

冻解者——基于FBM模型的冻结步态辅助治疗设备

张子璇, 陈灼, 周煜, 段星夷, 唐卫东*

南华大学松霖建筑与设计艺术学院, 湖南 衡阳

收稿日期: 2025年6月9日; 录用日期: 2025年7月21日; 发布日期: 2025年8月1日

摘要

本研究针对冻结步态患者群体, 探讨患者使用的辅助治疗穿戴设备具有更多的可能性和延展性。为此, 通过FBM行为模型指导患者行为, 激发用户兴趣并自主完成康复任务。通过采用访谈法深入剖析用户行为特征, 并提炼出训练中的关键点。依据FBM模型的理论框架, 提出增强用户行为动机、优化行为能力以及启动触发机制的设计策略。最后, 设计出一款游戏化冻结步态辅助训练产品, 旨在通过趣味性运动激发用户参与训练的积极性, 帮助用户促进康复治疗效果, 为冻结步态康复产品设计提供一定的借鉴。

关键词

步态冻结, 可穿戴设备, 游戏设计, FBM模型, 产品设计

Anti Freezer—A Gait-Freeze Assistance Device Based on the FBM Model

Zixuan Zhang, Zhuo Chen, Yu Zhou, Xingyi Duan, Weidong Tang*

School of Architecture and Design Art, South University of Science and Technology, Hengyang Hunan

Received: Jun. 9th, 2025; accepted: Jul. 21st, 2025; published: Aug. 1st, 2025

Abstract

This study focuses on the patient population with freezing of gait, exploring the potential and flexibility of the assistive therapeutic wearable devices used by patients. To achieve this, the study employs the FBM behavioral model to guide patient behavior, stimulating user interest and encouraging independent completion of rehabilitation tasks. In-depth interviews were conducted to thor-

*通讯作者。

文章引用: 张子璇, 陈灼, 周煜, 段星夷, 唐卫东. 冻解者——基于 FBM 模型的冻结步态辅助治疗设备[J]. 设计, 2025, 10(4): 195-203. DOI: 10.12677/design.2025.104021

oroughly analyze user behavior characteristics and identify key points in the training process. Based on the theoretical framework of the FBM model, design strategies were proposed to enhance user motivation, optimize behavioral capabilities, and activate triggering mechanisms. Ultimately, a gamified assistive training product for freezing of gait was developed. This product aims to engage users in training through fun and interactive exercises, thereby promoting rehabilitation outcomes and providing a reference for the design of similar assistive devices for freezing of gait rehabilitation.

Keywords

Freezing of Gait, Wearable Device, Gamification, FBM Model, Product Design

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

帕金森病(Parkinson's Disease, PD)是一种常见的神经退行性疾病,其发病率在全球范围内呈逐年上升趋势[1]。冻结步态(Freezing of Gait, FOG)是一种间歇性行走障碍,是PD患者中晚期的常见表现。患者会突然出现走不动的情况,这种突发性步态停滞不仅严重影响患者的行动,还极易出现安全隐患,引发跌倒受伤、残疾、甚至抑郁的情况,生活质量明显下降。文章旨在将FBM模型引入步态冻结患者辅助训练行为分析中,通过动机、能力和触发三要素深入分析影响步态冻结患者训练行为的关键因素,提出通过增强用户动机、优化用户能力和启动触发机制等策略,设计一款辅助训练产品,提高治疗效果。这不仅有助于改善康复效果,对推动步态冻结患者辅助训练的科学化系统化发展具有重要意义。

2. 相关概念解析

2.1. FBM 模型

FBM模型(Fogg Behavior Model)是由斯坦福大学的行为科学家B.J.Fogg提出来的,用于解释人类行为的发生[2]。该模型基于一个核心理论:行为是由三个要素同时作用的结果,即动机(Motivation)、能力(Ability)和触发(Prompt),当动机、能力和触发同时出现的时候,行为就会发生[3]。FBM行为模型是一种洞察人行为产生的模型,能通过行为动机、行为能力及触发机制三个要素挖掘出用户的行为需求,推动用户完成目标行为,提升用户体验[4]。FBM模型广泛应用于习惯培养、行为改变等领域,通过主动设计有效的引导人们的习惯[5]。将FBM模型运用在步态冻结患者领域,FBM模型通过动机、能力和触发等要素去影响他们,并通过游戏触发去驱动步态冻结患者的康复行为。

2.2. 步态冻结患者

冻结步态是帕金森病姿势步态障碍中的一种特殊表现形式,它也是引发帕金森病中晚期患者跌倒的重要原因,以反复发作的步态迟滞为特点。此外,冻结步态还会导致PD患者行走时步态紊乱,损害患者的机动性,从而明显增加跌倒风险,降低生活质量,给患者及其家庭带来了痛苦[6]。步态冻结患者大多存在于中老年人群体,长时间的倚靠和不良的姿势对腰椎、颈椎以及腿部都产生不同程度的损伤,由不良的行为习惯引发的健康问题也频频发生,引起社会的广泛关注。针对这些问题迫切需要设计出相应的辅助治疗产品。为了更好地符合帕金森老年人患者的生理和心理需求,确保用户安全、舒适、高效地

使用机器进行活动[7]。综上,探讨辅助产品设计,对于引导改善步态冻结患者治疗具有重要意义。

3. 基于FBM模型的用户行为与需求分析

3.1. 用户调研

文章运用访谈法,依据FBM行为模型的三大核心要素,分别设计了针对患者家属(详见表1)和康复科医生(详见表2)的访谈提纲。通过线下访谈的方式收集数据,明确用户需求和了解用户在使用过程中遇到的难点。本次调研主要集中在湖南某医院,访谈对象为两名专业康复科医生。在与康复科医生的访谈中,了解到步态冻结患者通常会出现以下特点:首先,出现生理功能障碍,突发性冻结的情况:患者在行走中无征兆的步态冻结,导致突然停滞或跌倒,尤其在复杂环境(拥挤场所、不平坦路面)中更易出现。患者易出现下肢肌肉僵硬和运动节奏紊乱的情况,患者需要通过外部提示(如视觉/听觉等)重新迈开步伐,但自主控制能力很弱。其次,患者的内部心理与外界社会面临挑战:经历跌倒创伤的情况,患者单独外出容易出现焦虑情绪,社交活动减少甚至出现自我隔离和抑郁的情绪。最后,因为生病而感到羞耻与自我认同危机:患者会因为避免被标签化而产生回避使用康复治疗设备的心理。而且患者在复诊时,经常因为“训练内容缺乏引导”“训练枯燥”“训练时间久”等原因消极复诊,导致治疗效果不理想。通过与康复科医生的访谈,系统地梳理了步态冻结患者在辅助训练中的需求,为开发更具针对性的训练工具提供了重要的依据。

Table 1. Interview outline for patients' family members

表 1. 患者家属访谈提纲

访谈类别	访谈内容	访谈方向
常规问题	在辅助训练中,您认为哪些因素可以提升患者的积极性?您觉得哪些工具设备能够帮助患者更好地训练?(了解患者及其家属对康复治疗设备的兴趣与动机。)	动机
	在日常训练中,患者遇到过哪些困扰?您期望设备可以解决什么问题?(旨在评估患者和家属对设备能力的可行性。)	能力
拓展问题	关于经常训练的项目,如何设计可以提高患者的训练兴趣?(分析设备在生活中怎样激发患者的步态改善训练行为。)	触发

Table 2. Interview outline for physicians

表 2. 医生访谈提纲

访谈类别	访谈内容	访谈方向
常规问题	您觉得哪些措施可以有效激发步态冻结患者的训练热情?	动机
	在康复训练过程中,经常遭遇的挑战和困难是什么?您觉得现有的辅助训练方法或工具中,哪些地方可以改进?	能力
拓展问题	在您的经验中,哪些因素被证明能够有效推动步态冻结患者坚持训练?	触发

3.2. 用户行为痛点分析

通过用户访谈,获取了步态冻结康复训练的相关信息,了解了一些康复治疗的方法:1.步态训练、原地踏步、舞蹈练习等帮助患者提高身体的协调性和平衡感,减少步态冻结的情况发生。例如,患者进行步态训练,跨越地面的线条来康复训练。2.视觉和听觉提示可以帮助患者克服步态冻结。例如,在地面上放置线作为视觉提示,或者使用有节奏的音乐通过听觉刺激来改善步态障碍。以上治疗方法可以根据患者的具体情况进行个性化选择和组合,以达到最佳的治疗效果。因此通过提供“感觉线索”的补偿

治疗应运而生,这种治疗方式是在患者冻结步态发作时,给予患者不同类型的感觉线索,如视觉线索、听觉线索或本体感觉线索的刺激,用这些刺激来补偿行走中的障碍,从而帮助患者克服冻结步态。类似于在激光束的引导下沿着线行走、按照节拍器或音乐的节奏来踏步走或在患者行走时给予下肢有节奏的震动提示,通过这些外部提示来锻炼患者克服“冻结”,达到行走的目的。因此,针对冻结步态发生时采集装置的安置部位分析:在腰部,膝盖和脚踝处分析,分别在站立、行走、震颤情形下,对对应的变量进行采集,发现腰部变化过小,脚踝处幅度相对膝盖处较弱,因此选择装置设计部位在膝盖处。

3.3. 用户需求分析

通过深入了解用户需求才能更好地提升用户的依赖性和体验质量。基于 FBM 模型中的动机、能力和触发因素,对问题进行分析,进而梳理出相关的行为问题(见表 3)。

Table 3. User requirements under FBM elements

表 3. FBM 要素下用户需求

访谈类别	访谈内容	访谈方向
动机方面	康复器材产品造型缺乏吸引力,色彩也较为沉闷。患者在康复治疗过程中难以坚持训练。此外,后台训练数据不够清晰,无法直观呈现训练内容及效果。	优化产品形态以提升趣味性,调整色彩搭配,引入高亮度色彩;实现数据可视化,并融入社交数据共享机制。
能力方面	训练难度缺乏可选择性,缺乏针对性;训练内容难以契合患者需求。	构建系统化的训练模块,精准匹配适合的训练内容;设立不同难度等级,由患者自主选择。
触发方面	训练过程比较枯燥;没有步骤提醒,指示不清晰,没有即时反馈提示,不清楚怎么操作训练仪器。	融入游戏化思维以增强趣味性;设计主题情节并配备语音提示功能,对患者操作步骤进行详尽指导;提供鼓励性语音进行及时反馈。

3.3.1. 动机方面

动机方面用户的主要问题是产品的兴趣不足,并且难以坚持康复训练。此外,产品的数据呈现不够直观,难以激励用户参与训练。针对这些问题,用户需求可以归纳为以下几个方面:1. 优化产品形态,使其更具趣味性;2. 调整色彩搭配,提升视觉吸引力;3. 建立有效的鼓励机制,增强用户内在驱动力;4. 实现数据可视化,让训练成果清晰展示,更好地激励用户坚持训练。

3.3.2. 能力方面

能力方面用户的主要问题为难以找到匹配的训练项目、训练内容过难,挑战性较大。基于此,用户需求归纳为设计训练模块系统化、简化训练方案、提高产品可用性以及易用性。

3.3.3. 触发方面

触发方面用户面临的主要问题有:训练内容单调、缺乏引导并且引导内容不够清晰。基于此,用户需求可概括为:引入游戏化思维,设置情节引导用户并明确指示。

4. 基于 FBM 模型的步态冻结患者辅助训练产品设计策略

FBM 模型的心理理念在于动机、能力和触发三者的协同作用。将 FBM 模型引入到步态冻结患者辅助训练产品设计,可以有效地提升步态冻结患者的训练依赖性,促进其康复进程。

4.1. 激发行为动机

步态冻结患者有较强依赖性、自制力较差等心理特征。患者在跌倒后可能会出现创伤后应激反应,

使患者在独立外出时产生强烈焦虑情感，甚至恐惧社交并产生退缩的想法，进而自我隔离出现抑郁等情绪。在设计中，增加趣味性元素提升用户动机，可从产品语义、视觉化呈现等方面入手。

4.1.1. 强化产品语义激发用户参与

向用户清晰地表达产品可以通过产品的形态、色彩、功能以及使用提示等功能。针对步态冻结患者，设计需求从生理需求来看，产品需要为患者提供辅助支持，确保使用中的稳定性与牢固性，同时操作简便，方便患者行走、休息以及收纳。在造型设计上，采用趣味化的元素可以增强产品的亲和力，帮助患者缓解因腿部功能障碍而产生的自卑情绪。色彩上，明亮的色调促进患者保持积极的心态。合理搭配色彩、设计简洁、功能明确从而提升用户体验与训练效果。从心理需求层面来看，患者渴望被关怀、包容和陪伴，产品应助力其独立出行、赢得他人尊重，从而患者满足自我实现感。

4.1.2. 数据可视化推动用户执行力

在步态冻结患者的康复训练中，训练数据晦涩难懂，加重了用户的认知负荷，导致用户难以直观了解康复进程状态。鉴于我国帕金森病患者平均发病年龄为 60 岁，可借助图形、色彩等视觉元素简化复杂数据，便于用户理解与记忆。比如，后台自动记录用户每个训练项目，并以图形形式呈现。此外，可以通过上传数据的方式开展病友间的竞赛排名 PK，能增强用户黏性。用户完成一系列模块训练后，后台自动收集训练数据，记录训练时长、得分和次数，让患者家属清晰了解训练进度与成效。

4.2. 增强行为能力

提升产品的可用性和易用性能够有效增强用户能力，可以通过渐进性训练实现。渐进性训练分步骤引导，将训练任务拆解为简单、明确的步骤，让用户从基础操作开始，逐步过渡到更复杂的操作，保护用户对产品使用的积极性。在训练过程中，根据用户的年龄、学习进度和状态，灵活调整训练难度。若用户遇到困难，可以适当降低难度，保护用户的训练积极性。这种训练方式避免了过于激进的治疗模式，促进用户在训练中保持兴趣和动力。

4.3. 激活行为触发

根据 FBM 模型，如果没有触发因素，无论动机和能力多么强烈，行为都不会发生[8]。而加入语音提示和引导后便启动触发机制。

4.3.1. 游戏化思维加强引导性

1. 游戏化设计

游戏化是通过一定的方法或手段将游戏元素引入某种具有核心价值或意义的活动中，从而弥补参与者持续参与其中可能遇到的阻碍或困难，是一种用于功能恢复和康复的新型介入方法[9]。在游戏化的设计中，关键在于建立步态冻结患者与设备之间的趣味性交互方式，激发他们的使用热情。最近的一项 Cochrane 评价评估了虚拟现实(VR)治疗对中风患者运动、步态、平衡、认知功能和日常生活活动(ADL)恢复的影响，发现，特别是对于下肢治疗，VR 方法比传统疗法产生了更好的功能结果。玩游戏已被证明具有许多积极的行为和生理影响，导致认知、运动和情感测量的显著改善。

在康复游戏中，动机是康复中一个非常重要的因素，通常与更好的治疗结果有关，它可以被认为是一种鼓励患者引发或维持目标导向行为的心理特性。当我们在一项活动中找到兴趣、享受和满足时，我们就会有内在的动力。而玩游戏从根本上说是一种内在动机的活动[10]。

2. 需求挖掘：步态冻结患者需求洞察

以用户为中心的设计过程，是一个迭代的过程，涵盖了对用户的早期关注，即识别和理解他们的需

求[11]。在游戏化设计的过程中情境性的研究可以增添用户体验黏性[12]，因此，游戏化设计始于用户需求研究与环境分析，需求挖掘分为两方面：步态冻结患者的需求分为生理和心理两个层面：生理是以生物医学的视角分析身体各机能退化而产生的需求[13]。心理是以社会学视角分析老年人社会角色转变而产生的需求。

4.3.2. 主题性情节提供沉浸式体验

融入与主题情节相关的交互元素和任务，让用户置身于故事之中。用户的决策和行为能够左右故事走向与结局，这种参与感极大增强用户的沉浸感。比如，可设计踢踏游戏、寻找隐藏物品或捉虫子游戏等。在开展康复训练时，加入语音提示帮助用户顺畅操作，从而提升操作效率。在训练过程中，用户会面临各种问题，可在训练内容中设置鼓励性语音反馈；若用户操作失误，则通过角色语音提示进行报错，进一步强化沉浸式体验[14]。

4.3.3. 技术支撑

游戏化产品通常采用 3D 投影技术，又称三维声乐影像投影。它能打破物理空间，可以让任何物体表面转变成动画实现物体与动画的完美融合，产生强烈视觉冲击力。基于康复游戏化场景、穿戴设备的形式以及空间摄像头，将游戏化的内容具象呈现在熟悉的生活场景中，突破游戏化的媒介局限。通过游戏数据等反馈上传到社区的方式互联网和其他电子支持设备，可以作为信息的来源，以进行监控、提供反馈和增强动力，目的在于支持自我管理和坚持锻炼和社区交流[15]。

5. 步态冻结患者辅助训练产品设计实践

5.1. 设计理念

产品名为“冻‘解’者”(ANTI-FREEZER)是一款针对冻结步态患者下肢的辅助康复设备。它结合了 AR 和 3Dmapping 技术，为患者提供稳定支撑、有效预防跌倒风险。同时，该设备将康复训练用游戏化的形式投射出来，促进患者积极参与康复治疗。设备有智能感应器可以实时监测患者的步态和姿势，收集患者康复运动数据后可以提供患者详细报告和个性化建议以及解决方案。根据上述 FBM 模型的分析，产品设计理念是通过增强行为动机、优化行为能力和启动触发机制策略来促进用户康复训练。

“冻解者”(见图 1)外观设计采取圆润光滑造型，旨在增强用户的亲和力。选择蓝白色作为主色调，形成明亮简洁的色彩风格；在康复训练内容上设置难度等级，进行渐进式训练，使行为变得更容易完成；在语音提示和引导方面，训练内容设置角色扮演攀登者的形式，通过模拟爬山操作提示激发用户训练兴趣。该产品旨在提高步态冻结患者的康复训练兴趣，优化训练过程，使训练变得轻松和有趣，进而提升康复效果。

5.2. 设计呈现

“冻解者”设计注重人体工程学，确保用户的穿戴舒适性，同时，“冻解者”借助游戏化交互设计多感官刺激的方式，为患者量身定制个性化的康复训练方案。该设备结合 AR、3D 映射和无线充电技术，具备数据采集与数据反馈功能，提高医护康复效率和患者参与度。

5.3. 游戏设计原理

“冻解者”中的游戏名为“登峰造极”(见图 2)：游戏模拟双腿原地踏步的动作，锻炼玩家的腿部肌肉的协调能力。游戏画面中有台阶和宝箱等元素，通过视觉登山界面和听觉音乐节奏引导玩家抬腿进行康复操作，同时结合触觉振动反馈形成一套完整的康复训练。游戏通过多感官刺激，辅助患者完成康复



Figure 1. Product detail drawings
图 1. 产品细节图

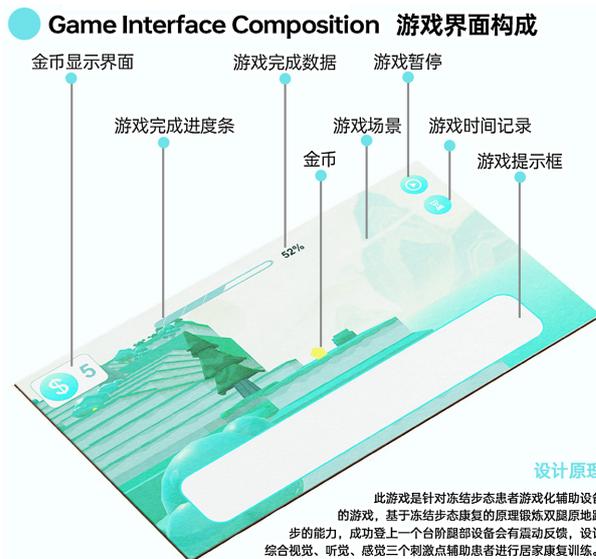


Figure 2. Game interface screenshots
图 2. 产品细节图



训练,操作简捷并具有趣味性。

“登峰造极”游戏界面的功能元素有金币收集数、游戏进度条显示、暂停界面和游戏开始后的计时器。每成功登上五层,用户将获得一个金币,在游戏结束时会计统计本次游戏内获得的金币数量。这些金币可以在应用内商城界面兑换商品,促进患者完成康复训练。

在游戏界面中设置了登山阶梯,玩家需要通过腿部动作来完成模拟攀登。玩家成功登上一个台阶时,设备会发出震动给予玩家明确的回应;如果操作失误,则不会有任何反馈,用户需登上山顶获取宝箱奖励。此外,游戏还具备日志功能,详细记录用户的训练成绩,包括社区排名、失误次数和获得的金币数量,这些数据通过可视化图表形式展示给玩家。整体而言,该游戏通过结合虚拟现实和多感官交互设计,为患者提供了一种新颖的康复训练方式,提高患者的康复效果和生活质量。

5.4. App 设计

App 设计应用名为“DJZ 冻结者”(见图 3),旨在为冻结步态患者提供全面的辅助训练和健康管理服务。设计上将数据的可视化,方便用户交互,简单易懂,能够直观地理解应用信息和服务。

App 内实时记录用户的跌倒次数、受伤部位等信息,为用户提供指导和记录功能。“数据中心”进一步细化了数据记录和分析,包括冻结步态持续时间直方图、游戏训练时间记录和使用后恢复情况的反馈记录,这些功能不仅便于用户自身对训练效果进行监测,也为医疗专业人员提供了有效的评估依据。

“健康社区”模块则为用户搭建了一个互动交流的平台,通过分享社交动态和提供教育内容。“我的”



Figure 3. App interface screenshots
图 3. App 界面图

模块则集中了个人信息、运动步数、游戏康复训练时间、用药提醒、家人留言和我的体检报告等功能，为用户提供跌倒风险评估与预警服务，帮助用户提前采取预防措施，享受个性化的健康管理体验。

App 整体设计上注重布局的清晰合理，保证基础的视觉美观与交互流畅，确保用户在使用过程中能够获得良好的体验。通过 App 模块，能够帮助冻结步态患者更好地管理自己的健康。

6. 总结

文章研究为步态冻结患者康复辅助训练产品设计提供了参考，通过将训练内容游戏化的方式提高了训练的趣味性；利用 FBM 模型分析设计机会点，最终从动机、能力、触发三个角度阐述了步态冻结康复辅助产品的设计策略并应用于设计实践中，提出了针对性的设计策略，进而提高训练产品的易用性，系统性地提高了步态冻结患者康复训练的依赖性和治疗效果。希望可以从用户的角度出发，提升用户康复质量，进而为整个康复设计领域提供一定的借鉴。

注 释

文中所有图片均为作者自绘。

参考文献

- [1] 艾春雨, 周敏, 贺萍, 等. 帕金森病人护理依赖研究进展[J]. 护理研究, 2021, 35(20): 3661-3664.
- [2] Fogg, B. (2009). A behavior model for persuasive design. Proceedings of the 4th International Conference on Persuasive Technology, Claremont, 26-29 April 2009, 1-7. <https://doi.org/10.1145/1541948.1541999>
- [3] 汪少烽. 劝导式设计研究综述[J]. 包装工程, 2022, 43(22): 32-46.
- [4] 谭志, 蒋晓. 基于 FBM 行为模型的在线学习平台交互设计研究[J]. 包装工程, 2020, 41(4): 189-194.
- [5] 韩敏, 秦娟, 邓伊澜. 基于 FBM 模型的视障儿童辅助训练产品设计研究[J]. 工业设计, 2024(12): 24-28.
- [6] 庄原. 通用设计视野下帕金森患者生活自理类辅具的设计研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉理工大学, 2017.
- [7] 束晓永, 余娣, 李娇娇. 基于人机工程学的帕金森老年人助行器设计研究[J]. 设计, 2023, 36(2): 136-138.
- [8] 林紫婧, 窦金花. 基于劝导理论的高校移动图书馆服务策略[J]. 图书馆工作与研究, 2023(5): 82-90.
- [9] 徐佳辰, 沈杰. 游戏化视角下老年人健身产品设计研究[J]. 设计, 2021, 34(23): 68-70.
- [10] 蒋金辰, 陶小惠, 李玉玲. 游戏化在适老产品设计中的应用研究[J]. 装饰, 2024(1): 133-135.
- [11] Mora, A., Riera, D., González, C. and Arnedo-Moreno, J. (2017) Gamification: A Systematic Review of Design Frameworks. *Journal of Computing in Higher Education*, 29, 516-548. <https://doi.org/10.1007/s12528-017-9150-4>
- [12] Altarriba Bertran, F., Márquez Segura, E., Duval, J. and Isbister, K. (2019) Chasing Play Potentials: Towards an Increasingly Situated and Emergent Approach to Everyday Play Design. *Proceedings of the 2019 on Designing Interactive Systems Conference*, San Diego, 23-28 June 2019, 1265-1277. <https://doi.org/10.1145/3322276.3322325>
- [13] 齐宗敏. 社区公共健身设施适老化设计研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 中国美术学院, 2019.
- [14] 黄敬昕, 肖东娟. 基于 FBM 模型的结直肠癌筛查服务设计研究[J]. 设计, 2022, 35(19): 32-35.
- [15] 李伟, 公维军, 高磊, 等. 《欧洲帕金森病物理治疗指南》康复方案解读[J]. 中国康复理论与实践, 2020, 26(5): 614-620.