

DOI:10.61189/914837bcvvtz

· 专家述评 ·

新质生产力赋能老年人健康

王悦虹¹, 蒋维芃^{2,3}, 胡洁^{2,3}, 白春学^{2,4,5*}

1. 浙江大学医学院附属第一医院, 杭州 310003

2. 复旦大学附属中山医院呼吸与危重症医学科, 上海 200032

3. 上海市老年医学中心, 上海 201104

4. 上海市呼吸病研究所, 上海 200032

5. 上海呼吸物联网医学工程技术研究中心, 上海 200032

【摘要】 老年人健康需综合生理、心理、功能和社会 4 方面管理, 以科学方式延缓衰退、防病增寿、提升生活满意度。然而, 我国老年人面临慢性疾病、健康管理意识薄弱、心理服务缺失及数字工具使用障碍等挑战, 加之独居、空巢比例上升, 社会支持不足, 医疗资源不均, 进一步加剧健康风险。新质生产力赋能养老成为破局关键, 智能穿戴、智慧医疗等技术可提升医疗可及性和管理效率。人工智能(artificial intelligence, AI)机器人缓解孤独, 数字技术实现精准健康管理。可整合长期护理保险和社区智慧康养资源, 形成一站式养老新模式。智能监测与远程医疗、数字疗法、虚拟现实等技术等可应用于疾病管理、康复训练, 优化治疗方案。智慧养老与居家照护结合 AI 营养师、区块链等技术, 可提供个性化服务。数据驱动可实现精准健康管理, 兼顾隐私安全, 构建闭环服务。社区智慧康养通过智能环境感知、AI 健康小屋等提供数字化社交与情感关怀, 优化服务质量。预期效果包括意外识别率提高、响应时间缩短、事故率下降、自理能力提升等, 科技赋能助老年人享受安全、便捷的高质量医疗和大健康。

【关键词】 老年人健康; 生成式预训练转换器; 物联网; 人工智能; 增强现实; 虚拟现实

【中图分类号】 R 161.7 **【文献标志码】** A

New quality productivity empowers the health of the elderly

WANG Yuehong¹, JIANG Weipeng^{2,3}, HU Jie^{2,3}, BAI Chunxue^{2,4,5*}

1. The First Affiliated Hospital, School of Medicine, Zhejiang University, Hangzhou 310003, Zhejiang, China

2. Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

3. Shanghai Geriatric Medical Center, Shanghai 201104, China

4. Shanghai Respiratory Research Institution, Shanghai 200032, China

5. Shanghai Engineer & Technology Research Center of Internet of Things for Respiratory Medicine, Shanghai 200032, China

【Abstract】 The health of the elderly needs to be managed in four dimensions: physiological, psychological, functional and social, so as to delay decline, prevent diseases and increase longevity, and improve life satisfaction in a scientific way. However, the elderly in China face challenges such as chronic diseases, weak awareness of health management, lack of psychological services, and barriers to the use of digital tools, coupled with the increasing proportion of people living alone and empty nests, insufficient social support, and uneven medical resources, which further exacerbate health risks. New quality productivity empowers elderly care has become the key to breaking the situation, and technologies such as smart wearable and smart medical care can improve medical accessibility and management efficiency. AI robots alleviate loneliness, and digital technology enables precision health management. It can integrate long-term care insurance and community smart health care resources to form a new one-stop pension model. Intelligent monitoring and telemedicine, digital therapeutics, VR and other technologies can be applied to disease management, rehabilitation training, and optimization of treatment plans. Smart elderly care and home care combine AI nutritionists, blockchain and other technologies to provide personalized services. Data-driven can achieve precise health management, take into account privacy and security, and build closed-loop services. Community smart health care provides digital social and emotional care through intelligent environmental perception and AI health huts to optimize service quality. The expected effects include an increase in the accident

【收稿日期】 2025-06-18

【接受日期】 2025-06-27

【基金项目】 四大慢病重大专项(2024ZD0529300). Supported by Noncommunicable Chronic Diseases National Science and Technology Major Project (2024ZD0529300).

【作者简介】 王悦虹, 博士, 主任医师. E-mail: yuehongw@hotmail.com

* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-64041990, E-mail: bai.chunxue@zs-hospital.sh.cn

recognition rate, a shortened response time, a decrease in the accident rate, and an improvement in self-care ability.

[Key Words] health of the elderly; generative pre-training transformer; internet of things; artificial intelligence; augmented reality; virtual reality

老年人健康是指通过科学的生活方式、疾病预防、心理调适和社会参与等主动行为,维持身体机能、心理平衡和社会适应能力,实现高质量的晚年生活。其核心在于“主动管理”,强调在衰老过程中延缓机能衰退、预防疾病并提升生活满意度^[1-3]。主要包含生理健康、心理健康、功能健康和社会健康4个维度。生理健康聚焦于基本身体功能的维持(如行动和感官能力)以及慢性疾病的有效控制;心理健康则关注情绪稳定及对衰老变化的接纳能力;功能健康关乎日常生活自理能力(如饮食、购物)以及学习新事物的能力;社会健康则涉及与家庭和社区的互动,强调参与力所能及的社会活动以获得价值感^[4-5]。

与传统“健康”概念相比,老年人健康更强调个体能动性、相对性和整体性。其终极目标是延长“健康寿命”,即提高老年人保持独立生活能力和良好生命质量的年限,而非单纯追求寿命长度。为解决这些问题,亟需应用新质生产力,如人工智能(artificial intelligence, AI)^[6-8]、生成式预训练转换器(generative pre-trained transformer, GPT)^[9-10]、物联网(internet of things, IoT)^[11-12]和元宇宙^[13-14]等技术赋能这四个维度,主动管理老年人身体健康,延缓机能衰退、预防疾病发生、赋能管理慢性或基础疾病,提升生活满意度^[15-16]。

1 老年人健康的现状、挑战及对策

1.1 老年人健康的现状 我国60岁以上老年人慢性疾患患病率达71.8%,常见疾病包括慢性阻塞性肺病、高血压、糖尿病、肺结节、睡眠呼吸暂停综合征和关节炎等。许多老年人过度依赖药物控制病情,但缺乏科学的健康管理意识,导致病情反复或加重。

随着健康意识提升,部分老年人易受伪科学或不良养生观念误导,如不当追求清淡饮食或过度运动,反而引发营养不良或其他健康问题。另外,一些老年人对疾病预防措施如疫苗接种认知不足,存在“疫苗犹豫”现象。心理健康问题也是老年人的一大挑战。研究显示,70岁以上老年人焦虑情绪显著上升。社会角色转变、亲友离世等因素加剧了心理负担。与此同时,许多老年人因不熟悉智能手机或互联网操作,而无法有效应用数字化发展带来的

便捷医疗工具,如线上挂号和健康咨询,影响其医疗和大健康效果^[6,17]。

1.2 老年人健康的主要挑战 老年人健康管理面临多重挑战,主要表现为慢性疾病管理的复杂性。许多老年人罹患多种慢性疾病,药物相互作用风险高,且缺乏有效的自我监测能力(如血糖和血压)。部分老年人依从性差,易出现错误用药,影响治疗效果。营养与运动管理不当也较普遍,一些老年人因饮食控制过度导致营养不良或肌少症,而另一些则因不当的运动方式(如过度爬山、暴走),增加了关节损伤或心血管疾病风险。

社会支持不足也是影响老年人健康的重要因素。独居和空巢老人比例的上升,使其缺乏必要的家庭陪伴和健康服务支持。此外,部分老年人因经济困难,难以负担优质医疗或健康管理服务,加剧了健康差距。认知功能的衰退进一步损伤老年人健康。85岁以上人群中轻度认知障碍的患病率高达45.3%,显著影响其对健康信息的理解和执行能力。一些老年人对疾病预警信号反应迟钝,也延误了最佳治疗时机。医疗资源分布不均的问题同样突出,表现为基层医疗机构的老年健康服务能力有限,缺乏老年医学科专家。在农村地区,老年人健康管理资源尤为匮乏,健康素养较低,使得这些地区的老年人面临更大的健康风险^[18]。

1.3 新质生产力赋能老年人健康的可能性 科技赋能养老可助力克服上述问题。智能穿戴设备,如毫米波雷达跌倒检测仪和AI可实时监测健康数据并及时预警,配合社区医生IoT医疗平台可为老年人提供便捷远程问诊服务。在居家养老领域,智能家居系统(智能床垫、一键报警器)利于保障独居老人安全,AI陪伴机器人则通过情感交流、用药提醒等功能有效缓解其孤独处境。数据驱动的管理系统可结合各项监测指标,为老年人定制个性化健康方案,包括饮食指导与运动计划。长期护理可使老年群体衰弱指数下降,并改善家庭健康状况。社区智慧康养服务整合智能监护、康复辅具和社交活动,形成一站式养老模式。认知训练设备的应用也为延缓大脑衰退提供了创新路径。在政策层面,政府通过制定产品认证标准、优化财政补贴等措施助推产业发展。目前,产业集群化建设也取得了一定进展,康复辅具研发与智能照护设备制造正逐步形成

良性互动,推动产业链效能提升^[19-20]。

2 智能健康监测与远程医疗

2.1 智能健康监测系统的构建与应用 柔性电子皮肤传感器能够实时监测生命体征(包括心率、血氧饱和度、体温等),为健康评估提供了精准的基础信息。其采用的毫米波雷达技术可实现非接触式呼吸监测和跌倒检测,显著提升老年人居家环境的安全性。基于微流控芯片的快速检测系统可便捷地完成唾液和尿液样本分析,为疾病早期筛查和健康管理提供高效解决方案^[21]。通过机器学习(machine learning, ML)算法建立个性化健康基线模型,能够识别偏离正常范围的生命体征变化趋势。针对多病种风险预警需求(例如心脑血管事件),开发预测模型,及时发现潜在健康隐患并报警。同时,系统整合智能药盒和图像识别技术,对老年人用药依从性进行智能化监测和分析,辅助治疗方案的有效执行。系统设计特别注重用户体验优化,开发的语音优先交互界面,可支持多种方言识别功能,有效降低使用门槛。触觉反馈技术和增强现实(augmented reality, AR)相结合,可为用户提供直观操作指导。依据渐进式学习系统,智能健康监测系统可帮助老年人逐步适应新技术,提升其数字技能水平和产品接受度^[22]。这些创新技术的有机整合形成了完整的智慧健康管理体系。

从多模态感知到智能分析,再到适老化设计,每一步都体现了对老年群体需求的深刻理解和贴心关怀。这种以技术创新为基础、人文关怀为特色的解决方案,不仅提升了健康管理效率,也为老年人搭建了更加安全、便捷的生活环境。未来随着技术持续迭代发展,将进一步推动智慧养老的发展进程,为更多用户提供个性化、高质量的健康服务^[23]。

2.2 远程医疗服务的智能化升级 基于“5G+边缘计算”的技术优势,基层医疗终端可实现高效数据处理与传输,显著提高偏远地区医疗服务的可及性。实时数据处理降低了延迟,确保了远程诊疗的精准性和速度。AI辅助诊断系统在肺功能检查、心电图分析和眼底筛查中发挥了关键作用,助力早期疾病识别

在优化资源配置方面,智能分诊与会诊系统可赋能专家的分级诊疗或医联体工作。患者可根据病情实时接入专家团队进行联合会诊,减少了转诊的时间成本和经济负担。在数字疗法应用领域,开发了慢性病管理程序,通过动态监测血糖、饮食和运动数据,提供个性化治疗建议,提升疾病控制效

果。虚拟现实(virtual reality, VR)技术不仅用于疼痛管理和康复训练,还能通过模拟物理治疗场景缩短康复周期,帮助患者缓解焦虑情绪。认知障碍干预平台可结合AI驱动的任务与社交互动,延缓认知衰退并应用游戏化设计提高患者参与度。在智能化建设方面,智能处方审核系统借助ML识别用药风险和不良反应预测,利于优化治疗方案并降低差错。无人机或机器人配送体系通过实时定位技术可确保高效安全的药品运输,并在配送过程中严格监控温湿度。区块链电子处方流转平台可实现处方信息的安全共享与透明管理,支持患者完成一站式在线问诊与复购服务^[24]。

2.3 技术整合与系统优化 应用联邦学习技术可实现数据“可用不可见”的安全模式,既能保障隐私又能提升AI算法性能。轻量级同态加密方案可实现对身份信息及健康记录的端到端保护,在计算资源占用和性能损耗上具有明显优势。基于生物特征识别的访问控制机制通过指纹、面部识别或虹膜扫描等方式验证用户身份,并结合动态验证码,可进一步提升安全性。开放的健康IoT平台支持医疗设备与管理系统的互联互通,简化集成过程并降低开发成本。采用HL7 FHIR标准构建统一数据接口,实现医疗、养老及社保系统的无缝对接和数据共享。通过智能协同机制优化多部门资源配置,如高效衔接老年患者入院前评估和出院后护理服务。反馈驱动算法迭代机制,可结合用户行为数据实时优化AI系统性能。适老化技术接受度评估模型,可基于老年人使用习惯和认知能力进行设计优化,并通过大字体显示和语音交互等功能提升用户体验。基于真实世界数据的效能评价体系,可通过量化对比验证技术的实际贡献并长期跟踪分析,确保算法稳定性和可靠性。

2.4 实施路径与保障措施 选择典型社区开展“智慧健康屋”建设示范工程,可为居民提供便捷的健康管理服务。在试点过程中验证技术方案和服务模式的可行性时,同步完善数据采集、传输、存储与分析的技术支撑体系,优化服务质量管理体系,并建立全方位保障能力。通过探索政府引导+企业参与+社会资本投入的合作机制,明确各方职责分工和收益分配方式,总结经验教训为后续推广提供参考依据。设立智慧健康创新基金,可扶持初创企业和科研机构开展技术攻关与产品开发。搭建开放的技术测试验证环境和数据资源库,利于降低中小企业研发成本,并促进产学研深度合作并加速成果转化。培育“银发经济”新业态,可推动智慧健康

与养老服务深度融合,在智能养老设备、居家护理服务等领域开发适老化产品和服务模式。结合不同等级医疗机构的服务成本和技术难度,合理确定远程问诊、影像诊断等项目的收费标准,并优化医保报销政策,降低患者使用新技术的成本负担。在确保个人隐私保护的前提下,制定数据共享与责任认定规范,明确各参与方的数据安全责任,为智慧健康发展提供制度保障。

2.5 预期成效 通过智能设备与AI结合,提高精确捕捉慢阻肺、高血压、糖尿病等慢性疾病前期症状和早期诊断。在重点人群中推广可穿戴设备并建立健康档案,可动态监测相关生理指标变化,做到早发现、早干预。在紧急情况下,构建快速反应平台,缩短至5 min内响应。社区部署急救系统优化救援路径,并加强应急培训提升救治效率。同时,通过全程管理慢性疾病患者,推动远程医疗建设,增加农村地区获得三甲医院服务的可及性。在偏远地区建立会诊中心并加医联体合作,提高线上复诊覆盖率,优化互联网诊疗流程并完善医保支付方式,降低使用门槛。提升区域内检查结果互认率,通过统一标准和数据共享提升效率。提升智能服药提醒系统依从性,并结合药师指导帮助规范用药行为。提升健康素养达标率,开展全生命周期的健康教育活动,在社区举办讲座并通过互联网传播科学信息。多措并举推动全民健身、改善公共卫生环境,为公众创造更多福祉,延长健康预期寿命^[25]。

3 智慧养老与居家照护

3.1 智能居家环境改造 应用厘米级室内定位技术,结合智能终端实现高精度空间感知和人员位置追踪,非侵入式监测活动轨迹并及时发现异常状态(如摔倒或长时间静止)。建立多传感器融合技术整合运动、人体感应及视频监控设备构建行为模式分析平台。系统通过学习建立正常行为数据库,识别异常并触发报警,同时联动智能家居模块形成闭环管理。基于可穿戴设备与智能传感器采集的生理信号数据(心率、体温等)以及环境参数(温湿度、光照、空气质量),实时优化居住体验。例如,在睡眠模式下自动调节空调维持舒适度,并为过敏人群过滤有害物质。部署气体传感器检测燃气泄漏浓度,超标时立即关闭气阀并启动通风,水浸传感器在水管漏水时自动排水并通知物业或家人。具备多语言识别和连续对话功能,支持自然语言交互的智能语音中枢实现全屋设备一键控制。触觉反馈导航系统通过振动提示空间布局变化,并结合实时

语音指引帮助视障或行动不便者安全移动。AR技术在真实环境中叠加虚拟操作界面(如家电面板、医疗设备指引),让用户无需额外学习即可完成操作,并动态调整显示内容以提升效率和准确性^[26-28]。

3.2 智慧照护服务体系 开发具备移动辅助、物品递送和清洁消毒功能的多功能服务机器人,支持自主导航、环境感知和人机交互。AI驱动的决策系统使机器人能够根据不同场景(如家庭、医院)灵活切换功能并提供个性化服务。基于医疗知识图谱的智能化服务系统整合健康评估、用药提醒和康复训练模块,可根据用户需求生成个性化护理方案并优化服务流程。例如,在睡眠障碍场景下推荐适宜作息安排并调整环境参数以改善睡眠质量。应用数字孪生技术建立生理状态与环境影响之间的实时联动模型,支持多维度数据分析,通过预测潜在风险以帮助医护人员制定最优干预方案。任务智能分配系统覆盖资源调度、服务排班和应急响应,实现护理服务的高效管理。例如,在节假日或紧急情况下快速调派备用人员并优化任务路径。区块链技术可对护理服务全流程进行存证记录,保障数据真实性和不可篡改性,并支持服务追溯以提升信任度与透明度。低功耗广域IoT终端实时采集用户生理数据(如心率、血压)及环境数据(如温度、湿度),确保设备在无充电环境下长期稳定运行。分级预警响应机制,可通过社区、医院和家属协同缩短急救时间。例如,在用户出现异常症状时立即通知社区网格员并同步医疗机构信息。开发支持高清视频通话和环境漫游的沉浸式VR平台,配备触觉反馈技术模拟真实肢体接触,帮助家属与患者实现情感连接^[29]。

3.3 健康生活支持系统 AI营养师系统可根据用户健康数据、饮食偏好及生活习惯生成个性化食谱,并根据季节和食材供应动态调整推荐方案。智能厨电支持自动烹饪功能,实时分析食材营养价值并提供精准热量计算和营养建议,同时支持语音交互以提升用户体验。区块链技术构建的食品供应链追溯体系可确保特殊膳食原料安全与品质达标,为用户详细展示食材来源信息,增强信任感。计算机视觉技术用于监测老年人运动姿势的规范性,预防损伤,尤其适用于家庭健身场景。智能健身设备可根据用户体能水平自动或手动调节负荷,满足不同人群锻炼需求。游戏化运动激励系统通过趣味任务与虚拟奖励机制激发运动兴趣,培养长期锻炼习惯。数字疗法认知训练系统可科学设计记忆游戏和逻辑推理训练,并根据用户效果实时调整难

度。多感官刺激康复设备结合视觉、听觉和触觉激活大脑神经网络,促进认知功能恢复与维持。社交互动平台通过线上活动小组与线下社区互动减少孤独感,增强归属感,促进认知功能维护。

3.4 关键技术突破方向 非接触式生命体征监测技术可采用雷达或红外传感器实时捕捉心率和呼吸频率等指标,实现高效监测,尤其适用于行动不便患者并降低交叉感染风险。柔性电子皮肤传感器由高弹性材料制成,可贴合人体表面检测温度、压力和湿度变化,为机器人提供信息反馈,同时也可用于医疗康复中的健康监测。

情绪状态识别算法可通过分析面部表情、语音语调与生理参数(如皮肤电反应)实现精准的情绪解析,并动态调整交互方式,使心理辅导机器人能更准确地感知用户情感并生成合适回应。自然语言情感计算借助深度神经网络分析文本或语音的情感倾向及其强度,增强智能客服的人性化服务水平。意图理解技术基于大数据和语义模型解析用户需求并预测潜在目标,在家居中主动提供个性化服务。多模态反馈系统整合视觉、听觉与触觉刺激,在教育领域为学生提供生动学习反馈,并在娱乐场景中提升游戏互动性和趣味性。边缘—云端协同计算可应用数据高效分配,降低延迟和优化资源应用,在智能制造和智慧城市中展现出独特潜力。异构设备互联互通技术通过统一通信协议或转换层实现跨品牌和类型的智能设备无缝协作。群体智能机器人基于分布式算法和自主决策机制,在环境监测及灾害救援场景中形成协同作业能力,显著提升任务效率与适应性。

3.5 预期实施效果 通过智能监测设备与优化数据分析算法,可提升跌倒等意外识别率,有效减少误报漏报情况,为老年人提供全天候安全防护。依托快速预警系统和专业救援团队协作,可将紧急响应时间缩短至 3 min 内,从而及时处理突发状况以降低事故后果。环境适老化改造、智能设备预警及居民安全意识提升等综合措施,可显著下降居家事故率。借助智能家居设备与辅助工具,老年人在穿衣、饮食等活动中的自理能力将得到大幅度提升,延缓功能衰退进程。通过线上互动平台和社会化服务推广,可提高老年人社交活动参与度,促进社会融入感。同时强化心理健康评估机制和定期心理咨询服务,可帮助缓解孤独、焦虑情绪,降低抑郁率。智能设备与数据管理系统优化护理流程,可提升护理人员工作效率。通过健康监测预警与智慧提醒服务,可减轻家庭照护负担,提高工作生活灵

活性和照护质量。

4 数据驱动的精准确健康管理

4.1 多源数据融合体系构建 通过多样化设备部署和多维数据整合,可实时监测人体多项生理指标。医疗级穿戴设备可集成 ECG、EEG 和 EMG 监测功能,精准采集心电图、脑电波和肌电信号,确保数据精确性和全面性。环境嵌入式传感器网络可持续追踪睡眠质量、日常活动轨迹及生活习惯变化,刻画个体行为模式。构建跨领域的健康数据库,可整合电子病历、基因检测和微生物组学数据。通过联邦学习技术实现多机构间的数据协同共享,在保障隐私安全同时提升模型训练效果。开发智能化的时空数据分析工具,结合定位数据、活动轨迹和环境参数,准确捕捉健康相关的关键行为模式和环境影响因素。高效的标准化处理流水线确保不同来源数据的无缝整合与互操作。实时数据流处理平台采用 Apache Kafka 联合 Spark Streaming 技术,保障信息的即时性和可用性。自适应采样策略根据个体健康状态调整采集频率,提升监测效率并减少资源浪费。数据预处理任务,可通过边缘设备和云端服务器的协同优化计算资源应用策略,确保数据质量和系统效能。

4.2 智能分析与决策支持 基于多模态数据和智能算法构建个性化健康管理体系,可实现全方位健康管理及精准干预。深度生存分析模型结合 ML 技术,可预测个人疾病风险及发展趋势;生物年龄评估系统,可通过整合遗传特征、细胞状态和代谢指标等信息,为延缓衰老提供科学依据;数字孪生模型,则模拟个体健康状态下的生理变化,支持优化个性化管理方案。强化学习算法用于动态调整干预策略,同时构建多目标决策框架,综合考量疗效、成本和患者依从性。借助 SHAP 和 LIME 等可视化工具可赋能解释 AI,增强医患对治疗方案的信任度。开发灵敏的早期异常检测技术,可通过 3 级风险预警系统实现健康问题的分层响应。结合生理数据、行为特征和环境因素建立跨模态监测体系,提升整体健康管理的精准性和有效性^[30]。

4.3 个性化健康管理服务 通过结合个性化医疗与智能技术,构建全方位健康管理闭环服务。基于代谢组学、肠道菌群分析和药物基因组学数据的动态健康计划,可为用户提供实时调整的营养建议、渐进式运动处方和精准用药方案。数字疗法干预,可采用多模态技术提升用户参与度和治疗效果。认知训练平台,可通过数字化工具改善记忆与专注

力;慢性疾病管理,可将疾病管理融入趣味性游戏;VR/AR 康复训练则提供沉浸式体验,尤其适用于术后恢复场景。闭环管理服务,通过建立动态优化体系,持续评估干预效果并实时调整方案。自动化随访系统,可帮助患者追踪治疗进展,实现家庭、社区医疗机构与专业医院的协同管理,构建多层次健康管理体系^[31]。

4.4 技术支撑体系 新一代计算技术在赋能医疗健康领域的同时,还兼顾隐私与安全。量子 ML,应用量子算法高效处理高维复杂数据,加速疾病预测和个性化治疗。专用健康计算芯片,支持边缘端实时推理,推动智能穿戴设备的应用。知识增强大语言模型,结合医疗专业知识库优化性能,可提升病历分析准确性。隐私计算平台,可采用多方安全计算协作机制,在确保数据共享的同时保护隐私。差分隐私算法平衡数据可用性与安全性,区块链存证技术构建可信的数据全生命周期管理。标准化体系涵盖数据要素标准、算法验证评估和质量管理体系,推动跨平台数据互操作性和赋能 AI 模型在临床应用中的安全有效。

4.5 实施路径与保障 可应用试点示范工程,推动医疗健康数字化转型。政府与企业合作开展“数字健康伙伴”计划,在重点区域布设智能终端和 IoT 设备,结合 AI 算法和大数据分析构建居民健康管理平台。真实世界数据研究平台可整合多源健康数据,支持临床评估和疾病建模。在产业生态培育方面,可组建健康数据创新联合体,建设开放实验室提供技术工具包,并鼓励远程医疗咨询、智能监护租赁等新业态发展。制度保障体系,则可为行业发展保驾护航。完善健康数据确权制度,细化使用规则并强化隐私保护。建立算法监管沙盒,验证 AI 性能和伦理合规性。制定数字疗法审批指南规范研发与上市流程,推动创新产品落地应用^[32]。

4.6 预期成效 新型精准健康管理服务,可通过多模态数据与深度学习提升效能,显著提高疾病风险预测准确率,提高个性化干预方案覆盖率,增加健康评估维度。在健康效果改善方面,可提升慢性疾病控制达标率,减缓高龄人群功能衰退速度,通过科学预防与干预帮助用户延长健康寿命。同时,显著优化服务效率。AI 技术应用可降低健康管理成本,实现 24 h 云端智能平台实时响应,提高资源应用效率。为确保技术普惠,建议遵循“数据筑基、算法驱动、服务落地”策略,重点突破多源数据融合与可解释 AI 等关键技术,并加强数据安全和伦理评估,推动精准健康服务规模化应用。

5 社区智慧康养服务

5.1 智慧康养社区基础设施升级 社区部署的智能环境感知系统,可实现全面数字化管理。LoRaWAN 技术利于确保 IoT 基站的全域覆盖,支持多种设备的数据传输。毫米波雷达可精准监测老人动态,实时识别跌倒并触发报警。光纤振动传感技术,可对公共设施实行 24 h 监控,预防潜在故障。为提升适老化服务质量,可在社区应用语音优先的服务终端,并支持多地方言识别。同时部署的 AR 导航系统,利于实现室内外场景无缝衔接,居民可享受全程精准指引。通过改造传统盲道并加装触觉反馈装置,视障人士可获得更安全的出行保障。应急响应网络方面,UWB 技术构建了精准的紧急呼叫系统,配合多级联动预警平台实现快速响应机制。无人机急救物资投送系统的智能调度算法可确保救援物资能在最短时间送达现场,为社区居民的生命安全提供有力保障。这些智能化设施的综合应用可显著提升社区的整体服务水平和居住舒适度。

5.2 数据驱动的康养服务体系 社区健康管理系统,通过多种智能技术实现了居民健康的全方位监测与管理。区块链技术构建了去中心化的电子健康档案(EHR)系统,确保医疗数据的安全性和可追溯性,并支持跨机构共享。多源数据分析平台可整合医疗、养老和社保等信息,生成居民健康画像,用于风险预警和健康管理决策。在社区部署 AI 健康小屋,配备血压计和血氧仪等设备,可方便居民随时监测健康状况并辅助远程问诊。针对慢性疾病患者,可应用系统提供个性化用药提醒和病情跟踪服务,并根据实时数据动态优化管理方案。通过分析居民的饮食习惯与健康档案,系统还可推荐科学膳食计划,并对接社区内餐饮资源。为提升养老服务效率,系统可借助大数据实时监测各类照护需求,并结合资源分布进行精准匹配。共享护理平台可整合区域内专业团队,建立统一服务标准和评价体系,并通过智能排班优化任务分配。此外,床垫、手环等智能设备与健康管理系统的数据互联,可实时评估老人健康状况并联动社区医疗资源^[33]。

5.3 智慧社交与精神关怀 虚拟社交平台通过智能化的设计和技术手段,可为不同年龄段尤其是老年群体提供丰富的数字化社交与情感关怀服务。适老化元宇宙空间采用沉浸式设计与直观交互界面,打造虚拟聚会、在线课堂等场景,帮助老年人跨越“数字鸿沟”。基于用户数据的智能匹配系统推荐书法、园艺等兴趣社群,并动态优化社交体验。混

合现实平台鼓励代际互动,通过家庭游戏等主题活动增强跨年龄层联系,改善代际关系。认知促进方面, AI 训练装置可提供记忆训练等活动记录,并分析数据进行个性化调整。多感官康复,可结合虚拟场景与音乐疗法等手段可提升认知潜能。怀旧治疗内容库涵盖经典影视片段等内容,可支持语音识别,帮助老年人在情感价值中获得认知刺激。情感陪伴服务则借助智能机器人实时感知情绪,给予关怀互动。基于自然语言处理技术的语音系统能提供温暖对话,并模拟家人声音。远程互动空间站,可应用 VR/AR 技术创造共享观影等虚拟场景,拉近异地家庭成员的距离。

5.4 运营管理智能化 智慧物业系统,可通过构建数字化管理中枢优化服务质量监管体系,并借助资源协同平台促进共享经济,形成了全方位社区治理体系。其主要功能包括:(1)基于三维建模技术构建数字孪生设施管理平台,实现社区设备全生命周期可视化管理,管理人员可通过实时数据分析快速识别问题并制定预防性维护方案。(2)设置安防事件自动处置机制,通过 AI 算法联动监控、门禁和报警系统进行智能化风险管理。(3)区块链技术利于确保物业各项服务流程透明可溯源,用户可通过浏览器实时查阅服务档案。(4)满意度实时测评系统支持多维度反馈,并结合自然语言处理深入挖掘需求偏好,指导物业服务优化。同时应用历史数据生成数字化绩效评估报告,直观展现优劣态势并制定改进计划。(5)资源协同平台通过智能调度系统实现社区内维修、清洁等服务的最优配置和即时响应,并借助云计算预测未来工作量提前储备资源。(6)跨社区资源共享机制推动公共设施在更大范围内高效应用,用户可通过在线预约享受更多便利。

5.5 关键技术突破 群体智能技术,可支持 ML 分析老年人行为模式并识别潜在风险,生成个性化照护建议。基于历史数据和实时反馈构建动态供需匹配模型,可预测养老需求量以实现资源精准投放。同时应用运筹学方法优化社区设施和服务调配,可提高资源应用率。

数字孪生技术则应用激光扫描与 3D 建模实现高精度社区重建,在虚拟环境中辅助管理决策。通过仿真模拟设备故障、人群聚集等场景提前识别风险,并制定应急响应方案。同时支持服务流程预演以优化实际执行效率。适老化交互技术可突破单一输入限制,支持语音、触控、手势等多种方式,并根据用户偏好自动切换最优模式。

此外,还具备环境感应和行为分析功能,实时

调整操作界面和提示信息,降低使用门槛。从硬件适配到软件优化全方位设计,满足不同年龄及能力人群需求,打造无障碍数字服务环境。

5.6 预期实施效果 服务效能提升体现在多个方面。通过优化资源配置和智能调度系统,大数据分析可实现个性化服务推荐,提高匹配准确率,同时动态调配和协同管理机制可提升公共服务设施使用率。在健康促进方面,通过智慧化随访与用药提醒功能,可明显改善慢性疾病患者规律治疗率和疾病控制效果。个性化认知训练和社会活动,可减缓老年人认知衰退速度,而多维度心理干预则可降低抑郁症发病率。服务改进还可显著改善生活质量,通过在线平台促进社会参与,提升老年群体的社会融入度。便捷服务网络和舒适环境,可大幅度提升居民综合满意度。智能陪护设备和社群互动模式,可明显缓解独居老人孤独感,帮助他们建立积极心态。

伦理声明 无。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献 白春学:选题、撰写、修改论文;王悦虹、蒋维芃、胡洁:查阅文献、修改论文。

参考文献

- [1] ROCHON P A, BRONSKILL S E, GURWITZ J H. Health care for older people[J]. BMJ, 2002, 324(7348): 1231-1232.
- [2] KRAMER A M. Health care for elderly persons—myths and realities[J]. N Engl J Med, 1995, 332(15): 1027-1029.
- [3] CLEGG A, YOUNG J, ILIFFE S, et al. Frailty in elderly people[J]. Lancet, 2013, 381(9868): 752-762.
- [4] BURNS A, DENING T, BALDWIN R. Care of older people: mental health problems [J]. BMJ, 2001, 322 (7289): 789-791.
- [5] NIKHIL U G, SUMESH T P, ANOOP G, et al. Mental health services for older people[J]. Indian J Psychol Med, 2014, 36 (4): 449-450.
- [6] CHEN Z, YU J, SONG Y T, et al. Aging Beijing: challenges and strategies of health care for the elderly [J]. Ageing Res Rev, 2010, 9(Suppl 1): S2-S5.
- [7] SCHWALBE N, WAHL B. Artificial intelligence and the future of global health[J]. Lancet, 2020, 395(10236): 1579-1586.
- [8] HAUG C J, DRAZEN J M. Artificial intelligence and machine learning in clinical medicine, 2023[J]. N Engl J Med, 2023, 388(13): 1201-1208.
- [9] ARONSON J K. When I use a word. ChatGPT: a differential diagnosis[J]. BMJ, 2023, 382: 1862.
- [10] GHASSEMI M, BIRHANE A, BILAL M, et al. ChatGPT one year on: who is using it, how and why?[J]. Nature, 2023, 624 (7990): 39-41.

- [11] LU C, ZHANG Q. Letter from China[J]. *Respirology*, 2025, 30(5): 448–451.
- [12] 白春学, 赵建龙. 物联网医学[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [13] YANG D W, ZHOU J, SONG Y L, et al. Metaverse in medicine[J]. *Clin eHealth*, 2022, 5: 39–43.
- [14] YANG D W, ZHOU J, CHEN R C, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine[J]. *Clin eHealth*, 2022, 5: 1–9.
- [15] 白春学. 医学新质生产力之我见[J]. *元宇宙医学*, 2024; 3(1): 3–10.
- [16] MA B X, YANG J, WONG F K Y, et al. Artificial intelligence in elderly healthcare: a scoping review[J]. *Ageing Res Rev*, 2023, 83: 101808.
- [17] GONG J Q, WANG G W, WANG Y F, et al. Nowcasting and forecasting the care needs of the older population in China: analysis of data from the China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS)[J]. *Lancet Public Health*, 2022, 7(12): e1005–e1013.
- [18] CHEN X X, GILES J, YAO Y, et al. The path to healthy ageing in China: a Peking University–lancet commission[J]. *Lancet*, 2022, 400(10367): 1967–2006.
- [19] WONG K L Y, HUNG L, WONG J, et al. Adoption of artificial intelligence-enabled robots in long-term care homes by health care providers: scoping review[J]. *JMIR Aging*, 2024, 7: e55257.
- [20] LOVEYS K, PRINA M, AXFORD C, et al. Artificial intelligence for older people receiving long-term care: a systematic review of acceptability and effectiveness studies[J]. *Lancet Healthy Longev*, 2022, 3(4): e286–e297.
- [21] KIM J, CAMPBELL A S, DE ÁVILA B E, et al. Wearable biosensors for healthcare monitoring[J]. *Nat Biotechnol*, 2019, 37(4): 389–406.
- [22] VENKATESAN M, MOHAN H, RYAN J R, et al. Virtual and augmented reality for biomedical applications[J]. *Cell Rep Med*, 2021, 2(7): 100348.
- [23] ACOSTA J N, FALCONE G J, RAJPURKAR P, et al. Multimodal biomedical AI[J]. *Nat Med*, 2022, 28(9): 1773–1784.
- [24] RAY DORSEY E, TOPOL E J. Telemedicine 2020 and the next decade[J]. *Lancet*, 2020, 395(10227): 859.
- [25] BAI C, MARDINI M T. Advances of artificial intelligence in predicting frailty using real-world data: a scoping review[J]. *Ageing Res Rev*, 2024, 101: 102529.
- [26] SHIWANI T, RELTON S, EVANS R, et al. New horizons in artificial intelligence in the healthcare of older people[J]. *Age Ageing*, 2023, 52(12): afad219.
- [27] JOVANOVIĆ M, MITROV G, ZDRAVEVSKI E, et al. Ambient assisted living: scoping review of artificial intelligence models, domains, technology, and concerns[J]. *J Med Internet Res*, 2022, 24(11): e36553.
- [28] CICIRELLI G, MARANI R, PETITTI A, et al. Ambient assisted living: a review of technologies, methodologies and future perspectives for healthy aging of population[J]. *Sensors (Basel)*, 2021, 21(10): 3549.
- [29] MANICKAM P, MARIAPPAN S A, MURUGESAN S M, et al. Artificial intelligence (AI) and Internet of medical things (IoMT) assisted biomedical systems for intelligent healthcare[J]. *Biosensors (Basel)*, 2022, 12(8): 562.
- [30] RAJPURKAR P, CHEN E, BANERJEE O, et al. AI in health and medicine[J]. *Nat Med*, 2022, 28(1): 31–38.
- [31] DENNY J C, COLLINS F S. Precision medicine in 2030—seven ways to transform healthcare[J]. *Cell*, 2021, 184(6): 1415–1419.
- [32] MARKS M, HAUPT C E. AI chatbots, health privacy, and challenges to HIPAA compliance[J]. *JAMA*, 2023, 330(4): 309–310.
- [33] ZHANG Q, LI M Y, WU Y J. Smart home for elderly care: development and challenges in China[J]. *BMC Geriatr*, 2020, 20(1): 318.

引用本文

王悦虹, 蒋维芑, 胡洁, 等. 新质生产力赋能老年人健康[J]. *元宇宙医学*, 2025, 2(2): 13–20.

WANG Y H, JIANG W P, HU J, et al. New quality productivity empowers the health of the elderly[J]. *Metaverse Med*, 2025, 2(2): 13–20.