

基于物联网的远程医疗在老年健康管理中的应用研究进展^{*}

李 丹

张美琴

(上海中医药大学研究生院 上海 201203)

(1 上海健康医学院护理与健康管理学院 上海 201318

2 上海中医药大学 上海 201203)

唐 诗

(上海中医药大学 上海 201203)

〔摘要〕 综述基于物联网的远程医疗在老年人健康管理中的应用现状,包括疾病监测、康复管理、意外伤害预防、疼痛管理、用药管理等方面,提出基于物联网的远程医疗未来发展建议,以期促进其在老年健康管理领域中的应用。

〔关键词〕 物联网;远程医疗;老年人;健康管理;综述

〔中图分类号〕 R-058 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2022.09.010

Research Progress on Application of Telemedicine Based on Internet of Things in Elderly Health Management LI Dan, Graduate School, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China; ZHANG Meiqin, 1Nursing and Health Management School, Shanghai University of Medicine & Health Sciences, Shanghai 201318, 2Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China; TANG Shi, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China

〔Abstract〕 The paper reviews the application status of telemedicine based on Internet of Things (IoT) in health management of the elderly, including disease monitoring, rehabilitation management, accidental injury prevention, pain management, medication management, etc., and puts forward some suggestions for the future development of telemedicine based on IoT, so as to promote its application in health management of the elderly.

〔Keywords〕 Internet of Things (IoT); telemedicine; the elderly; health management; review

〔修回日期〕 2021-09-21

〔作者简介〕 李丹, 护士, 发表论文 3 篇; 通信作者: 张美琴, 副教授。

〔基金项目〕 上海健康医学院护理与健康管理学院 2020 年度院内基金项目“基于循证的养老机构不同阶段衰弱老年人奥塔戈运动方案的构建与实施”(项目编号: hlyjkg-2020-9)。

1 引言

随着人口老龄化的发展,我国老年人数量激增,老年人健康问题日益突出。慢性疾病、意外伤害等已成为影响老年人健康的主要因素,年龄越大死亡率越高,每年因病死亡人数超过全球总死亡人

数的 75%^[1]。但医院人力资源有限,难以对老年人实现持续性关注。随着物联网数据收集、分析、传输能力升级,以物联网为基础的远程医疗不断成熟,可突破时间、空间限制,对老年人进行持续性动态护理,被视为老年人健康管理的重要选择。通过物联网可在无需人工介入的情况下应用智能医疗设备自动对老年人健康数据进行实时监测^[2-3]。以物联网为基础的远程医疗减轻了医护人员的照护负担,节约了医疗成本,有利于疾病动态管理。本文对以物联网为基础的远程医疗在老年健康管理领域的应用现状进行分析并提出建议,以期为物联网远程医疗在老年健康管理领域的应用提供参考。

2 基于物联网的远程医疗相关概念及发展现状

2.1 物联网及远程医疗

2.1.1 物联网 (Internet of Things, IoT)

是无线、相互关联的数字设备系统,无需人与人或人与计算机间进行交互即可通过网络收集、发送和存储数据^[4]。物联网在医疗保健服务领域的应用已超过任何其他领域,基于物联网的医疗系统可实现健康问题的预测、诊断、治疗、监测等功能。

2.1.2 远程医疗 世界卫生组织将远程医疗 (Telemedicine) 定义为利用信息和通信技术交流有效信息,以便医务人员诊断、治疗、预防疾病与意外损伤,进行研究评价、健康教育^[5]。我国将远程医疗定义为一方医疗机构邀请其他医疗机构,运用通信、计算机及网络技术为本医疗机构诊疗患者提供技术支持的医疗活动或向医疗机构外的患者直接提供的诊疗服务^[6]。远程医疗是高度专业化的跨区域医疗协同与资源分配^[7]。以物联网为基础的远程医疗服务设备突破时间与空间限制,可完成信息的长期存储及定向提取,实现医疗服务智能化、自动化,极大便利了照护过程^[8]。

2.2 物联网与远程医疗的融合发展概况

基于物联网的远程医疗架构主要包含 3 个基本层:感知层、网络层、应用层^[9]。感知层是物联网系统的基础^[10],感知层利用传感器对个体生理数据

进行实时监控并将其转换为数字信号通过网络传输至网络层。网络层利用有线或无线网络将从感知层各设备获取的分散数据即时存储或上传至中央服务器并利用云计算对数据加以分析^[11],处理后的数据最终将传至应用层。应用层对数据进行解释、应用及反馈^[12]。物联网是远程医疗的重要技术支撑,其中人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 是物联网所提供的最有前景的医疗应用, AI 可读取患者药物、实验室检查结果、病史等并结合其他资料生成诊疗、护理方案应用于临床^[13]。基于物联网的远程医疗已广泛应用于疾病诊断与监测、症状管理、康复护理等老年人健康管理领域。物联网是全球性系统,可将数十亿设备、应用连接。物联网为远程医疗的快速发展提供支持帮助,使老年人健康数据的获取、分析、存储、传输更便利,使偏远地区老年人及时获取医疗资源成为可能。截至 2021 年我国已有 832 个贫困县县医院实现远程医疗网络全覆盖^[14],物联网技术与远程医疗相辅相成,有助于加速疾病恢复进程、提升医疗服务质量。

2.3 基于物联网的远程医疗与其他医疗模式对比分析

2.3.1 互联网医疗 即依托互联网平台,利用信息技术为患者提供远程会诊、疾病评估、药品购买等服务的医疗服务形式^[15]。其代表了医疗行业新的发展方向,有利于解决我国医疗资源不平衡与公众日益增加的健康医疗需求之间的矛盾,是国家卫生健康委员会积极引导和支持的医疗发展模式^[16]。但互联网医疗仅可进行医疗信息咨询、普及教育,不能提供诊断或治疗服务^[17]。

2.3.2 数字医疗 指将信息技术、计算机技术应用于医疗卫生领域以提升医疗服务数据化、标准化、智能化、现代化水平的医疗方式。其包含数字产业化和产业数字化,强调数字技术在医疗服务中的应用^[18]。数据驱动是数字医疗的核心,从一维信息的可视化到四维信息的动态显示,数字医疗更新了医务人员诊疗手段,提升了医疗卫生系统运营效率,使医学进入了一个崭新的可视化时代。

2.3.3 远程医疗 不仅是医疗服务或应用的提供者,更是智慧医疗系统的关键部分。其参与两端均

为医疗机构,可诊断、治疗疾病,进行远程会诊、教学、科研、手术指导、公共卫生应急指挥等^[6]。不论患者是在医院监护室或是农村偏远地区,均可通过远程医疗获得专业医疗专家帮助,使医疗服务摆脱时间、空间限制,减少治疗延误^[19],实现医疗资源共享,真正提供以患者为中心的高质量医疗服务。

3 基于物联网的远程医疗在老年健康管理中的应用现状

3.1 疾病症状监测

基于物联网的远程医疗在各类老年人常见疾病管理中均有所涉及。在远程医疗系统中基于物联网的专业心脏疾病监测系统可实现危险因素的识别与反馈^[20]。Alves R C、Gabriel L B 和 De Oliveira B T 等^[21]提出的智能监测系统可收集患者生命体征、心电图、肺动脉压等有关数据并将其编码为文本信息以便于医务人员阅读。Li C、Hu X 和 Zhang L^[22]研制的心脏疾病监测系统除提供监测功能外,还可由医务人员自行选择数据传输方式,如连续传输、特定时间的连续传输、事件触发传输或按需传输,使获得的患者数据更具有针对性。朱刘松、任静和牛晓楠等^[23]提出的远程心电监护平台可实现院内心电监测中心与远程心电实时监护云平台的连接,为心脏病筛查与诊断提供准确数据,实时预警准确率为 100%,降低猝死风险,实现患者监护院内、院外实时互联互通;极大程度上节约医疗资源,减轻医务人员照护负担。

3.2 疾病康复

基于物联网的远程医疗在老年人康复领域取得良好效果,有效提升老年人康复训练过程中的安全性及灵活性。Ahmadi H、Arji G 和 Shahmoradi L 等^[24]开发的中风机器人采用混合控制系统(包括供电设备、驱动设备、测量系统、计算机、无线网络等)可采集患者在行走时的下肢内侧关节角度,并通过生理反馈和前馈原理提供辅助以保证老人安全行走。该系统明显提高了脑卒中老年人的下肢康

复训练效果。Yang G、Deng J 和 Pang G 等^[25]开发的一种基于物联网的中风康复系统包含智能可穿戴臂章和智能训练设备两部分,臂章表面覆盖电极可对患者手部动作进行精准识别,平均准确率达 96.2%,同时臂章可记录、预处理手部动作并通过无线通信将表面肌电信号传输到智能训练设备,在对信号进行识别处理后将结果反馈到机器人手上,机器人手则可实时模仿患者手势。人机交互加强了脑卒中患者对康复训练内容的认识,提升了自我效能,该系统在国外广泛应用且取得较好效果。

3.3 跌倒监测与预防

医务人员日常工作任务重,无法时刻关注到每位老人,尤其是居家老人,缺乏照顾者更易发生跌倒,每年有超过 30% 的社区老年人因跌倒入院^[26]。以物联网为基础的远程医疗服务可作为医务人员的“第 3 只眼”对老人进行实时监管,帮助其规避跌倒风险,避免意外损伤。Wang J、Zhang Z 和 Li B 等^[27]研制的基于环境传感器的可穿戴式坠落检测系统利用传感器、微控制器来监测患者是否处于跌倒风险中或已发生跌倒;该系统还可自动定位老人位置,并将信息传递至医务人员或家属的智能手机上,以便医务人员能及时赶到现场进行救治。除监测跌倒行为。赵婷、皮红英和库洪安等^[28]研制的老年人跌倒防控信息管理系统可对老年人进行跌倒知识宣教、风险评估,接受干预后老年人跌倒发生率下降 16.67%,老年人能够自觉进行跌倒防控,跌倒恐惧降低,身体平衡能力及步态稳定性均明显改善且居家环境安全性提高。物联网将各项传感设备连接成网络并对跌倒高危老人进行有效筛查及干预,减轻了医务人员工作负担,是预防跌倒发生的有效途径,但该类移动医疗设备对老人日常活动行为、跌倒的区分能力较差,有时会出现误发警报的情况。因此未来移动医疗设备应提升对老人日常活动与跌倒行为的区分能力。

3.4 用药监督与管理

服药依从性是指患者遵循医嘱服用药物的程度,包括服药时间、服药剂量以及其他服药注意事

项与医嘱的符合程度^[29]。服药依从性与老年人健康密切相关,服药依从性差会加剧疾病程度及引发并发症,致使机体功能和生活质量下降、治疗费用增加、住院时间延长。而以物联网为基础的新兴技术手段可有效降低老年人误服、漏服、错服药物机率,改善老人服药依从性。Wang X、Desalvo N 和 Zhao X 等^[30]利用物联网构建的服药监测系统可在预定时间提醒老人服药,并利用微软 Kinect 和嵌入式传感器实时监测老人是否服药。李仁浩^[31]针对养老机构老年人开发的基于物联网的养老院智能服药监测系统由智能药箱、智能手环、上位机程序单元组成,智能药箱可通过指纹识别身份显示对应医嘱、发放药物并将服药信息上传至后台,智能手环则可收集老人体征信息并下达服药提醒,智能手环与智能药箱相连将信息传至上位机单元,上位机单元可实现流程监督、数据处理分析,便于医务人员查看。应用结果显示该系统有效提升老人服药依从性,降低漏服、错服发生率,同时缓解养老机构护理人员的药物管理压力,节约人力资源,提高护士工作效率。

3.5 疼痛监测与管理

慢性疼痛是全世界的公共卫生问题之一,发展中国家疼痛发生率约为 32%,发达国家为 30%,美国有超过 1.2 亿成年人受慢性疼痛困扰,慢性疼痛不仅影响机体活动,还会导致负面情绪,造成药物滥用,影响患者机体健康及生活质量^[32]。以物联网为基础的远程医疗可从客观角度对患者生理数据进行分析,对患者疼痛的评估与管理更真实准确。便携式无线身体传感器不仅可对个体生命体征、躯体活动等数值进行远程监测以判断疼痛程度,还可发现早期疾病及健康不良事件^[33]。Yang G、Jiang M 和 Ouyang W 等^[34]构建的远程疼痛监测系统适合长期卧床或处于监护室而无法进行自主活动的老人,该系统将包含无线传感器的可穿戴式生物感应面罩和 Web 平台通过云服务器相连,云服务器分析面罩所传递的面部表面肌电图与心电图信号,处理后将其呈现于 Web 应用程序从而实现疼痛的实时监控,该系统有效解决了无意识或无表达能力老人的疼痛

评估问题,优化了疼痛评估流程。考虑到药物成瘾性,以物联网为基础的远程医疗可通过非药物途径对疼痛进行管理, Jones T、Moore T 和 Choo J^[35]将虚拟现实技术应用于 30 名慢性疼痛患者,结果显示所有参与者疼痛水平均有所降低且干预过程中无不适症状。以物联网为基础的远程医疗极大程度上提升了医务人员对无法自主说话、感知觉下降老年人的疼痛管理能力,提高了照护质量。

4 基于物联网的远程医疗应用挑战

4.1 信息安全问题

物联网在老年医疗保健领域发挥了切实作用,但信息安全问题逐渐显现,老年人个人信息通过网络被存储在云内,易受到黑客攻击^[36];设备开发人员、医务人员对信息安全重视度不够,数据隐私性、完整性和机密性难以保证。

4.2 使用率低

世界多国已构建较完善的远程医疗系统,但实际使用率却很低,美国使用率仅 15%,我国使用率也不足 20%^[37]。政府缺乏及时、准确的激励机制,上下级医院和医生对远程医疗不了解、缺乏应用动力导致远程医疗的实际使用率处于较低水平。此外医疗设备舒适度及经济水平、文化程度、高龄等因素均会影响老年人选择远程医疗服务的主动性,导致其难以在老年人中推广普及。

4.3 资源交互性差

资源交互、信息共享是智慧医疗发展趋势,但当前物联网设备产生的大部分数据由不同制造商控制,不同设备有各自专属的机器语言及网络协议,使其分散在不同医疗保健系统中,难以做到数据资源交互共享^[38],信息利用率低,对综合性问题的解决能力较差^[39]。

4.4 缺乏管理标准及证据评价体系

以物联网为基础的远程医疗服务种类多样,但质量不一。Singh K、Drouin K 和 Newmark L P 等^[40]

评估 1 046 个与医疗保健相关的应用程序,结果显示只有 43% 的苹果操作系统应用程序和 27% 的安卓应用程序可用。美国、英国等都曾颁布远程医疗移动应用管理草案,但仅对极少数健康应用实现了监管。我国远程医疗管理仍处于初级阶段,缺乏统一管理标准,各远程医疗设备应用性研究层出不穷但缺乏合理的证据评价体系,不利于远程医疗在实际临床环境下的应用。

4.5 未兼顾医患双方需求

物联网是为解决患者健康问题而构建的医疗设备网络,但医患双方角色不同,对物联网的服务需求也存在差异。老人、弱势群体及其照顾者对物联网最迫切的服务类别为紧急和安全,而医疗保健提供者则认为老年人及残疾人最需要的是安全^[41]。医患双方需求的偏差致使远程设备无法实现医疗服务效果,不利于老年人健康管理。

5 基于物联网的远程医疗发展建议

5.1 健全管理制度,保障信息安全

信息安全是实行物联网远程医疗的重要挑战,当前已有研究将医疗保健信息放置于移动云的系统上,用于数据存储和处理以保护患者隐私^[42],后续研究应加强物联网信息安全系统的维护,优化物联网内部体系及边缘环境网络中的隐私问题,更新移动医疗设备的隐私安全协议;在医疗设备与云数据库间构建更具安全性的直接通信,以保证数据真实准确和完整性;开发精确度更高的风险识别程序,预测可能发生的意外安全攻击。此外应提高设备开发人员及医务人员对信息安全的重视程度,制定管理细则,明确其权利与义务,严禁泄露患者信息,对违规行为进行处罚。

5.2 提高利用程度,合理配置资源

基于物联网的远程医疗降低了医疗成本,提高了医疗保健质量。为保证老年人都能享受远程医疗带来的便捷医疗服务,政府应加强对物联网等信息技术产业的支持力度,提高政策或经济补助,降低

设备制造成本;完善医保政策,减轻老年人经济压力;推动“信息技术产业下乡村”,促进物联网远程医疗在我国欠发达地区的普及和使用。构建集成化平台,提高物联网综合性问题解决能力,合理配置资源,使专科资源合理调配,盘活闲置资源,消除病源虹吸现象并加强专科资源跨区域协同^[43],提升医疗服务质量,实现智慧医疗。

5.3 加速数据共享,实现资源交互

智能设备所获取的健康数据是医疗保健应用、研究、产品开发的宝贵资源,合理共享这些数据可使多方受益,有利于改善公共医疗保健系统。Zheng X、Sun S 和 Mukkamala R R 等^[44]通过物联网和分布式账本技术开发的健康相关数据共享系统解决了传统基于区块链的数据共享方案在管理成本、效率、灵活性、拓展性等方面的问题,可在数据共享期间实现无成本的数据完整性和灵活的访问管理。后续应积极学习国外优秀经验,组建多学科团队,构建更安全可靠的数据共享系统,使医生资源、病例资源、患者资源有效交互,最大程度上发挥医疗保健作用。

5.4 成立管理机构,构建评价标准

远程医疗是数字信息技术在医疗领域的延伸,美国设立数字健康卓越中心对包含移动医疗设备等在内的信息技术进行监管,以确保最先进的数字健康技术在美国得到快速开发和审查,让消费者能做出更明智的决策,并对疾病的早期诊断和慢病管理提供新的选择^[45]。英国颁布的数字健康技术证据标准框架可用于指导数字健康技术在医疗保健中的有效性和经济价值,帮助开发人员了解需开发何种技术以供临床使用^[46]。我国于 2018 年颁布《关于促进“互联网+医疗健康”发展的意见》^[47],但对物联网远程医疗的管理仍处于初级阶段。为保证远程医疗的持续健康发展,各医疗机构应在国家政策指引下,积极借鉴国内外经验,构建合理的物联网证据评价与管理标准,规范市场秩序,使医务人员有据可循。实体医疗机构应做好远程医疗服务辅助,优化医疗资源配置,促进优质医疗资源下沉,推进

区域医疗资源整合共享, 提高医疗服务能力和水平, 为远程医疗发展“托底”。

5.5 满足医患需求, “因人而异”发展

医患双方角色不同, 对基于物联网的远程医疗设备的功能需求也存在差异, 后续设备开发过程中应积极听取医患双方需求。首先应加强老年人与设备的人机交互, 注重开发“年龄友好”型产品, 如移动设备要具备较大的接触屏幕, 尽量减少弹出窗口, 完善语音输入功能等。医务人员端的设备应加强数据传输的流畅性、安全性, 完善视频功能, 以便于与老人沟通。不同文化背景下的医患双方对远程医疗的感知存在差异, 研究人员在实施远程医疗前应充分了解老年人的文化背景、价值观等信息, 以提高远程医疗服务的针对性, 加强延续性护理, 提高老年人生活质量。

6 结语

人口老龄化加剧了老年人健康问题及社会照护负担, 基于物联网的远程医疗为老年人健康管理提供了便利, 但仍存在受经济水平限制、应用范围局限、信息安全威胁、缺乏证据评价标准等不足。未来政府应加大经济支持, 扩大物联网远程医疗普及范围; 提高对物联网信息安全的重视, 完善信息安全管理制度; 构建物联网远程医疗评价体系, 积极促进物联网在医疗保健领域的应用与推广。

参考文献

- 1 Raghupathi W, Raghupathi V. An Empirical Study of Chronic Diseases in the United States: A Visual Analytics Approach [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, 15 (3): 431.
- 2 Ismail A, Abdlerazek S, El-Henawy I M. Development of Smart Healthcare System Based on Speech Recognition Using Support Vector Machine and Dynamic Time Warping [J]. *Sustainability*, 2020, 12 (6): 2403.
- 3 Jung M, Han K, Cho J. Advanced Verification on WBAN and Cloud Computing for U-Health Environment [J]. *Multimedia Tools and Applications*, 2015, 74 (16): 6151-6168.
- 4 李梅. 物联网科技导论 [M]. 北京: 北京邮电大学出

- 版社, 2015: 3-4.
- 5 World Health Organization. Telemedicine: Opportunities and Developments in Member States [R]. Geneva: WHO, 2018.
- 6 中国政府网. 原国家卫生计生委关于推进医疗机构远程医疗服务的意见 [EB/OL]. [2021-09-20]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2014/content_2792664.htm.
- 7 李海洁. 我国远程医疗的发展现状、问题与对策 [J]. *现代商贸工业*, 2021, 42 (24): 26-28.
- 8 魏丽娜. 数字化智慧医疗病区质量管控研究 [D]. 广州: 南方医科大学, 2014.
- 9 Pal S, Hitchens M, Rabehaja T, et al. Security Requirements for the Internet of Things: A Systematic Approach [J]. *Sensors (Basel)*, 2020, 20 (20): 5897.
- 10 Wu M, Lu T, Ling F, et al. Research on the Architecture of Internet of Things [C]. Chengdu: 2010 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE), 2010.
- 11 Pan J, McElhannon J. Future Edge Cloud and Edge Computing for Internet of Things Applications [J]. *IEEE Internet of Things Journal*, 2017, 5 (1): 439-449.
- 12 Eckhoff R P, Kizakevich P N, Bakalov V, et al. A Platform to Build Mobile Health Apps: The Personal Health Intervention Toolkit (PHIT)[J]. *JMIR Mhealth Uhealth*, 2015, 3 (2): e46.
- 13 Miller D D, Brown E W. Artificial Intelligence in Medical Practice: The Question to the Answer? [J]. *The American Journal of Medicine*, 2018, 131 (2): 129-133.
- 14 中国政府网. 国家卫健委: 832 个贫困县县医院实现远程医疗网络“全覆盖” [EB/OL]. [2021-09-20]. http://www.gov.cn/xinwen/2021-02/26/content_5589063.htm.
- 15 钟小燕, 白晶, 罗荣. 我国“互联网+医疗”服务模式 [J]. *中国卫生事业管理*, 2019, 36 (1): 20-22.
- 16 黄薇, 郑小华. 我国互联网医疗发展模式探析 [J]. *医学信息学杂志*, 2016, 37 (6): 8-11.
- 17 中国政府网. “禁止网上医学诊治”不等于“叫停互联网医疗服务”——详解互联网医疗的“进”与“禁” [EB/OL]. [2021-09-19]. http://www.gov.cn/xinwen/2015-04/13/content_2845915.htm.
- 18 Steinhubl S R, Topol E J. Digital Medicine, On its Way to Being Just Plain Medicine [J]. *NPJ Digital Medicine*, 2018, 1 (1): 20175.
- 19 Heyer A, Granberg R E, Rising K L, et al. Medical Oncology Professionals' Perceptions of Telehealth Video Visits [J]. *JAMA Network Open*, 2021, 4 (1): e2033967.
- 20 姬金虎, 夏文文, 张陶, 等. 互联网+穿戴式心电监护设备的研发 [J]. *中国数字医学*, 2017, 12 (2): 78-79.
- 21 Alves R C, Gabriel L B, De Oliveira B T, et al. Assisting Physical (Hydro) Therapy with Wireless Sensors Networks [J].

- IEEE Internet of Things Journal, 2015, 2 (2): 113–120.
- 22 Li C, Hu X, Zhang L. The IoT – based Heart Disease Monitoring System for Pervasive Healthcare Service [J]. *Procedia Computer Science*, 2017 (112): 2328–2334.
- 23 朱刘松, 任静, 牛晓楠, 等. 实时远程心电监护平台支撑心脏病患者提前预警的实践 [J]. *中国数字医学*, 2020, 15 (9): 136–138.
- 24 Ahmadi H, Arji G, Shahmoradi L, et al. The Application of Internet of Things in Healthcare: A Systematic Literature Review and Classification [J]. *Universal Access in the Information Society*, 2019, 18 (4): 837–869.
- 25 Yang G, Deng J, Pang G, et al. An IoT – Enabled Stroke Rehabilitation System Based on Smart Wearable Armband and Machine Learning [J]. *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, 2018 (6): 1–10.
- 26 Florence C S, Bergen G, Atherly A, et al. Medical Costs of Fatal and Nonfatal Falls in Older Adults [J]. *Journal of the American Geriatrics Society*, 2018, 66 (4): 693–698.
- 27 Wang J, Zhang Z, Li B, et al. An Enhanced Fall Detection System for Elderly Person Monitoring Using Consumer Home Networks [J]. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 2014, 60 (1): 23–29.
- 28 赵婷, 皮红英, 库洪安, 等. 老年人跌倒防控信息管理系统建立及其应用 [J]. *中国应用生理学杂志*, 2018, 34 (2): 182–186.
- 29 Yap A F, Thirumoorthy T, Yu H K. Medication Adherence in the Elderly [J]. *Journal of Clinical Gerontology and Geriatrics*, 2015, 13 (2): 64–67.
- 30 Wang X, Desalvo N, Zhao X, et al. Eye Contact Reminder System for People with Autism [C]. *Austin: 6th International Conference on Mobile Computing, Applications and Services*, 2014.
- 31 李仁浩. 基于物联网的养老院智能服药监测系统 [D]. 淮南: 安徽理工大学, 2020.
- 32 Bohnert A S, Valenstein M, Bair M J, et al. Association Between Opioid Prescribing Patterns and Opioid Overdose – Related Deaths [J]. *Journal of The American Medical Association*, 2011, 305 (13): 1315–1321.
- 33 Harbouche A, Djedi N, Erradi M, et al. Model Driven Flexible Design of a Wireless Body Sensor Network for Health Monitoring [J]. *Computer Networks*, 2017 (129): 548–571.
- 34 Yang G, Jiang M, Ouyang W, et al. IoT – Based Remote Pain Monitoring System: From Device to Cloud Platform [J]. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 2018, 22 (6): 1711–1719.
- 35 Jones T, Moore T, Choo J. The Impact of Virtual Reality on Chronic Pain [J]. *PLoS One*, 2016, 11 (12): e167523.
- 36 Dovhan A D, Bernaziuk Y O, Tkachuk T Y. Internet of Things Technologies in Medical Sector: Cyber Security Issues [J]. *Wiadomosci Lekarskie*, 2019, 72 (12 cz 2): 2563–2567.
- 37 Forbes. Just 15% of U. S. Doctors Use Telehealth in Their Practices [EB/OL]. [2021–09–20]. <https://www.forbes.com/sites/brucejapsen/2018/12/03/just-15-of-u-s-doctors-use-telehealth-in-their-practices/>.
- 38 Zhang J, Xue N, Huang X. A Secure System for Pervasive Social Network – Based Healthcare [J]. *IEEE Access*, 2016 (4): 9239–9250.
- 39 万振, 邱丹, 刘元喆, 等. 国内医疗物联网技术发展及应用现状 [J]. *医疗卫生装备*, 2020, 41 (11): 82–86.
- 40 Singh K, Drouin K, Newmark L P, et al. Developing a Framework for Evaluating the Patient Engagement, Quality, and Safety of Mobile Health Applications [J]. *Issue Brief (Commonw Fund)*, 2016 (5): 1–11.
- 41 Lee H, Park Y R, Kim H R, et al. Discrepancies in Demand of Internet of Things Services among Older People and People with Disabilities, Their Caregivers, and Health Care Providers: Face – to – Face Survey Study [J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2020, 22 (4): e16614.
- 42 Sultan N. Making Use of Cloud Computing for Healthcare Provision: Opportunities and Challenges [J]. *International Journal of Information Management*, 2014, 34 (2): 177–184.
- 43 中国政府网. 国家级远程医疗协同平台启动 方便患者就近看病就医 [EB/OL]. [2021–09–19]. http://www.gov.cn/xinwen/2018-06/24/content_5300837.htm.
- 44 Zheng X, Sun S, Mukkamala R R, et al. Accelerating Health Data Sharing: A Solution Based on the Internet of Things and Distributed Ledger Technologies [J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2019, 21 (6): e13583.
- 45 秘丛丛. FDA 建数字健康卓越中心, 远程医疗和可穿戴设备将能快速审批上市? [EB/OL]. [2021–09–20]. https://www.medsci.cn/article/show_article.do?id=636b201485c8.
- 46 Unsworth H, Dillon B, Collinson L, et al. The NICE Evidence Standards Framework for Digital Health and Care Technologies – Developing and Maintaining an Innovative Evidence Framework with Global Impact [J]. *Digital Health*, 2021 (7): 569662329.
- 47 中国政府网. 国务院办公厅关于促进“互联网+医疗健康”发展的意见 (国办发〔2018〕26号) [EB/OL]. [2021–09–19]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-04/28/content_5286645.htm.