

移动健康应用程序在器官移植受者健康管理中的应用和展望

季茹 闫薇 李智霞 黄智平 张殿英 陈建雄 霍枫

【摘要】 随着移动互联网技术的迅猛发展，移动健康应用程序（mHealth APP）在健康管理领域的应用日益广泛，已被证实在慢性疾病管理中发挥着重要作用。实体器官移植受者术后面临复杂的健康管理需求，包括术后随访、用药管理、并发症与合并症防治以及生活方式调整等，而 mHealth APP 能为实体器官移植受者提供便捷的自我管理工具。尽管该领域取得了一定进展，但仍面临诸多挑战，如用户体验不足、技术依赖性和数据安全隐患等问题。因此，本文就 mHealth APP 发展历程、主要功能及应用现状进行探讨，分析其在提升实体器官移植受者自我管理能力和促进医患沟通及降低并发症发生率等方面的优势。同时基于笔者团队开发“移路同行”（TransMate）mHealth APP 的实际经验，提出 mHealth APP 未来应关注的方向，以期为实体器官移植受者健康管理提供更有用的支持和服务。

【关键词】 移动健康应用程序；实体器官移植；自我管理；健康管理；术后随访；用药管理；数据安全；人工智能

【中图分类号】 R617, R-05 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1674-7445 (2025) 03-0017-08

Application and prospects of mobile health applications in the health management of organ transplant recipients Ji Ru*, Yan Wei, Li Zhixia, Huang Zhiping, Zhang Dianying, Chen Jianxiong, Huo Feng. *Department of Hepatobiliary Surgery, Department of Organ Transplantation, General Hospital of Southern Theater Command of PLA, Guangzhou 510010, China
Corresponding author: Huo Feng, Email: gzhufeng@163.com

【Abstract】 With the rapid development of mobile internet technology, mobile health application (mHealth APP) are increasingly widely used in the field of health management and have been proven to play an important role in the management of chronic diseases. Solid organ transplant recipients face complex health management needs after surgery, including postoperative follow-up, medication management, prevention and treatment of complications and comorbidities, and lifestyle adjustment. mHealth APP can provide solid organ transplant recipients with convenient self-management tools. Although some progress has been made in this field, there are still many challenges, such as insufficient user experience, technological dependence, and data security risks. Therefore, this article discusses the development process, main functions and current application status of mHealth APP, and analyzes its advantages in improving the self-management ability of solid organ transplant recipients, promoting doctor-patient communication and reducing the

DOI: 10.12464/j.issn.1674-7445.2025071

基金项目：中国器官移植发展基金会移植健康管理专项基金（COTDF-020004）；联勤医学优质专科建设项目-器官移植（LQYXYZ-QGYZ）；南部战区总医院科技计划项目（2021NZA004）

作者单位：510010 广州，中国人民解放军南部战区总医院肝胆外科、器官移植科（季茹、李智霞、黄智平、陈建雄、霍枫），神经内科（闫薇）；中国器官移植发展基金会移植健康管理专项基金办公室（张殿英）

作者简介：季茹（ORCID 0000-0002-1102-6068），医学博士，副主任医师，研究方向为肝胆胰肿瘤、肝移植、移植受者健康管理，Email: ji.ru@hotmail.com

通信作者：霍枫（ORCID 0000-0001-5860-1448），医学硕士，主任医师，研究方向为肝胆胰肿瘤、肝移植、器官捐献，Email: gzhufeng@163.com

incidence of complications. At the same time, based on the practical experience of author's team in developing the "TransMate" mHealth APP, we propose the directions that mHealth APPs should focus on in the future, in order to provide more effective support and services for the health management of solid organ transplant recipients.

【 Key words 】 Mobile health application; Solid organ transplantation; Self-management; Health management; Postoperative follow-up; Medication management; Data security; Artificial intelligence

移动健康 (mobile health, mHealth) 应用程序 (application, APP) 是指利用移动通信设备和特定程序提供医疗服务与健康管理的工具。它通过智能手机、平板电脑等移动设备, 为用户提供便捷的健康监测、疾病预防和慢性病管理等服务。2016年, 美国国立卫生研究院健康问题共识小组将 mHealth APP 定义为“使用移动和无线设备来改善健康结果、保健服务和健康研究的工具”^[1]。近年研究表明, mHealth APP 能够显著改善慢性疾病患者的健康状态、提高治疗依从性并减少医疗成本^[2]。实体器官移植受者 (solid organ transplant recipient, SOTR) 术后需要长期的免疫抑制治疗预防排斥反应, 同时还需管理多种潜在的并发症。此外, SOTR 术后可能会经历焦虑、抑郁等心理健康问题, 可能影响他们的治疗依从性和生活质量。因此, 如何有效指导和协助 SOTR 进行中长期健康管理, 成为了当前器官移植领域亟待解决的问题。

1 mHealth APP 的兴起和发展

在 2000 年代初期, 最早出现的 mHealth APP 主要用于传递基本的健康信息和教育, 其功能相对简单, 如提供健康小贴士和药物提醒等。2008 年至 2010 年, 随着智能手机的普及, mHealth APP 的功能得到了显著增强, 增加了健康监测和疾病管理等更多功能。这一时期, mHealth APP 的数量和种类都有所增加^[3]。2011 年, 世界卫生组织发布了一份关于 mHealth 的报告, 强调了其在提高全球健康服务可及性和质量方面的潜力, 进一步推动了 mHealth 领域的发展^[4]。2016 年, 美国食品与药品监督管理局发布了 mHealth 监管框架, 为 mHealth APP 的开发和上市提供了更清晰的指导^[5]。2020 年至 2023 年由于新型冠状病毒疫情隔离政策的影响, 人们越来越依赖远程医疗服务和健康监测工具, 加速了 mHealth 的发展。自 2023 年以来, mHealth APP 在功能升级和新兴技术的引领下不断创新。人工智能 (artificial intelligence, AI) 和可穿戴设备的结合, 以及用户隐

私和数据安全问题, 成为这一领域的重要关注点。

在全球主要移动应用平台 (苹果和 Google Play) 上, 已有超过 35 万个 mHealth APP 可供使用, 预计每年有 37 亿次的下载量。目前 mHealth APP 不仅用于健身、生活习惯改变、饮食指导、营养调节和药物提醒等传统领域, 还广泛应用于精神卫生、糖尿病、心脑血管疾病等慢性病管理^[6-7]。文献计量学分析研究表明, 国际上对 mHealth 技术在慢性病管理中应用的研究热度不断增加, 文献发表量自 2019 年开始出现明显增长趋势, 研究重点是采用 mHealth 技术对慢性病进行干预, 利用数字技术为慢性病提供远程健康综合服务^[8]。瑞典一项多中心、随机对照试验评估了 Rehabkompassen[®] 数字随访工具促进卒中后患者个性化康复的有效性, 在 12 个月随访期间内, 86% 的受试者按计划坚持使用该工具并达到 100% 的任务完成率, 显示出极佳的可行性; 79% 的患者和 100% 的医师受试者对该工具表示满意, 75% 的患者和 100% 的医师受试者愿意继续使用该工具^[9-10]。Katwa 等^[11] 研究表明, mHealth 技术在改善肺功能、减少活动限制和急诊次数方面存在显著优势, 尤其是儿童哮喘的管理上具有广阔的应用前景。

2 mHealth APP 的主要功能

mHealth APP 利用移动性、便捷性、实时性、互动性和个性化以及数据整合与分析等优势, 可以满足目标人群以下要求^[12-14]。(1) 健康管理及监测: 可以实时准确地监测心率、血压、血糖、睡眠质量等关键生理指标, 可以记录运动步数、运动距离、消耗能量等数据;(2) 疾病自我管理: 获取准确、权威的疾病相关知识, 包括疾病的病因、症状、治疗方法、预防措施等, 了解疾病的长期管理策略, 在日常生活中调整生活方式来控制病情;(3) 自我诊断与在线咨询: 当出现身体不适时能够通过 mHealth APP 进行初步的症状自查, 及时通过文字、语音或视频咨询等方式与医师进行在线沟通, 及时获得专业的医疗建议;(4) 健康数据管理与分析: 将健康数据

能够安全地存储在 mHealth APP 中, 并且可以进行云端备份, 方便随时查看和管理, 还可以对收集到的健康数据进行分析, 生成直观易懂的健康报告, 指出存在的潜在健康风险, 提供个性化的健康建议。

针对特定人群设计的 mHealth APP, 应在开发前期深入调研目标用户群体的具体需求、使用习惯和偏好, 以确保其功能设计、界面布局和交互方式能够精准地满足用户的实际需求。Lieber 等^[15]在开发肝移植术后随访工具 LiveRightTM 前, 采取与肝移植受者面对面访谈的方式, 掌握其对 mHealth APP 的需求:

- (1) 与其他肝移植受者建立联系和增强情感支持;
- (2) 提供药物不良反应、健康饮食、体育活动、心理健康等教育信息;
- (3) 通过视频或短信的方式加强与移植团队的沟通;
- (4) 记录生理指标并实时与移植团队共享;
- (5) 免疫抑制方案的更新和用药提醒。

3 mHealth APP 在 SOTR 的应用现状

近年来, mHealth APP 在 SOTR 健康管理中的应用逐渐受到关注, 具体应用现状见附表 1 (扫描二维码可见)^[15-30]。这些 APP 在提升 SOTR 自我管理能力和促进医患沟通方面展现出诸多优势, 其在实际应用中亦面临一些挑战, 如用户体验不足、技术依赖性和数据安全隐患等^[31]。因此, 探讨 mHealth APP 在 SOTR 健康管理中的应用现状, 分析其存在的问题, 并提出相应的改进措施, 对于推动该领域的发展具有重要意义。



扫描二维码 1 可见附表 1

3.1 改善自我管理行为

SOTR 的自我管理行为通常包括自我监测生理指标、遵守治疗计划的依从性和向移植团队报告异常指标。DeVito Dabbs 等^[16]将 201 例肺移植受者在出院前随机分为 mHealth 干预组 (99 例) 和常规护理组 (102 例), mHealth 干预组使用 Pocket PATH APP 记录日常健康指标、查看趋势图和接收自动反馈

信息。结果发现 mHealth 干预组在自我监测、治疗依从性和报告异常指标方面的表现优于常规护理组, 表明 mHealth APP 干预对肺移植受者术后自我管理行为有积极影响。Langarizadeh 等^[32]针对肝移植受者设计了一款健康教育 APP, 教育内容涵盖医学专业知识、运动指导、营养、并发症预防、身体健康指数计算和药物提醒等, 经医学专家和肝移植受者评估, 该 APP 能够有效提升受者的自我管理意识, 并促进其与移植团队之间的互动。

3.2 协助家庭成员居家管理

SOTR (尤其是儿童受者) 出院后, 家庭成员需要付出大量的时间和精力来悉心照护、监督服药、观察症状和陪同随访, 面临巨大的压力和挑战。美国威斯康星州儿童医院护理研究团队通过“家庭自我管理干预”(myFAMI) 帮助家长解决儿童 SOTR 出院后居家管理方面的困难, 包括使用 mHealth APP 和通过视频或电话联系移植团队^[33]。研究发现, 家庭成员认为 mHealth APP 易于使用, 干预措施的可接受性很高, 允许家庭成员在居家环境中与移植团队保持定期沟通。

3.3 优化术后随访方案

比利时鲁汶大学医院研究团队开发出 Mynexuzhealth APP 用于“基于远程医疗的远程监测项目”(telemedicine based remote monitoring program, TRMP), 并纳入 115 例肝移植受者开展前瞻性随机对照研究 (87 例采用 TRMP, 28 例采用标准随访方式)^[28]。TRMP 组门诊访问次数少于标准随访组, 表明远程监控可能有助于减少受者前往医院的次数, 从而节省时间和资源; TRMP 组他克莫司水平测定次数多于标准随访组, 表明远程监控有助于更严格地管理免疫抑制药水平, 对于预防排斥反应和优化免疫抑制方案至关重要; TRMP 组急性肾损伤的发生率较低, 表明远程监控有助于及时发现和处理并发症, 从而保证受者健康。

3.4 提高用药依从性

用药依从性不佳是引发移植失败及病死率上升的关键因素之一。SOTR 需制定精确的免疫抑制方案, 包括合理的药物剂量与准确的用药时间, 以有效降低排斥反应的发生率。数字化用药方案 (digital medicine program, DMP) 采用可口服传感器用于提高儿童 SOTR 用药依从性^[23]。将小型传感器药丸和处方用药一起放入胶囊中, 当受者服用药物时胶囊中的传感器药丸会在胃液中激活, 发送信号到受者佩戴的

传感器贴片。传感器贴片接收信号后,将数据传输到受者的移动设备上,受者可以查看自己的用药记录和生物识别数据,医疗团队通过网络工具评估受者的药物依从性。研究证实了DMP在易用性、改善与医疗团队沟通、提高治疗动机,以及提高用药依从性等多项益处,也提出了该方法面临了一些障碍,包括使用意愿低、传感器与药物封装技术、长时间穿戴传感器以及对个人隐私和数据共享的担忧^[23]。

3.5 指导运动锻炼

2019年在美国匹兹堡大学接受肝移植术前评估的28例终末期肝病患者使用EL-FIT(Exercise & Liver FITness)APP进行术前运动锻炼和身体指标监测^[16]。EL-FIT提供了健康教育和运动指导视频,监控日常步数、心率和睡眠时间,以友好的界面显示收集的数据,并利用排行榜、徽章等激励肝移植等待者进行身体锻炼。结果发现,35%的受试者体能指标显著改善,在运动参与度、社交支持和对医疗团队的感知等方面均有提高^[27]。

3.6 提高疫苗接种率

疫苗可预防儿童SOTR感染和降低病死率、减少治疗成本。然而不到20%的儿童在移植前完成了适龄的免疫接种。CANImmunize公司开发了Immunize Pediatric Transplant APP用于提高儿童SOTR的疫苗接种率^[30]。这款APP通过提供疫苗信息、接种记录管理、发送接种提醒,以及促进家长与多学科医疗团队之间的沟通等功能,经两轮评估显示出高可用性和接受度,有望提高儿童SOTR的疫苗接种率。未来的研究可进一步扩大APP的应用范围,并评估其对实际疫苗接种率和临床结果的影响。

3.7 结合可穿戴设备和监护机器人

近年来可穿戴设备和监护机器人技术发展迅速。通过集成心率、血压、血氧饱和度等监测功能,可穿戴设备(如智能手表或健康监测手环)能够实时收集SOTR的生理数据、日常活动量、睡眠质量和药物服用情况,并通过蓝牙或无线网络技术将数据传输至移动设备或云端,为医疗团队提供全面的健康管理支持^[34]。国内研究团队通过随机对照研究发现,使用远程医疗机器人的SOTR在术后3个月的服药依从性、自我监测、生活依从性和随访依从性方面均显著优于传统电话随访的对照组;并且机器人组的每次随访时间显著缩短,随访满意度显著提高,表明远程医疗机器人在提高术后管理效率和受者满意度方面具有显著

优势^[35]。此外,监护机器人和可穿戴设备结合还能够提供心理支持和行为干预。通过预设的健康教育模块和实时互动功能,SOTR可以在家中获得个性化的康复指导,减少因术后恢复带来的焦虑和孤独感,不仅提高了受者的自我管理能力,还优化了术后康复的整体体验。

3.8 存在的不足及改进方向

当前关于SOTR使用mHealth APP的研究主要集中在国外,且多数为单中心研究。相比之下,国内相关研究项目较为匮乏。未来,应更多地在国内开展多中心研究,以填补研究空白并推动该领域的进一步发展。通过对国外研究文献的分析,发现当前mHealth APP存在以下不足之处及改进方向。

3.8.1 用户参与度不高 部分SOTR对个人数据保护存在担忧,影响了他们使用APP的意愿和频率,甚至导致受者参与度或留用率在试用后显著下降^[16,25]。因此在APP开发过程中加强数据隐私保护措施,确保用户数据的安全性,提供透明的数据使用政策,增强用户对数据安全的信任。

3.8.2 老年群体关注度不足 老年SOTR对智能手机应用的操作不太熟悉,在使用前需要更多的支持和培训^[36]。需要开发更简洁、易用的用户界面,减少操作复杂性,提供针对性的培训和指导,帮助老年用户熟悉APP操作,增加语音交互功能,降低对传统操作界面的依赖。

3.8.3 教育水平差异 尽管目前的研究对SOTR的教育水平是否影响mHealth APP的使用存在不一致的结果^[20,26],但考虑到部分SOTR的低教育背景,可能限制了他们对mHealth APP的接受度和操作熟练程度。可在APP设计中采用更通俗易懂的语言和图标,降低使用门槛;提供多语言支持和简化的操作指南,帮助不同教育水平的用户;开展用户培训活动,提升用户对mHealth APP的认知和使用能力。

3.8.4 必要功能缺失 尽管大多数mHealth应用有助于SOTR的信息收集和健康管理,但仍缺乏一些必要的功能,例如服药提醒和直接联系移植团队^[25]。未来可增加服药提醒功能,帮助用户按时服药;提供与医疗团队的直接沟通渠道,增强用户与医生的互动;开发更多个性化功能,如健康建议和预警系统。

4 “移路同行健康管理系统”建设

根据《国务院关于实施健康中国行动的意见》

《健康中国行动（2019—2030 年）》《全球数字健康战略草案（2020—2024）》等文件精神，中国器官移植发展基金会移植健康管理专项基金（以下简称“专项基金”）广泛征求国内移植专家和 SOTR 的意见，着手开发“移植受者全生命周期数字化健康管理”APP。2019 年 3 月，国内首个移植受者自我管理 mHealth APP——“移路同行”（TransMate）移植健康管理 APP（1.0 版）正式上线试运行。经过 4 年的测试与完善，目前已发展成为一个具备多种功能的跨平台 mHealth APP，其功能包括记录关键生理参数和检查结果、存档诊疗资料、查看用药方案、有关检验结果和血药浓度曲线分析、在线咨询回复以及健康科普教育等（图 1）。该 mHealth APP 在提高移植受者自我管理频次、降低并发症和合并症发生率以及死亡风险方面具有潜在价值^[37]。

截至 2024 年 1 月，平台注册移植医师约 110 人，注册移植受者超过 1 700 人。专项基金通过收集和分析用户反馈，发现需要改进的共性问题包括：优化界面设计、维持系统稳定性、简化注册和登录流程、提供可定制的通知功能以及加强用户隐私保护。这些问题也是国内外 mHealthAPP 普遍存在的主要不足^[38]。受者端 APP 主要问题有：（1）用户注册需后台人工验证，注册通过存在一定滞后性，影响用户使用体验；（2）手动录入数据过于繁琐，缺乏智能化数据采集手段；（3）功能相对简单，无法满足受者多样化的健康管理需求；（4）技术兼容性不足，无法与新的健康监测设备进行数据同步。医生端 APP 反馈的问题包括：（1）SOTR 上传的数据不规范或者格式不统一，难以快速筛选和提取关键信息；（2）缺乏团队协作功能，多学科医师难以共同管理 SOTR 的

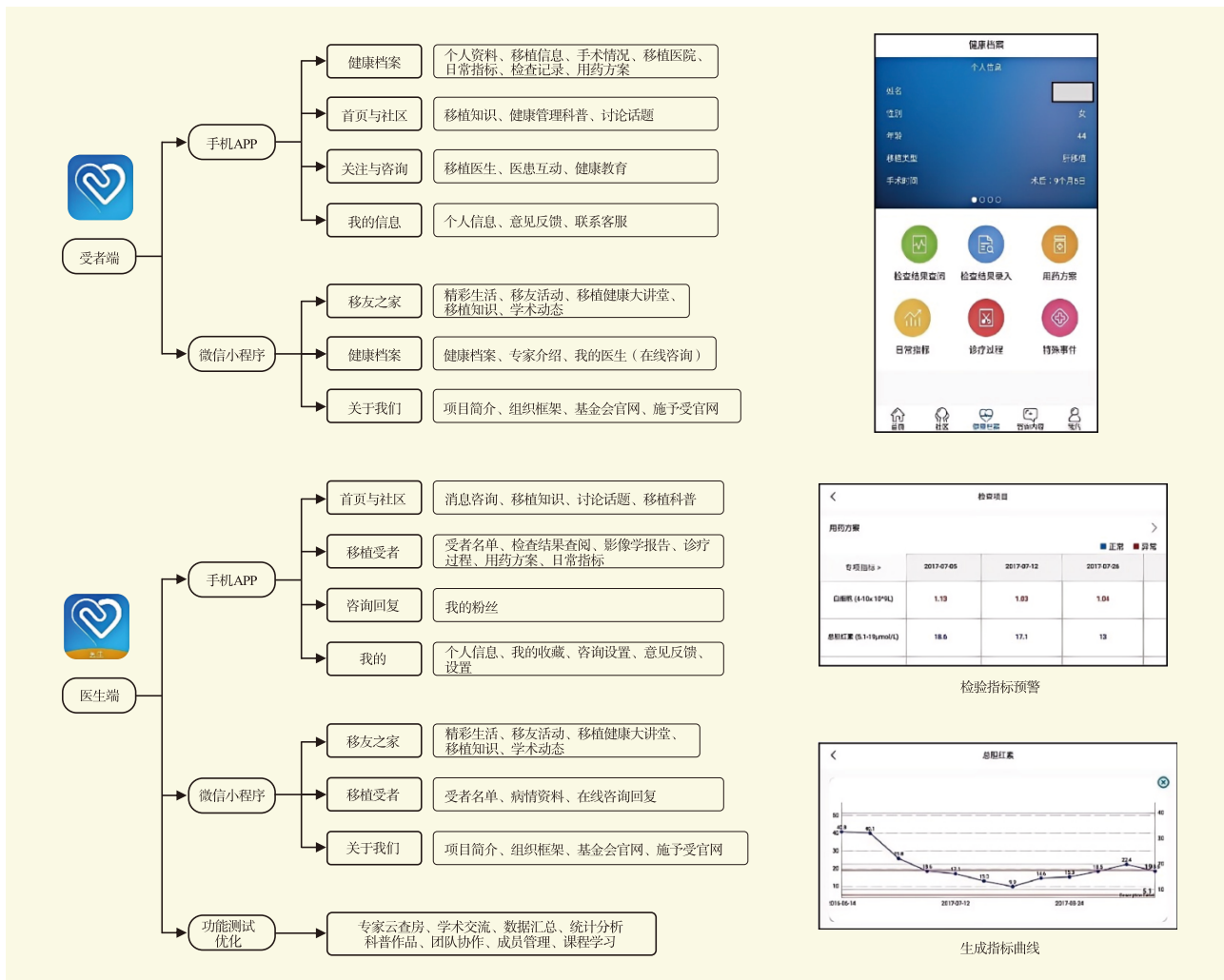


图 1 “移路同行”健康管理系统的功能

Figure 1 Main functions of the “TransMate” management system

健康; (3) 担心使用 APP 进行远程医疗可能带来的法律风险, 使用 APP 时存在顾虑; (4) 该 APP 为医师提供的功能较为有限, 导致在使用过程中的留存率和活跃度较低, 即“粘性”不足^[39]。

为进一步解决现存问题, 拓展数据采集的智能化水平, 优化功能并延伸服务, 专项基金于 2023 年和 2024 年进行了迭代升级。此次升级从以往的信息类平台 (1.0 版) 转变为服务型平台 (2.0 版)。为确保用户数据安全与隐私保护, “移路同行”移植健康管理 APP 在 2023 年获得了国家公安部信息系统安全等级保护备案证明。新版本预计于 2025 年 3 月完成系统测试, 并于 6 月正式上线。下一步将继续在医疗指标监测与管理、远程医疗服务、药物依从性管理、健康教育与行为干预、个性化健康管理计划以及多模态交互与用户支持等方面进行完善。这款 APP 将为移植医师提供更全面的支持。它不仅涵盖 SOTR 管理、远程医疗和数据分析等核心功能, 还将积极探索创新模块, 如“大咖云查房”、学术交流、团队协作、课程学习以及科普作品发布等。通过这些新功能的拓展, APP 将进一步提升移植医师的使用体验, 增强其对移植医师的吸引力和粘性。

5 mHealth APP 的未来发展方向

SOTR 健康管理 mHealth APP 的未来发展将聚焦于整合先进技术, 提升用户体验, 并增强医疗服务的可及性和个性化。随着移动技术、大数据、物联网和 AI 的快速发展, 这些 APP 有望实现更高级的健康管理功能。

5.1 大数据分析在 mHealth 中的价值不断增强

通过大数据分析, mHealth APP 将能够处理和分析 SOTR 的大量健康数据, 从而提供更精确的健康趋势预测和早期疾病预警。这不仅可以帮助 SOTR 及时采取预防措施, 还可以为个体化治疗和公共卫生决策提供科学依据^[12]。同时, 大数据分析还能帮助医疗机构优化资源配置, 提高服务质量, 实现精准医疗。

5.2 物联网技术在 mHealth 中扮演着重要角色

物联网可将各种医疗设备和传感器连接起来, 实时收集和传输 SOTR 的生理数据, 为随访医师提供更准确的诊断依据, 实现远程医疗和监控, 减少并发症风险^[34]。这不仅提高了医疗服务效率, 还扩大了医疗服务的覆盖范围, 使跨地域的 SOTR 也能享受到优质的随访服务。

5.3 AI 在 mHealth 中的应用前景广阔

通过深度学习和机器学习, AI 可以分析 SOTR 的健康数据, 提供个性化的健康建议和预防措施^[40]。APP 可以学习 SOTR 的健康行为模式, 并提供定制化的健康指导, 从而提高受者的自我管理能力和生活质量。AI 还可以辅助医师进行疾病诊断和治疗决策, 减少医疗错误, 提高医疗服务的安全性。

5.4 数据安全在 mHealth 中的重要性日益凸显

随着 mHealth 处理越来越多的敏感健康信息, 包括个人身份信息、生理数据和治疗方案等, 保护这些数据不被未经授权访问、泄露或滥用成为当务之急^[38]。mHealth 应用必须采取强有力的数据保护措施, 确保数据在传输、存储和处理过程中的安全。此外, 还需遵守相关的数据保护法规, 以增强用户对 mHealth 服务的信任。

5.5 远程医疗的法律保障和责任界定进一步完善

随着远程医疗服务的快速发展, 明确的法律框架和责任界定对于保障患者权益、规范医疗行为以及促进 mHealth APP 行业的健康发展至关重要。2018 年国务院办公厅印发《关于促进“互联网+医疗健康”发展的意见》, 强调了加强行业监管和安全保障, 对提供服务人员资质要求、医疗责任分担机制、在线医疗知情告知、服务数据全程留痕、保障数据信息安全等方面提出了要求。未来的法律保障方向包括完善立法明确责任主体、加强数据隐私保护、建立统一技术标准、优化医保支付政策, 以及强化监管机制^[39]。

6 结语

随着大数据、物联网和 AI 等新兴技术的迅猛发展, mHealth 技术预期将大幅提高 SOTR 的自我管理能力, 并改善其长期预后。面对技术进步带来的数据安全挑战, mHealth APP 应强化数据保护措施, 确保信息安全。“移路同行”移植健康管理 APP 的迭代升级正是这一发展趋势的体现, 它不仅优化了用户体验, 还增强了数据管理和监测功能, 为 SOTR 打造了一个覆盖全生命周期的数字化健康管理平台。总体而言, mHealth 技术在 SOTR 健康管理中的应用前景十分广阔, 将更安全、更可靠地服务于广大 SOTR 群体, 推动 SOTR 健康管理向更高水平发展。

参考文献:

- [1] BATEMAN D R, SRINIVAS B, EMMETT T W, et al. Categorizing health outcomes and efficacy of mHealth

- apps for persons with cognitive impairment: a systematic review[J]. *J Med Internet Res*, 2017, 19(8): e301. DOI: 10.2196/jmir.7814.
- [2] 汪雅静, 王侠, 韩荣荣, 等. 数字健康技术在老年慢性病患者服药依从性中的应用进展[J]. *中华健康管理学杂志*, 2024, 18(12): 956-960. DOI: 10.3760/cma.j.cn115624-20240414-00299.
WANG Y J, WANG X, HAN R R, et al. Application progress of digital health technology in medication compliance in elderly patients with chronic diseases[J]. *Chin J Health Manag*, 2024, 18(12): 956-960. DOI: 10.3760/cma.j.cn115624-20240414-00299.
- [3] ALANZI T, REHMAN S U, KHAN M A, et al. The evolution and mapping trends of mobile health (mHealth): a bibliometric analysis (1997-2023)[J]. *Mhealth*, 2024, 10: 23. DOI: 10.21037/mhealth-23-20.
- [4] MHealth: new horizons for health through mobile technologies: based on the findings of the second global survey on eHealth[EB/OL]. [2025-01-23]. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44607/9789241564250_eng.pdf?sequence=1.
- [5] Policy for device software functions and mobile medical applications[EB/OL]. [2025-01-23]. <https://www.fda.gov/media/80958/download>.
- [6] MAHMOOD A, KIM H, CHANG C F, et al. mHealth apps use and their associations with healthcare decision-making and health communication among informal caregivers: evidence from the national cancer institute's health information national trends survey[J]. *Am J Health Promot*, 2024, 38(1): 40-52. DOI: 10.1177/08901171231202861.
- [7] OZTURK N B, TAPPER E B. The rise of mobile apps for the management of chronic liver disease[J]. *Hepatol Commun*, 2024, 8(4): e0429. DOI: 10.1097/HC9.000000000000429.
- [8] 施博文, 马慧敏, 潘言志, 等. 移动健康技术在慢性病管理中应用进展的文献计量学分析[J]. *中国全科医学*, 2024, 27(4): 485-492. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0137.
SHI B W, MA H M, PAN Y Z, et al. Bibliometric analysis of advances in mHealth technology application in chronic disease management[J]. *Chin Gen Pract*, 2024, 27(4): 485-492. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0137.
- [9] HU X, JONZÉN K, LINDAHL O A, et al. Digital graphic follow-up tool (rehabkompassen) for identifying rehabilitation needs among people after stroke: randomized clinical feasibility study[J]. *JMIR Hum Factors*, 2022, 9(3): e38704. DOI: 10.2196/38704.
- [10] HU X, LIV P, LUNDSTRÖM E, et al. Study protocol for a randomized, controlled, multicentre, pragmatic trial with Rehabkompassen[®]-a digital structured follow-up tool for facilitating patient-tailored rehabilitation in persons after stroke[J]. *Trials*, 2023, 24(1): 650. DOI: 10.1186/s13063-023-07673-7.
- [11] KATWA U, RIVERA E. Asthma management in the era of smart-medicine: devices, gadgets, APPs and telemedicine[J]. *Indian J Pediatr*, 2018, 85(9): 757-762. DOI: 10.1007/s12098-018-2611-6.
- [12] KIM S H, KIM K A, CHU S H, et al. Self-management using eHealth technologies for liver transplant recipients: scoping review[J]. *J Med Internet Res*, 2024, 26: e56664. DOI: 10.2196/56664.
- [13] LAVAL F, BOISSIÈRE C, DEMAY E, et al. Systematic review of mobile health applications in transplant patients[J]. *Nephrol Ther*, 2024, 20(6): 589-601. DOI: 10.1684/ndt.2024.95.
- [14] WILSON S, TOLLEY C, MC ARDLE R, et al. Recommendations to advance digital health equity: a systematic review of qualitative studies[J]. *NPJ Digit Med*, 2024, 7(1): 173. DOI: 10.1038/s41746-024-01177-7.
- [15] LIEBER S R, KIM H P, BALDELLI L, et al. What liver transplant recipients want in a smartphone intervention to enhance recovery: prototype for the LiveRight transplant app[J]. *Liver Transplant*, 2021, 27(4): 584-589. DOI: 10.1002/lt.25967.
- [16] DEVITO DABBS A, SONG M K, MYERS B A, et al. A randomized controlled trial of a mobile health intervention to promote self-management after lung transplantation[J]. *Am J Transplant*, 2016, 16(7): 2172-2180. DOI: 10.1111/ajt.13701.
- [17] TORABI J, CHOINSKI K, COURSON A, et al. Letter to the editor: mobile technology can improve adherence and lessen tacrolimus variability in patients receiving kidney transplants[J]. *Ochsner J*, 2017, 17(3): 218-219.
- [18] FOSTER B J, PAI A L H, ZELIKOVSKY N, et al. A randomized trial of a multicomponent intervention to promote medication adherence: the teen adherence in kidney transplant effectiveness of intervention trial (TAKE-IT)[J]. *Am J Kidney Dis*, 2018, 72(1): 30-41. DOI: 10.1053/j.ajkd.2017.12.012.
- [19] SINGER J P, SOONG A, BRUUN A, et al. A mobile health technology enabled home-based intervention to treat frailty in adult lung transplant candidates: a pilot study[J]. *Clin Transplant*, 2018, 32(6): e13274. DOI: 10.1111/ctr.13274.
- [20] TSAPEPAS D S, SALERNO D, JANDOVITZ N, et al. Using technology to enhance medication regimen education after solid organ transplantation[J]. *Am J Health Syst Pharm*, 2018, 75(23): 1930-1937. DOI: 10.2146/ajhp170799.
- [21] TABER D J, GEBREGZIABHER M, POSADAS A, et al. Pharmacist-led, technology-assisted study to improve medication safety, cardiovascular risk factor control, and racial disparities in kidney transplant recipients[J]. *J Am Coll Clin Pharm*, 2018, 1(2): 81-88. DOI: 10.1002/jac5.1024.
- [22] HAN A, MIN S I, AHN S, et al. Mobile medication manager application to improve adherence with immunosuppressive therapy in renal transplant recipients: a randomized controlled trial[J]. *PLoS One*, 2019, 14(11): e0224595. DOI: 10.1371/journal.pone.0224595.
- [23] TRIPLETT K N, EL-BEHADLI A F, MASOOD S S, et al. Digital medicine program with pediatric solid organ transplant patients: perceived benefits and challenges[J]. *Pediatr Transplant*, 2019, 23(7): e13555. DOI: 10.1111/petr.13555.
- [24] GOMIS-PASTOR M, ROIG E, MIRABET S, et al. A mobile APP (mHeart) to detect medication nonadherence

- in the heart transplant population: validation study[J]. *JMIR Mhealth Uhealth*, 2020, 8(2): e15957. DOI: 10.2196/15957.
- [25] MOAYEDI Y, HERSHMAN S G, HENRICKSEN E J, et al. Remote mobile outpatient monitoring in heart transplant (ReBOOT): a pilot study[J]. *Can J Cardiol*, 2020, 36(12): 1978. DOI: 10.1016/j.cjca.2020.07.005.
- [26] GONZALES H M, FLEMING J N, GEBREGZIABHER M, et al. Pharmacist-led mobile health intervention and transplant medication safety: a randomized controlled clinical trial[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2021, 16(5): 776-784. DOI: 10.2215/CJN.15911020.
- [27] DUARTE-ROJO A, BLOOMER P M, ROGERS R J, et al. Introducing EL-FIT (exercise and liver FITness): a smartphone APP to prehabilitate and monitor liver transplant candidates[J]. *Liver Transpl*, 2021, 27(4): 502-512. DOI: 10.1002/lt.25950.
- [28] KOC Ö M, PIERCO M, REMANS K, et al. Telemedicine based remote monitoring after liver transplantation: feasible in a select group and a more stringent control of immunosuppression[J]. *Clin Transplant*, 2022, 36(1): e14494. DOI: 10.1111/ctr.14494.
- [29] LERRET S M, FLYNN E, WHITE-TRAUT R, et al. Acceptability of an mHealth family self-management intervention (myFAMI) for pediatric transplantation families: qualitative focus[J]. *JMIR Nurs*, 2022, 5(1): e39263. DOI: 10.2196/39263.
- [30] FELDMAN A G, MOORE S, BULL S, et al. A smartphone APP to increase immunizations in the pediatric solid organ transplant population: development and initial usability study[J]. *JMIR Form Res*, 2022, 6(1): e32273. DOI: 10.2196/32273.
- [31] FLEMING J N, POLLOCK M D, TABER D J, et al. Review and evaluation of mHealth APPs in solid organ transplantation: past, present, and future[J]. *Transplant Direct*, 2022, 8(3): e1298. DOI: 10.1097/TXD.0000000001298.
- [32] LANGARIZADEH M, MOGHBELI F, AHMADI S, et al. Design and evaluation of an educational mobile program for liver transplant patients[J]. *BMC Health Serv Res*, 2023, 23(1): 974. DOI: 10.1186/s12913-023-09989-1.
- [33] LERRET S M, WHITE-TRAUT R, MEDOFF-COOPER B, et al. Pilot study protocol of a mHealth self-management intervention for family members of pediatric transplant recipients[J]. *Res Nurs Health*, 2020, 43(2): 145-154. DOI: 10.1002/nur.22010.
- [34] GAO R, FENG S Y, ZHENG J, et al. Telehealth and telemedicine in the management of adult patients after liver transplantation: a scoping review[J]. *Telemed E Health*, 2024: tmj. 2024.0359. DOI:10.1089/tmj.2024.0359.
- [35] 田波彦, 鲁华鹏, 张胶琼, 等. 远程医疗机器人在心脏死亡器官捐献肝移植术后随访中的应用[J]. *器官移植*, 2019, 10(1): 79-83. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2019.01.012.
- TIAN B Y, LU H P, ZHANG J Q, et al. Application of telemedicine robot in follow-up after liver transplantation from donation after cardiac death[J]. *Organ Transplant*, 2019, 10(1): 79-83. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2019.01.012.
- [36] ANDRÄ M, SIBINOVIC M, PFEIFFER K, et al. Implementation of a mobile application for outpatient care after liver transplantation[J]. *Digit Health*, 2022, 8: 20552076221145855. DOI:10.1177/20552076221145855.
- [37] 李智霞, 张茜, 张殿英, 等. 器官移植受者全生命周期数字化健康管理系统建设和应用初步经验[J/OL]. *实用器官移植电子杂志*, 2024, 12(6): 539-542. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5332.2024.06.011.
- LI Z X, ZHANG Q, ZHANG D Y, et al. Preliminary experience in the construction and application of a digital health management system for the whole lifecycle of organ transplant recipients[J/OL]. *Pract J Organ Transplant (Electr Vers)*, 2024, 12(6): 539-542. DOI: 10.3969/j.issn.2095-5332.2024.06.011.
- [38] HAGGAG O, GRUNDY J, ABDELRAZEK M, et al. A large scale analysis of mHealth APP user reviews[J]. *Empir Softw Eng*, 2022, 27(7): 196. DOI: 10.1007/s10664-022-10222-6.
- [39] BORGES DO NASCIMENTO I J, ABDULAZEEM H, VASANTHAN L T, et al. Barriers and facilitators to utilizing digital health technologies by healthcare professionals[J]. *NPJ Digit Med*, 2023, 6(1): 161. DOI: 10.1038/s41746-023-00899-4.
- [40] 薛晓强, 纪志刚. 人工智能在肾移植远期受者中的应用[J]. *器官移植*, 2024, 15(6): 863-867. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2024076.
- XUE X Q, JI Z G. Application of artificial intelligence in long-term kidney transplant recipients[J]. *Organ Transplant*, 2024, 15(6): 863-867. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7445.2024076.

(收稿日期: 2025-01-24)

(本文编辑: 方引超 鄢加佳)