

## ·综述 General review·

## 元宇宙医学在血管腔内介入治疗中的应用现状与未来

徐文博, 穆 兰

【摘要】 2021 年以来,元宇宙一词受到广泛的关注并成为国际热词,同时元宇宙在医疗领域的应用也受到广泛关注。元宇宙沉浸式的环境、虚实交融的空间以及超仿真的特点决定了其在医疗领域的应用具有广阔前景。目前元宇宙医学在慢性病诊疗、心理干预以及创新临床教学模式等方面已有应用。虽然元宇宙医学在血管腔内介入治疗中的应用处于发展阶段,但随着血管介入手术机器人、扩展现实、3D 打印等技术的发展与应用,元宇宙医学在助力介入手术以及医生培训等方面将发挥重要作用。元宇宙医学逐步走向成熟,基于 5G、AR、触觉互联网等技术远程指导介入手术和计算机辅助血管介入与虚拟技术结合模拟手术培训将成为常态。

【关键词】 元宇宙医学; 介入手术; 医生培训

中图分类号:G642 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2024)-01-086-04

**The application of metaverse medicine in intravascular interventions: its current situation and future outlook** XU Wenbo, MU Lan. Catheter room, First Affiliated Hospital of Jinzhou Medical University, Jinzhou, Liaoning Province 121000, China

Corresponding author: MU Lan, E-mail: 287516641@qq.com

【Abstract】 Since 2021, the term “metaverse” has attracted wide attention and become an international hot word, meanwhile, the application of metaverse in the medical field has also attracted great attention. Because of its unique advantages such as the immersive environment, the integration of virtual-real space and the characteristics of super-high simulation, the metaverse have a broad application prospect in the medical field. At present, metaverse medicine has already been applied in the diagnosis and treatment of chronic diseases, psychological intervention, and innovative clinical teaching mode. With the increasing of innovations and applications of the technologies such as vascular interventional surgical robots, extended reality, 3-D printing and others, the newly-developed metaverse medicine will be able to play an important role in facilitating interventional surgery and improving doctor training, although the application of metaverse medicine in endovascular interventional therapy is still in its developing stage now. It can be expected that with the gradual maturity of metaverse medicine, the remote-guided interventional surgeries, which can be accomplished with the help of technologies such as 5G, augmented reality (AR) and tactile internet, will become the normal work in medical practice, and, moreover, the simulation surgery training programs, which can be conducted with the help of technologies such as computer-assisted vascular intervention and virtual reality (VR), will also become the common pattern in medical teaching course. (J Intervent Radiol, 2024, 32: 86-89)

【Key words】 metaverse medicine; interventional surgery; doctor training

2021 年以来,元宇宙一词受到广泛的关注并成为国际热词。元宇宙的概念最初起源于 1981 年出版的科幻作品《真名实姓》,作者构建了一个通过脑机接口进入并获得感官体验的虚拟世界。在 1992

年出版的科幻小说《雪崩》中正式提出这一概念,作者描述了互联网人通过化身与平行于现实世界的网络世界进行感知交互。元宇宙是一个平行于现实世界运行的人造空间,是由虚拟现实(virtual reality,VR)、

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2024.01.017

基金项目: 辽宁省教育科学“十三五”规划(JG20DB162)

作者单位: 121000 辽宁锦州 锦州医科大学附属第一医院导管室(徐文博),耳鼻喉头颈外科(穆 兰)

通信作者: 穆 兰 E-mail: 287516641@qq.com

现实增强 (augmented reality, AR)、混合现实 (mixed reality, MR) 等技术支持的,包括物质世界和虚拟世界以及虚拟经济整合在一起的网络空间。现阶段,元宇宙可看作是挂在 AR、VR 眼镜上的下一代物联网,是基于数字技术构建的一种人以数字身份参与的虚实融合的三维数字世界<sup>[1]</sup>。

## 1 元宇宙医学的提出及其蕴意

元宇宙本质上并非是新技术的应用,而是数字孪生、各种虚拟技术、区块链等多种核心技术集合而成的综合产物。元宇宙在很多方面都有广阔的应用前景。元宇宙医学应定义为将虚拟世界拉入现实世界并实现多维互动的混合现实医学网络平台,通过平台可进行元宇宙教学、会诊、分级诊疗和临床研究等。即元宇宙医学是通过 VR、AR 以及 MR 等技术实施的物联网医学。白春学<sup>[1]</sup>认为,元宇宙医学是在 AR 眼镜上实践的物联网医学,AR 眼镜可以将物联网医学提升为虚实融合的水平,使医生能够将常规的手工业作坊式诊疗模式提升为虚实“云”专家全时空指导“端”医生的诊疗工作。在元宇宙医学中,虚实融合技术将有效增强参与者(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,最终目的是达到自然逼真的效果,将虚拟世界拉入真实世界,并进行人机联动的医疗服务。

元宇宙医学虚实融合环境,需涉及高精度定位、虚拟与真实环境融合呈现、光学显示、多感知交互等关键技术,同时需要在 AR 眼镜上展示物联网智能诊疗和管理水平,特别是质量控制。因此,元宇宙医学需要高端装备研制、复杂规划与教育培训、创新的质量控制技术。目前中国创立元宇宙医学的条件已经成熟,2022 年 2 月 19 日,中国元宇宙医学协会在上海成立,2022 年被称为元宇宙医学元年。

## 2 元宇宙医学在医疗实践和临床教学中的应用

现阶段我国人口老龄化趋势显著,伴随而来的变化是老年慢性病患者数量呈逐年上升的趋势,而慢性病的日常疗养需要患者定期多次往返医院。在元宇宙医学模式下,患者可足不出户通过穿戴各种智能终端设备,记录上传心率、呼吸、血氧等生命体征数据,可隔空进行数字化深度问诊与日常健康监测管理。如梅奥医疗中心开发的慢性心血管疾病远程监测平台,该平台可 24 h 监测患者临床信息和生理参数并自动上传数据以辅助诊疗,整个过程完全

不影响患者的正常生活。再如欧洲医疗专家研发的血氧饱和度监测软件,能够实现远程同时监测多名不同患者的 SpO<sub>2</sub> 信号和脉搏率。此外,虚拟技术可用于辅助恐惧症、抑郁症、自闭症等精神类疾病的治疗。在恐惧症辅助治疗中,可应用扩展现实 (extended reality, XR) 技术建构患者视觉、听觉和触觉所感知而引起恐惧的特定情境,然后从医治角度使患者暴露其中,帮助患者逐渐接触适应所恐惧的事物,从而达到治疗效果。

元宇宙医学的出现为临床教学提供了全新的模式。传统的医学教育培训模式需要使用实物或者在人体上进行操作,或以文字、图片等方式进行讲授,而 VR 技术可以帮助学生打造生动、逼真的学习环境,激发学生的学习兴趣,有利于提高其学习效率和认知能力。在医疗技能培训上,VR、AR、XR 与影像学技术相结合可在虚拟空间中模拟人体组织和器官,让学生模拟操作,并且让学生感受到手术刀切入人体肌肉组织以及触碰到骨头的感觉,有助于学生更快地掌握手术要领。在手术前,主刀医生也可建立一个患者身体的虚拟模型,用其进行手术预演,提高手术的成功率。此外,XR 技术还可用于开展手术直播,使受训医生能直观地、全方位地看到实际手术的操作过程<sup>[2]</sup>。该技术通过显示、触感、力反馈等设备,使受训医生沉浸在虚拟场景中进行手术操作和练习,体验真实的手术过程。受训医生不仅可在医院观看这种培训直播,还可应用手机 APP 和 VR 设备在异地学习。受训医生可以获得与在手术现场一样的沉浸式体验,清楚地看到手术每一步的细节。

## 3 元宇宙医学在血管介入治疗中的应用

纵观介入治疗在近几年的发展,医务工作者不禁慨叹,相比传统医疗模式,元宇宙医学无论在助力手术还是教育培训等方面都有广阔的前景。

### 3.1 元宇宙医学助力血管腔内介入手术

机器人技术应用于临床实践始于 20 世纪 90 年代,主要用于外科手术领域。随着机器人技术的进步,近年来血管腔内介入手术机器人逐步应用于临床治疗,如美国 Hansen 公司的 Magellan 血管介入机器人系统和 Sensei X 射频消融机器人系统,西门子医疗公司的 CorPath 200 冠状动脉和外周介入系统,法国 Robocath 公司的 R-one™ 冠状动脉腔内介入系统。国内如海军军医大学第一附属医院、北京天坛医院等都自主研发了血管介入远程数控机器

人系统。目前临床应用较为广泛的是 CorPath 200 系统及其升级产品 CorPath GRX。CorPath 200 系统于 2012 年获得美国食品药品监督管理局(FDA)批准,设有独立的防辐射介入式操控舱,机械臂就安装在手术床边便于操作,内置一次性无菌盒,盒内有导引导管的支撑轨道,在盒内可建立至冠状动脉的通路,适用于 5-7 F 导管、0.014 英寸冠状动脉导丝、快速交换式系统(RX)及支架输送系统<sup>[3]</sup>。截至 2018 年,CorPath200 和 CorPath GRX 已在全球 50 多个医疗机构成功治疗了 5 000 多例心血管病患者,医护人员的辐射暴露减少了 97.1%,患者未受到辐射影响<sup>[4]</sup>。CorPath GRX 系统(见图 1)主要用于脑血管领域,并于 2019 年首次应用临床,成功完成 3 例颈动脉血管成形术和支架置入术以及 7 例选择性诊断性脑血管造影<sup>[5]</sup>。2020 年,多伦多西部医院神经外科应用 CorPath GRX 系统首次成功完成 1 例远程操控机器人辅助脑动脉瘤栓塞术治疗,这预示着血管腔内介入元宇宙时代的到来<sup>[6]</sup>。

### 3.2 元宇宙医学助力血管介入临床教学与培训

目前,元宇宙医学应用于教学与培训可实现教学场景虚实结合、模拟操控训练以及 3D 模型替代患者等,给医学培训与教学带来革命性的变化。MR 技术通过对特定患者的血管进行三维模拟重建,医学生能对目标区域进行拆分和重组,并能从各个层次与角度进行观察,使学习和观察更加生动形象且简单直观,不像传统教学模式那样受时间和空间的限制<sup>[7]</sup>。但由于血管介入手术的特殊性,仅对医师通过模拟培训是不够的,近年来 3D 打印模型训练模拟器开始应用于血管介入教学,通过 3D 打印技术制作特定的模型供医学生或受训医生模拟练习。目前由于成本、工艺等因素的限制,训练模型的复杂性差异很大,从最简单的观察模型到能够学

习基本导丝技能的训练模型,再到附加脉动流环路的患者特定模型。但其训练效果已经得到广泛认可,Kärkkäinen 等<sup>[8]</sup>为住院医师制作了腹主动脉(AAA)假体来模拟血管内主动脉修复(EVAR)。在总共 22 次 EVAR 模拟中,熟练的医生可以显著缩短手术时长以减少辐射积累。而另一项使用 3D 打印主动脉模型进行主动脉瓣动脉造影模拟的研究也得出了类似的结论<sup>[9]</sup>。与计算机模拟相比,3D 打印模型的主要优势是学员使用的导丝、护套、导管、植入物等都是真实手术使用的材料,同时还可以模拟导丝和导管行为以及植入物位置对血压变化的影响,而且长期教学使用成本比计算机模拟更低。吴励等<sup>[10]</sup>通过实证分析认为,3D 模型用于 Stanford B 型主动脉夹层(TBAD),可为 TBAD 手术规划及医师训练提供更多可行方案,但在成本、材料等方面存在缺陷。姚丽等<sup>[11]</sup>认为,3D 打印技术在医患沟通、手术规划模拟训练、心脏瓣膜选择、精细的解剖结构展示、术中导航及并发症的预测等方面展现出了传统医疗模式不具备的独特优势。尽管 3D 打印在血管介入治疗和临床培训领域的应用尚处于起步阶段,3D 模型也较为初级,随着技术的进步,3D 模型将不断升级以模拟更复杂的手术。

## 4 元宇宙医学的未来

当前医疗领域正在积极引入各种虚拟技术(VR/AR/MR)、人工智能、区块链、大数据、触觉互联网等技术,这些新兴技术在患者诊断、治疗以及医师培训等方面显示出巨大的潜能<sup>[12]</sup>。

### 4.1 基于 5G、AR、触觉互联网等技术远程指导介入手术

当前一线大城市的医疗资源相较于一些偏远地区更为完善,使大量患者涌到大城市寻医问药,



①机械臂与先进的磁带;②防辐射操作舱

图 1 CorPath GRX 机器人系统



引发了看病难、入院难、医疗成本高的困境。元宇宙可以看作是当前医学物联网形态的升级版,而元宇宙医学的发展和应用首先是基于医学物联网的远程医疗。2019 年 12 月以来,新型冠状病毒(COVID-19)大流行期间远程医疗快速发展,据统计 2021 年 3~6 月美国远程医疗访问量从每周 1.2 万人次上升至 100 万人次,同期英国远程医疗服务占比也较之前翻了 7 倍。元宇宙医学时代的到来推动了血管介入治疗朝着更加智慧化方向发展,如介入机器人的自主导航、远程数控等。在未来可通过虚实融合、人机融合和虚实联动技术结合物联网全面感知、可靠传输和智能处理技术的策略,远程操控血管介入机器人系统开展介入手术。尽管目前远程指导血管介入手术的报道较少,但在其他领域远程手术已有成功案例。如 2021 年广州呼吸科专家李时悦团队远程指导超声支气管镜检查;上海六院骨科张长青团队实现国内首次利用 VR 技术通过好医术 APP 直播手术,全国近万名外科医生“现场”观摩学习。

#### 4.2 计算机辅助血管介入与虚拟技术结合模拟手术培训

血管腔内介入手术机器人和 3D 打印技术已经逐步应用于治疗和培训,但由于多种原因其普及速度较慢,如机器人操控和导航技术较为复杂,3D 打印材料成本高等。但应用 VR/AR/MR 技术模拟人体组织器官的物理特性,并进行血管介入模拟手术培训具有更广阔的前景。2020 年美国康涅狄格大学已经开始使用 VR 技术进行技能培训,医生佩戴虚拟设备(头盔、眼镜)在具有沉浸感、交互性和多源感知的手术场景中练习手术操作,可以真实地感知器械与组织器官的交互作用。此外,建立 VR/AR/MR 环境下的计算机辅助血管介入,可以对血管介入过程进行规划训练、模拟介入和可视化导航,并可降低手术模拟训练成本和介入风险<sup>[13]</sup>。随着人工智能、信息采集与存储、5G 等技术的快速发展,血管内机器人辅助手术将会有远程操控和智能规划等拓展功能,通过对导航技术和力反馈技术的深入研究,介入手术机器人未来可实现自动送丝操作<sup>[14-15]</sup>。

#### 5 结束语

元宇宙医学的应用极大地推动了血管腔内介入治疗的发展,在未来的临床实践中会有更多的患

者选择介入治疗替代传统外科手术,这对减轻患者痛苦与经济负担具有重要意义。尽管元宇宙医学在我国的发展与应用尚处于起步阶段,但各方应共同努力加快元宇宙医疗体系建设,建立相关的行业标准、法律法规、伦理规范等,以引领介入放射医学的元宇宙建设与应用。

#### [参考文献]

- [1] 白春学.未来已来—我们需要的云宇宙医学[M].上海:上海科学技术出版社,2022:26.
- [2] 郭宇,张传洋,于文倩,等.元宇宙视域下数智化医疗信息应用服务模式研究[J].现代情报,2022,42:117-126.
- [3] 郭文颖,陆清声.血管腔内介入手术机器人的研究进展[J].血管与腔内血管外科杂志,2022,8:962-966.
- [4] Swaminathan RV, Rao SV. Robotic-assisted transradial diagnostic coronary angiography[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2018, 92: 54-57.
- [5] Sajja KC, Sweid A, Al Saiegh F, et al. Endovascular robotic: feasibility and proof of principle for diagnostic cerebral angiography and carotid artery stenting[J]. J Neurointerv Surg, 2020, 12: 345-349.
- [6] Mendes Pereira V, Cancelliere NM, Nicholson P, et al. First-in human, robotic - assisted neuroendovascular intervention[J]. J Neurointerv Surg, 2020, 12: 338-340.
- [7] 陈哲,姜维良.混合现实技术在血管外科中的应用进展[J].中国普外基础与临床杂志,2021,28:837-840.
- [8] Kärkkäinen J M, Sandri G, Tenorio ER, et al. Simulation of endovascular aortic repair using 3D printed abdominal aortic aneurysm model and fluid pump[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2019, 42:1627-1634.
- [9] Torres IO, de Luccia N. A simulator for training in endovascular aneurysm repair: the use of three dimensional printers[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2017, 54:247-253.
- [10] 吴励,韦亚宁,曾岸轲,等.CTA 多模式 3D 打印制作 Stanford B 型主动脉夹层模型[J].中国医学影像技术,2023,39:134-136.
- [11] 姚丽,孙菲菲,王鑫蕊.3D 打印技术在心脏瓣膜病诊疗中的研究与进展[J].中国医学创新,2022,19:183-188.
- [12] 王运武,王永忠,王藤藤,等.元宇宙的起源、发展及教育意蕴[J].中国医学教育技术,2022,36:121-129,133.
- [13] 李娜,贺建安,陈阳,等.计算机辅助血管介入技术进展综述[J].计算机辅助设计与图形学学报,2022,34:985-1010.
- [14] 李叔祥,刘文志,毛昊阳,等.心血管介入手术机器人技术实现和临床研究[J].中国医疗器械杂志,2022,46:254-258.
- [15] 陈政,沈毓,陆清声,等.新型血管介入机器人应用可行性初探[J].介入放射学杂志,2018,27:651-654.

(收稿日期:2023-01-09)

(本文编辑:新宇)