# AI在远程医疗中的应用和前景

**胡冰哲11 王怡楠22**

1 南方科技大学 深圳市 518000

2 南方科技大学 深圳市 518000

**摘 要** 远程医疗是指距离成为关键因素后，所有保健专业人员利用信息和通信技术提供保健服务，交换诊断、治疗和预防疾病和伤害的有效信息，进行研究和评估，并对患者进行一定时间段的教育，以增进个人及其社区的健康。本综述中，首先从法律、制度、基础建设以及应用等多个方面深入探讨AI技术与远程医疗结合手段在国内外的发展现状。随后，根据不同的展开方式和具体应用场景，对两种技术结合的实际应用进行详细分析。从临床医疗的角度审视，深入分析AI与远程医疗结合的医疗手段在近年来慢性疾病，如糖尿病、心血管疾病等不断上升的发病率中所扮演的重要角色以及应用的现状和前景。最后，我们将详细阐述AI在远程医疗发展中所面临的瓶颈，如相关法律法规不完善，大众不信任，伦理问题等，针对这些瓶颈提出了改进策略，如基于5G通讯技术的应用服务，基于虚拟现实技术的应用发展等等。

**关键词：**AI+远程医疗 人工智能 远程医疗 慢性病管理 机器人辅助医学

**中图法分类号**  R-052

**Applications and prospects of AI in telemedicine**

**Bingzhe Hu11 and Yinan Wang22**

1 Southern University of Science and Technology, City Shenzhen 518000

2 Southern University of Science and Technology, City Shenzhen 518000

**Abstract** Telemedicine refers to the provision of healthcare services by all healthcare professionals using information and communication technology when distance becomes a key factor. This involves the exchange of vital information for diagnosis, treatment, and prevention of diseases and injuries, conducting research and evaluation, and educating patients over a period of time to enhance individual and community health. In this review, we first delve into the current state of the integration of AI technology with telemedicine from various perspectives, including legal, institutional, infrastructural, and applications, both domestically and internationally. Subsequently, a detailed analysis of the practical application of the convergence of these two technologies is conducted, based on different deployment methods and specific application scenarios. From the perspective of clinical medicine, we thoroughly analyze the significant role and current status as well as the prospects of the amalgamation of AI with telemedicine in the recent rise of chronic diseases, such as diabetes and cardiovascular diseases. Finally, we elaborate on the bottlenecks faced by AI in the development of telemedicine, such as incomplete legal regulations, public mistrust, ethical issues, etc., and propose improvement strategies, such as application services based on 5G communication technology and development based on virtual reality technology.

**Keywords:** AI+ telemedicine, artificial intelligence, telemedicine, chronic disease management, robot-assisted medicine

引言

2020年标志着信息通信技术几项关键数字创新同步成熟，这些创新在新世纪以前所未有的速度发展。每个行业，尤其是医疗保健，在数字化转型的浪潮中都经历了深刻的变革。数字创新包括远程医疗的更深度整合、第五代无线网络(5G)的蓬勃发展、机器学习(ML)和深度学习(DL)等人工智能(AI)方法、物联网(IoT)以及区块链等数字安全功能，共同构建了一个非凡的生态系统，为医疗保健和其他行业开辟了新的机遇[1]。

远程医疗

“远程医疗”的定义

“远程医疗”这个术语诞生于20世纪70年代，与 “远程治疗”同义[2]。在接下来的40年里，这个术语出现了几个经过同行评审的定义。2007年，世界卫生组织(世卫组织)引入了远程医疗的标准化定义：“在距离成为关键因素后，所有保健专业人员利用信息和通信技术提供保健服务，交换诊断、治疗和预防疾病和伤害的有效信息，进行研究和评估，并对患者进行一定时间段的教育，以增进个人及其社区的健康”。[3] 信息和通讯技术则难免不提人工智能（AI），AI在远程医疗中应用有助于改善医疗人员服务的效率，诊断的精确性，治疗效果和医疗水平可及性，具有良好的发展和商业前景。

近三年爆发的COVID-19大流行病期间，人们寻求创造性的解决办法来减轻这场浩劫对日常生活造成的影响，许多通信技术工具和创新方法，例如在线教育和远程办公工具，这些工具越来越受欢迎，在这几年中，尤其是远程医疗建设蓬勃发展[4]。

远程医疗的发展阶段

目前，放眼国际，远程医疗发展阶段分为四个[5]，主要依据是技术和应用以及学科的诞生，在数字化阶段结合了人工智能的各种方法相互促进发展。

上世纪60年代的萌芽阶段：远程医疗初步发展。美国学者怀特森将双向电视系统在医疗领域进行应用；同年，远程放射医学诞生。

60-70年代的模拟化阶段：采用了闭路电视、微波、电话线、卫星等通信技术，这些技术被用于传输患者的生命体征和医学数据。最鲜明的实例是美国航空航天局（NASA）建立的宇航员生命体征远程监测系统。

80-90年代的准数字化阶段标志着远程医疗领域的进一步演进。在这一时期，虽然远程医疗的原始信息仍然是模拟信号，但通过胶片扫描仪、视频捕捉卡等工具，成功将模拟信号转换为数字信号并进行有效压缩。同时，与此同时期另一个显著的特点是因特网和个人计算机的广泛普及。一些典型的应用案例包括美国退伍军人远程医学网络以及挪威的远程放射学网络。在这个时期，远程医学学术研究也开始蓬勃发展，相应的学术刊物应运而生。其中，美国创办的《远程医学杂志》（Journey of Telemedicine）和英国皇家医学会创办的《远程医疗与远程护理杂志》（Telemedicine and Telecare）等刊物为该领域的知识积累和交流提供了重要平台。

21世纪初至今的数字化阶段：随着医院信息化水平的提高，电子病历系统（EMR）得到广泛推广应用，并融合了医院信息系统（HIS）、影像存储和检索系统（PACS）、放射信息系统（RIS）、实验室信息系统（LIS）等多个系统，使得远程医疗信息从源头上实现了完全的数字化。新的概念如网络医疗（E-Health）和连接医疗（Connect Health）应运而生，突显了数字化阶段对远程医疗的深刻影响。[6]

在这一阶段中，人工智能对远程医疗的进行发挥了至关重要的作用。人工智能在医学中几乎所有的应用都可以看做远程医疗。例如将人工智能技术应用与疾病诊疗当中，计算机帮助医生进行病理和体检报告的分析，利用大数据和深度挖掘得到更加准确的报告；在医学影像方面，引入大规模预训练视觉模型SAM技术，帮助医生进行病灶定位，提高判断的精密度，在远程医疗中，将影像数据信息存入计算机中，可以克服距离因素，直接由人工智能进行分析，不仅可以得到水平更高的医生资源，还能加快疾病的诊断速度；除此之外，医疗手术机器人不可或缺，如达芬奇手术系统。虚拟现实的技术混合现实（Mixed Reality，MR）技术在远程医疗中具有潜在的创新和改进患者护理的能力的应用。



图 1在疫情期间，基于微软HoloLens和HoloAnatomy的混合现实远程学习展示出了十分积极的体验。学生们普遍认为这项技术是学习解剖学的有效方法。[7]

Fig.1 Distance learning anatomy

远程医疗的重要性

远程医疗在现代医疗体系中发挥着越来越重要的作用，它不仅能够提高医疗效率、拓展医疗服务范围，还能够为改善医患关系做出积极贡献。远程医疗通过信息技术减轻地域限制，提高医疗服务普及性，紧急情况下实现及时治疗。远程监测和诊断实现生命体征实时获取，提高治疗效力。节省患者时间和费用，合理配置医疗资源，提高偏远地区医疗水平，分担医院工作负荷。远程医疗有助于均等分配医疗资源，提高服务均等性，通过远程会诊和教学提升医生业务水平。

“AI+远程医疗”的重要性

而人工智能在远程医疗中应用后，价值仅增不减。首先，AI提高了医疗效率，通过收集处理大量的医学数据和应用自动化算法，协助医生更准确地进行诊断和治疗。其次，AI实现了精准医疗，通过分析不同患者的遗传因素、生活方式等，为每位患者提供个性化医疗方案。第三，AI支持远程监测和管理，通过智能传感器和设备实时获取患者健康数据，促进更有效的远程医疗服务。此外，AI有望降低百姓的医疗成本，减轻医护人员工作负担，提高效率。在医疗资源匮乏的地区，AI作为远程医疗工具发挥至关重要的作用，为患者提供更加专业，公平且及时的服务。再次，AI在医学研究方面发挥作用，通过大数据分析和模式识别推动医学研究进展，如alphafold在蛋白质结构解析等的应用，有助于更好理解疾病机制以发明新治疗方法。最后，由于排除了医生与病人由于主观思考而产生的错误判断或情绪，减少不同地区的种族歧视和可能出现医患矛盾，同时也能更完整的保护患者医疗信息的隐私性，总体而言，AI在远程医疗中全方位提高了医疗服务的质量、效率和可及性，为患者带来更加舒适的医疗体验，同时缓解医疗系统现下人员短缺，劳动力不足的压力。当然，AI在远程医疗中也具有一定的不足之处。

在本综述中，将以法律、制度、基础建设以及应用等多个方面深入探讨AI技术与远程医疗结合手段在国内外的发展现状。随后，我们将根据不同的展开方式和具体应用场景，对两种技术结合的实际应用进行详细分析。从临床医疗的角度审视，我们将深入分析AI与远程医疗结合的医疗手段在近年来慢性疾病，如糖尿病、心血管疾病等不断上升的发病率中所扮演的重要角色以及应用的现状和前景。最后，我们将详细阐述AI在远程医疗发展中所面临的瓶颈，并提出笔者的改进策略，最终展望远程医疗的发展新趋势。

国际上“AI+远程医疗”发展现状

在国际视野中，当前远程医疗各方面建设稳步发展，前景广阔。尤其以美国的远程医疗建设为代表。美国近些年一直在推动远程医疗的发展，它拥有先进的医疗技术和通信基础设施。尤其在 COVID-19 大流行期间，远程医疗得到了更广泛的应用。罗彻斯特大学医学中心（美国纽约州罗彻斯特市）医疗技术中心主任雷·多尔西（Ray Dorsey）表示：“我估计美国现就诊大都在用。”

在美国，AI和远程医疗领域存在一系列法律限制与规定，以确保患者隐私、安全性，以及合规性。HIPAA是美国的核心法规，其宗旨在于维护病患的隐私权和健康信息安全。在AI和远程医疗领域，所有牵涉病患健康信息处理、传输或存储的实体都须遵循HIPAA的规定，包括AI算法和远程医疗平台。21世纪Cures法案致力于推动医学创新，其中包含对远程医疗和数字医疗工具的规范。法案要求FDA对远程监测设备、移动医疗应用等进行评估和监管。FDA对使用AI的医疗设备实施监管，制造商被要求提供关于算法透明度、安全性和有效性的证据，并进行定期审查。不同州可能有各自的法规和要求，因此在远程医疗和AI应用中，必须遵守各州的法规以确保合规性。

同时在政策方面，通过联邦医疗补助，远程医疗法规，医疗信息技术（Health Information Technology，Health IT）政策，美国政府鼓励和支持医疗信息技术的采用，为远程医疗提供了支持，帮助实现数字化医疗记录和促进信息共享。

而在美国，AI与远程医疗结合的应用较为先进，已经应用于商业化。比如IBM Watson for Oncology系统利用IBM Watson的人工智能技术，通过分析大量癌症患者的医学文献和病例，为医生提供个性化的癌症治疗建议。Tempus利用人工智能和机器学习技术分析患者的临床和分子数据，以帮助医生更好地了解病患的病情，提供更有效的个性化治疗方案。 Inspira 医疗集团在新泽西州南部拥有45个医疗机构，包括医院和医师诊所，致力于提供互联网医疗服务，成为美国全科医疗领域采用互联网医疗和精准医疗的领军者。[8]

国内“AI+远程医疗”发展现状

* 1. 法律与制度

我国远程医疗起步晚，发展时间更短，但是相关理论，基础建设和商业应用更新迭代很快。

从法律制度层面来分析，《互联网医疗保健信息服务管理办法》明确了对互联网医疗保健信息服务的管理规定，其中包含了对远程医疗的指导性规范。与此同时，《医疗器械监督管理条例》对牵涉医疗器械的远程医学设备进行了全面的管理规范，包括技术评估、注册、监督等方面的详细规定。另一方面，《健康医疗大数据管理办法》为医疗大数据的管理提供了明确的指导，相关规定可能对远程医学中的数据处理产生约束。

* 1. 基础建设与商业应用

我国关于AI和远程医疗的应用分为很多方面：远程挂号和诊疗，图像分析，慢病管理，手术机器人，穿戴设备和基因诊断与个性化医疗。在商业化中，腾讯通过其医疗人工智能技术，开发了一系列辅助诊断工具，可以在医生的诊断过程中提供帮助。这包括基于图像诊断的辅助，如影像识别和病灶检测。华大智造研发的机器人手术系统可用于远程手术。

AI+远程医疗的应用

* 1. 慢性疾病管理

世界卫生组织（WTO）的数据显示，每年因为慢性病死亡的人数高达4100万人，**相当于全球所有死亡人数的74%。慢性病的特征有起病隐匿、病程长且病情迁延不愈，缺乏确切的传染性生物病因证据等[9]。结合慢性病的特点，以及我国患病人数多、健康意识单薄、不健康行为突出等事实[10]，将慢性疾病从机构护理转为社区管理，甚至进一步转为家庭管理、自我管理成了形势所趋。随着互联网技术的兴起和AI技术的发展，远程医疗似乎给慢性病管理的进一步优化带了新的转机。**

* + 1. 远程医疗在糖尿病管理中的应用

在临床中，糖尿病的治疗框架是五架马车：糖尿病教育、饮食治疗、运动治疗、药物治疗、自我血糖监测。如此多角度、长时间的健康管理，不仅给医院的医疗资源带来压力，更给患者的家人和自身造成了心理、生理和金钱上的极大负担。糖尿病教育和远程医疗信息学(Informatics for Diabetes Education and Telemedicine, IDEATel)项目将不同种族、缺乏医疗服务的老年糖尿病患者随机分组，分别接受远程医疗干预或常规治疗。研究结果表明，远程医疗干预可以改善糖尿病人的血糖控制**[11]。**在糖尿病教育和健康管理方面，AI可以针对患者的年龄、健康状况以及受教育水平，定期推送科普教育类视频，达到对于糖尿病基础知识的普及、正确健康管理知识的传授、以及病人简单问题的解答。在血糖监测方面，通过智能血糖仪和健康App**[12]**, AI可以通过机器深度学习技术实时收集和分析患者的血糖测试数据，识别血糖浮动趋势和异常值，及时提醒患者异常，甚至提前预测疾病发生，并将处理后的信息及时上传到医院及社区的管理系统内，方便医生实时监测病人的健康数据，了解病人一段时间内的健康状况及变化趋势。刘岩发现，糖尿病足APP管理平台的使用，可以在三个月内，使得患者随机血糖显著下降，患者及其家属治疗依从性及自我管理力度明显提高**[13]**。

* + 1. 远程医疗在精神类疾病中的应用

随着生活节奏的逐渐加快，越来越多人在频繁的压力和刺激下出现了心理问题，并进一步发展为各类精神障碍。根据卫生计量和评估研究所的数据，2019年，每8人中就有1人患有精神类疾病。传统的精神障碍患者管理方式通常主要依赖面对面咨询、分发手册和举办健康讲座等形式。然而，这种方式存在时间和地点的限制，不仅无法保证诊疗的连续性，更在通勤时间和社会舆论等方面给患者带来较大负担，使得患者依从性差，也难以提供个性化服务[14]。因此，WHO在《2013—2020年精神卫生行动计划》中建议通过使用电子和移动健康技术促进患者自我管理[15]。AI不仅可以通过智能可穿戴设备和App收集症状数据[16]，帮助医生了解病情变化趋势，还能通过语音分析、文字分析等方法，提前识别症状恶化的信号，从而进行早期干预，为患者提供个性化的心理辅导与支持。这些手段不但可以有效改善患者心理精神状态[17]，而且可减轻患者的病耻感[18]、有效保护患者隐私、修正注意偏向[19]、提高用药依从性[20]等。

* 1. AI+远程医疗与机器人辅助医学

我国人口老龄化严重，医疗需求持续攀升，加之医疗资源分布不均，将AI与机器人技术结合，应用于远程医疗领域，实现了医疗资源再分配，提高了医疗资源不充分地区的医疗水平，降低了医疗成本，也可以满足一些医疗工作的多地域开展。

* + 1. 康复机器人

康复机器人是康复医疗过程中，可以自动执行任务以取代或协助人体某些功能的辅助装置[21]，较多应用于脑卒中、脊髓损伤造成的神经系统损伤的患者中。目前的康复机器人不仅可以替代治疗师的部分工作，还能够完成许多人类无法完成的工作，甚至有些还具有诊断和评估功能。AI可以识别患者的动作，指导正确的运动方式和动作幅度，实时评估动作是否正确完成，提供即时反馈，同时收集到的各项生理数值如运动轨迹、肌电信号等，也可以让医生远程监测患者的康复效果和状态，必要时远程调整康复计划。现有InMotion Arm机器人[22]和ARMEO系列康复系统[23]等上肢外骨骼式康复机器人，它们均为智能的可穿戴设备，且移动方便，可以适用于不同场所。

* + 1. 医疗机器人手术

远程医疗机器人手术是一种基于通信网络传递医学信息的新模式，是远程医疗中最重要也最难实现的部分。它融合机器人、虚拟现实、人工智能等多种技术，实现远程诊断、指导、操作和评估。2001年，世界首例机器人辅助下的远程胆囊切除术完成[24]，为远程医疗机器人手术的发展开创了可能。2019年，全球首例机器人多中心联合骨科手术在北京积水潭医院顺利展开。通过远程控制系统，来自多家医院的医生，通过远程交替操作两台手术机器人，为患者成功植入12螺钉[25]。远程医疗机器人的发展，不仅可以解决我国医疗资源分布不平衡的问题，还可以在突发公共卫生事件中打破时间与空间的限制，为救援争取更多的时间。

AI+远程医疗所面临的问题

* 1. 相关法律法规不完善

2018年的《远程医疗服务管理规范(试行)》对于远程医疗的法律定义进行了进一步的扩大和完善，然而，截至2021年5月1日，我国现行有效并以“远程医疗”为标题内容的法律规范仅有85部，其中中央法规仅10部。这些法律，虽然一定程度上规定了远程医疗的发展，普遍法律位阶相对较低，过于宏观、笼统，缺乏对于具体场景具体细节的规定[26]，并且没有规定AI在远程医疗中的具体应用。因此，AI应用背景下，远程医疗服务中涉及的监督管理、信息安全、知情同意、责任分担等问题仍未得到较好的规范[26, 27]。

* 1. 大众不信任与伦理问题

目前，针对远程医疗的知识普及还远远不足，大众媒体宣传不多，患者了解远程医疗的途径较少，许多居民并不了解这一途径以及远程医疗具体可以开展哪些医疗服务等，并且由于“在医院看病”的固有思维，本就对远程医疗充满不信任。AI的应用更加剧了这一问题。同时，由于目前的发展仍然不充分及其自身特点，AI并不能像经受过专业知识和人文关怀训练的医生一样，给予患者科学且有温度的医疗，因此患者的接受度低，依从性差。同时，由于AI需要对患者的大量信息进行采集，患者的隐私问题也需要得到重视。

* 1. 网络平台建设不完善

AI+远程医疗服务系统，应当具有能满足一般医疗服务的开展、便于大众使用、医疗信息一体化、满足特殊人群需求等特征。然而目前，远程医疗系统发展仍十分不成熟，患者可以参与远程医疗的途径较少，且缺乏统一和规范化的管理，不仅增加了患者使用远程医疗服务的复杂性，也使得患者对于远程医疗的不信任感增加。于此同时，现有的已普及的远程医疗手段较为单一，绝大多数停留于与医生的文字和图片交流，诊疗过程缺乏准确性，AI在其中的应用更是十分局限和单调。此外，由于医疗信息未同步，不仅医生不能查询到患者的病史和在医院的影像、检验结果，AI也不能发挥其整合大数据的优势，对于患者的情况进行辅助分析。平台的不完善，降低了医患双方使用平台的积极性，也降低了医疗服务开展的便捷性、时效性和准确性，更在一定程度上限制了AI在远程理疗领域中的应用。

AI+远程医疗未来发展趋势

* 1. 基于5G通讯技术的应用服务

随着互联网及通讯技术的快速发展，5G网络应运而生。5G网络凭借其超高速度、低延迟、大连接密度、高容量、网络切片和能效比等优势可以给远程医疗的发展提供全新契机。5G的高速和低延迟特性可以支持高清视频通话，使医生可以通过远程视频与患者进行实时交流和诊疗。同时其低延迟和高可靠性更为远程手术与操作提供了可能性，这对于偏远地区的医疗资源匮乏问题具有重要意义。此外，5G技术可以支持大规模的远程健康监测数据及大容量的医疗影像数据的实时传输，便于医生远程对患者的健康状况进行评估，也为慢性病患者提供了更好的健康管理。

* 1. 基于虚拟现实技术的应用发展

近年来，虚拟现实技术逐渐进入人们的生活和工作场景，在AI介导下的远程医疗领域，VR技术也可以发挥其独特优势。通过AI的深度学习技术，VR可以更好的对于环境以及使用者的动作和语言进行识别与分析，提供强烈的沉浸感和交互性，可以实现医生可以远程进行手术操作指导或医学培训，也可以提高远程诊断和治疗的准确性，并因其身临其境的特点，给予患者更好的体验与情感支持。

* 1. 基于医疗信息一体化的应用发展

**医疗信息一体化是指将医疗信息系统、医疗设备、医疗资源等进行整合和共享，实现医疗信息的互联互通和共享利用。医疗信息一体化一旦实现，AI便可以利用深度学习等技术实现对影像的自动分析，并根据采集到的患者信息，对其进行初步的诊断并预测疾病发展趋势，不仅能为医生提供决策建议，也可以在医疗资源紧张的特殊情况下，对患者实现初步的分级分类，有利于医疗活动更有效率的开展。除此之外，AI还能根据区域医疗需求动态配置和优化医疗资源配置，同时通过对大量疾病的分析，提前预测某些重大传染性疾病的爆发。**

**结束语**

本文从远程医疗的来源和发展切入，重点阐述了人工智能技术在远程医疗领域的应用，并从发展现状、重要性、具体应用、存在的问题以及未来发展等多个角度对AI+远程医疗进行了综述。AI技术将助力远程医疗更好地服务广大群众。通过AI分析医疗大数据，远程医疗将为更多人提供高效准确的初级诊断和follow-up服务。

**参考文献**

[1] TING D S W, CARIN L, DZAU V, et al. Digital technology and COVID-19 [J]. Nat Med, 2020, 26(4): 459-61.

[2] STREHLE E M, SHABDE N. One hundred years of telemedicine: does this new technology have a place in paediatrics? [J]. Arch Dis Child, 2006, 91(12): 956-9.

[3] A health telematics policy - in support of WHO's Health-for-all strategy for global health development. [R]. the WHO Group Consultation on Health Telematics, 1997.

[4] BAIG A H B, JENKINS P, LAMARRE E, MCCARTHY B. The COVID-19 recovery will be digital: a plan for the first 90 days. McKinsey Digital [J]. 2020.

[5] Fu Zhenglian. Telemedicine [M]. People's Military Medical Press, 2005.

傅征 连. 远程医学 [M]. 人民军医出版社, 2005.

[6] Bao Yurong, Jiang Linlin. Review and prospect of telemedicine development in China [J]. China Digital Medicine, 2019: 4.

鲍玉荣，姜琳琳. 我国远程医疗发展的回顾与展望 [J]. 中国数字医学, 2019: 4.

[7] Case Western Reserve University HoloLens MR Telemedicine teaching shows positive results, 81% of students feedback positive learning experience [Z]. Yingwei Nweon.2022

广东客. 凯斯西储大学HoloLens MR远程医疗教学展示积极成效，81％学生反馈积极学习体验 [Z]. 映维网Nweon. 2022

[8] INSPIRA[EB/OL]. 2022.<https://members.mdlive.com/inspira/landing_home>

[9] Yang Yuanyuan, Shao Jin. Research progress of telemedicine in chronic disease health management [J]. Chinese Journal of Chronic Medicine, 2023, 24(01): 42-4+8. (in Chinese)

杨媛媛, 邵进. 远程医疗应用于慢性病健康管理的研究进展 [J]. 慢性病学杂志, 2023, 24(01): 42-4+8.

[10] TIAN M, ZHANG J, LUO R, et al. mHealth Interventions for Health System Strengthening in China: A Systematic Review [J]. JMIR Mhealth Uhealth, 2017, 5(3): e32.

[11] WEINSTOCK R S, TERESI J A, GOLAND R, et al. Glycemic control and health disparities in older ethnically diverse underserved adults with diabetes: five-year results from the Informatics for Diabetes Education and Telemedicine (IDEATel) study [J]. Diabetes Care, 2011, 34(2): 274-9.

[12] Gong Weijia, Yao Jun, Lian Yuanyuan, et al. Application effect of remote blood glucose management system in community management of type 2 diabetes mellitus [J]. Chinese Journal of General Medicine, 2018, 21(04): 465-70.

巩维佳, 姚军, 连元元, et al. 远程血糖管理系统在社区2型糖尿病管理中的应用效果研究 [J]. 中国全科医学, 2018, 21(04): 465-70.

[13] Liu Y. Advantages of telemedicine system in the management of diabetic foot patients [D]; University of Jinan, 2019.

刘岩. 基于远程医疗体系管理糖尿病足患者的优势研究 [D]; 济南大学, 2019.

[14] Liu Guoqing, Wang Yue, Han Jingyi, et al. Application of mobile health technology in the management of patients with mental disorders [J]. Chinese Journal of Nursing, 2022, 57(11): 1324-9.

刘国庆, 王月, 韩婧怡, et al. 移动健康技术在精神障碍患者管理中的应用进展 [J]. 中华护理杂志, 2022, 57(11): 1324-9.

[15] ANTHES E. Mental health: There’s an app for that [J]. Nature, 2016, 532(7597): 20-3.

[16] Zhao Yu, Li Zheng. Research progress of telemedicine application in patients with bipolar disorder [J]. Chinese Journal of Nursing, 2018, 53(07): 872-7.

赵禹, 李峥. 远程医疗在双相情感障碍患者中的应用研究进展 [J]. 中华护理杂志, 2018, 53(07): 872-7.

[17] KRZYSTANEK M, BORKOWSKI M, SKAŁACKA K, et al. A telemedicine platform to improve clinical parameters in paranoid schizophrenia patients: Results of a one-year randomized study [J]. Schizophrenia Research, 2019, 204: 389-96.

[18] MOORE D, AYERS S, DREY N. A Thematic Analysis of Stigma and Disclosure for Perinatal Depression on an Online Forum [J]. JMIR Ment Health, 2016, 3(2): e18.

[19] DE VOOGD E L, WIERS R W, SALEMINK E. Online visual search attentional bias modification for adolescents with heightened anxiety and depressive symptoms: A randomized controlled trial [J]. Behav Res Ther, 2017, 92: 57-67.

[20] SCHULZE L N, STENTZEL U, LEIPERT J, et al. Improving Medication Adherence With Telemedicine for Adults With Severe Mental Illness [J]. Psychiatr Serv, 2019, 70(3): 225-8.

[21] Zhou Yuan, Wang Ninghua. Overview of rehabilitation robot [J]. Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2015, 30(04): 400-3. (in Chinese)

周媛, 王宁华. 康复机器人概述 [J]. 中国康复医学杂志, 2015, 30(04): 400-3.

[22] KREBS H I, VOLPE B T, WILLIAMS D, et al. Robot-aided neurorehabilitation: a robot for wrist rehabilitation [J]. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 2007, 15(3): 327-35.

[23] GIJBELS D, LAMERS I, KERKHOFS L, et al. The Armeo Spring as training tool to improve upper limb functionality in multiple sclerosis: a pilot study [J]. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 2011, 8: 5 -

[24] MATSUMOTO H, UEKI M, UEHARA K, et al. Comparison of Healthcare Workers Transferring Patients Using Either Conventional Or Robotic Wheelchairs: Kinematic, Electromyographic, and Electrocardiographic Analyses [J]. Journal of Healthcare Engineering, 2016, 2016.

[25] Tian Wei, ZHANG Qi, LI Zuchang, et al. Clinical application of 5G remote-controlled orthopedic robotic surgery in one station for multiple locations [J]. Journal of Orthopaedic Clinical and Research, 2019, 4(06): 349-54.

田伟, 张琦, 李祖昌, et al. 一站对多地5G远程控制骨科机器人手术的临床应用 [J]. 骨科临床与研究杂志, 2019, 4(06): 349-54.

[26] eng Quan, Yang Fengzhu. Research on the civil legal risk of telemedicine [J]. China Health Legal System, 2023, 31(02): 38-43. (in Chinese)

滕泉, 杨逢柱. 远程医疗民事法律风险问题研究 [J]. 中国卫生法制, 2023, 31(02): 38-43.

[27] Sun Qianqian, Zhou Shoujun. Current situation, problems and development countermeasures of telemedicine in China [J]. Journal of Nanjing Medical University (Social Sciences Edition), 2022, 22(01): 25-30. (in Chinese)

孙倩倩, 周守君. 我国远程医疗的现状、问题及发展对策 [J]. 南京医科大学学报(社会科学版), 2022, 22(01): 25-30.



Yinan Wang, born in 2002, undergraduate, the National “Climbing” Program of “The mechanism of protein aggregation in neurodegenerative diseases was analyzed by high-throughput CRISPR screening”. Her main research interests include neurodegenerative disease and CRISPR .



Bingzhe Hu, born in 2002, undergraduate, the National “Climbing” Program of “Endothelial cell MORF4L1-mediated histone crotonylation stabilizes arterial poriculusStudy on the mechanism of sclerotic plaques”. Her main research interests focus on Atherosclerosis of the arteries.