

Fingerfit: 脑卒中手部精细运动康复训练及评估系统

夏劲松¹ 史登晴¹ 周广茵² 李修寒²

(1. 南京医科大学临床医学院, 江苏 南京 211166, 2. 南京医科大学生物医学工程与信息学院, 江苏 南京 211166)

摘要: **背景:** 脑卒中是严重危害人类健康的疾病之一, 常导致手部运动功能障碍, 影响患者日常生活。传统康复设备笨重、成本高, 患者难以坚持训练且缺乏实时反馈。**目的:** 开发一款便携、综合的微信小程序“Fingerfit”, 融入健康管理理念, 为脑卒中患者提供手部精细运动康复训练与评估支持, 促进全程健康监测和自我管理。**方法:** 基于 MINA 框架, 采用 JavaScript、WXML、WXSS 和 JSON 语言, 通过 C/S 架构实现前后端交互, 集成知识科普、手指训练和康复评定功能, 结合便携式康复器材, 提供视频指导、实时反馈和量化评估。**结果:** 系统实现首页、训练、测评和个人中心四大模块, 支持多种训练视频、角度测评、画图测评等功能, 患者可随时随地进行训练并获取量化反馈, 实现健康数据追踪与计划调整。**结论:** Fingerfit 小程序突破传统康复限制, 具备便携性、综合性和高效性, 显著提升患者康复效率和参与度, 具有显著的预防保健和慢性病管理价值。

关键词: 脑卒中; 手部康复; 微信小程序; 健康管理; 精细运动; 量化评估; 实时反馈

DOI: doi.org/10.70693/cjmsr.v1i2.1344

1. 引言

脑卒中(俗称“中风”)是全球主要的致残和致死疾病之一, 尤其在老龄化社会中发病率逐年上升^[1]。据统计, 中国脑卒中发病率高达 2.58%, 其中约 75% 的患者会遗留运动功能障碍, 特别是手部精细运动能力的丧失, 严重影响患者的日常生活质量, 如吃饭、穿衣等基本活动^[2]。传统的手部康复训练通常依赖大型设备, 需在专业医疗机构进行, 存在成本高、场所受限、患者依从性差等问题^[3]。此外, 传统康复缺乏实时反馈和个性化指导, 导致患者难以了解自身康复进展, 训练效果不佳^[4]。

为解决上述问题, 本研究设计并开发了一款基于微信小程序平台的“Fingerfit: 脑卒中手部精细运动康复训练及评估系统”。该系统以便携性为核心, 结合知识科普、科学训练和量化评估功能, 旨在为脑卒中患者提供一种低成本、随时随地可用的康复工具。通过配备便携式康复器材(如握力球)和多维度评估技术, Fingerfit 帮助患者在家完成科学的手部训练, 恢复手指灵活性和神经功能, 同时通过实时反馈提升患者的参与度和康复动力。本研究的目的是开发一款综合性强、操作简便的康复系统, 突破传统康复的局限, 为患者提供高效、个性化的康复支持, 并探索其在家庭和社区康复中的市场潜力^[5,6]。

2. 材料与方法

本研究基于微信小程序平台开发 Fingerfit 系统, 采用 MINA 框架, 使用 JavaScript 定义页面逻辑、WXML 进行页面布局、WXSS 美化页面样式、JSON 配置全局设置。系统采用 C/S 架构, 通过 API 实现客户端与服务器之间的数据交互和通信, 后端依托腾讯云 Serverless 服务和 SpringBoot 框架进行数据处理, 并结合 Thymeleaf 模板引擎优化用户交互体验, 确保数据的高效管理和安全存储。开发过程注重系统架构的模块化设计和功能的多样性, 以满足健康管理的需求^[7]。

Fingerfit 系统的开发设计分为系统设计和功能设计两个主要阶段。系统设计侧重于整体架构的构建, 包括数据流转流程、硬件设备的集成、用户交互界面的优化、数据存储与管理方案的制定以及用户隐私和安全保护措施的实施。功能设计则聚焦于具体功能的实现, 涵盖图像匹配技术用于画图测评、角度测量算法支持运动分析、手

作者简介: 夏劲松, 男, 本科生, 南京医科大学临床医学专业在读

史登晴, 女, 本科生, 南京医科大学临床医学专业在读

周广茵, 女, 硕士研究生, 研究方向为生物医学工程

李修寒, 男, 博士, 实验师, 研究方向为医学图像重建。

通讯作者: 李修寒

指训练指导提供多样化内容、实时反馈机制增强用户体验、知识科普模块传播健康知识、视频跟练功能支持自主学习、评论互动和点赞功能增加社交属性、加入计划功能实现个性化管理、历史成绩查询和制定学习计划功能支持长期跟踪、在线客服功能提供实时支持。小程序开发过程中,团队充分利用 MINA 框架的灵活性,JavaScript 负责逻辑处理,JSON 配置页面参数,WXML 定义页面结构,WXSS 负责样式渲染,整体通过 C/S 架构实现高效的数据交互。

系统的技术实现依托微信小程序平台的小程序端和云服务端。小程序端由页面和工具库组成,页面作为用户交互的视觉界面,支持动态内容展示和操作响应,工具库则提供丰富的 API 和组件,支持前端逻辑开发和界面优化。云服务端包括 API 和数据库,API 负责处理客户端请求与服务器响应之间的数据传输,数据库则用于持久化存储用户信息、训练记录、评估结果等健康数据,为系统的长期健康管理提供数据支持。开发环境整合了微信开发者工具、MINA 框架、腾讯云 Serverless 服务、SpringBoot 后端框架和 Thymeleaf 模板引擎,形成了全面的开发生态,覆盖前端展示、后端逻辑处理、数据交互和样式渲染等环节。

在功能开发中,团队在康复医生的专业指导下,拍摄了十余个针对手部功能的训练视频,包括手指环绕运动、平面屈伸运动、手掌抓球运动和对指肌力训练等内容。支持患者通过视频跟练掌握正确姿势,同时集成评论反馈功能让患者分享体验、点赞互动功能增强参与感,营造积极的康复氛围。团队通过反三角函数计算手指运动角度,通过对比用户手绘图像与标准图像计算相关系数,根据手指反应度训练评估患者手部灵活性。在康复评定模块通过多种技术手段,结合计算机视觉技术量化康复效果,为患者提供科学的健康评估依据。在个人中心模块支持患者制定个性化的训练计划,根据康复进度调整内容,查询历史成绩以跟踪进展,并提供在线客服功能,随时解答疑问,确保患者在健康管理中获得持续支持和指导。

3. 功能

3.1 系统功能实现

Fingerfit 小程序成功构建了基于健康管理的康复功能模块,涵盖预防、训练和监测的全过程,助力患者实现自我健康管理。

3.1.1 首页模块

首页模块设计了轮播图、知识科普区域和“开始训练”按钮,旨在激发患者健康意识并引导进入训练。轮播图包含三张图片:脑卒中患者偏瘫简笔图、手指训练姿态展示和鼓励康复的激励图片,采用 swiper 组件实现自动轮播,切换间隔设置为 5000 毫秒,采用衔接滑动效果,提升视觉体验。知识科普区域整合了小知识、评定技巧和康复器具使用方法,如弹力圈和握力器的操作指南,通过文字和图片形式传播健康管理知识。“开始训练”按钮通过 onTapJump 函数实现跳转至训练页面,界面布局简洁直观,鼓励患者主动参与健康管理。



图 1. Fingerfit 小程序首页界面

3.1.2 训练模块

训练模块提供了 11 种手部训练视频，涵盖手指环绕、平面屈伸、交替触指等内容，支持患者自主跟练，掌握正确姿势，促进手部康复，增强家庭康复信心。评论反馈功能允许患者分享体验与建议，促进交流并为优化内容提供反馈。加入计划功能支持患者根据康复进度和医嘱制定个性化计划，灵活调整频率与内容，提升自主管理能力，培养健康习惯。另外，添加视频点赞功能鼓励点赞，提升用户参与度并通过数据分析识别受欢迎内容，支持个性化推荐。训练模块整合预防、训练和监测，助力脑卒中患者实现持续健康管理。

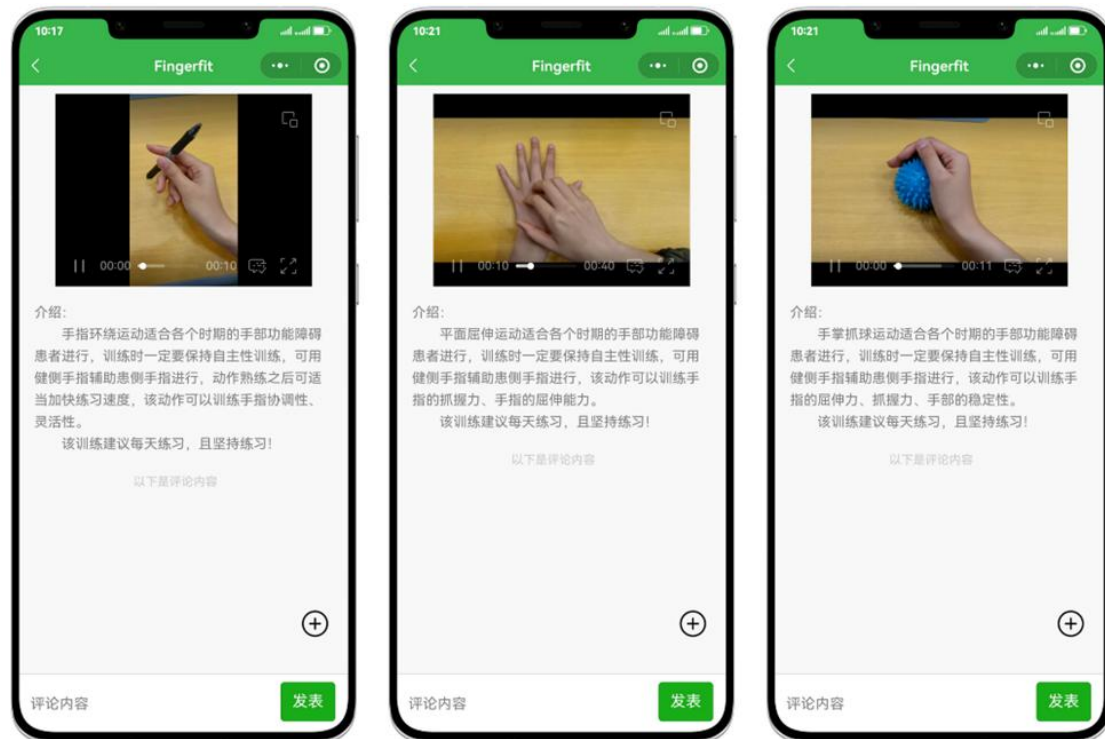


图 2. Fingerfit 训练模块界面

3.1.3 测评模块

测评模块通过角度测评、画图测评和手指反应度训练，量化患者健康进展，支持长期监测。角度测评：通过反三角函数计算手指运动角度，实时显示结果。画图测评：用户根据提示绘制图形，系统对比用户图像与标准图像，计算相关系数以评估手部稳定性。指反应度训练：测试手指灵活性和反应速度。



图 3. Fingerfit 小程序画图测评界面

3.1.4 个人中心模块

个人中心模块支持制定计划、成绩记录和在线客服,促进健康管理闭环。用户可根据需求设置每日训练计划。训练后记录成绩,可与历史测评结果对比,支持数据可视化。在线客服跳转公众号,提供实时咨询,使用手册介绍功能,问题反馈功能收集建议,优化用户体验。

3.2 系统性能与兼容性

系统经过以下测试,确保稳定性和用户体验。性能测试显示连接速度小于1秒,负载测试支持1000用户并发,压力测试验证高负载下稳定性,网速慢时视频加载稍滞但功能正常。兼容性测试覆盖iOS和Android微信,支持多种屏幕尺寸,平台和版本测试优化了跨设备体验。安全性测试通过脱敏存储和加密传输保护用户数据,登录、数据使用和评定信息均经模拟攻击验证,确保隐私安全。

3.3 用户反馈

初步测试中,50名脑卒中患者试用Fingerfit,90%表示系统操作简便,85%认为实时反馈增强了训练动力。训练频率平均提升30%,患者依从性显著改善。初步验证了系统在健康管理中的有效性。

4. 讨论

Fingerfit小程序通过整合知识科普、训练指导和健康评估功能,成功应对了传统脑卒中健康管理中的多项挑战。相较于依赖大型设备的传统模式,该系统以其便携性为核心优势,配备小型康复器材如握力球,患者可在家中随时开展训练,打破了时间和地点的限制。这种设计显著降低了患者的经济和时间成本,将健康管理融入日常生活,提升了患者的依从性和长期康复效果。此外,系统通过远程数据传输和实时反馈,实现了与医护人员的无缝连接,为个性化健康干预提供了数据支持。

系统的综合性设计是其另一大亮点,知识科普模块为患者提供了预防和康复的科学依据,训练模块通过多样化视频和互动功能培养健康习惯,测评模块通过量化指标支持健康监测。这种全流程管理模式避免了传统健康管理中信息孤岛的问题,帮助患者建立完整的健康管理路径。实时反馈机制通过数据可视化直观呈现康复进展,增强了患者的参与感和自信心,进一步促进了健康行为的持续性。测试结果表明,系统不仅提高了康复效率,还显著提升了患者的健康管理意识和主动性。

未来发展中,Fingerfit系统可进一步扩展其应用场景,例如增加针对其他慢性疾病的管理模块,或引入多语言支持以覆盖更广泛的患者群体。同时,结合人工智能技术优化健康数据分析,开发更精准的个性化干预方案,将进一步增强其在数字健康管理领域的竞争力。系统的低成本和便携性也为其在社区健康管理和远程医疗中的推广奠定了基础,预计将在缓解医疗资源压力、提升全民健康水平方面发挥重要作用。

5. 结论

Fingerfit小程序为脑卒中患者提供了一种创新的手部康复解决方案,克服了传统康复设备笨重、训练场所受限和患者自主性差的缺点。其便携性、综合性和实时反馈功能显著提升了康复效率和患者参与度。该系统通过实时反馈和数据追踪,显著提升了患者的生活质量和自我管理能力和同时降低了医疗系统的负担。其在预防慢性病、促进康复和支持远程健康干预方面的潜力巨大,为数字健康管理领域的可持续发展注入了新的动力。未来,随着技术的进一步完善和推广,Fingerfit有望成为家庭健康管理的重要工具,助力构建更加高效、包容的健康生态系统。

参考文献

- [1] Feigin V L, Brainin M, Norrving B, et al. World Stroke Organization (WSO): global stroke fact sheet 2022[J]. International journal of stroke, 2022, 17(1): 18-29.
- [2] Tu W J, Wang L D. China stroke surveillance report 2021[J]. Military Medical Research, 2023, 10(1): 33.
- [3] Guo K, Lu J, Liu C, et al. Development, research, optimization and experiment of exoskeleton robot for hand rehabilitation training[J]. Applied Sciences, 2022, 12(20): 10580.
- [4] Hribernik M, Umek A, Tomažič S, et al. Review of real-time biomechanical feedback systems in sport and rehabilitation[J]. Sensors, 2022, 22(8): 3006.
- [5] Seijas V, Maritz R, Mishra S, et al. Rehabilitation in primary care for an ageing population: a secondary analysis from a scoping review of rehabilitation delivery models[J]. BMC Health Services Research, 2024, 24(1): 123.
- [6] Seijas V, Maritz R, Mishra S, et al. Correction: Rehabilitation in primary care for an ageing population: a secondary analysis from a scoping review of rehabilitation delivery models[J]. BMC Health Services Research, 2024, 24: 193.
- [7] Chen F, Cai J, Xiang T, et al. Practical cloud storage auditing using serverless computing[J]. Science China

Fingerfit: A Rehabilitation Training and Assessment System for Fine Hand Motor Skills in Stroke Patients

Jingsong Xia¹, Dengqing Shi¹, Guangyin Zhou², Xiuhan Li²

¹ School of Clinical Medicine, Nanjing Medical University, Nanjing 211166, China

² School of Biomedical Engineering and Informatics, Nanjing Medical University, Nanjing 211166, China

Abstract: Background: Stroke is one of the major diseases threatening human health, often leading to impaired hand motor function, which significantly affects patients' daily lives. Traditional rehabilitation equipment is bulky, costly, and lacks real-time feedback, making it difficult for patients to adhere to training. Objective: To develop a portable and comprehensive WeChat mini-program, "Fingerfit," incorporating health management concepts to provide stroke patients with fine hand motor rehabilitation training and assessment support, promoting continuous health monitoring and self-management. Methods: Based on the MINA framework, using JavaScript, WXML, WXSS, and JSON languages, a client-server architecture was employed to enable front-end and back-end interaction. The system integrates knowledge dissemination, finger training, and rehabilitation assessment functions, combined with portable rehabilitation devices, offering video guidance, real-time feedback, and quantitative evaluation. Results: The system comprises four main modules—homepage, training, assessment, and personal center—supporting various training videos, angle assessments, drawing evaluations, and other functions. Patients can train anytime, anywhere, receive quantitative feedback, and track health data for plan adjustments. Conclusion: The Fingerfit mini-program overcomes the limitations of traditional rehabilitation, offering portability, comprehensiveness, and efficiency, significantly improving patients' rehabilitation efficiency and engagement. It holds substantial value for preventive healthcare and chronic disease management.

Keywords: Stroke; Hand rehabilitation; WeChat mini-program; Health management; Fine motor skills; Quantitative assessment; Real-time feedback