程学是研究人(关节炎老年人患者)-机器(助行器)-环境(室内外)三者之间相互作用的学科,

目的是为了使人机环境更好地符合关节炎老年人患者的生理和心理需求, 确保用户安全、舒适、高效的使用机器进行活动。

3.1. 人机工程学概述

人机工程学是一个多学科交叉的领域, 涵盖了心理学、工程学、生物力学、力学生物学、工业设计、平面设计、统计学、运筹学以及人体测量等多个领域。它的核心是研究和设计适合人体及其认知能力的设备和装置。国际人类工程学协会将人机工程学定义为专注于人类与其他系统元素(包括科学学科和行业应用的理论、原则、数据和方法)之间相互作用的学科。其目的是优化人类福祉和整体系统性能, 重点关注健康、安全和生产力。人机工程专家的工作重点在于评估人与技术的匹配度, 满足用户需求, 同时关注设备的尺寸、形状以及它们如何适应特定任务, 还有信息的展示、访问和修改方式[5]。

3.2. 人机工程学的研究方法

- 人种学分析: 这种方法源于人种学, 注重于观察真实环境中的实用技术。它是一种定性观测方法, 侧重于在工作场所使用的技术或环境的“真实世界”经验和压力。在设计过程中, 最好在早期阶段应用这种方法。
- 焦点小组: 这是一种定性研究形式, 通过对个人或一组人就相关技术或工艺进行调查。这种方法可以获得大量深入的数据, 但由于样本量较小, 可能受到个人偏见的影响。它可以在设计过程的任何阶段应用。
- 迭代设计: 这种方法也称为标准迭代设计, 旨在让用户参与设计的多个阶段, 以纠正设计过程中暴露的问题。这个过程可能既昂贵又复杂, 需要在设计具体化之前尽快完成。
- 用户分析: 基于对假设中的用户或操作者特征的分析, 通过定义他们的特性来创建用户角色。这个过程通常在设计开始阶段进行, 旨在预测最常见用户的特性。虽然成本较低, 但其挑战在于是否能准确匹配真实用户特征或定义是否清晰。
- 方法分析: 这个过程涉及对工人完成某项任务的逐步调查。它将每个任务分解成更小的步骤, 直到每个动作都被详细描述。这种方法有助于准确识别哪些任务可能导致重复性紧张。

3.3. 患关节炎老年人患者助行器的人机要素分析

3.3.1. 人与拐杖手柄的关系

手柄的材质应柔软且防滑, 以便于长时间握持而不导致手部疼痛或滑落。

手柄形状应适应老年人的手形, 包括人体工程学曲线或特殊形状, 以避免因长时间使用造成手部疲劳。

3.3.2. 人与拐杖杆身的关系

拐杖的杆身应提供足够的支撑力, 同时保持轻巧以便于携带和操作。材料选择对此至关重要, 可能包括铝合金、碳纤维或其他轻质但坚固的材料。

拐杖的长度应可调节, 以适应不同身高的用户。操作简便, 以确保符合用户的身体比例和舒适度[6]。

3.3.3. 人与拐杖尖端的关系

尖端设计应确保在各种地面(如湿滑、不平坦地面)上的稳定性。防滑材料和足够的接触面积是关键。尖端材料应具有良好的耐磨性能, 保证长期使用的安全性。

3.3.4. 综合考虑

拐杖应保持适当的平衡和重量分配, 便于携带和操作, 同时在视觉上具有吸引力。

设计时应考虑关节炎老年人可能的身体限制，如关节活动范围受限，确保拐杖能减轻关节负担，易于使用。

可以考虑提供个性化选项，如不同颜色和手柄形状，以适应不同用户的偏好和需求[7]。

4. 患关节炎老年人智能助行器设计方案

4.1. 设计创意

本研究注意到患有关节炎或风湿病等慢性疾病的居家养老人群存在关节疼痛、肿胀、僵硬、活动受限以及由于其他因素导致腿脚不便的问题。为了满足这一人群的生活需求并提高他们的生活质量和幸福指数，研究小组结合了鸟类外形、老年人心理因素以及人因工学人体数据，设计了一款名为“飞翔拐杖”的辅助设备。该设备具有安全急救系统、小块屏幕智能控制电器以及方便持握借力的特点。通过使用这款设备，居家养老人群可以随身携带并满足他们的生活需求，同时提供安全保障。与此同时，该设备还解决了家居电器遥控放置混乱、开关难以辨认的问题，为居家养老人群提供更好的生活体验。

4.2. 老年人助行人机尺寸分析

4.2.1. 人机工程学产品满意度选择

在产品设计中，应用人群的控制区间非常严格，设计参数必须在规定区间内。本文考虑到老年人的生理功能开始衰退，在设计老年人助行器的尺寸时，我们参考了包容性和安全性要求。一般来说，我们选择人体上下限尺寸作为产品设计的区间范围。根据表 1 中的满意度分类，为了满足目标用户中的大多数的需要，我们把第 50 百分位数(P50)作为拐杖整体高度的设计依据进行 III 型产品尺寸设计，选取第 95 百分位数(P95)作为放置小警部位的设计依据，进行 IIA 型产品尺寸设计[8]。

Table 1. Product design satisfaction
表 1. 产品设计满意度

产品类型	产品性质	人体尺寸百分位数	满足度
I 型	安全健康类产品	上限值 P99, 下限值 P1	98%
	工业设计类产品	上限值 P95, 下限值 P5	90%
IIA 型	安全健康类产品	上限值 P99 或 P5	99%/95%
	工业设计类产品	上限值 P90	90%
IIB 型	安全健康类产品	下限值 P1 或 P5	90%
	工业设计类产品	下限值 P10	
III 型	工业设计类产品	P50	\

4.2.2. 老年人人体尺寸设计

人体尺寸来源通过查阅《中国成年人人体尺寸》标准，助行器设计涉及到的人体尺寸数据包括站姿尺寸和坐姿尺寸。根据资料可知，与青年时期相比，中国 60~80 周岁的老年男性平均身高降低 1.9%，而与之对应的老年女性则降低了 4% [9]。依据《中国成年人人体尺寸》中的人体数据，利用二者的身高衰减速率进行计算，可以得到老年人的基本身高。设 X 为成年人的任何一个百分点身高，X' 即本文所要求的 65 周岁及以上的老年人年龄，K 为成年人至老年人的身高衰减速率，通过建立公式 1

$$X'_{\text{性别}} = X_{\text{性别}} \times (100 - K_{\text{性别}})\% \quad (1)$$

可以计算出 65 周岁及以上的老年人基本人体尺寸，由于选择满意度为 90% 的设计标准，人体尺寸上

限值为 P95, 下限值为 P5, 因此如下表 2 列出我国 65 周岁及以上的老年人站姿状态和坐姿状态下的 P50 人体数据作为本文设计依据。

Table 2. P50 measurement data of Chinese elderly aged 60 and over (unit: mm)

表 2. 中国老年人(60 岁以上)部分人体 P50 尺寸数据(单位: mm)

测量参数	男性	女性
手功能高	733	680
坐高	883	812
坐姿肘高	255	226
坐姿膝高	486	460
手宽	84	78
前臂长	235	213

4.2.3. 人机尺寸参数确定

老年人助行器的尺寸主要通过上述公式(1)计算归纳出表 2 中的尺寸为依据并结合人机工程学理论完成老年人助行器相关参数的确定。

扶手高指助行器扶手到地面的垂直距离, 扶手的高度是指助行器扶手到达地面的垂直距离, 以确保用户在使用拐杖时能够保持舒适的姿势和正确的身体支撑。根据老年人的手功能高数据, 我们可以选择一个适合的扶手高度。根据表 2 中坐姿膝高的数据, 选取老年男性手功能高为 733 mm, 选取老年女性手功能高为 680 mm。

小臂承托部分长度。在老年人以站立姿势使用拐杖时, 拐杖的小臂承托部分起到支撑以及减轻手部受力的作用。根据老年人的前臂长数据, 我们可以选择一个适合的小臂承托部分长度。选取老年男性的前臂长度为 235 mm, 选取老年女性的前臂长度为 215 mm。

4.3. 设计功能分析

4.3.1. 可替换的底部

对于现有拐杖脱离使用者掌控就会倒在地上的问题, 我们想到了低重心“不倒翁设计”。这样即使使用者暂时不用拐杖时, 也无需特意寻找一个地方摆放拐杖, 拐杖可以自行直立在地上。

考虑到不同使用者的喜好的需求, 我们决定对拐杖底部同时进行可替换模块化设计。使用者可选择小四脚和大四脚或不倒翁作为拐杖底部。

4.3.2. 助行功能

将拐杖把手和支持小臂两部分作为鸟的形状, 拐杖把手部分为鸟的身子。承托小臂部分为鸟的翅膀。设计小臂承托部分一是为了在使用者行走时, 减轻他们手掌和手腕的受力, 二是为了在使用者起身时, 方便他们借力。

4.3.3. 常用家电遥控

该拐杖具有遥控功能, 我们将能够使用红外线操控的一些遥控器, 例如电视遥控器, 空调遥控器, 热水器遥控器等, 一同汇集在同一拐杖上, 我们将鸟的头部上做一个显示屏, 方便老人选择按键功能。

4.3.4. 急救药物储存

居家老人一般会有一些基础病, 比如心脏病等, 急救药物常备在身边会更具有安全性。因此我们将

拐杖置入一个急救药盒，方便老人需要急救药品时及时取到药物。或者也方便一些常备药物随身携带在身边。

4.3.5. 色彩设计

据调查，老年人偏爱鲜艳的色彩，老年人最喜欢的白色作为主色，分别以简单的灰、黑及蓝色作为辅色，颜色搭配简单大方；另外女性老年人喜欢红色，男性老年人所喜欢褐色作为辅色颜色搭配对比强烈、鲜亮，并且老年人对色彩偏好的多样化，于是本文对拐杖进行了多种配色设，以贴合老年人对颜色的喜好[10]。同时考虑到拐杖传统配色均为颜色明较暗，明度低，饱和度低的配色，这会使居家老人造成心理上更大的负担，造成老人的心情容易低落，因此，本文基于老人对颜色的喜好，为拐杖设计了4款配色较轻盈的款式，以此来提高老人心理上的舒畅度，减轻老人的心理负担，减轻沉闷感，使拐杖外观更加年轻化，增添活力。

4.4. 人机交互界面设计

考虑到老年人的认知差异，本文在选择设计智能按键图标时，尽量保持与一般设计中的常规操作一致，并且根据人的生理记忆顺序，颜色优于图形，因此本文选择了色彩鲜明的图标，这样方便老年人在操作时的查找与选择。

5. 结语

在人因工效学的理论基础下，配合智能物联的技术支持，患关节炎老年人智能助行器不仅满足了老人室内活动、应对突发情况的活动需求，还解决了产品尺寸设计不合理，功能使用繁琐的问题。我国市面上针对患有关节炎老人的专门类助行器尚未完善，但患病人口数量庞大，因此，市场需求量较大，具有良好的广阔市场。在产品设计中，也考虑到老人的生理和心理特征，希望为患关节炎老人的智能助行器设计提供支持和参考，设计出充满关怀和贴心的产品，尽力改善独居老人的晚年生活，为其增添一丝情感上的慰藉。

基金项目

北京工业大学第二十四届“星火基金”，项目编号 XH-2023-08-14。

参考文献

- [1] 刘胤衡, 贾骥业, 崔丽. 人口老龄化加剧养老难题何解[N]. 中国青年报, 2023-11-15(007).
https://zqb1.cyol.com/html/2023-11/15/nw.D110000zgqnb_20231115_1-07.htm
- [2] 王瑾. 基于老年用户需求的智能产品交互设计探析[J]. 工业设计, 2020(9): 106-108.
- [3] 刘春媛, 黎云桢, 李松阳, 王春洋. 基于情感化的老年助行器设计策略[J]. 鞋类工艺与设计, 2023, 3(18): 122-124.
- [4] 张艳河, 车奇鸿, 田丹舟. 过往经验中失智老人自理产品的设计逻辑[J]. 设计艺术研究, 2023, 13(2): 10-14.
- [5] 李军, 贾琼, 李琦. 人机工程在手推婴儿车设计中的应用研究[J]. 设计, 2016(7): 112-113.
- [6] 陈朝杰, 王俊灵, 陈文静, 胡艺帆, 余宇. 居家养老视角下高龄老人夜间照护辅助系统设计研究[J]. 包装工程, 2022, 43(22): 114-124+168.
- [7] 伏嘉裕. 基于行为分析的轮椅车架优化设计研究[D]: [硕士学位论文]. 徐州: 中国矿业大学, 2022.
- [8] 宋太智. 基于人机工程学的老年人助行产品研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 湖北工业大学, 2021.
<https://doi.org/10.27131/d.cnki.ghugc.2020.001087>
- [9] 徐利. 基于人机工程学的多功能移位器设计研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津科技大学, 2020.
<https://doi.org/10.27359/d.cnki.gtqgu.2019.000590>
- [10] 张品, 彭军. 老年人和残疾人居住环境色彩的研究[J]. 包装工程, 2003(1): 86-89.