

DOI: 10.61189/578055kpdxhd

· 专家述评 ·

## 如何建设元宇宙医院?

宋振举, 顾建英, 白春学\*

复旦大学附属中山医院, 上海 200032



**[摘要]** 物联网医学赋能我们创造了 1 个全新的医疗模式:“三个链接全时空,融合四众在其中,质控防保与诊疗,全新模式惠众生”,可以帮助医联体或分级诊疗,联袂基层医生更好地实践强基层广覆盖的同质化医疗,更好地为患者服务。由于真实世界中,还需要专家亲自推进和执行这一工作,但是最受需求的名医又分身乏术,所以很难扩大名医效应,很难更好地、大量地服务患者和造福社会。现在,随着元宇宙概念和技术的发展,又给物联网医学创造了机会。我们可以通过虚实互动平台和元宇宙八大特征,拓展物联网医学发展成为元宇宙医学,解决名医分身乏术的问题。同时,我们也可以建立元宇宙医院,在其中实践“物联健康新契机,直面元医零距离,虚实互动加质控,人机融合无人敌”的元宇宙医疗模式。通过以“患者为中心,元医为重点,专病为抓手,质控为保障”的元宇宙医院管理模式,更好地提高强基层广覆盖的同质化医疗水平。虽然目前还没有公认的元宇宙医院建设经验,但是从需求背景、以往基础、元宇宙医生和管理几个角度探讨和实践,定能起到抛砖引玉的作用。建设元宇宙医院也符合“健康中国 2030”规划纲要,符合“共建共享、全民健康”的战略主题。

**[关键词]** 人工智能;大模型;元宇宙医学;医学人工智能

**[中图分类号]** R-1 **[文献标志码]** A

### How to build a meta-hospital?

SONG Zhenju, GU Jianying, BAI Chunxue\*

Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

**[Abstract]** The Internet of Medical Things (IoMT) has given rise to a new medical paradigm: “Three links span all spatiotemporal dimensions, integrating four communities within. Quality control, preventive medicine, healthcare, and treatment together form a novel mode to benefit all human beings.” This paradigm facilitates medical alliances and hierarchical medical systems, enabling grass-roots doctors to better implement homogeneous healthcare practices with a strong foundation and extensive coverage, ultimately serving patients more effectively. However, in the real world, the implementation and advancement of this work still rely on experts’ promotion and implementation. The most in-demand doctors have finite capacities, making it challenging to extend the influence of renowned physicians, serve patients on a larger scale, and benefit society more broadly. Now, with the development of the concept and related technology of metaverse, a new opportunity has arisen for the IoMT. This will help address the issue of limited capacity among top doctors by leveraging a virtual-real interaction platform and the eight major characteristics of the metaverse. Furthermore, it is possible to establish meta-hospitals thereby implementing a metaversal healthcare model that embodies “new opportunities in IoMT, direct encounters doctors in metaverse in medicine, quality control through virtual-real interaction, and unmatched integration of humans and machines.” By adopting a management model focused on “patient-centered care, emphasis on metaverse in medicine, specialized disease management, and quality assurance,” meta-hospitals can provide homogeneous healthcare that extends throughout and strengthens the primary care sector. Although there have been no recognized experiences with constructing metaverse hospitals so far, exploring and practicing this possibility while keeping in mind demand backgrounds, previous foundations, metaverse doctors, and management will undoubtedly serve as catalysts for further development. Constructing meta-hospitals contributes to the “Healthy China 2030” vision, adhering to its strategic theme of “building and sharing the health of all citizens.”

**[Key Words]** artificial intelligence; large model; metaverse in medicine; medical artificial intelligence

**[收稿日期]** 2024-03-15

**[接受日期]** 2024-03-25

**[基金项目]** 上海市健康科普人才能力提升专项 (JKKPYC-2023-A20), 上海市科学技术委员会上海工程技术研究中心建设计划 (20DZ2254400), 上海市科技创新行动计划 (21DZ2200600), 上海市市级科技重大专项 (ZD2021CY001), 上海市临床重点专科建设项目 (shslczdk02201). Supported by Project of Promoting Ability of Medical Science Popularization for Young Talents in Shanghai (JKKPYC-2023-A20), Establishment of Shanghai Engineering Technology Research Center of Science and Technology Commission of Shanghai Municipality (20DZ2254400), Shanghai Action Plan for Science, Technology and Innovation (21DZ2200600), The Shanghai Municipal Science and Technology Major Project (ZD2021CY001), Shanghai Municipal Key Clinical Specialty (shslczdk02201).

**[作者简介]** 宋振举, 博士, 主任医师. E-mail: song.zhenju@zs-hospital.sh.cn

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

物联网医学赋能我们创造了 1 个新的医疗模式:“三个链接(全面感知、可靠传输、智能处理)全时空,融合四众(患者、基层医生、专家、IT 专家)在其中,质控防保与诊疗,全新模式惠众生”,助力我们更好地为患者服务<sup>[1-7]</sup>。其目的是帮助医联体或分级诊疗模式,联袂基层医生更好地实践强基层广覆盖的同质化医疗工作。由于物联网医疗的服务还是需要真实世界专家亲自推进和执行这一工作,但是最受需求的名医又分身乏术,所以很难扩大名医效应,难以更好地服务患者,造福社会。现在,随着元宇宙概念和技术的发展<sup>[8-9]</sup>,给医学创造了柳暗花明又一村的机会,我们可以通过虚实互动平台和元宇宙八大特征,建立元宇宙医院,在其中实践“物联(物联网)健康新契机,直面(元宇宙面见)元医(元宇宙医生)零距离,虚实互动加质控,人机融合无人敌”的元宇宙医疗模式。通过创立“患者为中心,元医为重点,专病为抓手,质控为保障”的元宇宙医院管理模式,更好地“服务患者,造福社会”。虽然目前还没有公认的元宇宙医院建设经验,但是从需求背景、以往基础、元宇宙医生和管理几个角度探讨和实践,定能起到抛砖引玉的作用。

## 1 需求背景

改革开放以来,在经济迅速发展、工业化和城镇化飞速发展的同时,也带来了人口老龄化、疾病谱变化、生态环境及生活方式变化等一系列新的问题。健康服务供给与需求不断增长之间的矛盾依然突出,需要从国家战略层面解决健康相关的重大问题和长远问题。

“健康中国 2030”规划纲要为我们描绘了未来的健康愿景<sup>[10]</sup>。一是把健康摆在优先发展的战略地位,将促进健康的理念融入公共政策制定和实施的全过程,加快形成利于健康的生活方式、生态环境和经济社会发展模式,协调实现健康与经济社会良性发展。二是改革创新,坚持政府主导和发挥市场机制作用,加快关键环节的改革步伐,冲破思想观念束缚,清除体制障碍,发挥科技创新和信息化的引领支撑作用,形成具有中国特色、促进全民健康的制度体系。三是科学发展,把握健康领域发展规律,坚持预防为主、防治结合、中西医并重,构建整合型医疗卫生服务体系,推动健康服务从规模扩张的粗放型发展转变到质量效益提升的绿色集约式发展。四是公平公正,以农村和基层为重点,推动健康领域基本公共服务均等化,维护基本医疗卫生服务的公益性,逐步缩小城乡、地区、人群间基本健康

服务和健康水平的差异。

“健康中国 2030”规划纲要<sup>[10]</sup>明确地制定了“共建共享、全民健康”的战略主题和要达到的战略目标。(1)人民健康水平持续提升,身体素质明显增强,人均预期寿命达到 79.0 岁。(2)有效控制主要健康危险因素,大幅度提高全民健康素养和健康生活方式,形成有利于健康的生产生活环境,有效保障食品药品安全。(3)大幅度提升健康服务能力,全面建立优质高效的整合型医疗卫生服务体系、全民健身公共服务体系、健康保障体系,健康科技创新整体实力位居世界前列,明显提高健康服务质量和水平。(4)健康产业规模显著扩大,建立体系完整、结构优化的健康产业体系,形成一批具有较强创新能力和国际竞争力的大型企业。(5)促进健康制度体系更加完善,政策法规法规体系更加健全,健康领域治理体系和治理能力基本实现现代化。

## 2 构建元宇宙医院的技术基础

2.1 物联网医学 为达到“健康中国 2030”规划要求,亟需应用物联网(Internet of Things, IoT)技术辅助医疗和大健康。1999 年,麻省理工学院 Ashton 教授提出物联网概念<sup>[11]</sup>,早期是指依托射频识别(radio frequency identification, RFID)技术和设备,按约定的通信协议与互联网结合,使物品信息实现智能化管理。

2008 年,白春学教授开始研发基于手机的无线传感肺功能仪,2009 年美国胸科学会(ATS)会刊(ATS NEWS | Vol.35 No.7/8)名人录为此专题报道。其后主编由人民卫生出版社出版的《实用物联网医学》<sup>[1]</sup>和《物联网医学分级诊疗手册》<sup>[2]</sup>,科学出版社出版的《物联网医学》<sup>[3]</sup>,与 Christoph Thuemmler 教授共同主编 Springer 出版社出版的 *Health 4.0: how virtualization and big data are revolutionizing healthcare*<sup>[4]</sup>。现在已经明确物联网医学是 1 个可以通过互联网相互连接的物理事物网络<sup>[1-7]</sup>,全面涵盖感知、传输与智能处理的硬件和软件技术,包括传感器、执行器、可穿戴设备、信息通信、云计算技术等。由于不同对象的嵌入式设备增加,物联网医学的临床应用将变得越来越普遍,将能够集成虚拟世界(信息)和现实世界(对象),创造 1 个巨大的医疗保健市场,服务患者和造福社会。

中国的物联网医学研究是全球开展最早,并已经将人工智能用于辅助肺癌早期诊断。建立用于多模态深度学习模型训练和测试的数据库,搭建基于 GPU 并行处理,与现有电子病历以及影像归档和通

信系统(PACS)连接的云计算系统,研发利于大数据驱动和管理医疗和大健康技术<sup>[1-3]</sup>。白春学团队针对慢阻肺逐渐高发的趋势和给患者和国家医保带来的极大负担,制定了全球首个慢阻肺急性加重诊治专家共识,提出应用物联网技术辅助管理患者,实现病情缓解和提高生存质量,并预防急性加重<sup>[12]</sup>,最近宋元林团队<sup>[13]</sup>的研究表明,基于物联网的无创家庭通气显著改善了高碳酸血症性慢性阻塞性肺病患者的生活质量并延迟了再入院时间。在新冠期间,白春学团队设计了 nCapp 新冠智能系统<sup>[14]</sup>,获取相关临床信息和 CT 影像,助力发现疑似和可疑病例。此外,nCapp 还可辅助临床医生早发现、早诊断、早隔离和早治疗呼吸道病毒性传染病,利于对病毒性肺炎和其传染性做出提前预警,并可借助胸部随访配准技术,实现对肺炎进展和分期的精准评估。基于此,白春学教授被邀请为第一作者制定 ATS 和欧洲呼吸学会(ERS)(世界第 1、2 名呼吸学会)新冠联合指南《关于 COVID-19 管理最新指南》<sup>[15]</sup>,进一步扩大了影响。

美国《创新战略(2011)》<sup>[16]</sup>将卫生医疗保健领域的信息技术作为创新的六大优先领域之一。通过大规模智能手机实时检测人群周围环境空气污染,结合患者电子日期的大数据分析,可以提前预测哮喘患者急性发作,并做好疾病的一级及二级预防工作<sup>[17]</sup>。英特尔公司目前正在研制用于家庭护理的无线传感器网络系统,该系统是美国应对老龄化的社会技术项目之一。通过将传感器嵌入到鞋、家具以及家用电器中,助力老年人和残障人士独立生活,并由医务人员或社会工作者在必要时给予帮助。在美国国防高级研究计划局支持下,麻省理工学院从事了极低功耗的无线传感器网络方面的研究,奥本大学则做了大量关于自组织传感器网络方面的研究<sup>[18]</sup>,并完成了一些实验系统的研制。罗切斯特大学的科学家使用无线传感器创建了 1 个智能医疗房间<sup>[19]</sup>,使用智能微尘测量居住者的重要征兆(血压、脉搏和呼吸)、睡觉姿势以及 24 h 的活动状况。

欧盟资助的 IST FP5 项目(AMON)<sup>[20]</sup>,是由多家研究机构共同开发的具有保健和报警功能的腕式远程医疗监护系统,可连续采集并评估多个关键生理参数,智能辅助及时发现紧急情况,并利用蜂窝网连接到医学中心管理。意法半导体与 Mayo 医疗中心(Mayo Clinic)正在合作开发创新的慢性心血管疾病远程监测平台<sup>[21]</sup>,能在不影响个人生活方式状态下监测个人的特定临床信息和生理参数,并提供治疗选择。西班牙马拉加大学和阿尔梅里亚大学共

同提出了 1 个关于血氧饱和度(SpO<sub>2</sub>)传感器的简单的、低成本的无线医疗监测系统<sup>[22]</sup>,基于 1 个安装在 PC 或掌上电脑(PDA)上的软件,允许同时监测不同患者的 SpO<sub>2</sub> 信号和脉搏率。

日本基于对物联网应用有着良好的网络和技术基础,也正在加大对医疗信息化方面的投入。东芝公司研制的由腕表型可穿戴式传感器模块和 PDA 组成的系统<sup>[23]</sup>,可用于监测使用者的健康状况、运动情况和行为活动,同时提醒和指导使用者每天进行健康饮食和适当锻炼,这将为预防生活方式相关的疾病起到非常重要的作用。通过软件编程实现了根据手腕的运动、脉搏率和皮肤电反应值,可以判断使用者的运动情况和是否开始吃饭,准确率能达到 90%。而通过最先进的纳米微雕技术,如通过纳米孔技术实现的三代测序仪<sup>[24]</sup>,通过电压即时传感技术取代了传统需要通过化学分子反应及免疫荧光发光技术读取的复杂过程,大大提高了基因测序的便携性、即时性和可及性。类似的原理,我们也可以将庞大的人体 CT 扫描机,改装成便携式的移动方舟,结合精准、高速的人工智能分析系统,实现大规模人群的心肺疾病的联合筛查<sup>[25]</sup>。

**2.2 元宇宙医学基础** 虽然物联网辅助分级诊疗和医联体医疗可辅助基层医生提高水平<sup>[1-7]</sup>,但是由于大医院的专家很少能够常住基层医院,导致无法达到强基层广覆盖的效果。现在,随着元宇宙医学的发展,使得我们有机会通过虚实互动的云加端诊疗新模式,做到以“患者为中心,元医(及其化身数字人)为重点,专病为抓手,质控为保障”的元宇宙医疗<sup>[8-9]</sup>。使患者能够“云联知名专家,端享现代医疗”。由富有临床经验的“元”专家与其分身随时随地指导基层医生(“端”医生)为患者高质量地解决问题,同时提高他们的医疗水平,这种新型诊疗新模式可以集合物联网和元宇宙医疗技术之大成,赋能实现“名医治未病,元医惠众生”的愿景(图 1)。

元医学诊治流程与真实世界的不同之处是一部分工作由虚拟(或化身)医生、药师和护士代替。体现出“患者为中心,元医为重点”,“专病为抓手,质控为保障”的强基层广覆盖的个体化高水平诊疗模式。自然人和虚拟人的角色,应该根据患者需要与自然人和虚拟人所能扮演的角色能够达到与真实世界要求的可能性,特别是保证患者安全为前提,又方便和提高临床质量来决定。

### 3 元宇宙医生的培养和定制

建设元宇宙医院,最重要的是培养和定制元宇



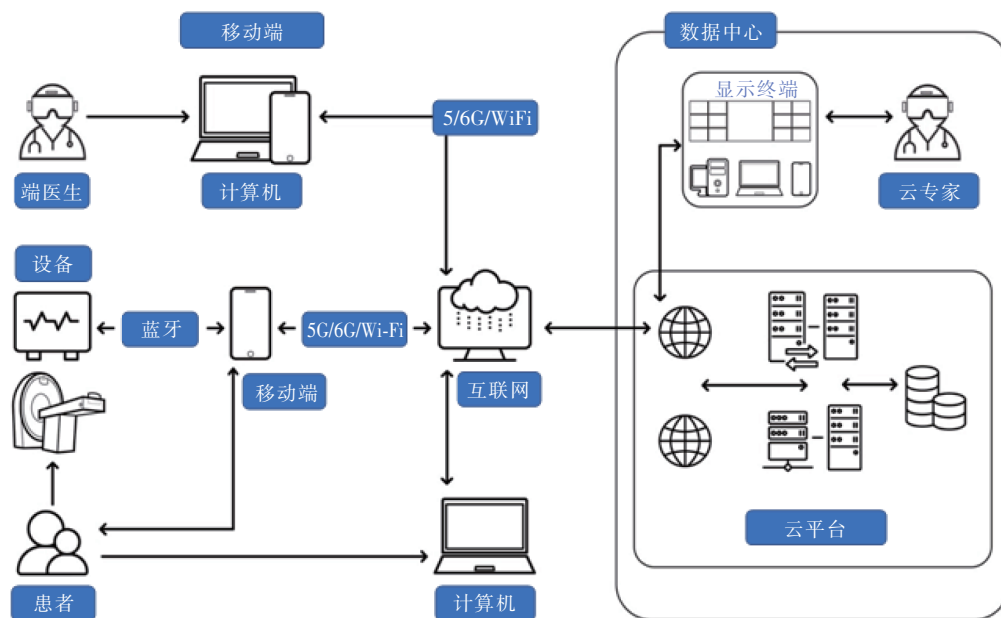


图 1 “云加端”元宇宙诊疗新模式

宙医生<sup>[9,26]</sup>。为了做好元宇宙医生的定制和生成,先要了解元宇宙医疗人才培养和使用特殊性。这可能比阿尔法围棋(AlphaGo)的培养和使用更加复杂,AlphaGo 只是 1 款围棋人工智能程序,其主要工作原理是深度学习。而要做好元宇宙医生的定制和生成还必须叠加元宇宙医学数智化(物联网三大基础流程、十大基本功能和数字医疗)特性和八大特征(Roblox 八大特征)<sup>[9,26]</sup>,培养和使用元宇宙医学(以下简称“元”医学)的“元”专家、“元”药师和“元”护士。但是,不要期望可以很快就能培养出多个“元”专家,“元”大医,而是应该以专病为抓手,选择在这一专病方面,在国内外具有较大影响力的专家,作为元宇宙医学专家的模板,再据其做出虚拟数字人,包括针对专病的虚拟专家或分身,虚拟医生助理和虚拟的护士。

**3.1 元宇宙医生定义** 能够应用 AR/VR 等虚实互动技术,赋能其本人应用物联网技术更好地服务患者的医生,即是元宇宙医生(简称“元”医生)。旨在达到“物联(物联网联接)健康新契机,元面(元宇宙面见)名家零距离,虚实互动加质控,人机融合无人敌”医疗和大健康效果。

**3.2 “元”医生功能** 如何明确定义“元”医生功能?需要应用元宇宙的 8 个关键特征(身份、朋友、沉浸感、便捷、多样性、随地、经济和文明)来改革目前的医疗模式,使其成为环境、社会、心理、工程、生物医学模式<sup>[8-9]</sup>。医学模式是对人类健康与疾病的特点和

本质的哲学概括,是在不同社会经济发展时期和医学科学发展阶段,认识和解决医学与健康问题的思考。元宇宙医学的诞生恰逢时机,其八大特征有助于赋能医疗和大健康(表 1)<sup>[8,27]</sup>。

在医疗和大健康工作中,这是物联网医学发展的重大机会,可以将其融合到 AR/VR 平台上。通过“虚实联动—人机融合”,有效地增强参与者(医生、患者)、真实环境(设备)和虚拟环境(虚拟医生、患者和设备)三者之间的无缝融合,自然逼真地将虚拟世界拉入到真实世界,达到人机联动的医疗大健康服务的效果<sup>[8]</sup>。实现“物联健康新契机、元面名家零距离、虚实联动加质控、人机融合无人敌”的医疗大健康服务,促进“健康中国 2030”规划目标的实现。

**3.3 选择真实世界名医作为模板** 如何选择真实世界名医作为模板?需要该专家在某一专病具有两方面基础:元宇宙医学专家(“元”专家)一般基础和“元”专家特殊要求<sup>[8-9,26]</sup>。

(1)“元”专家一般基础:元宇宙医学专家是从物联网医学的“云”专家迭代发展而来,可简称为“元”专家。因此,需要对其有更高的要求。例如首先需要是从从事该专病临床工作 20 年以上,平均每年诊治该专病超过千例次,积累了丰富的临床经验<sup>[9]</sup>。不但了解该专病定义和发病机制,初评和研判方法,而且熟悉相关的评估技术,如影像学、功能学和病原学等检查,便于为患者提出精确诊断意见,选

表 1 元宇宙特征功能及其医学拓展的意义

特征	元宇宙功能	元宇宙医学功能
Friends (朋友)	用户可以通过 Roblox 与朋友互动, 包括现实世界中的朋友与在 Roblox 上结识的朋友。	便于结识医疗有关的朋友, 方便挂号、看病就诊, 便于在元门诊和元病房与真人或元医生进行交流、互动和沟通, 并保护隐私。
Immersive (沉浸感)	Roblox 上的作品有 3D 沉浸式体验, 随着技术不断升级, 这些作品将变得越来越有吸引力, 并且与现实世界难以区分。	便于元医生健康教育、专业培训和开展科普教育, 增加吸引力, 提高带教学生和培训学员的学习效率和依从性。
Low friction (便捷)	可以迅速便捷地注册账户, 用户可以免费享受平台上的作品, 开发人员也可以轻松地构建作品, 然后将作品发布到 Roblox 云, 以便 Roblox 的所有用户都可以访问。	便于医疗工作的开展, 包括建立绿色通道、急救、院前处理、预约、会诊、远程医疗, 提高抢救和诊疗效率; 也方便分级诊疗和手术机器人临床实践。
Variety (多样性)	Roblox 是由开发者和创作者构建的庞大且不断扩展的世界。此外还有数百万个创作者构建的虚拟物品, 用户可以用它们来个性化装扮自己的数字化身。	可以用于医疗、保健、科普教育、专业教育、培训和研究。可通过 VR/AR/XR 与 AI 技术、数字孪生技术结合, 提高临床研究效率, 同时提高临床研究的安全性, 能够“在计算机模型上犯错误而不是在人身”上。
Anywhere (随地)	Roblox 客户端可在 iOS、Android、PC、Mac 和 Xbox 多平台运行, 并支持使用 Oculus Rift、HTC Vive 和 Valve Index 头戴式显示器在 PC 机上进行 VR 体验。	不受地点和时间限制, 应用终端随时随地进行医患互动, 适合急救、远程医疗、教育培训、机器人手术等, 产生强基层和广覆盖效果, 克服目前远程医疗需独立空间、装置软硬件和配备辅助性专业技术人员等问题。
Economy (经济)	体现出元宇宙经济的特殊性。元宇宙经济要素包括数字创造、数字资产、数字市场、数字货币、数字消费, 其特征明显区别于传统经济, 表现为计划和市场的统一、生产和消费的统一、监管和自由的统一、行为和信用的统一。	虽然元医学没有自己的经济系统, 但是以后可以讨论是否应用 Robux 或者非同质化代币 (non-fungible token, NFT)。后者是用于表示数字资产 (包括 jpg 和视频剪辑形式) 的唯一加密货币令牌, 以便助力医生服务患者, 造福社会。
Civility (文明)	Roblox 平台集成了多个系统, 以促进文明并确保用户安全。这些系统旨在执行现实世界的法律, 并达到和超出了最低监管要求。	可借鉴用于元医学, 接受监管并建立自己的文明体系, 助力医疗、教学、科研和大健康; 可以赋能去中心化和数据共享, 解决目前的中心化、信息孤岛问题。

择最佳治疗方案。同时, 可针对不同患者的特征, 给予个体化教育、治疗、康复和二、三级预防建议。为达到上述要求, 需要熟练掌握物联网医学和(或)元宇宙医学的理论, 并具有相应的实践能力, 能够以“云”专家身份指导元专家工作。并具有较高学术水平, 能应用物联网和元宇宙技术解决该专病医学问题中亟需解决的难题, 特别是对标 5P 医学远程监测患者, 赋能全时空家庭管理。此外, 还需具有业界公认的学术引领能力, 参加相关的国内外共识指南制定, 在数百家 (甚至其他国家) 医院, 建立相应的专病诊治分中心或示范基地, 助力实现“名医治未病, 元医惠众生”愿景, 产生强基层广覆盖的效果<sup>[8-9]</sup>。

(2)“元”专家特殊要求: 虽然元宇宙是新的概念, 但是可赋能“元”专家面对这些挑战, 使其迅速掌握陈述性知识和程序性知识, 并加速二者之间的融会贯通。但是要想实现这一目标, 还需要积极努力学习并掌握下述知识和技术<sup>[9]</sup>。①云计算技术: 需要掌握存储和处理大数据的基础知识, 帮助“元”专家进行元宇宙医疗数据的存储、共享和分析。②大数据分析技术: 能熟练辅助“元”专家处理和分析元

宇宙医疗大数据, 从中提取有用的信息, 赋能临床工作。③计算机视觉技术: 某些专病的 5P 医疗需要“元”专家能通过图像识别患者的症状或体征, 因此需要掌握计算机视觉技术, 以助其进行监测患者病情、辅助“元”专家做好诊疗工作。④机器人技术: “元”专家可以应用机器人对患者进行交流和照护, 因此需掌握相应的机器人知识, 以便为患者提供更加贴心的服务。⑤元宇宙虚实互动技术: 需要“元”专家通过虚实互动技术培训, 为患者提供更加直观和有沉浸感的医疗体验, 协助实现“名医治未病, 元医惠众生”的愿景。

(3)“元”专家的最理想要求: 需要具备 2 方面条件, 一是国内外的学术影响力, 二是医疗上解决实际问题的能力。学术影响力我们可以定义为“国际大会有声音, 国际杂志有影响, 国际学会有位置, 国际社会有认可”。临床实践能力的影响可以分为 4 类, “好医遵循证, 工匠技更精, 名医治未病, 元医惠众生”<sup>[8, 20]</sup>, 生产“元”专家虚拟数字人。

未来的元宇宙医生将成为医学领域的先锋, 充分利用元宇宙技术和智能化系统。国际元宇宙医学

协会和联盟计划启动“好医遵循证,工匠技更精,名医治未病,元医惠众生”的元宇宙医生系统工程<sup>[9]</sup>。可以赋能提高陈述性知识的成长速度,提高程序性知识的融会贯通能力,助力更多医生做好医生,好工匠、好名医和好大医。我们可以应用物联网云加端,边缘云、雾计算技术辅助和提高元宇宙医学平台的服务水平,大幅度减轻医生为达到“四好能力”

的负担。这样的元宇宙医生不仅具备丰富的临床经验和深厚的医学知识,还能充分利用先进技术提高工作效率。他们将成为医学领域的领军人才,推动医疗服务向更高水平迈进,为社会的健康和福祉作出巨大贡献。最终达到“元联健康新契机,直面名家零距离,虚实联动加质控,人机融合全无敌”的愿景(图2)<sup>[9,27]</sup>。



图 2 元宇宙医学赋能元医培养好医生

3.4 “元”专家定制生产 选择“元”专家模板的最终目的,是生产如同 AlphaGo 一样能够解决医疗问题的“医学数字人”(在医生之中即是“元”专家的分身)。数字人是元宇宙的基础交互单元,将为元宇宙和物理世界交互提供基础的技术支持。其中,动作捕捉和 AI 驱动技术,可让数字人具备人的行为;自然语言处理(NLP)、语音合成和知识图谱等 AI 技术可赋予数字人智能交互能力<sup>[9,26]</sup>。数字人包含人物形象、语音生成模块、动画生成模块、音视频合成显示模块、交互模块等五大通用模块。数字人的本质是 1 个模型或数据库,可在云端计算机或服务器中以数字方式对个人进行数字描述,当有信息更改时,记录也会相应更改,信息同步依赖于互联网、4G、5G、6G、Wi-Fi 等技术通信。“元”专家模板的生产可以根据《元宇宙医学虚拟数字人的专家共识》<sup>[26]</sup>中定位 L0 到 L3 的级别。当然元宇宙医学专家、元宇宙医生助理和元宇宙医疗护士的生产各有不同,应该根据权威机构的要求和功能来生产。

医疗数字人将有助于克服中国面临的三大瓶颈:培养高水平医疗专业人才的困难、手术术前评估的挑战以及药物开发的复杂性。在新药和医疗器械的转化医学研究中,虚拟人体作为病理学研究和药理学研究的基础。它们实现了药物的虚拟临床试验,模拟不同患者群体的剂量,预测副作用,并加速

新药的获批和推广。此外,它们为各种医疗器械的开发提供了新的实验概念,如多模态医学成像、手术机器人和微创精准手术。未来,数字个体将在元宇宙医院中发挥重要作用,但仍面临挑战。以更个性化的方式构建“虚拟生理人体”需要先进的建模技术和对新技术的探索。此外,在元宇宙环境中,深入考虑隐私、安全、管理和投资等问题至关重要<sup>[26]</sup>。

## 4 元宇宙医院的管理

4.1 管理目标 在理解了元宇宙医学是 1 个数字技术和医学的综合组装体平台概念后,制定的管理模式和策略,就需要将物联网数字医疗融入虚实互动的元宇宙综合组装体平台之中,体现出物联网的全面感知、可靠传输和智能处理的三大基础流程与十大基本功能的优势,再通过元宇宙医学的自身特性和八大特征做到“其他医疗模式不会做的,其他医疗模式做不好的,对百姓医疗和大健康最有利的”医疗和大健康工作<sup>[18-9,26]</sup>。

4.2 以患者为中心 欧洲在 19 世纪 80 年代末,由于人口老龄化日益加重,越来越多老人被收入专科医院病房。很多老年患者,因多种合并症反复入院。并因此突然发现“专家为中心、医院为重点”的医疗体系似乎不再适用。因为人们的需求发生了转变,慢性病及多种共患病的发生率升高,同时服用



多种药物的概率也明显增多。以“专家为中心,医院为重点”的策略,已不再合适,越来越迫切地需要“以患者为中心”的医疗模式<sup>[4]</sup>。无独有偶,国家卫生部(卫健委前身)也于 2005 年开展了以患者为中心,提高医疗服务质量为主题的医院管理年活动。目的也是探索建立医院科学管理的长效机制,不断提高医疗服务质量和水平,使其更加贴近群众、贴近社会。在活动期间,每年成立专家组赴各地督导检查,特别是全国有名的三甲医院,并在活动中重新梳理了规章制度。医务人员则重新认识了“三基三严”、“三查七对”等老话题的意义,对提高医疗质量、确保医疗安全、提高医疗服务水平有着深刻影响。

**4.3 以元医为模板** 如上所述,以“专家为中心,医院为重点”的策略无法满足大众对医疗和大健康的需求,因为特别有名的专家(名医)和大医院是屈指可数的,是没办法满足所有患者需求的<sup>[9]</sup>。此外,随着生活水平的提高,人们对医院的环境也不再满意。为此,最好的解决方案是患者居家即可接受名医诊治,如此可以解决占门诊量 80% 的慢性疾病管理的问题。这就需要元宇宙赋能,以有影响力的名医为模板,建立虚拟数字人以拓展其服务效率<sup>[9, 20]</sup>。但是,世界上没有任何 1 位名医的技术永远是全球,或者是国内最好的,更不是永生的。只有个别名医可在某一专病(如肺结节、急性呼吸窘迫综合征(ARDS)、阻塞性睡眠呼吸暂停(OSA)、冠心病、糖尿病或某种肿瘤等)或者亚专病(如哮喘是一专病,其急性发作可称为亚专病)上独占鳌头。所以只有根据名医的程序化知识研发名医的虚拟数字人,不断更新(融合名医的程序化知识),才能迭代发展成为永生的名医,也可成为诊断和手术机器人虚拟数字人或原型(图 3)。进而彰显大医水平。同时也可为所在医院迭代培养助手和医疗团队的虚拟数字人奠定基础。



图 3 元宇宙时代手术

**4.4 以专病为抓手** 如何建立元医院?是建立综合性元医院、还是专科医院?均不是,而是需要从基于名医最擅长且被广泛公认的专病工作循序渐进做起,迭代发展成元医院<sup>[9]</sup>。因为元医院需要具有全球最有名或者比较有名的专家作为虚拟数字人的模板,实践虚实互动的医疗解决其熟悉的疾病或大健康问题。然而,任何医院都不可能具有这个级别的所有名医资源,所以只有从专病入手,才能找到该医院所能有的,比较知名的,可作为模板的名医。这对于其本人,也是 1 个难得机会,可以通过元宇宙技术体现其独特的“云”专家到“元”专家的价值,便于培养和带动“端”医生(一线医生和基层医生)做好强基层,广覆盖的医疗和大健康工作,实现“名医治未病,元医惠众生”愿景。

**4.5 以质控为保障** 应用基于物联网的元宇宙质控指标和质控平台<sup>[1-3]</sup>,可以保证元宇宙医疗的安全进行,并保证患者的利益。这一平台可以赋能解决如下问题。

(1)预测可能引起的医疗差错:预测和定义可能引起的不安全风险,以利于应用物联网和元宇宙技术,避免如下错误。①可观察到的疏忽:例如,某医生在操作呼吸机时不小心按错了 1 个按钮,这种行为是可被操作医生本人或其他人察觉到的。②不能观察到的疏忽:发生后是不能被察觉到的,常见于依靠记忆所产生的错误中。例如,夜班护士因为记错给药时间而使患者错过最佳的药物治疗时间。③错误:不属于前两者类型的错误。

(2)制定质量控制指标:为了解决上述的问题,需要制定相应的质量控制指标,也就是标准。依据标准来规范临床工作有助于避免上述差错,需要根据共识指南采集病史、进行相关检查,再提出规范的诊断和治疗意见。经过多年的临床实践,我们的团队在《物联网医学分级诊疗手册》<sup>[2]</sup>中提出了很多疾病的临床质量控制指标,与诊断和治疗疾病的 5A 流程融合在一起,形成了临床工作和质量相融合的工具。例如,管理专病融合质控指标的元宇宙 5A 小程序(MMapp 5A),就可使“复杂问题简单化,简单问题数字化,数字问题程序化,程序问题质控化”(图 4)。

(3)及时发现和纠正医疗差错:通过基于物联网的元宇宙医疗平台可实现自动提醒,避免差错、警惕差错和拒绝差错的系统质控方案。这也是元医学平台应该做的,最能彰显其他医疗模式不会做或做不好的优势,这也是最智慧的、最利于强基层广覆盖地提高医疗水平的方法。

4.6 虚拟数字人应用与管理 符合“元”专家模板条件的专家,可以专家模版申请著作权,生产“元”专家虚拟数字人<sup>[9, 26]</sup>。此外,对元宇宙医学自然人和虚拟人角色的培养和使用也各有不同。在目前还没有专家共识的条件下,应该根据临床需要与自然人和虚拟人所能扮演的角色,是否能达到真实世界要求的可能性而定。其中首先要保证医疗安全,然后又能“做他人不会做,做他人做不好,做对患者最有利”的“三做”医疗大健康工作。

原则一:以患者安全为主。这两个角色的使用和调用都以患者的安全为第一位。如果虚拟人的使用会影响到患者的安全,就不能使用,而只能使用自然人。原则二:解决临床问题的“三做”水平。如果虚拟人解决临床问题的水平能高于 95% 以上的自然人医生水平,那么就应用虚拟人。否则,只能使用

自然人医生。二者之间既有矛盾又可以相辅相成。比如说我们元宇宙医学专家虚拟人,如果选择的专家模板是全球有影响力的,而且按照这一模板做出的虚拟数字人解决临床问题的能力超出 95% 自然人医生的水平,那么元宇宙虚拟医学数字人的应用前景将非常广阔,将产生医疗 AlphaGo 效果。

在没有达到这一标准之前,我们只能是迭代发展。先采用自然人,当然也是要超过一般医生水平的自然人,比如说在全球或者是全国影响力都比其他医生影响大的人来做自然人专家。按照其模型做好了虚拟数字人之后,预实践中也确实超过了 95% 其他医生能力的时候,即可考虑进行科学的随机双盲临床研究。在其成功后,才可广泛应用于临床,助力实现我提出的“名医治未病、元医惠众生”愿景。



图 4 元宇宙 5A 小程序 (MMapp 5A)

## 5 展 望

目前,尽管科学已取得了许多重大进展,但是物联网医学<sup>[1-7]</sup>,特别是最近提出的元宇宙医学<sup>[8-9]</sup>在本质上还是一门试验性科学平台。其目的是赋能知识自动化和数字人医生的元宇宙医疗模式大范围地快速进行试验,把医学的“小数据”变成“大数据”,再凝练成“智数据”,旨在实现低成本、高效益、广智慧的医疗模式。针对平行的医疗技术,现存的医院管理与服务体系也不断进行着相应的变革,究其关键是引入数字人医生的理念和方法,从而实现医疗服务的知识自动化。为达到这一目的,医院本身也必须虚实一体,需要将目前的医院信息系统进一步数字化、平行化和智慧化。此外,医院之间也需

要形成 1 种新型的合作关系,在“孤岛”和保护隐私的前提下,实现共同提高、共享服务,构成智慧医院体系,走向真正集预防、预测、个体、参与和精准于一体的 5P 医学目标的智能健康与医疗。虽然目前没有公认的元宇宙医学建设经验,但是从需求背景、以往基础、元宇宙医生和管理几个角度探讨,定能起到抛砖引玉的作用,实现“名医治未病,元医惠众生”愿景。

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 宋振举:撰写论文;顾建英:修改论文;白春学:论文选题、修改。



## 参考文献

- [1] 白春学. 实用物联网医学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2014.
- [2] 白春学. 物联网医学分级诊疗手册[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2015.
- [3] 白春学, 赵建龙. 物联网医学[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [4] THEUMMLER C, BAI C X. Health 4.0: how virtualization and big data are revolutionizing healthcare[M]. Switzerland: Springer Cham, 2017.
- [5] ZHANG J, SONG Y L, BAI C X. MIOTIC study: a prospective, multicenter, randomized study to evaluate the long-term efficacy of mobile phone-based Internet of Things in the management of patients with stable COPD[J]. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 2013, 8: 433–438.
- [6] BAI C X. Letter from China[J]. *Respirology*, 2018, 23(7): 718–719.
- [7] YANG D W, LI K C, MINGWEI CHUA D, et al. Application of Internet of Things in chronic respiratory disease prevention, diagnosis, treatment and management[J]. *Clin eHealth*, 2022, 5: 10–16.
- [8] YANG D W, ZHOU J, CHEN R C, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine[J]. *Clin eHealth*, 2022, 5:1–9.
- [9] 白春学. 未来已来——我们需要的元宇宙医学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2022.
- [10] 健康中国行动推进委员会. 健康中国行动 (2019-2030 年) [EB/OL]. (2019-07-15) [2024-01-31]. [https://www.gov.cn/xinwen/2019-07/15/content\\_5409694.htm#:~:text=%E5%88%B02030%E5%B9%B4%E5%BC%8C%E5%85%A8,%E7%BA%B2%E8%A6%81%E3%80%8B%E6%9C%89%E5%85%B3%E7%9B%AE%E6%A0%87%E3%80%82](https://www.gov.cn/xinwen/2019-07/15/content_5409694.htm#:~:text=%E5%88%B02030%E5%B9%B4%E5%BC%8C%E5%85%A8,%E7%BA%B2%E8%A6%81%E3%80%8B%E6%9C%89%E5%85%B3%E7%9B%AE%E6%A0%87%E3%80%82).
- [11] KEVIN A. That ‘Internet of Things’ thing [J]. *J Radio Freq Identif*, 2009, 22: 97–114.
- [12] SONG Y L, JIANG J J, WANG X, et al. Prospect and application of Internet of Things technology for prevention of SARIs[J]. *Clin eHealth*, 2020, 3: 1–4.
- [13] CAI B Q, CAI S X, CHEN R C, et al. Expert consensus on acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease in the People’s Republic of China [J]. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 2014, 9: 381–395.
- [14] JIANG W P, SONG Y L. Internet of Things-based home noninvasive ventilation in COPD patients with hypercapnic chronic respiratory failure: study protocol for a randomized controlled trial[J]. *Trials*, 2022, 23(1): 393.
- [15] NIEDERMAN M S, RICHELDI L, CHOTIRMALL S H, et al. Rising to the challenge of COVID-19: advice for pulmonary and critical care and an agenda for research[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2020, 201(9): 1019–1022.
- [16] BAI C X, CHOTIRMALL S H, RELLO J, et al. Updated guidance on the management of COVID-19: from an American Thoracic Society/European Respiratory Society coordinated International Task Force (29 July 2020)[J]. *Eur Respir Rev*, 2020, 29(157): 200287.
- [17] National Economic Council, Office of Science and Technology Policy. A strategy for American innovation[EB/OL]. (2015–10) [2024-02-13]. [https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/strategy\\_for\\_american\\_innovation\\_october\\_2015.pdf](https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/strategy_for_american_innovation_october_2015.pdf).
- [18] CHAN Y F Y, WANG P, ROGERS L, et al. The Asthma Mobile Health Study, a large-scale clinical observational study using ResearchKit[J]. *Nat Biotechnol*, 2017, 35(4): 354–362.
- [19] TACHAKRA S, WANG X H, ISTEPANIAN R S H, et al. Mobile e-health: the unwired evolution of telemedicine [J]. *Telemed J E Health*, 2003, 9(3): 247–257.
- [20] HOU W H, AZIZIMANESH A, SEWAKET A, et al. Strain-based room-temperature non-volatile MoTe<sub>2</sub> ferroelectric phase change transistor[J]. *Nat Nanotechnol*, 2019, 14(7): 668–673.
- [21] ANLIKER U, WARD J A, LUKOWICZ P, et al. AMON: a wearable multiparameter medical monitoring and alert system [J]. *IEEE Trans Inf Technol Biomed*, 2004, 8(4): 415–427.
- [21] SIONTIS K C, NOSEWORTHY P A, ATTIA Z I, et al. Artificial intelligence-enhanced electrocardiography in cardiovascular disease management[J]. *Nat Rev Cardiol*, 2021, 18(7): 465–478.
- [22] CASTILLO-SECILLA J, OLIVARES J, PALOMARES J M, et al. Zigbee pulse oximeter [C]. II Jornadas Andaluzas de Informática, 2011.
- [23] TOSHIBA. Toshiba’s AI offers advice on improving habits toward reducing risk of lifestyle diseases [EB/OL]. (2020–10–15) [2024-02-13]. <https://www.global.toshiba/ww/news/corporate/2020/10/pr1501.html>.
- [24] PENNISI E. Genomics. Pocket DNA sequencers make real-time diagnostics a reality[J]. *Science*, 2016, 351(6275): 800–801.
- [25] 白春学. 肺癌防治策略与预测和诊断技术研究进展及展望 [J]. *国际呼吸杂志*, 2019, 39(9): 641–648.
- [26] YANG D W, SUN M T, ZHOU J, et al. Expert consensus on the “Digital Human” of metaverse in medicine [J]. *Clin eHealth*, 2023, 6: 159–163.
- [27] 白春学. 元宇宙医学之我见[J]. *中国医药导刊*, 2023, 25(1): 1–6.

## 引用本文

宋振举, 顾建英, 白春学. 如何建设元宇宙医院? [J]. *元宇宙医学*, 2024, 1(1): 13–21.

SONG Z J, GU J Y, BAI C X. How to build a meta-hospital? [J]. *Metaverse Med*, 2024, 1(1): 13–21.