

Metaverse in Medicine

ISSN 3006-4236

元宇宙医学



元宇宙医学

二〇二四年六月 第一卷第二期



2024 年 6 月 第 1 卷第 2 期

《元宇宙医学》简介

《元宇宙医学》(ISSN 3006-4236)是由复旦大学附属中山医院联合国际元宇宙医学协会(International Association for Metaverse in Medicine, IAMM)于2024年正式创办的一本严格同行评议的聚焦医学与元宇宙学术交叉的开放获取中文学术季刊。杂志特邀IAMM主席、复旦大学附属中山医院终身荣誉教授白春学与复旦大学附属中山医院智慧医院建设专家、医院党委书记顾建英担任共同主编。

本刊旨在服务广大的元宇宙医学相关科技人员,打造“医学+X”的多学科交叉交流平台,促进创新、跨学科研究;应用物联网、人工智能、元宇宙等数字技术促进医学学术和科技发展,推动医工合作与交叉融合,更好地服务医疗和大健康,提高广大元宇宙医学从业人员的医学科学理论和业务技术水平,推动元宇宙医学科技进步和知识创新,繁荣中国健康事业,赋能“健康中国2030”,造福人群健康。



栏目设置

论著、专家述评、综述、平台建设与管理、伦理与法规、医学教育、产学研融合、指南与共识、方法学研究等。

征稿选题

包括但不限于如下方向:

- 元宇宙技术在诊断与治疗中的应用:探讨虚拟现实、增强现实、人工智能等技术在医学领域中的创新应用,以提高临床诊疗治疗效果。
- 虚拟医学环境与医学教育:研究元宇宙创造的虚拟医学环境,包括医学培训、手术模拟、康复治疗等领域。
- 医学数据的元宇宙化:探索将大数据、生物信息学等医学数据与元宇宙技术相结合,实现更深入、全面的医学研究。
- 患者体验与参与:研究如何通过元宇宙技术改善患者与医疗系统的互动,提高患者治疗参与度。
- 伦理与法规:关注元宇宙医学领域中的伦理问题,确保技术的安全和隐私保护。
- 跨学科合作:促进医学、计算机科学、工程学、心理学等多学科领域之间的协同合作,推动医学创新。

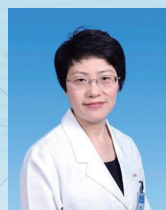
主编介绍



白春学

教授、主任医师,博士生导师,复旦大学附属中山医院终身荣誉教授,现任上海市呼吸病研究所所长、上海呼吸物联网医学工程技术研究中心主任、国际元宇宙医学协会和联盟(IAMM)主席、中国肺癌防治联盟主席、上海市控烟协会会长。

担任《元宇宙医学》(Metaverse in Medicine)、Clinical e-Health 主编,Frontiers in Medicine 呼吸研究领域主编,AJP-Lung Cellular and Molecular Physiology 副主编。



顾建英

教授、主任医师,博士生导师,现任复旦大学附属中山医院党委书记,整形与美容外科主任医师。中华医学会整形外科学会会员,中华医学会医学美容和美容学学会会员,中华医学会激光美容学会会员。中国女医师学会整形与美容专委会副主任委员、中国整形美容协会精准与数字医学分会第一届理事

会副会长、上海市医学会整形外科分会副主任委员等。《中华整形外科杂志》副主编。

投稿地址: <https://www.zentimepublishing.com/wap/journal/index/sid/69/code/MM.html>

编辑出版:复旦大学附属中山医院期刊中心《元宇宙医学》编辑部;

联系地址:上海市徐汇区枫林路179号复旦大学附属中山医院18号楼516室;

邮编:200032;联系电话:021-51217570,联系人:孙编辑

邮箱:metamedsh@vip.163.com



元宇宙医学

YUAN YU ZHOU YIXUE



季刊

2024 年创刊

第 1 卷第 2 期 (总第 2 期)

2024 年 6 月 28 日出版

主 办

复旦大学附属中山医院

编 辑

《元宇宙医学》编辑委员会

200032, 上海市枫林路 179 号

电话: (021) 51217570

网址: www.zentimepublishing.com

E-mail: metamedsh@vip.163.com

主 编

白春学

顾建英

副主编 (按拼音排序)

Nels H. Chavannes

陈荣昌

高承实

贾泽军

刘 雷

连 勇

Charles A. Powell

潘 毅

宋振举

Christoph Thüemmler

王伟林

杨达伟

编辑部主任

贾泽军

联合出版

《元宇宙医学》编辑部;

Zentime Publishing Corporation

Limited

ISSN 3006-4236

2024 年版权归复旦大学附属中山医院《元宇宙医学》编辑部所有

本刊刊出的文章除特别声明外, 不代表主办单位和本刊编委会的观点。本刊如有印装质量问题, 请向本刊编辑部调换。

目 次

专家述评

元宇宙技术在医疗质量控制中的应用

..... 宋元林, 宋振举, 钱菊英, 等(1)

元宇宙技术的探索与创新: 元宇宙医学

..... 郭仕薪, 孙大伟(9)

元宇宙时代的肺癌筛查与管理

..... 王 源, 杨达伟, 白春学(13)

构建未来医疗体验: 元宇宙医学平台的创新硬件与交互技

术

..... 甘舜轩(16)

综 述

元宇宙技术在心理健康领域的应用有效性

..... 傅文杰, 孙梦婷, 杨达伟(23)

Apple Vision Pro 在元宇宙医学中的应用

..... 王 源, 杨达伟(27)

医学教育

元宇宙医学对医学教育的颠覆

..... 杨达伟(33)

元宇宙教学查房的研究进展与展望

..... 白 莉, 宋元林, 童 琳, 等(39)

方法学研究

元宇宙技术在中医诊疗中应用的共识指南制定方法 苏士成,梁 冰,蒋维芘,等(46)

伦理与法规

元宇宙医学法律规范与合规监管问题 张 烽(53)

元宇宙时代卫生经济学研究的新变化 谭宝滢,陈丽萍,宣建伟(60)

本期执行主编 高承实

本期责任编辑 孙梦瑶,殷 悦

本期责任校对 姬静芳,王 迪,翟铖铖

METaverse IN MEDICINE

Established in 2024; Volume 1, Number 2, June 28, 2024

Sponsor

Zhongshan Hospital, Fudan University

Editor

Editorial Committee of *Metaverse in Medicine*

179 Fenglin Road, Shanghai 200032, China

Tel: (86)21-51217570

http: www.zentimepublishing.com

E-mail: metamedsh@vip.163.com

Editor in Chief

BAI Chunxue

GU Jianying

Associate Editor

Nels H. Chavannes

CHEN Rongchang

GAO Chengshi

JIA Zejun

LIU Lei

LIAN Yong

Charles A. Powell

PAN Yi

SONG Zhenju

Christoph Thüemmler

WANG Weilin

YANG Dawei

Editorial Director

JIA Zejun

Co-publishing

Editorial Office of *Metaverse in Medicine* & Zentime Publishing Corporation Limited

ISSN 3006-4236

Copyright © 2024, Zhongshan

Hospital, Fudan University

CONTENTS IN BRIEF

Commentary

- Application of metaverse technology in medical quality control
..... SONG Yuanlin, SONG Zhenju, QIAN Juying, et al(1)
- Exploration and innovation of metaverse technology: metaverse in
medicine GUO Shixin, SUN Dawei(9)
- Lung cancer screening and management in the metaverse era
..... WANG Yuan, YANG Dawei, BAI Chunxue(13)
- Constructing future medical experience: innovative hardware and
interactive technology of metaverse medical platform
..... GAN Shunxuan(16)

Review

- Efficacy of metaverse technology in mental health.....
..... FU Wengjie, SUN Mengting, YANG Dawei(23)
- Application of Apple Vision Pro in metaverse in medicine.....
..... WANG Yuan, YANG Dawei(27)

Medical education

- Revolution in medical education via metaverse in medicine.....
..... YANG Dawei(33)
- Research progress and prospect of metaverse teaching rounds
..... BAI Li, SONG Yuanlin, TONG Lin, et al(39)

Methology

- Research progress and prospect of metaverse teaching rounds
..... BAI Li, SONG Yuanlin, TONG Lin, et al(39)

Methods for formulating consensus and guidelines for the application of metaverse technology in traditional Chinese medicine diagnosis and treatment
..... SU Shicheng, LIANG Bing, JIANG Weipeng, et al(46)

Ethics and law

Legal norms and compliance supervision issues in metaverse in medicine ZHANG Feng(53)
New changes in health economics research in the era of metaverse
..... TAN Baoying, CHEN Liping, XUAN Jianwei(60)

Acquisitions editor GAO Chengshi
Executive editors SUN Mengyao, YIN Yue
Executive proofreaders JI Jingfang, WANG Di, ZHAI Chengcheng

DOI: 10.61189/280960cuidjz

· 专家述评 ·

元宇宙技术在医疗质量控制中的应用

宋元林^{1,2}, 宋振举³, 钱菊英⁴, 蒋维芃¹, 白春学^{1,2,5,6*}

1. 复旦大学附属中山医院呼吸与危重症医学科, 上海 200032

2. 上海市呼吸病研究所, 上海 200032

3. 复旦大学附属中山医院急诊科, 上海 200032

4. 复旦大学附属中山医院心内科, 上海 200032

5. 上海呼吸物联网医学技术工程研究中心, 上海 200032

6. 国际元宇宙医学联盟, 苏州 215163

【摘要】 医疗质量控制对提升医疗服务、保障患者权益以及提高医疗效率至关重要。它如同一把精准的标尺, 衡量每个医疗环节的达标情况。通过质量控制, 能及时发现并纠正问题, 包括诊断准确性、治疗适当性、用药合理性等, 确保医疗服务的安全、有效、适宜和连贯。然而, 当前医疗质量控制面临很多难点: (1) 数据收集和处理工作量大, 医疗数据种类多、来源复杂且分散, 难以整合; (2) 数据分析和利用困难, 需要专业医疗人员解读、发现问题并提出改进方案; (3) 质量控制监管不到位, 需要完善医疗质量管理体系; (4) 持续改进难度大, 要求医疗机构有持续改进的动力和能力, 并应用新技术赋能质量控制。将元宇宙去中心化数据共享技术应用于医疗质控, 是医疗领域的一个重大创新。通过建立完善的质控体系, 简化流程, 强化监管, 并大力提升质控人员素质, 加强信息管理和效果评估, 结合元宇宙技术的实时监控反馈优势, 从而全面提升医疗服务质量: (1) 构建去中心化医疗质控平台, 实现医疗数据的实时采集、传输与分析, 保障医疗质量实时监控与反馈; (2) 利用去中心化技术优化医疗流程, 提升效率并降低错误率; (3) 实施远程医疗质控, 让专家远程指导基层医疗工作; (4) 深度挖掘与分析医疗质量数据, 发现规律并为持续改进提供依据; (5) 开展医疗质量教育与培训, 提升医护人员的质量意识与技能; (6) 进行医疗质量预测与预警, 实时分析数据, 把握质量趋势。尽管物联网和元宇宙去中心化技术为医疗质控带来了新的机遇, 仍存在技术不成熟、用户接受度低、数据安全与隐私保护以及使用成本等挑战。

【关键词】 医疗质量控制; 物联网; 元宇宙; 人工智能; 机器学习**【中图分类号】** R 197; TP 18 **【文献标志码】** A

Application of metaverse technology in medical quality control

SONG Yuanlin^{1,2}, SONG Zhenju³, QIAN Juying⁴, JIANG Weipeng¹, BAI Chunxue^{1,2,5,6*}

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

2. Shanghai Respiratory Research Institution, Shanghai 200032, China

3. Department of Emergency, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

4. Department of Cardiology, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

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

6. International Alliance for Metaverse in Medicine, Suzhou 215163, Jiangsu, China

【Abstract】 Medical quality control is very important to improve medical services, protect patients' rights and interests, and improve medical efficiency. It is like a precise ruler to measure whether each medical procedure meets the standards. Through quality control, problems can be found and corrected in a timely manner, such as diagnostic accuracy, treatment appropriateness, medication rationality, etc., to ensure the safety, effectiveness, appropriateness and consistency of medical services. However, at present, medical quality control faces many difficulties: (1) data collection and processing are challenging, medical data are diverse, complex and scattered, and integration is difficult; (2) data analysis is difficult to use, and professional medical personnel need to interpret it in order to find problems and propose improvement plans; (3) quality control supervision is not in place, and the medical quality management system needs to be improved, and the investment is large; (4) It is difficult to make continuous improvement, which requires medical institutions to have the motivation and ability to continuously improve, and apply new quality control technologies that keep pace with

【收稿日期】 2024-06-18**【接受日期】** 2024-06-23**【作者简介】** 宋元林, 主任医师. E-mail: song.yuanlin@zs-hospital.sh.cn

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

the times. For example, the application of metaverse decentralized data sharing technology to medical quality control is a major innovation in the medical field, which can comprehensively improve the quality of medical services by establishing a sound quality control system, simplifying processes, strengthening supervision, and vigorously improving the quality of quality control personnel, strengthening information management and effect evaluation, and combining the real-time monitoring and feedback advantages of metaverse technology: (1) build a decentralized medical quality control platform to realize real-time collection, transmission and analysis of medical data, and ensure real-time monitoring and feedback of medical quality; (2) using decentralized technology to optimize medical processes, improve efficiency and reduce error rates; (3) implement telemedicine quality control, so that experts can remotely guide primary medical work; (4) in-depth mining and analysis of medical quality data, discovering patterns and providing basis for continuous improvement; (5) carry out medical quality education and training to improve the quality awareness and skills of medical staff; (6) carry out medical quality prediction and early warning, analyze data in real time, and grasp the quality trend. Although the Internet of Things and metaverse decentralization technology have brought new opportunities for medical quality control, there are still some challenges, such as immature technology, low user acceptance, data security and privacy protection, and cost.

[Key Words] medical quality control; Internet of Things; metaverse; artificial intelligence; machine learning

医疗质量控制(质控)在提升医疗服务质量、保障患者权益、提高医疗效率、促进医学发展、提升医生素质以及改善医院管理等多个层面发挥关键作用。从提高医疗服务质量的角度看,质控如同一把精准的标尺,时刻衡量着每个医疗环节的达标程度。这一流程有助于及时发现并纠正医疗过程中存在的问题,例如诊断准确性、治疗适当性及用药合理性等。通过有效的质控,可以确保医疗服务在安全性、有效性、准确性和连贯性上达到高标准,从而整体提升医疗服务质量^[1-3]。

在医疗工作中,保障患者权益是质控的一个重要目标。医疗事故可能给患者带来无法挽回的损失,甚至危及生命。严格的医疗质控能有效预防这类事故,保障患者的生命安全和健康权益^[2]。提高医疗效率一直是医院和医生追求的目标,质控通过分析和改进各个环节的工作流程,进而缩短患者等待时间,提高治疗效率,增加患者整体满意度。此外,医疗质控对于促进医学发展具有深远意义^[3-4]。在质控过程中收集的大量医疗数据,不仅可以反映患者的病情和治疗效果,其中还蕴含着医学规律,极具研究价值。深入挖掘和分析这些数据,有望优化现有治疗方案,发现新疗法,甚至开辟全新的医学领域。同时,严格的医疗质控体系也促进医生不断提升医疗技能和服务态度,这不仅提升了医生个人素质,也增强了医疗团队的整体实力^[1,5-6]。

经过 20 余年的临床实践,我们发现医疗质控存在不少问题。为了解决这些问题,亟需引进和研发新技术,如物联网^[7-10]、元宇宙^[11-13]等,以推动医疗质控向系统性工程转变。当前,这些技术正逐步实现“以患者为中心,以专病为抓手,以专家为重点,以质控为保障”的设计者愿景,并显著提升医院的管理水平。新技术赋能医院完善质控体系,在各个

环节做到严谨、高效、有序发展,不仅可以增强医院的竞争力,更能够赢得患者和社会的广泛认可和信赖,对人类的健康事业作出更大贡献^[14-16]。

1 医疗质控面临的问题

当前,医疗质控的主要问题包括质控标准不明确或过于复杂、质控过程繁琐、结果难以量化、信息不对称、监管力度不足、质控人员素质参差不齐、质控成本高昂、质控效果难以评估、质控技术落后等(表 1)^[1,3]。

2 医疗质控问题的解决策略

为解决医疗质控面临的问题,首先需要制定明确的、简洁的质控标准,以便医护人员更好地理解 and 执行。其次,通过优化流程和简化质控过程,来降低人力、物力以及成本,实现对质控效果的准确评估。再次,建立透明的信息系统并加大监管力度,更新质控技术,通过教育和培训提升质控人员素质,以确保质控的有效实施。最后,确保这些措施得到有效执行,从而全面提升医疗质量(表 2)^[4-5,14,17]。为确保有效解决质控问题,新技术的引入是关键,特别是物联网和元宇宙技术,对于确保医疗质控改革和全面提升医疗质量至关重要。

3 物联网具备医疗质控的基础

3.1 物联网在医疗领域的广泛应用 物联网技术赋能医疗质控基于物联网或互联网医疗概念被广泛认可。随着互联网医疗概念的普及,并成功应用于临床实践,物联网的十大功能也逐渐应用于医疗领域。(1)在线监测:实时监测患者的生理指标,如心率、血压、血糖等。这对于慢性病患者和重症患者尤为重要,因为它可以帮助及时发现异常情况,并

表 1 医疗质控的问题

问题	具体分析
质控标准不明确	医疗质控的标准不明确或者过于复杂,导致医护人员难以理解和执行。
质控过程繁琐	医疗质控的过程繁琐,需要大量的人力和物力,增加医疗负担。
质控结果难以量化	医疗质控的结果常难以量化,无法准确评估质控的效果,质控效率低下。
质控信息不对称	医疗质控的信息不对称,医护人员和患者往往无法获取到完整的质控信息,质控难度加大。
质控监管力度不足	医疗质控的监管力度不足,无法对医疗机构进行有效的监管,质控效果不佳。
质控人员素质参差不齐	医疗质控人员的素质参差不齐,部分人员素质不高,影响质控的效果。
质控成本高昂	医疗质控需要投入大量人力、物力和财力,加大医疗机构压力。
质控效果难以评估	医疗质控的效果难以评估,无法准确判断质控的效果,也无法进行有效的质控。
质控技术落后	许多医疗机构的质控技术相对落后,无法进行有效的质控。
缺乏有效的质控体系	许多医疗机构缺乏完善的医疗质控体系,即便有质控体系,也无法有效执行。

表 2 医疗质控问题的解决策略

方法	具体内容
明确质控标准	医疗机构应制定明确的、简洁的质控标准,以便医护人员理解和执行。
简化质控过程	通过优化流程、采用物联网和 AI 等自动化工具,简化质控过程,降低人力和物力的投入。
量化质控结果	采用科学的方法,特别是物联网和 AI 技术量化质控结果,以准确评估质控的效果。
消除质控信息不对称	通过建立透明的信息系统,例如采取去中心化数据共享技术,让医护人员和患者都能获取到完整的质控信息。
加大质控监管力度	政府和相关机构应用 AI 和物联网等现代技术加大对医疗机构的监管力度,确保质控的有效实施。
更新质控技术	医疗机构应采用先进的技术,如大数据、AI 和元宇宙等技术,进行有效的质控。
提高质控人员素质	通过物联网和元宇宙技术赋能培训和教育,提高质控人员的素质,确保他们能够胜任工作。
合理控制质控成本	医疗机构应合理控制医疗质控的成本,避免过度投入,同时应用 AI 和元宇宙技术减少成本支出。
有效评估质控效果	通过物联网等科学的方法,有效评估医疗质控的效果,以便进行有效的质控。
建立和完善质控体系	医疗机构应建立和完善医疗质控体系,使用物联网或元宇宙技术赋能质控体系,确保其有效执行。

为医生提供及时的诊断依据。(2)定位追溯:追踪患者的位置信息,这对紧急救援和患者管理至关重要。例如,在紧急情况下,迅速确定患者的位置可为救援工作争取宝贵时间。(3)报警联动:根据预设规则,在检测到异常情况时自动触发报警,及时通知相关人员,从而保障患者安全。(4)指挥调度:高效调度医疗资源,包括医生、护士、医疗设备等,进而提高医疗服务效率。(5)预案管理:根据预设的预案自动化管理医疗流程,提高医疗服务的规范性。(6)安全隐私:保障患者医疗数据的安全,防止数据泄露,保护患者隐私。(7)远程维保:支持远程医疗维护和保养,降低医疗设备的维护成本。(8)在线升级:实现设备的在线升级,提升设备性能并延长使用寿命。(9)领导桌面:为医疗管理者提供实时的数据支持,帮助他们做出更准确的决策。(10)统计决策:深度挖掘和分析医疗数据,为医疗决策提供数据支持。简言之,物联网在医疗领域的应用极大提

升了医疗服务的效率和质量,保障患者安全,降低医疗成本,并为医疗行业的发展提供了强大的技术支持^[7-10]。

3.2 物联网为辅助医疗质控奠定了基础 基于物联网十大功能的医疗应用经验和常规应用基础,可将其拓展应用于医疗质控(表3)。

3.3 基于物联网技术开展质控的探讨和实践 利用物联网技术开展医疗质控的策略主要有以下几方面:(1)建立物联网医疗质控平台:通过物联网技术,可以实现医疗数据的实时采集、传输和分析,从而实时监控医疗质量,并提供反馈信息。(2)优化医疗流程:物联网技术可以帮助医疗机构优化医疗流程,提升医疗效率,降低医疗错误的发生率。(3)实施远程医疗质控:通过物联网技术,专家可以远程指导和监督基层医疗机构的医疗工作,实现远程医疗质控。(4)深度挖掘和分析医疗质量数据:物联网技术可以收集大量的医疗质量数据,通过对这些数

表 3 物联网辅助医疗质控的基础

功能	常规应用	拓展应用于医疗质控
在线监测	一般以集中监测为主、控制为辅。	可用于医疗质控中心的集中监测。
定位追溯	基于传感器、移动终端、家庭智能设施、视频监控系统等 GPS 和无线通信技术。	可用于追溯各医院相关科室医疗工作,指导提高医疗质量。
报警联动	提供事件报警和提示,提供基于工作流程的联动功能。	可提供质控标准的报警,提供质控管理中心、学科质控中心和各医院相关科室的三级联动的反应功能,指导治疗。
指挥调度	基于时间排程和事件响应规则的指挥、调度和派遣功能。	可用于质控管理中心、学科质控中心的医疗急救调度和派遣功能,包括灾害医学的医疗服务。
预案管理	基于预先设定的规章或法规对事物产生的事件进行处置。	可预先设定各学科医疗质量管理规章,进行全天候管理和及时处置。
安全隐私	由于物联网所有权属性和隐私保护的重要性,物联网系统必须提供相应的安全保障机制。	可辅助各医院在临床工作中为患者提供相应的安全保障机制,赋能去中心化数据共享的医疗服务。
远程维保	能够提供或提升服务,主要适用于企业产品售后联网服务。	可用于远程医疗的联网服务,辅助各医院开展远程医疗,提高强基层、广覆盖水平。
在线升级	保证系统本身能够正常运行,也是企业产品售后自动服务的手段之一。	保证质控管理中心、学科质控中心和各医院相关科室的三级联动的物联网系统正常运行。
领导桌面	主要仪表盘(dashboard)或智能商务个性化门户,经过多层过滤提炼的实时资讯,辅助主管负责人把控全局。	利于质控管理中心和学科质控中心根据收集的海量信息,深度挖掘或者拓展诊疗功能,指导如何更好地解决医疗问题。
统计决策	基于联网信息的数据挖掘和统计分析,提供决策支持和统计报表功能。	利于学科质控中心根据联网信息的数据挖掘和统计分析,发现和提出解决问题的方法及提供决策支持。

据的深度挖掘和分析,揭示医疗质量的规律,为医疗质量的持续改进提供依据。(5)提供医疗质量教育和培训:物联网技术可以提供丰富的医疗质量教育资源,有助于医护人员提高医疗质量意识和技能。(6)医疗质量的预测和预警:物联网技术可以通过对医疗数据的实时分析,预测医疗质量的趋势,实现医疗质量的预警^[7-10]。

4 应用元宇宙赋能医疗质控的可能性

元宇宙技术可以提供一种全新的医疗质控模式,通过虚拟现实(virtual reality, VR)和增强现实(augmented reality, AR)等技术,实现医疗质量的实时监控和反馈,及时发现和纠正医疗过程中的问题,以提高医疗服务质量^[18-21]。

4.1 元宇宙技术已经逐步应用于临床 元宇宙技术已经在医疗领域显示出其独特的功能和潜力。具体的临床应用示例如下:(1)VR 和 AR 技术。AR、VR 技术可以应用于模拟医疗手术过程,让医生在虚拟环境中训练,从而提高技能和信心;还可以用于患者教育和康复训练,例如 VR 技术可以用于患者居家物理治疗^[18-21]。(2)人工智能(artificial intelligence, AI)和机器学习(machine learning, ML)

技术。这 2 项技术可以用于分析大量的医疗数据,帮助医生进行疾病诊断和治疗。例如, AI 和 ML 技术可以用于分析医学影像,协助医生发现肿瘤等疾病的早期迹象^[22-23]。(3)区块链技术:区块链技术可以用于存储和共享医疗数据,确保数据的安全性和隐私性;还可以用于药品供应链管理,确保药品的来源和质量^[24]。(4)物联网(Internet of Things, IoT)技术:物联网技术可以用于连接各种医疗设备,实时收集和分析医疗数据,帮助医生进行远程监控和诊断^[9]。(5)去中心化技术:去中心化技术可以用于构建去中心化的医疗平台,实现医疗数据的实时共享,提高医疗服务的效率和质量。简言之,元宇宙技术正在改变医疗领域的许多方面,包括诊断、治疗、教育和数据管理等,有望为患者和医生带来更好的体验和结果^[25]。

4.2 元宇宙技术辅助医疗质控的潜能 元宇宙 ROBLOX 八大特征应用于医疗质控具有很大潜力。“身份”特征可以追踪患者与医护人员的行为和表现,“朋友”特征可以让专家与基层实时协作,“沉浸感”特征可以借助 VR/AR 技术提升医护人员的技能,“便捷性”特征可以实现专家远程指导,“多元化”特征可以提供丰富的教育资源,“全时空”特征

可以实现医疗质量监控,“文明”特征可以构建完善的质控体系(表4)^[12-13,26]。

表4 元宇宙 ROBLOX 八大特征辅助医疗质控的潜能

特征	具体内容	医疗质控中的应用潜能
身份(Identity)	在元宇宙中,每个用户都有一个独特的数字身份。	可以为每个患者和医护人员创建一个数字身份,以便于跟踪他们的行为和表现。
朋友(Friends)	元宇宙允许用户与朋友互动和社交。	可以让专家与基层医护人员实时沟通和协作,共同提高医疗质量。
沉浸感(Immersive)	元宇宙提供了高度沉浸式的体验。	可以应用VR和AR技术,让医护人员身临其境地体验各种医疗场景,提高技能和知识。
便捷性(Anywhere)	元宇宙可以在任何地方访问。	可以让专家远程指导基层医疗工作,提高医疗质量。
多元化(Variety)	元宇宙包含了各种各样的内容和体验。	可以提供丰富的教育资源,帮助医护人员提高医疗质量意识和技能。
全时空(Omni-presence)	元宇宙可以在任何时间和地点存在。	可以实现对医疗质量的实时监控和反馈。
经济系统(Economy)	元宇宙有一个独立的经济系统。	可以引入激励机制,鼓励医护人员提高医疗质量。
文明(Civility)	元宇宙是一个充满文明和规则的世界。	可以建立完善的医疗质量管理体系,确保医疗质量的持续改进。

4.3 应用元宇宙技术赋能医疗质控 应用元宇宙去中心化数据共享技术赋能医疗质控,可以从以下6个方面入手:(1)建立去中心化的医疗质控平台。通过元宇宙去中心化数据共享技术,可以实现医疗数据的实时采集、传输和分析,从而实现对医疗质量的实时监控和反馈。(2)应用去中心化技术优化医疗流程。去中心化技术可以帮助医疗机构优化医疗流程,提高医疗效率,降低医疗错误的发生率。(3)应用去中心化技术进行远程医疗质控。通过去中心化技术,可以实现远程的医疗质控,使得专家可以远程指导和监督基层医疗机构的医疗工作。(4)应用去中心化技术深度挖掘和分析医疗质量数据。去中心化技术可以收集大量的医疗质量数据,通过对这些数据的深度挖掘和分析,可以发现医疗质量的规律,为医疗质量的持续改进提供依据。(5)应用去中心化技术进行医疗质量的教育和培训。去中心化技术可以提供丰富的医疗质量教育资源,帮助医护人员提高医疗质量意识和技能。(6)应用去中心化技术进行医疗质量的预测和预警。去中心化技术可以通过对医疗数据的实时分析,预测医疗质量的趋势,实现医疗质量的预警。总之,元宇宙去中心化数据共享技术为医疗质控提供了新的可能,但也同样面临技术问题、数据安全、技术接受度和成本等方面的挑战^[12-13,15]。

4.4 赋能各级医院提高医疗质量 去中心化和数据

共享技术可以通过以下方式提高医疗质控的水平:(1)数据共享。通过去中心化和数据共享技术,可以实现医疗数据的实时共享,使得各级医疗机构和医护人员能够及时获取患者的完整医疗记录,从而更好地了解患者的病情,制定更准确的诊疗方案。(2)远程医疗。去中心化和数据共享技术使得远程医疗成为可能,患者可以在任何地方接受医疗服务,而医生也可以通过远程方式对患者进行诊断和治疗,这有助于提高医疗服务的质量和效率。(3)控制医疗质量。通过去中心化和数据共享技术,可以实现医疗质量的实时监控和反馈,及时发现和纠正医疗过程中的问题,从而提高医疗服务的质量。(4)医疗培训和教育。去中心化和数据共享技术可以使得医疗培训和教育更加便捷和高效,通过远程方式进行医疗培训和教育,可以提高医护人员的医疗技能和知识水平,从而提高医疗服务的质量^[14-15,17]。

5 建立去中心化数据共享质控平台

基于上述的物联网和元宇宙技术,由国家或各省市的质控管理中心委托有基础的单位建立去中心化的数据共享质控平台,由各学科质控中心具体实施执行。

5.1 建立去中心化的医疗质控平台的潜能 通过元宇宙去中心化数据共享技术,可以实现医疗数据的

实时采集、传输和分析,从而实现对医疗质量的实时监控和反馈(表 5)^[17,27-28]。应用区块链、边缘计算、物联网、AI 技术,构建去中心化医疗质控平台。通过区块链技术建立数据共享网络,确保数据的透明与安全;采用边缘计算技术分散处理任务,提升

服务器响应速度;使用物联网技术实现设备互联互通,实时采集数据;AI 技术助力数据分析预测,支持决策。同时,建立开放标准协议,促进各方互联互通,共享数据。这些技术的融合将极大提升医疗质量,保障患者健康^[22-23]。

表 5 建立去中心化的医疗质控平台的方法

方法	具体内容
应用区块链技术	区块链技术具有去中心化、不可篡改和安全性的特点,可以用于构建去中心化的医疗质控平台。通过区块链,可以建立一个分布式、透明的医疗质量数据共享网络,让所有参与者都可以查看和验证数据,同时保护数据的安全和隐私。
应用边缘计算技术	边缘计算技术可以将数据处理任务分散到各个节点,减轻中心服务器的负担,提高系统的响应速度和可靠性。在医疗质控平台中,可以应用边缘计算技术,让各个医疗机构成为数据处理的节点,实现数据的本地化处理和共享。
应用物联网技术	物联网技术可以实现医疗设备、患者和医护人员间的互联互通,实时收集和分析医疗质量数据。在去中心化的医疗质控平台中,可以应用物联网技术实现医疗质量数据的实时采集、分析和共享。
应用人工智能技术	人工智能技术可以用于数据分析、预测和决策支持,帮助医疗机构提升医疗质量。在去中心化的医疗质控平台中,可以应用人工智能技术,实现医疗质量数据的智能分析、预测和决策支持。
建立开放的标准和协议	为了实现去中心化的医疗质控平台,需要建立开放的标准和协议,让各个医疗机构和设备制造商能够遵循这些标准和协议,实现数据的互联互通和共享。

5.2 完善去中心化技术优化医疗流程 去中心化技术可以帮助医疗机构优化医疗流程,提高医疗效率,降低医疗错误的发生率等(表 6)。通过元宇宙数据共享,可增强医疗可及性,让患者随时随地获得高质量服务;优化资源配置,减少资源浪费;实时

数据共享,加快医疗决策速度,提高医疗效率;提供医疗服务质量信息,助力服务质量持续改进;满足患者个性化需求,提升患者满意度。总之,此技术能全面优化医疗服务,惠及患者^[14-15,17]。

表 6 去中心化技术优化医疗流程的方法

方法	具体内容
提高医疗服务的可及性	通过去中心化的数据共享技术,医疗机构可以随时随地提供医疗服务,患者也可以不受场所限制,随时获取及时、高质量的医疗服务。
优化医疗资源配置	去中心化的数据共享技术可以提供医疗资源的分布和使用情况,从而实现医疗资源的合理配置,避免资源浪费,降低医疗成本。
实时数据共享	通过去中心化的数据共享技术,可以实现医疗数据的实时共享,提高医疗决策的效率,从而提高医疗效率。
提供医疗服务质量信息	去中心化的数据共享技术可以提供医疗服务质量的信息,从而实现医疗服务质量的持续改进。
医疗服务个性化	通过去中心化的数据共享技术,可以实现医疗服务的个性化,满足患者的个性化需求,从而提高患者满意度。

5.3 应用去中心化技术挖掘和分析医疗质量数据 去中心化技术可以收集大量的医疗质量数据,通过对这些数据的深度挖掘和分析,发现医疗质量的规律,为医疗质量的持续改进提供依据(表 7)^[12,23]。这些技术融合,将挖掘数据潜力,为医疗改进提供依据,保障患者健康。

5.4 应用去中心化技术进行医疗质量的预测和预

警 去中心化技术可以实时分析医疗数据,预测医疗质量的趋势,实现医疗质量预警。可以通过以下步骤实现:(1)应用去中心化的数据收集机制,实时汇聚各个医疗机构的质量数据,构建一个全面的、实时的医疗质量数据监测体系。这可以确保数据的真实性和时效性,为后续的预测和预警提供可靠基础^[14-15]。(2)借助大数据分析和人工智能技术,深

表 7 应用去中心化技术挖掘和分析医疗质量数据

方法	具体内容
应用区块链技术进行数据溯源	区块链技术可以记录所有医疗质量数据的历史记录,包括数据来源、修改和更新等信息,从而实现数据的溯源,确保数据的真实性。
应用边缘计算技术进行数据预处理	边缘计算技术可以在数据产生的源头进行预处理,减少数据传输的带宽和延迟,提高数据处理的效率和准确性。
应用物联网技术进行数据实时采集	物联网技术可以实现医疗设备、患者和医护人员之间的互联互通,实时收集和分析医疗质量数据。
应用人工智能技术进行数据深度挖掘	人工智能技术可以用于数据分析、预测和决策支持,帮助医疗机构提高医疗质量。通过人工智能技术,可以对大量的医疗质量数据进行深度挖掘,发现潜在的规律和趋势,为医疗质量的改进提供依据。
应用去中心化技术进行数据共享	去中心化技术可以实现医疗质量数据的实时共享,在保护数据安全和用户隐私的同时,所有用户都可以查看和验证数据。

度挖掘和分析去中心化的医疗质量数据。通过识别数据中的关键指标、异常模式和潜在趋势,建立预测模型,用以预估未来一段时间内的医疗质量情况。(3)基于预测结果,设定合理的预警阈值。一旦实际监测数据触及或接近阈值,会自动触发预警系统,预警系统向相关人员发送警示信息,相关人员采取应对措施,从而避免潜在的医疗质量问题升级为严重的医疗事件^[22-23]。(4)支持跨机构、跨地区建立医疗质量预警系统。不同医疗机构之间可以实时共享预警信息,协同应对潜在的医疗质量风险,从而提升整个医疗系统的稳定性和安全性。(5)通过不断的实践反馈和模型优化,可以进一步提高预警系统的准确性和敏感性,使其更好地服务于医疗质控工作^[29]。综上所述,应用元宇宙的去中心化数据共享技术,可以实现医疗质量的实时预测和预警,从而提前识别并应对潜在的医疗质量风险,保障患者安全,提升医疗服务水平^[12-13]。

6 物联网和元宇宙技术赋能医疗质控的限制

物联网和元宇宙技术在医疗质控中的应用存在一定的限制。尽管这些技术在医疗领域已经取得进展,但它们仍然处于发展阶段,技术成熟度有待提高。首先,物联网技术在医院环境中的稳定性和可靠性尚需验证,而元宇宙技术则受限于VR、AR等技术的发展。其次,数据安全和隐私保护问题是另一大挑战。物联网和元宇宙技术需要收集和处理大量的医疗数据,必然涉及到数据安全和隐私保护的问题。因此,必须重视数据安全,以防止患者隐私信息泄露,并避免发生严重的法律和道德问题。再次,医生和患者对这些新技术的接受度可能不高。医生需要时间适应新技术,而患者可能会对

这些技术感到疑虑或恐惧。最后,维护和升级这些技术需要持续的投入。总之,物联网和元宇宙技术在赋能医疗质控方面具有巨大的潜力,但也不乏限制和挑战,而医疗结构需要采取相应措施来应对这些挑战^[30-31]。

针对目前医疗质控的痛点和难点,有以下策略:(1)建立完善的医疗质控体系。医疗机构应建立完善的医疗质控体系,明确质控的标准和流程,确保质控的有效执行。(2)简化质控流程。通过信息化手段,简化医疗质控流程,减少人力物力的投入,降低质控成本。(3)加强质控监管。加强医疗质控的监管力度,对医疗机构进行有效的监管,确保质控的效果。(4)提高质控人员素质。加强对质控人员的培训和教育,提高其素质,确保他们能够胜任质控工作。(5)加强质控信息管理。加强医疗质控信息的管理,确保信息的准确性和完整性,避免信息不对称的问题。(6)加强质控效果评估。加强对医疗质控效果的评估,准确判断质控的效果,从而进行有效的质控。(7)提高质控技术。引进先进的质控技术,提高医疗质控的效果。(8)应用元宇宙技术。元宇宙技术可以提供一种全新的医疗质控模式,通过VR和AR技术,可以实现医疗质量的实时监控和反馈,及时发现和纠正医疗过程中的问题,提高医疗服务的质量^[12-13,32]。

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 宋元林、宋振举、钱菊英、蒋维芃:调研和检索文献、撰写论文、修改论文;白春学:选题、撰写论文、修改论文。

参考文献

- [1] LEATHERMAN S, BERWICK D M. Accelerating global improvements in health care quality [J]. JAMA, 2020, 324(24): 2479–2480.
- [2] CHOUDHRY N K, FLETCHER R H, SOUMERAI S B. Systematic review: the relationship between clinical experience and quality of health care[J]. Ann Intern Med, 2005, 142(4): 260–273.
- [3] 顾丹萍, 王文辉, 谭申生. 上海市医疗质量控制评价体系分析与思考[J]. 中华医院管理杂志, 2017, 33(3): 222–224.
- [4] HUSSEY P S, WERTHEIMER S, MEHROTRA A. The association between health care quality and cost: a systematic review[J]. Ann Intern Med, 2013, 158(1): 27–34.
- [5] TAYLOR M J, MCNICHOLAS C, NICOLAY C, et al. Systematic review of the application of the plan-do-study-act method to improve quality in healthcare [J]. BMJ Qual Saf, 2014, 23(4): 290–298.
- [6] DANIEL M, RENCIC J, DURNING S J, et al. Clinical reasoning assessment methods: a scoping review and practical guidance[J]. Acad Med, 2019, 94(6): 902–912.
- [7] 白春学. 实用物联网医学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2014.
- [8] 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.
- [9] 白春学, 赵建龙. 物联网医学[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [10] BAI C X. Letter from China[J]. Respiriology, 2018, 23(7): 718–719.
- [11] 白春学. 元宇宙医学的昨天、今天与明天[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(1): 3–12.
- [12] YANG D W, ZHOU J, SONG Y L, et al. Metaverse in medicine [J]. Clin eHealth, 2022, 5: 39–43.
- [13] YANG D W, ZHOU J, CHEN R C, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine[J]. Clin eHealth, 2022, 5: 1–9.
- [14] 周 炯, 范 靖, 林洪义, 等. “互联网+医疗”质量控制体系和管理指标初探[J]. 中华医院管理杂志, 2020, 36(9): 739–741.
- [15] 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.
- [16] 张纪阳, 于佳婕, 周宸彬, 等. 元宇宙医院的现况与未来[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(1): 22–27.
- [17] 张 阳, 陈 妍, 孙 洲, 等. 医疗质量控制信息平台构建与应用[J]. 中国卫生质量管理, 2021, 28(3): 56–57.
- [18] XIONG J H, HSIANG E L, HE Z Q, et al. Augmented reality and virtual reality displays: emerging technologies and future perspectives[J]. Light Sci Appl, 2021, 10(1): 216.
- [19] BARTEIT S, LANFERMANN L, BÄRNIGHAUSEN T, et al. Augmented, mixed, and virtual reality-based head-mounted devices for medical education: systematic review [J]. JMIR Serious Games, 2021, 9(3): e29080.
- [20] VENKATESAN M, MOHAN H, RYAN J R, et al. Virtual and augmented reality for biomedical applications [J]. Cell Rep Med, 2021, 2(7): 100348.
- [21] YEUNG A W K, TOSEVSKA A, KLAGER E, et al. Virtual and augmented reality applications in medicine: analysis of the scientific literature [J]. J Med Internet Res, 2021, 23(2): e25499.
- [22] 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.
- [23] SCHWALBE N, WAHL B. Artificial intelligence and the future of global health[J]. Lancet, 2020, 395(10236): 1579–1586.
- [24] O'DONOGHUE O, VAZIRANI A A, BRINDLEY D, et al. Design choices and trade-offs in health care blockchain implementations: systematic review [J]. J Med Internet Res, 2019, 21(5): e12426.
- [25] AHMAD R W, SALAH K, JAYARAMAN R, et al. The role of blockchain technology in telehealth and telemedicine [J]. Int J Med Inform, 2021, 148: 104399.
- [26] 白春学. 元宇宙医学之我见[J]. 中国医药导刊, 2023, 25(1): 1–6.
- [27] 吴 骋, 王志勇, 徐 蕾, 等. 基于人工智能的电子病历数据质量控制[J]. 解放军医院管理杂志, 2021, 28(2): 134–135.
- [28] ALONSO S G, ARAMBARRI J, LÓPEZ-CORONADO M, et al. Proposing new blockchain challenges in eHealth [J]. J Med Syst, 2019, 43(3): 64.
- [29] CROSSLAND L, JANAMIAN T, JACKSON C L. Key elements of high-quality practice organisation in primary health care: a systematic review [J]. Med J Aust, 2014, 201(3 Suppl): S47–S51.
- [30] KOSTICK-QUENET K, RAHIMZADEH V. Ethical hazards of health data governance in the metaverse [J]. Nat Mach Intell, 2023, 5(5): 480–482.
- [31] SOLAIMAN B. Telehealth in the metaverse: legal & ethical challenges for cross-border care in virtual worlds [J]. J Law Med Ethics, 2023, 51(2): 287–300.
- [32] WANG G, BADAL A, JIA X, et al. Development of metaverse for intelligent healthcare [J]. Nat Mach Intell, 2022, 4(11): 922–929.

引用本文

宋元林, 宋振举, 钱菊英, 等. 元宇宙技术在医疗质量控制中的应用[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(2): 1–8.

SONG Y L, SONG Z J, QIAN J Y, et al. Application of metaverse technology in medical quality control [J]. Metaverse Med, 2024, 1(2): 1–8.

DOI: 10.61189/443129uoyjsj

· 专家述评 ·

元宇宙技术的探索与创新:元宇宙医学

郭仕薪^{1*}, 孙大伟^{2,3,4}

1. 中国科学技术出版社, 北京 100054

2. 天津市中医药研究院附属医院, 天津 300120

3. 天津中医药大学第二附属医院, 天津 300150

4. 天津中医药大学, 天津 301617



[摘要] 本文详细分析元宇宙的支撑层技术,阐述了元宇宙医学的可行性和潜在价值。通过虚拟现实、增强现实、人工智能等技术的融合,元宇宙技术使医疗服务变得更加智能化和个性化,为医学领域带来了前所未有的机遇和挑战。应充分发挥元宇宙技术的创新优势,把握机遇积极应对挑战,以期实现在医学领域的持续发展和应用,促进医疗服务的提升和医学教育的创新,为人类健康和医疗事业带来更多的福祉和进步。

[关键词] 元宇宙医学;虚拟诊断;远程医疗;健康数据分析;医学教育

[中图分类号] R-0

[文献标志码] A

Exploration and innovation of metaverse technology: metaverse in medicine

GUO Shixin^{1*}, SUN Dawei^{2,3,4}

1. China Science and Technology Press, Beijing 100054, China

2. Tianjin Academy of Traditional Chinese Medicine Affiliated Hospital, Tianjin 300120, China

3. The second affiliated hospital of Tianjin university of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 300150, China

4. Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 301617, China

[Abstract] The support layer technology and the feasibility and potential value of metaverse in medicine are elaborated in this paper. Through the integration of virtual reality, augmented reality, artificial intelligence and other technologies, metaverse technology has made medical services more intelligent and personalized, bringing unprecedented opportunities and challenges to the medical field. We should fully leverage the innovative advantages of metaverse technology, seize opportunities and actively respond to challenges, to achieve sustainable development and application in the medical field, promote the improvement of medical services and innovation in medical education, and bring more welfare and progress to human health and medical cause.

[Key Words] metaverse in medicine; virtual diagnosis; telemedicine; health data analysis; medical education

元宇宙作为新型的数字世界,在多个领域的作用日益增强,正逐渐成为现实生活中的重要延伸,促进了支持人际关系和改善虚拟项目执行的能力^[1-2]。元宇宙模糊了现实世界和虚拟世界之间的界限,并对早期虚拟世界的概念进行扩展,同时通过连续性和连接性,使得能够通过高度互操作性来探索虚拟世界^[3]。元宇宙不仅为娱乐、社交等领域带来革命性的变革,也为医学领域提供新的发展机遇^[4]。元宇宙医学,即通过元宇宙技术实现的医学

实践与创新,正成为医学领域的研究热点。本文将从元宇宙技术的支撑层、应用层面及创新点等方面,对元宇宙医学进行深入探讨。

1 元宇宙技术的支撑层

元宇宙医学的实现离不开先进的技术支持,如数字孪生(DT)、人工智能(AI)、扩展现实(XR)、区块链(BC)、物联网(Internet of Things)、5G和6G移动通信技术等,使得医生可以在虚拟环境中进行精准

[收稿日期] 2024-06-10

[接受日期] 2024-06-25

[基金项目] 2023 年天津市中医药研究院附属医院青年人才助力培养项目—“青苗”计划;天津市卫生健康委员会中医中西医结合科研课题—重点项目(2023041)。Supported by 2023 Young Talent Development Program of Tianjin Academy of Traditional Chinese Medicine Affiliated Hospital—“Qingmiao” Plan; Scientific Research Key Project on Traditional Chinese Medicine and Western Medicine Integration of Tianjin municipal health and Health Committee (2023041)。

[作者简介] 郭仕薪。

*通信作者(Corresponding author). Tel: 010-63581271, E-mail: guosx0118@126.com

诊断、治疗及患者管理^[1,3]。数字孪生为医生提供虚拟化身,为患者制订个性化诊疗策略^[5]。人工智能技术为元宇宙提供智能化的服务和交互方式。XR使元宇宙医学可以实现沉浸式数字体验^[1]。区块链技术则提供了安全可信的数据存储和交换机制,保障了医学数据的安全性和隐私性。物联网技术则实现了医疗设备的互联互通,为远程医疗和虚拟诊断提供了硬件支持。5G和6G移动通信技术提供稳定的网络环境和高效的数据传输能力,使医学数据的实时共享和传输成为可能。此外,元宇宙医学还借助大数据分析和机器学习等,实现对患者健康数据的实时监测和预测,为制订个性化治疗方案提供有力支持。

2 元宇宙技术的医疗实践

2.1 虚拟诊断和手术 元宇宙医学通过构建虚拟的身体和环境,允许医生在虚拟环境中观察和分析患者的病变情况,制订治疗方案。同时,元宇宙技术在外科手术领域的应用前景广阔,AR发挥了重要作用^[6]。手术规划是外科手术的关键步骤。在传统手术规划中,医生主要依靠CT扫描和MRI等二维图像。然而,这些图像不能提供患者解剖结构的完整视图,这使得规划复杂的手术程序具有挑战性^[7]。元宇宙医学可通过高性能的渲染引擎和VR和AR技术,形成三维图形,立体直观地展现给医生^[8],允许医生可视化解剖结构并规划手术。AR不仅允许医生进行远程手术,还允许医生在手术过程中全景沉浸。医生将佩戴智能眼镜,能够实时得知重要参数的变化和手术所需的所有信息,而无须转换视线,降低手术风险,提高手术成功率^[6]。

湖州市第一人民医院一项对比研究^[9]显示,基于VR/AR技术的鼻内镜下泪囊鼻腔吻合手术虚拟培训系统具有较高的临床应用价值,基于该系统术后6个月的治疗总有效率高达92.3%,手术时间、术中出血量、术后并发症发生率均明显低于传统手术。该系统的可视化技术重构了鼻腔内的详细结构,供医生反复熟悉掌握,为手术规划提供了完整信息。同时,该系统允许医生在虚拟的三维环境中进行手术操作,提高医生的手术熟练度和技巧,为复杂的鼻泪道手术提供最佳的手术方案。

2.2 远程医疗服务 元宇宙技术通过虚拟咨询和远程实时监控,使得远程医疗服务成为可能,并超越远程医疗的局限^[7]。①患者在家中即可获得部分医疗服务,为行动不便的患者和居家患者带来更多便利;②减少患者就医次数,有助于预防传染病和

流行病;③对缺乏医疗专业人员和医生的偏远地区,通过虚拟现实、增强现实技术可提供患者监测和治疗;④提供医疗资源和服务的快速交付,降低患者因延迟获得紧急医疗服务的死亡率;⑤提供解剖指导和手术模拟培训,提高治疗成功率,降低医疗服务成本^[5]。

2.3 虚拟康复和物理治疗 医学康复是患者在一定场景中反复训练某种动作行为,从而恢复自主行为能力,本质上是患者接受场景信息和行为信息,并根据信息与场景进行互动^[10]。元宇宙医学为康复治疗提供新手段,即通过数字孪生技术和XR技术构建虚拟治疗环境,搭建沉浸式和交互式虚拟平台,使患者在安全可控的前提下,根据实际病情需要(难度级别或所需运动类型),进行功能性物理治疗。同时,虚拟场景和现实世界之间的联系可实现实时监测和反馈。对患者与虚拟对象的互动表现进行即时反馈,进而调整相对应的治疗和康复方案^[11-12]。

目前,VR游戏和模拟已用于改善脑卒中和其他神经系统疾病患者的上肢功能,计算机会要求患者执行特定运动或任务以完成游戏,以此提高患者的运动能力和参与度^[11]。这种虚拟康复方式不仅可以有效缩短康复治疗时间、提高患者的康复效果,还可以增强患者的康复信心和积极性。因此,元宇宙在虚拟康复物理治疗中具有重要应用价值。

2.4 虚拟心理与精神疗愈 世界卫生组织(WHO)的调查研究^[13]显示,精神疾病是全球疾病和残疾的主要原因,但30%~80%存在心理健康问题的患者从未寻求过治疗。多项研究^[4,13-14]证实,XR,如VR和AR,具有影响心理和精神疾病诊断、治疗、研究的巨大潜力。这些技术可为患者定制治疗环境和场景,匹配其特定需求、偏好和治疗目标,对心理治疗中至关重要,其可模拟引发患者焦虑或其他心理健康问题的真实生活情境,使患者在安全的环境中适应或练习对抗焦虑并锻炼其抗压能力,以期获得最佳结果^[12,14]。匿名虚拟的元宇宙是医生与患者进行谈话治疗和探讨问题的舒适场所,同时,通过创建作业疗法、语言疗法、运动疗法设备的增强现实环境或虚拟现实环境,可向患者提供有效的治疗及指导建议,降低患者对物理设备的依赖程度^[15]。此外,元宇宙为患者提供自我感知,以及构建、实验和重新定义其身份的机会,使患者通过自我扩展增加自信,提高生活满意度^[16]。

2.5 改善医患交流 疾病诊疗始于医患互动,而元宇宙医学为医患交流提供超越现实界限、更便捷的

平台与视角^[17-18]。通过 VR 和 AR 技术,医生可以打破时间和空间的限制,与患者在任何时间、任何地点,通过虚拟空间进行实时语言、文字和视频交流,更加直观、生动。另外,医生还可以利用虚拟平台向患者展示疾病治疗方案及过程、提供医疗数据、影像信息等内容,提高医疗服务的质量和效率,并使患者深入理解医学知识,提高医患之间的沟通效果。例如,基于 VR/AR 技术的鼻内镜下泪囊鼻腔吻合手术虚拟培训系统,可全面、立体地展示鼻腔解剖结构,便于与患者及家属沟通疾病原因、手术方案、术中可能出现的问题和相应的并发症。使用该系统的医患沟通满意度(100%)显著高于传统手术(87.3%)^[9]。另外,通过虚拟环境中的情感表达功能,可以增进医生和患者之间的理解和信任^[6,19-22]。

2.6 健康数据分析和预测 元宇宙技术可以整合不同医疗设备、医疗记录系统和个人健康设备的数据,实现全面的健康数据整合,有助于医生和研究人员获取更全面、更准确的健康信息和诊断依据。同时,通过实时监测患者的健康数据,包括生理参数、症状表现等,帮助医生及时发现健康问题并进行干预。通过对实时数据的分析,可以预测患者的疾病发展趋势和可能的风险因素,提前采取措施预防疾病的发生。Doctor On Demand、Vida Health、Biofourmis、OMsignal Smart Clothing、Ginger、Pear Therapeutic、CardioVerse 是目前常用的远程监测数据平台,可提供实时通信及数据共享^[11]。

此外,元宇宙医学可以帮助医学研究人员分析和预测疾病的传播和流行趋势。通过挖掘和分析大规模健康数据,及时发现疾病的暴发和传播规律,为公共卫生政策的制定提供科学依据^[23-24]。

3 元宇宙技术的医学教育

医学教育作为教育学的重要分支和医学的发展基础,对开拓实践新的教育模式和培养医学人才具有至关重要的作用^[25]。现如今,元宇宙技术在医学教育和培训中的使用越来越多,为医学教育提供新模式。

通过数字孪生、VR 和 AR 技术可以帮助医学生模拟医生角色,如收集既往史、进行体格检查,生成疾病诊断,以及针对不同疾病提出不同的治疗管理建议^[4,26-27]。医学生可以进行实践模拟,结合所学知识和实践应用,解决传统临床教学的诸多难题;可以在虚拟环境中协作完成高难度手术,提高实际操作能力和团队协作能力。例如,BRM(BaiDX plus RealMax in Medicine)一体机显著提高医疗教学和培

训效果,使医学生可以沉浸式理解吸烟诱发肺癌的过程^[28]。美国佛罗里达州迈阿密大学米勒医学院戈登医学教育模拟与创新中心利用 VR、AR 和 MR 技术培训医学生紧急救治创伤患者,包括脑卒中、心脏病发作或枪伤。医学生可以在“哈维”(1 个可以逼真地模拟所有心脏病类型的人体模型)上练习心脏手术,戴上 VR 头盔后,医学生可以“看到”更深入的解剖结构^[29]。同时,元宇宙还可以减轻临床医生的教学压力,提高教学效果,并有望缓解医学教育资源的紧张与分配不均的问题^[25,30-33]。

4 总结及展望

元宇宙技术的探索与创新在医学领域中展现出巨大的潜力,元宇宙医学作为医学领域的新兴实践与创新,为医疗服务、医学教育和健康数据分析等方面带来新的机遇和挑战。

在机遇方面,元宇宙医学为科学研究提供了新工具、为医学教育提供了新手段、为疾病诊疗提供了新方案^[34]。在挑战方面,元宇宙是个不断变化和发展的在线世界,在开创人类数字文明之初,由于数字访问、技能和知识的差距会出现数字鸿沟。目前,元宇宙医学的法律保障和政策保障尚未健全,数据安全、个人隐私和伦理道德方面仍存在不少问题和隐患^[10-11,15,34]。此外,元宇宙医学尚在萌芽阶段,仅在部分医学院校进行探索实践,因此医学人才培养和师资队伍建设的也亟待解决^[34]。我国不同地区的经济发展不平衡,发展速度及质量参差不齐,导致人均收入水平、医疗卫生教育资源的投入与更新、数字技术基础设施建设等方面不均衡,同样影响元宇宙医学的发展及应用^[10,34]。

随着元宇宙技术的不断进步和应用场景的不断拓展,元宇宙医学有望在未来发挥更大的作用,并且深刻改变医疗服务的方式和质量。我们需把握历史机遇,积极地应对挑战,推动医学领域向更加智能化、个性化和精准化的方向发展,为人类健康和医学进步做出更大的贡献。

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 郭仕薪:撰写论文;孙大伟:修改论文。

参考文献

- [1] LI Y, GUNASEKERAN D V, RAVICHANDRAN N, et al. The next generation of healthcare ecosystem in the metaverse [J]. Biomed J, 2023: 100679.

- [2] WU T C, HO C T B. A scoping review of metaverse in emergency medicine[J]. *Australas Emerg Care*, 2023, 26(1): 75–83.
- [3] KIM K, YANG H, LEE J, et al. Metaverse wearables for immersive digital healthcare: a review. *Adv Sci*. 2023, 10(31): e2303234.
- [4] FORD T J, BUCHANAN D M, AZEEZ A, et al. Taking modern psychiatry into the metaverse: integrating augmented, virtual, and mixed reality technologies into psychiatric care[J]. *Front Digit Health*, 2023, 5: 1146806.
- [5] 刘 雷, 曾丽艳. 智能医学: 数据与模型驱动的医工融合[J]. *医学信息学杂志*, 2023, 44(7): 1–8.
- [6] MASSETTI M, CHIARIELLO G A. The metaverse in medicine[J]. *Eur Heart J Suppl*, 2023, 25(Suppl B): B104–B107.
- [7] RANDAZZO G, REITANO G, CARLETTI F, et al. Urology: a trip into metaverse[J]. *World J Urol*, 2023, 41(10): 2647–2657.
- [8] 杨佳铭, 蔡 敏, 杨荣莺, 等. 医学元宇宙场景的构建及应用[J]. *中华创伤骨科杂志*, 2024, 26(1): 68–72.
- [9] 王晓峰, 孙元强, 潘雪峰. 基于VR/AR技术的鼻内镜下泪囊鼻腔吻合手术虚拟培训系统的临床应用效果分析[J]. *中国医刊*, 2024, 59(3): 341–343.
- [10] 王绍源, 刘瑞娜. 元宇宙医学应用的伦理困境与治理原则[J]. *中国卫生事业管理*, 2024, 41(2): 171–175.
- [11] 孔祥溢, 姜鸿南, 方 仪, 等. 元宇宙在医学领域的应用现状与前景展望[J]. *医学信息学杂志*, 2023, 44(4): 2–11.
- [12] CERASA A, GAGGIOLI A, PIOGGIA G, et al. Metaverse in mental health: the beginning of a long history [J]. *Curr Psychiatry Rep*, 2024, 26(6): 294–303.
- [13] USMANI S S, SHARATH M, MEHENDALE M. Future of mental health in the metaverse[J]. *Gen Psychiatr*, 2022, 35(4): e100825.
- [14] TAYLOR A, TOM DIECK M C, JUNG T, et al. XR and mental wellbeing: state of the art and future research directions for the metaverse[J]. *Front Psychol*, 2024, 15: 1360260.
- [15] 王红波, 王红如, 郭跃信. 元宇宙在医学中的应用场景[J]. *河南医学研究*, 2023, 32(18): 3452–3456.
- [16] RIVA G, WIEDERHOLD B K, VILLANI D. Toward a humane metaverse: challenges and opportunities [J]. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*, 2024, 27(1): 3–8.
- [17] PARK S, KIM H K, LEE M. An analytic hierarchy process analysis for reinforcing doctor–patient communication[J]. *BMC Prim Care*, 2023, 24(1): 24.
- [18] ONG L M L, DE HAES J C J M, HOOS A M, et al. Doctor–patient communication: a review of the literature[J]. *Soc Sci Med*, 1995, 40(7): 903–918.
- [19] ZENG Y C, ZENG L H, ZHANG C, et al. The metaverse in cancer care: applications and challenges [J]. *Asia Pac J Oncol Nurs*, 2022, 9(12): 100111.
- [20] ZHANG G H, CAO J W, LIU D, et al. Popularity of the metaverse: embodied social presence theory perspective [J]. *Front Psychol*, 2022, 13: 997751.
- [21] CALABRÒ R S, CERASA A, CIANCARELLI I, et al. The arrival of the metaverse in neurorehabilitation: fact, fake or vision?[J]. *Biomedicines*, 2022, 10(10): 2602.
- [22] OH G S, KIM J, JEONG W, et al. Development and effectiveness verification of metaverse cognitive therapy contents for MCI patients[J]. *Sensors*, 2023, 23(13): 6010.
- [23] KOOHSARI M J, MCCORMACK G R, NAKAYA T, et al. The metaverse, the built environment, and public health: opportunities and uncertainties[J]. *J Med Internet Res*, 2023, 25: e43549.
- [24] BHUGAONKAR K, BHUGAONKAR R, MASNE N. The trend of metaverse and augmented & virtual reality extending to the healthcare system[J]. *Cureus*, 2022, 14(9): e29071.
- [25] 陈诗翰, 吴俊杰. 医学教育元宇宙的理论构建[J]. *中国医学教育技术*, 2023, 37(4): 390–396.
- [26] ZHANG X L, CHEN Y C, HU L L, et al. The metaverse in education: definition, framework, features, potential applications, challenges, and future research topics[J]. *Front Psychol*, 2022, 13: 1016300.
- [27] DE GAGNE J C, RANDALL P S, RUSHTON S, et al. The use of metaverse in nursing education: an umbrella review [J]. *Nurse Educ*, 2023, 48(3): E73–E78.
- [28] 孙梦婷, 杨达伟, 谢林杉, 等. 元宇宙医学在慢性疾病健康管理中应用的研究进展[J]. *复旦学报(医学版)*, 2023, 50(2): 292–295.
- [29] Bob Woods, 骆 佳. 元宇宙最佳应用: 医学探索[J]. *国际品牌观察*, 2021(34): 38–39.
- [30] SANDRONE S. Medical education in the metaverse [J]. *Nat Med*, 2022, 28(12): 2456–2457.
- [31] BHATTACHARYA S, VARSHNEY S, TRIPATHI S. Harnessing public health with “metaverse” technology [J]. *Front Public Health*, 2022, 10: 1030574.
- [32] AMMENDOLA M, AL ANSARI M, DE’ ANGELIS N, et al. The metaverse in surgery: a real life low-cost clinical application for telementoring[J]. *Asian J Surg*, 2023, 46(11): 4972–4973.
- [33] ASMAROINI A P, HERMAWAN C, PADILLAH R. The metaverse revolution: the end of traditional classrooms?[J]. *J Public Health*, 2024, 46(1): e161–e162.
- [34] 郭 旭, 靳桂民, 范 愉, 等. 未来产业视角下医科院校的机遇和挑战[J]. *中国科技产业*, 2024(3): 64–67.

引用本文

郭仕薪, 孙大伟. 元宇宙技术的探索与创新: 元宇宙医学[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(2): 9–12.

GUO S X, SUN D W. Exploration and innovation of metaverse technology: metaverse in medicine[J]. *Metaverse Med*, 2024, 1(2): 9–12.

DOI: 10.61189/023188wptjms

· 专家述评 ·

元宇宙时代的肺癌筛查与管理

王 源¹, 杨达伟^{1,2,3,4,5}, 白春学^{1,2,3,4,6*}

1. 复旦大学附属中山医院呼吸与危重症医学科, 上海 200032
2. 复旦大学附属中山医院厦门医院呼吸与危重症医学科, 厦门 361015
3. 上海呼吸物联网医学工程技术研究中心, 上海 200032
4. 上海市呼吸病研究所, 上海 200032
5. 中国肺癌防治联盟, 上海 200032
6. 国际元宇宙医学协会, 苏州 215163

[摘要] 面对国内肺癌的高发病率和死亡率,以及人工阅片可能导致的过度治疗和延误诊断等弊端,白春学教授带领团队明确了肺癌筛查的标准和目标人群,并提出使用人工智能技术来解决人工阅片的弊端。然而,人工智能技术存在数据中心化、无法共享等问题;元宇宙医学的出现,为解决这些问题提供了新的可能性。2022年,元宇宙医学联盟(IAMM)正式成立,白教授出任元宇宙医学创立大会主席,并带领团队先后出版了《未来以来——我们需要的元宇宙医学》和《元宇宙医学》。白教授在书中阐述了元宇宙医学赋能肺癌筛查和管理的愿景,并创立了临床电子健康杂志(*Clinical eHealth*, CEH)。未来,应推广应用PNapp5A、人机多学科诊疗(MDT)和元宇宙技术,提高肺癌的筛查和管理水平,实现“名医治未病,元医惠众生”的愿景。

[关键词] 肺癌;人工智能;元宇宙;筛查和管理

[中图分类号] R 734.2; TP 18 **[文献标志码]** A

Lung cancer screening and management in the metaverse era

WANG Yuan¹, YANG Dawei^{1,2,3,4,5}, BAI Chunxue^{1,2,3,4,6*}

1. Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China
2. Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital (Xiamen Branch), Fudan University, Xiamen 361015, Fujian, China
3. Shanghai Engineer & Technology Research Center of Internet of Things for Respiratory Medicine, Shanghai 200032, China
4. Shanghai Respiratory Research Institution, Shanghai 200032, China
5. Chinese Alliance Against Lung Cancer, Shanghai 200032, China
6. International Association for Metaverse in Medicine, Suzhou 215163, Jiangsu, China

[Abstract] Faced with the high incidence and mortality rates of lung cancer domestically, as well as issues such as over-treatment and delayed diagnosis during manual image interpretation, Professor Bai Chunxue led a team to establish clear screening criteria and target populations for lung cancer. They proposed using artificial intelligence (AI) to mitigate the shortcomings of manual image reading. However, AI also faces challenges such as data centralization and lack of sharing, which need to be further addressed. The emergence of the metaverse medicine provides a potential solution to these issues. In 2022, the International Alliance of Metaverse Medicine (IAMM) was formally established, with Professor Bai serving as the inaugural chairman of the Metaverse Medicine Founding Conference. Subsequently, he and his team published two seminal works, titled *Future Come: Metaverse Medicine We Need* and *Metaverse Medicine*, elaborating on the vision of metaverse medicine empowering lung cancer screening and management. They also founded the *Clinical eHealth* (CEH). We should further promote the application of PNapp5A, human-machine MDT, and metaverse empowerment to enhance the level of lung cancer screening and management, realizing the vision of “preventing disease by famous

[收稿日期] 2024-06-10

[接受日期] 2024-06-20

[基金项目] 国家自然科学基金(82170110),上海市浦江人才计划(20PJ1402400),上海市健康科普人才能力提升专项(青年英才)(JKKPYC-2023-A20),2020年度上海工程技术研究中心建设项目(20DZ2254400),福建省自然科学基金项目(2022D014). Supported by National Natural Science Foundation of China (82170110), Shanghai Pujiang Talent Program (20PJ1402400), Project of Promoting Ability of Medical Science Popularization for Young Talents in Shanghai (JKKPYC-2023-A20), Project of Establishment of Shanghai Engineering Technology Research Center in 2020(20DZ2254400), Natural Science Foundation of Fujian Province(2022D014).

[作者简介] 王 源, 硕士生. E-mail: wangyuan011022@163.com

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

doctors, and wisdom of metaverse for all”.

[Key Words] lung cancer; artificial intelligence; metaverse; screening and management

最新数据^[1]显示,肺癌是中国最常见的癌症,也是男性和女性患癌死亡的共同首要原因。2022年,中国肺癌发病例数达106.06万,肺癌死亡例数超过73.33万^[1]。这些数据表明,肺癌在中国的影响非常严重,亟需探索新的技术和方法提高肺癌筛查和管理的效率,而元宇宙技术正是有潜力的解决方案。

1 人工阅片诊断肺癌的弊端

人工阅片诊断肺癌的弊端主要有过度治疗和延误诊断。过度治疗在肺结节患者中非常普遍,据不完全统计,中国患有肺部良性结节而接受肺癌治疗的患者超过20%。延误诊断则给患者带来更大的危害。白教授曾接诊3例延误诊断的患者:(1)病例1于2015年1月26日和2017年1月31日分别接受肺部影像学检查,诊断肺部结节,接诊医生认为结节未明显增长,不是肺癌,无需复查。2019年3月29日,白教授会诊后认为肺癌可能性大,建议患者再次接受CT检查,结果显示肺结节体积增大4~5倍,虽然还有手术机会,已无法根治,预后差。(2)病例2在某大学附属医院观察随访8年,该医院的呼吸科、胸外科和放射科专家都认为患者的结节没有明显增大。白教授阅片后,认为肺癌伴转移可能性大,患者遂行肺部CT确诊肺癌晚期,已无手术机会。(3)病例3为白教授于2023年3月接诊,该肺癌患者的良性病灶经手术切除,恶性病灶仍在肺内。

2 白春学教授带领团队制定肺癌筛查标准

医务工作者应该积极推广肺癌筛查,同时须明确提出,二级预防应从肺结节评估入手。复旦大学附属中山医院终身荣誉教授、上海市呼吸病研究所所长白春学率先牵头制定了亚太肺结节评估指南,并于2014年8月23日在香港定稿。随后,白教授又牵头制定了首个肺结节诊治中国专家共识。目前,该共识已经更新至第3稿,并投稿至《中华结核和呼吸杂志》。2023年,白教授团队在《中华医学杂志(英文版)》发表了关于中国肺癌筛查标准的研究,明确指出肺癌筛查的重点人群为40岁以上的群体,尤其是合并相关危险因素的人群。

3 人工智能(AI)技术辅助人工阅片

AI技术可以帮助医生筛查和管理肺结节,避免人工阅片造成过度治疗和延误诊断等问题,提高早

期肺癌诊断水平。例如,2015年的1个实性肺结节病例,AI分析结果为肿瘤高风险,建议患者行手术治疗。但该病例的影像学 and 症状学表现与真菌感染难以鉴别。结合AI分析结果和白春学教授的人工阅片经验,综合诊断为肺癌。最终,患者接受外科手术,病理诊断为微浸润腺癌。此外,AI可以帮助医生个体化评估早期肺癌。例如,某肺部结节患者曾于上海多家医院就诊,多位呼吸科、胸外科和放射科专家均认为结节体积没有明显增大,让患者3~6个月后随访,甚至有个别教授认为结节只是炎症。白教授给该患者做了AI分析,发现结节的体积增长超过20%,明确告知患者需要手术。最终,患者接受手术治疗,诊断为腺癌。由于及时治疗,该患者至今未复发或转移。

人工阅片通过测量长、宽、高以及圆周率相乘的公式计算结节的体积;而AI将结节分割为极小的小方块,并堆叠起来,即使是1 mm的肺结节,测量结果也非常准确,是人工阅片无法达到的^[2]。

4 元宇宙医学解决AI难以克服的医学问题

然而,AI技术也有需要克服的问题,如数据中心化,无法共享;无法随时随地开展诊疗和进行质量控制;难以做到强基层、广覆盖。元宇宙医学的出现,为问题的解决提供可能^[2]。

2018年,全球首个元宇宙医学研究启动,即AR辅助物联网医学临床研究。主要研究者(PI)为白春学教授,共同PI为Powell教授(时任Fleischner学会主席)、Fong教授(时任亚太呼吸学会主席)和国内多家单位教授。该研究推出BRM一体机,展现元宇宙在肺癌早诊中的应用^[3-9]。2022年2月18日,元宇宙医学协会暨联盟创立大会在上海徐汇滨江举行。当天,元宇宙医学联盟(IAMM)正式成立,探索以数字新技术破局“老问题”,白教授出任元宇宙医学创立大会主席。2022年8月,白教授出版《未来以来——我们需要的元宇宙医学》,这是全球首本集科普和专业于一体的元宇宙医学专著。目前,白教授团队编写的《元宇宙医学》即将在中国科技出版社出版。白教授带领团队完成了元宇宙医学的顶层设计,包括全息构建、全息仿真、虚实融合、虚实联动,显示了物联网医学的全面感知、可靠传输和智能处理3大基础流程。白教授表示,元宇宙医学能做到传统医疗模式无法做到的沉浸感、便捷性和

多样性,医生可以借助元宇宙技术做对患者和大健康最有利的诊疗。例如,中国肺癌患者5年生存率低于19.7%,但若能在早期发现并接受治疗,10年存活率可达90%以上,且术后无需化疗、放疗、靶向治疗和免疫治疗;通过人机多学科诊疗解决疑难的诊疗问题^[10];将OSapp 5A技术用于阻塞性睡眠呼吸暂停(OSA)移动应用程序,形成联合睡眠呼吸中心专家、初诊医师和患者共同防治OSA的新型医疗模式^[11];通过智能终端监测患者的生理参数,预测疾病发展,预测COVID-19患者的疾病发展并改善预后^[12],预防、诊断、治疗和管理慢性呼吸系统疾病^[13],预防和控制严重急性呼吸道感染^[14]等。

白教授阐述了元宇宙医学赋能肺癌筛查和管理的愿景,启动“元宇宙肺结节诊治中心”,3年内将在百家医院设立分中心,10年内救治百万早期肺癌患者。同时,启动“双百工程研修”计划,即在全国启动“百家医院”作为元宇宙肺结节诊治分中心,救治“百万早期肺癌”。2023年6月,Scopus公布了2022年的CiteScore,白教授主编的CEH获得首个CiteScore(5.2)。在Health Information Management、Medicine (miscellaneous)以及Health Informatics 3个相关学科中均位于2区。2023年12月,CiteScore达到7.2。IAMM在美国成功注册后,CEH正式被定为协会的官方期刊。白教授团队发表的*Expert consensus on the metaverse in medicine*受到极大的关注,发表至今已下载近3万次,同时获得2023年度科爱杂志社高被引文章之一。

综上所述,目前中国肺癌负担严重,提高肺癌患者生存率最有效的方法就是筛查和早期诊断。然而,单纯的人工阅片容易产生过度诊断和延误治疗等问题;应用PNapp5A^[13]、人机MDT和元宇宙技术,有助于提高肺癌筛查和管理水平,实现“名医治未病,元医惠众生”的愿景。

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 王源:撰写论文,杨达伟、白春学:修改论文。

参考文献

- [1] HAN B F, ZHENG R S, ZENG H M, et al. Cancer incidence and mortality in China, 2022[J]. J Natl Cancer Cent, 2024, 4(1): 47-53.
- [2] 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.
- [3] SUN M H, XIE L S, LIU Y, et al. The metaverse in current digital medicine[J]. Clin eHealth, 2022, 5: 52-57.
- [4] YANG D W, ZHOU J, SONG Y L, et al. Metaverse in medicine[J]. Clinical eHealth, 2022, 5: 39-43.
- [5] 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.
- [6] 中国物联网辅助评估管理肺结节专家组. 物联网辅助评估管理肺结节中国专家共识[J]. 国际呼吸杂志, 2022, 42(1): 5-12.
- [7] 杨达伟,白春学. 物联网在医疗领域的发展现状及趋势[J]. 中华医学信息导报, 2021, 36(19): 14.
- [8] Clinical eHealth中国普通感冒物联网分级诊疗诊治专家组. 普通感冒物联网医学分级诊疗中国专家共识[J]. 国际呼吸杂志, 2021, 41(12): 881-887.
- [9] 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.
- [10] YANG L, YANG D W, YAO M, et al. Concept and prospect of the Human-Computer Multi-Disciplinary team (MDT) in pulmonary nodule evaluation [J]. Clin eHealth, 2023, 6: 172-181.
- [11] 肖毅,张晓菊,杨达伟,等. 云加端物联网辅助诊治睡眠呼吸暂停(OSA)专家共识(2022版)[J]. 复旦学报(医学版), 2023, 50(4): 613-619.
- [12] XIE L S, HUANG M, GENG W Y, et al. A study of viral respiratory tract infections based on new smart terminals [J]. Clin eHealth, 2022, 5: 35-36.
- [13] 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.
- [14] 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.

引用本文

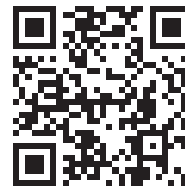
王源,杨达伟,白春学. 元宇宙时代的肺癌筛查与管理[J]. 元宇宙医学,2024,1(2):13-15.

WANG Y, YANG D W, BAI C X. Lung cancer screening and management in the metaverse era[J]. Metaverse Med, 2024, 1(2): 13-15.

DOI:10.61189/418861bkkeyh

· 专家述评 ·

构建未来医疗体验：元宇宙医学平台的创新硬件与交互技术



甘舜轩*

南京栢拓视觉科技有限公司, 南京 210019

[摘要] 随着数字技术的飞速发展,元宇宙医学平台正逐步成为现实,融合了虚拟现实(virtual reality, VR)、增强现实(augmented reality, AR)、3D建模等技术,为医疗行业带来了革命性的变化。本文综述了元宇宙医学平台的创新硬件技术和交互体验,首先探讨了硬件入口建设的价值,包括沉浸式体验和手术精确度的AR技术。其次,分析了人机交互的目标和实现方法,包括手势、眼动、语音和意念交互。再次,讨论了虚拟形象在人人交互中的应用,以及引导性、一致性和准确性对用户体验的重要性。最后,对元宇宙医学平台的未来趋势进行了预见性分析,并提出了实现方法和标准制定的建议。本文旨在为医疗专业人员和研究人员提供一个关于元宇宙医学平台发展的全面视角。

[关键词] 元宇宙医学平台;人机交互;虚拟现实;增强现实;数据可视化;个性化医疗

[中图分类号] R 197;TP 391 **[文献标志码]** A

Constructing future medical experience: innovative hardware and interactive technology of metaverse medical platform

GAN Shunxuan*

Nanjing Baituo Visual Technology Co., Ltd, Nanjing 210019, Jiangsu, China

[Abstract] This review synthesizes the innovative hardware technologies and interactive experiences of metaverse medical platforms. With the rapid development of digital technology, metaverse medical platforms are gradually becoming a reality, integrating technologies such as virtual reality (VR), augmented reality (AR), and 3D modeling, bringing revolutionary changes to the medical industry. The article first explores the value of hardware entry construction, including immersive experiences and AR technology that improves the accuracy of surgical operations. It then analyzes the objectives and implementation methods of human-computer interaction, including gesture, eye tracking, voice, and brain-computer interface interactions. The paper also discusses the application of avatars in person-to-person interaction, as well as the importance of guidance, consistency, and accuracy to user experience. Finally, it provides a prospective analysis of the future trends of metaverse medical platforms and suggests methods and standards for implementation. This article aims to provide medical professionals and researchers with a comprehensive perspective on the development of metaverse medical platforms.

[Key Words] metaverse medical platform; human-computer interaction; virtual reality; augmented reality; data visualization; personalized healthcare

随着数字时代的蓬勃发展,元宇宙医学平台凭借其独特的沉浸式体验和交互方式,正在引领医疗行业进入全新的发展阶段。该平台整合虚拟现实(virtual reality, VR)、增强现实(augmented reality, AR)以及3D建模等前沿技术,为医学教育、手术模拟、患者治疗和远程医疗等领域带来变革^[1]。元宇宙医学平台的核心优势在于其创新的硬件建设和高度交互的体验设计,它们共同为医疗专业人员和患者提供全新的互动空间,极大拓宽了医疗服务的范围和潜能^[2-3]。

在这个虚拟与现实交织的世界中,硬件设备不仅是连接用户与元宇宙的桥梁,更是提供高质量体验的基础。从高精度的VR头显到灵敏的手势追踪设备,这些硬件技术的发展,为用户带来了前所未有的感官体验。同时,创新的交互体验设计,如直观的手势操作^[4-5]、眼动追踪^[6-8]和语音控制等,使得用户能够更加自然、直观地与虚拟环境进行互动,从而提高了医疗操作的准确性和效率。本文将深入探讨元宇宙医学平台的硬件和交互体验,分析这些技术如何推动医疗行业的发展,并展望其在未来

[收稿日期] 2024-06-16

[接受日期] 2024-06-23

[作者简介] 甘舜轩。

*通信作者(Corresponding author): Tel: 025-58715810, E-mail: 33971873@qq.com

医疗服务中的应用前景和潜在影响。

1 元宇宙医学平台硬件入口建设

1.1 硬件入口建设的价值 硬件入口是建设医疗元宇宙平台的重要环节,它们不仅是用户进入虚拟医疗世界的门户,更是提供沉浸式体验和精确交互的基础。新一代的硬件设备,例如 VR/AR 眼镜,通过逼真地呈现三维环境,极大地增强了用户的感官体验。在医学教育领域,这些设备使学生能够参与到模拟手术中,通过直观的实践学习,提高操作技能和决策能力。对于患者而言,沉浸式的体验有助于更生动地理解疾病和治疗过程,从而提升对医疗方案的理解和信心。

1.2 硬件入口的发展历程 硬件入口的发展经历了从早期概念到现代应用的多个阶段。其中,VR 技术的探索始于 20 世纪 50 年代,当时的 Sensorama 模拟器为多感官体验奠定了基础。1968 年,The Sword of Damocles 头戴式显示器的问世标志着头戴式显示技术(HMD)的诞生。80 年代至 90 年代,VR 技术的商业化尝试逐渐兴起,例如 VPL Research 的 Jaron Lanier 所开发的 VR 头盔和手套。2000 年至 2010 年,随着 Oculus Rift 的原型设计和 Facebook 对 Oculus VR 的收购,VR 技术迎来了快速发展期。当今,随着技术的不断进步,VR/AR 设备在分辨率、延迟、佩戴舒适性和追踪技术等方面都有了显著提升。

1.3 核心硬件组成部分 构成 VR/AR 硬件的核心组件包括双独立显示屏、光学镜片、头部追踪技术和位置跟踪系统。双独立显示屏技术通过提供足够的分辨率和刷新率,确保用户能够获得清晰流畅的视觉体验。光学镜片技术,包括菲涅尔镜片和煎饼镜片,通过不同的设计优化视场角和图像质量。头部追踪技术通过 IMU 或外部传感器实现对用户头部运动的实时捕捉。位置跟踪系统通过摄像头或激光传感器精确捕捉用户在三维空间中的位置和方向。

1.4 产品特色与市场主流产品 市场上的主流 VR/AR 产品各具特色,例如 Oculus Quest 2 以其独立式设计和高质量沉浸体验受到用户青睐;HTC Vive 系列以其高精度追踪和广泛的生态系统著称;Sony PlayStation VR 专为游戏机设计,提供了独特的娱乐体验;Valve Index 则以其高刷新率和宽广视场角在高端市场中占有一席之地。2023 年,苹果公司发布了最新一代的 VR 一体式头戴 Apple Vision Pro。它采用了目前市场上最高分辨率(3.5k)的显示模组

(Micro Oled)以及高达 16 个摄像头+sensor 的组合,并且配备了单独的控制芯片,以最大化提升头显的算力。这些产品不仅推动了技术的发展,也为医疗领域带来了创新的应用模式,如手术模拟、医学教育和患者康复等。

2 元宇宙医学中的创新交互体验

2.1 人机交互的目标 在元宇宙医学领域,人机交互的目标是多维度的,旨在创造一个既高效又富有同理心的医疗环境。这些目标不仅推动了技术的发展,也重新定义了医疗专业人员与患者之间的互动方式^[2-3,9]。(1)设计人机交互时,直观性和易用性是首要考虑的因素。一个直观的用户界面可以降低用户的学习难度,让医疗专业人员即使在高压的工作环境中也能快速、准确地使用技术。对于患者而言,易用性意味着无论技术背景如何,都能便捷地获取医疗服务和信息。(2)个性化和适应性是提升用户体验的关键。元宇宙医学平台中的个性化交互可以根据用户的需求和偏好进行定制,提供定制化的医疗建议和治疗方案。适应性则确保系统能够根据用户的行为和反馈自我优化,以满足不断变化的需求。(3)数据安全和隐私保护对于构建用户信任至关重要。处理敏感的医疗数据时,必须采取加密、安全的数据存储和访问控制等措施,以确保用户信息的安全性和保密性。此外,透明的数据使用政策和用户授权机制也是保护隐私的重要组成部分。(4)实时响应对于医疗领域尤为关键。紧急情况下,系统的快速响应可以挽救生命;非紧急情况下,实时反馈有助于提高用户满意度,增强他们对系统的信任和依赖。(5)协作和共享是现代医疗工作流程的核心。元宇宙医学平台应促进不同医疗专业人员之间的协作。通过共享医疗记录、诊断结果和治疗计划,提高医疗服务的效率和质量。(6)沉浸式体验通过 AR 和 VR 技术为用户带来了前所未有的学习机会。在医学教育中,沉浸式体验可以帮助学生更好地理解复杂的医学概念和手术过程。在患者治疗中,沉浸式体验可以用于疼痛管理、心理治疗和康复训练^[1,10]。(7)系统的可扩展性和持续性确保了元宇宙医学平台能够适应未来的技术发展和医疗需求的变化。随着医疗技术的进步,平台应能无缝集成新的工具和功能,同时保持性能和用户体验的高标准。

元宇宙医学平台的人机交互目标是通过技术创新来提升医疗服务的质量和效率,同时确保用户的体验是安全、舒适和个性化的。这些目标的实

现,将推动医疗行业向更高层次的数字化和智能化发展。

2.2 人机交互的实现方法 人机交互(human-computer interaction, HCI)在元宇宙医学平台中的应用是一个复杂且多维的领域,涵盖了多种实现方法。这些技术及其在医疗领域中的应用会直接影响到使用者和患者的感受。

2.2.1 手势交互技术 手势交互技术允许用户通过手部动作与虚拟环境交流。这种技术依赖于深度摄像头、传感器和复杂的算法来识别并解释用户的手势,从而实现虚拟对象的操控。

2.2.2 眼动追踪交互 眼动追踪技术通过监测用户的眼动来确定其视线方向和焦点,便于用户导航和选择虚拟环境中的元素。该技术可以减少用户对传统输入设备的依赖,提供了更自然和直观的交互方式^[6-8]。

2.2.3 语音交互技术 语音交互技术通过语音识别和自然语言处理(natural language processing, NLP)技术,允许用户通过语音指令与系统进行交互。这种交互方式可以解放用户的双手,使他们能够更专注于任务本身。

2.2.4 意念交互技术 意念交互技术,即脑机接口(brain-computer interface, BCI)技术,通过读取用户的脑电波来控制设备^[9]。尽管这项技术目前仍处于研究和开发阶段,但其在元宇宙医学中的应用前景非常广阔。

2.2.5 交互式医疗培训 交互式医疗培训是元宇宙医学平台中的一个重要应用领域。通过模拟真实的医疗环境和情况,医生和医学生可以在无风险的环境中练习并提升技能^[11]。

2.2.6 患者教育和参与 元宇宙医学平台还可以用于患者教育和参与。通过交互式应用程序,患者可以更好地理解他们的疾病和治疗方案,从而提高治疗的依从性。

2.2.7 远程医疗和诊断 远程医疗和诊断是元宇宙医学平台的另一个关键应用。这些平台使医生可以为偏远地区的患者提供医疗咨询和服务。

从手势交互到眼动追踪,从语音识别到意念控制,人机交互技术在元宇宙医学平台中的应用正不断推动医疗行业的创新和发展。这些技术不仅提高了医疗服务的效率和质量,也为患者提供了更加个性化、富有同理心的医疗体验。展望未来,随着技术的不断进步,元宇宙医学有望更加智能化、个性化,为全人类的健康做出更大的贡献。

2.3 人人交互的实现 在元宇宙医学平台中,人人

交互的实现是构建虚拟医疗共同体的关键。这种交互不仅涉及医生与患者之间的沟通,还包括医疗团队成员之间的协作,以及患者与健康教育内容的互动。

2.3.1 虚拟形象(Avatar)的应用 虚拟形象是元宇宙中用户身份的数字化表现,它们在医学领域的应用具有特殊意义。(1)个性化医疗体验:虚拟形象可以根据用户的个人特征和偏好进行定制,从而提供个性化的医疗体验。在心理治疗中,患者可以通过虚拟形象来表达自己的感受,减少面对面交流带来的压力。(2)保护隐私和匿名性:在处理敏感医疗问题,如性健康或心理健康咨询时,虚拟形象具有保护患者隐私和匿名性,患者在虚拟形象下更愿意开放和分享自己的问题。(3)医疗教育和训练:在医学教育中,学生可以通过虚拟形象参与模拟的临床病例讨论,这不仅增加了学习的互动性,也减轻学习过程中的压力。

2.3.2 交流手段的创新 在元宇宙医学平台中,传统的交流方式如语音和文字被赋予了新的维度。(1)非语言交流的重要性:非语言交流在医疗领域中非常重要,如医生通过观察患者的面部表情和肢体语言来获取额外的信息。在元宇宙中,动作捕捉技术和面部表情识别技术可以捕捉并再现这些细微的非语言信号。(2)实时语言翻译:元宇宙医学平台可以集成实时语言翻译功能,打破语言障碍,使不同语言背景的医生和患者能够顺畅交流。(3)情感识别技术:通过分析患者的语音语调、讲话节奏,以及面部表情的变化,可以评估患者的情绪状态,为医生提供更多关于患者心理状态的信息。

2.3.3 虚拟环境的创设与应用 虚拟环境为医疗实践提供了无限的可能^[12-13]。(1)远程医疗咨询:在虚拟环境中,医生和患者可以进行面对面的远程医疗咨询,不受地理位置的限制。这种咨询可以通过共享三维医疗影像和虚拟检查工具来增强互动性。(2)手术规划和演示:医生可以在虚拟环境中进行手术规划,通过三维模型向患者展示手术过程和预期结果。这有助于患者更好地理解手术方案,提升参与度和信心。(3)团队协作和手术模拟:医疗团队可以在虚拟环境中模拟手术,提前排练手术步骤,优化团队协作,从而提高手术的安全性和效率。(4)社交和情感支持:元宇宙医学平台提供了一个新的渠道,用于患者之间的社交和情感支持。(5)患者社区:患者可以在虚拟环境中建立社区,分享他们的经验和感受,互相提供支持。患有罕见疾病或接受特殊治疗的患者可以在虚拟社区里交流和互相帮

助。(6)家庭参与:家庭成员可以在虚拟环境中参与到患者的治疗和康复过程中,提供情感支持,共同学习有关疾病的知识和护理技巧。

人人交互的实现在元宇宙医学平台中扮演着至关重要的角色。通过应用虚拟形象、创新的交流手段和构建的虚拟环境,医疗服务的效率和质量得以提升,患者也可以获得更具人性化和同理心的医疗体验。随着技术的不断发展,未来的元宇宙医学平台预期将提供更加深入的人人交互方式,进一步推动医疗行业的互联互通和协作发展。

2.4 未来发展趋势 随着技术的不断进步,元宇宙医学平台未来将给医疗行业带来一系列革命性的变化。

2.4.1 三维搜索与数据可视化 三维搜索和数据可视化技术的发展将使医疗数据的呈现和交互方式发生根本性变化。在元宇宙医学中,传统的二维图表和图像将被动态的三维模型所取代,提供更加直观和详细的视图。(1)三维模型的交互性:医生和研究人员将能够与三维模型进行深度互动,旋转、缩放和探索器官的每一个细节,甚至在分子层面上理解生理和病理过程。(2)个性化医疗模型:每个患者都将拥有基于自己独特身体数据构建的三维模型,这将使医疗服务更加个性化和精确。

2.4.2 医学知识的沉浸式科普 元宇宙医学平台为医学知识的普及提供了新的途径。通过沉浸式体验,非专业人士可以更直观地了解人体结构和功能,学习健康知识。(1)游戏化学习:通过游戏化元素,用户可以在参与虚拟任务的同时学习医学知识,使学习过程更加有趣和吸引人。(2)社交学习环境:支持多人在线的虚拟环境可以促进家庭成员或朋友共同学习,提高科普的互动性和趣味性。

2.4.3 人工智能与机器学习 人工智能(AI)和机器学习技术将在元宇宙医学平台中发挥越来越重要的作用。它们将用于分析医疗数据、预测疾病趋势、辅助诊断和制定治疗计划。(1)智能诊断辅助:AI算法可以分析医学影像,识别疾病模式,为医生提供诊断支持。(2)个性化治疗计划:通过分析患者的医疗数据和生活方式,AI可以辅助制定个性化的治疗计划,提高治疗效果。(3)跨学科融合与创新:元宇宙医学平台的发展将促进不同学科之间的融合,推动医疗行业的创新发展。(4)远程手术与协作:医生可以在元宇宙中进行远程手术,与世界各地的专家进行实时协作,提高手术成功率。(5)新药开发与测试:在虚拟环境中模拟药物的作用机制和效果,加速新药的开发和测试过程。

2.4.4 伦理与法律问题 随着元宇宙医学平台的发展,伦理和法律问题也将成为必须面对的挑战。(1)数据隐私与安全:保护患者的隐私和数据安全将是元宇宙医学的重要议题,需要制定严格的数据保护政策和技术措施。(2)医疗责任与监管:在虚拟环境中提供医疗服务可能引发新的医疗责任问题,需要明确责任归属并制定相应的监管政策。(3)元宇宙医学平台的未来趋势展示了医疗行业的巨大潜力和广阔前景。三维搜索与数据可视化、医学知识的沉浸式科普、人工智能与机器学习的应用、跨学科融合与创新,以及伦理与法律问题的解决,都将推动医疗行业向更高效、更智能、更人性化的方向发展。随着技术的不断成熟和应用的不断深入,我们有理由相信,元宇宙医学将为全人类的健康和福祉做出重要贡献。

3 实现方法与标准制定

3.1 包容性 在元宇宙医学平台的设计和实施过程中,包容性是一个至关重要的因素。它确保了不同背景、能力和需求的用户都能平等地访问和利用这些技术,从而实现医疗资源的公平分配和医疗服务的普遍可及。

3.1.1 普遍可访问性 元宇宙医学平台应确保其界面对所有用户易于访问,不论年龄、技术能力或身体状况。这包括为视障或听障用户提供辅助功能,如屏幕阅读器兼容性、语音输出和字幕服务。(1)用户多样性:设计者需要考虑用户的文化差异、语言偏好和学习风格。平台应支持多语言,并采用适合各种文化背景的交互设计,以确保信息和指令传达清晰。(2)技术不熟练用户的引导:平台应向不熟练的用户提供详细教程和引导,包括图解说明、视频演示或虚拟助手,以提供实时的帮助和支持。

3.1.2 适应性设计 元宇宙医学平台应采用适应性设计原则,使其能够根据用户的行为和偏好自动调整界面和功能。例如,系统可以学习用户频繁使用的工具,并把这些工具放置在更易于访问的位置。(1)辅助技术的集成:平台需能与各种辅助技术(如轮椅控制接口、眼动追踪设备和特殊输入设备)无缝集成,以支持残障用户。这确保残障用户能够以最适合他们的方式与系统交互。(2)儿童与老年人的特别关怀:儿童和老年人可能需要特别的关怀和设计考量。对儿童而言,界面应色彩丰富且互动性强,以吸引注意力并促进学习;而对于老年人,界面应简洁明了,避免复杂操作。(3)经济与社会地位的包容性:元宇宙医学平台应考虑到经济和社会地位

差异,确保服务不会因用户的经济能力或社会地位而受限。这可能涉及提供低成本接入方案或根据用户支付能力定制服务。(4)持续的反馈和改进:为增强包容性,开发者应建立持续反馈机制,收集不同用户群体的意见和建议。根据这些反馈意见,不断改进平台的设计和功能。

将包容性作为核心设计原则,元宇宙医学平台能够为更广泛的用户群体提供价值,确保每个人都能受益于先进的医疗技术。这不仅有助于提升医疗服务的质量和效率,还助力实现医疗平等、促进社会包容。

3.2 舒适性 在元宇宙医学平台的设计中,舒适性是确保用户能够持续、愉快地使用系统的关键因素。舒适性不仅关乎用户的物理体验,也涉及心理和情感层面的满足。(1)物理舒适性:长时间使用VR/AR设备可能会导致用户出现眼睛疲劳、头痛或身体不适。为了解决这些问题,硬件设计需要注重减轻设备重量、平衡分布重量,以及提高长时间佩戴的舒适性。此外,通过调整视场角和提高视觉清晰度,可以减少视觉不适。(2)视觉和听觉的协调:在虚拟环境中,视觉和听觉的协调对于提供沉浸式体验至关重要。合适的亮度、对比度和色彩饱和度可以提高视觉舒适度。同时,立体声和3D音效可以增强空间感,但也需要调整到不损伤听力的水平。(3)用户界面的直观性:用户界面应设计得直观易懂,减少用户的学习成本。清晰的指示、简洁的操作流程和符合直觉的控制机制可以让用户快速上手,减少操作错误和挫败感。(4)个性化设置:用户能够根据个人偏好调整设置,如调整视图距离、改变控制方案或选择不同的交互模式。这些个性化选项可以提升用户的控制感和满意度。(5)休息和疲劳管理:系统应内置休息提醒功能,鼓励用户定期休息,防止眼睛和身体疲劳。此外,通过监测用户的使用习惯和生理反应,系统可以自动调整推荐休息时间。(6)心理舒适性:在提供医疗服务时,元宇宙平台应营造出安心、友好的环境,减少用户的焦虑和紧张。这可能包括模拟自然环境、使用温和的色调和音乐,以及提供虚拟助手进行情感支持。(7)适应性反馈:系统应提供适应性反馈,根据用户的操作和反应调整交互方式。例如,如果用户在某个任务中遇到困难,系统可以提供额外的指导或简化操作步骤。

舒适性是元宇宙医学平台成功的关键,它要求设计者从用户的身体和心理需求出发,创造出既舒适又愉悦的使用体验。通过不断优化硬件设计、用

户界面和个性化设置,元宇宙医学平台可以为用户带来更加人性化的服务。

3.3 引导性 引导性是帮助用户顺利过渡到元宇宙医学平台并有效使用其功能的重要设计原则。良好的引导性设计可以减轻用户的初次使用焦虑,加速学习过程。(1)初次使用引导:对于首次使用元宇宙医学平台的用户,提供逐步的引导流程至关重要。这可以通过简短的介绍视频、交互式教程或虚拟助手的实时指导来实现,帮助用户理解平台的基本操作和功能。(2)任务驱动的引导:通过设计任务驱动的引导,用户可以在完成具体任务的过程中学习如何使用平台。这种引导方式可以更加自然地融入用户的使用过程,提高学习效率。(3)适应性引导:系统应能够根据用户的使用情况提供适应性引导。例如,如果系统检测到用户在某个操作上遇到困难,它可以提供额外的帮助或简化操作步骤。(4)错误预防和纠正:引导性设计还应包括错误预防和纠正机制。清晰的输入反馈、操作确认和错误提示可以帮助用户避免错误,并在发生错误时快速纠正。(5)用户自主性:虽然引导对于新用户至关重要,但系统也应允许用户根据自己的学习速度和偏好调整引导的程度。提供可关闭的引导选项和详细的帮助文档可以让用户在需要时获得帮助。(6)多模态引导:结合视觉、听觉和触觉等多种模态的引导可以提高用户的学习效果。例如,视觉提示可以指示操作的位置,听觉提示可以确认操作的正确性,触觉反馈可以在用户进行物理交互时提供指导。(7)情境感知引导:引导系统应具备情境感知能力,能够理解用户当前的任务和目标,并提供相关的帮助和建议。这种引导方式可以更加精准地满足用户的需求。(8)社交元素的融入:在可能的情况下,引导性设计可以融入社交元素,如允许用户邀请朋友或同事一起探索平台,或加入社区寻求帮助。

引导性是元宇宙医学平台设计中的一个重要方面,它帮助用户快速掌握平台的使用,提高了用户的满意度和忠诚度。通过提供初次使用引导、任务驱动的引导、适应性引导和错误预防机制,元宇宙医学平台可以为用户带来更加顺畅和愉悦的使用体验。

3.4 一致性 一致性是元宇宙医学平台设计中的一个核心原则,它确保了用户在不同设备和环境中都能获得统一的体验。这种体验的连贯性有助于建立用户信任,降低学习成本,并提高平台整体的可用性。(1)界面元素的统一:在不同的平台和应用

程序中,应使用统一的界面元素,如按钮、图标和菜单。这样可以使用户在不同界面或设备上快速识别和理解其功能。(2)交互模式的标准化:用户的操作应得到一致的响应。例如,如果一个按钮在某个应用中以某种方式工作,那么在其他应用中的类似按钮也应该以相同的方式工作。这种交互的一致性减少了用户在不同环境之间切换时的认知负担。(3)视觉风格的连贯性:视觉风格的一致性,包括颜色方案、字体和布局,有助于创建一个协调的用户体验。这种连贯性不仅增强了品牌识别度,也使用户在不同界面间转换时感到更加自然。(4)导航结构的一致性:用户在不同部分和层级之间导航时,应保持一致的导航结构。这包括使用相同的导航元素,如菜单、标签和面包屑,以及一致的布局和组织结构。(5)反馈和提示的统一:用户在进行操作时,系统应提供一致的反馈和提示。这包括操作确认、错误消息和帮助提示,它们都应遵循相同的风格和语调。(6)跨设备体验的一致性:随着用户可能在多种设备上使用元宇宙医学平台,跨设备的一致性变得尤为重要。这包括在桌面、移动设备和VR/AR设备之间保持体验的连贯性。(7)文化适应性和语言一致性:对于全球用户,平台应提供文化适应性和语言一致性。翻译和本地化应保持原始信息的意图和风格,确保不同语言版本的用户获得相同的体验。

一致性是元宇宙医学平台设计的基础,它使用户在各种设备或各个环境中都能获得连贯的体验。通过确保界面元素、交互模式、视觉风格、导航结构、反馈提示以及跨设备体验的一致性,平台能够提高用户的满意度和忠诚度。

3.5 准确性 准确性是元宇宙医学平台设计中最关键的原则之一,特别是在处理医疗信息和执行医疗操作时。准确性不仅关系到用户的体验,更关乎患者的生命安全和健康。(1)数据呈现的精确性:在展示医疗数据和影像时,元宇宙医学平台必须确保信息的精确性和清晰性。这包括使用高分辨率的图像、准确的图表和详细的注释。(2)交互操作的准确性:用户在进行交互操作时,系统应提供精确的反馈。例如,在进行虚拟手术或解剖时,用户的每一个动作都应被精确捕捉并真实反映。(3)信息更新的及时性:医疗信息和研究进展更新迅速,元宇宙医学平台需要确保提供最新的数据和研究成果。及时的信息更新对于医生制定治疗方案和患者了解自身状况至关重要。(4)算法和模型的可靠性:如果平台使用算法或模型来辅助诊断或治疗决

策,这些算法和模型必须经过严格的验证和测试,确保它们的建议是准确和可靠的。(5)用户输入的准确性:系统应通过设计减少用户输入错误的可能性,如使用清晰的输入字段、提供数据校验和使用自然语言处理技术来理解用户的意图。(6)设备和传感器的精确校准:为了确保交互操作的准确性,所有使用的设备和传感器都应进行精确校准。这包括VR/AR头显、手柄、眼动追踪设备和其他输入设备。(7)医疗专业人员的培训:为了确保医疗专业人员能够准确使用平台,有必要提供全面培训和继续教育。这有助于专业人员理解平台的功能,并准确执行操作。(8)错误和异常的检测:系统应具备检测错误和异常的能力,并在发现问题时及时通知用户。这包括监控用户的操作模式,以及在检测到不一致或异常数据时发出警告。

准确性是元宇宙医学平台的生命力,它确保了医疗服务的质量和患者安全。通过确保数据呈现、交互操作、信息更新、算法模型、用户输入、设备校准的准确性,以及通过专业人员培训和错误检测机制,平台能够在医疗领域发挥最大的价值。

4 总结和展望

元宇宙医学平台,以其创新的硬件技术和高度交互的体验,为医疗行业带来了深刻的变革。在提高手术精度、优化医学教育和提升患者体验等方面,元宇宙医学平台都展现出了巨大的潜力和价值。未来,元宇宙医学平台将变得更高效、更直观且更加个性化,为医疗行业带来更加广阔的发展前景,为患者提供更加全面和深入的医疗服务,为医疗专业人员提供一个更加丰富和高效的工作和学习环境。然而,在实现这一美好愿景的过程中,仍然面临诸多挑战,包括技术普及、用户接受度、数据安全和隐私保护等。因此,随着技术的发展,需要不断探索并完善相关标准和规范,以确保元宇宙医学平台的健康发展。

元宇宙医学平台的实现不仅代表技术的胜利,更体现了人类对于医疗服务的追求。它预示着一个全新医疗时代的来临,使医疗服务更加精准、高效和人性化,从而为全人类的健康福祉做出更大的贡献。

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 甘舜轩:撰写论文,修改论文。

致谢 在研究和撰写本文的过程中,笔者得到了高承实博士和邴会女士的极大帮助与支持。高承实博士以其渊博的学识和严谨的学术态度,为本文提供了宝贵的指导和深刻的见解,他的专业建议极大地提升了文章的学术质量。邴会女士凭借其敏锐的洞察力和丰富的经验,对本研究的多个关键方面给予了重要帮助和建议。笔者衷心感谢两位的无私奉献和巨大贡献,并希望本文的成果能够不负他们的期望,为元宇宙医学领域的发展作出贡献。

参考文献

- [1] 邓晓军,秦向阳,高 鹏,等. 虚拟现实技术在医学教育中的应用[J]. 重庆医学, 2017, 46(18): 2582-2584.
- [2] 李 英. 基于计算机技术的人机交互应用探索[J]. 信息与电脑(理论版), 2016(7): 59-60.
- [3] 张凤军,戴国忠,彭晓兰. 虚拟现实的人机交互综述[J]. 中国科学: 信息科学, 2016, 46(12): 1711-1736.
- [4] 柯 健,张 量. 用于虚拟现实/增强现实人机交互的实时手势识别方法的研究[J]. 现代计算机, 2023, 29(1): 59-62.
- [5] 聂宗涛. 沉浸式医学可视化系统的设计与实现[D]. 杭州: 浙江大学, 2020.
- [6] 姚依妮,孙建明,林月华,等. 眼动追踪技术应用分析[J]. 轻工科技, 2018, 34(9): 80-82.
- [7] 郑成艳,王 哲,严璘璘. 眼动追踪技术的研究述评[J]. 分析仪器, 2021(2): 141-144.
- [8] BAPNA T, VALLES J, LENG S, et al. Eye-tracking in surgery: a systematic review[J]. ANZ J Surg, 2023, 93(11): 2600-2608.
- [9] MRIDHA M F, DAS S C, KABIR M M, et al. Brain-computer interface: advancement and challenges[J]. Sensors, 2021, 21(17): 5746.
- [10] 罗 溪,李松声,王月帆,等. 虚拟现实技术在高等医学教育中的应用[J]. 中国医学教育技术, 2016, 30(4): 420-423.
- [11] 王紫薇,陈国勇,蔡 磊,等. 医学影像技术虚拟仿真教学实践[J]. 中国医学教育技术, 2020, 34(1): 80-84.
- [12] KLINE J L, VOLEGOV P L. Toward 3D data visualization using virtual reality tools[J]. Rev Sci Instrum, 2021, 92(3): 033528.
- [13] WIERZBICKI R, PAWŁOWICZ M, JOB J, et al. 3D mixed-reality visualization of medical imaging data as a supporting tool for innovative, minimally invasive surgery for gastrointestinal tumors and systemic treatment as a new path in personalized treatment of advanced cancer diseases [J]. J Cancer Res Clin Oncol, 2022, 148(1): 237-243.

引用本文

甘舜轩. 构建未来医疗体验:元宇宙医学平台的创新硬件与交互技术[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(2): 16-22.

GAN S X. Constructing future medical experience: innovative hardware and interactive technology of metaverse medical platform [J]. Metaverse Med, 2024, 1(2): 16-22.

DOI: 10.61189/147257tqeuoq

· 综 述 ·



元宇宙技术在心理健康领域的应用有效性

傅文杰¹, 孙梦婷², 杨达伟^{2,3,4,5,6*}

1. 复旦大学计算机科学技术学院, 上海 200438
2. 复旦大学附属中山医院呼吸与危重症医学科, 上海 200032
3. 复旦大学附属中山医院厦门医院呼吸与危重症医学科, 厦门 361015
4. 上海呼吸物联网医学工程技术研究中心, 上海 200032
5. 上海市呼吸病研究所, 上海 200032
6. 中国肺癌防治联盟, 上海 200032

[摘要] 元宇宙通过虚拟现实、增强现实、区块链等技术, 在虚拟世界中提供沉浸式体验。在心理健康医疗领域, 元宇宙技术增强患者的认知功能和社会功能, 并有助于疾病的早期诊断评估。本文综述了元宇宙医疗的概念和步骤, 并分析了元宇宙技术在孤独症谱系障碍(ASD)、阿尔茨海默病(AD)和焦虑等心理健康疾病治疗中的有效性。

[关键词] 元宇宙; 心理健康

[中图分类号] R 749.92 **[文献标志码]** A

Efficacy of metaverse technology in mental health

FU Wengjie¹, SUN Mengting², YANG Dawei^{2,3,4,5,6*}

1. School of Computer Science, Fudan University, Shanghai 200438, China
2. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China
3. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Xiamen Branch, Zhongshan Hospital, Fudan University, Xiamen 361015, Fujian, China
4. Shanghai Center for Medical Engineering and Technology, Shanghai 200032, China
5. Shanghai Institute of Respiratory Diseases, Shanghai 200032, China
6. Chinese Alliance Against Lung Cancer, Shanghai 200032, China

[Abstract] Metaverse, through virtual reality, augmented reality, blockchain, and other technologies, offers immersive experiences in a virtual world. In the field of mental health care, metaverse technology enhances patients' cognitive functions and social capabilities, thereby facilitating early diagnosis and assessment of diseases. This paper provides an overview of the concept and steps involved in the application of metaverse medicine, as well as an analysis of the efficacy of metaverse technology in treating mental health disorders such as autism spectrum disorder (ASD), Alzheimer's disease (AD), and anxiety.

[Key Words] metaverse; mental health

元宇宙的概念诞生于 Neal Stephenson^[1] 的科幻小说《雪崩》, 后来发展为由虚拟现实、增强现实、加密货币和互联网等不同技术所共同构建的数字世界。医疗领域的专家学者们根据元宇宙理论四级表现的要求和其所在团队的实践, 较早给出元宇宙

医学定义——穿戴 AR 眼镜的物联网医学, 并提出元宇宙医疗的 4 个步骤——全息构建、全息模拟、虚实融合、虚实联动^[2] (图 1)。VR 是目前水平较高的元宇宙医疗技术之一。Burdea 和 Coiffet^[3] 将沉浸感、交互性和想象力总结为 VR 技术的基本特征, 称

[收稿日期] 2024-06-02

[接受日期] 2024-06-25

[基金项目] 国家自然科学基金(82170110), 上海市浦江人才计划(20PJ1402400), 上海市健康科普人才能力提升专项(青年英才)(JKKPYC-2023-A20), 2020 年度上海工程技术研究中心建设项目(20DZ2254400), 福建省自然科学基金项目(2022D014). Supported by National Natural Science Foundation of China (82170110), Shanghai Pujiang Talent Program (20PJ1402400), Project of Promoting Ability of Medical Science Popularization for Young Talents in Shanghai (JKKPYC-2023-A20), Project of Establishment of Shanghai Engineering Technology Research Center in 2020 (20DZ2254400), Natural Science Foundation of Fujian Province (2022D014).

[作者简介] 傅文杰. E-mail: 22300240028@m.fudan.edu.cn

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

为3I特征,它为VR的使用者带来了多样化沉浸式体验,是元宇宙医学“虚实融合”的重要部分。当VR、AR等技术与认知心理学、神经科学相结合时,通过弥合虚拟世界和现实世界的差距,心理疾病患者的症状能够得到有效缓解与改善^[4]。

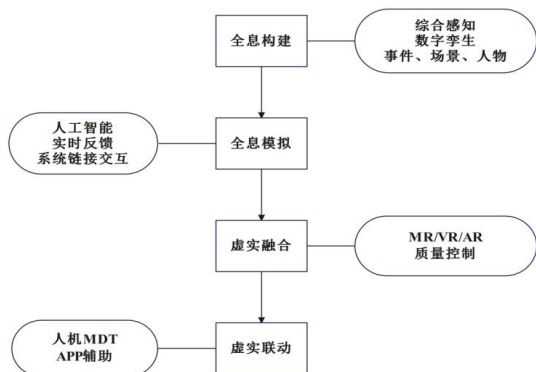


图1 元宇宙医疗的步骤

心理健康的定义因不同地区文化、医疗系统的差异而不同。目前,被广泛认可的是世界卫生组织(WHO)对心理健康的定义——1个人能够施展自己的能力,能够应对正常的生活压力,能够富有成效地工作,并能够为社区作出贡献的幸福状态^[5]。心理健康在人的感觉、认知、回忆、想象和思维等方面扮演着重要角色,它不仅是个体全面发展的基本要求,也是在工作岗位上发挥智力、积极参与社会活动以及不断提升自我的关键条件。个人心理健康状况直接影响和限制着个体的全面发展进程。

随着神经科学和计算机科学的发展,人们对于心理健康的理解逐渐从宏观走向微观,从经验性走向数字化。如今,元宇宙相关的技术和概念为心理健康医疗打开了一扇新的大门,数字和物理维度的融合、外部世界和内部世界的模拟和控制^[4]将给心理健康医疗带来了无限的机会。本文通过对相关文献的检索和综合分析,试图初步探讨元宇宙技术在心理健康治疗领域的有效性问题,特别是在某些重点疾病时的效果。为不失广泛性,本文中心理健康相关疾病泛指由心理、精神等问题引发的疾病。

1 元宇宙技术治疗心理疾病的有效性

元宇宙技术可以有效增强心理健康患者的认知功能与社会功能,同时,其对于疾病早期的诊断评估功能也十分亮眼(图2)。目前用于心理健康疾病治疗的元宇宙技术主要包括VR、AR、MR等,其优点在于给予患者沉浸式体验。元宇宙平台通过提供“体验错觉”使患者获得新颖的、多感官的自我存

在感体验^[6],以弥补传统医疗手段所无法达成的时空缺陷。研究^[7]表明,VR能够给予患者“去实体化”体验,减轻患者疼痛等,有助于治疗。尽管VR治疗拥有很好的短期效果(3~6个月),仍缺乏研究证实其长期有效性。

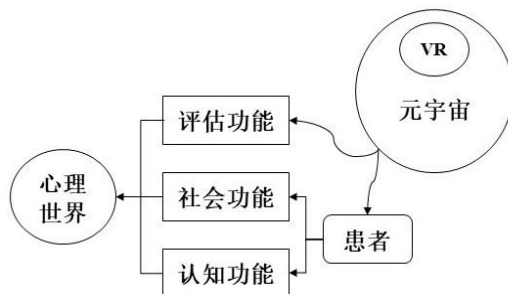


图2 元宇宙技术对治疗心理健康相关疾病的作用

1.1 孤独症谱系障碍(ASD) 孤独症是典型的心理健康相关疾病。2013年,美国发布了新诊断标准DSM-5^[8],将孤独症、阿斯伯格症、童年瓦解性障碍和待分类的其他广泛性发育障碍一并归入ASD。ASD患者在社交沟通时,通常面临语言和非语言交流障碍,传统治疗方法难以有效。但是,VR等元宇宙医学技术被证实具有治疗效果。首先,通过治疗师、穿戴设备和系统的指引,ASD患者能够轻松地学会在VR环境中交互。例如,Saiano等^[9]发现,虚拟环境(VE)能够刺激患者的注意力,提高患者的学习专注度,最终达到学习目标。通过与VE的交互,ASD患者能够接受更加个性化、专业化的治疗。美国西北大学的Smith等^[10]专家学者通过开发虚拟现实求职面试培训应用程序(VR-JIT)帮助ASD患者进行培训,并开展为期6个月的随访调查。统计结果^[10]表明,接受VR-JIT训练的患者在求职时的表现显著优于对照组,自信心也得到显著提升。此外,德克萨斯大学的Kandalafi等人^[11]通过开发建立“第二人生”岛,让患者以虚拟化身形式接受训练,并在训练后进行6个月随访调查。结果^[11]证明,VR技术能够显著增加患者的社会认知以及现实生活中的社会 and 职业功能。在情感识别方面,伊朗学者^[12]汇总前人的研究,提出“VR和计算化训练策略”在ASD患者的情感识别方面,具有有效的干预能力。

上述研究^[9-12]均证实,ASD患者对VR的接受度良好,且元宇宙技术在短期内(6个月)可以有效提高ASD患者沟通技巧、社会功能和情感识别能力。

1.2 阿尔兹海默病(AD) AD是进行性发展的神经

退行性疾病,其特征是认知能力逐渐下降,最终丧失独立功能。目前,AD 的药物治疗效果均欠佳^[13],因此,早期评估和非药物预防对于 AD 患者十分重要。Oliveira 等^[14]通过建立非沉浸式 VR 应用,对 65 岁以上 AD 患者在虚拟世界中通过完成任务的形式进行治疗,并持续干预 2 个月(约 10 次)。患者的神经心理学评估结果^[14]显示,其认知功能有所改善。在认知评估方面,VR 也被证实能够以标准化的、可量化的方式,有效评估病理理性衰老。但是,元宇宙技术在长期 AD 治疗中的作用仍待探究。

此外,VR 等技术对 AD 的前驱阶段——轻度认知障碍(MCI)同样具有临床治疗有效性。韩国学者^[15]通过以 VR 技术为主导的虚拟购物培训,对 32 名 MCI 患者进行干预,为期 16 个疗程。结果显示,虚拟购物培训有益于增强 MCI 患者的执行功能和工具性日常生活活动(IADL)。一项台北的研究^[16]通过对比接受身体训练和 VR 训练的 MCI 患者的前额叶皮层变化,证实 VR 能够提高神经效率。

1.3 焦虑 焦虑是当今主要的社会心理问题。针对由偏执意念引起的焦虑,认知行为疗法(CBT)使患者认识到自己不合理的认知行为,得到有效治疗,但这对于理疗师和心理医生的要求极高。Pot-Kolder 等^[17]将 VR 技术融入 CBT,证明 VR-CBT 疗法可以在不增加治疗时间的情况下,减少患者的偏执意念和短暂焦虑,随访 6 个月后,VR-CBT 疗法仍然有效。此外,有研究^[18]回顾性分析 61 名接受 VR 治疗的压力和焦虑症患者的健康记录,发现接收 VR 治疗后,患者的焦虑情绪减少 34%,压力降低 32%,提示元宇宙技术治疗焦虑的有效性和可行性。一项系统综述^[19]结果显示,VR 疗法对不同环境、不同疾病引起的焦虑问题都具有较好的医疗效果,可以作为跨领域联合治疗中 1 种有效的交叉治疗方式。例如,在减轻女性乳腺癌患者疼痛和焦虑方面,VR 技术有时甚至比药物更安全、有效^[20]。同样的效果在儿童的牙科治疗^[21]、抽血^[22]等方面也得到证实。

2 元宇宙医疗在心理健康领域所面临的挑战

2.1 隐私安全 随着元宇宙医疗技术的发展,隐私安全变得尤为重要。在元宇宙中,个人信息和敏感数据可能会被收集、存储和共享,这引发了对隐私保护和数据安全的担忧^[23]。确保元宇宙平台和应用程序具备高度安全性和保密性以防止个人数据被滥用或泄漏是至关重要的。

2.2 成本 成本高昂目前仍是元宇宙技术广泛应用于医疗的挑战。构建和维护完善的元宇宙平台

需要大量的技术投入和资源支持,高品质的虚拟现实设备、传感器、数据存储和处理设备等需要投入大量资金^[24-25]。此外,开发和维护元宇宙应用程序和治疗工具的成本高昂。这些成本问题可能限制元宇宙医疗技术的广泛应用和普及,使其无法惠及大众。随着芯片、软硬件价格降低,元宇宙技术极可能在未来变得经济实惠^[26]。

2.3 技术可靠性和适应性 元宇宙医疗技术的可靠性和适应性是实际应用的关键问题。目前的 VR、AR 技术仍不够成熟。例如,图形和音频质量可能会影响患者在虚拟环境中的沉浸感和体验质量。此外,某些患者可能对 VR 技术不适应或感到身体不适,例如,有些人在 VR 中会出现晕动病^[27],从而影响疾病治疗。因此,需要进一步研究和改进,以确保元宇宙医疗技术的稳定性、可靠性和适应性。

3 总结与展望

VR、AR、区块链等元宇宙技术作为新兴概念和技术,为患者提供沉浸式体验,在心理健康领域展现出优良应用前景。患者在元宇宙中通过 VR 等技术身临其境地体验模拟世界,在安全和受控的环境中进行心理治疗,有助于患者在治疗过程中建立自信、改善社交技能和认知能力。此外,元宇宙还有助于早期诊断和评估心理健康障碍,提供了更客观和可量化的方法用于评估患者疾病进展。然而,仍需深入研究解其适应范围、长期效果和治疗机制。

本文仅选取元宇宙医疗在治疗典型心理健康疾病的相关文献进行分析,纳入的文献和病种具有局限性和偏倚,且文献分析以定性分析为主。本文是对元宇宙技术在心理健康领域应用的初步探索,期待未来研究提供启示。通过不断的探索和验证,元宇宙可能成为心理健康领域中的有力工具,帮助更多患者改善心理健康,提高生活质量。

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 傅文杰:撰写论文;孙梦婷、杨达伟:修改论文。

参考文献

- [1] KIM J. Advertising in the metaverse: research agenda [J]. J Interact Advert, 2021, 21(3): 141-144.
- [2] YANG D W, ZHOU J, CHEN R C, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine [J]. Clin eHealth, 2022, 5: 1-9.
- [3] BURDEA G, COIFFET P. Virtual reality technology [M]. Hoboken: Wiley-IEEE Press, 2003.

- [4] MESKO B. The promise of the metaverse in cardiovascular health[J]. *Eur Heart J*, 2022, 43(28): 2647–2649.
- [5] World Health Organization. Mental health [EB/OL]. [2024–05–19]. <https://www.who.int/health-topics/mental-health>.
- [6] SPANLANG B, NORMAND J M, BORLAND D, et al. How to build an embodiment lab: achieving body representation illusions in virtual reality[J]. *Front Robot AI*, 2014, 1: 9.
- [7] SCHROEDER P A, GEHRER N A, REENTS M, et al. Body dissatisfaction directs avatar perception: embodiment and selective visual attention in body mass-modified self-avatars [J]. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*, 2023, 26(11): 850–860.
- [8] American Psychiatric Association, DSM–5 Task Force. Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM–5™ (5th ed.) [M]. Washington: American Psychiatric Publishing, Inc., 2013.
- [9] SAIANO M, PELLEGRINO L, CASADIO M, et al. Natural interfaces and virtual environments for the acquisition of street crossing and path following skills in adults with autism spectrum disorders: a feasibility study [J]. *J Neuroeng Rehabil*, 2015, 12: 17.
- [10] SMITH M J, FLEMING M F, WRIGHT M A, et al. Brief report: vocational outcomes for young adults with autism spectrum disorders at six months after virtual reality job interview training [J]. *J Autism Dev Disord*, 2015, 45(10): 3364–3369.
- [11] KANDALAF M R, DIDEHBANI N, KRAWCZYK D C, et al. Virtual reality social cognition training for young adults with high-functioning autism [J]. *J Autism Dev Disord*, 2013, 43(1): 34–44.
- [12] FARASHI S, BASHIRIAN S, JENABI E, et al. Effectiveness of virtual reality and computerized training programs for enhancing emotion recognition in people with autism spectrum disorder: a systematic review and meta-analysis [J]. *Int J Dev Disabil*, 2024, 70(1): 110–126.
- [13] SCHNEIDER L S, MANGIALASCHE F, ANDREASEN N, et al. Clinical trials and late-stage drug development for Alzheimer's disease: an appraisal from 1984 to 2014 [J]. *J Intern Med*, 2014, 275(3): 251–283.
- [14] OLIVEIRA J, GAMITO P, SOUTO T, et al. Virtual reality-based cognitive stimulation on people with mild to moderate dementia due to Alzheimer's disease: a pilot randomized controlled trial [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(10): 5290.
- [15] PARK J H. Does the virtual shopping training improve executive function and instrumental activities of daily living of patients with mild cognitive impairment? [J]. *Asian J Psychiatr*, 2022, 69: 102977.
- [16] LIAO Y Y, TSENG H Y, LIN Y J, et al. Using virtual reality-based training to improve cognitive function, instrumental activities of daily living and neural efficiency in older adults with mild cognitive impairment [J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2020, 56(1): 47–57.
- [17] POT-KOLDER R M C A, GERAETS C N W, VELING W, et al. Virtual-reality-based cognitive behavioural therapy versus waiting list control for paranoid ideation and social avoidance in patients with psychotic disorders: a single-blind randomised controlled trial [J]. *Lancet Psychiatry*, 2018, 5(3): 217–226.
- [18] ORR E, ARBEL T, LEVY M, et al. Virtual reality in the management of stress and anxiety disorders: a retrospective analysis of 61 people treated in the metaverse [J]. *Heliyon*, 2023, 9(7): e17870.
- [19] IOANNOU A, PAPASTAVROU E, AVRAAMIDES M N, et al. Virtual reality and symptoms management of anxiety, depression, fatigue, and pain: a systematic review [J]. *SAGE Open Nurs*, 2020, 6: 2377960820936163.
- [20] BANI MOHAMMAD E, AHMAD M. Virtual reality as a distraction technique for pain and anxiety among patients with breast cancer: a randomized control trial [J]. *Palliat Support Care*, 2019, 17(1): 29–34.
- [21] SHETTY V, SURESH L R, HEGDE A M. Effect of virtual reality distraction on pain and anxiety during dental treatment in 5 to 8 year old children [J]. *J Clin Pediatr Dent*, 2019, 43(2): 97–102.
- [22] GERÇEKER G Ö, AYAR D, ÖZDEMİR E Z, et al. Effects of virtual reality on pain, fear and anxiety during blood draw in children aged 5–12 years old: a randomised controlled study [J]. *J Clin Nurs*, 2020, 29(7–8): 1151–1161.
- [23] ZHANG G, DAI Y, WU J, et al. Swarm learning-based secure and fair model sharing for metaverse healthcare. *Mobile Netw Appl*, 2023.
- [24] NGUYEN Q. Explore the benefits and drawbacks of virtual reality (VR) [EB/OL]. [20224–05–21]. <https://atomisystems.com/elearning/explore-the-benefits-and-drawbacks-of-virtual-reality-vr/>.
- [25] ABHAY A. 10 Advantages and disadvantages of virtual reality [EB/OL]. [20224–05–21]. <https://honestproscons.com/pros-and-cons-of-virtual-reality/>.
- [26] Eye of Unity. The future of virtual reality: what to expect in the next decade [EB/OL]. [20224–05–21]. <https://www.bulbapp.io/p/203eae4d-7d93-42f3-a13b-a1d307d32d17/the-future-of-virtual-reality-what-to-expect-in-the-next-decade>.
- [27] THOMPSON S. Motion sickness in VR: why it happens and how to minimize it [EB/OL]. [20224–05–21]. <https://virtualspeech.com/blog/motion-sickness-vr>.

引用本文

傅文杰, 孙梦婷, 杨达伟. 元宇宙技术在心理健康领域的应用有效性 [J]. 元宇宙医学, 2024, 1(2): 23–26.

FU W J, SUN M T, YANG D W. Efficacy of metaverse technology in mental health [J]. *Metaverse Med*, 2024, 1(2): 23–26.

DOI:10.61189/769612hdtoty

· 综 述 ·



Apple Vision Pro 在元宇宙医学中的应用

王 源¹, 杨达伟^{1,2,3,4,5*}

1. 复旦大学附属中山医院呼吸与危重症医学科, 上海 200032
2. 复旦大学附属中山医院厦门医院呼吸与危重症医学科, 厦门 361015
3. 上海呼吸物联网医学工程技术研究中心, 上海 200032
4. 上海市呼吸病研究所, 上海 200032
5. 中国肺癌防治联盟, 上海 200032

[摘要] Apple Vision Pro 利用虚拟现实和增强现实技术, 能够为医学教育、临床诊断与治疗以及医疗管理等领域带来革命性的变革和贡献, 推动元宇宙医学的发展和应用。然而, 实际应用 Apple Vision Pro 的过程中也需要解决技术和伦理挑战, 包括数据隐私、安全性问题、医疗责任和法律法规考虑等。本文旨在探索 Apple Vision Pro 在元宇宙医学场景中的应用, 以期推广 Apple Vision Pro 在医学领域的应用, 促进医学教育、临床实践和医疗管理的全面进步。

[关键词] Apple Vision Pro; 虚拟现实; 增强现实; 医疗

[中图分类号] R-0 **[文献标志码]** A

Application of Apple Vision Pro in metaverse in medicine

WANG Yuan¹, YANG Dawei^{1,2,3,4,5*}

1. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China
2. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital (Xiamen Branch), Fudan University, Xiamen 361015, Fujian, China
3. Shanghai Center for Medical Engineering and Technology, Shanghai 200032, China
4. Shanghai Institute of Respiratory Diseases, Shanghai 200032, China
5. Chinese Alliance Against Lung Cancer, Shanghai 200032, China

[Abstract] Apple Vision Pro harnesses the power of virtual reality and augmented reality to bring about revolutionary transformations and contributions in medical education, clinical diagnosis and treatment, as well as medical management. It drives the advancement and application of metaverse medicine. However, the actual implementation of Apple Vision Pro also entails tackling technical and ethical challenges, including data privacy concerns, security issues, medical liabilities, and legal considerations. This article aims to explore the application of Apple Vision Pro in the metaverse medical scenario, with the hope of promoting the adoption of Apple Vision Pro in the medical field, thereby fostering advancements in medical education, clinical practice, and medical management.

[Key Words] Apple Vision Pro; virtual reality; augmented reality; healthcare

元 宇 宙 (Metaverse) 一 词 源 自 作 家 Neal Stephenson 的科幻小说《雪崩》, 描述了人们以虚拟形象在三维空间中与各种软件进行交互的世界。Metaverse 由 Meta 和 Verse 组成, Meta 表示超越,

Verse 代表宇宙 (universe), 合起来有“超越宇宙”的意思, 可以理解为平行于现实世界运行的人造虚拟空间。元宇宙连接了虚拟与现实世界, 有真实的设计和现实环境, 是将人们关联起来的 3D 虚拟世界。

[收稿日期] 2024-06-02

[接受日期] 2024-06-25

[基金项目] 国家自然科学基金 (82170110), 上海市浦江人才计划 (20PJ1402400), 上海市健康科普人才能力提升专项 (青年英才) (JKKPYC-2023-A20), 2020 年度上海工程技术研究中心建设项目 (20DZ2254400), 福建省自然科学基金项目 (2022D014). Supported by National Natural Science Foundation of China (82170110), Shanghai Pujiang Talent Program (20PJ1402400), Project of Promoting Ability of Medical Science Popularization for Young Talents in Shanghai (JKKPYC-2023-A20), Project of Establishment of Shanghai Engineering Technology Research Center in 2020 (20DZ2254400), Natural Science Foundation of Fujian Province (2022D014).

[作者简介] 王 源, 硕士生. E-mail: wangyuan011022@163.com

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

用户在元宇宙中拥有自己的虚拟身份和数字资产,可以在虚拟世界里尽情互动,从事生产经营活动并创造价值^[1-2]。

随着癌症等疾病高发,老龄化日趋严重,中国的慢性病患率与康复需求快速增长,人们一直希望通过科技赋能解决医疗资源短缺和患者治疗问题,同时实现数字经济与实体经济深度融合,在促进应用场景多元化的同时,也将促进相关企业的发展,形成良性循环,切实赋能实体经济全面升级,中国各地区都拉开了“元宇宙”新赛道布局的序幕。

Apple于2023年6月5日推出了备受期待的混合现实头显,名为Apple Vision Pro,配备卓越的4K显示屏,亮度达到5 000 nit^[3]。与传统电脑上的物理屏幕不同,这款设备通过2个小型、高分辨率的显示屏将输出投影到用户的眼睛中。主要用户界面依赖于眼球追踪、手势、摄像头和传感器,消除了键盘或触摸屏等物理控制器的需求。近年来,随着增强现实(AR)和虚拟现实(VR)技术领域取得显著进展^[4],Apple Vision Pro在医学领域,包括医学和外科教育,身体和心理康复,远程医疗咨询等,展露巨大应用潜力^[5]。

1 Apple Vision Pro

Apple Vision Pro采用微型OLED显示屏,像素密度非常高。每只眼睛的显示屏尺寸为1.4英寸,共拥有2 300万像素^[5]。这些显示屏预计将为每只眼睛提供出色的4K分辨率,使用户沉浸在详细和高度逼真的视觉环境中^[5]。虽然Apple并未提供显示分辨率、角分辨率(PPD)或视场角(FoV)的具体参数,但据技术分析师估算,其显示器的像素密度(PPI)达到每英寸4 000像素,亮度达到5 000 nit, FoV为120°, PPD为93,远高于Varjo VR-3。Apple Vision Pro还配备了2对前置摄像头、2对向下摄像头和1对侧置摄像头,每秒传输超过十亿像素到显示屏。摄像头系统结合红外食物照明器、LiDAR扫描仪和TrueDepth传感器,能够提供精准的头部和手部跟踪,实时3D映射,并能从各种位置识别手势^[6-7]。

既往VR产品主要使用脑电图(EEG)设备测量用户情绪^[8-9]。然而,VR体验的流动性与EEG测量所需的静止状态之间的冲突,使基于EEG的VR情绪测量方法的可行性存疑,需探索更可靠的情绪识别替代方法。2017年,FOVE 0首次亮相,其在VR中首次引入眼动追踪技术,标志着VR情绪识别技术新时代的开端。眼动追踪的出现为理解用户在

虚拟环境中的情绪反应提供了新视角和数据。然而,眼动追踪技术固有的局限性,限制了设备在全面情绪识别研究中的效用。2023年,Apple Vision Pro的推出是个重大的进步,其通过无缝结合高保真传感技术和面部识别技术,开发了VR情绪识别的新潜力。Apple Vision Pro的独特点在于其对每位用户进行个性化面部扫描,而不是采用通用面部仿真技术,如Meta和Vivo^[10]。Apple Vision Pro因其高性能特征而独树一帜,尤其是其非常逼真的“穿透模式”,即几乎实时显示现实世界。8个朝外的摄像头将外界投影到其2 300万像素的内部屏幕上,仅延迟12 ms。4个内置摄像头追踪佩戴者的眼睛,使用户能够将屏幕和物品投影到他们的虚拟世界中;通过眼睛导航到它们,类似于使用计算机鼠标;并通过手势交互^[11]。Apple Vision Pro拥有12个摄像头和5个传感器的复杂阵列,确保能够精准追踪面部微表情,为情绪检测提供详细框架。这一强大的传感器框架不仅确保了准确和个性化的面部识别和表达传输,标志着VR面部情绪识别的重大进展。

2 元宇宙医学场景

医疗健康行业存在传统设备简陋、医疗资源匮乏、地域差距明显和专业人才欠缺等挑战,VR、AR、混合现实(MR)等技术打破了数字虚拟世界与物理真实世界的界限,通过智能可穿戴交互设备能够基于具体场景及时、准确地给出相关信息及相应解决方案,在医学成像、手术辅助、医学教育、远程医疗、康复训练、药物研发等方面彰显价值,有利于优化传统医疗流程,提升医疗效果,减轻医务人员工作负担。

(1)医学影像:借助全息/虚拟现实显示的影像学数据,可以全面观察病灶细节、深度挖掘影像信息,有助于医生削减读片时间,降低误诊概率,同时患者能更直观理解病灶情况和治疗方案,促进医生和患者沟通。

(2)手术辅助:中国医疗机构的手术量逐年攀升,医生工作繁重。通过VR/AR/MR等技术可提高外科手术效率,如全息影像技术可弥补微创手术视野受限等问题,减少术中风险,降低术后并发症。

(3)医学教育:医学专业人员可以使用元宇宙平台进行高度逼真的手术模拟,练习复杂的外科技术和操作流程,提高实际手术中的准确性和效率。学生可以通过虚拟的人体模型进行三维解剖学习,深入理解器官结构和功能。护理人员能够借助虚拟环境中练习应对各种医疗情况的技能和决策,提

升护理团队的协作能力和应急响应水平。

(4) 远程医疗:通过远程会诊,远程监控,慢病管理等远程医疗方式,可以更有效地利用专家资源,实时追踪患者的健康数据,及时调整治疗方案,提高了患者的便利性和医疗服务的可及性。

(5) 康复训练:元宇宙技术在心理和生理康复训练中的应用可以提供高度个性化和沉浸式的治疗体验,增强患者的治疗体验和治疗效果,对于促进康复进程和改善生活质量具有重要意义。

(6) 药物研发:元宇宙技术在药物研发中的应用不仅限于单一的靶点发现或活性化合物筛选,还包括分子设计和化学反应模拟等多个环节,通过增强研究人员的视觉和交互体验,加速了药物发现和优化的过程。

3 Apple Vision Pro在医学教育中的应用

3.1 虚拟解剖和生理学模拟 使用 Apple Vision Pro 可以呈现清晰的虚拟解剖模型,学生可以旋转、缩放和移动模型,了解器官的位置、形态和相互关系。Apple Vision Pro 还可以模拟人体各系统的生理过程,如心脏的跳动、呼吸的运动等,帮助学生了解系统间相互作用^[12]。

3.2 临床技能培训和模拟手术 学生可以使用 Apple Vision Pro 模拟手术操作。通过 AR 技术观察和操作虚拟手术台上的患者,练习如何正确使用手术器械和处理不同的病例情况。

Apple Vision Pro 支持手术直播,使学生跨越地理限制,观看、学习全球各地的先进手术技术和操作方法,加深对手术操作的理解和熟悉程度。此外,Apple Vision Pro 还可以记录学生在虚拟手术模拟中的操作数据,包括时间、精准度和操作步骤。这些数据可以用于实时的技能评估和反馈,帮助学生了解自己的优势和改进空间,并指导教师进行个性化的教学指导^[13]。

3.3 医疗教育和学术交流 医生和学生可以通过虚拟环境交互,共同研究病例、制定治疗方案。医学院校和医院可以利用 Apple Vision Pro 进行实时手术直播和远程教学,让更多的学生和医生参与到高级手术的观摩和学习中,弥补优质医疗教育资源不足。Apple Vision Pro 还可以支持举办虚拟医学会议和研讨会,便于医学知识的交流和进步^[14]。

4 Apple Vision Pro在临床诊断和治疗中的应用

4.1 远程诊疗和虚拟探视 医生可以利用 Apple Vision Pro 的高清摄像头和传感器获取患者的生理

数据和视频图像,实现远程诊断、监控病情进展,甚至支持远程手术操作。这对于偏远地区的医疗机构或基层医生尤为有益。不同地区的医疗团队可以利用 Apple Vision Pro 进行跨地区协作。患者可以利用 Apple Vision Pro 的设备,在家中完成定期随访,如医生通过视频了解患者的症状和身体状况,提供医疗建议和处方更新。这种方式不仅方便患者,也可降低医疗资源的压力^[15]。

4.2 辅助手术和精确导航 通过高精度的传感器和实时数据传输技术,医生可以利用 Apple Vision Pro 在手术中获取实时解剖结构图像、患者生理数据和手术仪器的状态。这些信息辅助医生在手术过程中进行精确导航和定位,帮助医生进行更为精准的手术操作,减少对周围组织的影响和损伤,提高手术的成功率和患者的安全性^[16-17]。

4.3 康复训练和心理治疗 Apple Vision Pro 可用于监测患者的运动和姿势,如关节活动范围、运动频率等,帮助医生评估患者的康复进展,并为个性化的康复计划提供数据支持。VR 和 AR 技术,使患者能在安全的环境中进行康复训练。例如,患者可以通过头戴式显示设备进行虚拟步态训练,模拟不同的行走场景以促进步态的恢复。

Apple Vision Pro 允许患者通过视频会议与心理健康专家进行远程心理治疗,提高治疗的便捷性和可及性。如果 Apple Vision Pro 整合生理参数和情绪识别技术,它还可以帮助医生和患者实时监测情绪状态,如通过面部表情分析和声音情感识别,从而调整治疗方案,提供更为个性化的心理支持^[18]。

5 Apple Vision Pro在医疗管理中的应用

5.1 医疗数据的可视化和分析 Apple Vision Pro 通过传感器和摄像头收集患者的生理数据,如心率、血压、活动等,并实时传输到设备或云端服务器进行存储。Apple Vision Pro 还能集成数据分析和机器学习算法,自动分析患者的健康数据。例如,提供直观的用户界面展示患者的健康数据,如生理参数的趋势图、运动记录、睡眠质量等,帮助医护人员快速了解患者的健康状态;识别数据中的异常模式或趋势,并生成警报或建议,帮助医护人员及时干预。

5.2 虚拟医院和患者管理系统 医生 Apple Vision Pro 设备远程监测患者的健康数据,如心率、血压、血氧等,实时评估患者的健康状况,提供远程诊断和治疗建议。实时监测患者的生理参数,并设定警报条件。医护人员可以接收到警报,及时采取措施。将 Apple Vision Pro 集成到患者管理系统中,还

有助于记录和管理患者的健康数据,以便医生和护士了解患者的病历和健康趋势^[19]。

5.3 医疗团队的协作和沟通平台 Apple Vision Pro通过远程会诊和多学科协作、影像和数据分享、实时数据监测和警报系统、安全的信息共享和访问控制,教育和培训支持,移动性和便捷性等,有效促进医疗团队的协作效率和医疗质量,同时改善患者的医疗体验^[20]。

6 Apple Vision Pro的医疗应用

6.1 肺癌根治术 2024年5月13日,北京大学人民医院高健医生完成了首例Apple Vision Pro辅助胸腔镜肺癌根治术^[21]。数字内容融入真实世界,为医生提供了高清晰度、无延迟的手术场景,使医生能够顺利完成手术全过程。更重要的是,肺部血管解剖变异普遍存在,三维重建技术清晰展示胸腔内的解剖结构,使病灶部位与周围脏器、血管等重要组织器官之间的三维空间关系能够得到精准识别和测量,实现精准手术风险评估。Apple Vision Pro的显示技术和眼睛、手与语音的多重交互方式,在不需其他人辅助的情况下,术者可以自行非接触式调阅阅读患者信息及影像资料,并能自行调整血管三维重建的视角,从各种不同角度详细观察肺内组织、血管、气管、病灶,减少手术风险和并发症,增加手术安全性。

6.2 肩关节镜微创手术 巴西 Bruno Gobbato 医生借助 Apple Vision Pro 成功完成肩关节镜微创手术^[22]。佩戴 Apple Vision Pro 头显之后,术者不仅能看到电影屏幕大小的高分辨率图像,还能实时看到患者的各项检查数据以及 3D 模型。Gobbato 医生大加赞赏 Apple Vision Pro 头显的高动态范围,他表示在尝试佩戴 Apple Vision Pro 头显进行手术之前,曾担心手术室的强光会导致聚光灯周围变暗,但实际上影响并不大。他还在 YouTube 上分享了一段视频,展示如何利用 Apple Vision Pro 同时查看笔记、病人的 X 光片和实时摄像头。

6.3 腹腔镜乙状结肠癌根治术 2024年4月,吉林大学白求恩第三医院胃肠结直肠外科谢忠士医生团队成功完成世界首例应用 Apple Vision Pro 头显辅助的腹腔镜乙状结肠癌根治术^[23]。在此次手术中苹果 Vision Pro 发挥了多层次重要作用。第一,头显采用先进的增强现实技术,为医生提供高清晰度、大视野的手术场景,使医生能够清晰地观察手术过程中的解剖细节,提高手术操作的精准度和安全性。第二,头显支持实时导航和指引功能,帮助

医生准确定位和操作手术目标,降低手术风险和并发症发生风险。同时,头显还可以实时记录和远程教学手术过程,促进传播和分享医疗知识,辅助医生培训和教学。该手术的成功标志着腹腔镜手术进入了“去”显示器时代,开启新里程。

6.4 视障辅助技术 Apple Vision Pro 可以革新视觉缺陷人群的辅助技术。Apple Vision Pro 为每只眼睛都配备了优异的 4K 显示和高亮度,极大增强了用户的视觉体验^[24]。夜盲症是指眼睛在光到暗之间无法适应的状况^[25]。近视、遗传性视网膜营养不良和维生素 A 缺乏是导致夜盲症的多种病因之一,全球有数百万人受此影响。Apple Vision Pro 在红外摄像头周围引入 LED 照明器,在低光条件下与外部传感器配合工作,以增强手部跟踪性能,帮助夜盲症患者协调动作,增强独立性^[26]。AR 还可以有效恢复黄斑裂孔患者的视力^[27],并用于神经前庭康复。此外,它将使视觉缺陷人士能够在 VR 环境中更准确地传达他们的感知缺陷。AR 还可帮助验光师为低视力患者设计更好的辅助设备。AR 模式下,Apple Vision Pro 从外部看是透明的,可以显著降低患者因佩戴孤立的头戴设备而产生社会排斥感^[27]。

6.5 斜视治疗 Apple Vision Pro 的应用可以改变斜视的识别和管理方法。斜视是眼睛的间歇性或持续性眼位不正,是导致弱视的强风险因素,及时识别和干预在减轻与斜视相关的眼部功能障碍中具有至关重要的作用。最近一项研究^[28]使用名为 EyeTurn 的智能手机应用进行学校视力筛查,以识别斜视。该应用程序利用计算机化的赫舍伯格测试测量眼球的错位情况,并具有较高的应用潜力^[29],该技术可与 Apple Vision Pro 结合使用。

此外,Apple Vision Pro 可整合眼部锻炼,以促进斜视的康复。新加坡国立眼科中心开发了 MyEyeGym^[30]以管理斜视,特别是间歇性外斜视和融合不足等最常见的斜视形式。该应用可提供一系列眼部锻炼,强化眼部肌肉,避免手术干预。另一项研究^[31]证实,以高效和多功能的方式提高斜视康复者的参与感可以促进斜视康复。因此,可在 Apple Vision Pro 中整合眼部锻炼,或使用 VR 技术,构建引人入胜的视力疗法,可提高康复过程的有效性。

7 Apple Vision Pro 在医疗中运用的技术和伦理挑战

7.1 数据隐私和安全性问题 Apple Vision Pro 涉及大量患者的敏感和私密健康数据,包括生理参数、

医学影像、健康记录等,需要严格保护,避免无授权访问或使用。收集患者数据时,应确保患者知情同意,并明确数据收集目的和使用范围。任何形式的数据共享必须符合相关法律法规和伦理准则,以保护患者的隐私安全。在数据传输和存储过程中,必须采取安全措施,如加密传输、身份验证、访问控制等,防止数据在传输或存储过程中被窃取或篡改。

医疗信息系统面临黑客和恶意软件的持续威胁。保护 Apple Vision Pro 的网络安全至关重要,包括对网络设备和服务器进行安全配置和更新,以及实施有效的入侵检测和防御措施。如果 Apple Vision Pro 涉及到物理设备(如医疗设备或传感器),这些设备必须具备安全性能,防止未经授权的访问或操控。当平台使用 AI 或 ML 技术进行数据分析时,必须确保算法的安全性和可解释性,以及对结果的正确性进行验证,避免出现数据泄露或误解的情况。

7.2 医疗责任和法律法规的考虑 将 Apple Vision Pro 作为医疗设备,必须确保其收集、分析和传输的医疗数据准确可靠。任何因技术失误或数据错误而导致的医疗判断错误,可能会对患者的健康造成风险。因此,确保设备的高精度和稳定性至关重要。尽管 Apple Vision Pro 可以提供自动化的医疗服务,但医疗专业人员仍然需要参与和监督医疗服务流程。设备的使用者必须具备足够的培训和技能,以正确解释和应用设备提供的数据和建议。

Apple Vision Pro 必须符合当地的医疗设备认证和监管标准,包括美国食品药品监督管理局(FDA)等机构的批准,以确保设备的安全性、有效性和质量。制造商需要在产品责任保险和责任法律框架下进行评估和管理,以减少因产品缺陷或误用而可能面临的法律诉讼风险。在使用 Apple Vision Pro 时,应当充分告知患者设备的使用目的、风险和预期效果。患者的知情同意是法律上的必要要求,特别是涉及到数据收集和个人健康信息的情况下。Apple Vision Pro 的应用可能涉及跨境医疗服务,因此需要遵守不同国家和地区的法律法规。这包括数据保护法、医疗设备使用法规等,制造商和用户需进行全面的法律合规性评估。

7.3 用户适应性和技术普及的障碍 对于一些患者和医疗工作者来说,尤其是年长者或技术素养较低的人群,可能需要学习使用 Apple Vision Pro,适应新界面和操作流程。用户界面设计和交互体验至关重要。良好的设计可以帮助用户更容易地理解 and 操作设备,缩短学习曲线,提高设备的可接受度和使用效率。文化背景和语言差异可能影响用户对

技术的接受和使用,为不同文化和语言群体定制界面和说明文档是提高设备普及率的重要步骤。

Apple Vision Pro 作为高科技医疗设备,采购和维护成本较高,某些医疗机构和患者可能难以承受。将 Apple Vision Pro 纳入医疗保险是普及其在医疗市场上推广和应用的关键因素之一。此外,精心的推广策略、市场教育,相关医疗专业团体和政府监管机构的支持和认可,对于设备的普及起到至关重要的作用。

8 展望

未来,Apple Vision Pro 可能会朝多方面发展,带动技术进步和创新,为医疗保健提供更先进、更个性化和更高效的解决方案。(1)个性化医疗:基于 Apple Vision Pro 收集到的个体健康数据,结合人工智能算法,设备会为每位患者提供定制化的健康管理建议和预防措施,实现精准化个体诊疗。(2)用户体验设计和界面互动:设备的用户界面设计关乎使用体验和操作效率。Apple Vision Pro 通过直观的设计和智能交互方式,可以提升医疗专业人员和患者的接受度和使用效率。(3)安全和隐私保护:随着技术的发展,设备必须增强对患者数据的保护和隐私保密性,确保医疗信息不被未授权的访问者获取。

Apple Vision Pro 利用 VR 和 AR 技术,为医学教育、临床诊断与治疗以及医疗管理等领域带来革命性的变革和贡献,推动元宇宙医学的发展和应用。进一步研究和推广 Apple Vision Pro 的应用,可以实现医学技术的持续革新,为全球医疗保健系统带来显著的改进和现代化。这不仅有助于提升患者的治疗体验和健康结果,也将推动整个医疗行业朝着更智能、更可持续的方向发展。

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 王源:撰写论文;杨达伟:修改论文。

参考文献

- [1] YANG D, ZHOU J, CHEN R, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine[J]. Clin eHealth, 2022; 5: 1-9.
- [2] 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.
- [3] Apple Vision Pro [EB/OL]. [2024-06-01]. <https://www.apple.com.cn/apple-vision-pro/>.
- [4] YEUNG A W K, TOSEVSKA A, KLAGER E, et al. Virtual and augmented reality applications in medicine: analysis of the

- scientific literature [J]. *J Med Internet Res*, 2021, 23(2): e25499.
- [5] WAISBERG E, ONG J, MASALKHI M, et al. Apple Vision Pro: the future of surgery with advances in virtual and augmented reality[J]. *Ir J Med Sci*, 2024, 193(1): 345–346.
- [6] MASALKHI M, WAISBERG E, ONG J, et al. Apple Vision Pro for ophthalmology and medicine [J]. *Ann Biomed Eng*, 2023, 51(12): 2643–2646.
- [7] ZHANG Z H, GIMÉNEZ MATEU L G, FORT J M. Apple Vision Pro: a new horizon in psychological research and therapy [J]. *Front Psychol*, 2023, 14: 1280213.
- [8] SUHAIMI N S, MOUNTSTEPHENS J, TEO J. EEG-based emotion recognition: a state-of-the-art review of current trends and opportunities [J]. *Comput Intell Neurosci*, 2020, 2020: 8875426.
- [9] PINILLA A, GARCIA J, RAFFE W, et al. Affective visualization in virtual reality: an integrative review [J]. *Front Virtual Real*, 2021, 2: 630731.
- [10] ZHANG Z H, FORT J M, GIMÉNEZ MATEU L. Facial expression recognition in virtual reality environments: challenges and opportunities [J]. *Front Psychol*, 2023, 14: 1280136.
- [11] O'CALLAGHAN J. Apple Vision Pro: what does it mean for scientists?[J]. *Nature*, 2024.
- [12] WAISBERG E, ONG J, MASALKHI M, et al. Apple Vision Pro and why extended reality will revolutionize the future of medicine. *Ir J Med Sci*, 2024, 193(1): 531–532.
- [13] WAISBERG E, ONG J, MASALKHI M, et al. Apple Vision Pro and the advancement of medical education with extended reality. *Can Med Educ J*, 2024, 15(1): 89–90.
- [14] GUPTA R K, PAWA A. Beam me up, Scotty! Apple Vision Pro highlights how we could teleport ultrasound-guided regional anesthesia education into the future[J]. *Reg Anesth Pain Med*, 2024: rapm-2024-105424.
- [15] DHAWAN R, BIKMAL A, SHAY D. From virtual to reality: Apple Vision Pro's applications in plastic surgery [J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2024, 94: 43–45.
- [16] Cromwell Hospital. eXeX and Cromwell Hospital pioneer the first use of Apple Vision Pro in UK surgery [EB/OL]. [2024-06-01]. <https://www.cromwellhospital.com/newsroom/news/exex-and-cromwell-hospital-pioneer-the-first-use-of-apple-vision-pro-in-uk-surgery/>.
- [17] GEM Hospital. Revolutionizing surgery with augmented reality: GEM Hospital's Vision Pro journey [EB/OL]. [2024-06-01]. <https://chennai.gemhospitals.com/revolutionizing-surgery-with-augmented-reality-gem-hospitals-vision-pro-journey/>.
- [18] OLEXA J, TRANG A, COHEN J, et al. The apple vision pro as a neurosurgical planning tool: a case report [J]. *Cureus*, 2024, 16(2): e54205.
- [19] DIAZ N. Apple touts Vision Pro as healthcare tool [EB/OL]. [2024-06-01]. <https://www.beckershospitalreview.com/disruptors/apple-touts-vision-pro-as-healthcare-tool.html>.
- [20] Apple Vision Pro unlocks new opportunities for health app developers [EB/OL]. [2024-06-01]. <https://www.apple.com/newsroom/2024/03/apple-vision-pro-unlocks-new-opportunities-for-health-app-developers/>.
- [21] 北大人民医院. 北大人民医院王俊院士团队完成首例应用 Apple Vision Pro 辅助胸腔镜肺癌根治术 [EB/OL]. [2024-06-01]. <https://news.pku.edu.cn/xwzh/6642b86537fb429fa2828b2306248a3b.htm>.
- [22] Jaraguá FM101.3. Apple Vision Pro é usado em cirurgia ortopédica em Jaraguá do Sul [EB/OL]. [2024-06-01]. <https://www.diariodajaragua.com.br/saude/apple-vision-pro-e-usado-em-cirurgia-ortopedica-em-jaragua-do-sul/479728/>.
- [23] 医学界. 世界首例! 中国医生戴着 Apple Vision Pro 完成一例肿瘤根治术 [EB/OL]. [2024-06-01]. <https://new.qq.com/rain/a/20240503A05FW500>.
- [24] SARKER P, ZAMAN N, ONG J, et al. Test-retest reliability of virtual reality devices in quantifying for relative afferent pupillary defect [J]. *Trans Vis Sci Tech*, 2023, 12(6): 2.
- [25] WAISBERG E, ONG J, PALADUGU P, et al. Advances in machine learning to detect preventable causes of blindness. *Eye (Lond)*, 2023, 37(12): 2582–2583.
- [26] WAISBERG E, ONG J, MASALKHI M, et al. The future of ophthalmology and vision science with the Apple Vision Pro. *Eye (Lond)*, 2024, 38(2): 242–243.
- [27] ONG J, ZAMAN N, WAISBERG E, et al. Head-mounted digital metamorphopsia suppression as a countermeasure for macular-related visual distortions for prolonged spaceflight missions and terrestrial health [J]. *Wearable Technol*, 2022, 3: e26.
- [28] ONG J, TAVAKKOLI A, ZAMAN N, et al. Terrestrial health applications of visual assessment technology and machine learning in spaceflight associated neuro-ocular syndrome [J]. *NPJ Microgravity*, 2022, 8(1): 37.
- [29] CHENG W B, LYNN M H, PUNDLIK S, et al. A smartphone ocular alignment measurement app in school screening for strabismus [J]. *BMC Ophthalmol*, 2021, 21(1): 150.
- [30] MyEyeGym: Your App for Eye Exercises [EB/OL]. [2024-06-01]. <https://www.healthxchange.sg/head-neck/eye-care/strabismus-eye-exercise-app>.
- [31] CEPEDA-ZAPATA L K, ROMERO-SOTO F O, DIAZ DE LEON V A, et al. Implementation of a virtual reality rendered in portable devices for strabismus treatment based on conventional visual therapy [J]. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*, 2019, 2019: 7189–7192.

引用本文

王 源, 杨达伟. Apple Vision Pro 在元宇宙医学中的应用 [J]. 元宇宙医学, 2024, 1(2): 27–32.

WANG Y, YANG D W. Application of Apple Vision Pro in metaverse in medicine [J]. *Metaverse Med*, 2024, 1(2): 27–32.

DOI:10.61189/875889kkotkg

· 医学教育 ·

元宇宙医学对医学教育的颠覆

杨达伟^{1,2,3,4,5*}

1. 复旦大学附属中山医院呼吸与危重症医学科, 上海 200032
2. 复旦大学附属中山医院厦门医院呼吸与危重症医学科, 厦门 361015
3. 上海呼吸物联网医学工程技术研究中心, 上海 200032
4. 上海市呼吸病研究所, 上海 200032
5. 中国肺癌防治联盟, 上海 200032

[摘要] 使用虚拟现实(VR)、增强现实(AR)等技术开展医学教育,能提供沉浸式学习体验、互动性与协作性、个性化与自适应学习、现实与虚拟的无缝融合,以及医学人文关怀,不仅颠覆了传统医学教育的内容和方式,更为医学生提供了更加真实、丰富的学习体验。元宇宙医学教育的发展前景巨大,不仅提升医学教育的质量,还将推动整个医学教育体系的创新与变革。

[关键词] 元宇宙;医学;教育

[中图分类号] R-0 **[文献标志码]** A

Revolution in medical education via metaverse in medicine

YANG Dawei^{1,2,3,4,5*}

1. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China
2. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Xiamen Branch, Zhongshan Hospital, Fudan University, Xiamen 361015, Fujian, China
3. Shanghai Center for Medical Engineering and Technology, Shanghai 200032, China
4. Shanghai Institute of Respiratory Diseases, Shanghai 200032, China
5. Chinese Alliance Against Lung Cancer, Shanghai 200032, China

[Abstract] Employing virtual reality and augmented reality technologies in medical education can provide immersive learning experiences, interactive collaboration, personalized and adaptive learning, seamless integration of the real and virtual worlds, as well as medical humanities, not only revolutionizing the content and methods of traditional medical education but also offering medical students an even more realistic and enriching learning experience. The prospects for the development of medical education in the metaverse are immense, not only enhancing the quality of medical education but also driving innovation and transformation across the entire educational system.

[Key Words] metaverse; medicine; education

元宇宙医学正在为医学教育带来革命性的变革,从医生、药师、护士等不同角度,重新定义了医学教育的方式和效果。元宇宙医学对医学教育的颠覆不仅体现在教学内容和方式上的创新,更为医学学生提供了更加真实、丰富的学习体验,为未来

医学人才的培养奠定了坚实的基础^[1-5]。

1 智能互联时代的现代医学教育转变

不断发展的数字技术,为医学教育创造了远程授课、电子病历管理、医疗数据分析、虚拟医疗训练

[收稿日期] 2024-06-02

[接受日期] 2024-06-25

[基金项目] 国家自然科学基金(82170110),上海市浦江人才计划(20PJ1402400),上海市健康科普人才能力提升专项(青年英才)(JKKPYC-2023-A20),2020年度上海工程技术研究中心建设项目(20DZ2254400),福建省自然科学基金项目(2022D014)。Supported by National Natural Science Foundation of China (82170110), Shanghai Pujiang Talent Program (20PJ1402400), Project of Promoting Ability of Medical Science Popularization for Young Talents in Shanghai (JKKPYC-2023-A20), Project of Establishment of Shanghai Engineering Technology Research Center in 2020 (20DZ2254400), Natural Science Foundation of Fujian Province (2022D014)。

[作者简介] 杨达伟,博士,副主任医师,副研究员。

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

等多种工具,成为医学教育的重要组成部分,为医学教育带来新的发展机遇。数字医学教育充分利用增强现实(AR)与虚拟现实(VR)技术、智能工具、数据隐私和安全等元宇宙数字相关技术和应用,致力于构建个性化学习路径,同时为解决医学教育的国际化与全球合作、医疗伦理与人文关怀带来更多可能性和更大的创新空间。同时数字医学教育也将为医学生的可持续职业发展构建全方位的解决方案。在元宇宙的数字医学教育中,教育的目标、教育内容,教育方式方法,以及教育者的角色,都将发生根本性转变。目前国际上已经有多个国家和地区在积极布局数字医疗,数字医学教育的智能时代即将到来。这将为全球健康提供更多的可能性和改善^[6]。

1.1 教育的目标的转变 在元宇宙的数字医学教育中,教育的目标将发生显著的变化。传统医学教育侧重于培养具有扎实理论基础和临床技能的医学专业人才,而在元宇宙医学时代,教育目标将扩展至培养能够熟练运用数字技术的医学专业人才。这些人才不仅需要掌握传统医学知识,还需具备跨学科的能力,包括信息技术、数据分析和虚拟环境操作等^[7]。元宇宙技术提供了全新的学习和实践平台,使学生能够在虚拟环境中进行复杂的医学模拟和操作,提升他们在真实场景中应对各种挑战的能力。

1.2 教育内容的转变 元宇宙技术极大丰富了医学教育的内容。除了传统的解剖学、生理学、病理学等基础课程,教育内容将涵盖智能医学、远程医疗技术和数字健康管理等新兴领域。通过在元宇宙中创建虚拟病人和临床场景,学生可以模拟真实的互动和操作练习^[8]。例如,虚拟手术训练可以让学生在虚拟环境中反复练习复杂的手术操作,提高手术技能和临床决策能力。此外,学生还可以通过虚拟平台接触全球最前沿的医学研究和技术,保持与时俱进。

1.3 教育方式方法的转变 在元宇宙中,教育方式和方法将发生根本性的转变。传统的课堂讲授和实地实习将被虚拟课堂和模拟实训所取代。通过VR和AR技术,学生可以在虚拟环境中进行沉浸式学习。例如,通过虚拟解剖实验室,学生无需大体老师即可以进行详细的解剖学研究;通过VR技术,学生可以模拟处理紧急医疗情况,提高应急反应能力。元宇宙还支持远程协作和互动,学生和教师可以跨越地理限制进行实时交流和合作,增强学习的互动性和参与感。

1.4 教育者角色的转变 在元宇宙的数字医学教育中,教师不仅仅是知识的传授者,而是学习的引导者和技术的支持者。他们需要具备使用 and 开发虚拟教学工具的能力,并能有效地指导学生在虚拟环境中进行学习和操作。此外,教师还需扮演协调者和顾问的角色,帮助学生在广泛的数字资源中找到合适的学习材料和路径。教育者应持续学习和更新自己的知识和技能,以应对快速发展的数字医学教育技术,确保他们能够提供最新和最有效的教学。

2 健康与医学教育面临的挑战

2.1 健康与医学教育内容多,学习时间长 医学生需要记忆和背诵大量的知识点,这些知识点不但多,而且分散,难以记忆和理解。但医学生的成绩要求极其严格。为此,只能延长学习时间,才有可能有效解决这一问题。美国的医学教育一般都长于8年,中国也需要5年以上。而这还仅仅是成为医生的基础条件。

2.2 规模化医学教育模式,难以形成个性化培养路径 当前,高等教育更多是按纲施教,难以因材施教,这是实施工业化大规模生产的高等教育模式的必然结果。医学教育资源的有限性,决定了当前的教育模式难以关注每位学生的个性、兴趣和发展可能性,只能通过划定淘汰率,再通过重修等方式,工业化、规模化地完成医学生的人才培养任务。

2.3 优质医疗教育资源匮乏,限制教学效果的提升 医学教育资源匮乏,不仅仅表现在优秀师资匮乏,也表现在相关教具上。受限于传统思维以及人类伦理,医学院能为学生提供的人体教具极其稀少,医学生的实操机会有限。而当前的数字孪生等技术,还没有办法实现对真实人体状况的全方位对照和映射^[9]。

3 新型数字化医学教育模式

新型数字化医学教育模式通过全方位使用数字技术和数字工具,将大幅提升医学生的教育效率和效果^[10-18]。

3.1 VR技术 VR技术通过创建完全沉浸式的虚拟环境,使学生能够在模拟世界中学习和实践。(1) 虚拟解剖学实验室:通过VR技术,学生可以在三维虚拟环境中观察和操控人体结构,进行详细的解剖学研究。相比于传统的解剖课,VR解剖可重复使用,成本低廉,并且避免了对大体资源的依赖。(2) 模拟手术训练:VR技术可以创建高度逼真的手术

场景,学生可以在虚拟环境中进行手术操作训练。(3)急救训练:通过VR模拟各种紧急医疗情况,如心脏骤停、创伤急救等,令学生在虚拟场景中进行应急处理,提升应急反应能力和决策能力。

3.2 AR技术 AR技术通过将虚拟信息叠加在现实世界中,使学生能够在真实环境中看到和操控虚拟对象。(1)实时解剖图像叠加:使用AR眼镜可以将人体内部结构图像叠加在真人或模型上,帮助学生更直观地理解解剖学结构和位置关系。(2)手术指导与辅助:在手术过程中,AR技术可以将手术步骤、解剖图谱等信息叠加在患者身体上,为外科医生提供实时指导,降低手术风险,提高手术成功率。(3)临床技能训练:AR技术可以用于模拟临床操作,如插管、穿刺等,通过虚拟指导和实时反馈,帮助学生掌握正确的操作技能。

3.3 人工智能(AI)与机器学习 使用AI技术构建智能虚拟导师,能够根据学生的学习进度和表现提供个性化教学指导和反馈。(1)个性化学习路径:根据学生的学习情况和兴趣,智能虚拟导师可以制定个性化的学习计划,推荐适合的学习资源和课程。(2)实时反馈与评估:通过对学生操作的实时监控和分析,智能虚拟导师可以提供即时的反馈和建议,帮助学生纠正错误,改进学习效果。(3)模拟对话与病历讨论:智能虚拟导师可以模拟医患对话和病历讨论,帮助学生提高临床沟通能力和病例分析能力。

3.4 大数据与预测分析 AI和大数据技术可以对海量医学教育数据进行分析,提供深度洞察和预测,优化教学效果。(1)学习行为分析:通过分析学生的学习行为和数据,识别学习困难和知识盲点,提供针对性的辅导和支持。(2)教学效果评估:利用大数据分析评估教学方法和课程内容的效果,优化教学设计,提高教学质量。(3)就业预测与指导:通过分析学生的学习记录和技能水平,预测其就业前景,提供职业规划和就业指导。

3.5 区块链技术 区块链的去中心化和不可篡改特性,使其成为理想的教育数据存储和管理工具。(1)学习档案管理:利用区块链技术,可以安全地存储和管理学生的学习记录和成绩,确保数据的真实性和完整性。(2)数字证书与资格认证:区块链技术可以用于发放和验证数字证书和资格认证,防止伪造和篡改,提升证书的可信度和权威性。(3)资源共享平台:通过区块链技术创建去中心化的教育资源共享平台,教师和学生可以安全、便捷地分享和获取教育资源。(4)版权保护与收益分配:区块链技术

可以记录教育资源的使用情况,确保资源创作者的版权,并实现自动化的收益分配。

3.6 远程医疗与协作学习 元宇宙技术使得远程医疗教育成为可能。(1)远程讲座与研讨会:通过元宇宙平台,学生可以参与全球顶尖专家的讲座和研讨会,拓展视野,获取前沿知识。(2)虚拟临床实习:学生可以通过远程连接,参与全球不同地区的虚拟临床实习,了解不同地区的医疗实践和疾病管理。(3)虚拟学习社区:创建虚拟学习社区,学生可以在其中进行讨论、合作项目和资源共享,增强学习的互动性和参与感。(4)跨学科交流与合作:元宇宙平台可以促进不同学科间的交流与合作,如医学与工程、计算机科学等,推动跨学科创新和研究。

未来,随着技术的不断进步和应用的深入,元宇宙必将成为医学教育的重要组成部分,推动医学教育向更高水平发展。为了实现这一目标,教育机构、技术企业和政府需要紧密合作,共同探索和创新,打造更加智能和高效的数字医学教育体系。

4 基于元宇宙技术的医学教育特点

4.1 沉浸式学习体验

4.1.1 感官沉浸 VR/AR技术通过高度仿真的三维图像、逼真的音效以及触觉反馈,创造沉浸式的学习环境。在这种环境中,医学生可以进入虚拟解剖室,亲眼目睹和操控仿真人体模型,感受与真实环境无异的体验。例如,利用VR技术,学生可以在虚拟解剖台上进行详细的解剖操作,观察器官、肌肉、骨骼的相对位置和结构,甚至可以模拟手术操作,这种感官沉浸极大地增强了学习效果。

4.1.2 时空自由 传统医学教育受限于时间和空间,学生只能在特定时间和地点进行学习和实践。而在元宇宙中,学生可以随时随地进入虚拟学习环境,不再受时间和地点的限制。例如,学生可以在家中佩戴VR设备,进入虚拟实验室,进行24 h不间断学习和实验操作。这种自由度不仅提高了学习的灵活性,也使得学生可以根据个人节奏安排学习时间,提升学习效率。

4.1.3 实景再现 通过AR技术,学生可以在现实环境中叠加虚拟信息,实现场景的再现。例如,在外科手术教学中,教师可以通过AR眼镜将复杂的手术步骤和关键点实时展示在学生眼前,学生可以边看边学,获得直观的学习体验。此外,通过AR技术,学生可以在真实的实验室或教室中看到虚拟的医学模型、动画和图表,这种实景再现技术大大增强了学习的直观性和实用性^[19-27]。

4.2 互动性与协作性

4.2.1 实时互动 元宇宙医学教育中的VR/AR技术支持多用户的实时互动和协作。学生和教师可以在虚拟环境中进行实时交流,讨论和分享知识。例如,在虚拟解剖课堂上,教师可以通过远程VR设备实时指导学生的操作,回答学生的问题,学生也可以在虚拟环境中互相讨论和分享学习心得。这种实时互动极大地增强了教学的参与感和互动性,提升了教学效果^[27]。

4.2.2 多人协作 元宇宙环境支持多人协作学习和操作。学生可以在虚拟环境中组成小组,共同完成复杂的医学实验和操作。例如,在虚拟手术模拟中,学生可以组成手术团队,分别扮演不同的角色,如主刀医生、助手、护士等,协同完成手术操作。这种多人协作不仅培养了学生的团队合作能力,还模拟了真实的临床环境,使学生更好地适应未来的工作。

4.2.3 实时反馈 在元宇宙医学教育中,VR/AR技术可以实时收集和分析学生的操作数据,提供及时的反馈。例如,在虚拟手术训练中,系统可以实时监测学生的操作步骤、精度和速度,并给予相应的反馈和指导。这种实时反馈不仅有助于学生及时纠正错误,提升技能,还可以根据学生的表现调整教学内容和难度,提高教学的个性化和针对性^[28-34]。

4.3 个性化与自适应学习

4.3.1 个性化学习路径 元宇宙医学教育可以根据每个学生的学习进度和需求,定制个性化的学习路径。通过VR/AR技术,系统可以分析学生的学习数据,了解其知识掌握情况和学习习惯,自动推荐适合的学习内容和练习。例如,对于在某些方面存在知识盲点的学生,系统可以提供针对性的补充材料和练习,帮助其巩固知识。

4.3.2 自适应学习系统 基于VR/AR技术的元宇宙医学教育平台通常配备自适应学习系统,可以根据学生的学习表现和反馈,动态调整教学策略和内容。例如,在解剖学学习中,如果系统检测到学生在某些部分存在理解困难,可以自动增加相关内容的讲解和练习,直到学生掌握为止。这种自适应学习系统能够最大限度地满足学生的个性化需求,提升学习效果。

4.3.3 学习进度跟踪 VR/AR技术可以全面跟踪和记录学生的学习进度和操作情况。通过数据分析,教师可以了解每个学生的学习情况,及时发现问题并给予指导。例如,在虚拟手术训练中,系统可以记录学生的每次操作,包括步骤、时间、精度等,生

成详细的学习报告。教师可以根据报告内容,针对学生的薄弱环节进行重点辅导,提高教学的针对性和有效性。

4.4 现实与虚拟的无缝融合

4.4.1 真实情景再现 VR/AR技术可以将现实中的情景虚拟化,为学生提供逼真的模拟环境。例如,在急救训练中,VR技术可以模拟各种突发情况,如心脏骤停、创伤出血等,学生需要在虚拟环境中迅速做出反应,进行急救操作。这种真实情景的再现,使学生能够在安全的环境中进行高强度的训练,提升实际操作能力和应急处理能力。

4.4.2 虚实结合的学习体验 元宇宙医学教育通过AR技术实现虚实结合的学习体验。例如,在解剖学课堂上,学生可以佩戴AR眼镜,将虚拟的人体模型叠加在真实的解剖台上,进行虚拟与现实的结合学习。学生可以直接在现实环境中操作虚拟模型,获得更加直观和互动的学习体验。这种虚实结合的方式,不仅丰富了教学手段,还增强了学生的理解和记忆。

4.4.3 虚拟患者模拟 通过VR/AR技术,元宇宙医学教育可以模拟各种类型的虚拟患者,供学生进行诊断和治疗训练。例如,系统可以创建具有不同病症的虚拟患者,学生需要根据症状进行诊断,制定治疗方案,并在虚拟环境中实施治疗。这种虚拟患者模拟,不仅可以提高学生的临床思维和决策能力,还可以模拟不同的病情和治疗方案,增强学生的实践经验^[35]。

5 元宇宙中的医学人文关怀教育

5.1 医患关系转变 医学模式从自然哲学医学模式(决策和主诉关系)、机械论医学模式(缺乏沟通和理解)、生物—心理—社会医学模式(平等、合作、共赢)演变为数字化医疗模式(开放、便捷、患者高期望),医患关系也随之发生了变化^[36]。

这些医学模式的演变和医患关系的变化受到多种因素的影响,包括信息透明度和医疗知识普及、患者参与决策、医患沟通和关怀、病人权益保护、医疗科技的进步以及社会变迁和医疗资源分配等。医患关系的发展趋势是更加平等、尊重患者意愿、注重沟通和关怀,以及更加关注整体健康。数字化医疗模式的普及将进一步推动医患关系的发展,提供更便捷、高效和负责任的医疗服务。

5.2 医学人文关怀的重要性 医学人文关怀教育是将人文学科知识和关怀理念融入医学教育和医疗实践的教育模式。其重要性体现在关注患者个体

需求和尊重患者选择、缓解患者的心理压力和焦虑、减轻患者的疼痛和不适、预防和减少医疗错误、建立良好的医患关系和信任、倡导医疗团队合作和多学科综合治疗、以及推动医学教育的人文和社会化等方面。通过医学人文关怀,可以使医疗服务更加人性化、贴心、有效,提高患者的整体满意度,推动医疗领域朝着更加人文和社会化的方向发展^[37]。

5.3 元宇宙中医学人文关怀教育 传统医学人文关怀教育存在一些局限性,如分离于临床课程、评估缺乏量化等。因此,可以将元宇宙技术应用于医学人文关怀教育中。这种教育方式可以提供更沉浸、互动和多维的学习体验,培养医学生的人文素养、沟通技能和关怀能力。然而,在实施元宇宙医学教育时需要注重信息安全和隐私保护,可以采取数据加密和安全传输、身份验证和权限控制、隐私设置和知情同意、合规性和法律遵循、监测和审查机制、教育与培训、匿名化和脱敏处理、风险评估和预防措施、透明沟通等策略保护学生和使用者的隐私和信息安全^[38-39]。

6 元宇宙医学教育的具体实施

6.1 医 生 (1)实践性教学:传统的医学教育往往受到实践环境和机会的限制,学生在临床实习中往往难以接触到足够多的病例和操作机会。然而,元宇宙医学通过VR技术,为医学生提供模拟手术、病例分析等临床实践的机会。医学生在虚拟环境中进行仿真手术操作,观察疾病的发展过程,从而更加深入地理解医学理论知识,培养临床技能。(2)跨学科学习:除了医学的专业知识,医学生还需学习生物学、化学、物理学等多个学科。元宇宙医学为医学生提供了跨学科学习的机会,他们可以在虚拟环境中学习到更多相关学科的知识,例如药理学、解剖学等,从而拓展自己的学科视野,提升综合能力。(3)团队合作能力:在医疗实践中,团队合作是至关重要的。元宇宙医学为医学生提供了与其他医学专业学生合作的机会,他们可以在虚拟环境中与药师、护士等其他专业人员合作,共同完成各种医疗任务和病例分析,培养团队合作精神和沟通能力。

6.2 药 师 (1)药物合成与评估:药学学生可以利用VR技术在设计、模拟药物合成和药效评估,观察药物的分子结构和作用机制,了解药物与生物体的相互作用过程,从而更加深入地理解药理学知识。(2)临床实践与病例分析:药学不仅仅是药物的

合成与评估,还涉及到临床药理学、药物治疗等方面的知识。药学学生可以在虚拟环境中观察病人的病情变化、药物的疗效和不良反应等,从而更加深入地了解药物的应用和安全性。(3)跨学科交叉学习:药学涉及到多个学科的知识,例如化学、生物学、医学等。元宇宙医学为药学学生提供了跨学科交叉学习的机会,他们可以在虚拟环境中学习到更多相关学科的知识,拓展自己的学科视野,提升综合能力。

6.3 护 士 (1)临床实践与急救技能:护理学生可以利用VR技术在元宇宙医学中模拟各种护理场景和急救操作,学习急救技能、病人的评估与监护等实践操作,提升临床操作的熟练度和应变能力。(2)沟通与协作能力:在医疗实践中,护士的沟通与协作能力至关重要。护理学生可以在元宇宙中与医生、药师等其他专业人员合作,共同完成各种医疗任务和病例分析,培养团队合作精神和沟通能力。(3)情景模拟与应急处理能力:护理学生可以在虚拟环境元宇宙中模拟各种医疗场景和突发情况,学习应对各种紧急情况的方法和技巧,培养在紧急情况下的应急处理能力。

元宇宙医学教育以其沉浸式体验、互动性、个性化和虚实结合等特点,展现了巨大的发展前景。VR和AR等元宇宙技术将为医学教育提供前所未有的沉浸式学习体验,使学生能够在逼真的虚拟环境中进行学习和实践。然而,元宇宙医学教育的发展也面临诸多挑战,如技术成本、设备普及和教学内容开发等。为实现其潜力,需要各方共同努力,不断推进技术创新和教育模式改革,为未来医学人才的培养注入新的动力。

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 杨达伟:撰写、修改论文。

参考文献

- [1] 杨达伟,张 静,白春学. 物联网医学的研究现状和展望[J]. 国际呼吸杂志, 2012, 32(18): 1438-1441.
- [2] 白春学. 实用物联网医学[M]. 北京:人民卫生出版社, 2014.
- [3] 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: 139-149.
- [4] 白春学. 元宇宙医学之我见[J]. 中国医药导刊, 2023, 25(1): 1-6.
- [5] YANG D W, ZHOU J, CHEN R C, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine[J]. Clin eHealth, 2022, 5: 1-9.
- [6] 邹丽琴,顾艳艳,陈 川. 人工智能时代医学教育的变化及

- 人文教育的重要性[J]. 西南国防医药, 2019, 29(5): 623-624.
- [7] 范海燕, 王睿君, 赵 盛, 等. 虚拟现实技术在医学影像学本科生教学模式中的应用研究[J]. 中国继续医学教育, 2023, 15(16): 92-96.
- [8] 钱小龙, 张奕潇, 宋子响, 等. 打开元宇宙学校之门: 发端、现状与走向[J]. 现代教育技术, 2023, 33(3): 15-26.
- [9] YANG D W, ZHOU J, SONG Y L, et al. Metaverse in medicine. *Clin eHealth*, 2022; 5: 39-43.
- [10] 中国物联网辅助评估管理肺结节专家组. 物联网辅助评估管理肺结节中国专家共识[J]. 国际呼吸杂志, 2022, 42(1): 5-12.
- [11] Clinical eHealth中国物联网辅助 COVID-19 诊治专家组. 物联网辅助 2019 冠状病毒病(COVID-19)诊治中国专家共识[J]. 复旦学报(医学版), 2020, 47(02): 151-160.
- [12] 上海白春学人工智能科技工作室. 智救百万早期肺癌双百行动——元宇宙肺结节诊治中心: 国作登字-2023-A-00077943[P]. 2023-04-27.
- [13] 上海白春学人工智能科技工作室. 中国肺癌防治联盟和国际元宇宙医学联盟元宇宙肺结节诊治中心: 国作登字-2023-A-00077945[P]. 2023-04-27.
- [14] 童 琳, 杨达伟, 白春学. 美国肺癌防治工作对中国的启示[J]. 国际呼吸杂志, 2021, 41(5): 321-324.
- [15] EU-China IoT Advisory Group. EU-China joint white paper on the internet of things[EB/OL]. [2023-10-16]. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/eu-china-joint-white-paper-internet-things>.
- [16] BAI C X, CHOI C M, CHU C M, et al. Evaluation of pulmonary nodules: clinical practice consensus guidelines for Asia[J]. *Chest*, 2016, 150(4): 877-893.
- [17] 中国物联网辅助肺结节诊治专家组. 物联网辅助肺结节诊治中国专家共识[J]. 国际呼吸杂志, 2017, 37(08): 561-568.
- [18] TAKAGI Y, NISHIMOTO S. High-resolution image reconstruction with latent diffusion models from human brain activity [C]//2023 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). Vancouver, BC, Canada. IEEE, 2023: 14453-14463.
- [19] 白春学, 冯 瑞, 杨达伟. 一种手机云加端物联网医学系统及采用该系统的方法: CN102637291A[P]. 2012-08-15.
- [20] 白春学, 王桂芳, 周晨俊. 一种应用云端计算技术的辅助模块化心肺功能监护系统: CN202351878U[P]. 2012-07-25.
- [21] 白春学, 虞 明, 印 洁, 等. 远程呼吸监护医疗系统: CN201453268U[P]. 2010-05-12.
- [22] 朱 煜, 黎文鹏, 白春学, 等. 计算机软件系统中实现肺结节危险程度分类的系统和方法: CN106250701B[P]. 2019-02-01.
- [23] 白春学, 杨达伟, 周 建. 一种基于生物标志物谱针对中国农村人口高危人群的肺癌风险预测试剂盒: CN105759062B[P]. 2018-03-27.
- [24] 白春学, 杨达伟, 周 建. 一种基于生物标志物谱针对中国农村人口肺结节人群的肺癌风险预测模型: CN105891482B[P]. 2017-12-19.
- [25] 白春学, 杨达伟, 周 建. 一种基于 CT 影像及生物标志物谱针对中国城市人口高危人群的肺癌风险预测试剂盒: CN105717146B[P]. 2018-11-09.
- [26] 白春学, 杨达伟, 周 建. 一种基于 CT 影像及生物标志物谱针对中国城市人口肺结节人群的肺癌风险预测试剂盒: CN105717147B[P]. 2018-11-23.
- [27] DUAN H H, LI J Y, FAN S Z, et al. Metaverse for social good: a university campus prototype [C]//Proceedings of the 29th ACM International Conference on Multimedia. Virtual Event China. ACM, 2021: 153-61.
- [28] 白春学. 肺结节“三加二式诊断法”[J]. 国际呼吸杂志, 2013, 33(6): 401-402.
- [29] 白春学. 五步法物联网医学——分级诊疗的技术平台[J]. 国际呼吸杂志, 2015, 35(8): 561-562.
- [30] LE V, YANG D W, ZHU Y, et al. Quantitative CT analysis of pulmonary nodules for lung adenocarcinoma risk classification based on an exponential weighted grey scale angular density distribution feature [J]. *Comput Methods Programs Biomed*, 2018, 160: 141-151.
- [31] 物联网在睡眠呼吸疾病诊治中的应用专家组. 物联网在睡眠呼吸疾病诊治中的应用专家共识[J]. 国际呼吸杂志, 2013, 33(4): 241-244.
- [32] 钟南山. 物联网医学分级诊疗手册[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2015.
- [33] GRASSO R F, FAIELLA E, LUPPI G, et al. Percutaneous lung biopsy: comparison between an augmented reality CT navigation system and standard CT-guided technique[J]. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 2013, 8(5): 837-848.
- [34] LI J W, GUO Y T, DI TANNA G L, et al. Vital signs during the COVID-19 outbreak: a retrospective analysis of 19, 960 participants in Wuhan and four nearby capital cities in China [J]. *Glob Heart*, 2021, 16(1): 47.
- [35] 杨晶晶, 姜 旭, 黄卫东. 基于数字化医疗的老年慢性病病人自我管理现状及对策[J]. 护理研究, 2022, 36(15): 2732-2735.
- [36] 蒋凌艳, 沈 洋, 李小平. 医学模式对医患关系的影响研究[J]. 中国妇幼健康研究, 2016, 27(S1): 543-544.
- [37] 高 川, 周俞余, 郭旭芳, 等. 医学人文的过去, 现在和未来[J]. 协和医学杂志, 2022, 13(1): 152-157.
- [38] 刘莲香. 人文关怀对冠心病患者预后的影响[J]. 慢性病学杂志, 2010, 12(6): 514-515.
- [39] 杨满梅. 持续性人文关怀理念对 ICU 病人的护理效果[J]. 蚌埠医学院学报, 2017, 42(3): 408-410.

引用本文

杨达伟. 元宇宙医学对医学教育的颠覆[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(2): 33-38.

YANG D W. Revolution in medical education via metaverse in medicine[J]. *Metaverse Med*, 2024, 1(2): 33-38.

DOI:10.61189/149666xvrlrbg

· 医学教育 ·

元宇宙教学查房的研究进展与展望

白莉¹, 宋元林^{2,3}, 童琳^{2,3}, 蒋维茆², 白春学^{2,3,4,5*}

1. 陆军军医大学新桥医院呼吸与危重症医学科, 重庆 400037
2. 复旦大学附属中山医院呼吸与危重症医学科, 上海 200032
3. 上海市呼吸病研究所, 上海 200032
4. 上海呼吸物联网医学技术工程研究中心, 上海 200032
5. 国际元宇宙医学联盟, 苏州 215163



[摘要] 元宇宙教学查房作为一种创新的教学模式,实现了虚拟现实(virtual reality, VR)、增强现实(augmented reality, AR)与医学GPT(Medical Generative Pre-trained Transformer, MGPT)等先进技术的有机融合,为学生构建了一种高度沉浸式的学习环境。这种教学模式不仅可以提高学生的学习兴趣 and 主动性,还可以帮助他们更好地理解 and 掌握医学知识。元宇宙赋能医学教学查房的研究进展主要包括几个方面:(1)VR在教学查房中的应用。VR技术可以提供一个模拟的医学环境,使学生在虚拟环境中学习,提升实际操作能力。(2)AR在教学查房中的应用。AR技术可以将虚拟的医学知识融入到真实的医学环境中,让学生在真实环境中学习虚拟的医学知识,提高学习效果。(3)MGPT在教学查房中的应用。MGPT是一种基于深度学习技术的自然语言处理模型,也适用于医学教学查房。目前,全球首个数字人MGPT——BAIMGPT已成功研发,可以拓展应用于教学查房。(4)制定科学的评估标准,评价教师和学生元宇宙教学查房中的表现和收获,针对教学过程中的问题进行改进和优化,以提高教学质量。未来,VR、AR、MGPT与混合现实(mixed reality, MR)等先进技术的有机融合,将为学生构建更加高度沉浸式的学习环境,加速陈述性知识与程序性知识的融会贯通,加强学生的理论基础,提升临床思维和实践能力,从而更好地为患者解决问题。

[关键词] 教学查房;虚拟现实;增强现实;混合现实;人工智能

[中图分类号] G 642.4;R-1 **[文献标志码]** A

Research progress and prospect of metaverse teaching rounds

BAI Li¹, SONG Yuanlin^{2,3}, TONG Lin^{2,3}, JIANG Weipeng², BAI Chunxue^{2,3,4,5*}

1. Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Xinqiao Hospital of Army Medical University, Chongqing 400037, China
2. Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China
3. Shanghai Respiratory Research Institution, Shanghai 200032, China
4. Shanghai Engineer & Technology Research Center of Internet of Things for Respiratory Medicine, Shanghai 200032, China
5. International Alliance for Metaverse in Medicine, Suzhou 215163, Jiangsu, China

[Abstract] As an innovative teaching model, the Metaverse Teaching Rounds have realized the organic integration of advanced technologies such as virtual reality (VR), augmented reality (AR) and Medical Generative Pre-trained Transformer (MGPT), and built a highly immersive learning environment for students. This teaching mode can not only increase students' interest in learning, but also help them better understand and master medical knowledge. The research progress of the metaverse empowering medical teaching rounds mainly includes the following fields: (1) The application of VR in teaching rounds. VR technology can improve students' hands-on skills by providing them with a simulated medical environment and allowing them to practice in a virtual environment. (2) The application of AR in teaching ward rounds. AR technology can integrate virtual medical knowledge into the real medical environment, allowing students to learn virtual medical knowledge in the real medical environment, thereby improving their learning effect. (3) The application of MGPT in teaching ward rounds. MGPT is a natural language processing model based on deep learning technology, which can also be used for medical teaching rounds. At present, the world's first digital human MGPT — BAIMGPT has been successfully developed and can be extended to teaching ward rounds. (4) By formulating scientific evaluation standards to evaluate the performance and harvest of teachers and students in the metaverse teaching rounds, improvements and optimizations can be made to improve and

[收稿日期] 2024-06-12

[接受日期] 2024-06-20

[作者简介] 白莉,副主任医师. E-mail: blpost@126.com

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

optimize the problems existing in the teaching process to improve the quality of teaching. In the future, the integration of VR, AR, and MGPT with advanced technologies such as mixed reality (MR) can build a more highly immersive learning environment for students, accelerate the integration of declarative knowledge and procedural knowledge, strengthen students' theoretical foundation, improve their clinical thinking and practical ability, so as to better solve problems for patients.

[Key Words] teaching rounds; virtual reality; augmented reality; mixed reality; artificial intelligence

元宇宙教学查房是一种基于元宇宙医学的新兴教学模式,它结合了虚拟现实(virtual reality, VR)、增强现实(augmented reality, AR)和医学GPT (Medical Generative Pre-trained Transformer, MGPT)等技术,为学生提供了一个元宇宙赋能的学习环境^[1-5]。在此环境下,学生的学习热情得以有效激发,对医学知识的理解和掌握也变得更为高效。VR技术在教学查房中的应用效果显著。借助VR技术,可以模拟出极为逼真的医学场景,使学生在虚拟空间中实践操作,显著提升操作技能^[5-8]。AR技术也展现出其独特优势,通过AR技术,能够将虚拟的医学知识与真实的医学环境紧密结合,使学生在接触实际病例的同时,学习并掌握相关的医学知识,提高学习效果^[5-8]。此外,MGPT作为基于深度学习技术的自然语言处理模型,也将在教学查房中发挥重要作用。值得一提的是,全球首个数字人MGPT“BAIMGPT”的成功研发,无疑为教学查房带来了新的可能性^[9-10]。为确保教学质量,还需要建立科学的评估标准,评价教师和学生元宇宙教学查房中的表现和收获,并针对教学过程中存在的问题进行改进和优化,以提高教学质量^[5,11]。展望未来,可以进一步探索混合现实(mixed reality, MR)在教学查房中的应用。MR技术可以将虚拟的医学知识和真实的医学环境结合起来,让学生在融合的环境中更有效的学习^[12-13]。

1 VR在教学查房中的应用

1.1 硬件与软件准备 元宇宙教学新模式引入医学教学查房的过程中,硬件与软件的准备工作必不可少。首先,需要先进的VR设备,例如头戴式显示器(图1)和手柄等。这些设备作为学生进入虚拟医学世界的桥梁,能够提供身临其境的沉浸式体验。头戴式显示器的高清画质与广阔视野,结合手柄的精准操作,使学生仿佛置身于医学查房现场^[14]。其次,选择或开发适合教学查房的VR软件。优秀的VR软件不仅能够模拟真实的医学环境,包括医院的各个场景和细节,还能精准还原医学操作流程^[7-8]。这意味着学生在虚拟环境中进行的每一次操作,都将与真实世界中的医学实践高度契合,从

而有效提升学习效率和操作技能。利用软件和硬件的有效结合,能够为医学教学查房打造一个既真实又高效的元宇宙学习平台,供学生尽情探索和学习^[6,15]。

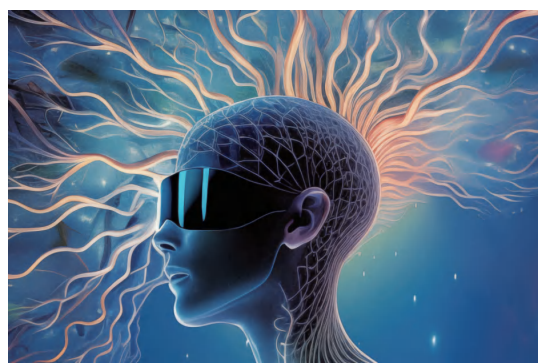


图1 VR头戴式显示器

1.2 构建虚拟医学场景 构建虚拟医学场景是元宇宙教学新模式在教学查房中应用的重要环节。利用先进的VR技术,可以创建一个高度仿真的医院环境,包括病房、手术室、诊断室等关键场所^[11]。这样的虚拟空间使学生超越时间和空间的限制,自由探索医学奥秘。在虚拟病房中,学生可以观察患者症状;在手术室中,他们可以亲身体验每个手术步骤;在诊断室中,则可以练习做出精准的医疗诊断^[16]。更重要的是,可以根据教学的实际需求,设置多样化的实习病例场景,涵盖常见病、多发病、罕见病等各类病例。通过对不同类型疾病的深入学习和实践,学生可以更加真实地体验医疗工作,从而提升其应变能力和问题解决能力^[6,15,17]。

1.3 制定教学计划与内容 制定教学计划与内容是元宇宙教学新模式在教学查房中的核心步骤,直接关系到教学质量和学生的学习效果。为了打造高效、实用的教学计划,需要紧密结合医学教学大纲,针对VR教学查房的特点进行量身定制。

第一,明确教学目标。教学目标是教学查房的指南针,它确保每一项教学内容和方法都紧密围绕既定的目标展开。在教学查房中,目标不仅是传授理论知识,更重要的是培养学生的临床实践能力和解决问题能力,尤其要将陈述性知识融会贯通为程序性知识。制定计划时,需要明确界定目标范围,

以便在教学过程中有的放矢。第二,细致梳理教学中的重点与难点。医学知识体系庞大而复杂,涉及众多专业领域和技术操作。因此,通过深入剖析各个知识点,可以筛选出对学生未来职业发展至关重要的内容,以及他们在学习过程中可能遇到的困难和挑战。在后续的教学实施过程中,就能针对这些重点和难点进行重点讲解和强化训练,帮助学生更好地掌握和运用所学知识。第三,设计丰富多样的教学内容。为了让学生在虚拟环境中能够全面接触并深入掌握医学知识,需要精心策划包括病例分析、诊断、治疗方案在内的全流程教学内容。这些内容不仅涵盖医学的各个领域,还融合了最新的研究成果和临床实践经验^[5-6]。通过学习这些课程,学生能够全面提升自己的理论知识水平,并在模拟实践中不断训练操作技能,为将来的职业生涯奠定坚实基础^[17]。

1.4 实施VR教学查房 实施VR教学查房是元宇宙教学新模式的关键环节。在教师的精心指导下,学生佩戴先进的VR设备,进入高度仿真的虚拟医学世界。他们沉浸在全新的学习体验中,通过VR手柄等交互设备与虚拟环境进行直观且自然的互动,模拟真实的医学操作^[8]。学生可以在虚拟场景中检查患者,根据症状诊断病情,甚至执行治疗方案。在整个教学过程中,教师实施监控学生的学习情况,观察学生的操作,并及时给予指导和反馈。这种即时的互动与纠正,不仅帮助学生迅速掌握正确的操作技能,还无形中提升了他们的学习效率和自信心。通过VR教学查房,学生在元宇宙的广阔天地中以前所未有的方式探索医学的奥秘。引入这种教学模式,可以为医学教育注入新的活力,也能展现出培养新时代医学人才方面的巨大潜力^[5-6]。

2 AR在教学查房中的应用

2.1 硬件与软件准备 将AR技术应用于元宇宙教学查房,需要做好充分的硬件与软件准备。在硬件方面,需要先进的AR设备,如头戴式显示器、智能手机等^[8,14]。这些设备是实现沉浸式增强现实体验的基础,确保学生在元宇宙教学查房过程中获得更加真实、直观的学习感受。通过这些设备,学生可以身临其境地置身于虚拟的医学环境中,从而更好地理解 and 掌握医学知识。软件准备同样至关重要,需要精心选择或开发适合医学教学查房的AR软件^[7]。这类软件需具备实时融合虚拟医学知识与真实医学环境的能力,使学生在查房过程中能够直观地观察到虚拟的医学元素与实景的完美结合。

白春学教授团队在2018年研发成功了一款用于医学教育的AR设备“BRM一体机”(图2)^[18],全称为BaiDX plus RealMax in Medicine一体机。该设备是一种云加端元宇宙教学和医疗一体机,应用云加端物联网医学技术,将“云”专家(资深专家)、“端”医生(一线医生,特别是基层医生)和服务对象(受培训学员或接受诊疗患者)融合在一起的新型医疗模式。这一AR软硬件结合一体机可以大幅度改善教学和培训效果。



图2 BRM一体机

2.2 构建AR医学环境 将AR技术应用于元宇宙教学查房,可以构建一个高度仿真的增强现实医学环境,为学生提供前所未有的学习体验:(1)构建一个高度仿真的医院环境。在这个虚拟空间中,病房、手术室、诊断室等一应俱全,每一处细节都经过精心设计和打磨,以确保其与现实的医院环境高度契合。学生只需通过头戴式显示器或智能手机,就能沉浸在这个逼真的医学世界中^[11,16]。虚拟的医学知识以直观、立体的方式呈现,学生能够在真实的环境中看到、感知到这些知识,从而加深理解和记忆。(2)设置多样化的病例场景。无论是常见病、多发病,还是罕见病,都可以通过AR技术来模拟和重现。学生可以针对不同类型的病例进行针对性学习和实践,从而提升临床应对能力^[7,15,17]。

2.3 制定教学计划与内容 将AR技术应用于元宇宙教学查房,可以制定更为高效和生动的教学计划与内容。为了实现这一目标,需要紧密结合医学教学大纲来制定详尽的AR教学查房计划。第一,明确每次查房的教学目标和重点,并充分考虑学生的实际需求和 Learning 进度,以确保教学内容的科学性和实用性。第二,设计丰富多样的教学内容。通过引入病例分析,学生可以接触到各种真实或模拟的病例,从而培养分析和解决问题的能力。与此同时,将诊断流程和治疗方案等核心内容融入教学中,确保学生能够在元宇宙的医学环境中全面接触并掌

握这些知识。第三,应用AR技术的交互性和沉浸感,模拟真实的医疗场景,让学生参与角色扮演和模拟操作。这不仅能提升学生的学习兴趣,还能有效提高实践操作能力。综合这些元素后,制定出的AR教学查房计划将更具针对性和实效性,为学生在元宇宙教学查房中的学习提供有力支持^[2,5-6]。

2.4 实施AR教学查房 将AR应用在元宇宙教学查房的实施过程中,能够带来一场全新的教学革命。例如,可以应用BRM一体机培训学员深度沉浸地理解吸烟对人体的危害^[18]。这一开创性的教学实践取得了非常轰动效果,学员可以身临其境、沉浸式感觉到吸烟引起的肺泡破坏,及其与肺癌发病的关系(图3)。在教师的精心指导下,学生佩戴先进的AR设备,如同跨越时空般地进入真实的医学环境,开展沉浸式学习。这种学习方式不仅让学生身临其境地感受医学现场的紧张与真实,更能够激发他们的学习热情与探索欲望。在AR教学查房实践中,学生通过手中的设备与周围真实的医学环境进行深度交互。虚拟的医学知识都以直观、生动的形式呈现,例如详尽的病例信息和专业的诊断建议。这种交互式学习方式显著提升了学生对医学知识的理解和掌握。同时,教师在教学过程中扮演着关键角色。通过实时监控学生的学习情况,教师能够迅速发现学生在知识理解或操作上的不足,并及时提供针对性的指导和反馈。在教师的悉心帮助下,学生能够迅速纠正错误,学习效率得以提升。这种教学模式不仅加强了师生间的互动与沟通,还为医学教学查房带来了前所未有的活力与效率^[19]。



图3 AR技术显示吸烟损伤的肺脏

3 GPT在教学查房中的应用

应用元宇宙技术赋能教学查房,可使学生在虚实融合的医学环境中学习,提高学习效率,加速将陈述性知识转化为程序性知识。MGPT是基于深度学习技术的自然语言处理模型,也可以用于医学教学查房^[10]。目前,全球首个数字人MGPT“BAIMGPT”已经成功研发(图4)^[9],未来有望应用于教学查房。



图4 全球首个数字人医学GPT“BAIMGPT”

3.1 生成诊治方案 MGPT可以帮助医生分析复杂的病例,输入患者症状、病史等信息后,GPT可以生成参考性诊断和治疗方案。在教学查房中,MGPT作为一种先进的辅助工具,可以有效地协助医生进行更深入的讨论和分析,提高诊疗方案的准确性和可靠性^[20-21]。

3.2 查询医学知识 MGPT可作为助手,帮助医生查询相关的医学知识。例如,可以通过输入关键词,让GPT生成相关医学文献、研究进展等^[20-21](表1)。元宇宙教学查房通过整合MGPT的强大功能,提供沉浸式、交互式的学习环境,极大地丰富和拓展医生的知识广度和深度,助力其在临床实践中做出更准确的决策^[21-22]。

3.3 生成模拟病例 MGPT可以生成模拟病例,帮助医生进行模拟查房,提高查房的技巧和教学质量(表2)^[22-23]。通过整合MGPT与元宇宙技术,模拟病例教学变得更加高效、真实且富有挑战性,为医生提供极佳的学习和实践平台^[20]。

3.4 医学问答系统 MGPT可以作为辅助问答系统,帮助医生解答医学问题。例如,医生可以输入问题,让GPT生成相关的答案^[23-24](表3)。MGPT助力元宇宙教学查房的医学问答环节高效、便捷和深入,利于提升医生的专业素养和临床决策能力。

3.5 生成教学材料 在元宇宙教学查房中,MGPT可以高效地帮助医生生成教学材料。医生只需向

表 1 MGPT 查询医学知识

方法	内容
实时交互式查询	在教学查房过程中,医生可以通过语音或文字实时向 MGPT 提问。MGPT 能够迅速理解问题或意图,并生成准确、简洁的答案,为医生提供即时的医学知识。
探索深度知识	当医生对某个医学概念、疾病或治疗方法感兴趣时,MGPT 可以生成详细的解释、相关的文献链接、最新的临床试验数据,有助于医生深入探究特定的主题,拓宽知识视野。
分析病例相关性	在提供具体的病例信息后,MGPT 能够分析病例的关键点,并推荐相关的医学知识和实践指南,有助于医生更全面地了解病例,制定更精准的治疗方案。
动态更新知识	MGPT 可以实时更新知识库,保证医生在教学查房中获取到最前沿、最准确的医学信息,保持专业知识的领先性。
推荐个性化学习	MGPT 可以根据医生的学习历史和偏好,推荐个性化的学习知识和路径,帮助医生在繁忙的临床工作中,更高效地利用时间进行持续学习和自我提升。

表 2 MGPT 生成模拟病例

方法	内容
病例构想与生成	可以应用 MGPT 输入关键信息,如患者年龄、性别、症状、病史等,来构想初步的病例框架。MGPT 能够基于这些信息,生成完整且逻辑合理的模拟病例,包括疾病的详细描述、患者的体检结果、可能的诊断及相关的治疗方案等。
交互式病例讨论	在元宇宙的虚拟环境中,医生和学员可以围绕由 MGPT 生成的模拟病例进行深入的讨论。MGPT 可以即时回答关于病例的疑问,提供进一步的信息,甚至模拟患者的反应,使病例讨论更加生动和真实。
增加病例变异与复杂性	为了提升教学效果,MGPT 可根据需求对模拟病例进行修改和难度调整,如增加罕见症状、调整疾病进程或引入并发症等。这有助于培养医生在面对复杂和不确定性情况时的临床决策能力。
优化治疗方案与测试	医生可以在 MGPT 的协助下,对模拟病例提出多种治疗方案,并观察不同治疗方案下的虚拟患者反应。这种无风险的测试环境可允许医生探索和创新治疗方法,同时评估其有效性和安全性。
反馈与评估	在模拟病例讨论或治疗结束后,MGPT 可提供即时反馈,帮助医生评估自己表现,包括诊断准确性、治疗方案合理性,以及患者管理等方面的建议,有助于医生自我改进和提升。

表 3 MGPT 医学问答系统

方法	内容
即时问答	在元宇宙教学环境中,医生可以随时向 MGPT 提问。无论是基础医学知识,还是复杂的临床问题, MGPT 都能迅速给出准确答案。
问题解析与拓展	MGPT 不仅提供问题的答案,还能解析问题背后的医学原理,以及相关知识点的拓展。这有助于医生更全面地理解问题,加深对医学知识的掌握。
咨询相关问题	在讨论具体病例时,医生可以向 MGPT 咨询病例中的疑难问题。MGPT 能结合病例信息,给出针对性解答和建议。
探讨治疗方案	MGPT 可以为医生提供多种可能的治疗方案,并分析各方案的优缺点。医生可以据此与学员进行深入探讨,共同制定最佳治疗方案。
分享最新研究进展	MGPT 能实时更新最新的医学研究进展,为医生提供前沿的医学信息。在问答环节, MGPT 可分享与问题相关的最新研究,帮助医生拓宽视野,紧跟医学前沿。

MGPT 提供教学主题或具体的病例信息。基于这些信息, MGPT 可以快速生成包括病例分析、疾病概述以及不同治疗方案对比等的相关教学内容。此外, MGPT 还能结合最新的医学研究成果,为教学内容

注入前沿知识,确保教学材料的时效性和专业性。医生还可以根据实际需要,对 MGPT 生成的教学材料进行个性化调整,以更好地满足教学需求和目标^[25]。

4 元宇宙教学查房的应用评估与反馈

关于元宇宙教学查房中的应用评估和质量控

制,可以通过制定科学的评估标准,对教师的教学效果(表 4)和学生在元宇宙教学查房中的表现和收获(表5)进行客观、公正的评价。

表 4 教学效果评价表

项目	内容
教学内容的准备	教师是否充分准备教学内容,包括医学知识、元宇宙技术的使用等,授课内容是否满足教学需求。
教学方法的运用	教师是否能够有效地运用元宇宙技术,将虚拟的医学知识融入到真实的医学环境中。
教学过程的掌控	教师是否能够有效掌控教学过程,引导学生积极参与,激发学生的学习兴趣 and 热情。
教学效果的评价	教师是否能够根据学生的反馈和表现,及时调整教学方法和内容,提高教学效果。
教学效果的评价	教师是否能够根据学生的反馈和表现,及时调整教学方法和内容,提高教学效果。

表 5 学生表现评价表

项目	内容
学生的参与度	学生是否能够积极参与到教学查房中,是否能够充分应用元宇宙技术进行学习。
学生的理解程度	学生是否能够理解和掌握医学知识,是否能够运用这些知识解决实际问题。
学生的创新能力	学生是否能够运用元宇宙技术进行创新学习,是否能够提出新的学习思路和方法。
学生的反馈	学生是否能够对教师的教学效果进行客观的评价,是否能够提出有价值的意见和建议。

4.1 通过反馈机制提高教学质量 基于元宇宙教学查房中学生和教师的反馈意见,采取相应的方案来解决问题,定期检查方案落实情况并给予持续督导,以提高教师教学水平,帮助学生提高学习效率(表 6)。

收集元宇宙教学查房学生和教师的反馈意见,并针对问题进行改进优化,是提高教学质量的关键环节。可以设立专门的反馈渠道,如线上问卷、教学平台留言板等,确保学生和教师能便捷地提出意见。定期组织教学座谈会,通过面对面交流,更直观地了解教学过程中的问题。收集到反馈后,需及

时整理和分析,归纳出主要问题和改进方向。针对这些问题,可以组织教师研讨会,共同探讨解决方案,并调整教学内容和方法。例如,若学生在元宇宙环境中操作不熟练,应增加相应技能的培训;若教学内容与实际应用不符,应调整课程结构,使之更接近实际医学场景。改进过程中,持续跟踪反馈效果,确保实施的改进措施有效,从而真正提升教学质量。通过这样循环的改进过程,可以不断优化元宇宙教学查房,使其更好地满足学生和教师的需求,进而培养更多具备创新精神和实践能力的医学人才^[5]。

表 6 提升教学水平的方法

方法	内容
设立反馈机制	建立有效反馈机制,便于学生和教师提出意见和建议。例如,开展在线问卷调查,使用教学平台上的留言板,或者定期组织教学研讨会。
分析反馈	详细分析反馈信息,整理出具体问题,制定相应解决方案。例如,改进教学方法、调整教学内容、提供更多的学习资源等。
提供解决方案	根据反馈分析结果,为教师提供教学改进方案,同时为学生提供更多的学习资源和指导,帮助他们提升学习效率,加速陈述性知识向程序性知识的转化。
检查落实情况	定期检查方案落实情况,确保问题得到有效解决。例如,定期开展教学评估、收集反馈信息。
持续督导	在检查落实的基础上,需要对教学过程进行持续督导,以确保教学质量不断提高。例如,定期组织教学研讨会、开展教师培训。

5 展 望

元宇宙教学查房的前景非常广阔,主要包括:

(1)教学查房智能化。通过人工智能技术,教学系统可以根据学生的学习进度和能力,调整教学内容和难度,提高教学效果^[26]。(2)教学查房个性化。利

用大数据和云计算技术,教学系统可以根据每个学生的学习特点和需求,提供个性化的教学服务,从而提高教学质量^[5]。(3)教学查房全球化。借助互联网技术,学生可以在任何地方进行医学教学查房,打破地域限制,提高医学教育的普及率^[1-2]。(4)将MR应用于教学查房。结合虚拟医学知识和真实医学环境,加速学生融会贯通陈述性知识与程序性知识,提高学习效率^[6,12-13]。

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 白莉、宋元林、童琳、蒋维芃:撰写论文,查核文献;白春学:选题,撰写论文,修改论文。

参考文献

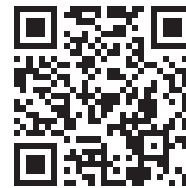
- [1] YAND D W, ZHOU J, SONG Y L, et al. Metaverse in medicine [J]. Clin eHealth, 2022, 5: 39-43.
- [2] YANG D W, ZHOU J, CHEN R C, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine[J]. Clin eHealth, 2022, 5: 1-9.
- [3] 白春学. 元宇宙医学的昨天、今天与明天[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(1): 3-12.
- [4] 白春学. 元宇宙医学之我见[J]. 中国医药导刊, 2023, 25(1): 1-6.
- [5] 薛新颖, 杨达伟, 白春学. 元宇宙医学教学查房的实践与探索[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(1): 73-81.
- [6] KUEHN B M. Virtual and augmented reality put a twist on medical education[J]. JAMA, 2018, 319(8): 756-758.
- [7] VENKATESAN M, MOHAN H, RYAN J R, et al. Virtual and augmented reality for biomedical applications [J]. Cell Rep Med, 2021, 2(7): 100348.
- [8] XIONG J H, HSIANG E L, HE Z Q, et al. Augmented reality and virtual reality displays: emerging technologies and future perspectives[J]. Light Sci Appl, 2021, 10(1): 216.
- [9] 胡 洁. 元宇宙医学数字人GPT研究快报[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(1): 2.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] CHYTAS D, PIAGKOU M, SALMAS M, et al. Mixed and augmented reality: distinct terms, different anatomy teaching potential[J]. Anat Sci Educ, 2021, 14(4): 519-520.
- [13] BARTEIT S, LANFERMANN L, BÄRNIGHAUSEN T, et al. Augmented, mixed, and virtual reality-based head-mounted devices for medical education: systematic review [J]. JMIR Serious Games, 2021, 9(3): e29080.
- [14] KIM K, YANG H, LEE J H, et al. Metaverse wearables for immersive digital healthcare: a review[J]. Adv Sci, 2023, 10(31): e2303234.
- [15] DAI N, HU Y Q, GE J B. When the future cardiac catheterization laboratory meets the Metaverse[J]. Eur Heart J, 2023, 44(29): 2652-2653.
- [16] CHECCUCCI E, AMPARORE D, VOLPI G, et al. Metaverse surgical planning with three-dimensional virtual models for minimally invasive partial nephrectomy[J]. Eur Urol, 2024, 85(4): 320-325.
- [17] NAS J, THANNHAUSER J, VART P, et al. Effect of face-to-face vs virtual reality training on cardiopulmonary resuscitation quality: a randomized clinical trial[J]. JAMA Cardiol, 2020, 5(3): 328-335.
- [18] 郑郁婕, 孙梦婷, 白春学. BRM 一体机应用于控烟[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(1): 82-88.
- [19] TSAI T Y, ONUMA Y, ZLAHODA-HUZIOR A, et al. Merging virtual and physical experiences: extended realities in cardiovascular medicine [J]. Eur Heart J, 2023, 44(35): 3311-3322.
- [20] SINGHAL K, AZIZI S, TU T, et al. Large language models encode clinical knowledge [J]. Nature, 2023, 620(7972): 172-180.
- [21] ARONSON J K. When I use a word. . ChatGPT: a differential diagnosis[J]. BMJ, 2023, 382: 1862.
- [22] BOSCARDIN C K, GIN B, GOLDE P B, et al. ChatGPT and generative artificial intelligence for medical education: potential impact and opportunity[J]. Acad Med, 2024, 99(1): 22-27.
- [23] LUYKX J J, GERRITSE F, HABETS P C, et al. The performance of ChatGPT in generating answers to clinical questions in psychiatry: a two-layer assessment [J]. World Psychiatry, 2023, 22(3): 479-480.
- [24] GOODMAN R S, PATRINELY J R, STONE C A Jr, et al. Accuracy and reliability of chatbot responses to physician questions[J]. JAMA Netw Open, 2023, 6(10): e2336483.
- [25] WEI C H, ALLOT A, LAI P T, et al. PubTator 3.0: an AI-powered literature resource for unlocking biomedical knowledge [J]. Nucleic Acids Res, 2024: gkae235.
- [26] SCHWALBE N, WAHL B. Artificial intelligence and the future of global health[J]. Lancet, 2020, 395(10236): 1579-1586.

引用本文

白 莉, 宋元林, 童 琳, 等. 元宇宙教学查房的研究进展与展望[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(2): 39-45.

BAI L, SONG Y L, TONG L, et al. Research progress and prospect of metaverse teaching rounds[J]. Metaverse Med, 2024, 1(2): 39-45.

元宇宙技术在中医诊疗中应用的共识指南制定方法

苏士成¹, 梁冰¹, 蒋维芃², 李红^{1*}, 白春学^{2,3*}

1. 昆山市中医医院呼吸与危重症医学科, 昆山 215300

2. 复旦大学附属中山医院呼吸与危重症医学科, 上海 200032

3. 上海市呼吸病研究所, 上海 200032

[摘要] 随着元宇宙技术的不断发展,其在中医领域的应用也将越来越广泛。为了确保元宇宙技术的正确应用,保障患者的安全和权益,需要制定相应的共识指南以规范元宇宙技术的使用。本文总结元宇宙技术在中医诊疗应用中的共识指南制定方法,为后续共识指南的制定提供思路与借鉴。

[关键词] 共识指南;元宇宙技术;中医

[中图分类号] R-0 **[文献标志码]** A

Methods for formulating consensus and guidelines for the application of metaverse technology in traditional Chinese medicine diagnosis and treatment

SU Shicheng¹, LIANG Bing¹, JIANG Weipeng², LI Hong^{1*}, BAI Chunxue^{2,3*}

1. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Kunshan Hospital of Traditional Chinese medicine, Kunshan 215300, Jiangsu, China

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

3. Shanghai Institute of Respiratory Diseases, Shanghai 200032, China

[Abstract] With the continuous development of metaverse technology, its application in the traditional Chinese medicine (TCM) will be more and more extensive. In order to ensure the correct application of metaverse technology and guarantee the safety and interests of patients, it is necessary to formulate corresponding consensus and guidelines to regulate the use of metaverse technology. In this paper, the methods of making consensus and guideline of metaverse technology in TCM diagnosis and treatment are summarized.

[Key Words] consensus and guideline; metaverse technology; traditional Chinese medicine

对于中医诊疗而言,引入元宇宙数字技术可以带来全新的诊疗体验,实现更加精准、个性化的中医诊疗。元宇宙的虚拟仿真技术,可以模拟人体的生理和病理过程,帮助中医师更深入地理解疾病的发生和发展机制,从而制定出更有效的诊疗方案^[1-3]。同时,元宇宙技术还可以为中医学提供丰富的数据支持,通过对大量病例的分析和学习,中医师可以不断提升自己的诊疗水平。对于医疗发展而言,元宇宙技术的引入将推动医疗行业的数字化转型和升级。元宇宙技术可以实现医疗设备的互联互通,医生和患者可以实现更加便捷、高效的远程诊疗服务^[1-2]。这不仅打破了传统医疗服务中的时间和空间限制,还提高了医疗服务的覆盖面和效率。同时,元宇宙技术还可以为医疗产业的生态系

统提供更加便捷和高效的数据交换和共享平台,促进医疗产业的协同创新和跨界合作,实现产业的整体性提升和发展。随着元宇宙技术的不断发展,其在中医领域的应用也将越来越广泛。为了确保元宇宙技术的正确应用,保障患者的安全和权益,需要制定相应的共识指南以规范元宇宙技术的使用。

1 明确共识指南的目标与范围

在制定元宇宙在中医诊疗中应用的共识指南时,明确目标与范围是至关重要的第一步。

首先,需要遵循以下几个原则:(1)提升诊疗效率。确定应用元宇宙技术能够缩短中医诊断和治疗过程,例如通过虚拟现实(Virtual Reality, VR)或增强现实(Augmented Reality, AR)技术模拟诊疗环

[收稿日期] 2024-06-17

[接受日期] 2024-06-26

[基金项目] 苏州市“临床医学专家团队”引进项目。Supported by “Team of Clinical Medical Experts” in Suzhou.

[作者简介] 苏士成, 博士, 主任医师. E-mail: sushicheng2003@163.com

*通信作者(Corresponding author). Tel: 0512-55031711, E-mail: lhong_56@163.com; Tel: 021-64041990. E-mail: bai.chunxue@zs-hospital.sh.cn

境,使医生能够更快速地获取和分析患者的信息。(2)提高诊疗准确性。确保元宇宙技术能够辅助中医医师做出更精确的诊断,比如应用人工智能(Artificial Intelligence, AI)算法分析患者的体征数据,提供诊断建议。(3)优化患者体验。元宇宙技术可以创建更加舒适和便捷的诊疗环境,减少患者的等待时间和不便,提升患者的满意度。(4)促进中医传承与创新:通过元宇宙平台,可以模拟传统中医的教学和实践环境,帮助培养新一代的中医人才,并鼓励在保持中医核心理论的基础上进行创新^[3-7]。

其次,需要明确范围:(1)中医诊断方法。明确元宇宙技术辅助中医的“望、闻、问、切”四诊的方式。例如,通过AR技术增强观察患者体征的能力,或使用AI语音分析辅助听取患者的陈述。(2)中医治疗手段。明确元宇宙技术在中医治疗,如针灸、推拿、中药治疗等方面的应用,如应用VR技术提供针灸治疗的虚拟训练环境。(3)中医教育与培训。界定元宇宙技术在中医教育和培训中的作用,包括

模拟临床场景、提供互动式学习材料等。(4)患者沟通与教育。应用元宇宙技术改善医患沟通,辅助患者教育和自我管理。(5)研究与发展。明确元宇宙在中医领域的研究方向,包括技术创新、临床试验和疗效评估等^[4-11]。

在明确目标与范围的过程中,需要广泛征求中医专家、技术开发者、政策制定者以及患者代表的意见,确保共识指南能够全面反映各方的需求和期望。同时,这一过程应当保持灵活性和开放性,以适应未来技术和医疗实践的发展变化。

2 现有技术的应用与技术路线

确定现有技术的应用与技术路线是制定共识指南非常重要的步骤。在研究过程中,需要广泛查阅文献,参加相关会议和研讨会,与专家和从业者交流,以确保对现有技术和应用(表1)有全面和深入的理解^[1-2]。

表 1 现有技术的应用与技术路线

方法	技术路线
技术研究	深入研究元宇宙相关的技术,包括VR、AR、AI、区块链等技术,了解其原理、特点和应用领域。
应用研究	研究元宇宙技术在医疗领域的应用现状,特别是在中医诊疗方面的应用。包括VR在康复训练中的应用,AI在诊断辅助中的应用,以及区块链在医疗数据安全中的应用等。
案例研究	分析元宇宙技术应用于中医诊疗的成功案例,了解他们的成功经验,以及遇到的问题和挑战。
技术评估	评估元宇宙技术在中医诊疗中的应用,包括技术的有效性、安全性、可行性等。
技术预测	预测元宇宙技术在中医诊疗中的发展趋势,以及可能带来的变革。
技术伦理和法律问题	研究元宇宙技术在中医诊疗中可能涉及的伦理和法律问题,如数据隐私、信息安全、责任归属等。

3 专家团队组建与研讨共识指南

组建专家团队与专家研讨是确保共识指南质量和权威性的关键步骤。

3.1 组建专家团队 首先,要确定团队成员。需要邀请中医领域的专家,包括资深中医医师和教育者,他们能够提供中医理论和实践方面的指导。招募元宇宙技术专家,他们对VR、AR、AI等前沿技术有深入的了解和实践经验。考虑邀请医疗政策制定者、法律专家和伦理学者,以确保共识指南符合相关法规和伦理标准。鼓励跨学科合作,可以包括计算机科学、生物医学工程、人机交互等领域的专家。其次,明确团队成员职责,分配任务,如文献综述、案例研究、技术评估等,确保每个成员都能充分发挥其专长。确立1个或多个领导者以协调团队工

作,促进成员间的沟通与合作。

3.2 专家研讨 (1)设定研讨议程:制定详细的研讨计划,包括讨论的主题、时间安排、预期成果等。提前向团队成员分发背景资料和研究材料,以便讨论。(2)跨学科交流:鼓励团队成员分享各自领域的知识和见解,促进跨学科的理解和合作。安排专门的讨论环节,让不同背景的专家能够就关键问题进行深入交流。(3)记录与整理讨论成果:指定记录员记录讨论的关键点和结论。在每次研讨后整理讨论成果,形成文档供团队成员审阅和补充。(4)迭代与反馈:根据讨论成果和团队成员反馈,不断修订和完善共识指南的草案。安排多轮研讨,以确保所有重要问题都得到充分讨论和共识。

通过有效的团队合作和研讨,可以确保制定的共识指南既具有科学性和前瞻性,又能反映中医诊

疗的独特性和元宇宙技术的潜力。这样的共识指南将为中医诊疗的现代化和标准化提供有力的支持。

4 撰写与修订共识指南

在制定元宇宙在中医诊疗中应用的共识指南时,应该包括元宇宙在中医诊疗中的应用原则、技术标准、操作流程和安全规范等内容。完成初稿后,还要广泛征求各方意见,进行多次修订和完善。

4.1 明确共识指南的结构和内容 共识指南通常包括引言、目标、范围、技术介绍、应用案例、伦理和法

律问题、实施建议等部分。引言部分应简要介绍共识指南的背景和目的,目标部分应明确共识指南的主要目标和预期结果,范围部分应界定共识指南所覆盖的中医诊疗场景和技术,技术介绍部分应详细描述元宇宙技术的工作原理和应用。应用案例部分应提供元宇宙技术在中医诊疗中成功应用的实例,伦理和法律问题部分应讨论相关伦理和法律问题,实施建议部分应给出具体的实施建议和指导^[12]。

4.2 撰写共识指南初稿 撰写共识指南初稿是共识指南制定的关键步骤(表2)。

表2 撰写共识指南初稿方法和技术路线

策略或方法	技术路线或技巧
确立撰写团队	确保团队中有中医诊疗专家、了解元宇宙技术的专业人员,以及擅长技术写作和编辑的成员。
明确目标与受众	撰写初稿前,再次确认共识指南的目标、范围以及预期受众,以确定共识指南内容的深度和广度。
收集与整理资料	检索元宇宙技术在中医诊疗中应用的最新研究、技术文献、案例分析和政策,并对资料进行分类和整理,方便撰写。
制定撰写计划	根据共识指南的结构(如引言、背景、技术介绍、应用场景、伦理考虑、实施建议等),制定详细的撰写计划,分配任务,并制定撰写计划和时间节点。
统一风格与语言	确保文风一致,使用清晰、简洁的语言,避免使用过于专业或模糊的术语。
初步审查与修订	在初稿完成后,由团队成员进行初步审查,检查内容的准确性、完整性和逻辑性,根据反馈进行必要的修订。
准备后续步骤	初稿完成后,计划后续的专家审查、广泛征求意见、修订和完善等步骤。

各部分内容的撰写要点。(1)引言:简要介绍元宇宙技术与中医诊疗的结合点及其潜在价值。(2)背景:概述中医诊疗的现状、挑战,以及元宇宙技术的发展历程和应用前景。(3)技术介绍:详细解释元宇宙相关的关键技术,如VR、AR、AI等,并探讨其在中医诊疗中的应用与获益。(4)应用场景:提供元宇宙在中医诊疗中的具体应用案例,如VR辅助针灸教学、AR辅助望诊等。(5)伦理考虑:讨论元宇宙技术在中医诊疗应用中可能涉及的伦理问题,如数据隐私、患者安全等。(6)实施建议:给出实施元宇宙支持中医诊疗的具体步骤、技术要求和政策支持建议^[4,7,10,13]。

撰写共识指南是1个迭代和逐步完善的过程,可能需要多次修订和调整。重要的是保持团队沟通,确保初稿能够反映出最新的信息和技术进展,同时满足中医诊疗实践的需求。

4.3 征求反馈意见 征求反馈意见有助于确保共识指南的全面性、准确性和实用性(表3)。因此,在制定共识指南的过程中,要充分重视这一步骤,并投入足够的时间和精力来收集和处理反馈意见。

4.4 修订共识指南 为确保共识指南与时俱进,首先,应明确修订时机与频率,根据技术、实践和政策变化进行调整。其次,组建专家修订小组,评估现有内容并提出建议;同时,积极征求并综合分析各方反馈,关注新问题、新趋势;审慎评估新证据,为应用提供新见解;对共识指南内容进行逐项修订,保持语言与格式一致;完成修订后,进行全面审查、沟通与讨论,确保有效性。最后,发布修订说明,明确修订部分及依据。通过以上步骤(表4),可以制定一套完善的修订机制,确保共识指南能够适应技术发展和实践需求,并为中医诊疗提供最新、可靠的指导。这将有助于提高中医诊疗的效率和质量,并促进元宇宙技术与中医诊疗的进一步融合和发展^[12,14]。

4.5 持续更新共识指南 制定元宇宙在中医诊疗应用的共识指南需随技术、实践演变而持续更新。需要建立长期维护团队,包括中医、元宇宙及技术专家参与;设定期评机制,关注新技术、临床证据等;收集实践反馈,特别关注问题及改进建议;跟踪技术、政策发展,如硬件创新、数据安全标准等;更新

表 3 制定共识指南时征求反馈意见方法

策略或方法	技术路线或技巧
明确征求反馈的目标和范围	确定反馈目标人群,例如中医专家、元宇宙技术专家、医疗政策制定者、法律专家、伦理学者以及潜在的用户(如中医医师和患者);明确需要反馈的章节范围,如技术描述的准确性、应用场景的实用性、伦理考虑的充分性等。
选择合适的征求反馈方式	根据目标受众的特点,选择最合适的征求反馈方式,并鼓励他们提供详细的意见和建议。征求反馈的方式应方便受众参与。例如,可以通过在线调查、电子邮件咨询、召开研讨会或焦点小组等方式收集反馈。
设计清晰的需要反馈的问题	设计一系列清晰、具体的问题以获得针对性反馈。问题可围绕共识指南的内容、结构、语言、实施建议等方面展开。同时,为受众提供足够的空间,能够自由表达观点和建议。
保证反馈的匿名性和保密性	采用匿名形式便于获得真实反馈。收集反馈时,应明确告知受众他们的个人信息和意见将不会被泄露,并且只会被用于共识指南的制定和修订目的。
分析和整理反馈意见	认真分析和整理反馈意见。对于重复出现的问题或建议,要特别关注,并考虑是否需要对其共识指南进行相应的修订。同时,将反馈意见按照主题分类,以便后续讨论和修订时能够快速找到相关信息。
及时反馈和感谢	对于提供反馈的受众,要及时向他们表示感谢,并告知他们反馈意见的处理情况;这有助于建立良好的沟通关系,并为后续的合作和交流打下基础。

表 4 修订共识指南的方法和技术路线

方法	技术路线
明确修订的时机和频率	制定修订计划,确定何时需要对共识指南进行修订,并设定合适的修订频率。例如,可以根据新技术的发展、临床实践的变化或政策要求的更新来触发修订。
建立修订小组	组建专家修订小组,成员包括中医专家、元宇宙技术专家、医疗政策制定者等,负责评估现有共识指南内容,并提出修订建议。
收集和分析反馈意见	积极征求各方利益相关者的反馈意见,并对意见进行综合分析。关注实践中出现的问题、新技术的发展趋势以及政策法规的变化,以获取对共识指南修订的有价值信息。
审慎评估新证据	修订共识指南时,应仔细评估和考虑新的研究证据、临床试验结果和技术进展。这些新证据可能为元宇宙技术在中医诊疗中的应用提供新的见解和建议。
修订共识指南内容	根据收集到的反馈意见和新证据,对共识指南的内容进行逐项修订。这可能涉及更新技术应用描述、添加新应用场景、修改实施建议等方面。
注重语言与格式的一致性	确保使用清晰、准确、易于理解的语言,并采用统一的格式和排版风格。
审查与确认修订	完成修订后,由修订小组对共识指南进行全面审查,并与其他专家、利益相关者进行进一步沟通和讨论,以确认修订内容的有效性和准确性。
发布修订说明	在最终发布修订后的共识指南时,附上修订说明,明确指出修订的部分、修订的理由和依据,以便读者了解共识指南修订的背景和过程。

修订流程包括新信息收集、草案制定、专家审稿等;记录更新历史,便于跟踪变化;及时发布、传播新版本;设计教育和培训,帮助掌握新诊疗技术。这些步骤(表 5)可确保共识指南与时俱进,增强有效性和实用性,推动中医实践向更安全、有效发展,为中医诊疗的现代化和标准化提供有力支持^[8,15]。

5 制定共识指南的注意事项

5.1 尊重中医理论 在制定元宇宙技术在中医诊疗中应用的共识指南时,尊重中医理论至关重要。

(1)深入了解中医理论:在制定共识指南之前,团队成员应深入了解中医基本理论,包括阴阳五行、脏腑经络、病因病机等核心概念。这有助于确保将元宇宙技术应用于中医诊疗时,不会违背中医的基本原理。(2)以中医理论为指导:在制定共识指南的过程中,始终以中医理论为指导原则。须确保元宇宙技术的应用与中医的理论体系和诊断治疗方法相协调,而不是简单地用元宇宙技术替代传统中医方法^[13]。(3)保持中医特色:利用元宇宙技术创新中医诊疗手段,但须确保其保留中医的特色和优势。例

表 5 持续更新共识指南的方法和技术路线

策略或方法	实践技术或技巧
建立长期维护团队	设立共识指南维护团队,成员应包括中医专家、元宇宙技术专家以及方法论专家,确保有足够的人力和资源投入到共识指南的持续更新中。
设定定期评审机制	定期(如每半年或每年)评审共识指南的全面或部分内容,评审的焦点应包括新技术的涌现、已有技术的新发展、新发布的临床证据等。
持续收集实践反馈	建立实践反馈机制,鼓励中医师、研究人员、教育机构及患者在使用共识指南的过程中提出反馈,尤其关注在实际应用中遇到的问题和改进建议。
跟踪技术与政策发展	密切关注元宇宙相关领域的技术和政策动态,包括但不限于硬件创新、软件开发、数据安全标准以及健康信息技术的法规变化。
更新修订流程	每当新的关键证据或实践建议出现时,触发共识指南的更新修订流程。这应包括对新信息的收集和分析、修订草案的制定、外部专家的审稿、公众意见的征求等步骤。
清晰记录更新历史	在每次更新后,清晰记录修订内容、修订原因、参与人员及修订时间等信息,以便读者和利益相关方能够轻松跟踪共识指南的变化历程。
及时发布与传播	共识指南修订后,应通过合适的渠道,如学术期刊、专业网站或学术会议等,及时发布最新版本的共识指南,同时辅以适当的传播策略以提高可见性和使用率。
培养教育和培训能力	针对共识指南中新内容,设立教育和培训项目,确保中医师和相关从业人员能够及时理解、掌握和应用更新的诊疗知识和技术。

如,在 VR 或 AR 环境中模拟中医的“望、闻、问、切”,应该以中医的理论和方法为基础进行设计^[3,10]。(4)强调整体观念:中医强调整体观念和辨证论治。在制定共识指南时,要确保元宇宙技术的应用能够考虑患者的整体状况、环境因素和社会心理因素等,而不仅仅关注局部病变。(5)鼓励跨学科合作与沟通:在组建专家团队时,应包括中医领域的专家和技术领域的专家。通过跨学科的合作与沟通,可以确保中医理论在技术应用中得到充分考虑和尊重。(6)审慎评估新技术:对于新元宇宙技术和方法,在应用到中医诊疗中之前,需要进行严格的评估和验证。包括评估其是否符合中医理论、是否安全有效、是否适用于中医诊疗场景等。(7)持续教育与培训:随着元宇宙技术的不断发展和更新,需要对中医医师开展继续教育和培训,以确保他们能够熟悉和掌握新技术在中医诊疗中的应用,并保持对中医理论的尊重和理解。

总之,在制定元宇宙在中医诊疗中应用的共识指南时,应始终以中医理论为指导原则,保持对中医特色的尊重和理解,并通过跨学科合作、审慎评估以及持续教育与培训等措施来确保中医理论在技术应用中得到充分考虑和应用^[3,9]。

5.2 保障患者安全 在制定元宇宙技术应用于中医诊疗应用的共识指南时,需首先明确基于医疗安全、中医原则和元宇宙技术特性的安全标准。临床应用前,必须进行试验与评估,确认技术的安全性、

有效性及可行性。医护人员需经专门培训,熟悉操作规范和风险应对措施。诊疗中,需建立监控和反馈机制以确保患者安全。此外,隐私保护和数据安全至关重要,必须严格监管。制定应急预案以应对潜在问题,确保问题发生时能迅速有效地解决^[15]。通过以上措施(表 6),可以有效保障患者安全。

5.3 注重实用性和可操作性 在制定元宇宙技术在中医诊疗中应用的共识指南时,必须始终牢记实用性和可操作性的核心原则。

首先,实地调研是不可或缺的一步。我们不应闭门造车,而是要深入到中医诊疗的第一线,与医师面对面交流,了解他们的真实需求和痛点。只有这样,我们才能确保共识指南真正解决实际问题。同时,通过调研,我们还可收集大量的实际应用案例,为后续的共识指南制定提供宝贵的参考。

其次,明确具体的操作步骤是关键。元宇宙技术是前沿且复杂的领域,对于很多中医医师来说,可能是全新的挑战。因此,在制定共识指南时,必须将每个操作步骤都细化到最具体的程度,让医师们能够按照步骤顺序操作,确保技术的正确实施。如,使用图示、流程图等视觉辅助材料帮助医师们更好地理解 and 记忆操作步骤。

应充分考虑技术实施的可行性。在制定共识指南时,必须根据实际情况调整技术应用的范围和深度,确保其在现有条件下能够顺利实施。案例分析是非常有效的方法。通过展示成功的应用案例,

表 6 保障患者安全的方法

方法	技术路线
明确安全标准	制定共识指南的初期,应明确元宇宙技术在中医诊疗中应用的安全标准。该标准应基于现有医疗安全规范、中医诊疗原则,并结合元宇宙技术的特点进行制定。
临床试验和评估	在将元宇宙技术正式应用于中医诊疗之前,应进行充分的临床试验和评估。重点关注其在实际应用中的安全性、有效性和可行性。
医护人员培训	对使用元宇宙技术进行中医诊疗的医护人员开展专业培训,确保他们熟悉技术的操作和安全规范。培训内容包括技术的正确使用方法、可能的风险及应对措施等。
监控和反馈机制	在应用元宇宙技术进行中医诊疗的过程中,应建立有效的监控和反馈机制。通过对诊疗过程的实时监控和患者反馈的收集,可以及时发现潜在的安全问题,并采取相应措施进行纠正。
患者隐私和数据安全保护	在制定共识指南时,应强调对患者隐私和数据安全的保护。包括制定严格的数据收集、存储和使用规范,以及采取必要的技术和管理措施来防止数据泄露和滥用。
应急预案制定	针对可能出现的安全问题,应制定详细的应急预案。包括问题的识别、报告、处理和追踪等环节,确保在发生安全问题时能够迅速、有效地进行应对。

可以让医师们更加直观地了解元宇宙技术在中医诊疗中的实际应用效果和操作流程。这不仅可以帮助增强医师们的信心,还可以为他们提供宝贵的经验借鉴。

技能培训和共识推广同样重要。共识指南发布后,不能仅仅满足于将其束之高阁。而是要积极组织相关的培训和推广活动,让更多医师了解和掌握这项技术。培训材料和视频教程是必不可少的,它们可以帮助医师们更快地熟悉和掌握操作技能。

最后,建立反馈机制也是至关重要的。只有通过持续的反馈和修订,才能确保共识指南始终保持实用性和可操作性。因此,必须设立畅通的反馈渠道,及时收集和处理医师们在应用过程中的问题和建议。

综上所述,制定元宇宙在中医诊疗中应用的共识指南是系统工程,需要从多个方面入手,确保其实用性和可操作性,才能真正推动中医诊疗的现代化和标准化进程,为广大患者提供更加优质、高效的医疗服务^[15]。

6 共识指南的发布与推广

在推动元宇宙技术在中医诊疗领域的应用过程中,发布与推广共识指南无疑是至关重要的一环。这不仅关乎到技术的普及和应用,更关系到中医诊疗水平的提升和患者福祉的改善。因此,需要精心策划全面而有效的发布与推广策略并执行。

制定明确的发布计划是成功的第一步。共识指南发布的时间点应该选择在中医界关注度较高、交流活跃的时期,如中医学术年会或国际中医交流大会期间。同时,发布地点应选择在中医界具有影

响力的场所,如知名中医院校或研究机构。发布方式则可以多样化,包括在线发布、学术会议现场发布以及新闻发布会等,以确保信息能够迅速且广泛地传播。

为了吸引更多人的关注,需要编写一系列精练富有吸引力的推广材料。这些材料应包括共识指南的简介、摘要和宣传册等,旨在简明扼要地介绍共识指南的核心内容、独特之处以及其对中医诊疗领域的潜在价值。通过这些材料,可以让中医医师和医疗机构对共识指南产生浓厚的兴趣,进而促使其主动了解并采纳共识指南中的建议。

在发布和推广过程中,举办发布会或研讨会是非常有效的方式。可以邀请中医专家、元宇宙技术专家、医疗政策制定者、法律专家和伦理学者等多领域人士共同参与发布会或研讨会。这样不仅可以对共识指南进行全方位的解读和探讨,还能借助与会者的影响力将共识指南推广到更广泛的群体中。同时,在线推广也是不可或缺的一环。可以通过发布文章、视频教程、在线问答等多种形式,应用社交媒体平台、专业论坛以及官方网站等渠道进行广泛宣传。可以与网友互动,答疑解惑以进一步提升共识指南的知名度和认可度。此外,组织和开展针对中医医师和医疗机构的培训和教育活动也是至关重要的推广途径。通过开展实用的培训课程和研讨会,帮助中医行业人员深入理解共识指南的内容,掌握元宇宙技术在中医诊疗中的实际应用技能,将共识指南的理念和方法直接传递给一线医护人员,确保其在日常诊疗工作中得到有效应用。

随着中医诊疗需求的不断变化和元宇宙技术的持续发展,还需要建立完善的共识指南更新和维

护机制。通过定期收集反馈、评估效果以及组织专家进行修订等方式,确保共识指南始终保持最新状态,满足中医诊疗的实际需求。

最后,寻求与其他相关组织和机构的合作也是推广共识指南的有效途径。我们可以与国内外知名的中医学术组织、医疗机构以及技术提供商等建立紧密的合作关系,共同推广共识指南并扩大其应用范围。通过资源共享、优势互补以及联合开展研究等方式,可以进一步提升共识指南的影响力和实用价值。通过制定明确的发布计划、编写精练的推广材料、举办发布会或研讨会、开展在线推广、组织培训和教育活动、建立共识指南更新机制以及寻求合作伙伴等一系列措施,可以有效地发布和推广元宇宙在中医诊疗中应用的共识指南。这将有助于促进元宇宙技术与中医诊疗的深度融合,提高中医诊疗的效率和质量,为患者的健康福祉贡献更多的力量^[14-15]。

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 苏士成、梁冰、蒋维芑:撰写,查核参考文献;李红、白春学:选题、撰写、修改。

参考文献

- [1] YANG D W, ZHOU J, CHEN R C, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine[J]. *Clinical eHealth*, 2022, 5: 1-9.
- [2] YANG D W, ZHOU J, SONG Y L, et al. Metaverse in medicine [J]. *Clinical eHealth*, 2022, 5: 39-43.
- [3] 孙忠人, 游小晴, 韩其琛, 等. 人工智能在中医药领域的应用进展及现状思考[J]. *世界科学技术-中医药现代化*, 2021, 23(6): 1803-1811.
- [4] 马欣欣, 万生芳, 魏昭晖, 等. 医疗大数据背景下的人工智能在中医诊断中的应用研究[J]. *世界中医药*, 2023, 18(11): 1579-1582.
- [5] ZHANG P, ZHANG D F, ZHOU W A, et al. Network pharmacology: towards the artificial intelligence-based precision traditional Chinese medicine [J]. *Brief Bioinform*, 2023, 25(1): bbad518.
- [6] REN X, GUO Y, WANG H Y, et al. The intelligent experience inheritance system for traditional Chinese medicine [J]. *J Evid Based Med*, 2023, 16(1): 91-100.
- [7] TIAN D C, CHEN W H, XU D C, et al. A review of traditional Chinese medicine diagnosis using machine learning: inspection, auscultation-olfaction, inquiry, and palpation [J]. *Comput Biol Med*, 2024, 170: 108074.
- [8] 刘楚婷, 马 玥, 严 瑶, 等. 元宇宙在中医对外教育中的应用路径探索 [J]. *中国医学教育技术*, 2023, 37(3): 292-297.
- [9] 高 远, 张仕娜, 盛博洋, 等. 由 ChatGPT 引发中医智能诊断研究中数据问题的思考 [J]. *湖南中医药大学学报*, 2023; 43(7): 1320-1324.
- [10] 胡晓娟, 崔 骥, 屠立平, 等. 中医脉象智能分析方法研究述评 [J]. *中国中医药信息杂志*, 2023, 30(8): 181-186.
- [11] ZHANG Y, LUO M Q, WU P, et al. Application of computational biology and artificial intelligence in drug design [J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(21): 13568.
- [12] GUO Y, REN X, CHEN Y X, et al. Artificial intelligence meets Chinese medicine [J]. *Chin J Integr Med*, 2019, 25(9): 648-653.
- [13] GAN X, SHU Z X, WANG X Y, et al. Network medicine framework reveals generic herb-symptom effectiveness of traditional Chinese medicine [J]. *Sci Adv*, 2023, 9(43): eadh0215.
- [14] ZHOU E, SHEN Q, HOU Y. Integrating artificial intelligence into the modernization of traditional Chinese medicine industry: a review [J]. *Front Pharmacol*, 2024, 15: 1181183.
- [15] ZHANG S, WANG W, PI X T, et al. Advances in the application of traditional Chinese medicine using artificial intelligence: a review [J]. *Am J Chin Med*, 2023, 51(5): 1067-1083.

引用本文

苏士成, 梁 冰, 蒋维芑, 等. 元宇宙技术在中医诊疗中应用的共识指南制定方法 [J]. *元宇宙医学*, 2024, 1(2): 46-52.

SU S C, LIANG B, JIANG W P, et al. Methods for formulating consensus and guidelines for the application of metaverse technology in traditional Chinese medicine diagnosis and treatment [J]. *Metaverse Med*, 2024, 1(2): 46-52.

DOI: 10.61189/858975bmtvuv

· 伦理与法规 ·

元宇宙医学法律规范与合规监管问题

张 烽*

万商天勤(上海)律师事务所, 上海 200120



[摘要] 数字技术不断发展,使元宇宙应用与医学研究、诊断治理和健康管理等各类医学活动的结合日益深入。元宇宙医学在不断提升医学活动效率、改善用户体验和更加有效配置资源的同时,也对法律规范和合规监管提出全新课题。本文简要梳理传统条件下医学活动法律规范和合规监管逻辑,并对远程诊疗、数字诊疗等新型诊疗过程和医疗机器人、数字人医生等新型诊疗模式以及其他元宇宙医学活动进行探讨,试图初步归纳元宇宙医学的相关规范与监管规律,对创新完善发展元宇宙医学法律规范与合规监管提出思考。

[关键词] 元宇宙;元宇宙医学;法律规范;合规监管

[中图分类号] R-1 **[文献标志码]** A

Legal norms and compliance supervision issues in metaverse in medicine

ZHANG Feng*

V&T Law Firm (Shanghai) Office, Shanghai 200120, China

[Abstract] The continuous development of digital technology has deepened the integration of metaverse applications with various medical activities such as medical research, diagnostic governance, and health management. Metaverse in medicine is constantly improving the efficiency of medical activities, improving user experience, and allocating resources more effectively. At the same time, it has also raised new challenges for legal norms and compliance supervision. This article briefly reviews the legal norms and compliance regulatory logic of medical activities under traditional conditions. It also discusses new models of diagnosis and treatment such as remote diagnosis and digital diagnosis, as well as new models of medical robots and digital doctors, and other medical activities in the metaverse. It attempts to initially summarize the relevant norms and regulatory patterns of metaverse in medicine, and proposes thoughts on innovating and improving the legal norms and compliance supervision of metaverse in medicine.

[Key Words] metaverse; metaverse in medicine; legal norms; compliance supervision

元宇宙是基于数字化、网络化、智能化发展基础上构建的可信、开放、智能的虚实结合世界^[1]。用户以数字身份进入元宇宙,在数字化环境中进行社交、购物、娱乐等各种活动^[2-3]。元宇宙基于虚实结合的新型网络应用,可发展成为新型经济体系,进而成为新型社会形态。

元宇宙医学是应用各种元宇宙技术进行医学研究、诊断治理和健康管理等各类医学活动的新兴领域,它基于虚拟现实、区块链、大数据、AI等技术,以实现更加智能、更加个性化、更加精准的医疗服务和健康管理为目的,包括虚拟医疗服务、数字化医疗数据分析、医疗培训和教育、健康监测、医疗社交网络等多个方面。这将改变传统的医疗模式,使医疗服务更加全球化、精准化和社交化。为方便讨论,本文将与元宇宙医学相对的医学称为传统环境

下医学,简称传统医学。

数字化、全球化不仅改变了我们对医疗服务和健康的看法,也为法律规范与合规监管提出全新课题。元宇宙时代的法律规范不再局限于传统医疗法律框架,必须通过创新发展以更好引导医疗资源的分配、健康政策的制定和医疗服务的供给。

1 传统环境下医学法律规范的基本框架与合规逻辑

传统医学的法律规范着眼于保障基本人权、维护社会卫生秩序、促进医疗资源公平分配,以增进国际医学交流与合作为基本价值追求,还包括保障和谐医患关系和促进医学进步的要求。传统医学的规范框架与监管逻辑是涉及多方面的复杂体系。

1.1 法律规范框架 传统医学法律体系涉及民事、行政、刑事等各个方面。与医疗健康相关的程序性

[收稿日期] 2024-06-16

[接受日期] 2024-06-26

[作者简介] 张 烽,硕士。

*通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-50819091, Email: feng.zhang@vtlaw.cn

法律,包括行政处罚法、行政许可法、行政复议法、行政强制法、治安管理处罚法以及民事诉讼法、刑事诉讼法等。实体性法律法规,则涉及各医学活动的具体内容。

1.1.1 医疗健康相关的民事法律规范 《中华人民共和国民法典》确立了与医疗健康相关的民事法律规范体系,其内容主要体现在人格权编和侵权责任编。

首先,人格权编确立了生命权、身体权和健康权等基本人格权利。

(1)健康权受法律保护。第一千零四条规定,自然人享有健康权。自然人的身心健康受法律保护。任何组织或者个人不得侵害他人的健康权。

(2)对生命权、身体权、健康权的施救义务。第一千零五条规定,自然人的生命权、身体权、健康权受到侵害或者处于其他危难情形的,负有法定救助义务的组织或者个人应当及时施救。

(3)对人体细胞、人体组织、人体器官、遗体捐献的规定。第一千零六条规定,完全民事行为能力人有权依法自主决定无偿捐献其人体细胞、人体组织、人体器官、遗体。任何组织或者个人不得强迫、欺骗、利诱其捐献。完全民事行为能力人依据前款规定同意捐献的,应当采用书面形式,也可以订立遗嘱。自然人生前未表示不同意捐献的,该自然人死亡后,其配偶、成年子女、父母可以共同决定捐献,决定捐献应当采用书面形式。第一千零七条规定,禁止以任何形式买卖人体细胞、人体组织、人体器官、遗体。违反前款规定的买卖行为无效。

(4)对临床试验活动和人体基因、胚胎等有关的医学和科学活动的规定。第一千零八条规定,为研制新药、医疗器械或者发展新的预防和治疗方法,需要进行临床试验的,应当依法经相关主管部门批准并经伦理委员会审查同意,向受试者或者受试者的监护人告知试验目的、用途和可能产生的风险等详细情况,并经其书面同意。进行临床试验的,不得向受试者收取试验费用。第一千零九条规定,从事与人体基因、人体胚胎等有关的医学和科研活动,应当遵守法律、行政法规和国家有关规定,不得危害人体健康,不得违背伦理道德,不得损害公共利益。

其次,侵权责任编明确规定了医疗损害责任。

(1)医疗损害责任。第一千二百一十八条规定,患者在诊疗活动中受到损害,医疗机构或者其医务人员有过错的,由医疗机构承担赔偿责任。

(2)诊疗活动中应当保障患者的知情同意权。

第一千二百一十九条规定,医务人员在诊疗活动中应当向患者说明病情和医疗措施。需要实施手术、特殊检查、特殊治疗的,医务人员应当及时向患者具体说明医疗风险、替代医疗方案等情况,并取得其明确同意;不能或者不宜向患者说明的,应当向患者的近亲属说明,并取得其明确同意。医务人员未尽到前款义务,造成患者损害的,医疗机构应当承担赔偿责任。

(3)紧急情况下知情同意的特殊规定。第一千二百二十条规定,因抢救生命垂危的患者等紧急情况,不能取得患者或者其近亲属意见的,经医疗机构负责人或者授权的负责人批准,可以立即实施相应的医疗措施。

(4)诊疗活动中医务人员过错的界定。第一千二百二十一条规定,医务人员在诊疗活动中未尽到与当时的医疗水平相应的诊疗义务,造成患者损害的,医疗机构应当承担赔偿责任。

(5)推定医疗机构有过错的情形。第一千二百二十二条规定,患者在诊疗活动中受到损害,有下列情形之一的,推定医疗机构有过错:(一)违反法律、行政法规、规章以及其他有关诊疗规范的规定;(二)隐匿或者拒绝提供与纠纷有关的病历资料;(三)遗失、伪造、篡改或者违法销毁病历资料。

(6)药品、消毒产品、医疗器械缺陷,或者输入不合格血液的侵权责任。第一千二百二十三条规定,因药品、消毒产品、医疗器械的缺陷,或者输入不合格的血液造成患者损害的,患者可以向药品上市许可持有人、生产者、血液提供机构请求赔偿,也可以向医疗机构请求赔偿。患者向医疗机构请求赔偿的,医疗机构赔偿后,有权向负有责任的药品上市许可持有人、生产者、血液提供机构追偿。

(7)医疗机构对患者诊疗活动中受到损害的免责情形。第一千二百二十四条规定,患者在诊疗活动中受到损害,有下列情形之一的,医疗机构不承担赔偿责任:(一)患者或者其近亲属不配合医疗机构进行符合诊疗规范的诊疗;(二)医务人员在抢救生命垂危的患者等紧急情况下已经尽到合理诊疗义务;(三)限于当时的医疗水平难以诊疗。前款第一项情形中,医疗机构或者其医务人员也有过错的,应当承担相应的赔偿责任。

(8)有关病历资料的规定。第一千二百二十五条规定,医疗机构及其医务人员应当按照规定填写并妥善保管住院志、医嘱单、检验报告、手术及麻醉记录、病理资料、护理记录等病历资料。患者要求查阅、复制前款规定的病历资料的,医疗机构应当

及时提供。

(9)患者的隐私和个人信息受保护。第一千二百二十六条规定,医疗机构及其医务人员应当对患者的隐私和个人信息保密。泄露患者的隐私和个人信息,或者未经患者同意公开其病历资料的,应当承担侵权责任。

(10)禁止违规过度检查。第一千二百二十七条规定,医疗机构及其医务人员不得违反诊疗规范实施不必要的检查。

(11)法律保护医疗机构及其医务人员合法权益。第一千二百二十八条规定,医疗机构及其医务人员的合法权益受法律保护。干扰医疗秩序,妨碍医务人员工作、生活,侵害医务人员合法权益的,应当依法承担法律责任。

1.1.2 医疗健康相关的行政法律规范 卫生法律法规主要围绕相关主体资质、疾病预防控制和相关医疗药品和器械等的规定。法律,包括基本医疗卫生与健康促进法、中医药法、人口与计划生育法、母婴保健法、医师法、传染病防治法、生物安全法、药品管理法、疫苗管理法、职业病防治法、食品安全法、献血法、精神卫生法、国境卫生检疫法。行政法规,包括医疗机构管理条例、护士条例、乡村医生从业管理条例、艾滋病防治条例、血吸虫病防治条例、放射性同位素与射线装置安全和防护条例、国内交通卫生检疫条例、人体器官移植条例、医疗废物管理条例、病原微生物实验室生物安全管理条例、麻醉药品和精神药品管理条例、医疗事故处理条例、残疾预防和残疾人康复条例、母婴保健法实施办法、人体器官移植条例、医疗用毒性药品管理办法、医疗器械监督管理条例、食品安全法实施条例、公共场所卫生管理条例、食盐加碘消除碘缺乏危害管理条例、学校卫生工作条例、突发公共卫生事件应急条例、反兴奋剂条例、尘肺病防治条例、国务院关于加强食品等产品质量监督管理的特别规定和行政执法机关移送涉嫌犯罪案件的规定等。

1.1.3 医疗健康相关的刑事法律规范 《中华人民共和国刑法》主要规定了医疗事故罪、非法行医罪以及基因编辑、克隆胚胎等相关刑事责任。

关于医疗事故罪,第三百三十五条规定,医务人员由于严重不负责任,造成就诊人死亡或者严重损害就诊人身体健康的,将受到三年以下有期徒刑或者拘役的处罚。关于非法行医罪,第三百三十六条规定,未取得医生执业资格的人非法行医,根据情节严重程度,将受到不同程度的刑事处罚,包括有期徒刑、拘役或者管制,并处或者单处罚金。关

于基因编辑克隆胚胎相关责任,第三百三十六条之一规定了涉及基因编辑、克隆胚胎植入人体或动物体内的违法行为及其刑事责任。

1.2 合规监管逻辑

1.2.1 明确监管主体及其相关职责 根据相关法律法规,如《医疗机构管理条例》等,明确了卫生健康行政部门作为医疗卫生领域的主要监管主体,负责监督医疗机构的执业行为,确保其符合法律法规的要求。如国家卫生健康委员会、中医管理局、中医药管理局等是中医药主要监管机构,负责制定和执行相关政策和规定,监督中医医疗机构、医生和药品的质量和安全。

1.2.2 建立严格的准入制度 通过实施《医疗机构执业许可证》等制度,确保只有具备相应资质和条件的医疗机构才能开展诊疗活动,有助于从源头上控制医疗质量,保障患者安全。

如医疗机构准入管理,即对申请开展中医诊疗服务的机构进行审批和监督,确保其在设施、医生资质、服务能力等方面符合要求。医生资质管理,即对中医医生的注册、执业和继续教育进行监督和管理,确保医生具备相应的专业素质和道德操守,并对中医医疗机构、医生和药品进行定期的审核和评估,确保其在各方面符合规定,对于违反规定的机构、医生和企业,采取相应的处罚和惩戒措施,如罚款、吊销执业证书、暂停业务等。

1.2.3 强化医疗过程监管 通过制定和执行诊疗规范、操作指南等,全方位监管医疗机构的诊疗过程。同时,加大对违法违规行为的查处力度,如过度医疗、不合理用药等,确保医疗行为的合法性和规范性。如对中药制剂、中成药和中草药的生产、销售和使用进行监督和管理,确保药品安全有效。

1.2.4 推动行业自律和社会监督 鼓励医疗机构建立内部质量管理体系,提高自我管理能力。同时,充分发挥行业协会、社会团体等的作用,加强对医疗机构的外部监督,形成多方共治的良好局面。一方面确保患者接受安全、有效的医药服务,另一方面维护市场秩序,规范医药行业的经营行为,防止不正当竞争和违法行为。通过监管和规范,推动医药行业的健康发展,提高医药国际竞争力。

2 元宇宙时代法律规范与合规监管的新型挑战

元宇宙医学的医疗主体、医疗过程、用户与患者合法权益保护都不断呈现新特征,对传统规范与监管提出很多挑战。新型医疗主体和医疗过程,产生了新的诊疗决策责任问题,需要建立明确的监管

框架和标准,确保元宇宙医学的合法性和安全性。

2.1 元宇宙医学产生新型医疗主体 目前新型医疗主体主要包括医疗机器人和数字人医生。与医疗机器人相比,数字人医生与真实存在的个性化医生知识体系和IP形象结合更紧密。

2.1.1 医疗机器人 随着数字科技飞速发展,医疗机器人不断与医疗实践结合。医疗机器人主要有手术机器人、诊断分析机器人、康复机器人、药物分配机器人等,并朝着多功能化、智能化、便携化发展,具有高度精准、高效率、可靠性强等特点,与其他技术相结合为医生和患者提供更好的诊断和治疗服务。随着技术不断发展,医疗机器人将在未来医疗领域发挥更加重要的作用。

医疗机器人相关的法律问题主要围绕其应用、责任、监管和伦理等方面。

一是医疗机器人的法律地位与责任认定。传统民法体系中,民事主体包括自然人、法人、非法人组织、国家与国际组织,而医疗机器人是否应被赋予有限的民事能力,是否能以“机器人”的名义位列民事主体,是1个重大的法律问题,当医疗机器人引发医疗事故时,责任划分是关键问题。

医疗机器人医疗损害责任认定有2个不同的维度,即法律责任的归责原则及法律责任的承担方式。通常可能的责任主体包括厂商、医院和医生等。由于国际公认的医疗机器人标准尚未建立,责任认定和归责原则尚需进一步探讨和完善。

二是医疗机器人的监管与法规制定。虽然目前有一些关于医疗机器人的法规,如《机器人手术系统辅助实施心脏手术技术规范(2012年版)》和《机器人手术系统辅助实施心脏手术技术培训管理规范(2012年版)》,但这些法规主要集中在特定领域,且国际公认的手术机器人标准尚未形成。需要进一步完善医疗机器人的监管和法规体系,包括制定统一医疗机器人标准、加强医疗机器人注册和审批管理、建立医疗机器人事故应急处理机制等。

三是医疗机器人的伦理与隐私保护问题。医疗机器人的应用还涉及到伦理和隐私保护问题。例如,医疗机器人在收集、处理和传输个人患者信息时可能存在泄漏和滥用的风险。此外医疗机器人的自主决策能力也可能引发关于“谁来做决策”和“决策是否正确”的伦理争议。因此,需要加强对医疗机器人伦理和隐私保护问题的研究,制定相应的规范和标准,确保医疗机器人的应用符合伦理原则和隐私保护要求。

2.1.2 数字人医生 数字人医生也称为数字化虚拟

医生,是基于AI和计算机图形学技术融合创建的。数字人医生是通过高清视频渲染、深度语音学习等技术,构建出与真实世界高度相似的数字虚拟医生立体形象。这种创新型产品不仅满足了医生视频拍摄、打造医生个人IP等需求,还通过自建的知识图谱和医学模型库保障内容的科学性。

数字人医生可用于医疗咨询与问诊、医学教育与培训、诊断辅助与影像分析、手术模拟与培训、远程医疗服务、病例管理与医疗记录等方面,其应用为医疗行业带来诸多优势^[4-5]。首先,可打破地域限制,使医疗资源得以更广泛地分布和利用。其次,可打破时间限制,能够提供24 h在线服务,为患者提供更加便捷和及时的医疗咨询和诊断。再次,还可通过AI技术提高诊断的准确性和效率,为医生提供更可靠的辅助工具。

未来,数字人医生有望与更多的医疗设备和系统无缝对接,为患者提供更加全面和个性化的医疗服务;同时也将成为医疗教育和培训的重要工具,帮助医学生和医护人员更好地学习和掌握医学知识和技能。数字人医生的广泛应用也伴随着相关法律和伦理问题。如数字人医生的医疗咨询和诊断结果是否具有法律效力,如何保障患者的隐私和数据安全等。

2.2 元宇宙医学出现新型医疗过程

2.2.1 远程诊疗 远程临床手术是元宇宙医疗目前最具商业开发与应用价值的领域^[6]。通过AI算法可以为患者制定更加科学合理的手术预案;而沉浸式的互动交流体验可以在医师和患者、家属之间建立更加强大的信任感;还可利用元宇宙技术为手术医师提供术中实时成像和辅助操作,全方位提高手术精确度、成功率并降低风险。远程手术应用在5G网络的零延迟技术支持下,可以平衡不同地区医疗资源分配不充分的问题^[6]。

2.2.2 数字诊疗 智能虚拟诊疗基于计算机视觉和AI技术,捕捉真实医生的动作。如可通过独立显卡计算实现高精度重建人体三维骨骼,实时跟踪人体关键节点,使得虚拟环境中的数字医生能够实时执行真实医生的指令;医生还能够远程使用医疗设备数字孪生管理平台,精准指导和质控远端患者的检查检验过程;通过三维虚拟空间的交互指令,元宇宙诊室还能呈现患者脏器的三维重建后的数字孪生模型及病灶等信息,借助处理器及显卡的强大处理能力,使得三维虚拟场景下实现流畅自然的交互,帮助患者更直观地了解病情、选择诊疗方案、了解预后注意事项。

数字医疗可以把类似 AR 虚拟融合、人机互动的能力和医疗结合起来,通过内容形成对人体的视觉和五官刺激,赋能医^[7]。以牙体种植为例,种牙要精准知道种植的位置、角度、深度,但医生难以看到牙床内情况,无法得知实时信息。AR 技术相当于给医生带来透视眼,在手术前即可形成数字模型和规划,提高种植成功率和术后并发症。

2.2.3 数字康复 在医疗健康元宇宙中,互动性更强的康复方案和锻炼形式可以使患者获得更好的体验和效果。如利用 VR/AR 技术,医生、康复患者一起设计长期康复方案,指导患者使用康复工具,以使患者达到安全出院标准,并能够无缝接续院外的康复治疗过程。又如,利用 VR/AR 技术和可穿戴设备,患者可在家中长期进行康复训练(如认知、行为、视觉训练等)。通过游戏化部分场景,提升患者依从性。此外,元宇宙技术令医生可以数字身份远程随访患者恢复情况,调整康复运动计划^[8]。

2.2.4 医患互动 元宇宙可以更好地解决空间和时间限制问题。如孕妇学校可通过 VR,在产前帮助新手妈妈学习、实践哺乳,婴儿护理等内容^[9];通过 VR 指导院外护理操作方法,包括用药指导、伤口护理、意外急救等。此外,元宇宙还能够令医疗工作者以及家庭护理人员更好地了解患者或亲人的体验。如嵌入式实验室利用沉浸式技术,帮助使用者了解听力和视力下降的感觉,发现与某些情况相关的社会隔离可能对患者产生的影响,或者学习发现和区分痴呆症和帕金森病的症状。

2.3 元宇宙医学新型权益保护 (1)隐私保护。在元宇宙中进行医疗数据交互时,如何保障患者隐私是需要重点关注的问题。元宇宙医疗平台需要采用严格的数据加密和存储技术,确保患者的隐私不被泄露。同时,相关法律法规应明确医疗机构和平台在收集、使用、存储和传输患者信息时的责任和义务,以及违反规定时应承担的法律后果。

(2)数据安全。随着医疗数据向数字化、虚拟化发展,元宇宙医疗应用日益增多,数据安全成为医疗创新的关键环节。一方面是数据泄露风险。医疗机构和技术企业应加强数据管理,采用安全可靠的存储和传输方式,如加密传输、分布式存储等,确保传输和存储过程中的数据安全性。另一方面是数据滥用风险。医疗数据可能被用于非法用途,如医疗诈骗、药物滥用等。这将对患者的健康和医疗秩序造成严重影响。医疗机构应严格遵守相关法律法规,合规运营,确保数据的合法性和合规性。

(3)知识产权。元宇宙医疗涉及大量医疗技

术、算法、软件等知识产权问题。医疗机构和平台须尊重他人的知识产权,避免发生侵权行为;建立完善的知识产权保护机制,鼓励创新和技术进步,为元宇宙医疗可持续发展提供有力保障^[10-11]。

(4)医疗责任。元宇宙医疗中,如果因技术原因或操作失误导致医疗事故,责任方和赔偿确定是重要的法律问题。应建立明确的医疗事故责任认定机制,明确医疗机构、平台、医生等各方在事故中的责任和义务,以及赔偿标准和程序^[12]。

(5)跨国法律。元宇宙医疗具有跨国性特点,涉及不同国家和地区的法律法规和监管体系。协调各方利益和解决法律问题是跨国医疗合作中的重要挑战。需要加强国际合作和协调,建立跨国医疗合作机制和法律框架,为元宇宙医疗的跨国应用提供有力支持。

(6)法律监管。元宇宙医疗作为新兴领域,其监管体系和法律法规尚不完善。需要建立完善的法律监管机制,规范和监督元宇宙医疗平台;加强对元宇宙医疗技术的评估和审查,确保其安全性和有效性,防止医疗事故发生。

3 元宇宙时代可能采用的法律规范与合规监管方法

在元宇宙医学应用发展过程中,已经逐渐累积发展起来一些行之有效的合规与监管方式^[13]。

3.1 技术监管 使用区块链技术记录交易信息,确保元宇宙中的经济交易透明和公正。区块链技术的不可篡改性可以确保交易数据的真实性和可信度。利用机器学习和 AI 技术进行行为分析和监管,识别潜在的风险和违规行为。加强技术标准化与平台、应用互操作性。推动元宇宙技术的标准化和互操作性,确保不同平台和系统间数据信息共享和互通。这有助于降低合规成本,提高监管效率。

3.2 社区监管 充分发挥行业或社区的自律约束治理机制。如建立元宇宙社区的自律组织,制定行为准则和惩罚措施,确保社区成员的行为符合规范;鼓励平台和企业加强自我监管,如建立内部审核机制,确保平台上的内容和服务符合法律法规和道德标准。充分保障用户权益和市场竞争和公众评价来监管元宇宙平台。建立公正、透明的评价体系,让消费者能够选择合规、优质的平台和服务。加强对元宇宙项目的审核和评估,防止虚假宣传和欺诈行为的发生。社会监督方面,建立网络举报平台,鼓励公众积极举报违法违规行为。对于举报属实的,给予一定的奖励或表彰。加强公众教育和宣传,提高公众对元宇宙合规与监管的认识和意识。

3.3 用户权益保护 知识产权保护方面,加大知识产权的保护力度,打击侵权行为。对于元宇宙中的数字资产、软件、算法等知识产权,应建立完善的保护机制。数据治理与隐私保护方面,制定严格的数据治理政策,明确数据的收集、使用、存储和传输等环节的规范和要求,加强个人隐私保护,确保用户在元宇宙中的个人信息不被泄露或滥用。

用户知情权和选择权方面,应确保在元宇宙应用环境中向用户明确应用所收集的个人信息范围、目的、方式和安全保护措施等,确保用户在充分了解情况后,能够自主决定是否使用相关服务;尊重用户的选择权,允许用户随时选择是否继续使用元宇宙医学应用,以及是否允许应用收集和使用其个人信息。

3.4 健全监管体系 加强政府监管,强化现有行之有效的法律法规落实和执法;遵循医疗法规,需要建立相应的伦理审查和监管机制,确保医疗活动的伦理性和合规性。我们不能对元宇宙医学出现的新问题死守成规,扼杀技术创新、漠视用户权益保护、歪曲医疗基本价值追求;也不能简单地认为,元宇宙医学作为新型模式,不必遵守现有法律法规,甚至企图逃脱所有法律责任。在大多数情况下,元宇宙医学还是必须遵循相关的医疗法规,确保医疗活动的合法性和规范性。如包括获得必要许可如医疗机构执业许可证、医师执业证书等。

在元宇宙医学中需要采取有效的技术手段和管理措施,确保患者数据的安全性和合规性;遵循伦理规范。元宇宙医学活动必须遵循医学伦理规范,尊重患者的权益;保护患者的隐私和自主权。同时,要充分认识元宇宙医学的特殊性,适时制定法律法规,明确元宇宙中的行为规范、责任和义务。根据需要设立专门的监管机构或部门,对元宇宙平台进行定期的检查和评估,确保其合规运营。

4 有效应对元宇宙医学法律合规与合规监管挑战

我们要通过构建多元主体协同治理机制、完善元宇宙医疗健康保障体系、打造坚实且专业的人才队伍等措施,探索医疗健康行业与元宇宙技术协同并进的高质量发展道路^[14]。

4.1 构建元宇宙医学监管逻辑

4.1.1 明确监管主体及职责 在现有医疗机构管理条例方面,针对数字人医生、医疗机器人以及未来可能出现的其他与医疗主体相关的元宇宙医学应用,在实践案例和行业规范、标准、地方性法规,甚至包括与境内外相关机构交流合作基础上,适时、

大胆进行尝试和探索。对于法规制定方式,是另行制定单行法规,还是在原有法律法规上进行修改,或者是其他形式,需要具体问题具体分析。

4.1.2 建立严格的准入制度 元宇宙医学应用中可能包括技术装置的准入、医学领域的准入、医疗过程的准入、纠纷争议解决的准入,以及对相关技术、应用审计、监督的准入。

4.1.3 强化医疗过程监管 在继续执行传统医疗过程监管体系基础上,元宇宙医学环境下的诊疗规范、操作指南等,以及医疗机构的诊疗过程的监管可能会呈现新的特征,需要适时修订有关规范。同时,元宇宙医学中的违法违规行为也有新的特征,查处也需要配合相关技术和管理制度,调查取证、责任认定等都需要适时明确和澄清有关问题。

4.1.4 推动行业自律和社会监督 继续发挥原有行业自律和社会监督作用基础上,紧紧抓住用户与患者基本权益保障和公平公正合理的基本医疗秩序维护这两个基本点,基于元宇宙医学技术性强、社区性强等特点,鼓励医疗机构建立适合元宇宙医学的内部质量管理体系。同时充分发挥技术监管、社区监管等作用,形成多方共治的格局。

4.2 构建多元协同治理机制

4.2.1 坚持客观理性看待技术,系统引导技术向善 元宇宙技术为医疗健康行业带来的机遇与便利,是基于元宇宙技术系统合理有效基础上的。但任何技术都有两方面性,需要理性客观看待,并需要采取切实有效措施确保技术向善。相关从业人员迷信技术、依赖技术会为未来医疗活动带来一定的风险。因此,医疗健康行业的政府主管部门要引导从业者正确认识和处理好人与元宇宙技术之间的关系,引导从业者理解元宇宙医学是个不断发展、完善的过程,很多经验需要不断积累。同时还要认识到将元宇宙技术推广至医疗健康领域不是万能的,并不能解决医疗健康领域中的全部问题,不能过度依赖数据,而是需要加强人的介入来合理运用元宇宙技术为医疗健康领域赋能,不因技术的发展而改变自身技术观,杜绝技术依赖的风险。

4.2.2 切实提高数据安全和隐私保护意识,系统保障数据不泄露不滥用 元宇宙医疗所产生和收集的数据信息涉及隐私、伦理等众多问题,需要国家、地方、行业、企业层面的组织或机构保障数据和隐私安全,从技术措施和管理制度角度加以落实。这些措施和机构需要对用户数据的监管、处理与优化负责,全方位加强数据保密工作,要实现知情同意书电子化,确保数据来源合法合规。与此同时,相关

权益保护部门要加大元宇宙医疗健康行业基础设施建设,尤其是数据库的网络安全维护与升级工作,确保医疗活动的可靠性、安全性,使数据在整合加工利用后能更好地引导临床、药物开发、护理等实践应用,成为元宇宙数字医学高质量发展的助推力。

4.2.3 提高用户合法权益保护力度,系统保障用户合法权益 一方面要加大元宇宙医学应用的基础设施构建。如可加大对元宇宙医疗健康设备生产的补贴力度,降低研发成本,以逐步增加相关元宇宙医疗健康基础设备的覆盖范围,有条件地方可通过运用区块链技术积极开发运用去中心化公共基础设施(DePIN),并面向用户群体积极开展元宇宙技术使用教育的培训工作,提高人民群众对元宇宙医疗健康设备的使用率。另一方面要避免在元宇宙医学领域产生新的数字鸿沟。相关企业在研发过程中要充分考虑经济较落后地区、老年人、未成年人、残疾人等弱势群体的特殊需求和技术使用素养差异,时刻以人民为中心,尽可能减少元宇宙医疗健康设备的操作步骤,有效降低使用门槛,切实保障弱势群体的正当权益和数字医疗健康服务的体验感,使全民共享医疗信息技术的红利。

4.3 完善元宇宙医疗健康法律体系

4.3.1 适时完善相关法律法规 尤其针对元宇宙医疗健康产品的开发和使用规范、线上医疗健康服务流程,确保相关从业人员在利用元宇宙技术采集、使用及转让患者数据的流程合法规范。探索结合区块链和AI技术完善现行的医疗责任保险制度,研究元宇宙医学形态下的保险产品或服务,将未来可能会出现的技术风险问题纳入保险赔偿范围,尽可能地减少医疗纠纷的发生,为元宇宙更好地赋能医疗健康产业提供坚实的法治保障。

4.3.2 监管部门加大全流程监管力度 相关监管部门要从元宇宙医学产品或服务研发阶段开始,探索构建严格的监管流程,着重对数据采集、算法研发是否违反法律伦理标准进行监督问责。尤其是对于元宇宙医疗健康设备和数据存储使用,要尽快完善落实相关产品设备的信息备案机制和数据产品数据资产监督管理机制,及时开展风险评估与使用测评,强化审核监督程序。

4.3.3 加大安全犯罪的打击力度 针对可能的网络攻击与数据信息泄露风险与滥用风险,以及用户权益保障等,公安与司法机关要综合运用法律、技术等手段,加大对违法违规行为的惩处力度,尤其要加强对涉及跨境医疗健康数据的安全审查,打击打着新型技术旗号开展的非法医疗活动、非法健康管理活动、非法医疗相关理财活动,切实保障人民群众生命、健康权益和财产权益。

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 张烽:撰写、修改论文。

参考文献

- [1] 方凌智,沈煌南.技术和文明的变迁——元宇宙的概念研究[J].产业经济评论,2022(1):5-19.
- [2] 钟业喜,吴思雨.元宇宙赋能数字经济高质量发展:基础、机理、路径与应用场景[J].重庆大学学报(社会科学版),2022,28(4):1-12.
- [3] 喻国明,耿晓梦.元宇宙:媒介化社会的未来生态图景[J].新疆师范大学学报(哲学社会科学版),2022,43(3):110-118.
- [4] 李小华,赵霞,周毅.“互联网+医疗”催生医疗卫生大资源时代[J].中国数字医学,2016,11(1):8-11.
- [5] 施洪波.检验专家远程服务模式构建探讨[J].当代医学,2015,21(4):11-12.
- [6] 张梅奎,康晓妮,鲍玉荣,等.远程会诊在联网医院应用调查分析[J].中国数字医学,2014,9(12):48-50.
- [7] 李晓华.基于深度学习技术在互联网医疗领域的应用与思考[J].大科技,2019(39):242.
- [8] 陈银美,曹华.基于“一动力三循环”的“CEE”方法在远程会诊系统运维中的应用[J].网络安全技术与应用,2021(5):130-132.
- [9] 汪厉思.远程医疗在辅助生殖助孕患者中的应用研究[J].现代医药卫生,2021,37(4):624-626.
- [10] 包晓丽.元宇宙信息治理面临的新挑战及其法律应对[J].中国政法大学学报,2023(4):97-110.
- [11] 冯晓青.数字环境下知识产权制度面临的挑战、问题及对策研究[J].社会科学战线,2023(9):198-212.
- [12] 陈永伟,程华.元宇宙经济:与现实经济的比较[J].财经问题研究,2022(5):3-16.
- [13] 聂辉华,李靖.元宇宙的秩序:一个不完全契约理论的视角[J].产业经济评论,2022(2):186-198.
- [14] 杨东,高一乘.论“元宇宙”主体组织模式的重构[J].上海大学学报(社会科学版),2022,39(5):75-87.

引用本文

张烽.元宇宙医学法律规范与合规监管问题[J].元宇宙医学,2024,1(2):53-59.

ZHANG F. Legal norms and compliance supervision issues in metaverse in medicine[J]. Metaverse Med, 2024, 1(2): 53-59.

元宇宙时代卫生经济学研究的新变化

谭宝滢, 陈丽萍, 宣建伟*

中山大学药学院医药经济研究所, 广州 510006



[摘要] 随着数字技术的发展和普及, 医疗领域正经历着前所未有的变革。数字化和全球化不仅改变了我们对医疗服务和健康管理看法, 也对卫生经济学提出了全新命题。在元宇宙时代, 卫生经济学必须更好地理解并引导医疗资源分配、健康政策制定和医疗服务供给。本文将探讨元宇宙时代的卫生经济学, 包括传统卫生经济学的核心研究领域、元宇宙时代的研究方向、可能的卫生经济学评估方法及应对挑战的策略, 为更好适应元宇宙时代需求和元宇宙医疗产业的高质量发展提供决策支持。

[关键词] 元宇宙; 元宇宙医学; 卫生经济学

[中图分类号] R-1 **[文献标志码]** A

New changes in health economics research in the era of metaverse

TAN Baoying, CHEN Liping, XUAN Jianwei*

Institute of Pharmaceutical Economics, School of Pharmacy, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, Guangdong, China

[Abstract] With the development and popularization of digital technologies, the healthcare sector is undergoing unprecedented changes. Digitization and globalization have not only changed our view of healthcare services and health management, but also put forward new propositions for health economics. In the era of metaverse, health economics must better understand and guide the allocation of healthcare resources, the formulation of health policies, and the provision of healthcare services. This paper aims to explore health economics in the era of the metaverse, including the core research areas of traditional health economics, research directions in the era of the metaverse, possible assessment methodology of health economics, and strategies to address the challenges, to provide decision support for better adaptation to the needs of the metauniverse era and the high-quality development of the healthcare industry in the era of the metaverse.

[Key Words] metaverse; metaverse in medicine; health economics

元宇宙医学是应用数字技术和虚拟环境进行医学研究、诊断、治疗和健康管理的兴起领域。它使用虚拟现实、大数据、人工智能等技术, 提供更智能、个性化、精准的医疗服务, 包括远程医疗、医疗数据分析、医学培训和教育、健康监测、医疗社交网络等^[1-2]。这一新兴领域将改变传统的医疗模式, 使医疗服务更加全球化、精准化和社交化。

然而, 数字化、全球化的医疗服务也对卫生经济学产生新的挑战。元宇宙时代的卫生经济学不再局限于传统的卫生经济分析, 它必须更好地理解并引导医疗资源分配、健康政策制定和医疗服务供给。本文深入探讨元宇宙时代下卫生经济学的新挑战和机遇, 期待能够提高医疗服务的质量、可及性和效率, 更好地满足人类对医疗和大健康的需求。

1 传统卫生经济学

卫生经济学是研究卫生保健系统、卫生政策和医疗资源分配的跨学科领域。它将经济学的原理和方法应用于医疗保健领域, 以研究和分析各种与卫生保健相关的问题, 包括卫生服务需求和利用行为、卫生服务供给、卫生筹资、医疗保险、卫生经济学评价、卫生政策评价等^[3-4]。在卫生经济学研究中, 常通过不同的方法解决医疗保健经济学问题, 方法的选择取决于具体的研究问题和可用的数据。这些方法的综合应用使卫生经济学能够更深入地探究医疗保健领域的复杂状况, 为制定更具实证价值的政策提供坚实基础。其研究成果对卫健委、医保局、医疗机构等相关决策者都具有极其重要的指导作用, 有助于制定更为有效和可持续的卫生政

[收稿日期] 2024-06-02

[接受日期] 2024-06-20

[作者简介] 谭宝滢, 硕士, 助理研究员. E-mail: tanby6@mail2.sysu.edu.cn

*通信作者 (Corresponding author). Tel: 020-39943104. E-mail: xuanjw3@mail.sysu.edu.cn

策,从而提高医疗服务的质量、可及性和效率。

1.1 卫生服务需求和利用行为 这一领域关注人们在何种情况下寻求医疗服务以及影响其决策的因素。影响因素包括经济因素(如收入、医疗费用)、社会因素(如教育水平、社会支持)、文化因素(如健康信念、传统习俗),以及个人健康状况(如疾病严重程度、慢性病管理)。研究内容包括:医疗服务的需求弹性、不同人群的需求差异、影响需求和利用的政策措施以及需求预测模型的建立和应用。

1.2 卫生服务供给 这一领域研究提供医疗服务的各种机构和人员,重点在于分析医疗服务供给的效率、质量和数量,以及如何优化资源配置以满足社会需求。研究内容包括:医疗机构的运行效率、医疗资源分布的公平性、医疗技术和设备的利用率、医疗服务质量评估,以及供给侧改革对医疗系统的影响。

1.3 卫生筹资 这一领域研究卫生系统的资金获取和分配,涉及政府拨款、社会保险、商业保险、个人支付、慈善援助等多种筹资途径。关注筹资机制的效率、公平性以及健康服务可及性的影响,包括不同筹资模式优缺点、筹资机制可持续性、资金分配公平性,以及筹资方式对医疗服务利用和健康结果的影响。

1.4 医疗保险 这一领域研究各种医疗保险制度的设计、运行和影响,分析不同保险模式对医疗服务利用、健康结果和经济负担的影响。研究内容包括:医疗保险的覆盖范围、保险费用和福利设计、不同保险模式的运行效率、保险制度对医疗服务供需双方的影响,以及医保改革的效果评估。

1.5 卫生经济学评价 这一领域通过运用经济学理论,系统科学地比较和分析医药技术的经济成本和健康产出,形成决策方案,在有限的医疗资源下,实现最大程度的健康效果改善,提高医药资源配置的总体效率。研究内容包括:最小成本分析、成本效果分析、成本效用分析和成本效益分析等。比较常用的模型是决策树模型、马尔科夫模型、离散事件模拟模型、分区生存模型和动态传染模型等^[5]。

1.6 卫生政策评价 这一领域对卫生政策的设计、实施和效果进行系统评估,以确定其有效性、公平性和可持续性。研究内容包括:政策设计评价、政策实施评价、政策效果评价、政策公平性评价。这有助于政府和卫生机构更好地理解他们已经实施的政策的影响,并在必要时做出调整。

2 元宇宙时代卫生经济学的新研究内容

元宇宙的出现和发展对卫生服务系统可能会产生深远的影响,涉及供需双方的行为、医疗服务市场的结构等多个方面^[6-8]。(1)对需求方行为的影响:元宇宙可以打破地理限制,使患者在任何地方都能获得医疗服务,特别是对于偏远地区和资源匮乏地区的居民,这将显著提高医疗服务的可及性。元宇宙可以提供个性化的健康管理和疾病预防服务,通过虚拟现实技术,患者可以参与模拟的健康教育课程和健身训练。元宇宙能够提供更加沉浸式和互动性的医疗体验,提高患者的满意度和依从性。(2)对供给方行为的影响:元宇宙可以改变医生和医疗人员的工作方式,使远程医疗和协作成为常态;元宇宙为医疗教育和培训提供了新的方式,通过虚拟现实技术,医学生和专业人员可以在虚拟环境中进行手术模拟和临床技能训练。(3)对医疗服务市场结构的影响:元宇宙的引入可能改变医疗服务市场的竞争格局,传统医疗机构与新兴技术公司之间的竞争将更加激烈;推动医疗服务模式的多样化,远程医疗、虚拟诊所和数字健康管理平台将成为重要的医疗服务形式。

元宇宙通过提供更加便捷、个性化和互动性的医疗服务,有望提升医疗服务的可及性和质量。然而,这对现有的卫生经济学研究提出了新的挑战,需要在研究方法等方面进行调整和创新。元宇宙时代的卫生经济学是新兴的领域,元宇宙环境中管理和分析卫生保健相关的经济问题,涵盖卫生服务的供给和需求、医疗资源的分配、医疗成本和效益、医疗保险和支付方式等议题。

2.1 虚拟医疗服务的经济学分析 元宇宙中,患者可以与医生进行远程交流和病情诊断。这些虚拟医疗服务的经济效果是卫生经济学的研究重点,包括成本、效率、质量和患者满意度等内容。通过评估虚拟医疗服务与传统医疗模式的差异,并提供政策建议,以促进虚拟医疗服务的发展^[9-10]。

(1)成本收益分析:虚拟医疗服务的成本和收益是首要问题。研究虚拟医疗与传统医疗模式的成本差异,包括虚拟医疗平台的建设和维护成本,患者和医生的时间成本。通过比较成本和收益,可以评估虚拟医疗服务的经济可行性。

(2)效率分析:评估虚拟医疗服务的效率,包括诊断和治疗的速度以及医疗资源的利用效率。虚拟医疗服务是否能够更快地满足患者需求,减少等待时间,以及减轻医疗机构的负担,都将成为分析

的重要指标。

(3)质量评估:虚拟医疗服务的质量是关键考量因素。通过研究虚拟医疗服务与传统医疗模式的质量差异,考察诊断准确性、治疗效果、医疗错误率、患者依从性等方面的数据,有助于确定虚拟医疗服务在提供高质量医疗护理方面的表现。

(4)患者满意度和参与度:虚拟医疗服务的患者满意度和参与度也将受到关注。调查患者对虚拟医疗服务的接受程度,以及患者满意度。高满意度和积极的参与度通常与更好的治疗结果和患者依从性相关。

虚拟医疗服务的经济学分析有助于评估这一新兴医疗模式在元宇宙时代的可行性和潜力。通过深入研究其成本与收益、效率、质量和患者满意度等方面的数据,决策者和政策制定者可以更好地制定支持虚拟医疗服务发展的策略,以确保患者获得高质量、负担得起的医疗护理。

2.2 医疗资源的全球范围分配 在元宇宙中,医疗资源和专业知识可以跨越地理和国界,以满足全球患者的需求。因此,研究实现全球医疗资源的公平和高效分配的措施,利于确保医疗服务的普及性。此外,还需考虑到资源调度和成本收益等方面的因素^[11]。

(1)全球资源平衡:这意味着在元宇宙中,医疗资源将不再或很少受到地理因素限制,患者可以从全球范围内的医疗服务中受益。研究如何在全球范围内分配医生、医疗设备、药物和医疗专业知识,以确保不同地区和群体都能获得适当的医疗服务。

(2)资源调度与优化:包括医疗资源的调配和分配,以满足各个地区和群体的不同需求。可以利用数学模型和大数据分析来确定最佳的资源配置方案,以确保资源的高效利用。

(3)成本收益分析:评估全球医疗资源分配的成本收益也将成为重要任务。通过计算各种资源分配策略的经济收益,并评估这些策略的成本与收益的平衡,以确定成本收益最佳的方法。

卫生经济学的研究将有助于制定政策和策略,以实现医疗资源的公平和高效分配,同时解决跨国医疗服务所涉及的伦理、法律和经济问题,从而推动全球卫生服务的进步。

2.3 医疗保险和支付方式改变 元宇宙时代将引入新的医疗保险和支付方式,如基于区块链的智能合约和数字货币支付。因此,需探究新支付方式的影响,包括如何减少支付交易的成本、提高透明度以及确保医疗费用的可承受性^[12-13]。

(1)基于区块链的智能合约:医疗保险可能会引入基于区块链技术的智能合约,这些合同可以自动执行医疗索赔和支付,减少中介环节。需探究这些智能合约的运作机制,以及它们对医疗保险的效率和成本的影响及其影响机制。

(2)数字货币支付:元宇宙技术的发展将推动数字货币在医疗支付中的广泛应用。研究数字货币支付模式对医疗费用支付的影响,包括支付的速度、可追溯性和费用的可承受性;探究数字货币支付是否能够降低交易成本,同时确保患者和医疗提供者的权益。

(3)支付公平性:新的支付方式可能影响医疗费用的支付公平性。因此,需研究新支付方式是否能够更好地满足不同患者群体的需求,特别是那些经济能力较弱的患者。并关注支付方式对医疗不平等的影响,并提出政策建议以确保公平性。

(4)风险分担和保险创新:新的支付方式可能会带来医疗保险创新,包括更多元化的保险产品和风险分担模式创新。因此,需探究这些创新对患者和医疗提供者的风险承担和保险成本的影响。

元宇宙时代医疗保险和支付模式的改变将产生广泛的经济影响,卫生经济学的研究将有助于理解这些影响,并提出政策建议以优化医疗支付系统,确保患者获得高质量、负担得起的医疗服务。

3 元宇宙时代可能采用的卫生经济学方法

元宇宙时代的卫生经济学是复杂而充满机遇的领域,它融合了医疗保健、数字技术、经济学和伦理学等多个学科。卫生经济学家将在这个新时代中发挥关键作用,为更加智能、高效和公平的医疗保健系统的建设提供支持。与此同时,还需要开发和应用新的方法和工具来应对这些挑战,并为未来的卫生保健政策和实践提供有力的支持。

3.1 先进计量模型在卫生经济学研究中的应用 元宇宙时代下,将产生大规模的医疗和虚拟实验数据,卫生经济学可应用先进的计量模型,包括数学模型和计算机仿真,使用元宇宙产生的数据模拟不同医疗政策、治疗方法和资源配置方案的效果,帮助分析医疗资源的优化分配、医疗服务供给的效率化、医疗保险方案的设计与优化等方面的政策。应用先进的计量模型技术,以及利用元宇宙中丰富的医疗数据和虚拟实验数据,卫生经济学家能够进一步提高模型分析的精度和可靠性,更准确地预测医疗政策和决策对医疗保健系统的影响,有助于实现更加智能、高效和公平的医疗保健系统^[14]。

3.2 大数据分析在卫生经济学研究中的应用 元宇宙将积累大量医疗和健康数据,包括患者的虚拟健康记录、治疗效果数据等。这些海量的医疗数据蕴含着丰富的潜在价值,卫生经济学家可以利用先进的数据分析技术来挖掘和提取这些价值。具体而言,卫生经济学家使用机器学习、人工智能等高级数据分析方法,深入探究医疗大数据内含的关系和影响因素。例如,通过对患者的虚拟健康记录进行分析,以发现特定治疗方案的长期疗效,从而为制定更有针对性的医疗政策提供依据;或者对医疗服务使用数据的分析,帮助识别资源短缺的领域,为优化医疗资源配置提供参考等。这些分析有助于更精确地预测医疗决策和政策的后果、识别疾病发生的模式和风险因素、优化医疗资源的分配和利用效率等^[15]。

3.3 智能合约和区块链技术在卫生经济学研究中的应用 元宇宙医学会出现基于区块链的智能合约,用于管理医疗合同、支付和数据共享。卫生经济学家可使用区块链技术来跟踪医疗资源的使用和支付流程,确保透明度和效率;研究智能合约中编码医疗保险条款和支付规则,以实现自动化和标准化,来提高支付和管理效率;可使用不可篡改的区块链记录,确保管理的标准化和透明度,以减少医疗欺诈和资源浪费^[16]。

3.4 社交媒体分析在卫生经济学研究中的应用 当前社交媒体已经成为各种重要信息和社会情绪的展现平台。在元宇宙中,社交媒体可能会呈现出更丰富的形式和内容。卫生经济学家可以利用先进的自然语言处理和舆情分析技术,深入挖掘社交媒体关于医疗服务、健康问题和医疗政策的讨论,以更精准地了解公众的需求和态度,也有助于制定更符合民意的医疗政策,提高医疗保健系统的公众认可度^[17]。

3.5 全球卫生服务模拟在卫生经济学研究中的应用 元宇宙时代的医疗资源和医疗服务可能跨越地理和国界,为全球患者提供服务。全球卫生服务模拟可能的研究内容包括,分析不同国家和地区之间医疗资源的差异和流动,探讨全球范围内医疗服务供给和需求的平衡优化,研究医疗资源共享和跨国协作的经济效果,评估实现全球医疗公平的政策与机制等等,卫生经济学家通过全球卫生服务模拟来研究如何实现全球医疗资源的公平和高效分配,以确保医疗服务的普及性^[11]。

这些新兴方法和技术将赋予卫生经济学家更多工具,以更好地理解 and 解决元宇宙医学时代的卫

生经济学研究挑战。通过整合这些方法,可以更好地支持卫生保健政策的制定和实施,以提高医疗保健系统的效率、可及性和质量。

4 元宇宙时代卫生经济学应对相关挑战的解决方案

回顾历史,技术发展是不可扭转的时代趋势,针对元宇宙的技术发展与医学应用的潜力,应当始终保持理性的态度,探究元宇宙医学的可能性,全面理性认识元宇宙医学,引导技术发展对提高医疗服务的效率、质量和可及性的作用,乃至社会各方面的发展起到正向推动作用。然而,这些机遇也伴随着一系列新的挑战,需要卫生经济学家在这方面也投入更大的关注,发现元宇宙医学时代下卫生经济学所面临的问题和挑战,并采取一系列措施和策略。以下是一些可能的挑战和解决方案^[18-19]。

4.1 制定加强元宇宙医疗服务的医疗质量监管方法和标准 元宇宙环境下出现了大量创新的虚拟医疗服务,传统的监管体系可能无法适用,应对元宇宙医疗服务制定详细的医疗质量评估标准,定期对新兴医疗技术监督和上市后评估,评估内容包括医疗服务质量、安全性、临床效果和患者满意度,为高质量的卫生经济学研究提供可靠的数据来源。

4.2 元宇宙医疗服务的经济学评估 元宇宙医学下将出现了大量新兴医疗技术,如虚拟医疗服务、远程诊疗等,这些新技术的成本效果和临床价值与传统医疗技术存在差异,需要进行全面经济评估和合理定价。传统医疗技术经济评估方法可能无法完全适用于新兴技术,可制定针对元宇宙环境下新兴医疗技术的经济评估方法和标准体系;成本效益分析方面,需要考虑新技术带来的替代成本、使用成本、维护成本等因素;临床价值评估方面,应关注新技术带来的诊疗效果、便利性、疗程缩短等方面,并结合患者感受和满意度等指标,全面评估新技术的临床效用,制定针对性的经济评估指标体系、评估流程和定价方法,为新技术的应用、引导新兴医疗技术的可及性和公平性提供决策支持。

4.3 加大对元宇宙卫生经济学的研究、教育和培训力度 需要发展适应新时代的卫生经济学教育和培训模式,确保有足够的人才满足不断增长的元宇宙医学需求。例如,制定专项研究计划,资助高校和研究机构开展元宇宙与卫生经济学的研究;在高校和研究机构中开设相关课程,培养专业人才;编写和推广教材,帮助学生和研究人员更好地理解元宇宙技术;举办研讨会和学术会议,促进国内外专家学者的交流与合作;为卫生经济学从业者提供元宇宙

相关的专业培训等。

元宇宙的崛起在卫生经济学领域掀起了一场前所未有的浪潮,为学科发展带来前所未有的机遇和挑战。卫生经济学评估是任何创新技术被社会接受过程中不可或缺的一部分。需要进一步深化元宇宙时代下卫生经济学的研究,深入探讨医疗保健系统的运作、资源分配和政策影响,重点放在多个价值维度进行评估,从临床价值、经济价值、患者价值、社会价值等维度全面理解元宇宙医学与卫生经济学的深度融合。同时,我们也必须改进卫生经济学的评估方法学,为更好适应元宇宙时代的需求和元宇宙时代医疗产业的高质量发展提供决策支持。

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 谭宝滢:撰写、修改论文;陈丽萍:修改论文;宣建伟:选题,修改论文。

参考文献

- [1] 白春学. 元宇宙医学之我见[J]. 中国医药导刊, 2023, 25(1): 1-6.
- [2] 白春学. 元宇宙医学的昨天, 今天与明天[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(1): 3-12.
- [3] 舍曼·富兰德, 艾伦·C·古德曼, 迈伦·斯坦诺. 卫生经济学(第6版)[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2011.
- [4] 陈文. 卫生经济学(第4版)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2017.
- [5] WILSON S H. Methods for the economic evaluation of health care programmes[J]. J Epidemiol Community Health, 1987, 41(4): 355-356.
- [6] WANG G, BADAL A, JIA X, et al. Development of metaverse for intelligent healthcare[J]. Nat Mach Intell, 2022, 4(11): 922-929.
- [7] PETRIGNA L, MUSUMECI G. The metaverse: a new challenge for the healthcare system: a scoping review[J]. J Funct Morphol Kinesiol, 2022, 7(3): 63.
- [8] NUÑEZ J, KRYNSKI L, OTERO P. The metaverse in the world of health: the present future. Challenges and opportunities[J]. Arch Argent Pediatr, 2024, 122(1): e202202942.
- [9] GRIGOROVICH A, XI M, LAM N, et al. A systematic review of economic analyses of home-based telerehabilitation[J]. Disabil Rehabil, 2022, 44(26): 8188-8200.
- [10] BIANCUZZI H, DAL MAS F, BIDOLI C, et al. Economic and performance evaluation of e-Hhealth before and after the pandemic era: a literature review and future perspectives[J]. Int J Environ Res Public Health, 2023, 20(5): 4038.
- [11] SAWYER T, GRAY M M, UMOREN R. The global healthcare simulation economy: a scoping review[J]. Cureus, 2022, 14(2): e22629.
- [12] DURNEVA P, COUSINS K, CHEN M. The current state of research, challenges, and future research directions of blockchain technology in patient care: systematic review[J]. J Med Internet Res, 2020, 22(7): e18619.
- [13] MOKHAMED T, TALIB M A, MOUFTI M A, et al. The potential of blockchain technology in dental healthcare: a literature review[J]. Sensors, 2023, 23(6): 3277.
- [14] CARO J J, BRIGGS A H, SIEBERT U, et al. Modeling good research practices—overview: a report of the ISPOR-SMDM modeling good research practices task force-1[J]. Med Decis Making, 2012, 32(5): 667-677.
- [15] PADULA W V, KREIF N, VANNES D J, et al. Machine learning methods in health economics and outcomes research—the PALISADE checklist: a good practices report of an ISPOR task force[J]. Value Health, 2022, 25(7): 1063-1080.
- [16] TILL B M, PETERS A W, AFSHAR S, et al. From blockchain technology to global health equity: can cryptocurrencies finance universal health coverage?[J]. BMJ Glob Health, 2017, 2(4): e000570.
- [17] CHEN J H, WANG Y. Social media use for health purposes: systematic review[J]. J Med Internet Res, 2021, 23(5): e17917.
- [18] XUE P, BAI A Y, JIANG Y, et al. WHO global strategy on digital health and its implications to China[J]. Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi, 2022, 56(2): 218-221.
- [19] 张宇鸣, 张培茗, 赵阳光, 等. 元宇宙医学数智医疗装备的监管政策研究[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(1): 35-42.

引用本文

谭宝滢, 陈丽萍, 宣建伟. 元宇宙时代卫生经济学研究的新变化[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(2): 60-64.

TAN B Y, CHEN L P, XUAN J W. New changes in health economics research in the era of metaverse[J]. Metaverse Med, 2024, 1(2): 60-64.

复旦大学附属中山医院简介

复旦大学附属中山医院（以下简称“中山医院”）始建于1937年，为纪念中国民主革命的先驱孙中山先生而命名，是中国人创建和管理的最早的大型综合性医院之一。中山医院是国家卫生健康委预算管理单位，国家发展改革委首批综合类国家医学中心建设单位，国家卫生健康委公立医院高质量发展试点单位。中山医院是复旦大学附属综合性教学医院，是教育部、国家卫生健康委与上海市人民政府共建共管医院，也是上海市第一批三级甲等医院。在全国三级公立医院绩效考核中，中山医院始终名列前茅，连续多年获得最高评级“A++”。中山医院连续多年在上海申康医院发展中心市级医院院长绩效考核中，位列上海市综合类医院第一名。

使命

以病人为中心，致力于提供优质、安全、便捷的医疗服务；
通过医疗、教育、科研和管理创新，促进医学事业的发展，提升民众的健康福祉。

愿景

世界一流的创新型、智慧型现代化医院。

核心价值观

严谨、求实、团结、奉献、创新、关爱。



《元宇宙医学》第一届编委会

荣誉主编

樊 嘉

杨雄里

钟南山

主 编

白春学

顾建英

副主编

陈荣昌

高承实

贾泽军

刘 雷

连 勇

潘 毅

宋振举

王伟林

杨达伟

Niels H. Chavannes

Charles A. Powell

Christoph Thüemmler

编 委（按拼音排序）

白 莉

白春学

曹 鑫

陈 颖

陈大明

陈荣昌

陈智鸿

方金武

甘舜轩

高承实

葛海燕

顾建英

何 萍

胡 洁

胡伟国

黄翔宇

贾泽军

姜 杰

金 晶

冷 非

李立亮

连 勇

刘 雷

陆俊羽

马礼兵

潘 毅

漆 远

沈 涛

盛 斌

施国明

宋海涛

宋元林

宋振举

苏士成

孙 湛

王 健

王 凯

王 洵

王伟林

王悦虹

韦 球

魏益平

辛弘毅

薛新颖

杨 冬

杨 丽

杨达伟

杨志刚

于广军

张纪阳

张宇鸣

张玉侠

张子强

赵列宾

赵明明

赵郑拓

周建军

朱智勤

邹 最

Niels H. Chavannes

Charles A. Powell

Christoph Thüemmler

Lian Wu

Emeli Zhang

Shangming Zhou

