

《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

胡 征

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



Metaverse in Medicine 元宇宙医学

ISSN 3006-4236



元宇宙医学

二〇二四年十二月 第一卷第四期



2024 年 12 月 第 1 卷第 4 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。

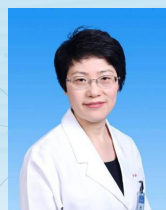
主编介绍



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 4 期 (总第 4 期)

2024 年 12 月 30 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期刊中心《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

AI 时代医学知识创新与传播方式的重构 高承实 (1)

专题报道: 元宇宙医学教育

虚实共生: 元宇宙驱动下运动医学教育生态的数字化重构与治理

优化 赵修涵, 刘宗玉, 牛海涛 (6)

5A MedAgent: 面向患者教育的医疗大语言模型多智能体协作

系统 周介立, 周禄庭, 辛弘毅 (12)

住培元宇宙临床思维训练模式探索与实践

..... 王 源, 王利新, 白浩鸣, 等 (17)

元宇宙技术在冠状动脉慢性闭塞病变介入治疗教学中的应用

与发展 檀亚航, 张 涛, 赵 林 (21)

AI 平台在元宇宙与未来医学课程中应用的初步探讨

..... 王 源, 杨达伟 (23)

综 述

辅助康复外骨骼机器人研究现状及元宇宙赋能研究的展望

..... 朱子睿, 王 源, 杨达伟 (26)

元宇宙技术在脑卒中患者康复治疗中的作用

..... 张振鹏, 王 源, 杨达伟 (32)

方法学研究

云加端 OSA 诊治训练新模式 陆俊羽, 蒋维芃, 白春学 (37)

伦理与法规

虚拟现实技术中的身心健康风险与伦理治理路径:多维度视角的探索 朱林蕃,王国豫(43)

指南与共识

元宇宙赋能患者教育中国专家共识 元宇宙赋能患者教育中国专家组(54)

摘要解读

Virtual reality in the management of patients with low back and neck pain : a retrospective analysis of 82 people treated solely in the metaverse 摘要及解读..... 钱芃欣(62)

Development of metaverse for intelligent healthcare 摘要及解读..... 刘晓静,陈智鸿(63)

State-of-the-art human-computer-interaction in metaverse 摘要及解读..... 肖顺周,朱 涛(64)

本期执行主编 杨达伟
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,臧天茹

METaverse IN MEDICINE

Established in 2024; Volume 1, Number 4, December 30, 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, Journal Center of Zhongshan Hospital, Fudan University

CONTENTS IN BRIEF

Commentary

The reconstruction of medical knowledge innovation and dissemination in the era of AI GAO Chengshi (1)

Monographic report:

Virtual-real symbiosis: digital reconstruction and governance optimization of the sports medicine education ecosystem driven by the metaverse ZHAO Xiuhan, LIU Zongyu, NIU Haitao (6)

5A MedAgent: a multi-agent collaborative system based on large language models for patient education ZHOU Jieli, ZHOU Luting, XIN Hongyi (12)

Exploration and practice of the resident training metaverse clinical thinking training model WANG Yuan, WANG Lixin, BAI Haoming, et al (17)

The application and development of metaverse in the teaching of chronic total occlusion interventional treatment TAN Yahang, ZHANG Tao, ZHAO Lin (21)

Preliminary exploration of the application of AI platforms in metaverse and future medicine courses WANG Yuan, YANG Dawei (23)

Review

Research status of assisted rehabilitation exoskeleton robots and future research prospects in this field enabled by the metaverse ZHU Zirui, WANG Yuan, YANG Dawei (26)

The role of metaverse in the rehabilitation of stroke patients ZHANG Zhenpeng, WANG Yuan, YANG Dawei (32)

Methodology

A new training model for diagnosis and treatment of OSA LU Junyu, JIANG Weipeng, BAI Chunxue (37)

Ethics and law

The physical and mental health risks and ethical governance pathways in virtual reality technology:
an exploration from a multidimensional perspective ZHU Linbo, WANG Guoyu(43)

Guildlines and concensus

Chinese experts consensus on metaverse empowers patient education.....
..... Chinese Experts Group of Metaverse Empowers Patient Education(54)

Abstract interpretation

The abstract interpretation of *Virtual reality in the management of patients with low back and neck pain :*
a retrospective analysis of 82 people treated solely in the metavers QIAN Pengxin(62)

The abstract interpretation of *Development of metaverse for intelligent healthcare*.....
..... LIU Xiaojing, CHEN Zhihong(63)

The abstract interpretation of *State-of-the-art human-computer-interaction in metaverse*
..... XIAO Shunzhou, ZHU Tao(64)

Acquisitions editor YANG Dawei

Executive editors SUN Mengyao, YIN Yue

Executive proofreaders JI Jingfang, WANG Di, ZHAI Chengcheng, ZANG Tianru

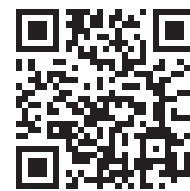
DOI:10.61189/447067mxuckf

· 专家述评 ·

AI时代医学知识创新与传播方式的重构

高承实

安徽栈谷科技有限公司, 池州 247100



[摘要] 人工智能(artificial intelligence, AI)工具在知识创新与传播中存在巨大潜力。然而, AI工具在其应用中, 也暴露出诸多伦理与合规问题, 包括学术诚信风险、数据隐私与安全隐、内容准确性不足、伦理责任界定不清以及学术规范的模糊化等。本文详细探讨了 AI工具应用于医学研究和医学论文撰写的优势与不足, 以及存在这些不足的背后原因, 并针对数据保护、内容验证、伦理教育等问题给出了具体解决建议。此外, 本文重点探讨了 AI时代的医学知识创新与传播范式转换问题, 以期推动 AI技术在医学研究中的规范化应用。

[关键词] 医学研究; 论文撰写; 人工智能; 伦理问题; 学术规范

[中图分类号] R-1 **[文献标志码]** A

The reconstruction of medical knowledge innovation and dissemination in the era of AI

GAO Chengshi

Anhui Stack alley Technology Co., Ltd, Chizhou 247100, Anhui, China

[Abstract] Artificial intelligence (AI) tools show great potential in knowledge innovation and dissemination. However, the application of AI tools has also exposed many ethical and compliance issues, including academic integrity risk, data privacy and security risks, lack of accuracy of the content, the definition of ethical responsibility and the fuzziness of academic norms. This paper discusses in detail the advantages and disadvantages of the application of AI tools in medical research and medical paper writing, as well as the reasons. The paper also gives some concrete solutions to the problems of data protection, content verification and ethical education. In addition, we focuses on the transformation of medical knowledge innovation and dissemination paradigm in the era of AI, in order to promote the standardized application of AI technology in medical research.

[Key Words] medical research; paper writing; artificial intelligence; ethical issues; academic norms

人工智能(artificial intelligence, AI), 尤其是近几年被广泛使用的大语言模型, 在多个领域为人类的知识创造和传播提供了全新的工具, 极大地提升了人类知识产品的生产效率和生产质量, 但同时 AI工具的使用在诸多方面也对人类已有的知识生产和传播带来了新的挑战。

1 AI工具为医学研究和医学论文撰写带来了极大的便利

论文是知识创新与传播的重要载体。AI工具在医学研究和医学论文撰写的多个环节为医生提供了大量便利, 能够明显提升论文撰写效率和撰写质量。利用 AI工具撰写医学论文, 也成为最先接触到 AI工具的一部分医生的自然选择。

在选题和文献检索方面, Semantic Scholar、PubMed上的 AI插件能根据关键词或主题快速检索海量医学文献, 根据用户提供的初始文献或研究方

向推荐相关性更高的文献, 还可以自动从文献中提取研究目标、研究方法、研究结果和结论等关键信息, 帮助研究者快速理解文献内容。

在写作方面, Grammarly 或 DeepL Write 等工具能帮助作者改进英语语法、句法和风格, 使语言更符合学术要求, 并确保医学术语的正确性和一致性。同时, 还支持将非英语论文翻译成高质量的英语论文, 以便向国际期刊投稿。此外, AI工具还能够根据研究目标和相关数据, 给出论文结构建议, 自动将论文调整为目标期刊所要求的投稿格式, 包括参考文献样式和排版要求, 还可以根据数据自动生成论文所需要的折线图、热图、统计图等形式的图表。基于全文内容, AI工具还能够生成符合规范的摘要和具有吸引力的标题。

在数据处理方面, SPSS、R 中的插件可以帮助研究者快速完成数据分析并生成结果, 还可以将复杂的数据结果转化为直观的图表或示意图, 增强论文

[收稿日期] 2024-12-09

[接受日期] 2024-12-20

[作者简介] 高承实, 博士, 副教授. E-mail: 13838001036@163.com

的可读性。

此外,利用AI工具可以帮助医生检测论文重复率,确保论文的原创性;还可以根据论文主题和内容,推荐最合适的收录期刊。AI工具可以快速分析审稿意见,并给出针对性的修改建议。最为重要的,AI工具还能够通过分析现有文献,发现研究空白或潜在问题,为研究设计提供灵感。

2 利用AI工具开展医学研究和论文撰写可能面临的伦理与合规问题

2.1 学术诚信 直接使用AI工具生成的内容可能导致抄袭和剽窃,或者未能适当归属作者贡献^[1-2]。AI工具所生成的内容通常基于大量训练数据,但AI工具却无法明确标注这些数据或信息的来源。这可能导致无意或有意的剽窃。同时,用户也可能会将AI生成的内容直接视为自己的原创工作,而没有进行必要和充分的修改,或者声明AI工具对相关研究和论文撰写过程的参与。

2.2 内容准确性存疑 AI工具生成的内容,可能包含错误、虚构的参考文献或误导性信息,甚至AI工具在生成内容时有可能会基于统计相关性“编造”事实或引入虚假信息。如果作者过于依赖AI工具,没有对生成的内容进行事实核查而导致了错误传播,那么便有可能引发这类问题^[3-6]。

2.3 用户隐私与数据安全 某些AI工具可能会私自记录用户隐私,但却没有明确告知用户,这可能导致论文作者的个人隐私泄露。或者由于操作不当,用户在与AI工具交互的过程中输入了机密信息或未经授权的研究数据,造成未经授权的研究数据被不当利用。

2.4 伦理责任 使用AI工具撰写论文时,如何划定个人与AI工具的贡献界限,以及如何承担由此产生的责任,目前在理论界和学术界都尚未形成共识^[7-9]。比如,AI生成的内容是否需要被标注,以及是否将AI视为共同作者仍存在争议。如果利用AI工具开展的研究或生成的论文存在误导性或侵权内容,责任归属也难以界定清楚。

2.5 违反学术规范 许多学术机构尚未明确规定AI工具在研究和写作中的使用范围,同时AI技术的快速迭代也会使大多数学术规范落后于现实发展。由此,AI工具的广泛应用极有可能模糊学术研究中人类原创性和机器辅助的界限。

3 利用AI工具撰写医学论文独有的伦理与合规要求

医学研究和医学论文具有区别于一般论文的一些特点和要求,这主要体现在内容的科学严谨性、临床意义和伦理规范等方面。

3.1 伦理与合规问题 在内容科学性与数据可靠性方面,医学研究和医学论文通常基于严谨的实验、临床试验或回顾性研究,需要精确的数据分析和科学方法,任何错误或数据偏差都可能对医疗实践产生直接影响。在临床实践相关性方面,医学研究和医学论文的目标是改善患者诊疗效果,推动医学知识的发展,论文内容需要具有临床意义,能够在实际操作中应用。在伦理审查方面,医学研究和医学论文可能涉及人体试验或临床数据,因此需要通过伦理委员会的审查,确保患者知情同意、数据匿名化处理等基本的伦理要求得到遵守。在法规合规方面,医学研究和医学论文的撰写需要符合所在国或国际医学研究的法律和规范要求,如《赫尔辛基宣言》^[10]、《临床试验管理规范》(GCP)^[11]等。此外,在多学科交叉方面,随着各项技术的飞速发展和研究工作的深化,医学研究常常需要与生物学、统计学、药学等领域的研究进展结合起来,因此还需要对多个学科的知识性和数据处理的准确性提出更多要求。

3.2 隐私与安全问题 利用AI工具开展医学研究和医学论文撰写,除了前面所列出的涉及到的伦理与合规问题,还可能涉及到以下问题:一是更为严格的数据隐私与安全问题。医学研究常常涉及患者的敏感信息,利用AI工具开展研究或撰写论文时,医生可能无意中将患者数据上传至AI系统,这极有可能导致用户隐私泄露或数据滥用。如果患者数据被不当存储或用于AI模型训练,这极有可能违反了《通用数据保护条例》(GDPR)^[12]或《健康保险可携性与责任法案》(HIPAA)^[13],将带来严重的伦理挑战。二是在生成内容的准确性与可靠性方面。AI工具可能会生成不准确或不科学的医学内容,甚至包含虚假数据或误导性结论,这在医学领域将会产生严重风险。这些不准确信息如果被其他医学论文直接引用,就可能直接影响临床实践,造成患者伤害或误诊,由此带来医学论文更为严重的独特风险。三是AI工具生成内容的研究背景或总结的研究方法也会面临真实性问题。是否有充足的证据证明其研究符合伦理标准,也成为医学研究论文独有的伦理审查与合规性挑战。四是语言

与表达的专业性方面的挑战。医学论文要求使用精确、专业的术语和结构化语言,而AI工具生成的内容可能缺乏这一特性。不准确或模糊的语言可能导致同行评审中的误解,影响学术传播和临床参考。

4 利用AI工具开展医学研究和论文撰写伦理与合规问题的解决方案

AI工具,尤其是大语言模型,通过对海量数据的组织,从而对外输出相关问题的答案。这一方面突破了人类由于时间、精力、能力等限制造成的在信息、知识和思维方面的局限,但也产生了更多远超出人类能够认知和理解的新信息、知识和洞察。虽然大语言模型随着参数的增长和模型的进一步优化,有可能会将这一类问题尽可能缩减,但从理论上讲,大语言模型这类AI工具并不能够完全彻底解决这一问题。因此,我们在医学研究和医学论文撰写环节需要引入有质量保证的AI模型和工具。在利用当前的AI工具,尤其是大语言模型开展医学研究和撰写医学论文的过程中,我们必须将AI工具置于辅助地位,将AI工具提供的内容作为参考,而不能未经审查就直接使用。

具体而言,在用户隐私与数据保护方面,医学研究和医学论文作者需要确保患者数据在使用AI工具之前已经经过严格的匿名化处理,并使用符合数据安全标准的AI平台。在生成内容的验证方面,医学研究者需要对AI工具生成的内容进行逐字核查和事实验证,以确保其科学性和准确性。在伦理与合规教育方面,医学研究人员在使用AI工具时,需要明确AI工具的使用边界和使得要求。当然,开发专为医学研究设计的AI工具,并附带透明的生成记录与审计功能以确保研究过程可追溯,是最根本的解决办法和解决方案。

5 利用AI工具开展医学研究和交流需要科研新范式

在AI时代,利用AI工具开展医学研究并快速准确高质量完成医学论文的撰写,以做到更好的知识传播,是必然的趋势。当前我们对AI工具的使用,更多仍停留在赋能阶段,即在已有业务范式的基础上引入了新的工具,实现了新工具对已有工作效率的提升。这一过程必然带来新的工作伦理与传统工作伦理的冲突。因此,我们更需探索和建立AI时代的医学科研创新和交流新范式,以使AI完成从“工具的革命”到“革命的工具”的演化^[14]。

5.1 论文是传统知识产出方式 论文作为一种知识产出方式,其起源可以追溯到科学革命时期。论文是学术交流和知识传播的重要工具,其最初目的包括记录和传播知识、促进学术交流、确立研究者的知识产权以及推动乘客进步。首先,论文是记录新发现、新理论或新方法的重要媒介,通过文字系统地呈现研究过程和结果,确保知识得以保存和传播的重要工具。其次,论文为科学家和学者提供了一个平台,用以分享研究成果、展开学术讨论,并推动同行评议(peer review)机制的发展。再次,通过发表论文,研究者能够证明自己在某一领域的贡献,确立其原创性并保护其知识产权。最后,论文以公开透明的形式呈现研究细节,允许其他学者验证、改进或扩展已有成果,从而推动科学的累积性发展。

5.2 论文在AI时代面临的问题 AI时代正在快速改变知识生产和传播的方式,论文这种形式的知识产出及其保护方式可能面临以下根本性的改变:(1)AI工具能够自动生成论文或部分内容,使知识产出速度显著提升,但也可能导致质量参差不齐。由此,论文将不再仅是人类学者的独立产物,而是人机协作的成果。这可能改变知识的原创性定义,并对知识产权保护提出新挑战。

(2)AI工具可以参与同行评审、引用分析甚至学术评价,从而替代部分传统的人工判断。由此,知识的价值可能更多地通过如引用量、影响力指标等算法分析而非专家主观评价来衡量,这可能导致评价标准进一步量化,但也可能加剧算法偏见。

(3)区块链技术与AI结合可能革新知识产权保护方式,实现论文发表时间、贡献者身份等信息的不可篡改记录。这将使得传统以期刊为核心的知识发布和保护模式可能被去中心化的分布式系统取代,进而知识的流通效率大幅提升,但这也可能会增加盗用和抄袭的管控难度。

(4)AI工具生成的如可视化动态数据、多模态虚拟现实等形式的研究成果可能逐步替代传统的文本型论文。在这种方式下,学术传播将更加直观和丰富,但这也可能会弱化“论文”这种线性表达形式的地位,导致传统出版模式的调整甚至被淘汰。

(5)AI工具生成内容的归属问题变得更为复杂。如果AI工具参与知识生成,那么谁是合法的知识产权持有者?现有的版权法和专利法可能无法适应这一复杂局面。因此,我们急需对AI工具生成知识的保护与分享机制进行重新定义。

(6)AI工具降低了知识生成和分发的门槛。在

AI工具的帮助下,更多人能够参与学术活动,开放科学(open science)将得到进一步的发展,但这同时也会面临数据滥用、知识剽窃等挑战。

5.3 探索和建立AI时代知识产出和传播的新范式以上新情况的出现,要求我们加快研究和探索AI时代知识产出和传播的新范式。(1)要建立新型知识产权框架,制定针对AI工具生成内容的知识产权法规,明确人机协作中的贡献和产权归属问题。(2)优化学术评价体系。需要综合算法与人工评价,避免过度依赖量化指标,保障评价的公平性与多样性。(3)推动开放与安全的知识共享,充分利用区块链技术保护知识传播的透明性,同时确保数据隐私与安全。(4)多样化学术表达形式,鼓励如动态模型、可交互实验平台等论文之外的新型学术表达方式,以提升知识传播效率和影响力。

5.4 重构AI时代医学知识的产出和保护范式 在AI时代,医学知识的产出和保护需要以技术驱动和伦理规范为基础,充分结合AI的优势,同时保障知识的原创性、可信度和公平性。这种重构可以从知识生产方式、传播机制、保护框架和开放共享等方面展开。

5.4.1 重构医学知识的产出方式 为此,需要充分而全面地构建AI辅助的知识生成引入机制。在智能数据分析方面,要充分利用AI工具处理复杂医学数据,如基因组信息、影像分析和临床试验数据,以大幅提升研究效率。在自动化文献综述方面,AI工具可以帮助研究者快速梳理相关文献,形成结构化综述,以加快医生的学习和研究效率。在多学科协作平台方面,需要创建AI驱动的研究协作平台,以充分促进生物医学、统计学和计算科学的跨界合作。为此更需要确保AI工具生成内容的真实性、科学性,并减少模型偏见对结论的影响。

5.4.2 积极转向多模态与动态知识表达 以交互式图表或实时模型替代传统论文静态的图表和文本呈现形态,动态可视化展示医学数据和研究成果;通过沉浸式等虚拟现实与增强现实方式呈现复杂的解剖结构或疾病进展;同时提供开放的研究工具,以可交互式使得研究成果能够重现和验证。

5.4.3 重视知识验证与透明性 设立专门的医学AI审查委员会,确保知识输出的科学性。利用区块链记录研究的每一个环节,确保研究过程中数据的真实性。

5.4.4 重构医学知识传播机制 构建去中心或多中心的出版与分享模式。通过区块链技术实现分布式发表和存档,确保研究成果的时间戳记录和作者

归属。同时引入预印本平台,允许研究成果快速公开,再行同行评议。此外,还需要积极引入AI工具参与同行评议。AI工具可以协助评审者检查文献的科学性、数据分析的正确性以及论文的逻辑结构。同时,通过AI工具可以实现对剽窃、虚假数据和不良学术行为的实时监测,以提升评审效率,降低人为主观偏见。

5.5 重构医学知识保护框架 为此,我们需要明确AI工具在医学研究中的角色,准确界定其生成内容的知识产权归属。例如是否将人类研究者视为主要贡献者,同时要多层次贡献评估,记录并认可研究团队中包括数据科学家、临床医生、AI工具开发者等不同角色的贡献。

此外,还需要通过区块链技术和智能合约保护医学知识的版权,自动追踪和管理知识的使用和引用。通过水印与追踪技术,为数字化医学知识添加不可见水印,确保传播过程中知识归属的可追溯性。

5.6 构建开放共享与公平性保障机制 首先,需要构建开放的科学生态。(1)建立开放数据与模型,推动医学研究数据的充分共享,同时确保数据匿名化以保护用户和患者隐私。(2)开发面向全球研究者的开放AI工具,降低技术壁垒;(3)通过全球合作加速医学知识产出,促进资源落后地区的研究发展。

其次,要加强伦理与隐私保护。要建立严格的数据授权和使用机制,确保患者隐私不被滥用。同时强化对AI工具的透明性要求和相关责任机制,要求AI系统的决策逻辑公开,以便于审计和责任追究。

6 小 结

AI工具的使用提高了医学知识的产出数量和质量,也极大提高了医学知识和传播的效率,但同时,AI工具也引发了与既有医学研究伦理的大量冲突。一方面,我们需要建立在医学研究和传播过程中的AI工具的使用伦理,但另一方面,传统以论文和期刊为核心的医学研究成果产出和传播方式也面临着根本性的技术变革。我们既需要利用AI等数字技术实现更好的医学研究和传播,也需要通过数字技术革新保护机制,实现知识共享与保护的动态平衡。这一过程中,须坚持科学伦理与法律的底线,以确保知识的产出和保护服务于全人类健康和福祉。

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 高承实:撰写、修改论文。

参考文献

- [1] SÁNCHEZ-MONEDERO J, DENCİK L, EDWARDS L. What does it mean to ‘solve’ the problem of discrimination in hiring? [J]. SSRN Journal, 2019: 458–468.
- [2] FLORIDI L, COWLS J. A unified framework of five principles for AI in society[J]. Harv Data Sci Rev, 2019, (1): 5–17.
- [3] BENDER E M, GEBRU T, MCMILLAN-MAJOR A, et al. On the dangers of stochastic parrots: can language models be too big?[C]//Proceedings of the 2021 ACM Conference on fairness, accountability, and transparency. Virtual Event Canada. ACM, 2021.
- [4] FLORIDI L, CHIRIATTI M. GPT-3: its nature, scope, limits, and consequences [J]. Mines Mach, 2020, 30 (4) : 681–694.
- [5] MITCHELL M, WU S, ZALDIVAR A, et al. Model cards for model reporting[C]//Proceedings of the Conference on Fairness, Accountability, and Transparency. Atlanta GA USA. ACM, 2019.
- [6] KREPS S E, MCCAIN M, BRUNDAGE M. All the news that’s fit to fabricate: AI-generated text as a tool of media misinformation[J]. SSRN Journal, 2020: 104–117.
- [7] DIGNUM V. Responsible artificial intelligence: designing AI for human values [J]. ITU J: ICT Discoveries, 2017, (Special 1).
- [8] CRAWFORD K. Atlas of AI[M]. New Haven: Yale University Press, 2021.
- [9] COECKELBERGH M. AI Ethics[M]. Cambridge: MIT Press, 2020.
- [10] GENERAL ASSEMBLY OF THE WORLD MEDICAL ASSOCIATION. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects[J]. J Am Coll Dent, 2014, 81(3): 14–18.
- [11] International Council for Harmonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use (ICH). Integrated addendum to ICH E6 (R1) : guideline for good clinical practice E6 (R2) [EB/OL]. [2024–11–11]. https://database.ich.org/sites/default/files/E6_R2_Addendum.pdf.
- [12] Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and directive repealing 95/46/EC (general data protection regulation) (text with EEA relevance) [EB/OL]. [2024–11–11]. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj>.
- [13] U. S. Department of Health and Human Services. HIPAA privacy rule to support reproductive health care privacy [EB/OL]. [2024–11–11]. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2024-04-26/pdf/2024-08503.pdf>.
- [14] 上观新闻. 治疗人工智能“焦虑症”,之江实验室主任王坚开出“药方”[EB/OL]. [2024–11–11]. <https://www.jfdaily.com/wx/detail.do?id=757922>.

引用本文

高承实. AI时代医学知识创新与传播方式的重构[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(4): 1–5.

GAO C S. The reconstruction of medical knowledge innovation and dissemination in the era of AI[J]. Metaverse Med, 2024, 1(4): 1–5.

DOI:10.61189/963251zxxtmk

· 专题报道 ·

虚实共生:元宇宙驱动下运动医学教育生态的数字化重构与治理优化

赵修涵^{1*}, 刘宗玉², 牛海涛¹

1. 山东大学体育学院, 济南 250061

2. 浙江大学教育学院, 杭州 310058

[摘要] 元宇宙作为新兴技术范式,正在深刻重塑医学教育生态。研究立足运动医学教育情境,采用文献分析、逻辑推理等方法,在梳理元宇宙发展现状的基础上,以生态学视角审视了元宇宙驱动下运动医学教育各要素的数字化重构进程,探析了虚实融合培养路径,并提出了优化运动医学教育治理的策略建议。研究认为,元宇宙语境下运动医学教育生态呈现虚实共生、科教协同、跨界融合的新图景。应坚持以人为本、技术赋能的理念,推动形态重塑、场景创新、模式变革,打造沉浸交互的学习体验,构建开放共享的知识网络,健全协同创新的育人机制,促进理论与实践、教学与科研、学校与医院的深度融合,建成具备国际竞争力的高素质运动医学人才培养体系,为医体融合发展注入新动能。

[关键词] 元宇宙;运动医学教育;生态系统;数字化重构;治理优化

[中图分类号] R 875 **[文献标志码]** A

Virtual-real symbiosis: digital reconstruction and governance optimization of the sports medicine education ecosystem driven by the metaverse

ZHAO Xiuhuan^{1*}, LIU Zongyu², NIU Haitao¹

1. Department of Sport and Exercise Science, Shandong University, Jinan 250061, Shandong, China

2. College of Education, Zhejiang University, Hangzhou 310058, Zhejiang, China

[Abstract] As an emerging technological paradigm, the metaverse is profoundly reshaping the ecology of medical education. Grounded in the context of sports medicine education, this study employs methods such as literature analysis and logical reasoning to examine the current state of metaverse development. From an ecological perspective, it investigates the digital reconstruction process of various elements in sports medicine education driven by the metaverse and explores the integrated cultivation path of virtual and reality. Furthermore, it proposes strategic recommendations for optimizing sports medicine education governance. The study suggests that under the metaverse context, the ecology of sports medicine education presents a new landscape featuring virtual-real symbiosis, science-education collaboration, and cross-border integration. Adhering to the concept of people-oriented and technology-empowered, it is essential to promote morphological reshaping, scenario innovation, and model transformation. This involves creating an immersive and interactive learning experience, building an open and shared knowledge network, and improving the collaborative innovation mechanism for talent cultivation. By promoting deep integration of theory and practice, teaching and research, and schools and hospitals, a high-quality sports medicine talent training system with international competitiveness can be established, injecting new momentum into the integrated development of sports and medicine.

[Key Words] metaverse; sports medicine education; ecosystem; digital reconstruction; governance optimization

信息技术的飞速发展和智能时代的加速到来正推动元宇宙成为数字经济发展的新蓝海和科技创新的新前沿^[1]。随着元宇宙在医学领域的应用日益受到关注。2022年,白春学教授及其团队^[2-3]提出了元宇宙医学的定义,即借助AR和VR眼镜实现的物联网医学。专家组还进一步讨论了医学语境

下元宇宙的定义、概念和应用场景,以及其临床重要性。Yang等人^[4]的研究表明,建立医学元宇宙的条件已经成熟。

作为数字化转型的重点领域,教育正面临着前所未有的变革和挑战。如何充分发挥元宇宙技术优势,打造高质量医学教育资源,推动优质医疗卫

[收稿日期] 2024-12-03

[接受日期] 2024-12-15

[作者简介] 赵修涵,博士,副教授。

*通信作者(Corresponding author). Tel: 0531-88392266, E-mail: zhaoxiuhan@sdu.edu.cn

生服务供给,已成为医学教育界亟需思考和探索的重大课题。

作为医学与体育交叉融合的新兴学科,运动医学肩负着增强全民体质、提高健康水平的重要使命。然而,当前运动医学教育仍存在实践教学资源匮乏、跨学科融合不足、科教协同创新乏力等问题,亟需以新技术变革为契机,重塑运动医学教育生态,优化人才培养体系。元宇宙所蕴含的沉浸式体验、虚拟仿真、实时交互等技术特性,为破解这些难题、推动运动医学教育变革带来了新的路径和可能。已有研究^[5]表明,元宇宙有望突破时空界限,创设沉浸式教学场景,促进优质资源共建共享,为教育变革注入新动能。然而,现有探索主要聚焦于元宇宙通用技术在教育领域的应用,鲜有研究深入探索运动医学教育领域应用。事实上,运动医学教育因其特有的跨学科交叉融合属性,更需借助元宇宙技术打通医壁垒,创新复合型人才培养模式。本研究拟立足运动医学教育生态视角,采用文献研究、逻辑分析等方法,梳理元宇宙发展现状,剖析其驱动下的运动医学教育的变革逻辑,探究数字化重构路径,并提出治理优化策略,以期运动医学教育变革实践提供理论参考和决策依据。

1 元宇宙发展现状与运动医学教育变革

1.1 元宇宙的概念内涵、技术架构与发展态势 元宇宙(metaverse)源于1992年科幻小说《雪崩》^[6],指一个由计算机和网络构成的虚拟世界。2021年,随着Roblox上市、Facebook更名,元宇宙迅速升温,成为学术界和产业界持续关注的热点话题。广义而言,元宇宙是利用科技手段进行链接与创造的,与现实世界映射与交互的虚实相融的新型数字生态,具有沉浸性、交互性、可扩展性等特征。从技术架构看,元宇宙融合了人工智能、区块链、云计算、数字孪生、虚拟现实等多种新兴技术,可划分为基础设施层、平台生态层、内容创作层、经济系统层和治理监管层。

近年来,在政策环境的推动下,元宇宙呈现出多路径、全方位发展的态势。一是国家高度重视,政策持续发力。2021年10月,商务部等24部门联合发布《“十四五”服务贸易发展规划》,提出加快服务贸易数字化进程。全国已有多个省、市、区在其“十四五”规划、政府工作报告、相关产业规划和扶持政策中提及元宇宙及其关联产业。二是企业广泛布局,产业蓬勃发展。谷歌、苹果、腾讯等科技巨头纷纷入局,抢占元宇宙先发优势。初创企业在虚

拟偶像、数字藏品等垂直领域不断涌现,推动产业生态日益完善。三是技术加速突破,场景持续拓展。虚拟现实、人工智能、区块链等支撑性技术不断取得新进展。教育、医疗、文旅等领域成为元宇宙应用的“试验田”,催生出众多创新实践。

1.2 元宇宙驱动下运动医学教育的机遇挑战和变革趋势 元宇宙为运动医学教育带来前所未有的发展机遇^[7]。第一,元宇宙为学习者创设沉浸式学习环境,通过打破物理时空限制,营造身临其境的学习体验,强化对医学概念的理解。第二,通过构建虚实融合实训平台,让学生反复练习手术操作等临床技能,有效弥补实习资源短缺问题。第三,促进优质资源共享应用,实现名师课程、专业数据库等优质内容的广泛共享,扩大优质教育资源辐射范围。

但元宇宙也给运动医学教育带来诸多挑战,包括传统观念认知冲突、数字鸿沟问题凸显、师生信息素养有待提升、质量评价标准亟待建立等。虚拟与现实的边界模糊,可能引发伦理困境;软硬件设备良莠不齐、网络条件参差不齐,可能加剧优质教育资源分配不均;部分教师对元宇宙技术应用能力不足,学生自主学习意识薄弱;缺乏科学评价元宇宙教学效果的指标体系,难以判断其对提升人才培养质量的实际贡献。

2 元宇宙运动医学教育生态要素的数字化重构

生态学理论强调系统要素之间的内在联系和动态平衡。运动医学教育生态系统由环境、资源、主体、模式等要素组成,各要素相互作用、彼此影响。元宇宙的出现,正在深刻重塑运动医学教育生态要素形态,数字化、智能化特征日益凸显。

2.1 环境形态重塑:从物理空间到虚拟仿真场景 教育环境是影响学习效果的关键变量^[8]。传统运动医学教学环境以课堂、实验室等物理空间为主,存在空间局促、资源有限等问题,难以满足医教协同、科教融合的需求。元宇宙为构建开放、交互、沉浸的学习环境提供了新的可能,催生出虚拟教室、虚拟实验室、虚拟医院等新型教学空间形态。

虚拟教室依托VR、AR等技术构建身临其境的学习情境,营造全景式、多维度的知识呈现效果,提供实时互动、即时反馈的交流渠道,有助于提升学习参与度和认知体验感。虚拟实验室基于Unity 3D等引擎构建高度仿真的实验场景,提供拟真的实验工具、实验对象和安全防护设施,并内置个性化指导、过程监控、效果评估等智能化功能模块,为学生进行实验操作训练、探索性学习提供了低成本、高

效率、可重复的环境^[9]。此外,虚拟医院作为元宇宙时代医学教育的创新产物和前沿探索,基于数字孪生、VR、AR、5G 等技术构建高度映射现实的沉浸式诊疗场景,涵盖门诊、病房、手术室、ICU 等功能板块,为学生进行临床实践、案例分析、院感防控等培训演练提供了开放、真实、安全的环境。元宇宙构建的虚拟仿真环境打破了物理时空限制,拓展了运动医学教育的新边界,必将推动实践教学向沉浸化、智能化方向升级。

2.2 资源形式再造:从静态呈现到动态生成 教学资源是学习内容的重要载体^[10]。传统运动医学教学资源以教材、讲义、挂图等静态形式为主,缺乏交互性和时效性,难以适应学习需求日益多样化、个性化的趋势。元宇宙引入动态捕捉、实时渲染、参数化设计等技术手段,推动教学资源从“静态呈现”走向“动态生成”,催生出虚拟教具、智能课程、开放教程等新型资源类型。

虚拟教具利用三维建模、AR、VR 等技术,将人体结构、病理标本、诊疗工具等实物转化为可动态观察、实时交互的数字化模型。学生可随时随地对其进行 360° 全方位浏览、拆解和操作,直观理解人体结构功能和疾病发生发展规律。智能课程基于自适应学习理论,利用人工智能、大数据分析、智能推荐等技术,针对学生个体的学习情况、认知风格、兴趣爱好等,自动生成个性化学习路径、习题训练、资源推送方案,并根据其学习行为和效果评估动态调整优化策略,实现“因材施教、精准教学”。开放教程聚合在线课程、虚拟实验、三维动画、交互式练习等多种媒体形式的数字化学习资源,综合运用认知工具、协作平台、社交网络、资源管理系统等,为学生提供自主、开放、社会化的学习体验。

2.3 学习方式变革:从被动接受到主动建构 学习方式反映主体与环境、资源的互动模式。传统运动医学教学以教师讲授为主,学生被动听讲,缺乏互动交流和反思内化,不利于激发内生学习动力。元宇宙营造沉浸交互体验,为学生自主探究、协作练习提供了新的可能,推动学习方式从“被动接受”到“主动建构”的转变^[11]。

首先,学生可利用数据手套、体感设备等穿戴式装置,亲历临床情境,操作虚拟器械,感受真实诊疗过程,获得身临其境的学习体验。其次,元宇宙中的仿真实验室、虚拟解剖室为其提供了便利条件,学生可反复拆解人体、操控数据,开展研究性学习,获得发现知识的新体验。再次,元宇宙提供了虚拟教室、三维白板、全息投影、数字化身等协作工

具,为学生开展头脑风暴、联合攻关等探究性学习活动提供支持。

2.4 育人机制创新:从单向评价到多维融合 育人机制是保障人才培养质量的关键。传统运动医学教育实行“一考定终身”的评价导向,重结果,轻过程,难以全面衡量学生综合素质。元宇宙时代,海量学习行为数据的采集,支撑形成性评价、多元评价等方式创新,推动育人机制从“单向度评价”到“多维度融合”,加速构建“评价促进发展”的良性生态^[12]。

过程性评价聚焦学习全周期,利用学习分析、教育大数据等技术,追踪学生在虚拟学习空间中的浏览、讨论、问答、测验等行为数据,评估其参与度、互动度、完成度、满意度等,绘制个性化学习画像,诊断优势短板,提供精准反馈指导,引导学生改进学习策略。多元评价整合教师评价、学生自评、同伴互评等多视角,利用虚拟教室、协作平台、投票工具等,开展 360° 全景评估,综合考察学生知识、能力、品格等,引导其找准发展定位。元宇宙时代,大数据、人工智能等技术的应用,为精准画像学生知识、能力、人格等多维素质提供了可能。

3 虚实融合发展:构建元宇宙时代运动医学教育新生态的路径探索

元宇宙时代,虚实交融、数实共生成为运动医学教育演进的必然趋势。未来需开放审视技术变革带来的机遇挑战,探索虚实融合发展的实践路径,重构运动医学教育生态,培育高素质复合型医学人才。

3.1 打造沉浸式教学场景,提升学习体验 沉浸式学习强调身临其境的知识习得过程^[13]。运动医学教育可依托 VR、AR、MR 等技术,构建高度仿真的虚拟教学场景,营造沉浸、交互、动态的学习氛围,调动学习者多感官参与,获得身心统一的学习体验^[14]。

具体实施策略包括:(1)搭建虚拟解剖实验室,在三维虚拟环境中构建逼真的人体结构模型,嵌入解剖学知识库,学生可利用体感设备反复观察、拆解、组合人体结构。(2)构建全景手术模拟系统。针对骨科、胸外科等高风险手术设计沉浸式交互式训练平台,利用力反馈设备、动作捕捉设备等使学生参与虚拟手术全流程,强化其操作技能。(3)开发多人协作门诊系统。营造虚拟门诊情境,并内置标准化病人,学生可结对开展互动式角色体验,锻炼思辨能力、沟通能力、团队协作能力。(4)设计虚拟病

房管理平台。利用数字孪生、5G 传输等技术,搭建与现实高度映射的虚拟病房,学生可通过 AR 眼镜远程查房,制定个性化诊疗方案。(5)创设智慧康复训练空间。整合运动捕捉、人机交互、智能算法等,为运动损伤、术后康复患者提供趣味化、沉浸式的康复指导,学生可跟踪数据变化,评估康复效果。

3.2 创设智慧学习助手,优化认知体验 人工智能、脑机接口等认知技术的发展,使个性化、精准化学习成为可能^[15]。运动医学教育应积极利用智能算法、知识图谱、数据挖掘等,因材施教,优化学习过程,提升教育质量。

主要包括:(1)构建学习行为画像。采集学生在虚拟学习空间的浏览、答题、讨论、操作等数字行为数据,利用机器学习算法建立个体学习特征模型,包括认知风格、知识状态、能力结构等,做到“一人一档”。(2)生成个性学习方案。对接学科知识图谱和教学资源库,基于行为画像中诊断的优势特征和短板不足,为每位学生规划契合其特点的学习路径、学习内容、呈现方式等,做到“一人一策”。(3)推送精准学习资源。综合个体学习需求和环境语境,利用智能推荐技术自动匹配微课视频、医学文献、临床案例、虚拟实训项目等学习资源,实现“一人一推”。(4)提供智能导学服务。设计对话式问答、数理分析、概念可视化等认知助手,及时解答学生疑问,矫正错误认知,引导深度思考,做到“一人一帮”。(6)评估优化学习效果。连续记录学生的课堂测验、虚拟实操、在线讨论等表现,利用学习分析技术评估知识掌握水平、技能提升幅度、分析思维能力等,并据此改进个性化学习方案,形成闭环反馈,实现“一人一评”。

3.3 构建开放共享平台,促进优质资源汇聚 优质教育资源是提升人才培养质量的关键。元宇宙时代,云计算、区块链、数字版权等新技术的应用,将推动运动医学教学资源的全面数字化、网络化转型,为共建共享开放优质资源创造了有利条件^[16]。

主要包括:(1)汇聚在线优质课程。引导国内外一流高校、顶级专家通过云平台共建优质在线开放课程。课程内容涵盖运动解剖学、运动生理学、运动创伤学、体育康复理论、体质测评等学科专业知识,呈现形式包括微课视频、VR、AR 课件、H5 动画、直播讲座等。(2)整合虚拟仿真实验。面向运动损伤处置、运动处方制定、体能评估等实践应用环节,开发高仿真、强交互、可重复的虚拟仿真实验项目。允许学生可远程访问心肺运动试验、关节镜检查、骨折内固定、心脏复苏等操作训练。(3)集成临

床案例资源。以知名教学医院为依托,遴选典型病例,开发基于 VR/AR 的沉浸式案例库,囊括多发运动损伤、慢性运动疾病等不同发病机制、严重程度、治疗手段的案例。(4)构建学术资源中心。联合权威学术机构共同建设运动医学领域学术资源中心,提供顶级期刊文献、会议论文、研究报告、指南规范等,并支持科研项目管理、学术交流研讨、成果转化应用等。

3.4 创新“医教协同”机制,提升复合型人才培养质量 运动医学是典型的应用型、复合型学科,需要医学与体育学科的交叉融合,更需产学研各界的协同培养。元宇宙为创新协同育人机制、深化开放合作提供了新的可能。

(1)需深化医教协同^[17]。发挥大学附属医院“教学、科研、临床”三位一体的优势,将国家级体育医院、骨科医院等优质教学资源引入高校。开设临床教授制,选派高水平临床专家到校授课、指导实习。鼓励高校教师到医院参与教学查房、专题讲座。(2)需推进校企合作。吸引医疗器械、体育用品等行业龙头企业参与人才培养全过程。合作共建 VR/AR 实验室,开发医用软件、康复器械;联合攻关核心技术,孵化创新项目;共同制定人才培养方案,开发订单式课程。(3)需加强科教融合。依托国家重点实验室、工程研究中心等,开展前沿科技攻关。支持高校教师与科研院所联合申报国家级科研项目,围绕组织再生、运动康复等开展协同攻关。(4)需深化国际交流。充分利用元宇宙的开放属性,与国际知名高校、医疗机构开展网上教学研讨、科研协作、学分互认等。利用 AR/VR 进行远程会诊、手术示教。加强与国际组织的对话交流,建立国际认证标准。协同创新的运动医学人才培养机制,突破了医教壁垒、校企壁垒、科教壁垒,将加速推进体医融合,提升复合型人才培养质量。

4 治理体系再造:优化元宇宙时代运动医学教育生态的政策建议

元宇宙引领的运动医学教育变革,不仅对人才培养模式、教学组织形态等带来颠覆性影响,更对教育治理体系提出全新挑战。传统的管理制度、保障机制难以适应数字化、网络化、智能化发展需求,未来亟需以开放包容的理念审视新技术带来的机遇挑战,营造有利于运动医学教育高质量发展的制度环境。

4.1 健全质量监管机制,提升人才培养水平 质量教育的生命线。当前,运动医学专业在办学定

位、教学条件、师资队伍、课程教材等方面尚存在同质化、碎片化等问题,整体发展水平参差不齐。元宇宙时代,医教协同、科教融合不断深化,对人才培养提出更高要求,需进一步完善质量保障与监管制度,加强过程管控和绩效评估,提升人才培养质量^[18]。

(1)应制定教育标准规范。围绕元宇宙环境下复合型运动医学人才的培养目标,科学制定专业教学标准,明确沉浸式课程、VR实验项目、智慧学习助手等建设要求。(2)应创新质量评估模式。将过程性数据纳入考核指标,综合教学场景设计、师生互动效果、学生参与度等,多维度评判数字教学效果。(3)应加强师德师风建设。建立教师信用档案,加强人文关怀和心理疏导,激发教书育人内生动力。(4)营造良好育人生态。建立多元协同、开放共享的运动医学教育利益相关者联盟,搭建政产学研医各方交流合作平台。

4.2 完善资源配置机制,促进优质资源普惠共享
高质量的教育资源是人才培养的核心要素。当前,优质运动医学教育资源在区域、城乡、校际间分布不均,数字鸿沟问题凸显。元宇宙时代,VR/AR教学场景、智慧学习助手、虚拟仿真实验等新型教学资源亟需开发,普及不足将进一步加剧教育不公。亟需创新资源配置机制,推动优质资源共建共享、普惠发展。因此,我们需(1)加大资金投入力度。设立国家级运动医学教育专项基金,重点支持VR/AR实验室、沉浸式教学场景、在线开放课程等建设。(2)建立资源共享联盟。整合区域内政府、高校、医院、企业等多方力量,搭建开放共享的运动医学教育资源公共服务平台,实现优质资源区域内共建共享。(3)打造精品在线课程。遴选国内外知名专家学者,组建跨校跨区课程联盟,合作开发精品视频公开课、VR微课、慕课等在线开放课程。(4)缩小数字鸿沟。在城乡发展薄弱地区实施数字基础设施提升工程,改善网络条件。对贫困家庭学生给予智能终端补贴,提供技术指导培训,提升数字素养。

4.3 完善法律法规,营造良好制度环境
法律法规是规范教育行为、保障教育公平、促进教育发展的重要手段。当前,现行教育法律体系主要着眼于线下教学,缺乏对算法推荐、智能评价、隐私保护等新情况新问题的法律规制,易滋生失范行为。元宇宙时代,亟需加快教育法治建设步伐,以法律的形式确立教育数字化转型的基本方向、基本原则,以法治保障教育变革行稳致远^[19]。

(1)将教育数字化转型上升为国家战略。制定国家层面的教育信息化顶层设计,明确提出大力发展智能教育,推动信息技术与教育教学深度融合。(2)加快教育领域数字立法。制定《教育信息化促进法》,明确发展目标、基本原则,划定政府、学校、企业权责边界。(3)强化知识产权保护。加大优质教育资源知识产权保护力度,严厉打击侵权盗版行为。(4)加强数据安全保护。制定教育数据安全管理条例,明确数据采集、传输、存储、使用、销毁等环节的安全要求。

4.4 加强师资队伍建设,提升信息素养和创新能力
教师是教育发展的第一资源^[20]。运动医学教育数字化转型,对教师的信息技术应用能力、跨界整合创新能力提出了更高要求。然而,当前不少教师仍秉持传统的“满堂灌”思维定式,缺乏利用VR、AR、人工智能等数字新技术变革教学模式的意识和能力。亟需加强师资队伍建设,激发教育教学创新活力。(1)强化教师信息技术培训。制定教师信息技术应用能力标准,针对VR/AR教学设计、智慧教学工具应用等开展培训。(2)加强跨学科复合型教师培养。支持临床医学专业教师辅修体育教育、运动人体科学等专业;鼓励体育专业教师攻读运动医学、康复医学等学位。(3)营造尊师重教良好氛围。提高教师薪酬待遇,完善职称评聘制度,畅通职业发展通道。(3)建设高水平数字创新团队。遴选学科领军人才,组建跨学科、跨院校创新团队,承担国家重大教学科研项目。

5 小 结

随着信息技术的日新月异和智能时代的加速到来,元宇宙作为人类社会发展的未来形态,正在对各行各业产生深远影响。教育作为国之大计、党之大计,肩负着立德树人、培养社会主义建设者和接班人的重任。运动医学作为体育与医学交叉融合的新兴学科,承载着增强人民体质、促进全民健康的神圣使命。将元宇宙引入运动医学教育,利用虚拟现实、数字孪生、人工智能等新技术重塑人才培养模式,既是顺应时代发展大势的迫切需要,也是推动体教融合、助力健康中国建设的必然选择。本文立足运动医学教育变革实践,着眼培养高素质创新人才,从环境、资源、模式和治理4个维度系统审视了元宇宙驱动下运动医学教育生态的演进逻辑、发展路径和政策保障,为推动运动医学教育优化升级提供了路径遵循,为营造规范有序、开放包容的运动医学教育发展环境提出了制度建议。

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 赵修涵:撰写论文;刘宗玉、牛海涛:修改论文。

参考文献

- [1] 周文泓, 文利君, 赵婧羽, 等. 人工智能作为数字遗产的保存: 档案领域的行动展望[J]. 北京档案, 2023, 4: 10-14.
- [2] YANG D W, ZHOU J, SONG Y L, et al. Metaverse in medicine [J]. Clin eHealth, 2022, 5: 39-43.
- [3] 白春学. 元宇宙医学之我见[J]. 中国医药导刊, 2023, 25 (1): 1-6.
- [4] YANG D W, ZHOU J, CHEN R C, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine[J]. Clin eHealth, 2022, 5: 1-9.
- [5] 刘皓晖, 练宇潇, 郭 振, 等. 新质生产力赋能体育教育: 作用机理、关键维度与推进策略[J]. 沈阳体育学院学报, 43 (6): 1-8.
- [6] 王 曦. 面向元宇宙技术体系的数字图书馆建设研究[J/OL]. 情报科学, 2024, 1-6.
- [7] 张静怡, 韩春花, 佟泽华. 元宇宙视角下科研大数据初生研究: 模型构建、核心活动与增值策略[J]. 情报理论与实践, 2024, 47(12): 89-96.
- [8] 徐 建, 王 俊, 钟 正, 等. 教育元宇宙时代教师发展的挑战与应对[J]. 开放教育研究, 2022, 28(3): 51-56.
- [9] MASSETTI M, CHIARIELLO G A. The metaverse in medicine [J]. Eur Heart J Suppl, 2023, 25: B104-B107.
- [10] 余超凡, 赵志群. 数字化转型下职业教育元宇宙的建设逻辑、系统框架与实践路径[J]. 成人教育, 2024, 44(11): 69-76.
- [11] 贾 炜. 数智技术催生开放大学育人新生态[J]. 开放教育研究, 2024, 30(5): 27-35.
- [12] 田爱丽, 王钰彪. 元宇宙服务教育教学的技术潜能、现实挑战与困境突破[J]. 杭州师范大学学报(社会科学版), 2023, 45(2): 51-58+77.
- [13] 马永强. 论技术范式转移下元宇宙的法律治理[J]. 中国法学, 2024, 5: 103-122.
- [14] QIU C S, MAJEED A, KHAN S, et al. Transforming health through the metaverse [J]. J R Soc Med, 2022, 115 (12): 484-486.
- [15] 董星辰, 马国巍. 元宇宙视域下职业教育智慧学习空间的建构框架与实践进路[J]. 成人教育, 2024, 44(9): 80-85.
- [16] 宋雅馨, 余兰芳. 元宇宙技术赋能全民健身的内在逻辑、风险及防控路径[J]. 广州体育学院学报, 2024, 44(2): 110-119.
- [17] 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.
- [18] 张 黎, 周 霖. 机理、隐忧与出路: 元宇宙赋能在线教育具身化转型的现象学反思[J]. 理论月刊, 2023, (2): 152-160.
- [19] 蒋瑜洁, 关 昕. 日本元宇宙产业的发展现状、推进机制与经验借鉴[J]. 现代日本经济, 2024, 43(6): 50-67.
- [20] 李艺璇. 元宇宙赋能地理教学的学习模式探析[J]. 地理教学, 2024(5): 12-15.

引用本文

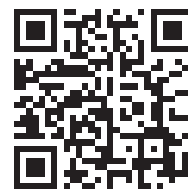
赵修涵, 刘宗玉, 牛海涛. 虚实共生: 元宇宙驱动下运动医学教育生态的数字化重构与治理优化[J]. 元宇宙医学, 2024, 1 (4): 6-11.

ZHAO X H, LIU Z Y, NIU H T. Virtual-real symbiosis: digital reconstruction and governance optimization of the sports medicine education ecosystem driven by the metaverse[J]. Metaverse Med, 2024, 1(4): 6-11.

DOI:10.61189/120911ncgfaf

· 专题报道 ·

5A MedAgent: 面向患者教育的医疗大语言模型 多智能体协作系统

周介立¹, 周禄庭¹, 辛弘毅^{2*}

1. 上海交通大学密西根学院, 上海 200240

2. 上海交通大学溥渊未来技术学院, 上海 200240

[摘要] 本研究提出了一个基于大语言模型的创新性多智能体协作平台——5A MedAgent 系统, 通过 5 个专业智能体[询问智能体(Ask Agent)、评估智能体(Assessment Agent)、建议智能体(Advice Agent)、安排智能体(Arrangement Agent)以及辅助智能体(Assistance Agent)]的协同运作, 实现患者教育的全流程智能管理, 为复杂疾病诊疗提供了更精准的个性化方案和专业解释, 推动了智能医疗教育的发展。

[关键词] 大语言模型; 多智能体; 人工智能; 患者教育

[中图分类号] R 442.9 **[文献标志码]** A

5A MedAgent: a multi-agent collaborative system based on large language models for patient education

ZHOU Jieli¹, ZHOU Luting¹, XIN Hongyi^{2*}

1. University of Michigan-Shanghai Jiao Tong Univeristy Joint Institute, Shanghai 200240, China

2. Global Institute of Future Technology, Shanghai Jiao Tong Univeristy, Shanghai 200240, China

[Abstract] This study presents an intelligent system for patient education based on large language model (LLMs) and multi-agent collaboration, achieving end-to-end process management through five specialized agents (Ask Agent, Assessment Agent, Advice Agent, Arrangement Agent, and Assistance Agent). The system not only improves treatment efficiency, but also provides more precise personalized treatment plans for complex cases, demonstrating significant value in enhancing patient education quality.

[Key Words] large language model; multi-agent system; artificial intelligence; patient education

随着精准医疗时代的到来, 医疗信息的复杂度和专业性不断提升, 患者在理解诊疗信息方面面临着前所未有的挑战。特别是在癌症等重大疾病的诊疗过程中, 患者对病理报告、治疗方案等专业医疗信息的理解程度, 直接影响其治疗依从性和预后效果。以结直肠癌为例, 其病理报告涉及 TNM 分期、分化程度、微卫星不稳定性 (microsatellite instability, MSI) 等多个专业指标, 这些信息对治疗方案的制定至关重要, 但对于大多数患者而言晦涩难懂。

近年来, 人工智能技术, 尤其是大语言模型 (large language models, LLMs) 在医疗领域展现出巨大潜力。这些模型能够理解和生成自然语言, 为患者教育提供了新的可能性。然而, 直接使用大语言模型进行医疗信息解读和患者教育存在两个主要问题: (1) 模型可能产生“幻觉”, 即生成不准确的医

学信息, 这在医疗场景中可能带来严重后果; (2) 模型输出的表述往往缺乏临床实践中的专业性和规范性, 与医护人员的专业表达存在显著差距。此外, 现有的医疗 AI 系统大多局限于单一功能, 如病历结构化或辅助诊断, 缺乏对患者教育全流程的系统性支持。特别是在癌症患者教育中, 从病情解释到治疗方案制定, 再到后续随访管理, 需要一个能够提供持续性、个性化支持的智能协助系统。

针对上述挑战, 本研究基于白春学教授^[1]提出的 5A 方法, 提出了一种基于多智能体协作的医疗大语言模型系统 (5A Agent)。该系统创新性地将临床实践中广泛采用的 5A 框架 (Ask、Assessment、Advice、Arrangement、Assistance) 与多智能体技术相结合, 构建了一个“端到端”的患者教育支持系统。本文以结直肠癌病理报告解读为应用场景, 介绍 5A MedAgent 系统的工作流程、设计原理、关键技

[收稿日期] 2024-12-09

[接受日期] 2024-12-24

[作者简介] 周介立. E-mail: zhoujieli@sjtu.edu.cn

* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-34206045, E-mail: hongyi.xin@sjtu.edu.cn

术。该多智能体系统既能准确解读专业医疗信息,又能提供个性化的患者教育方案,为提升医患沟通效果和患者依从性提供了新的办法。

1 多智能体系统在患者教育中的研发前景

1.1 LLMs在医疗领域的应用 近年来,LLMs在医疗领域的应用取得了显著进展。基于Transformer架构的GPT4、Claude-Sonnet-3.5、Gemini-1.5、Llama3.3、Deepseek-v2.5、Qwen2.5主流预训练LLMs等展现出理解和生成医学文本的强大能力^[2]。这些模型在医学问答、病历总结、诊断推理等任务中表现出色^[3]。然而,直接将通用LLMs应用于医疗场景仍存在诸多挑战。Pal等^[3]指出,模型的“幻觉”问题在医疗领域可能导致严重后果。Su等^[4]的研究发现,大模型在处理专业医学术语时的准确性仍有待提高。为解决这些问题,研究者们提出了多种优化方法,如医学知识增强^[5]和领域适应性微调^[6]等。

1.2 多智能体系统在医疗中的应用 由于单一大模型本身依赖于预训练数据,而预训练数据的增长速度趋于平缓,单一大模型的能力增长已经趋缓。2024年,产业和学界开始转向关注多个大模型合作的多智能体框架。多智能体系统因其分布式决策和协同处理能力,在医疗、法律等知识密集,需要群体、多步、复杂决策的领域得到广泛关注,并在近期取得了显著进展。其中MDAgents^[7]提出了一种自适应协作框架,通过自动分配合适的协作结构来处理医疗任务,在70%医疗基准测试中均取得了优异表现,相比基线方法提升了4.2%的性能。与此同时,MedAgents^[8]框架通过角色扮演设置实现了免训练的医疗推理,采用五步流程进行医疗决策,在多个医疗数据集上展示了强大的零样本性能。在医疗必要性自动化评估方面,最新研究^[9]表明,基于多

智能体系统的方法在清单项目级判断中的准确率达到86.2%,在整体清单判断中的准确率更是达到了95.6%,显著提高了医疗审批效率。

1.3 基于AI的患者教育系统 人工智能在患者教育领域正在发挥越来越重要的作用。传统的患者教育主要依赖医护人员的口头解释和书面材料,存在效率低、个性化程度不足等问题。随着AI技术发展,研究者们提出了多种智能患者教育方案。例如,AI可以生成个性化的教育内容,根据患者的具体情况和学习风格提供定制化的信息^[10]。虚拟助手和聊天机器人能够实时回答患者的问题,提供无间断支持。AI还可以创建交互式的学习模块,如游戏化的教育内容和虚拟现实模拟,增强患者的参与度^[11]。在医学影像等复杂领域,AI能够生成易于理解的多媒体内容,帮助患者更好地理解诊断和治疗过程^[12]。此外,AI还可以分析大量医疗数据,为患者提供更准确的诊断和个性化的治疗方案^[13]。现有的医疗大模型系统主要聚焦于精准医疗领域,尚无成熟的大语言模型多智能体系统应用于患者教育。

2 5A MedAgent系统架构设计

本研究提出了一种创新的基于大语言模型与多智能体协作的医疗教育系统(5A MedAgent),旨在解决传统患者教育中存在的效率低下和个性化不足等问题。5A MedAgent通过将复杂的患者教育任务分解为5个专业化智能体,并建立了严格的协作机制,实现了从信息采集到随访管理的全流程智能化支持(图1)。通过这种模块化的设计,系统在保证专业性的同时,显著提升了可扩展性和维护性。

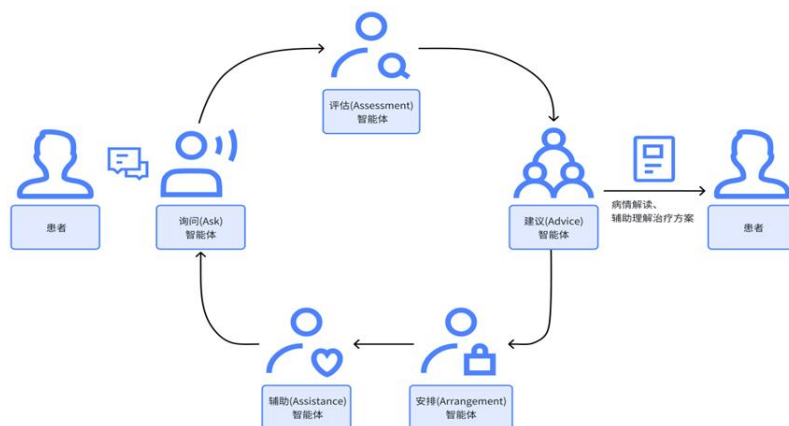


图1 5A MedAgent系统架构设计

2.1 询问智能体(Ask Agent) 作为系统输入端,询问智能体运用了基于指令微调与指令工程的多模态 LLMs 技术,实现了智能化且具有交互性的患者信息采集。该智能体不但能理解患者的自然语言表述,还可通过动态调整提问策略,保证采集信息的完整性与准确性。具体而言,我们以自然语言交互的形式获取全面的患者信息,并通过微调大模型将数据结构化,形成 Json、Pydantic、标准医学影像等格式的结构化信息,为信息的进一步处理创造条件。

2.2 评估智能体(Assessment Agent) 评估智能体依托多模态大模型技术,实现了对患者临床数据的系统化分析与评估。该智能体能够协同处理多源异构数据,包括影像学数据(CT、MRI 等)、病理结果、临床指标以及各类生物标志物信息。通过整合专业临床指南、医学知识库和深度学习算法,智能体可生成精确、全面的疾病风险评估报告。在医学影像分析领域,该智能体采用先进的计算机视觉算法,不仅实现了病灶的精准定位,还能进行深入的特征提取与分析。值得强调的是,系统采用了模块化设计理念,可根据不同临床场景灵活配置相应的识别算法。该系统评估智能体突破了传统 LLMs 的局限,而是采用了更专业的领域特定模型,以此确保评估结果的科学性、专业性和准确性。

2.3 建议智能体(Advice Agent) 基于评估智能体的分析结果,建议智能体通过多维度的智能决策支持系统,为临床医生和患者提供专业化治疗建议。该智能体集成了多项先进技术,包括基于检索增强^[14]的循证医学证据整合、借助向量检索实现的精准病例匹配、依托知识图谱的智能推理,以及多个专业领域智能体的协同论证。这种多层次的分析架构不仅确保了治疗方案符合最新临床指南规范,还能根据患者的个体特征进行精准化调整。在具体实施中,系统从药物治疗、手术方案、康复计划到辅助治疗等多个维度进行综合考量,同时结合患者的具体情况,如年龄、并发症、用药禁忌等因素,制定最优化的个性化治疗方案。此外,系统还具备实时更新能力,可持续整合最新的医学研究成果和临床实践经验,确保治疗建议始终保持与时俱进。

2.4 安排智能体(Arrangement Agent) 安排智能体专注于治疗流程的智能化规划与管理。该智能体基于建议智能体的分析结果,运用先进的大模型推理技术,包括 System2 逻辑推理框架和思维链(chain-of-thought)推理机制,实现了对患者病情的精准分级和个性化诊疗方案的制定。对于诊断明

确的患者,系统能够自动生成标准化的诊疗流程,包括检查安排、治疗计划和随访方案;对于疑难病例,系统会智能匹配适用的进阶检查项目,并自动协调多学科专家会诊,确保诊疗方案的科学性和可行性。这种分层级的智能诊疗体系不仅提高了医疗资源的利用效率,还能为临床决策提供更可靠的支持。

2.5 辅助智能体(Assistance Agent) 作为系统的整合枢纽,辅助智能体负责协调和统筹其他智能体的输出成果,为患者提供全程化的教育和管理服务。该智能体基于自然语言处理技术,将专业医学信息转化为患者易于理解的教育内容,实现了知识传递的个性化和精准化。在随访管理方面,系统通过智能化的跟踪机制,及时收集患者反馈信息,必要时可触发新一轮的询问评估流程(通过询问智能体),实现诊疗方案的动态调整。特别是在预防复发和转移方面,辅助智能体能够根据患者的具体情况,制定精准的防控方案,并借助物联网技术进行实时监测和管理,构建起全方位的患者健康管理体系。

3 关键技术与创新点

3.1 专业化智能体与协作机制 本系统创新性地提出了一种结构化的多智能体协作机制(图 2),通过专业化分工和协同优化,有效解决了单一大语言模型在医疗领域面临的“幻觉”问题和专业性不足等挑战。每个智能体都针对特定任务进行了专门的训练和优化,并通过规范化的接口实现了信息的无缝流转。

在专业化实现方面,系统采用了领域特定的预训练模型。例如,询问智能体集成了基于医学文献预训练的大模型如 BiomedLM^[14],显著提升了医学术语的理解能力;评估智能体则采用了在大规模医学数据上预训练的多模态语言视觉大模型 Llava-Med^[15],确保了影像分析和临床指标分析的准确性。

协同机制的设计采用了双向反馈的方式,智能体之间不仅进行信息传递,还建立了质量评估和优化的闭环。通过这种方式,系统能够持续提升整体性能,并保证生成内容的一致性和可靠性。

3.2 知识增强与推理机制 为确保系统输出的专业性和准确性,本研究设计了基于医学知识图谱的推理增强机制。系统整合了多个权威医学知识库(如 UMLS、RxNorm 等),构建了覆盖疾病、症状、治疗方案等多个维度的专业知识网络。在推理过程中,系统通过图神经网络技术实现了知识的动态调用和推理。当需要生成诊疗建议时,推理机制会自动检

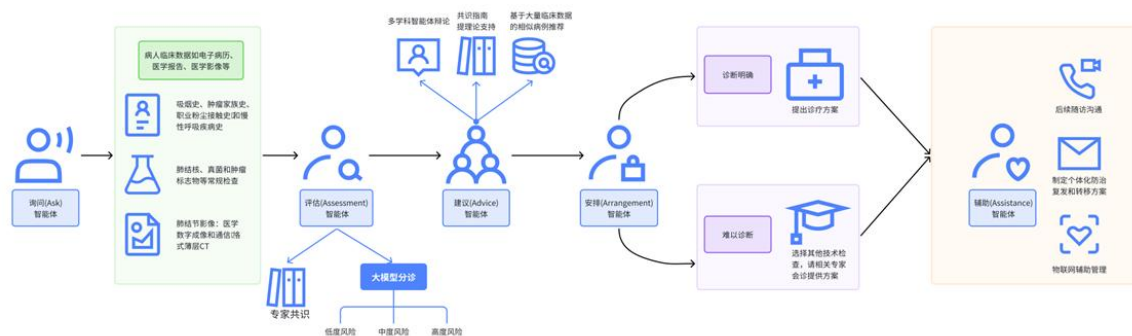


图2 多智能体协作进行智能诊断和患者教育

索相关的临床指南和案例,并结合患者的具体情况进行综合分析。这种基于知识的推理方式不仅提高了系统输出的可靠性,还增强了决策过程的可解释性。

3.3 模块化架构与系统扩展性 系统采用高度模块化的设计思路,使得各个智能体能够独立进行优化和升级。这种架构设计为技术创新预留了充分的空间,例如可以便捷地集成最新的深度学习模型或引入新的医学知识库。同时,系统的扩展性还体现在疾病场景的适配上。通过配置不同的知识库和训练数据,系统可以快速适应不同类型的疾病教育需求。这种灵活的架构设计大大降低了系统维护和更新的成本。

4 5A MedAgents在结直肠癌患者教育中的应用

为了进一步说明如何在实际临床场景中应用 5A Med Agents,本研究选择结直肠癌病理报告解读作为典型应用场景,以验证 5A MedAgent 系统在实际医疗环境中的应用效果。结直肠癌病理报告包含大量专业指标,如TNM分期、分化程度、微卫星不稳定性等,这些指标对于患者来说往往难以准确理解和把握。由于治疗方案的制定与这些病理指标紧密相关,因此为结直肠癌患者提供专业、可靠且易于理解的教育至关重要。

4.1 应用流程 研究详细展示了 5A 多智能体框架在结直肠癌病理报告解读中的完整应用流程:(1)询问智能体(Ask Agent)运用自然语言处理技术,通过结构化对话收集患者的病史信息、家族史、生活方式等关键临床数据;(2)评估智能体(Assessment Agent)采用深度学习模型对病理报告进行智能解析,提取关键医学指标,生成标准化的评估结果;(3)建议智能体(Advice Agent)基于最新临床指南和循证医学证据,结合患者个体特征,提供个性化的治疗建议和风险预警;(4)安排智能体(Arrangement

Agent)制定具体的诊疗实施方案,包括检查安排、用药计划和随访时间表等;(5)辅助智能体(Assistance Agent)整合前述所有信息,通过智能化教育手段,确保患者充分理解病情和治疗计划。其中,系统的智能问答和辅助决策的核心技术实现细节如图3所示,这些技术模块可根据不同医疗机构的具体需求进行灵活调整和优化,以期实现最佳的应用效果。

4.2 系统优势 (1)信息理解度提升:系统通过智能化解释和交互机制,将专业医学术语转化为患者易于理解的表述,显著提高了患者对疾病认知和治疗方案的理解程度。(2)治疗依从性改善:通过个性化提醒和智能随访管理,系统有效提高了患者的治疗计划执行率,并显著降低了漏诊和误诊风险。相较于单一大模型,交互式、多阶段的患者教育更利于患者接受。(3)医疗资源优化:系统采用智能化预约和管理机制,可以优化医疗资源分配,减少医疗资源浪费,提高整体医疗服务效率。

5 结论与展望

本研究提出的 5A MedAgent 系统通过创新的多智能体协作机制和知识增强技术,成功实现了医疗教育的智能化和个性化。在结直肠癌病理报告解读等典型应用场景中的实验验证表明,该系统能显著提升患者教育质量,为医患沟通提供了新型解决方案。未来研究将重点围绕以下 3 个方向深入开展:(1)应用场景拓展。在保持系统核心架构的基础上,将应用范围扩展至其他疾病领域,验证系统的通用性和可扩展性。(2)协作机制优化。深入研究多智能体之间的协同决策机制,引入更先进的协作策略,提升系统的整体性能和决策准确性。(3)技术创新升级。探索整合最新人工智能技术,包括:小样本领域适应性微调技术、大模型慢思考机制、因果推理框架、多模态交互技术。

本研究为医疗教育领域的智能化转型提供了



图3 5A MedAgents在结直肠癌病理报告解读和辅助决策中的工程实践细节

创新性解决方案和实践参考。在大模型时代背景下,该研究不仅具有重要的理论价值,也为推动智能化患者教育的实践发展提供了新思路,对提升医疗服务质量具有重要的现实意义。

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 周介立:撰写文章;周禄庭、辛弘毅:修改文章。

参考文献

- [1] 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.
- [2] ZHAO W X, ZHOU K, LI J Y, et al. A survey of large language models [EB/OL]. [2024-11-10]. <http://arxiv.org/abs/2303.18223>.
- [3] THIRUNAVUKARASU A J, TING D S J, ELANGO VAN K, et al. Large language models in medicine[J]. Nat Med, 2023, 29(8): 1930-1940.
- [4] PAL A, UMAPATHI L K, SANKARASUBBU M. Med-HALT: medical domain hallucination test for large language models[EB/OL]. [2024-11-10]. <http://arxiv.org/abs/2307.15343>.
- [5] SU X R, WANG Y B, GAO S H, et al. Knowledge graph based agent for complex, knowledge-intensive QA in medicine [EB/OL]. [2024-11-10]. <http://arxiv.org/abs/2410.04660>.
- [6] ZHANG S Y, DONG L F, LI X Y, et al. Instruction tuning for large language models: a survey [EB/OL]. [2024-11-10].

<http://arxiv.org/abs/2308.10792>.

- [7] KIM Y, PARK C, JEONG H, et al. MDAgents: an adaptive collaboration of LLMs for medical decision-making [EB/OL]. [2024-11-10]. <http://arxiv.org/abs/2404.15155>.
- [8] TANG X R, ZOU A N, ZHANG Z S, et al. MedAgents: large language models as collaborators for zero-shot medical reasoning [EB/OL]. [2024-11-10]. <http://arxiv.org/abs/2311.10537>.
- [9] PANDEY H, AMOD A, SHIVANG. Advancing healthcare automation: multi-agent system for medical necessity justification [EB/OL]. [2024-11-10]. <http://arxiv.org/abs/2404.17977>.
- [10] THORAT V, RAO P, JOSHI N, et al. Role of artificial intelligence (AI) in patient education and communication in dentistry[J]. Cureus, 2024, 16(5): e59799.
- [11] Interactive patient education tools: a game changer in healthcare [EB/OL]. [2024-11-10]. <https://logicloom.in/interactive-patient-education-tools-a-game-changer-in-healthcare/>.
- [12] MAREY A, SAAD A M, KILLEEN B D, et al. Generative artificial intelligence: enhancing patient education in cardiovascular imaging[J]. BJR Open, 2024, 6(1): tzae018.
- [13] DAVE M, PATEL N. Artificial intelligence in healthcare and education[J]. Br Dent J, 2023, 234(10): 761-764.
- [14] BOLTON E, VENIGALLA A, YASUNAGA M, et al. BioMedLM: a 2.7B parameter language model trained on biomedical text [EB/OL]. [2024-11-10]. <http://arxiv.org/abs/2403.18421>.
- [15] LI C Y, WONG C, ZHANG S, et al. LLaVA-med: training a large language-and-vision assistant for biomedicine in one day [EB/OL]. [2024-11-10]. <http://arxiv.org/abs/2306.00890>.

引用本文

周介立,周禄庭,辛弘毅. 5A MedAgent: 面向患者教育的医疗大语言模型多智能体协作系统[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(4): 12-16.

ZHOU J L, ZHOU L T, XIN H Y. 5A MedAgent: a multi-agent collaborative system based on large language models for patient education[J]. Metaverse Med, 2024, 1(4): 12-16.

DOI:10.61189/317754bkfwnp

· 专题报道 ·

住培元宇宙临床思维训练模式探索与实践



王 源¹, 王利新², 白浩鸣³, 余 情³, 耿文叶⁴, 戴伟辉⁵, 白春学^{1,6,7,8,9}, 高承实¹⁰,
张宇鸣¹¹, 杨达伟^{1,6,7,8,9*}

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血管外科, 上海 200032
3. 复旦大学附属中山医院教育处, 上海 200032
4. 复旦大学张江科技研究院, 上海 200000
5. 复旦大学管理学院, 上海 200000
6. 复旦大学附属中山医院(厦门)呼吸与危重症医学科, 厦门 361000
7. 上海呼吸物联网医学工程技术研究中心, 上海 200032
8. 上海市呼吸病研究所, 上海 200032
9. 中国肺癌防治联盟, 上海 200032
10. 上海散列信息科技合伙企业, 上海 200000
11. 中国信息通信研究院医疗健康大数据与网络研究中心(华东), 上海 200000

[摘要] 随着信息技术的飞速发展,元宇宙作为一种新兴的虚拟世界概念,逐渐在医学教育和临床培训中展现出巨大的潜力。传统的培训模式面临诸多挑战,如临床资源的有限性、病例的复杂性以及培训的时间和场地限制,而元宇宙技术为住院医师培训开辟了新路径。本研究探讨了如何利用虚拟现实(VR)、增强现实(AR)、人工智能(AI)等元宇宙相关技术,构建一个沉浸式、互动性强的临床思维训练平台。通过模拟各种复杂的临床场景,住院医师可以在没有风险的环境中进行反复训练,提升其临床思维的灵活性与应对能力。元宇宙平台能通过实时反馈和智能分析,帮助住院医师迅速调整学习策略、优化诊疗思维,为其提供了更多的实践机会。

[关键词] 住培;元宇宙;思维训练

[中图分类号] R-1 **[文献标志码]** A

Exploration and practice of the resident training metaverse clinical thinking training model

WANG Yuan¹, WANG Lixin², BAI Haoming³, YU Qing³, GENG Wenye⁴, DAI Weihui⁵, BAI Chunxue^{1,6,7,8}, GAO Chengshi⁹, ZHANG Yuming¹⁰, YANG Dawei^{1,6,7,8,9*}

1. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China
2. Department of Vascular Surgery, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China
3. Department of Education, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China
4. Zhangjiang Institute of Science and Technology, Fudan University, Shanghai 200000, China
5. Shanghai Hash Information Technology Partnership Co., LTD., Shanghai 200000, China
6. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Xiamen Branch, Zhongshan Hospital, Fudan University, Xiamen 361000, Fujian, China
7. Shanghai Respiratory Internet of Things Medical Engineering Technology Research Center, Shanghai 200032, China
8. Shanghai Institute of Respiratory Diseases, Shanghai 200032, China
9. China Lung Cancer Prevention and Treatment Alliance, Shanghai 200032, China
10. School of Management, Fudan University, Shanghai 200000, China

[收稿日期] 2024-12-12

[接受日期] 2024-12-29

[基金项目] 上海市健康科普人才能力提升专项(青年英才)(JKKPYC-2023-A20),上海高校市级重点课程(FDSHZD202409),上海市科学技术委员会上海工程技术研究中心建设计划(20DZ2254400). Supported by Project of Promoting Ability of Medical Science Popularization for Young Talents in Shanghai (JKKPYC-2023-A20), Shanghai Municipal Key Courses (FDSHZD202409), Fund of Shanghai Municipal Commission of Science and Technology (20DZ2254400).

[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

11. Big Data and Network Research Center for Healthcare, China Academy of Information and Communications Technology, Shanghai 200000, China

[Abstract] With the rapid development of information technology, the Metaverse, as an emerging concept of virtual worlds, is gradually showing immense potential in medical education and clinical training. Particularly in the clinical reasoning training of resident physicians, traditional training models face numerous challenges, such as limited clinical resources, complex cases, and restrictions on training time and venues. Metaverse technologies has opened new pathways for resident physician training. This study explores how to leverage metaverse-related technologies, such as virtual reality (VR), augmented reality (AR), and artificial intelligence (AI), to build an immersive and interactive clinical reasoning training platform. By simulating various complex clinical scenarios, resident physicians can engage in repeated training in a risk-free environment, enhancing their flexibility in clinical thinking and their ability to respond effectively. The metaverse platform offers real-time feedback and intelligent analysis to help resident physicians quickly adjust learning strategies and optimize diagnostic and treatment thinking, and provides more practical opportunities for them.

[Key Words] resident training; metaverse; cognitive training

住培临床思维训练能够显著提升住院医师的诊断能力,减少漏诊和误诊,帮助他们迅速分析病情并制定合理的治疗方案。同时,鼓励自主学习和反思,培养终身学习的能力,促进职业生涯的持续发展。此外,这种训练还培养团队合作意识,提高协作能力,使住培医生能在不断变化的医疗环境中快速适应新政策、技术和标准,从而增强应变能力。

然而,仅依赖传统方式无法满足住培临床思维训练的需求。随着物联网和元宇宙的快速发展,元宇宙医学正成为国内外医疗领域的热门话题^[1-4]。元宇宙指基于虚拟现实、增强现实、混合现实等技术的一个全新的虚拟空间。白春学教授^[5-7]将医学中的元宇宙应用定义为使用 AR 和(或)VR 眼镜促进医疗物联网的平台,融合了全息构建、全息仿真、虚实融合、虚实互联等智能技术。因此,其可以提供更加沉浸式、直观的体验,推动大众健康科普的普及和创新。在住培临床思维训练中,元宇宙可带来以下创新性和优势:(1)虚拟系统模拟。元宇宙技术可以创建虚拟的系统模型,模拟人体的生理变化和疾病发展。(2)交互式教育和培训。通过虚拟现实设备参与模拟手术操作、急救训练等,增强相关知识和技能的学习效果。(3)多维数据可视化。元宇宙技术可以将人体的多维数据可视化呈现。这一探索与实践为住培元宇宙临床思维训练模式开辟了新路径。

本文提出住培元宇宙临床思维训练模式,以呼吸内科住培元宇宙临床思维训练为例,采用三维多媒体动画互动视频的形式,线上授课与线下实践并行,多角度、多方向、多体验,向住培医师讲解慢性呼吸系统疾病相关内容,例如慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)、哮喘、肺结节与肺癌等,促进住培医师对常见重大慢性疾病病因、预防与管理的理解^[8]。

1 元宇宙医学虚拟课堂的搭建

从常见的慢性呼吸系统疾病切入,将目前最新的元宇宙概念融入住培医师临床思维训练中,运用最新技术手段,增强住培医师在肺结节、哮喘、COPD 等疾病预防、筛查、诊断和治疗各方面的知识储备。组建专业的科普团队,包括教学、编导、制作小组,完成元宇宙医学虚拟课堂的搭建。

(1)教学 PPT 和元宇宙医学科普文章:由教学小组编写教案、教学 PPT,团队成员共同完成科普文章,编导小组将根据教案收集、整理需要的各种素材,建立完备的素材库。(2)教学模型:制作小组接手素材库,开始制作视频脚本中所要求的具体素材,其中包括教学老师的虚拟数字人模型、教学场景搭建、医学教具模型等。(3)教学视频:准备 32 课时,时长超过 40 min 的教学课程,课程将以互动视频的形式,由元宇宙医学数字人进行教学讲解,展示教学 PPT 内容的同时配合三维动画及住培医师互动问答。这些课程内容既包括对物联网医学和元宇宙医学的整体特征的系统性认识,又重点讲解了医学和信息技术的结合框架,并引导住培医师加深理解物联网医学与元宇宙医学在慢性呼吸系统疾病管理中的意义。(4)科普动画:对动画制作过程中需要规范、统一的要素,制定相应标准,包括文件名、模型名、灯光材质要求、贴图路径、不同阶段的参考场景、场景的单位尺寸等,要求所有制作小组成员必须严格遵守。(5)元宇宙数字人互动视频:在本项目的互动教学视频中,元宇宙数字人将成为教学老师的数字替身,充当旨在提供信息和帮助用户的交互式工具。数字人将 1:1 复制教学老师的外貌与行为特征,实现虚拟授课。(6)线下实践体检系统搭建:通过整合上述资料,完善线下科普展示及科普宣传的设施,利用高科技手段,打造内容丰富的

高科技科普环境,增强民众在现实场景中的感知和参与。线下搭建的元宇宙医学互动平台,将提供现场模拟病例、解剖教学、手术训练等演示操作实训,涵盖了慢性呼吸系统疾病的多个方面,包括慢阻肺、哮喘、肺结节与肺癌等,覆盖了常见重大慢性疾病的病因、预防和管理等内容,将困难的知识点游戏化,以轻松的学习体验,增强住培医师的沉浸感,激发学习热情。

2 住培元宇宙临床思维训练过程

采用多平台虚实结合的方法开展思维训练,同时在实验教学过程中也使用了问题导向的教学方法,而且部分环节也应用了微课教学视频辅助实验教学^[9-11]。

2.1 多平台虚实结合实验教学方法

2.1.1 使用目的 本实验项目分为虚拟实验和仿真实验两个部分,虚拟实验软件共有 4 个不同平台的版本。上述条件能够保证全方位、多途径的强化知识传授和实验技能训练。同时不同平台的软件可以满足项目推广过程中,不同层次医院培训呢的需求,用最低的成本实现更好的实验教学效果。

2.1.2 实施过程 (1)全平台虚实结合模式:全平台虚实结合模式是在能够满足硬件要求的专用虚拟仿真实验室中开展实验教学的模式。其主要过程包括:课前提培医师通过 PC 版和移动端预习了解实验流程;课上根据预习情况教师使用 3D 环幕版演示实验关键步骤进行示教;课上住培医师使用 PC 版软件进行虚拟实验,并完成实验报告;课上住培医师使用仿真实验强化关键环节实验操作;课后住培医师在实验室开放时间使用 VR 版加深实验操作过程。

(2)终端虚实结合模式:终端虚实结合模式是在没有 3D 环幕和 VR 设备,只有普通计算机终端的实验室中开展教学的模式。主要过程包括:课前提培医师通过 PC 版和移动端预习了解实验流程;课上住培医师使用 PC 版软件进行虚拟实验,并完成实验报告;课上住培医师使用仿真实验强化关键环节实验操作。

(3)远程虚拟实验模式:远程虚拟实验模式是非集中教学模式,住培医师通过移动端预习,通过 PC 进行虚拟实验,完成实验报告。

2.2 问题导向教学方法 课堂中以问题倒入的形式(problem-based learning, PBL)引导住培医师运用基础知识解决在虚拟仿真实景中遇到的具体问题。运用虚拟实验项目多分支流程的优势,给住培医师

展示不同检测方法的优缺点。实现课堂上以往培医师参与互动为主,教师指导为辅的教学模式,充分调动住培医师的积极性,激发住培医师的创造力,培养住培医师的应变能力。

2.2.1 使用目的 改变传统以“老师为中心”的教学方法,开展紧紧围绕以“住培医师为中心”的教学方法,住培医师始终以问题为导向逐步深入实验。通过形象、生动的方式,教授知识培养技能。实现提高住培医师肺结节预防和诊治意识,树立住培医师对患者负责的职业责任感。同时从患者的角度提出问题,引导住培医师学会从患者的角度思考,提高住培医师的服务意识,促进综合素质提高。

2.2.2 实施过程 问题分为预习阶段、实践阶段、评析阶段提出。(1)预习阶段:老师通过在线训练平台上传微课视频,提出综合性预习问题。(2)实践阶段:实验以问题的形式开展,住培医师会首先看到病例情况,设计如何运用元宇宙医学对患者开展规范化诊疗,开始实验。(3)评析阶段:实验结束后,软件会从患者的角度提出问题,引导住培医师学会从患者的角度思考,提高住培医师的服务意识,促进综合素质提高。

2.3 微课视频的应用 本课程还制作了丰富的微课视频,主要分为三类:软件操作指南、典型案例示范和综合评价分析。住培医师通过微课的学习节约了实验教学时间,获得了更多时间和交流的机会。

3 元宇宙临床思维训练模式的优势

该住培训练模式应用元宇宙虚实融合、人机融合和虚实联动技术结合物联网全面感知、可靠传输和智能处理技术的策略^[13-16],全时空地指导经验不足的住培医师解决医学问题。此外,其可以提高医学课程内容的趣味性和吸引力,同时也增强了住培医师的参与感和沉浸感,虚实结合的丰富了住院医师对慢性呼吸系统疾病的知识储备,增加了学习的多样性和深度^[12],具有较高的创新性。具体主要表现在以下几个方面:(1)定位。本住培元宇宙临床思维训练模式是国内首个以元宇宙医学概念进行的住培临床训练。(2)形式。采用医学数字人进行虚拟授课,同时辅以线下互动宣传,以新颖的教学模式讲解专业知识。(3)内容。宏观上通过医学加技术的模式提高受众健康素养,细节上通过人文设计的故事加深住培医师对疾病的掌握和应对程度。(4)宣传。采用明星宣传、由专业公司进行线上与线下多方位活动与宣传的运营。(5)拓展。结合复

旦大学通识教育核心平台进行宣传与项目推广。

4 推广应用

2022 年,项目团体推出了沉浸式康复训练,为孤独症儿童或其他患有神经精神性疾病的特殊儿童创建一个行为治疗元宇宙世界。在这样的虚拟世界里,每个儿童都可以拥有专属于自己的“虚拟人”,通过这个数字化身让孤独症儿童体验各种现实场景,学会基本的一些沟通和社交等生活技能,从而提高自身和家庭的生活质量。而康复师则可以使用轻量级数字替身终端,通过智能终端设备,以“虚拟人”形象在沉浸式虚拟环境中与患儿进行沟通、运动和交互。

这个基于 VR 技术和数字孪生的行为治疗元宇宙项目,对于住培医师的思维模式训练具有重要意义。通过沉浸式的虚拟环境,住培医师能够迅速适应不同的治疗情境和患者需求,培养灵活应对各种临床挑战的能力;在与“虚拟人”互动的过程中,医师可以更深入地理解孤独症患儿的感受和需求,从而提高他们的共情能力,有助于建立更好的医患关系;该项目结合了心理学、教育学和技术等多个领域,鼓励住培医师从多维度思考问题,提升其跨学科的综合分析能力;VR 训练平台能够收集大量数据,帮助住培医师在实际操作中进行反思,基于数据做出更科学的康复方案,培养严谨的科研思维;激发住培医师的创新意识,鼓励其探索新的治疗方法和工具,将理论知识与实际操作相结合,增强实践能力;在多人协同的虚拟环境中,住培医师需要与其他医务人员合作,共同设计和实施治疗方案,提升团队合作能力;目强调家庭在康复过程中的重要性,住培医师将学会如何有效地与患者家庭沟通,并引导他们参与治疗过程,增加了对家庭角色的认识;通过使用新兴技术,住培医师将熟悉现代医疗手段,增强其在数字医疗时代的竞争力和适应能力。这一项目不仅为孤独症儿童提供了创新的康复方案,也为住培医师的专业成长和思维模式转变提供了宝贵的实践平台。

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:撰写文章;王利新、白浩鸣、余情、耿文叶、戴伟辉、白春学、高承实、张宇鸣、杨达伟:模型设计、文章修改。

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. 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 白春学. 实用物联网医学[M]. 北京:人民卫生出版社, 2014.
- [6] 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.
- [7] 白春学. 元宇宙医学之我见[J]. 中国医药导刊, 2023, 25(1): 1-6.
- [8] 白春学. 物联网医学与远程教育平台-管理中心云计算端软件 V1.0:2013SR002370[P]. 2013-01-09.
- [9] 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.
- [10] 钱小龙,张奕潇,宋子昀,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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] YANG D W, ZHOU J, SONG Y L, et al. Metaverse in Medicine. Clin eHealth, 2022, 5: 39-43.
- [14] YANG D W, ZHOU J, CHEN R C, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine[J]. Clin eHealth, 2022, 5: 1-9.
- [15] 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.
- [16] 白 莉,杨达伟,王 洵,等. 物联网辅助新冠肺炎诊治中国专家共识[J]. 复旦学报(医学版), 2020, 47(2): 145-151.

引用本文

王 源,王利新,白浩鸣,等. 住培元宇宙临床思维训练模式探索与实践[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(4): 17-20.

WANG Y, WANG L X, BAI H M, et al. Exploration and practice of the resident training metaverse clinical thinking training model[J]. Metaverse Med, 2024, 1(4): 17-20.

DOI:10.61189/392090nzzxavc

· 专题报道 ·

元宇宙技术在冠状动脉慢性闭塞病变介入治疗教学中的应用与发展



檀亚航, 张 涛, 赵 林*

首都医科大学附属北京朝阳医院心内科, 北京 100853

[摘要] 冠状动脉慢性闭塞病变(chronic total occlusion, CTO)介入治疗技术复杂,对术者的经验、技巧及术中判断力要求极高。然而,传统教学模式在复杂CTO介入培训中面临诸多挑战。元宇宙作为融合虚拟现实(VR)、增强现实(AR)、人工智能(AI)等技术的新兴技术,为CTO介入教学提供了沉浸式、互动性强的解决方案。本文综述了元宇宙医学在CTO介入治疗教学中的研究进展与应用前景。

[关键词] 元宇宙;慢性闭塞病变;介入治疗;教学

[中图分类号] R 543.1⁺² **[文献标志码]** A

The application and development of metaverse in the teaching of chronic total occlusion interventional treatment

TAN Yahang, ZHANG Tao, ZHAO Lin*

Department of Cardiology, Beijing Chaoyang hospital, Capital Medical University, Beijing 100853, China

[Abstract] The interventional treatment of chronic total occlusion (CTO) in coronary arteries is a highly complex procedure that demands exceptional expertise, advanced technical skills and sophisticated intraoperative decision-making from operators. Traditional teaching methods, however, encounter significant limitations when it comes to training for such intricate interventions. As an emerging paradigm, metaverse—which integrates virtual reality (VR), augmented reality (AR) and artificial intelligence (AI)—provides an immersive and interactive platform for advancing CTO interventional training. This article explores the latest research advancements and discusses the future potential of metaverse in enhancing the education and training of CTO interventions.

[Key Words] metaverse; chronic total occlusion; interventional treatment; teaching

冠状动脉慢性闭塞病变(chronic total occlusion, CTO)是冠状动脉介入治疗中技术难度最高的手术操作之一,其成功率受术者经验和学习曲线的影响较大。因此,亟需探索CTO介入教学新方法以提高手术成功率。

元宇宙医学是通过构建虚拟现实与物理现实融合的医疗环境,以实现医疗教学、手术规划和临床应用的创新模式。其融合虚拟现实(VR)、增强现实(AR)、人工智能(AI)、数字孪生等数字技术,为CTO的复杂解剖及介入策略培训提供了超越传统教学模式的新方法^[1]。

1 元宇宙CTO介入治疗教学的应用场景

1.1 沉浸式教学平台 元宇宙技术通过模拟真实手术场景,提供多维度互动学习体验。基于CTO患者影像数据重建三维冠状动脉模型,学生可在虚拟

环境中练习导丝操控与病变处理。通过模拟术者、助手与放射技师的术中配合,提高团队协作能力。

1.2 手术规划与技术训练 基于虚拟环境,术者可尝试选择不同导丝路径与策略,评估可能的术中风风险。此外,通过模拟CTO介入治疗中的复杂情况(如血管穿孔、无复流现象等),帮助术者提高处理罕见并发症的能力。

1.3 远程教学与共享 通过元宇宙平台,专家可远程同步参与虚拟手术教学,为学员提供实时指导。这在地域资源分配不均的情况下尤为重要。

2 研究现状与进展

2.1 国际研究进展 美国和欧洲多个心血管中心已建立VR培训系统,用于CTO介入的教学和演示。美国梅奥诊所心血管科开发了基于VR的介入手术培训系统,用于学习治疗复杂CTO病变。英国皇家

[收稿日期] 2024-12-10

[接受日期] 2024-12-25

[基金项目] 国家自然科学基金(62106160, 82370412). Supported by National Natural Science Foundation of China (62106160, 82370412).

[作者简介] 檀亚航,博士,主任医师. E-mail: tanyahang@163.com

*通信作者(Corresponding author). Tel: 010-51718999, E-mail: trichina2007@126.com

布朗普医院开发了针对初学者的虚拟导丝导航训练系统,提供不同复杂程度 CTO 病变病例;荷兰阿姆斯特丹 CTO-PCI 教学系统可以整合术前影像规划与术中操作模拟。东京大学医院开发了以复杂 CTO 病例为核心的 VR 培训系统,重点关注导丝路径规划和逆向技术的训练。研究^[2]证实这种模式能够显著缩短术者的学习曲线。

2.2 国内发展现状 健康中国战略和医疗信息化建设政策为 VR 培训系统的发展提供了政策支持和资金投入,也初具成果。华为开发的 5G-VR 解决方案支持实时数据传输与高清影像展示;微创医疗推出了面向复杂冠脉介入手术的 VR 平台,提供视觉反馈功能。国产心血管 VR 培训系统具有多种优势:本地化设计;技术成本相对较低;政策支持;与人工智能、大数据技术结合,提供个性化训练方案与实时操作评分。目前,国内一些医院已开始尝试将 VR 与 AR 技术引入介入培训^[3],但整体尚处于起步阶段,亟需建立标准化平台和应用规范。

3 优势与挑战

3.1 优势 (1)个性化教学。元宇宙平台可以根据学员的临床经验和知识储备自动匹配学习内容,为初学者提供基础操作训练;为高级学员模拟复杂病例(例如慢性闭塞病变中的逆向介入策略)。此外,元宇宙技术可实时调整学习难度,系统能够动态评估学员在虚拟环境中的表现,并调整训练难度,确保学习的难度和强度适宜。(2)低风险、高重复性。VR 技术避免学习者直接接触患者,降低实际操作风险。在虚拟环境中,学员可大胆尝试不同的手术策略,培养解决问题的能力,而不对真实的患者造成任何伤害。此外,模拟训练不受时间和资源的限制,可无限次重复模拟,从而熟练掌握操作技巧。(3)实时反馈。元宇宙通过虚拟环境提供数据分析与操作建议,并结合 AI 技术,可对学员的操作进行实时评分与评估,指出操作步骤错误或改进空间,提供个性化改进建议。

3.2 挑战 (1)技术成本高。元宇宙设备及平台开发、维护成本较高,经济压力和培训成本增加,导

致推广困难。且目前技术存在多处局限,包括硬件技术成熟度不足,计算能力和网络依赖,模拟精度和真实性限制等。(2)标准化不足。当前元宇宙教学内容、操作流程和评估方式尚未标准化,缺乏统一的教学评估与认证体系,可能导致教学成果参差不齐。目前医学界对元宇宙的接受度不足、普及范围较窄,保守派认为元宇宙教学可能令学生缺乏实际操作经验或过于依赖技术,影响传统临床技能的掌握。此外,如何科学评估元宇宙医学的教学效果,确保其优于传统教学方法,也是一项亟待解决的问题。(3)真实感与复杂性不足。元宇宙教学难以完全还原部分 CTO 操作的技术细节(如触觉反馈)^[4]。

元宇宙医学通过创新的教学方式,为 CTO 介入治疗的复杂技术传授提供了新思路,尤其在病例规划、技术训练和远程教学中具有显著优势。随着技术进一步成熟和推广,元宇宙医学在 CTO 介入治疗教学中的应用仍有巨大发展空间。未来研究应聚焦于:构建高精度、低成本的虚拟教学系统;开发融合多模态技术的综合教学平台;建立标准化教学和评估体系;探索 AI 与元宇宙结合的智能化教学方式。

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 檀亚航:撰写文章;张涛、赵林:修改文章。

参考文献

- [1] 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.
- [2] SKALIDIS I, KACHRIMANIDIS I, KOLIASTASIS L, et al. Cardiology in the digital era: from artificial intelligence to Metaverse, paving the way for future advancements[J]. *Future Cardiol*, 2023, 19(16): 755-758.
- [3] 苑明川,王莉,王贺,等.虚拟现实技术在心血管领域应用的研究进展[J]. *中国医学装备*, 2023, 20(5): 187-191.
- [4] OZKAN J. Taking cardiology to the metaverse: how augmented and virtual reality are broadening our horizons[J]. *Eur Heart J*, 2023, 44(30): 2800-2801.

引用本文

檀亚航,张涛,赵林. 元宇宙技术在冠状动脉慢性闭塞病变介入治疗教学中的应用与发展[J]. *元宇宙医学*, 2024, 1(4): 21-22.

TAN Y H, ZHANG T, ZHAO L. The application and development of metaverse in the teaching of chronic total occlusion interventional treatment[J]. *Metaverse Med*, 2024, 1(4): 21-22.

DOI:10.61189/555598vkbjw

· 专题报道 ·

AI平台在元宇宙与未来医学课程中应用的初步探讨

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] **目的** 探究AI平台在学生群体中的应用普及程度。**方法** 纳入选修复旦大学《元宇宙与未来医学》的60名本科生, 随机分成10组, 每组6人, 对学生生成小组logo的方法进行问卷调查。**结果** 共收到有效问卷45份。其中, 有8组同学使用AI平台设计logo。命令关键词集中为“元宇宙”、“医学”和“logo”。第4组、第7组和第3组的logo最受欢迎。其中, 共29名同学填写了MBTI类型。使用AI的学生中, INFP有4位, INTJ有5位; 未使用AI的同学中, ENFP有3位, INTJ有2位。**结论** AI平台在学生学习和创作中的应用日益普及, 同时也面临一些挑战。未来的教学中, 可以考虑加强对AI工具的培训, 以提升学生的使用能力和创作效果。

[关键词] 元宇宙; 人工智能; 教育**[中图分类号]** R-1 **[文献标志码]** A

Preliminary exploration of the application of AI platforms in metaverse and future medicine courses

WANG Yuan¹, YANG Dawei^{1,2,3,4,5}

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

[Abstract] **Objective** This study aims to explore the prevalence of AI platform usage among student groups. **Methods** Sixty undergraduate students enrolled in the general elective course "Metaverse and Future Medicine" at Fudan University were divided into 10 groups, each consisting of 6 members. After class, a questionnaire was administered to collect feedback on the logos generated by the groups. **Results** A total of 45 valid questionnaires were received. Among them, 8 groups of students used AI platforms to design logos. The keywords focused on "metaverse," "medicine," and "logo." The most popular logos were from Group 4, Group 7, and Group 3. Among the 29 students who filled out their MBTI types, there were 4 INFPs and 5 INTJs among those who used the AI platform, while the non-AI users included 3 ENFPs and 2 INTJs. **Conclusion** The application of AI platforms in student learning and creation is increasingly common, though challenges remain. Future teaching could consider enhancing training on AI tools to improve students' usage skills and creative outcomes.

[Key Words] metaverse; artificial intelligence; education**[收稿日期]** 2024-09-29**[接受日期]** 2024-10-17

[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

人工智能(AI)的普及正在深刻改变各个行业的运作方式。从深度学习框架如 TensorFlow 和 PyTorch,到云服务提供的机器学习工具,如 Amazon SageMaker 和 Microsoft Azure AI,这些 AI 平台支持自然语言处理、计算机视觉,并进行数据分析和预测建模,从而针对不同需求提供定制化解决方案。开源工具的涌现,使得开发者和企业能够更灵活地创新和应用 AI 技术,促进了技术的普及与发展。这种普及不仅促进了创新,也加速了各行业向智能化转型的进程,最终实现了更高效、更智能的未来。

随着 AI 平台的普及,越来越多的学生在学习中积极利用这些工具来提升自己的学习效果。AI 技术可以提供个性化的学习体验,帮助学生根据自身的需求和节奏进行学习。通过智能推荐系统,学生能够获取与自己学习内容相关的资料和资源,从而加深理解。此外,AI 还可以辅助完成作业、进行模拟测试和提供即时反馈,使学习过程更加高效。这样的变化不仅提高了学生的学习动力,也促进了自主学习能力的提升。基于此,在《元宇宙与未来医学》这门课上开展问卷调查,以探究 AI 平台在学生群体应用的普及程度,了解学生使用 AI 工具的频率、他们对这些技术的态度以及在设计创意方面的实际应用情况。通过分析问卷结果,识别出哪些 AI 平台最受欢迎,学生在使用过程中遇到的挑战,以及他们对未来 AI 在学习和创作中潜在应用的想法^[1]。这将为我们进一步优化课程内容和教学方法提供重要依据,促进学生在数字化时代的创造力和合作能力的发展。

1 资料与方法

2.1 研究资料 本研究纳入来自复旦大学的 60 名选修《元宇宙与未来医学》课程的本科生,涵盖了理学、工学、医学、哲学等多个专业。60 名学生被随机分成 10 组,每组 6 人。分组考虑了参与者的年龄、专业和性别,以确保每组的多样性和代表性。每个小组拥有 10 min 讨论时间以确定组名、设计 logo、创造 slogan。

2.2 问卷调研 分组讨论结束后,用匿名问卷调研学生在 logo 设计过程中对 AI 平台的使用情况。问卷共分为 6 个部分:(1) logo 是否借助 AI 平台生成,了解学生们是否利用 AI 技术来辅助设计。(2) 生成 logo 的 AI 平台,收集学生使用的具体 AI 工具或平台名称,以便分析其普及程度和功能。(3) 生成 logo 输入命令的次数,记录每组在设计过程中向 AI 平台输入命令的频率,评估其依赖程度。(4) 生成 logo 输入

的具体命令,要求学生详细描述他们输入的命令,从而揭示设计思路和使用策略。(5) 对其他小组的 logo 根据喜欢程度进行排序,通过比较不同组的设计,了解学生对于视觉效果和创意的主观评价。(6) MBTI 人格类型,收集学生的个性类型,以探讨个性与创意表现之间的关系。

2 结果

教学评估共计收到 45 份问卷,8 组同学使用 AI 平台设计 logo,其中 3 组使用了 ChatGPT,2 组使用了豆包 AI,1 组使用了百度 AI,1 组使用了 Canva,1 组使用了微软 Bing 图像生成器。

生成 logo 输入命令的关键词集中在“元宇宙”,“医学”,和“logo”,有小组直接输入组名生成 logo。根据喜爱程度排序结果,第 4 组,第 7 组和第 3 组的 logo 是最受欢迎的。其中第 4 组的 logo 是借助 ChatGPT 生成的,第 7 组和第 3 组均没有借助 AI 平台生成。

45 份问卷中,有 29 名同学填写了自己的 MBTI 类型。在使用 AI 平台的同学中 INFP 有 4 位,INFJ 有 1 位,ISFJ 有 1 位,ISTJ 有 1 位,INTP 有 2 位,INTJ 有 5 位,ENFP 有 4 位,ESTJ 有 1 位,ENTJ 有 2 位;未使用 AI 平台的同学中 ISTJ 有 1 位,INTP 有 1 位,INTJ 有 2 位,ENFP 有 3 位,ESTJ 有 1 位,ENTJ 有 1 位。

3 讨论

AI 平台在教育环境中的日益融入,标志着学生学习和创造力方法的重大转变。本研究结果显示,大量学生已经接受并使用这些技术,以提升他们的项目成果,突显了年轻学习者对 AI 工具日益增长的熟悉度和依赖性。

通过小组讨论,学生们不仅参与了协作设计过程,还探索了 AI 在创造性工作中的实际应用。10 个小组中有 8 个利用 AI 平台生成他们的标志,凸显了通过技术进行艺术表达的趋势。在使用的 AI 工具中,ChatGPT 成为了最受欢迎的选择,其次是豆包 AI。用户选择侧面反映这些平台的用户友好和多功能性。

喜爱度调查结果显示即使不依赖于 AI 工具,团队的创意和设计仍然能获得认可,表明了学生们在设计能力和创新思维方面的潜力;AI 工具在某些情况下可能提升了设计质量,但并不是成功的唯一因素,团队合作和个人创意也同样重要。同时也说明 AI 平台在创新方面仍需不断改进和提升,以更好地支持用户的创意表达和设计需求。

根据 MBTI 类型数据,使用 AI 平台设计 logo 的同学中,INFP(4 位)、INTJ(5 位)和 ENFP(4 位)占据较大比例。这些类型通常倾向于具有创造力和开放性,可能更愿意尝试新工具和技术;在未使用 AI 平台的同学中,ENFP(3 位)和 INTJ(2 位)也相对较多,但整体数量较少,说明这部分同学可能在技术应用上更加谨慎或不太倾向于使用 AI 辅助工具。使用 AI 平台的同学中,内向型(I)和外向型(E)均有代表,显示出不同性格类型对技术工具的适应性。外向型可能更倾向于快速分享和尝试新事物,而内向型则可能在使用时更注重深度和反思。从判断型(J)和知觉型(P)的分布来看,使用 AI 平台的同学中,判断型(如 INTJ、ESTJ)的比重相对较高,可能意味着这些同学在设计过程中更注重结构和规划,而知觉型(如 ENFP、INFP)则可能更关注创意和灵活性。总体来看,具有创造力和想象力的 MBTI 类型更倾向于使用 AI 平台设计 logo,这可能与 AI 工具的目的相符,即促进创新和设计思维。而未使用的同学则可能更加依赖传统方法。MBTI 类型可能影响学生对 AI 工具的接受度和使用方式,了解这些差异可以帮助教育者更好地引导学生使用技术工具,提升他们的设计能力和创意表达。

然而,在教育环境中使用 AI 的过渡并非没有挑战^[2]。尽管调查结果显示学生对 AI 工具的积极接纳,但他们可能会遇到充分发挥其潜力的困难。例如,一些参与者可能在理解如何有效地提示 AI 系统以实现预期的创造性结果时遇到困难。此外,关于原创性和使用 AI 生成内容的伦理问题可能会引发学生担忧,例如,AI 生成作品的著作权归属问题。

这些挑战表明,可以开展结构化的培训以帮助

学生掌握高效使用 AI 技术所需的技能,包括指导如何构建提示、批判性评估 AI 输出以及确保考虑伦理问题。通过 AI 素养的研讨会,教育者可以帮助学生理解这些工具的优缺点,从而使他们在学习和创造性项目中更有效地使用 AI 工具^[3-4]。随着学生越来越熟练地使用 AI 平台,可以预见未来 AI 会在个性化学习体验中发挥核心作用。例如,AI 可以帮助学生识别自己的优势和弱点,提供量身定制的资源以促进改进。

综上所述,尽管 AI 平台在学生中的应用日益普及,但必须解决随之而来的挑战。通过营造鼓励探索和理解 AI 工具的环境,增强学生的创造能力和批判性思维能力。这种主动的方式不仅将为学生准备一个 AI 无处不在的未来,还将确保他们能够在日益数字化的世界中有意义地贡献。

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 王源:撰写文章;杨达伟:修改文章。

参考文献

- [1] 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.
- [2] ALBEHAIRI S A, ALSAHLI O M, BANDER L F, et al. Postoperative otoplasty care with ChatGPT-4: a study on artificial intelligence (AI)-assisted patient concern and education[J]. J Craniofac Surg, 2024.
- [3] DRABIAK K, KYZER S, NEMOV V, et al. AI and machine learning ethics, law, diversity, and global impact[J]. Br J Radiol, 2023, 96(1150): 20220934.
- [4] WEIDENER L, FISCHER M. Proposing a principle-based approach for teaching AI ethics in medical education[J]. JMIR Med Educ, 2024, 10: e55368.

引用本文

王 源,杨达伟. AI 平台在元宇宙与未来医学课程中应用的初步探讨[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(4): 23-25.

WANG Y, YANG D W Preliminary exploration of the application of AI platforms in metaverse and future medicine courses [J]. Metaverse Med, 2024, 1(4): 23-25.

DOI:10.61189/218048jlbhdx

· 综述 ·

辅助康复外骨骼机器人研究现状及元宇宙赋能研究的展望

朱子睿¹, 王 源², 杨达伟^{2,3,4*}

1. 复旦大学信息科学与工程学院, 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. 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

[摘要] 随着生物医学工程技术的快速发展,辅助康复外骨骼机器人已成为康复医疗领域的研究热点。对此,从设计思路、工作原理、主要种类、技术设备、临床应用等方面总结目前国内外辅助康复外骨骼机器人的研究现状及科研进展。同时,意识到距其成熟仍任重道远,并考虑到物联网的发展、人工智能技术及元宇宙技术的兴起,尝试展望将其与康复医学领域有机结合,为辅助康复外骨骼机器人发展带来新契机。

[关键词] 辅助康复外骨骼机器人;元宇宙医学;物联网医学;研究现状;研究展望

[中图分类号] R 493 **[文献标志码]** A

Research status of assisted rehabilitation exoskeleton robots and future research prospects in this field enabled by the metaverse

ZHU Zirui¹, WANG Yuan², YANG Dawei^{2,3,4*}

1. School of Information Science and Technology, Fudan University, Shanghai 200438, China
2. Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital Fudan University, Shanghai 200032, 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

[Abstract] With the rapid development of biomedical engineering technology, assisted rehabilitation exoskeleton robots have emerged as a research hotspot in the field of rehabilitation medicine. We summarize the current research status and scientific progress of assisted rehabilitation exoskeleton robots both domestically and internationally, covering aspects such as design concepts, working principles, main types, technical equipment, and clinical applications. Simultaneously, recognizing that there is still a long journey ahead before they reach maturity, and considering the evolving Internet of Things, the emergence of artificial intelligence and metaverse technology, we explore the potential for integrating these technologies with rehabilitation medicine, thereby presenting new opportunities for the advancement of assisted rehabilitation exoskeleton robots.

[Key Words] assisted rehabilitation exoskeleton robot; metaverse in medicine; IOT in medicine; research status; research prospects

在中国乃至世界范围内,人口老龄化都已成为大势所趋。目前,我国残疾人口总数极大且不断攀升,其中有很大一部分是由于脑卒中等疾病导致肢体运动障碍,这些残疾患者对高效康复手段的需求极为迫切。而传统的康复训练方式以人力为主,费

时费力,且效率低下、效果不佳。随着智能机器人、物联网、人工智能等技术越发成熟,智能辅助康复外骨骼机器人已然成为最有前景的研究方向,吸引了大批生物学、医学、工程学、信息学领域的专家学者。近年来,该领域在机械结构设计、驱动系统研

[收稿日期] 2024-12-12

[接受日期] 2024-12-29

[基金项目] 上海市健康科普人才能力提升专项(青年英才)(JKKPYC-2023-A20),上海高校市级重点课程(FDSHZD202409),上海市科学技术委员会上海工程技术研究中心建设计划(20DZ2254400)。Supported by Project of Promoting Ability of Medical Science Popularization for Young Talents in Shanghai (JKKPYC-2023-A20), Shanghai Municipal Key Courses (FDSHZD202409), Fund of Shanghai Municipal Commission of Science and Technology (20DZ2254400)。

[作者简介] 朱子睿. E-mail: zrzhuzhu24@m.fudan.edu.cn

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

发、传感器应用以及控制算法优化等多方面均有显著突破,多种功能各异的辅助康复外骨骼机器人已进入临床试验或实际应用阶段,在帮助患者恢复肢体运动功能、提高生活自理能力方面展现出巨大潜力。即便如此,目前较为成熟的还是以机械传动为主的刚性外骨骼机器人,未来对新材料要求更高的柔性外骨骼机器人将成为研究热点。

辅助康复机器人是一个典型的跨学科交叉研究产物,涉及生物医学、自动化、控制、机械、信息、计算机等领域。现有的辅助康复外骨骼机器人仍存在一定局限性,如难以完全满足不同患者个体差异需求、训练场景相对单一等。最近蓬勃兴起的物联网工程和元宇宙技术与辅助康复外骨骼机器人的发展需求高度契合,或许能够在大数据、虚拟现实、全息影像、人机交互等方面为康复医学发展注入崭新动能,有望打破传统康复训练的诸多限制,开创出全新的康复模式与训练体系,为辅助康复外骨骼机器人的进一步发展提供广阔前景与无限可能。

1 辅助康复外骨骼机器人的设计思路

外骨骼是受到甲虫的启发,由钢铁框架构成并且可由人穿戴的一种仿生机械装置。它符合人体工程学和生物力学原理,深入研究人体肢体的解剖结构、运动范围和力学特性,确保外骨骼机器人的关节布局与人体关节相匹配,能够顺应人体运动,减少对人体的额外负担和不适。通过这种装置,可以为患者提供额外的保护,大幅度提升人体运动能力、防护能力和对复杂环境的适应能力。

1980 年, Yagn 提出一种外骨骼概念模型 Assisted-walking Device, 由与使用者腿部平行的长弓组成,可以帮助人们行走、跑步和跳跃。随着研究的不断深入,外骨骼被应用于工业生产、军事以及医疗康复等领域。相比于传统康复训练的依靠人力,外骨骼辅助康复训练效果更加稳定,重复性和运动效率高,节省了大量人力,能够满足大量患者同时治疗的需求,有助于脑卒中或肢体运动障碍患者高效恢复正常运动能力^[1]。

2 辅助康复外骨骼机器人的分类及工作原理

2.1 分类 辅助康复外骨骼机器人依据生产材料可以分为刚性和柔性(软体)两种。目前市场上刚性外骨骼占比更多,与之相比,柔性外骨骼由于灵活性、伸展性、柔韧性更好,其舒适性和训练效果更优。柔性外骨骼对材料、机械传动、生物兼容等方

面性能的要求远高于刚性外骨骼,是目前辅助康复外骨骼机器人转型升级的热门研究领域。

依据辅助训练的体位来分,辅助康复外骨骼机器人主要分为上肢和下肢两种。其中,下肢外骨骼机器人又分为坐卧式、末端牵引式、直立移动助行式、直立固定减重式和辅助起立式 5 种,分别对应不同的康复训练用途。

2.2 工作原理 辅助康复外骨骼机器人要求环境、穿戴者、机器人三者在相互作用中协调统一。其工作原理整体上由建模感知、结构设计、协同控制、交互优化 4 个模块组成^[2]。其中,建模感知要求机器人能够感知穿戴者的意图并与之交互,包括交互力矩的主动估计及反馈、步态相位与异常状态的识别等。结构设计要求机器人基于仿生设计,柔顺性高,不对穿戴者运动造成障碍。协同控制是辅助康复外骨骼机器人工作的核心,要求机器人与穿戴者能够运动协同,包括核心的关节交互刚度与阻抗控制算法,以制定适应人体当前运动的参数自调节策略。交互优化则要求机器人系统具备不同环境下的适应性与预测性,比如考量何种交互策略对于当前穿戴个体最优以及其能否适应穿戴者当前的运动状态。同时,机器人能够将康复训练效能量化评估并及时反馈给计算系统,指导下一步的策略制定。以此循环,可见 4 个工作步骤缺一不可,紧密关联以真正达到智能交互训练效果。

3 外骨骼康复机器人研究现状及临床应用

3.1 国内外康复机器人研究现状 从康复机器人相关论文发表趋势(图 1)来看,用于患者早期康复训练的固定式上下肢康复机器人、以功能恢复和以生活辅助为主的 3 种机器人的研究最多且应用最为广泛^[3],论文发表量逐年递增。近 10 年来,我国关于康复机器人的发文量已跃居世界第一,这可能与我国老龄化程度加剧,国家对智能化养老的重视程度提高相关。

近几年国内外对康复机器人的研究方向基本一致。其中,工程技术领域是最主要的研究方向,超过一半的研究集中在机器人、自动化、信息工程及计算机方向,甚至远超神经科学、康复、生理学等医学领域。这足以表明工程技术是实现康复机器人的重要软硬件基础。但国内对卒中患者康复的重视程度不及国际,其原因可能是国内更加重视康复机器人的应用,且我国的数学、通信及仪表仪器等方面目前仍处于技术攻坚阶段^[4]。未来,康复机器人技术必将取得可喜的突破,成为应对我国人口

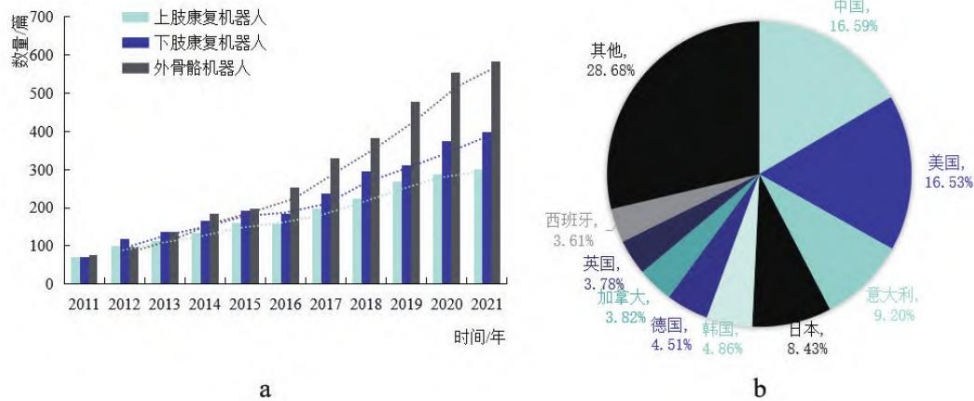


图1 国内外康复机器人相关论文发表情况

A:3种康复机器人相关论文发表趋势;B:各国康复机器人相关发文章量占比统计。数据来源于中国知网、Web of science、Medline、Springlink 和 ScienceDirect 数据库。

老龄化的关键。

从康复机器人相关专利申请趋势来看(图2),近10年,特别是疫情后,我国申请专利的速度持续快速攀升,最高超过国际专利申请总量的1/3,表明

康复机器人领域的诸多技术难点被我国科研人员逐步攻克,可以预见在不远的将来,国内康复机器人技术或将追平甚至赶超国际先进水平^[1]。

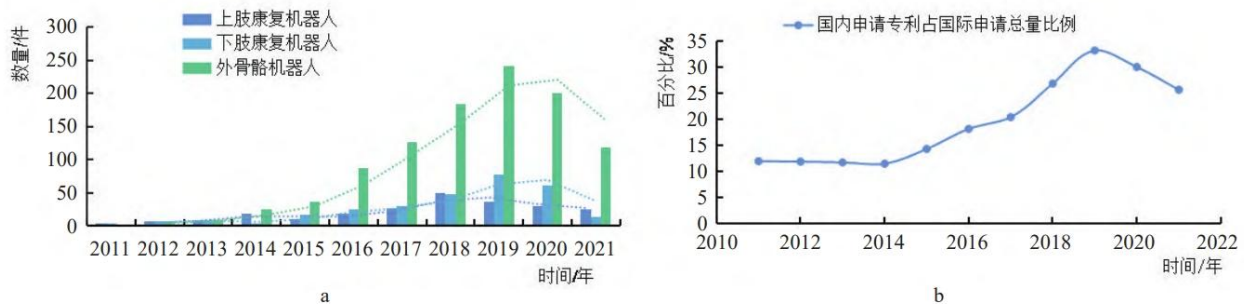


图2 国内康复机器人相关专利申请情况

A:3种类型康复机器人相关专利申请趋势;B:国内申请专利占国际申请总量比例年度趋势。

3.2 国内外康复机器人的临床应用 国外对外骨骼机器人的研发相对较早,基础较好,技术也比较成熟。美国加州 SuitX 公司研发出可穿戴下肢外骨骼机器人 Phoenix^[4],其采用了模块化的设计方案,穿脱和组装更为方便,且支持单独或自由组装使用;日本 Cyberdyne 公司研发 HAL 机器人^[4]具有生物意识控制和自主意识控制两个控制系统;以色列 ReWalk Robotics 公司研发的 ReWalk 外骨骼机器人^[4]可以通过计算机控制系统和传感技术判断使用者的行动意图,进一步控制外骨骼机器人,使其与人体协调完成康复训练。

我国在该领域的研究相比西方国家相对较晚,但近年来随着我国科技的飞速发展及需求单极大提升,我国外骨骼机器人技术奋起直追,已拥有良好的成果转化和应用投入。上海傅利叶智能科技

有限公司推出的 Fourier X2^[4]可穿戴下肢外骨骼机器人具有多传感融合技术、运动控制系统及动力单元可以智能分析使用者意图;哈尔滨工业大学研发的 HIT-LEX^[6]采用模块化设计和准拟人化结构,可以支撑患者在复杂的环境下负重行走;中国科学院深圳先进技术研究所研制的 Auto-LEE^[6]多达 10 个自由度,增加了 3 种步态算法,在融入多模态人机交互的基础上直接采用模块化结构概念,可以保持使用者再无辅助支撑情况下的行走平衡。

4 元宇宙技术赋能的康复机器人研究展望

4.1 元宇宙技术及物联网工程赋能未来医学 元宇宙概念的兴起离不开互联网和物联网技术的发展。简单来说,与传统医学相比,物联网医学最大的区别在于数字化和智能化。物联网医学通过感知、传

输和智能处理三大基本流程^[8],将多种传感器嵌入、装备至医疗设备中,并将物联网与现有互联网整合,实现医院、病人、医疗设备全时空互联互通。更进一步,在拥有更为强大的通信和算力的条件下,整合虚拟现实、增强现实、拓展现实、混合现实技术和人工智能技术^[5],搭建沉浸式交互式医学智能平台,便成为了元宇宙医学。

4.2 元宇宙虚拟现实技术赋能康复训练机器人 虚拟现实是元宇宙的核心特点,其主要基于运动控制神经通道重塑及运动再生学理论运用于康复机器人中,通过提供视、听、触觉等多感官反馈,充分刺激大脑的感觉运动中枢,促进神经细胞再生与修复。搭建元宇宙平台虚拟场景,通过主动、被动、助力、示教等训练模式,实现全周期康复治疗。同时,可以尝试将沉浸式交互游戏融入训练之中,实现运动控制训练和认知训练相结合,以较大的趣味性充分调动患者主动参与训练的积极性,快速提升患者运动及认知功能。虚拟训练场景应该具备运动功能定量评估、康复任务个性化设置及自适应调整、肌肉响应及力触觉实时反馈、三维运动空间智能反馈,以突破人体运动与行为高效建模,通过难度渐进的目标导向性训练和精确客观的评估数据分析,促进患者运动在学习的过程。此外,还可以将辅助康复外骨骼机器人与脑机接口结合,或通过物联网联通兼容各种医疗设备,共同协调配合助力患者快速且舒适地康复。虚拟现实还可以使康复医生实时与患者交流,模拟真实就医指导及训练场景,从而在高效的同时让患者拥有必要的安全感。

在运动障碍康复方面,要实现人机协同康复,必须具备康复训练与评估一体化技术^[8]。康复训练结果的好坏需要有一个客观的评价指标体系对其进行描述和量化,然后通过前后对比来告知患者已经完成的康复训练和下一步重点的康复方向,而这些都需要依赖于器械自动采集、反馈并分析数据的能力。目前,基于视觉反馈和力反馈的交互过程有了一定的发展^[8],但未来不可避免要向肌电、脑电等多模态生物信号转变,这将对传感与计算系统提出更高的要求。而在进行运动康复的同时,对患者进行认知障碍康复也是必要的,在这方面,则可以与当下迅速进步的人工智能技术结合,基于多模态信息的高鲁棒性人机交互技术,通过大语言模型、计算机视觉等对患者进行视听触多感官训练,从而达到与运动康复训练相配合,运动和认知同步康复的效果。

4.3 智能辅助系统与生机电技术赋能康复训练 面向运动功能障碍群体的智能辅助系统集仿生结构、无线传感、智能控制等技术于一体,同时融合机器人、模式识别、人机交互等技术,未来发展潜力巨大。其核心目的是通过生理电信号精确识别出人体的行为意图,依赖于多模态传感交互与控制方法。良好的康复与辅助系统,需要智能的感知和控制系统做为支撑。为了给患者创造一个安全、舒适、自然的康复训练或者辅助环境,机器人和患者之间的交互与控制不可或缺。感知系统不仅能够识别患者和机器人的当前状态,还能够帮助实现患者和机器人交互,既可以构成闭环控制系统,加强系统的控制精度,还能作为评估信号参与康复机器人性能的评估标定。优良的控制方法能够为患者创造安全舒适的训练环境,鼓励患者积极参与到康复训练中来,从而极大地提高康复训练效果^[9]。

康复机器人的信息感知及其控制大体上可以分为基于运动信号的感知控制以及基于生理信号的感知控制。基于运动信号的感知及其控制,主要是利用传感器采集当前患者肢体关节的运动状态,反馈给控制单元,形成相应的闭环控制系统,能够实现柔顺控制,极大加强了控制精度及准确性,有效防止二次损伤。而基于生理电信号的感知及其控制,是指康复机器人从患者身上获取相应的生理电信号,通过对信号的识别,判断出患者的运动意图,并以运动意图为依据设计控制器带动患者肢体进行康复训练^[9]。

复旦大学信息科学与工程学院秦亚杰教授课题组与复旦大学附属华山医院重症监护科等单位合作,多学科交叉成功研发的可穿戴多模态重症患者监护系统(图3~图4)。将不同设备的数据汇总到同一个平台上,简化医护人员的操作流程,以及减少信息冗余。该系统是集成脑功能、心肺功能、基础生命体征的一体化监测系统,结合创新芯片、柔性混合电子和人工智能等新技术,实现全面、精准、便捷的生理信号监测,可广泛应用于重症监护室床旁,并可以拓展到重症康复病房、康复医学中心等场所。

该系统采用自主研发的一系列关键信号采集芯片,包括多通道脑电信号采集模拟前端(analog front end, AFE)、数字化心电监测 SoC、无线供电的可编程电化学传感器接口芯片等。单芯片集成多种功能,使得整个穿戴系统体积更小、功耗更低、信号的抗干扰性更强,实现了低功耗可穿戴脑机接口、柔性智能心肺功能监测贴片和全柔性汗液组分

控制技术日益精进,人机交互技术也有诸多进展。在临床应用层面,康复训练邻域的创新产品层出不穷,已在帮助肢体功能障碍患者恢复运动能力、提高生活自理水平等方面展现出积极成效,但也存在诸如适配人群有限、设备成本偏高、训练模式相对单一等有待解决的问题。

元宇宙及物联网技术赋能康复外骨骼机器人必将造福无数残障人士。元宇宙凭借其独特的沉浸式体验、高度交互性以及虚拟现实融合等优势,有望为辅助康复外骨骼机器人带来全新变革。利用元宇宙、人机交互、人工智能强大的数据整合与分析功能,有望为每一位患者精准定制个性化康复方案,根据患者的康复进程、身体反馈等,实时调整外骨骼机器人的运行参数。此外,元宇宙还能打破空间限制,拓展康复训练的范围,让远程康复变得更加高效、便捷,为辅助康复外骨骼机器人在未来的发展描绘出一幅充满无限可能的蓝图,也为后续相关研究与实践提供了极具价值的参考方向。

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 朱子睿、王源:撰写文章;杨达伟:修改文章。

参考文献

- [1] 戴一鸣,陈嘉琛,刘晨东,等.可穿戴柔性上肢外骨骼的研究进展与展望[J].哈尔滨工业大学学报,2024,56(8):1-16.
- [2] 张立新,白定群,白玉龙,等.下肢康复机器人临床应用专家共识[J].康复学报,2023,33(05):383-396.
- [3] 罗胜利,孟巧玲,喻洪流.我国康复机器人技术研究与应用概况[J].中国康复医学杂志,2023,38(12):1762-1768.
- [4] 韩稷钰,王衍鸿,万大千.下肢外骨骼康复机器人的研究进展及发展趋势[J].上海交通大学学报(医学版),2022,42(2):241-246.
- [5] 王开放,曹慧,邢蒙蒙,等.康复外骨骼机器人在肢体康复中的应用进展[J].机械传动,2022,46(4):10-21.
- [6] 白春学.物联网医学之我见[J].中国医院院长,2015(7):84-85.
- [7] 白春学.元宇宙医学之我见[J].中国医药导刊,2023,25(1):1-6.
- [8] 程洪,黄瑞,邱静,等.康复机器人及其临床应用综述[J].机器人,2021,43(05):606-619.
- [9] 侯增广,赵新刚,程龙,王启宁,王卫群.康复机器人与智能辅助系统的研究进展[J].自动化学报,2016,42(12):1765-1779.

引用本文

朱子睿,王源,杨达伟.辅助康复外骨骼机器人研究现状及元宇宙赋能研究的展望[J].元宇宙医学,2024,1(4):26-31.
ZHU Z R, WANG Y, YANG D W. Research status of assisted rehabilitation exoskeleton robots and future research prospects in this field enabled by the metaverse[J]. Metaverse Med, 2024, 1(4): 26-31.

DOI:10.61189/317113svhrny

· 综述 ·

元宇宙技术在脑卒中患者康复治疗中的作用

张振鹏¹, 王 源², 杨达伟^{2,3,4,5,6*}

1. 复旦大学上海医学院公共卫生学院, 上海 200032
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] 元宇宙是融合多项数字化技术创造的虚拟现实世界及人机交换系统, 它正在推动医疗行业的创新和发展, 并可能给神经康复领域带来颠覆性转变。本文综述了虚拟现实及脑机接口技术在脑卒中患者肢体运动康复中的研究, 旨在为临床康复治疗及基础研究提供思路。

[关键词] 元宇宙; 虚拟现实; 脑机接口; 脑卒中

[中图分类号] R-1 **[文献标志码]** A

The role of metaverse in the rehabilitation of stroke patients

ZHANG Zhenpeng¹, WANG Yuan², YANG Dawei^{2,3,4,5,6*}

1. Shanghai Medical School, Fudan University, Shanghai 200032, 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, a virtual reality world and human-computer exchange system created by integrating several digital technologies, is driving innovation and development in the healthcare industry and may bring disruptive shifts in the field of neurorehabilitation. This article reviews the research of virtual reality and brain-computer interface technology in the limb movement rehabilitation of stroke patients, in order to provide ideas for clinical rehabilitation treatment and basic research.

[Key Words] metaverse; virtual reality; brain computer interface; stroke

元宇宙(metaverse)是一个与现实世界相平行的数字化空间, 用户可以使用数字的身份进入其中, 获得身临其境的感受, 建立社会和开展活动, 实现虚拟世界和现实世界的交互。从技术角度看元宇宙是整合多种新技术如虚拟现实(virtual reality, VR)、增强现实(augmented reality, AR)、数字孪生、区块链、人工智能等技术而创建的虚拟、现实相融

合的互联网应用和社会形态^[1]。

随着数字化应用技术的发展和完善, 元宇宙在许多方面都有广阔的应用前景, 医疗行业也不例外, 远程医疗、健康管理、医疗教育和培训、临床实践、神经康复、科研等领域正在进行着不断的实践和探索^[2-3]。现在用于医学的元宇宙技术主要有VR、AR、脑机接口(brain computer interface, BCI)等。

[收稿日期] 2024-12-05

[接受日期] 2024-12-25

[基金项目] 上海市健康科普人才能力提升专项(青年专项)(JKKPYC-2023-A20), 上海高校市级重点课程(FDSHZD202409), 上海市科学技术委员会项目基金(20DZ2254400). Supported by Project of Promoting Ability of Medical Science Popularization for Young Talents in Shanghai (JKKPYC-2023-A20), Shanghai Municipal Key Courses (FDSHZD202409), Fund of Shanghai Municipal Commission of Science and Technology (20DZ2254400)

[作者简介] 张振鹏. E-mail: 23301020010@m.fudan.edu.cn

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

VR、AR 可以让置身于虚拟场景中的用户获得更真实、生动的沉浸式体验,并与虚拟场景进行人机交互,同时它还具有设备轻便易携,虚拟场景可随时随地生成等优点^[4]。因此白春学教授^[5]认为元宇宙医学就是通过 AR、VR 眼镜进行实践的物联网医学。由此可见 VR 是目前常用的元宇宙医疗技术。

BCI 技术是一种在人或动物大脑与外部设备之间建立直接连接,实现信息交换的技术^[6]。脑卒中是一种由脑缺血或脑出血等血管性原因引起的神经系统疾病,会导致单侧肢体无力、麻木、共济失调、眩晕、平衡障碍等,严重影响患者的日常活动能力和生活质量,是目前世界上成人致残的主要原因^[7]。患者尽早进行康复治疗可以促进机体功能恢复,预防并发症及提高生活质量。传统康复治疗中,患者通常需要进行一些重复性的训练,以帮助他们恢复功能。但这些训练往往是枯燥乏味的,缺乏动力和挑战性,导致许多患者的康复进程缓慢。VR 和 BCI 技术为脑卒中患者的康复提供了创新手段,有助于提升康复效果,改善患者生活质量。本文通过相关文献的检索和分析探讨 VR 和 BCI 技术在脑卒中后患者康复治疗中的作用、限制条件和未来前景。

1 VR 技术在脑卒中患者康复治疗中的作用

1.1 基于 VR 的治疗对上肢运动功能康复的积极作用 VR 技术可以为康复治疗带来新体验和更有趣的方式^[8]。通过模拟不同的场景和挑战,患者可以更加积极地参与治疗,同时具有跟踪功能的 VR 系统可让治疗师实时跟踪患者的进展,具有远程和家庭治疗的灵活性^[9]。另外,在 VR 技术创建的虚拟康复场景中,可以对运动的内容、持续时间和强度进行操控,甚至可以获得及时的反馈,从而为患者提供充分的个性化治疗方案^[10]。大量研究^[11]证实,基于 VR 的康复训练对脑卒中患者的上肢运动功能障碍具有更积极的治疗效果。

Chen 等^[12]最近的综述认为当下对于脑卒中后 VR 支持康复的一些文献分组标准不够精确,治疗效果的评判标准不够全面。因此他们选取了 43 项符合条件的实验进行分析,所有实验均分成两组:对照组使用传统疗法或不使用任何疗法,干预组单独使用或结合 VR 支持运动疗法。其结果显示:干预组与对照组相比,患者上肢运动功能(采用 Fugl-Meyer 运动功能评分量表评估)和上肢活动范围(使用量角器检测)得到显著改善。

手部运动功能的提升,对提高生活质量至关重

要。但是,VR 支持的运动疗法并没有显著改善患者的手部运动功能。因此,许多研究者将目光聚焦于手部运动功能改善的研究。Faisal^[13]等开发了针对改善手部运动功能的 VR 游戏,这些游戏包括屈伸、闭合/张开、旋前/旋后和捏握动作的训练,同时还要保证认知的参与和视觉反馈元素的体现。实验结果显示,在评估周内,两组患者在所有临床疗效评估指标上的表现均有改善。实验组患者由于 VR 游戏的沉浸式体验,其改善效果更为显著。

1.2 VR 技术在下肢功能康复治疗中的作用 脑卒中下肢运动功能的恢复一直是康复治疗中的难题,超过 50% 的患者在接受常规康复治疗后仍存在行走困难^[14]。近年来,机器人辅助步态训练大多用于下肢运动康复的研究^[15-17]。研究结果均认为这种治疗方式能明显提升患者的平衡能力,但对步速、步频等其它方面的疗效存在争议。以往的机器人辅助步态训练只是简单的行走训练,治疗效果欠佳,因此研究人员一直在尝试新的治疗手段。有研究者^[18]提出将 VR 技术引入到这个训练中,以提供三维立体虚拟场景及多感官刺激反馈,引发受损神经回路的重塑,达到提升下肢运动功能的目的。Kayabinar 等^[18]利用虚拟现实结合机器人辅助步态训练,让中风后下肢偏瘫患者同时完成运动和认知多重任务。然而,研究结果表明,在下肢功能康复效果方面,联合训练结果并未优于单纯的机器人辅助训练。可见目前的 VR 技术仍难以达到理想的康复效果,下肢运动功能康复领域需要融合更先进的元宇宙技术。

2 BCI 对脑卒中患者肢体运动功能康复的有效性

虽然研究^[19]已经证明了基于神经科学原理的 VR 对患者康复的积极影响,并在卒中人群中证明了其有效性,但丧失主动运动功能的患者仍无法从当前的 VR 技术中获益。因此,BCI 技术应运而生。BCI 技术通过在用户大脑和计算机系统之间建立一个替代路径,可以直接训练中枢神经系统:其通过检测和解码大脑信号,获得使用者的潜在意图,并将其转化为控制外部世界的指令,然后将指令传输给执行特定任务的应用程序,从而建立大脑与任何外部设备之间的直接通信^[20]。这就避免了使用正常的神经肌肉通路,令更多患者获益。

BCI 应用路径包括信号采集、解码和处理,转换成指令传输到效应器,以执行相关功能。并且会向用户提供视觉、听觉、触觉形式的感官反馈^[21]。数据信号的采集方式有很多种,如头皮脑电图

(electroencephalography, EEG)、脑皮层电图(electrocorticography, ECoG)、微电极和磁共振功能成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)等。其中 EEG 安全、无创,是神经康复常用的脑机接口数据采集方式^[22]。BCI 应用程序的主要目的是诱导脑活动模式的可塑性重构或通过对辅助设备的控制来增强或恢复运动功能^[23],因此可分为两个方面应用——与运动意象(motor imagery, MI)有关的应用及以辅助运动为目的的应用。

2.1 与 MI 有关的应用 MI 是指想象自己身体部位的运动而不实际移动该部位的认知过程。MI 是脑机接口的主要范式之一,被广泛应用于运动神经康复中^[24]。当患者想象正确动作时,通过特定电极检测到相应的脑电信号,再经人工智能解码,转换成指令在瘫痪肢体上实行运动治疗。肢体的动作提供了大量本体感觉再传送回中枢,形成中枢—外周—中枢闭环模式。基于运动想象的 BCI 可以通过主动运动意图内源性调动受损区及周围区域神经细胞的兴奋性,促进受损细胞的修复及控制感觉及运动系统的神经网络进行重构。一些研究小组^[24-26]已经测试了基于 MI 的 BCI 技术在卒中康复中的适用性,并证明其临床改善效果。例如 Miao 等^[27]使用了一套 recoveryiX 系统,该系统的运作包括向用户发送声音和视觉信号,作为执行手腕背屈的指令,同时镜像模拟手部动作。研究结果显示,使用该系统的患者的康复效果更好。此外,许多研究^[28-29]证实基于运动想象的脑机接口控制的电刺激康复治疗(BCI-FES 系统)可以促进脑卒中偏瘫患者下肢运动功能的改善。当用户得到指令,进行想象运动时,

就会激活功能性电刺激(functional electrical stimulation, FES),以辅助引发手腕背屈。

2.2 以辅助运动为目的的应用 可穿戴机器人(如神经外骨骼,3D 机械手等)的发展,为 BCI 在临床神经康复中的应用提供了新的治疗策略^[30]。通过将大脑活动转化成可穿戴机器人的控制信号,提供辅助肢体运动的支持,实现功能的替代,达到自主生活能力的提升的目的。BCI-FES 系统就是 BCI 辅助应用的良好实例。

综上所述,脑机接口技术与虚拟现实技术在技术呈现、适用患者的范围,康复模式和治疗效果等方面均有不同(表 1)。BCI 技术通过直接读取和解码脑电波,发出自主运动指令,驱动外部设备,帮助肢体进行主动性运动训练,避免了习惯性废用产生的代偿性运动。代偿性运动是指受损肢体完成某项动作时,由周围健康的部位代替它工作,补偿缺失的功能。代偿性康复错误的利用大脑的可塑性,长期会产生危害。因此 BCI 比 VR 技术更精准和高效,可以提供更个性化和精确化的治疗方案,同时也为无残存肢体运动功能的患者带来新的康复模式。相对于 VR 干预治疗效果不佳的下肢运动功能,接受 BCI 训练的患者在步频、步速等功能方面均有明显改善,可见 BCI 在神经康复领域存在优良的应用前景。有的学者^[31]认为 VR 是元宇宙的初步体验方式,BCI 才是元宇宙的终极形态。但许多基于 MI 的 BCI 用于康复治疗的研究大多采用 VR 技术构建视频系统,因此多种数字应用技术的融合不仅是元宇宙本身的技术特征,也是未来的发展方向。

表 1 虚拟现实技术与脑机接口技术的比较

虚拟现实技术		脑机接口技术
技术呈现	三维立体空间、全真感官体验、实时人机交互	大脑皮层活动信号的采集、处理、转化和执行并将神经反馈信号传输回大脑
适用患者	具有残余运动功能的患者	可适用于运动功能十分受限或无运动功能的患者
康复模式	主动性康复和代偿性康复	完全主动性康复
个性化和精准化	可实现个性化康复	更好的个性化和精准化康复
下肢运动功能	步数、步频改善不明显	步数、步频明显提升

3 VR 技术及 BCI 技术在神经康复方面的局限性

目前,元宇宙技术在医学领域的应用仍存在一定的局限性,面临诸多挑战。其中主要是技术的局限性,VR 技术所创建的虚拟重构场景的现实性取决于建模精度和性能的优化和稳定,因此的患者设

备的价格较高,技术开发和维护的成本也高。同时,由于虚拟视觉效果和现实身体状态的差异,会使一些患者产生视觉延迟、视觉疲劳和眩晕。长期使用虚拟设备还能使一些人现实世界的感知度下降,对虚拟世界产生依赖,所有这些都限制了 VR 技术的大面积推广和使用。

BCI 技术面临最大的难题是在人的大脑和计算机之间建立一个可靠的接口。目前常用的非侵入方法如脑电图等,因颅骨的干扰,存在信号质量和稳定性方面的缺陷;而侵入式脑机接口是指通过手术等方式直接将电极插入大脑皮质中,这样可以获得高质量的神经信号,但存在很高的安全风险,可能引起严重并发症。此外,高昂的治疗成本也一直是 BCI 技术难以广泛应用的关键。

4 总结及展望

目前的研究表明,VR 技术支持的康复治疗对上肢运动功能和运动范围具有显著的改善;而 BCI 技术可适用于脑卒中后运动功能十分受限或无运动功能的患者,对改善下肢运动功能效果明显。但本文参考的文献具有局限性,对于证据质量较低的结果还需要更多的研究以验证相关结果。

综上所述,元宇宙构建的虚拟空间打破现实世界对时空、资源的限制,颠覆性提高医疗效率,降低医疗成本,进一步促进了医疗领域的创新与发展。Neralink^[32-33]首次人体临床实验的成功更是神经康复领域里程碑式的突破,将为那些失去正常生活能力的患者带来希望。在这个科技高速发展的时代,元宇宙技术在医疗领域的发展,必将会给更多人带来健康的收益。

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 张振鹏、王源:撰写文章;杨达伟:修改文章。

参考文献

- [1] 曹秀莲. 元宇宙安全生产现状调研与安全风险研究[J]. 中国信息安全, 2022, 6: 90-93.
- [2] CHENGODEN R, VICTOR N, HUYNH-THE T, et al. Metaverse for healthcare: a survey on potential applications, challenges and future directions[J]. IEEE Access, 2023, 11: 12765-12795.
- [3] YANG D W, ZHOU J, CHEN R C, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine[J]. Clin eHealth, 2022, 5: 1-9.
- [4] HAMAD A, JIA B C. How virtual reality technology has changed our lives: an overview of the current and potential applications and limitations[J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(18): 11278.
- [5] 白春学. 未来已来——我们需要的云宇宙医学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2022.
- [6] 周慧琳, 徐佳琳, 左长城. 基于认知脑区的脑-机接口技术及其在康复中的应用研究进展[J]. 生物医学工程学杂志, 2018, 35(5): 799-804.
- [7] ERRANTE A, SAVIOLA D, CANTONI M, et al. Effectiveness of action observation therapy based on virtual reality technology in the motor rehabilitation of paretic stroke patients: a randomized clinical trial[J]. BMC Neurol, 2022, 22(1): 109.
- [8] ZHANG C J, YU S R. The technology to enhance patient motivation in virtual reality rehabilitation: a review[J]. Games Health J, 2024, 13(4): 215-233.
- [9] TRUIJEN S, ABDULLAHI A, BIJSTERBOSCH D, et al. Effect of home-based virtual reality training and telerehabilitation on balance in individuals with Parkinson disease, multiple sclerosis, and stroke: a systematic review and meta-analysis[J]. Neurol Sci, 2022, 43(5): 2995-3006.
- [10] MANI BHARATHI V, MANIMEGALAI P, GEORGE S T, et al. A systematic review of techniques and clinical evidence to adopt virtual reality in post-stroke upper limb rehabilitation[J]. Virtual Real, 2024, 28(4): 172.
- [11] AMINOV A, ROGERS J M, MIDDLETON S, et al. What do randomized controlled trials say about virtual rehabilitation in stroke? A systematic literature review and meta-analysis of upper-limb and cognitive outcomes[J]. J Neuroeng Rehabil, 2018, 15(1): 29.
- [12] CHEN J Y, OR C K, CHEN T R. Effectiveness of using virtual reality-supported exercise therapy for upper extremity motor rehabilitation in patients with stroke: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. J Med Internet Res, 2022, 24(6): e24111.
- [13] AMIN F, WARIS A, SYED S, et al. Effectiveness of immersive virtual reality-based hand rehabilitation games for improving hand motor functions in subacute stroke patients[J]. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 2024, 32: 2060-2069.
- [14] OH Z H, LIU C H, HSU C W, et al. Mirror therapy combined with neuromuscular electrical stimulation for poststroke lower extremity motor function recovery: a systematic review and meta-analysis[J]. Sci Rep, 2023, 13(1): 20018.
- [15] CHEN S S, ZHANG W Y, WANG D Y, et al. How robot-assisted gait training affects gait ability, balance and kinematic parameters after stroke: a systematic review and meta-analysis[J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2024, 60(3): 400-411.
- [16] CORBETTA D, IMERI F, GATTI R. Rehabilitation that incorporates virtual reality is more effective than standard rehabilitation for improving walking speed, balance and mobility after stroke: a systematic review[J]. J Physiother, 2015, 61(3): 117-124.
- [17] ZHOU Z Q, HUA X Y, WU J J, et al. Combined robot motor assistance with neural circuit-based virtual reality (NeuCir-VR) lower extremity rehabilitation training in patients after stroke: a study protocol for a single-centre randomised controlled trial[J]. BMJ Open, 2022, 12(12): e064926.
- [18] KAYABINAR B, ALEMDAROĞLU-GÜRBÜZ İ, YILMAZ Ö. The effects of virtual reality augmented robot-assisted gait training on dual-task performance and functional measures in chronic stroke: a randomized controlled single-blind trial[J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2021, 57(2): 227-237.
- [19] KHAN A, IMAM Y Z, MUNEE R M, et al. Virtual reality in

- stroke recovery: a meta-review of systematic reviews [J]. Bioelectron Med, 2024, 10(1): 23.
- [20] HRAMOV A E, MAKSIMENKO V A, PISARCHIK A N. Physical principles of brain – computer interfaces and their applications for rehabilitation, robotics and control of human brain states[J]. Phys Rep, 2021, 918: 1–133.
- [21] FLEURY M, LIOI G, BARILLOT C, et al. A survey on the use of haptic feedback for brain–computer interfaces and neurofeedback[J]. Front Neurosci, 2020, 14: 528.
- [22] TSIAMALOU A, DARDIOTIS E, PATERAKIS K, et al. EEG in neurorehabilitation: a bibliometric analysis and content review [J]. Neurol Int, 2022, 14(4): 1046–1061.
- [23] SAHA S, MAMUN K A, AHMED K, et al. Progress in brain computer interface: challenges and opportunities[J]. Front Syst Neurosci, 2021, 15: 578875.
- [24] WANG A X, TIAN X, JIANG D, et al. Rehabilitation with brain–computer interface and upper limb motor function in ischemic stroke: a randomized controlled trial[J]. Med, 2024, 5(6): 559–569. e4.
- [25] MA Z Z, WU J J, CAO Z, et al. Motor imagery–based brain–computer interface rehabilitation programs enhance upper extremity performance and cortical activation in stroke patients [J]. J Neuroeng Rehabil, 2024, 21(1): 91.
- [26] LIU X L, ZHANG W D, LI W B, et al. Effects of motor imagery based brain–computer interface on upper limb function and attention in stroke patients with hemiplegia: a randomized controlled trial[J]. BMC Neurol, 2023, 23(1): 136.
- [27] MIAO Y Y, CHEN S G, ZHANG X R, et al. BCI–based rehabilitation on the stroke in sequela stage[J]. Neural Plast, 2020, 2020: 8882764.
- [28] LUO X. Effects of motor imagery–based brain–computer interface–controlled electrical stimulation on lower limb function in hemiplegic patients in the acute phase of stroke: a randomized controlled study [J]. Front Neurol, 2024, 15: 1394424.
- [29] REN S X, WANG W Q, HOU Z G, et al. Enhanced motor imagery based brain– computer interface via FES and VR for lower limbs[J]. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 2020, 28(8): 1846–1855.
- [30] COLUCCI A, VERMEHREN M, CAVALLO A, et al. Brain–computer interface–controlled exoskeletons in clinical neurorehabilitation: ready or not? [J]. Neurorehabil Neural Repair, 2022, 36(12): 747–756.
- [31] ZHU H Y, HIEU N Q, HOANG D T, et al. A human–centric metaverse enabled by brain–computer interface: a survey[J]. IEEE Commun Surv Tutor, 2024, 26(3): 2120–2145.
- [32] SEBASTIÁN-ROMAGOSA M, CHO W, ORTNER R, et al. Brain–computer interface treatment for gait rehabilitation in stroke patients[J]. Front Neurosci, 2023, 17: 1256077.
- [33] EVERARD G, DECLERCK L, DETREMBLEUR C, et al. New technologies promoting active upper limb rehabilitation after stroke: an overview and network meta–analysis[J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2022, 58(4): 530–548.

引用本文

张振鹏,王 源,杨达伟. 元宇宙技术在脑卒中患者康复治疗中的作用[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(4): 32–36.

ZHANG Z P, WANG Y, YANG D W. The role of metaverse in the rehabilitation of stroke patients[J]. Metaverse Med, 2024, 1(4): 32–36.

DOI:10.61189/983109ccwlds

· 方法学研究 ·

云加端 OSA 诊治训练新模式

陆俊羽¹, 蒋维芃², 白春学^{2*}

1. 重庆市第五人民医院呼吸与危重症医学, 重庆 400062

2. 复旦大学附属中山医院呼吸与危重症医学, 上海 200032

[摘要] 云加端阻塞性睡眠呼吸暂停(obstructive sleep apnea, OSA)诊治模拟训练是一种通过云端技术和终端设备相结合,以模拟OSA实际诊疗场景的方式进行诊治的训练模式和训练体系,有助于云专家帮助端医生更好地掌握OSA的诊治技巧,提高诊疗水平。本文列出了云加端OSA诊治模拟训练的注意事项,为临床实践提供借鉴。

[关键词] 阻塞性睡眠呼吸暂停;人工智能;物联网;元宇宙

[中图分类号] R 442.9 **[文献标志码]** A

A new training model for diagnosis and treatment of OSA

LU Junyu¹, JIANG Weipeng², BAI Chunxue^{2*}

1. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Chongqing Fifth People's Hospital, Chongqing 400062, China

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

[Abstract] Obstructive sleep apnea (OSA) diagnosis and treatment simulation training system is a kind of training mode and training system, which combines cloud technology and terminal equipment to simulate the actual diagnosis and treatment scene, allow remote experts to teach doctors the diagnosis and treatment of OSA, and to improve the level of OSA diagnosis and treatment. This article lists the points for attention in the simulation training of diagnosis and treatment of OSA in cloud plus terminal, which can be used for reference for clinical practice.

[Key Words] obstructive sleep apnea; artificial intelligence; internet of things; metaverse

阻塞性睡眠呼吸暂停(obstructive sleep apnea, OSA)的患病率和医疗负担因地区、年龄、性别、种族、民族以及调查研究的设计不同等因素而有所不同。根据世界卫生组织的报告,男性的OSA患病率较女性更高,中年人和老年人OSA的患病率较高,而年轻人的患病率相对较低。一些研究还表明,不同种族和民族OSA患病率也存在差异。据估计,全球每年用于OSA治疗的费用高达数十亿美元,且这一数字还在不断上升^[1-4]。

目前OSA的诊断主要依靠多导睡眠监测(polysomnography, PSG)和便携式睡眠监测设备,如睡眠呼吸监测仪(SRM)等。对于中度至重度的阻塞性睡眠呼吸暂停综合征患者,通常推荐使用持续气道正压通气(continuous positive airway pressure, CPAP)治疗;对于上气道解剖结构异常者,可考虑悬雍垂-腭-咽成形术(uvulopalatopharyngoplasty,

UPPP)或激光辅助悬雍垂-腭-咽成形术(laser uvulopalatopharyngoplasty, LUPPP)。而改变生活方式,如减肥、戒烟、限酒等,也被证明对缓解阻塞性睡眠呼吸暂停综合征的症状有帮助。此外,心理支持和认知行为疗法也是治疗的重要组成部分^[1-4]。但是,这些常规治疗模式存在很多不足:(1)覆盖面窄。目前基层医生很难掌握专业的OSA诊治技术,诊疗工作主要依赖大医院专家,难以满足实际临床需求。(2)治疗局限性大。治疗OSA主要依赖手术或无创呼吸机辅助通气,常规诊疗模式局限性较大,难以很好地管理患者,且费用较高。(3)患者舒适性差。常规模式治疗OSA过程中,患者问题不能得到适时解决,舒适度较差,容易出现焦虑、抑郁等情绪问题,从而降低依从性,影响治疗效果^[1, 5-7]。因此,亟需应用新质生产力赋能OSA诊治水平,以提高基层可及性、拓展诊疗模式及患者管理模式、

[收稿日期] 2024-12-11

[接受日期] 2024-12-24

[基金项目] 上海市科学技术委员会项目基金(21DZ2200600). Supported by Fund of Shanghai Municipal Commission of Science and Technology (21DZ2200600).

[作者简介] 陆俊羽,博士,主任医师. E-mail: junyulu@aliyun.com

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

降低治疗成本^[8-9]。

目前推行的 OSA 诊治模拟培训新模式允许端医生模拟实际诊疗场景,进行诊疗操作,对提高 OSA 诊疗水平和技能起到事半功倍的效果。

1 OSA 诊治模拟训练的挑战

目前 OSA 诊治模拟训练存在很多限制:缺乏标准化和规范化流程,诊治技术与培训体系不同步、培训模式无法模拟临床实际、缺少心理因素针对性干预^[1, 5-7]。采用新质生产力赋能 OSA 诊治新模式模拟培训,可以(1)提高分级诊疗效率:物联网具有全面感知、可靠传输和智能处理这三大基础流程,通过这些流程可以集合专家、一线医生、患者和 IT 服务商,科学统筹安排,在一定程度上提高分级诊疗效率,并做好预防、保健和诊断治疗的质量控制。(2)解决基层医疗的三低二难问题:基层医疗存在“三低”、“二难”问题,即基层医疗的低效率、低质量、低满意度,以及诊断难、治疗难问题。通过模拟训练,可以提升基层 OSA 诊疗水平,一定程度上解决这些问题。(3)改善物联网医疗效果:通过模拟训练,可以凸显医疗领域全面链接的好处,包括患者

与医生、医疗机构与社区、医疗技术与资源的全面链接,可以达成更有效的沟通,促进更顺畅的流程推进,更好的医疗资源整合,从而实现医疗服务的全面优化和提升^[6-7, 10-11]。(4)迅速提升医生技能:通过模拟训练,可以模拟真实场景,允许云专家协助端医生模拟实践操作,从而迅速提高他们的专业技能和服务水平。(5)促进训练模式创新:云加端模拟训练可以激发端医生对医学创新的热情和动力,通过不断尝试新的治疗方法和手段,推动医学领域的创新和发展^[5, 9, 12-13]。

2 云加端 OSA 诊治新模式模拟训练体系

云加端 OSA 诊治新模式模拟训练体系可以模拟实际 OSA 诊治场景(表 1)^[5, 7, 9, 14],允许云专家指导端医生进行实操训练来提高诊断和治疗水平,可以迅速提高分级诊疗效率,提高强基层广覆盖的医疗和大健康水平。通过了解云加端技术、熟悉 OSA 诊治流程、选择适合的模拟软件、制定训练计划、进行模拟训练以及总结与反思等步骤,云专家可以帮助端医生更好地应用这些技术来为患者提供更优质的医疗服务。

表 1 云加端 OSA 诊治新模式模拟训练方法

方法	技术路线
了解云加端技术	在模拟训练开始之前,医生需要了解云加端技术的相关知识,包括云计算和端用户技术的原理、应用和发展趋势等,有助于更好地理解和应用技术。
熟悉诊治流程	包括诊断、治疗、随访等各个环节,有助于提高诊断和治疗水平。
选择适合的模拟软件	医生需要根据自身需求和实际情况选择合适的模拟软件,以确保模拟训练的效果和真实性。
制定训练计划	包括训练目标、训练内容、训练时间等,有助于医生更好地掌控整个模拟训练过程,提高训练效果。
进行模拟训练	严格执行训练计划,并记录训练心得和体会,有助于医生总结经验和发现问题,优化训练方案。
总结与反思	总结训练经验和教训并反思,为未来的诊治工作提供借鉴和指导。

OSA:阻塞性睡眠呼吸暂停。

2.1 了解云加端技 为进行云加端 OSA 诊治新模式模拟训练,需要学习云加端技术的相关知识,包括云计算和端用户技术的原理、应用和发展趋势

等。这将有助于云专家帮助端医生更好地理解 and 应用这些技术来模拟实际诊治场景(表 2)^[14-16],实现“名医治未病,元医惠众生”的愿景。

表 2 学习云加端技术的方法

方法	技术路线
学习相关知识	通过查阅相关书籍、论文或参加专业培训课程,深入了解云加端技术的原理、应用及优势。
参观示范点	实地参观采用云加端技术的医院或诊所,了解实际应用效果。
参与模拟训练	通过参与模拟训练,亲身体验云加端技术在诊断、治疗及患者管理等方面的应用。
与专家交流	与云加端技术领域的专家进行交流,听取他们的建议和指导,以便更好地理解和掌握云加端技术。
关注最新进展	时刻关注云加端技术领域的最新进展和动态,以便及时了解并应用最新的技术和方法。

2.2 熟悉 OSA 诊治流程 为进行云加端 OSA 诊治新模式模拟训练,需要云专家帮助端医生熟悉 OSA 的诊治流程,包括诊断、治疗、随访等各个环节。这将有助于医生在模拟训练中更好地模拟实际诊治过程,提高诊断和治疗水平(表 3)^[1, 5, 17-18]。掌握新质生产力赋能 OSA 诊治流程,具有重要的临床意义:(1)提高诊断效率。实现对 OSA 患者的快速、精

准诊断,降低误诊率,提高诊断效率^[19-21]。(2)优化治疗方案,提高治疗效果,减少不良反应^[22]。(3)实现远程监管,改善患者体验,提高患者的舒适度和满意度^[23-24]。(4)提高医疗资源利用效率,减少医疗浪费,降低医疗成本。(5)推动医疗技术发展,促进医疗行业的进步。

表 3 熟悉 OSA 诊治流程的方法

方法	技术路线
了解基本概念	了解 OSA 的基本概念、症状、影响以及常见的治疗方法。
学习诊断流程	包括询问病史、进行体格检查和必要的实验室和影像学检查;学习如何评估病情的严重程度。
熟悉治疗流程	熟悉非手术治疗方法;学习手术治疗的适应证和手术流程。
进行模拟训练	使用模拟软件或模型进行虚拟手术训练,以精进手术技能;进行病例分析和讨论,提高诊断能力。
实践应用	及时总结临床实践经验,并反馈问题,不断改进和提高。
持续学习	持续学习 OSA 诊治领域的新技术和方法,提高专业竞争力。

OSA:阻塞性睡眠呼吸暂停。

2.3 选择适合的模拟软件 选择适合的模拟软件是进行云加端 OSA 诊治新模式模拟训练的关键步骤。医生需要根据自己的需求和实际情况选择合适的

模拟软件,以确保模拟训练的效果和真实性(表 4)^[25-27]。

表 4 选择适合的模拟软件时需要考虑的因素

因素	技术路线
功能	确保软件能够模拟云加端 OSA 诊治的全过程,包括云端数据处理、本地端操作以及两者之间的交互;验证软件是否支持实时数据分析和处理,以及是否具备强大的数据存储和检索能力。
易用性	选择界面友好、操作简便的软件,以便于用户快速上手并进行模拟训练;需考虑软件是否提供用户手册、在线教程等学习资源,以使用户更好地理解和使用软件。
专业性和准确性	专业的模拟软件能够更准确地模拟 OSA 患者的生理状况,提供更可靠的诊断和治疗建议;准确性是选择模拟软件的关键指标,直接影响诊疗效果的评价和患者的管理。
界面友好性	界面友好性高的软件能够提供更好的用户体验,辅助医生迅速掌握模拟训练的技巧,提高赋能医疗和大健康水平,同时增加患者的舒适度和满意度。
兼容性和可扩展性	兼容性好的软件能够与其他医疗设备和信息系统更好地集成,实现数据的互通与共享;可扩展性强的软件能够适应未来技术的发展,为未来升级和扩展提供更大的灵活性。
性价比	在满足上述需求的基础上,需考虑软件的性价比,选择性价比最高的方案;可以考虑免费或开源的软件选项,以降低成本。

OSA:阻塞性睡眠呼吸暂停。

2.4 制定训练计划 制定一个明确的训练计划有助于云专家帮助端医生更好地掌控整个模拟训练过程,迅速提高训练效果(表 5)^[28-29]。在设定基本的云加端 OSA 诊治新模式模拟训练计划框架时,应该重点考虑:(1)提高诊治效率。设计明确的训练计划框架,确保医护人员更快地掌握 OSA 诊治的技术和流程,提高诊治效率。(2)保证诊治质量。训练

计划框架中通常包含标准化的操作规范和评估指标,这有助于保证每例患者都能接受到高质量的诊治。(3)降低误诊率。遵循统一的诊断标准和治疗流程可以降低误诊率。(4)促进团队合作、明确的训练计划框架有助于团队成员之间沟通和协作,从而提高整个诊治过程的效率和准确性。(5)推动技术创新。训练计划框架的设定可以激励医护人员不

断探索和创新,推动 OSA 诊治技术的不断进步和 发展^[5-7, 9]。

表 5 基本的培训计划框架

项目	内容
训练目标	(1)熟悉云加端 OSA 诊治新模式的基本原理和流程;(2)掌握云加端 OSA 诊治新模式的核心技术和关键操作;(3)提高在云加端环境下进行 OSA 诊治的效率和准确性;(4)培养团队协作精神,提升整体服务能力。
训练内容	(1)云加端技术基础:云计算、大数据、人工智能等技术的概念和原理;(2)OSA 诊治技术:包括 OSA 的诊断标准、治疗方法、药物使用等;(3)云加端 OSA 诊治模式:云加端环境下 OSA 诊治的新模式、流程、优势等;(4)实践操作培训:云加端环境下 OSA 诊治的实际操作流程、案例分析、问题解决等。
训练方法	(1)理论知识学习:通过讲座、案例分析、小组讨论等方式,学习云加端技术和 OSA 诊治技术的基础知识;(2)实践操作培训:在模拟环境中进行实践操作,学习云加端环境下 OSA 诊治的实际操作流程和技巧;(3)案例分析:通过分析实际案例,学习如何在云加端环境下进行 OSA 诊治,并总结经验和教训;(4)团队协作:通过小组讨论和合作,培养团队协作精神,提升整体服务能力。
训练评估	(1)理论知识考核:通过考试或问卷调查等方式,评估学员对云加端技术和 OSA 诊治技术的理论知识掌握情况;(2)实践操作考核:通过模拟操作或实际操作等方式,评估学员在云加端环境下进行 OSA 诊治的实践操作能力;(3)团队协作能力评估:通过小组讨论和合作任务完成情况,评估学员的团队协作能力;(4)综合评估:结合理论知识考核和实践操作考核,对学员的整体服务能力进行综合评价。

OSA:阻塞性睡眠呼吸暂停。

2.5 模拟训练 云加端 OSA 诊治新模式模拟训应设定如下的临床意义:(1)提高诊断准确性。通过模拟训练方法,可以更加全面地了解患者的睡眠结构和呼吸特点,从而提高 OSA 的诊断准确性。(2)个性化治疗方案。根据患者的具体情况,模拟训练方法可以为患者提供个性化的治疗方案,提高治疗效果。(3)安全性保障。在实际治疗之前,模拟训练方法可以在一定程度上保障患者的安全,减少治疗过程中的风险。(4)提高患者舒适度。模拟训练方法可以在一定程度上提高患者的舒适度,减少治疗过程中的不适和痛苦。(5)降低成本。相比传统的治疗方法,通过模拟训练后,医生更有能力选择出更优诊疗方法,可以在一定程度上降低成本,减轻患者的经济负担。(6)提高治疗效果。通过模拟训练方法,可以更加有效地改善患者的睡眠质量和呼吸状况,从而提高治疗效果。医生需要按照制定的训练计划进行训练,并记每次训练的心得和体会,这将有助于云专家帮助端医生总结经验和发现问题,为下一次训练提供改进方向(表 6)^[30]。

2.6 模拟训练的质量控制 在云加端 OSA 诊治新模式模拟训练中,质量控制是关键环节。云加端 OSA 诊治新模式模拟训练的质量控制是提升医疗水平、保障患者安全的重要环节(表 7)^[5, 9, 15]。云加端 OSA 诊治新模式模拟训练可以促进基层医疗水平提升、推动医疗信息化建设的发展、促进医疗信息的互通与共享、提高医疗服务的效率和准确性。

2.7 总结与反思 在云加端 OSA 诊治新模式模拟

训练结束后,需要云专家帮助端医生对整个训练过程进行总结和反思,总结出经验和教训,为未来的诊治工作提供借鉴和指导(表 8)。

3 小 结

云加端 OSA 诊治新模式模拟训练的目的在于通过新质生产力赋能 OSA 诊治的模拟训练,迅速提高所有从业医生的诊疗水平,促进医疗资源的均衡分布,更好地服务患者。具体表现在以下方面:(1)提高医疗水平。通过模拟训练,基层医生可以迅速熟悉云加端诊疗新模式,提高其在该模式下的医疗水平。(2)优化诊疗流程。在模拟训练中,可以对诊疗流程进行反复优化,提高诊疗效率。这种优化不仅体现在流程上,还体现在对疾病的诊断和治疗上,有助于提高患者的满意度。(3)增强团队协作。模拟训练还可以增强云专家和端医生之间、端医生和端医生之间的团队协作,提高整个医疗团队的凝聚力和战斗力。通过模拟训练,医生们可以更好地理解彼此的工作和角色,从而更好地协作完成诊疗任务。(4)提升患者体验。通过模拟训练,云专家可以帮助端医生更加关注患者的需求和体验,提供更加个性化的医疗服务。这种关注不仅体现在诊疗过程中,还体现在对患者的关怀和安慰上,有助于提升患者的整体体验。(5)促进医疗技术创新。模拟训练可以推动医疗技术的创新和发展。通过不断尝试新的技术和方法,云专家可以帮助端医生不断探索出更加高效、安全、便捷的诊疗方式,为患者提

表 6 云加端 OSA 诊治新模式模拟训练方法

项目	内容
了解云加端 OSA 诊治新模式	(1)云加端 OSA 诊治新模式是指通过云端技术和终端设备,实现远程、实时、高效的医疗诊断和 治疗服务;(2)云端技术:包括云计算、大数据、人工智能等技术,用于处理和分析医疗数据,提 供远程诊断和决策支持;(3)终端设备:包括智能手机、平板电脑、可穿戴设备等,用于采集和传 输患者生理数据,实现远程监控和预警。
模拟训练目标	(1)提高医生对云加端 OSA 诊治新模式的认知和了解;(2)熟悉云端技术和终端设备的操作和 使用;(3)掌握云加端 OSA 诊治新模式的诊断流程和方法;(4)提高医生在云加端环境下进行远 程诊断和治疗的能力。
模拟训练内容	(1)云端技术操作:包括登录医疗云平台、查看和分析患者数据、进行远程诊断等;(2)终端设备 使用:包括佩戴可穿戴设备、采集生理数据、传输数据等;(3)诊断流程和方法:包括患者信息收 集、数据分析、诊断决策等;(4)远程诊断和治疗:包括远程监控患者状况、调整治疗方案、进行 紧急处理等。
模拟训练方式	(1)线上模拟:通过电脑或手机进行模拟操作,学习云端技术和终端设备的操作技巧。(2)线下 实践:在实际医疗环境中进行实践操作,提高诊断流程和方法的应用能力。(3)案例分析:通过 分析实际案例,学习如何在云加端环境下进行远程诊断和治疗;(5)团队讨论:与团队成员进行 交流和讨论,分享经验和解决问题。
总结与评估	(1)总结模拟训练过程中的经验和教训,提炼出适合自己的诊断方法和治疗策略;(2)评估自己 的模拟训练效果,找出不足之处并制定相应的改进措施。

OSA:阻塞性睡眠呼吸暂停。

表 7 模拟训练的质量控制

方法	技术路线
明确质量控制目标	包括提高医疗服务的准确性、及时性和安全性。同时,还需要考虑如何提升医护人员的专业技 能和素质,以及如何提高患者的满意度。
制定质量控制计划	包括确定质量控制的关键环节、制定质量控制的标准和流程,以及明确质量控制的责任部门。
加强模拟训练的质量控制	(1)监控训练过程:实时监控医护人员的操作,确保他们按照既定的质量控制标准和流程进行 操作;(2)及时反馈:对于操作不当或存在安全隐患的情况,要及时指出并督促其改正;(3)定期 评估:了解医护人员在模拟训练中的表现和进步情况,有助于发现问题,及时改进。
建立持续质量改进机制	对质量控制进行总结和评估;根据评估结果制定改进措施;同时,还需要定期对医护人员进行 培训和教育,提高他们的专业技能和素质。

表 8 总结与反思模拟训练的方法

方法	技术路线
明确训练目标	有助于受训者更好地评估自己的表现,并确定需要改进的领域。
记录模拟训练过程	记录受训者的表现和遇到的问题,有助于接受训者回顾训练过程,并发现需要改进的地方。
分析模拟训练结果	有助于受训者了解自身优劣,制定更具有针对性的训练计划。
总结模拟训练经验	回顾整个训练过程,思考自己的进步与不足之处,总结经验教训,为未来的训练提供参考。
反思与改进	总结训练中遇到的困难和挑战,以及解决方法,再制定改进措施。
持续学习与提高	持续进行模拟训练,不断地学习和提高,以更好地掌握云加端 OSA 诊治新模式,并提高自己的诊治水平。

OSA:阻塞性睡眠呼吸暂停。

供更好的医疗服务。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献 陆俊羽、蒋维芃:参考文献检索、论文修改;
白春学:论文选题、撰写、修改。

伦理声明 无。

参考文献

- [1] 中华医学会, 中华医学会杂志社, 中华医学会全科医学分会, 等. 成人阻塞性睡眠呼吸暂停基层诊疗指南(2018 年)[J]. 中华全科医师杂志, 2019, 18(1): 21-29.
- [2] GOTTLIEB D J, PUNJABI N M. Diagnosis and management of obstructive sleep apnea: a review[J]. JAMA, 2020, 323(14): 1389-1400.
- [3] PREVENTIVE SERVICES TASK FORCE U S, BIBBINS-DOMINGO K, GROSSMAN D C, et al. Screening for obstructive sleep apnea in adults: us preventive services task force recommendation statement[J]. JAMA, 2017, 317(4): 407-414.
- [4] QASEEM A, HOLTY J E C, OWENS D K, et al. Management of obstructive sleep apnea in adults: a clinical practice guideline from the American College of Physicians[J]. Ann Intern Med, 2013, 159(7): 471-483.
- [5] 国际元宇宙医学协会睡眠呼吸专家组. 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, 632.
- [6] 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.
- [7] 中华医学会呼吸分会睡眠呼吸障碍学组, 中国医学装备协会呼吸病学装备技术专业委员会睡眠呼吸设备学组. 互联网医疗在阻塞性睡眠呼吸暂停临床诊治中的质量控制专家共识[J]. 国际呼吸杂志, 2022, 42(09): 644-650.
- [8] 白春学. 医学新质生产力之我见[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(3): 3-10.
- [9] 白春学, 陆俊羽, 蒋维芃, 等. 医学新质生产力赋能阻塞性睡眠呼吸暂停诊疗新模式[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(3): 22-28.
- [10] 白春学. 实用物联网医学[J]. 北京: 人民卫生出版社, 2014.
- [11] 白春学, 赵建龙. 物联网医学[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [12] YANG D W, ZHOU J, SONG Y L, et al. Metaverse in medicine[J]. Clin eHealth, 2024, 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] 白春学, 王悦虹, 蒋维芃. 元宇宙赋能健康管理的意义及展望[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(3): 16-21.
- [15] 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.
- [16] 薛新颖, 杨达伟, 白春学. 元宇宙医学教学查房实践与探索[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(1): 73-81.
- [17] 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.
- [18] LEVY J, ÁLVAREZ D, DEL CAMPO F, et al. Deep learning for obstructive sleep apnea diagnosis based on single channel oximetry[J]. Nat Commun, 2023, 14(1): 4881.
- [19] WANG G, BADAL A, JIA X, et al. Development of metaverse for intelligent healthcare[J]. Nat Mach Intell, 2022, 4(11): 922-929.
- [20] 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.
- [21] XU N, YANG D W, ARIKAWA K, et al. Application of artificial intelligence in modern medicine[J]. Clin eHealth, 2023, 6: 130-137.
- [22] DENNY J C, COLLINS F S. Precision medicine in 2030—seven ways to transform healthcare[J]. Cell, 2021, 184(6): 1415-1419.
- [23] KIM J, CAMPBELL A S, DE ÁVILA B E F, et al. Wearable biosensors for healthcare monitoring[J]. Nat Biotechnol, 2019, 37(4): 389-406.
- [24] HWANG D, CHANG J W, BENJAFIELD A V, et al. Effect of telemedicine education and telemonitoring on continuous positive airway pressure adherence. the tele-OSA randomized trial[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2018, 197(1): 117-126.
- [25] TURINO C, BATLLE J D, WOEHRLER H, et al. Management of continuous positive airway pressure treatment compliance using telemonitoring in obstructive sleep apnoea[J]. Eur Respir J, 2017, 49(2): 1601128.
- [26] PÉPIN J L, JULLIAN-DESAYES I, SAPÈNE M, et al. Multimodal remote monitoring of high cardiovascular risk patients with OSA initiating CPAP: a randomized trial[J]. Chest, 2019, 155(4): 730-739.
- [27] MASA J F, CORRAL J, PEREIRA R, et al. Therapeutic decision-making for sleep apnea and hypopnea syndrome using home respiratory polygraphy: a large multicentric study[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2011, 184(8): 964-971.
- [28] SCHWALBE N, WAHL B. Artificial intelligence and the future of global health[J]. Lancet, 2020, 395(10236): 1579-1586.
- [29] VENKATESAN M, MOHAN H, RYAN J R, et al. Virtual and augmented reality for biomedical applications[J]. Cell Rep Med, 2021, 2(7): 100348.
- [30] BRUYNEEL M, NINANE V. Unattended home-based polysomnography for sleep disordered breathing: current concepts and perspectives[J]. Sleep Med Rev, 2014, 18(4): 341-347.

引用本文

陆俊羽, 蒋维芃, 白春学. 云加端 OSA 诊治训练新模式[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(4): 37-42.

LU J Y, JIANG W P, BAI C X. A new training model for diagnosis and treatment of OSA[J]. Metaverse Med, 2024, 1(4): 37-42.

DOI: 10.61189/102367phrzdq

· 伦理与法规 ·

虚拟现实技术中的身心健康风险与伦理治理路径： 多维度视角的探索

朱林蕃¹, 杨亦逸², 王国豫^{2*}

1. 复旦大学科技伦理与人类未来研究院, 上海 200433

2. 复旦大学哲学学院, 上海 200433

[摘要] 随着虚拟现实(virtual reality, VR)技术的迅速发展,其在娱乐、教育、医疗等领域的广泛应用为社会带来了显著的创新与便利。然而,随着技术的普及,生理与心理健康方面的伦理风险也逐渐显现,尤其是在长时间使用和高沉浸度体验的情况下。本文从伦理学的角度出发,构建了一个多维度的虚拟现实技术伦理风险框架,涵盖了个人层面的生理健康与心理健康风险、个体与社会互动层面的社会冷漠与虚拟社区责任感缺失、以及社会制度层面的隐私保护与知识产权问题。基于这些风险,本文提出了技术治理的系统性路径,包括多方协同的治理模式、教育与赋能的伦理意识提升、以及技术创新与伦理约束的相互促进。通过政府、科技企业、心理学研究机构与教育部门的常态化协作,结合用户反馈与参与,本文倡导构建一个开放、透明、包容的人性化技术生态系统,最终推动虚拟现实技术的可持续发展,并促进个体与群体福祉的平衡。

[关键词] 虚拟现实;伦理风险;技术治理;个人福祉;协同治理

[中图分类号] R-0 **[文献标志码]** A

The physical and mental health risks and ethical governance pathways in virtual reality technology: an exploration from a multidimensional perspective

ZHU Linbo¹, YANG Yiyi², WANG Guoyu^{2*}

1. Institute of Technology Ethics for Human Future, Fudan University, Shanghai 200433, China

2. School of Philosophy, Fudan University, Shanghai 200433, China

[Abstract] With the rapid development of Virtual Reality (VR) technology, its widespread applications in entertainment, education, healthcare, and other fields have brought significant innovations and conveniences to society. However, as the technology becomes more prevalent, ethical risks related to physical and mental health have also become increasingly evident, particularly in the context of prolonged use and high-immersion experiences. This paper constructs a multi-dimensional ethical risk framework for VR technology, addressing risks at the personal level (physical and mental health risks), the individual-social interaction level (social indifference and lack of virtual community responsibility), and the societal-institutional level (privacy protection and intellectual property issues). Based on these risks, this paper proposes a systematic approach to ethical governance, including a multi-stakeholder collaborative governance model, ethical awareness enhancement through education and empowerment, and the mutual promotion of technological innovation and ethical constraints. By fostering continuous collaboration among government, tech companies, psychological research institutions, and educational departments, and incorporating user feedback and participation, the paper advocates for the construction of an open, transparent, and inclusive human-centered technological ecosystem. Ultimately, this approach aims to ensure the sustainable development of VR technology while balancing individual and societal well-being.

[Key Words] virtual reality; ethical risks; technological governance; personal well-being; collaborative governance

在新技术不断影响和冲击着人类生活经验的时代,虚拟现实技术的普及成为了社会生活中一个重要的转折点。特别是在文体娱乐、游戏、教育和医疗等领域,虚拟现实带来了前所未有的突破性应用,不仅极大地丰富了人类的日常生活和体验方

式,还在多个行业中打开了新的技术发展方向。在文娱产业,虚拟现实的沉浸式体验让用户得以进入一个全新的互动世界,改变了传统的娱乐形式;在教育领域,虚拟现实技术使学生能够在虚拟环境中进行实践操作,提高了学习效果与安全性。在医疗

[收稿日期] 2024-12-18

[接受日期] 2024-12-25

[作者简介] 朱林蕃, 博士, 青年副研究员. E-mail: zhulinfan@live.cn

* 通信作者 (Corresponding author): Tel: 021-65642731, E-mail: wguoyu@fudan.edu.cn

领域,虚拟现实则为治疗和康复提供了全新的方法,帮助患者在模拟环境中进行心理治疗和物理恢复,显著提升了治疗效率。然而,尽管虚拟现实在许多领域带来了创新与发展,它的广泛应用也伴随着众多技术与伦理挑战,尤其是对个人健康福祉的潜在威胁日益突出。正因为如此,深入探讨虚拟现实技术的伦理问题,尤其是如何平衡技术创新与保护个人生理与心理健康,已经成为当下科技伦理研究中的一个重要议题。

本文从科技伦理的视角出发,探讨虚拟现实技术对个体生理与心理健康可能带来的风险,力图为这一问题提供切实可行的伦理指导。通过梳理虚拟现实技术在不同应用场景中的伦理挑战,结合现

代科技伦理学的研究成果,本文旨在为如何应对虚拟现实技术带来的健康风险,提出具体的伦理建议与政策框架,推动科技创新与人类福祉的和谐发展。

1 虚拟现实中的总体风险特征刻画

在应对虚拟现实技术挑战时,全面的风险分析框架至关重要。为了更深入地理解虚拟现实技术在不同应用场景中可能引发的伦理问题,本文通过系统梳理国内外相关研究文献,构建了一个“同心圆”式的风险分析框架。该框架将虚拟现实技术的伦理风险划分为3个递进层次:个人层面、个体-社会互动层面和社会制度层面(图1)。

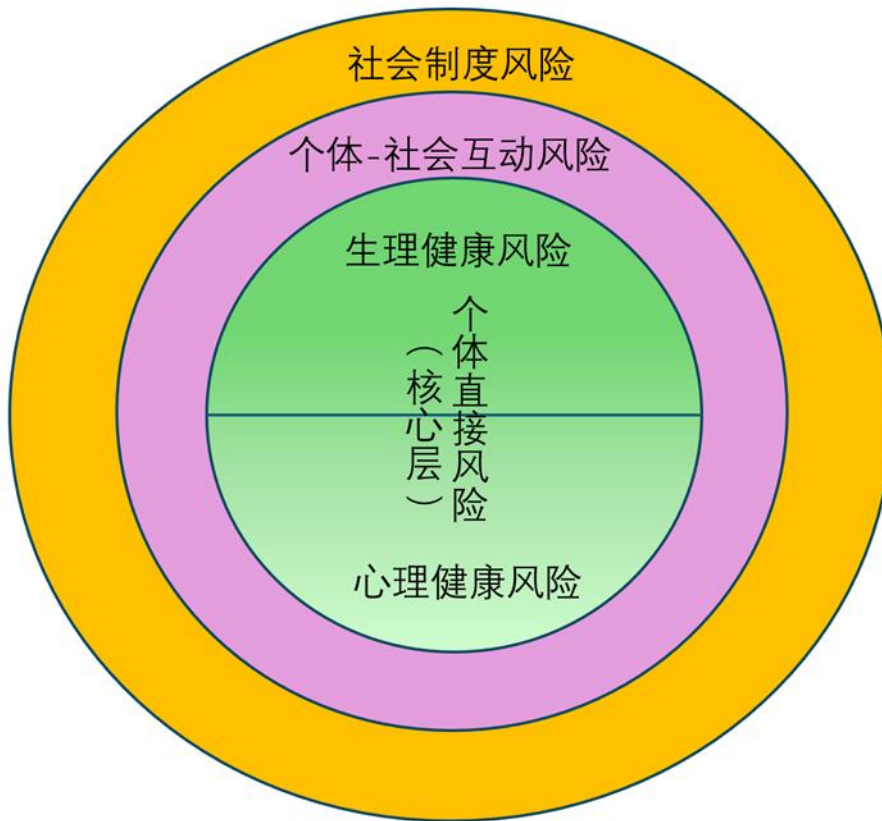


图1 虚拟现实技术总体风险刻画示意图

1.1 个人层面的伦理风险 个人层面的伦理风险主要聚焦于虚拟现实技术可能对个体生理与心理健康产生的影响。在生理健康方面,长时间使用虚拟现实设备可能引发诸如虚拟现实晕动症、眼部疲劳、颈肩疼痛等健康问题。虚拟现实的沉浸感也可能使得用户的身体处于不自然的姿势和环境中,长时间暴露于这种不平衡状态,可能对用户的身体造成负担。在心理健康方面,虚拟现实的沉浸式体验可能引发情绪波动,尤其是在青少年及心理脆弱群

体中,可能导致焦虑、抑郁等心理问题的加剧。虚拟世界的高度拟真性与现实世界的脱节,使得个体对现实的感知发生偏差,从而产生心理压力或情感障碍。

1.2 个体-社会互动层面的伦理风险 个体-社会互动层面的伦理风险涉及虚拟社区中的社会交往与责任感问题。随着虚拟现实技术的普及,虚拟社区逐渐成为了人们交往的重要平台,但在这些虚拟空间中,社会冷漠现象、身份伪造以及群体行为失范

等问题逐渐凸显。在虚拟环境中,个体的行为常常缺乏现实社会中那种即时的反馈与监督,导致部分用户在匿名性和虚拟性面前变得冷漠、自私,甚至进行不道德的行为。此外,虚拟社区中责任感缺失的问题也逐渐显现,许多用户未能对其在虚拟世界中的行为承担应有的社会责任,虚拟空间中的暴力、恶意攻击等行为频繁发生。

1.3 社会制度层面的伦理风险 社会制度层面的伦理风险涉及信息隐私、知识产权及数字鸿沟等问题。随着虚拟现实技术的广泛应用,用户在虚拟空间中产生的大量数据,包括行为数据、情感数据、个人身份信息等,面临着巨大的隐私泄露风险。此外,虚拟现实平台的内容创作与知识产权保护问题也日益严峻,虚拟现实内容的盗版与侵权现象屡见不鲜。而随着虚拟现实技术的普及,数字鸿沟问题愈加严重,技术的分配不均可能加剧社会阶层的割裂与贫富差距。

基于以上3个层次的风险分析框架,本文将重点关注生理与心理健康风险。从个人福祉与技术伦理的角度出发,提出一些建议,例如增强虚拟现实设备的健康警示功能、加强对使用者的心理干预和支持、设计更具包容性的虚拟社区等。通过这些措施,希望能够在确保虚拟现实技术持续创新的同时,最大限度地减少其可能带来的健康与伦理风险,推动虚拟现实技术向着更加人性化、可持续发展的方向发展。

2 虚拟现实技术生理风险概述

虚拟现实技术作为一种新兴的沉浸式媒介,在为用户提供前所未有的体验的同时,也引发了一系列关于其潜在生理健康风险的哲学和伦理学思考。这些风险不仅涉及人体的生理机能,还涉及到人与技术之间的复杂互动关系,以及技术对人类感知和存在方式的深远影响。

2.1 虚拟现实对视觉系统的影响

2.1.1 视觉疲劳与调节功能削弱 虚拟现实设备的使用会导致多种形式的视觉疲劳和调节功能变化。Mon-Williams等^[1]的研究发现,短时间(10 min)观看需要持续眼部聚焦和调节的虚拟现实显示,虽然不会导致双眼视觉功能的长期问题,但会引起明显的视觉疲劳症状。Lee等^[2]进一步证实,长时间使用虚拟现实设备会导致视觉症状问卷(virtual reality sickness questionnaire, 虚拟现实 SQ)得分显著增加,同时最大调节力也会明显下降。

2.1.2 双眼视觉功能变化 关于双眼视觉功能,

Banstola等^[3]的研究发现,虚拟现实游戏可能会改变双眼调节和视觉融合作用,其中一些变化可能具有积极影响。然而,Viire^[4]指出,如果虚拟现实设备设计不当或使用不当,可能会给双眼视觉系统带来压力和不适。

2.1.3 长期影响与潜在风险 目前关于虚拟现实使用的长期影响研究相对有限。Choudhary等^[5]指出,长时间使用虚拟现实设备可能会导致更严重的视觉问题,如近视的发展和数字眼疲劳。然而,这些发现仍需要更多长期追踪研究的验证。

综上所述,虚拟现实技术对视觉系统的影响是多维度的,包括短期的视觉疲劳。双眼视觉功能的改变、视觉清晰度的影响以及潜在的长期影响。虚拟现实技术对视觉系统的影响不仅涉及生理层面,还涉及我们对视觉现实的理解和构建^[6]。这种技术引发的视觉适应问题可能改变我们感知和解释世界的方式,从而影响我们的认知结构和世界观。虽然目前研究显示某些影响可能是暂时的,但仍需要更多深入研究来评估长期使用的安全性。

2.2 虚拟现实对平衡感和姿势控制的风险

2.2.1 基础姿势稳定性风险 虚拟现实使用导致的姿势控制系统基础性改变最为直接。Pujiartati等^[7]和Bendixen等^[8]的研究证实,虚拟现实环境会导致显著的姿势稳定性下降,这种不稳定性主要体现在压力中心位移增加和姿势摆动加剧。这种基础性改变直接影响用户在虚拟环境中的安全性和操作准确性。

2.2.2 感觉系统整合障碍 虚拟现实环境特有的视觉-前庭冲突构成了第二层风险。Nishiike等^[9]指出,虚拟环境中的视觉信息与前庭系统和本体觉之间的不匹配,会引发姿势控制紊乱和感觉整合障碍。这种感觉冲突不仅导致即时的平衡障碍,还可能引发较为持久的运动病症状。

2.2.3 动态平衡控制缺陷 在动态运动场景中的风险构成第三个层面。Horsak等^[10]的研究揭示,虚拟现实环境下的动态平衡控制表现出独特的问题:使用者的躯干线速度变异性显著增加,同时稳定性边际减少。这种动态控制能力的下降直接影响用户在虚拟环境中的运动表现和交互能力。

虚拟现实环境对平衡感和姿势控制的影响反映了身体在虚拟空间中的重新定位问题^[11]。这种现象挑战了我们对身体边界和空间感知的传统理解,可能导致我们对现实世界的空间认知发生根本性变化。前述4个层面的风险相互关联,共同构成了虚拟现实环境对人体平衡控制系统的系统性挑

战,为相关安全标准的制定和防护措施的开发提供了重要的理论基础。

2.3 虚拟现实引发的晕动症风险分析

2.3.1 生理应激反应 虚拟现实晕动症(VR motion sickness, 虚拟现实 MS)的基础表现是一系列生理应激反应。Liu 等^[12]通过 EEG 研究发现,虚拟现实 MS 状态下大脑的特定区域会出现显著的活动改变。Aspiotis 等^[13]进一步证实,这些改变涉及后枕区带功率变化和后枕不对称性,特别是在 beta 和 gamma 频段中表现明显。这些生理改变构成了评估虚拟现实 MS 即时影响的客观指标。

2.3.2 感知系统冲突 在生理应激的基础上,虚拟现实 MS 的核心机制源于感知系统的冲突。Gallagher 等^[14]指出,虚拟现实环境中的视觉信息与内耳平衡感受器之间的不匹配是引发晕动症的主要原因。Li 等^[15]通过 EEG 研究发现,对虚拟现实 MS 具有抵抗力的个体显示出独特的神经活动模式,揭示了感知冲突与生理应激之间的关联机制。

2.3.3 个体差异性风险 在相同的技术参数下,虚拟现实 MS 的发生仍存在显著的个体差异。Munafò 等^[16]的研究表明,性别是影响虚拟现实 MS 敏感度的重要因素,女性更容易受到影响。Al Zayer 等^[17]发现,通过 FOV 限制可以减少性别差异对虚拟现实晕动症的影响。这些研究揭示了个体差异在虚拟现实 MS 风险评估中的重要性,并为制定个性化防护策略提供了依据。

晕动症作为虚拟现实使用中最常见的生理风险,体现了人类感知系统在面对虚拟和现实交织时的矛盾和适应过程。其风险呈现出从基础生理反应、感知冲突、技术影响到个体差异的多层次特征^[18]。这也为防护措施的开发提供了层次化的思路:从生理监测、感知协调、技术优化到个性化适配。这一认识对于建立全面的风险评估体系和制定有效的防护标准具有重要指导意义。

2.4 虚拟现实引发的心血管系统风险分析

2.4.1 基础生理反应 虚拟现实环境首先引发基础的心血管生理反应。Malińska 等^[19]的研究表明,在虚拟现实沉浸式训练中,参与者的 心率变异性(heart rate variability, HRV)在时间域和频率域上均出现显著变化,特别是低频谱功率的增加,表明交感神经活动增强。这种基础生理反应构成了虚拟现实心血管风险的首要层面。

2.4.2 自主神经系统失调 在基础生理反应之上,虚拟现实可能导致自主神经系统的调节紊乱。Kazzi 等^[20]观察到,在虚拟现实增强的冥想指导过程

中,参与者的 HRV 的低频功率增加而高频功率减少,显示交感神经活动增强的同时副交感神经活动减弱。这种自主神经系统的失衡可能带来更广泛的心血管影响。

2.4.3 特殊人群的易感性 不同人群对虚拟现实引发的心血管反应表现出不同的易感性。Elzeky 等^[21]研究发现,在透析患者中,虚拟现实可以显著影响心率和血压等指标。Lebamovski 和 Gospodinova^[22]则观察到,在压力情境下,虚拟现实环境可能加剧心血管应激反应。这种个体差异性使得心血管风险的评估和预防变得更加复杂。

虚拟现实体验引起的心血管系统变化反映了虚拟经验对真实身体的直接影响^[23]。其影响呈现出从基础生理反应、自主神经系统调节、血流动力学改变到个体差异性的多层次特征。未来研究应着重关注这些风险因素间的交互作用,建立更全面的评估体系,并针对不同人群制定差异化的防护策略。特别需要注意的是,某些具有心血管基础疾病的患者可能需要更严格的监测和个性化的使用方案。

2.5 虚拟现实引发的神经系统风险分析

2.5.1 感知系统冲突 最基础的神经系统风险源于感知信息的冲突。Gallagher 等^[14]指出,虚拟现实环境中的视觉信息与前庭系统信息的不匹配会导致前庭诱发肌电位(vestibular evoked myogenic potentials, VEMP)发生改变。这种初级感知系统的冲突构成了神经系统风险的基础层面,直接影响个体的空间定向和平衡控制。

2.5.2 神经系统基础性改变 在感知冲突的基础上,会出现神经系统的功能性改变。Grosprêtre 等^[24]发现,虚拟现实模拟环境能导致脊髓兴奋性的显著变化,特别是 H 反射的降低。这种神经系统的基础性改变反映了中枢神经系统对虚拟环境的适应性反应,可能影响运动控制和姿势调节。

2.5.3 神经可塑性异常 最高层次的风险涉及长期神经可塑性的改变。Albani 等^[25]在帕金森病患者中观察到,虚拟现实可能诱发视觉幻觉,这种现象与神经系统的病理性改变相关。这表明长期虚拟现实暴露可能通过改变神经可塑性机制,对神经系统产生持久的结构性和功能性影响。

长期使用虚拟现实对神经系统的影响涉及到神经可塑性和意识状态的深层问题^[26]。虚拟现实对神经系统的影响呈现出从感知整合、基础神经功能、自主神经调节到神经可塑性的递进式风险特征。这种层次性不仅反映了神经系统功能的组织

规律,也揭示了虚拟现实可能影响神经系统的不同途径和机制。这一认识对于制定预防策略和使用指南具有重要意义,特别是对于具有神经系统疾病易感性的人群,需要建立更有针对性的防护措施和监测机制。

2.6 虚拟现实引发的肌肉骨骼系统压力分析

2.6.1 神经肌肉协调紊乱 最基础的肌肉骨骼系统压力源于神经肌肉协调的改变。Grosprêtre 等^[25]研究发现,虚拟现实环境中的运动模拟会导致脊髓兴奋性发生显著变化,影响肌肉的基础活动模式。Hao 等^[27]进一步观察到,虚拟现实中的视觉扰动会导致下肢肌肉活动增加,且在女性中表现更为明显,这种神经肌肉协调的紊乱构成了肌肉骨骼系统压力的基础。

2.6.2 姿势稳定性异常 在神经肌肉协调紊乱的基础上,会出现姿势稳定性的异常。Pujiartati 等^[7]发现,长时间使用虚拟现实设备会显著增加用户的姿势稳定性参数,如平均距离和摆动面积。Jeong 等^[28]指出,这种不稳定性与虚拟现实设备的光学条件密切相关,不适当的光学设置会导致更大的姿势摆动。

2.6.3 代偿性运动模式 最复杂的压力源于代偿性运动模式的形成。Hodgson 等^[29]的研究显示,在虚拟现实环境中,用户往往会采用非自然的代偿性运动模式来适应虚拟任务需求,这种适应性改变可能导致肌肉骨骼系统的长期失衡和慢性损伤风险增加。

虚拟现实设备使用导致的肌肉骨骼系统压力反映了技术与人体工程学的交互^[30]。虚拟现实对肌肉骨骼系统的影响呈现出从神经肌肉协调、姿势稳定性、局部负荷到整体运动模式的递进式压力特征。这提示我们在虚拟现实系统设计和使用中需要采取综合性的防护策略:优化视觉反馈机制以减少神经肌肉紊乱,改进设备人机工程学设计以维持姿势稳定性,控制使用时长以避免局部肌肉疲劳,并通过合理的任务设计来预防不良代偿模式的形成。特别是对于特定人群(如老年人或肌肉骨骼系统疾病患者),可能需要更为个性化的使用方案和更严格的监测机制。

3 心理健康风险综述

3.1 虚拟现实引发的现实解离与身份认同危机分析 虚拟现实环境可能引发用户的解离体验,包括去人格化和去真实感。虚拟现实不仅能引起解离体验,还可能降低用户在客观现实中的存在感^[31]。

这种现象与用户在虚拟环境中的沉浸度和个人解离倾向密切相关^[32]。长期沉浸在虚拟世界中可能导致用户对现实世界的认知产生偏差,甚至引发身份认同危机。

(1)基础认知失调。最基本的风险源于认知系统的失调。Aardema 等^[31]研究发现,虚拟现实环境会导致用户出现解离现象,包括去个性化和去现实化,降低用户对客观现实的感知。这种认知失调构成了现实解离和身份认同危机的基础层面,直接影响用户对自我和环境的基本认知。

(2)身份边界模糊。在认知失调的基础上,会出现身份边界的模糊。Yang 等^[33]指出,虚拟现实环境中的自我扩展体验具有双刃剑效应,虽然可以增强自尊和生活满意度,但也可能导致自我概念的不连贯性。Davis 和 Chansiri^[34]进一步发现,虚拟身份的多重性可能超越视觉偏见,但同时也带来身份整合的挑战。

(3)现实感知扭曲。第三层风险涉及现实感知的扭曲。Bengtsson 和 Van Couvering^[35]研究发现,虚拟现实环境中的技术“故障”不仅影响沉浸感,还可能改变用户对现实的理解和批判性反思能力。这种扭曲可能导致用户在现实和虚拟世界之间产生长期的认知冲突。

(4)社会适应障碍。最复杂的风险表现为社会适应的障碍。Freeman 等^[36]指出,虚拟现实使用可能导致用户出现心理健康问题,如焦虑和抑郁。这种社会适应障碍不仅影响个体的心理健康,还可能导致更广泛的社会功能受损。

虚拟现实引发的现实解离与身份认同危机呈现出从基础认知、身份整合、现实感知到社会适应的递进式风险特征。这提示我们需要采取综合性的防护策略:加强认知训练以维持基础现实感;建立身份整合机制以防止过度分散;开发现实锚定技术以维持现实感知;提供社会支持系统以促进适应。特别是对于易感人群(如青少年或有心理健康问题的个体),可能需要更严格的使用指南和更全面的支持系统。未来研究应着重关注这些风险因素的长期累积效应,建立更完善的预警机制,并为不同群体制定个性化的防护策略。

3.2 虚拟现实引发的信息过载与认知负担风险 虚拟现实环境中丰富的感官刺激可能导致信息过载。用户需要同时处理大量的视觉和听觉信息,这可能导致认知资源的过度消耗^[37]。持续的高强度信息输入可能引发注意力分散、记忆力下降等认知问题。

(1)多模态信息整合压力。最基础的认知负担源于多感官信息的过载与整合困难。Barreda-Ángeles 等^[38]发现,沉浸式非虚构 360°视频会降低用户的专注力、信息识别和提示回忆能力。这种多模态信息的同时输入构成了认知负担的首要压力源,直接影响用户对信息的初步处理能力。

(2)基础感知系统紊乱。在多模态信息整合压力的基础上,会出现感知系统的紊乱。Rettinger 等^[39]研究发现,虚拟现实环境中的视觉复杂性会显著影响认知负荷。Guo 等^[40]进一步指出,这种复杂性会导致深度感知和立体视觉疲劳(stereoscopic visual fatigue, SVF)。这种感知系统的紊乱反映了大脑在处理虚拟现实环境信息时的适应性失调。

(3)高级认知功能障碍。最终,持续的信息过载会导致高级认知功能的障碍。Nürnberg 等^[41]发现,虚拟现实中的视觉-前庭信息不匹配会导致大脑信息流减少。Peterson 等^[42]也观察到虚拟现实环境中的高度暴露会增加生理压力和认知负荷。这种高级认知功能的障碍可能表现为决策能力下降、注意力分散和执行功能紊乱。

虚拟现实引发的信息过载与认知负担呈现出从多模态信息整合、感知系统紊乱、工作记忆耗竭到高级认知功能障碍的递进式特征。这种层次性揭示了认知负担的累积效应:初始的信息整合困难引发感知系统紊乱,进而导致工作记忆容量不足,最终影响高级认知功能。这一认识对于理解虚拟现实使用的潜在风险具有重要意义,特别是在评估长期使用影响时需要考虑这种递进式损害的可能性。

3.3 虚拟现实引发的情绪体验加剧分析 (1)情绪唤醒水平提升。最基本的影响体现在情绪唤醒水平的提升。Tian 等^[43]研究发现,相比 2D 环境,3D 虚拟现实环境能够提供更强烈的感知体验,引发更强烈的情绪反应。这种基础情绪唤醒的增强构成了情绪体验加剧的首要层面,直接影响用户的即时情感状态。

(2)情绪-认知失调。在情绪唤醒基础上,会出现情绪与认知系统的失调。Diemer 等^[44]指出,虚拟现实环境中的情绪体验与感知和概念信息之间存在分离,这种分离导致用户在虚拟环境中的情绪反应可能超出认知控制的范围。Berk 等^[45]进一步发现,这种失调会引发生理和心理反应的显著变化。

(3)情绪调节能力受损。情绪-认知失调进一步导致情绪调节能力的受损。Lee 等^[46]研究表明,特别是在社交连接性和自尊较低的情况下,虚拟现

实参与度的增加会加剧抑郁症状。这表明虚拟现实环境可能干扰用户正常的情绪调节机制。

对于某些人群,尤其是具有高特质焦虑的个体,虚拟现实环境可能会放大他们的情绪反应。Schweizer 等^[47]的研究表明,这种情绪加剧可能增加发展创伤后应激障碍(post-traumatic stress disorder, PTSD)的风险。因此,在设计和使用虚拟现实应用时,需要特别关注用户的心理承受能力。虚拟现实引发的情绪体验加剧呈现递进式特征,揭示了情绪体验加剧的发展机制:最初的情绪唤醒增强导致情绪-认知系统失衡,进而影响情绪调节能力,最终可能形成持续的情绪改变。这一认识对于理解虚拟现实使用的潜在风险具有重要意义,特别是在评估长期使用影响时需要考虑这种递进式损害的可能性。

3.4 虚拟现实引发的虚拟伤害真实心理影响 (1)感知威胁与焦虑。最基本的心理影响表现为感知威胁引发的焦虑反应。Loranger 等^[48]研究发现,在虚拟酒吧环境中模拟性侵犯场景会引发显著的焦虑和负面情绪。这种焦虑反应不仅存在于即时体验中,还可能延续到现实生活中。Brown 等^[49]进一步证实,虚拟现实环境中的威胁场景会导致状态性焦虑的显著增加。

(2)解离体验。在感知威胁的基础上,用户可能出现解离体验。Aardema 等^[50]指出,虚拟现实环境会导致解离现象,降低用户对客观现实的感知。这种解离体验可能导致用户在虚拟和现实之间的界限变得模糊,增加心理脆弱性。

(3)创伤后应激反应。更严重的影响表现为 PTSD。Porta 等^[51]的研究显示,虚拟现实环境中的性暴力和骚扰可能导致类似于现实创伤的心理反应。这种虚拟创伤不仅影响用户的即时心理状态,还可能引发长期的创伤后应激症状。

虚拟环境中的伤害虽然发生在数字世界,但其心理影响却是真实的。这不仅包括虚拟性侵害,还包括更广泛的心理伤害,如焦虑和负面情绪^[52]。Blackwell 等^[53]强调,社交虚拟现实中的骚扰和侵犯个人空间的行为可能会给用户带来强烈的不适感,这种不适感因虚拟现实的高度沉浸性被进一步放大。虚拟现实引发的虚拟伤害导致的真实心理影响提示:虚拟伤害虽发生在虚拟环境中,但其心理影响可能与真实伤害相当。不同类型的虚拟伤害可能通过不同机制影响用户的心理健康;某些用户群体可能对虚拟伤害特别敏感,需要额外的保护措施。虚拟伤害的影响可能具有累积性和长期性,需

要持续关注。这一认识对于制定虚拟现实使用指南和保护措施具有重要意义,特别是在涉及敏感内容和特殊人群时,需要建立更严格的安全机制和心理支持系统。

3.5 虚拟现实引发的认知偏差风险 (1)感知信息失真。最基础的认知偏差源于感知信息的失真。Harris 等^[54]研究发现,虚拟现实环境中感知信息的损失会显著影响视觉引导行为。Gao 等^[55]进一步证实,虚拟现实中的深度感知冲突会引发错误事件相关电位(event-related potential, ERP)的显著变化,这种基础感知的失真构成了认知偏差的首要层面。

(2)多感官整合紊乱。在感知信息失真的基础上,会出现多感官信息整合的紊乱。Gehrke 等^[56]发现,虚拟现实环境中的视觉-触觉不匹配会引发预测错误负相关成分。这种多感官整合的紊乱不仅影响即时感知,还可能导致更复杂的认知偏差。

(3)空间认知扭曲。第三层表现为空间认知的扭曲。Riecke 等^[57]研究发现,即使在高质量虚拟现实环境中,用户仍会出现显著的左右方向混淆错误。Kelly 等^[58]指出,这种空间认知扭曲与头戴显示设备的特性密切相关,影响用户的空间导航和定位能力。

(4)现实边界模糊。最复杂的认知偏差体现为现实边界的模糊。Drori 等^[59]研究显示,虚拟现实环境可能影响用户的现实感判断,并与精神病前驱症状相关。Bonnail 等^[60]进一步发现,用户可能出现现实与虚拟记忆源的混淆,这种现实边界的模糊可能导致更深层的认知功能紊乱。

虚拟环境可能模糊用户对虚拟和现实行为的区分,导致认知混乱和决策失误^[61]。Carter 和 Egliston^[62]指出,虚拟现实中的“完美数据”幻想可能导致用户过度信任数据,忽视其中可能存在的偏差和局限性。这种认知偏差可能对用户在现实世界中的判断和决策产生负面影响。虚拟现实引发的认知偏差呈现出从感知失真、多感官紊乱、空间扭曲到现实边界模糊的递进式特征。这揭示了认知偏差的累积机制:基础感知的失真导致多感官整合障碍,进而影响空间认知,最终可能引发现实感的混淆。这一认识对于理解虚拟现实使用的潜在风险具有重要意义,特别是在评估长期使用影响时需要考虑这种递进式损害的可能性。

3.6 虚拟现实引发的暴力倾向分析 (1)暴力认知扭曲。最基础的影响表现为认知层面的改变。Zhao 等^[63]研究发现,虚拟现实中的暴力内容会影响用户的认知加工过程,导致对暴力的容忍度增加。

Anderson 等^[64]的元分析进一步证实,这种暴力内容会降低同理心,影响亲社会行为。这种认知层面的改变构成了暴力倾向的基础。

(2)攻击性增强。在认知扭曲的基础上,会出现情绪反应的增强。Arriaga 等^[65]发现,在使用虚拟现实系统进行暴力游戏时,用户表现出更强烈的攻击性情绪反应。Lee 等^[66]进一步指出,这种虚拟世界中的愤怒情绪会持续存在并影响用户的情绪状态。

(3)群体暴力倾向。个体的暴力倾向可能通过群体认同得到强化。Miconi 等^[67]研究显示,在线社交互动的偏好与暴力极端化支持之间存在关联。这种群体认同的强化可能使个体的暴力倾向得到进一步巩固和扩大。

虚拟现实中的暴力内容可能对用户,特别是儿童和青少年的心理发展产生不良影响。Terbeck 等^[68]发现,在虚拟环境中遭遇挑衅或攻击时,用户可能产生强烈的攻击性反应。刘桂芹和张大均^[69]进一步指出,暴力内容可能引起不良生理反应、激活攻击性认知,甚至增加现实中的攻击行为。虚拟现实引发的暴力倾向揭示了其形成机制:认知层面的改变引发情绪反应,进而影响行为模式,最终通过群体认同得到强化。这一认识对于理解和预防虚拟现实相关的暴力倾向具有重要意义。

4 伦理治理与多方协同:构建虚拟现实技术的健康生态

我们已经尝试总结了虚拟现实技术中的种种风险,在最后的这部分我们将试图通过设计伦理与关怀伦理视角,讨论如何有效治理虚拟现实技术的伦理问题,保障用户的身心健康。本文提出的治理建议,旨在从多个维度加强伦理约束与风险管理,推动虚拟现实技术在保障健康的基础上实现可持续发展。

4.1 虚拟现实技术的伦理治理需要一个系统性治理路径与多方协同治理框架 政府、科技企业、心理学研究机构和教育部门等多方应建立常态化的协作机制,共同制定和动态更新虚拟现实技术的使用指南。技术的快速发展要求伦理治理不仅要应对当前的问题,还需具备灵活应变的能力。因此,治理框架应保持动态性,根据实际应用场景与新兴问题进行持续更新。例如,随着技术的进步,可能出现新的健康风险和伦理挑战,政府应根据技术发展趋势及时调整政策,科技企业则需在产品设计中融入更多的伦理考虑,心理学研究机构可以为技术优化

提供科学依据,教育部门则应注重对社会大众,尤其是用户群体的伦理教育与知识普及。这一治理框架应强调多方合作的优点,形成从政策制定、技术研发、伦理审查到公众教育的全面覆盖。更为重要的是,这一治理模式应避免仅仅依赖自上而下的规范,而应鼓励用户参与其中,收集并反馈用户的使用体验与伦理困惑。在此过程中,用户的声言不应被忽视,透明开放的治理模式可以为技术发展提供多元的视角,确保治理机制的全面性与有效性。

4.2 教育与赋能是虚拟现实伦理意识是治理的重要组成部分 用户的伦理意识和理性认知提升是保障虚拟现实技术健康发展的关键。在技术本身带来便利与创新的同时,用户对潜在风险的认知也应得到同步提升。因此,学校、社区和媒体等机构应联合开展针对性的教育项目,帮助用户理解虚拟现实技术的利与弊,培养健康的使用习惯和风险管理能力。这不仅仅是关于技术风险的科普教育,更是一个培养批判性思维与自我调节能力的过程,帮助用户主动管理虚拟现实使用中的潜在风险,避免过度沉迷、心理依赖或滥用技术。同时,教育机构也应引导学生认识虚拟现实技术所带来的伦理困境,培养其在虚拟空间中的道德判断力。通过在教育体系中融入虚拟现实技术的伦理课程,可以让未来的用户具备更强的伦理意识,从而避免在面对虚拟世界与现实世界界限模糊时出现心理失衡或行为偏差。此外,媒体的普及作用也不可忽视,媒体可以通过广泛传播虚拟现实的伦理话题,提升公众对技术伦理问题的关注和理解,为建设更加理性的使用环境奠定基础。

4.3 尊重个体福祉的设计伦理与是产业发展的护航者 虚拟现实技术的创新不应以牺牲伦理为代价,而应与伦理约束相辅相成。优秀的伦理治理体系应该成为推动技术发展的催化剂,而非阻碍。技术创新的动力源于人类不断追求新知与提升生活质量的需求,然而,在这一过程中,伦理问题不可忽视。伦理约束并非限制技术的进步,而是为技术创新指引正确的方向,确保其在满足需求的同时不损害用户的健康和社会的整体福祉。一个合理的伦理治理框架应包括持续的伦理影响评估。通过对虚拟现实技术应用场景的伦理评估,及时发现潜在的伦理问题,并采取措施加以纠正。这种评估应是动态的、前瞻性的,而非事后追责的被动反应。例如,在技术研发过程中,通过前期的伦理审查和用户反馈,及时调整设计方案,避免过度暴露用户于可能的心理与生理风险之中。伦理审查不仅应关

注当前技术的影响,还应预测未来可能带来的深层次问题,如对社交行为、身份认同、隐私保护等方面的影响。

4.4 用超越技术的目光看待技术 未来人类社会的技术、文化与社会生活是密不可分整体。虚拟现实技术不仅仅是一种娱乐工具,它更可能在未来重塑人类的感知、互动和对世界的理解。随着技术的不断进步,虚拟现实可能成为人类生活中不可或缺的一部分,甚至在某种程度上影响到我们的思维方式、社会交往方式以及情感体验。因此,虚拟现实技术的伦理治理不能仅停留在技术本身的层面,更应超越其应用,深入探讨技术在社会文化层面的深层次影响。虚拟现实的普及可能对社会结构产生深远影响。它不仅改变了人们的娱乐方式,也可能重塑教育、医疗、工作等各个领域的运作模式。更重要的是,虚拟现实技术有可能改变人类与社会的互动方式,塑造新的社会关系和文化价值观。因此,虚拟现实技术的伦理治理应该从哲学的角度审视其对社会文化层面上的作用,探索其如何影响个体与群体、现实与虚拟、理性与情感之间的关系。我们不应仅仅以技术是否先进为标准,更应从人类社会的长远发展出发,审视虚拟现实技术带来的文化意义与价值取向。

5 小结

虚拟现实技术的发展充满潜力,但也带来了不可忽视的伦理风险。通过多方协同的治理机制、教育赋能、伦理影响评估等手段,我们可以为虚拟现实技术的发展提供更为完善的伦理框架。在这一框架下,技术创新与伦理治理相辅相成,推动技术发展与社会福祉的和谐统一。最终,虚拟现实技术的伦理治理不仅是对技术本身的约束,更是对未来社会形态的深刻思考。通过审慎的治理与持续的反思,我们可以引导虚拟现实技术朝着更加尊重人性、促进个体与群体共同发展的方向前进。

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 朱林蕃:撰写文章;王国豫:修改文章。

参考文献

- [1] MON-WILLIAMS M, WANN J. Binocular virtual reality displays: when problems do and don't occur[J]. Hum Factors J Hum Factors Ergon Soc, 1998, 40: 42-49.
- [2] LEE S H, KIM M, KIM H, et al. Visual fatigue induced by watching virtual reality device and the effect of anisometropia

- [J]. *Ergonomics*, 2021, 64(12): 1522–1531.
- [3] BANSTOLA S, HANNA K, O'CONNOR A. Changes to visual parameters following virtual reality gameplay[J]. *Br Ir Orthopt J*, 2022, 18(1): 57–64.
- [4] VIIRE E. Health and safety issues for VR[J]. *Commun ACM*, 1997, 40(8): 40–41.
- [5] CHOUDHARY J S, SHARMA N, KAUR S. Virtual reality's influence on eye sightedness: a review[J]. *J Clin Diagn Res*, 2024: 147.
- [6] VIIRE E. Health and safety issues for VR[J]. *Commun ACM*, 1997, 40(8): 40–41.
- [7] PUJIARTATI D A, ANANTA M F, MUSLIM K, et al. Effect of virtual reality usage on postural stability[J]. *J Phys: Conf Ser*, 2020, 1517(1): 012026.
- [8] BENDIXEN J B, BIDDINGER B T, SIMON J E, et al. Effects of virtual reality immersion on postural stability during a dynamic transition task[J]. *Sports Biomech*, 2023: 1–15.
- [9] NISHIIKE S, OKAZAKI S, WATANABE H, et al. The effect of visual–vestibulosomatosensory conflict induced by virtual reality on postural stability in humans[J]. *J Med Invest*, 2013, 60(3–4): 236–239.
- [10] HORSACK B, SIMONLEHNER M, DUMPHART B, et al. Unraveling the effects of virtual reality overground walking on dynamic balance and postural control[J]. 2022.
- [11] KENNEDY R S, LILIENTHAL M G. Implications of balance disturbances following exposure to virtual reality systems [C]// *Proceedings Virtual Reality Annual International Symposium* '95. Research Triangle Park, NC, USA. IEEE, 2002: 35–39.
- [12] LIU R, XU M, ZHANG Y, et al. A pilot study on EEG-based evaluation of visually induced motion sickness[J]. *J Imaging Sci Technol*, 2020, 64(2): 205011–2050110.
- [13] ASPIOTIS V, MILTIADOUS A, KALAFATAKIS K, et al. Assessing electroencephalography as a stress indicator: a VR high-altitude scenario monitored through EEG and ECG [J]. *Sensors*, 2022, 22(15): 5792.
- [14] GALLAGHER M, DOWSETT R, FERRÈ E R. Vection in virtual reality modulates vestibular-evoked myogenic potentials [J]. *Eur J Neurosci*, 2019, 50(10): 3557–3565.
- [15] LI G, POHLMANN K, MCGILL M, et al. Exploring neural biomarkers in young adults resistant to VR motion sickness: a pilot study of EEG [C]// *2023 IEEE Conference Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. Shanghai, China. IEEE, 2023: 328–335.
- [16] MUNAFO J, DIEDRICK M, STOFFREGEN T A. The virtual reality head-mounted display Oculus Rift induces motion sickness and is sexist in its effects[J]. *Exp Brain Res*, 2017, 235(3): 889–901.
- [17] AL ZAYER M, ADHANOM I B, MACNEILAGE P, et al. The effect of field-of-view restriction on sex bias in VR sickness and spatial navigation performance [C]// *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Glasgow Scotland Uk. ACM, 2019.
- [18] CONNER N O, FREEMAN H, JONES J A, et al. Virtual reality induced symptoms and effects: concerns, causes, assessment & mitigation [J]. *Virtual Worlds*, 2022, 1: 130–146.
- [19] MALIŃSKA M, ZUŻEWICZ K, BUGAJSKA J, et al. Heart rate variability (HRV) during virtual reality immersion[J]. *Int J Occup Saf Ergon*, 2015, 21(1): 47–54.
- [20] KAZZI C, BLACKMORE C, SHIRBANI F, et al. Effects of instructed meditation augmented by computer-rendered artificial virtual environment on heart rate variability[J]. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*, 2018, 2018: 2768–2771.
- [21] ELZEKY M E, SALAMEH B, RESHIA F A A, et al. The effect of virtual reality distraction on haemodialysis patients' pain and anxiety during arteriovenous fistula puncture: a randomised controlled trial [J]. *J Res Nurs*, 2024, 29(6): 421–434.
- [22] LEBAMOVSKI P, GOSPODINOVA E. Investigating the impact of mental stress on electrocardiological signals through the use of virtual reality[J]. *Technologies*, 2024, 12(9): 159.
- [23] CHEN C, YAO L L, WANG L Y, et al. Research on the relationship between virtual reality content and physiological response [C]// *2nd International Conference on Computer Science and Communication Technology (ICCSCT)*. IOP Publishing Ltd, 2021.
- [24] GROSPRÊTRE S, EON P, MARCEL-MILLET P. Virtual reality does not fool the brain only: spinal excitability changes during virtually simulated falling [J]. *J Neurophysiol*, 2023, 129(2): 368–379.
- [25] ALBANI G, PEDROLI E, CIPRESSO P, et al. Visual hallucinations as incidental negative effects of virtual reality on Parkinson's disease patients: a link with neurodegeneration? [J]. *Parkinsons Dis*, 2015, 2015: 194629.
- [26] RENNER V, WITTHOEFT M, HARDT J, et al. Effects of exposure in virtual reality and *in vivo* on subjective symptom burden and physiological parameters of height-anxious healthy participants—a pilot study[J]. *MedRxiv*, 2023.
- [27] HAO J, HIGH R, SIU K C. Gender-specific visual perturbation effects on muscle activation during incline treadmill walking: a virtual reality study[J]. *Ergonomics*, 2023, 66(5): 704–715.
- [28] JEONG G S, KANG H G, KIM S Y. Dependence of body stability on optical conditions during VR viewing [J]. *Electronics*, 2024, 13(10): 1812.
- [29] HODGSON D D, KING J A, DARICI O, et al. Visual feedback-dependent modulation of arousal, postural control, and muscle stretch reflexes assessed in real and virtual environments[J]. *Front Hum Neurosci*, 2023, 17: 1128548.
- [30] GOMEZ D, BROWNE J D, ALMALOUHI A, et al. Muscle activity during immersive virtual reality exergaming incorporating an adaptive cable resistance system [J]. *Int J Exerc Sci*, 2022, 15(7): 261–275.
- [31] AARDEMA F, O'CONNOR K, CÔTÉ S, et al. Virtual reality induces dissociation and lowers sense of presence in objective reality [J]. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*, 2010, 13(4):

- 429–435.
- [32] BAÑOS R, BOTELLA C, GARCÍA-PALACIOS A, et al. Psychological variables and reality judgment in virtual environments: the roles of absorption and dissociation [J]. *Cyberpsychol Behav*, 1999, 2(2): 143–148.
- [33] YANG S, KIM H, SONG M, et al. The double-edged influence of self-expansion in the metaverse: a two-wave panel assessment of identity perception, self-esteem, and life satisfaction [J]. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*, 2024, 27(1): 37–46.
- [34] DAVIS D Z, CHANSIRI K. Digital identities - overcoming visual bias through virtual embodiment [J]. *Inf Commun Soc*, 2019, 22(4): 491–505.
- [35] RYAN BENGTSOON L, VAN COUVERING E. Stretching immersion in virtual reality: how glitches reveal aspects of presence, interactivity and plausibility [J]. *Convergence Int J Res N Medium Technol*, 2023, 29(2): 432–448.
- [36] FREEMAN D, REEVE S, ROBINSON A, et al. Virtual reality in the assessment, understanding, and treatment of mental health disorders [J]. *Psychol Med*, 2017, 47(14): 2393–2400.
- [37] MUÑOZ D A. The impact of the Informational load of presence illusions on users attention and memory [C]//2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW). Christchurch, New Zealand. IEEE, 2022: 946–947.
- [38] BARREDA- ÁNGELES M, ALEIX-GUILLAUME S, PEREDA-BAÑOS A. Virtual reality storytelling as a double-edged sword: Immersive presentation of nonfiction 360°-video is associated with impaired cognitive information processing [J]. *Commun Monogr*, 2021, 88(2): 154–173.
- [39] RETTINGER M, JIANG X F, YANG J X, et al. Visual complexity in VR: implications for cognitive load [C]//2024 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW). Orlando, FL, USA. IEEE, 2024: 783–784.
- [40] GUO M, YUE K, HU H C, et al. Neural research on depth perception and stereoscopic visual fatigue in virtual reality [J]. *Brain Sci*, 2022, 12(9): 1231.
- [41] NÜRNBERGER M, KLINGNER C, WITTE O W, et al. Mismatch of visual-vestibular information in virtual reality: is motion sickness part of the brains attempt to reduce the prediction error? [J]. *Front Hum Neurosci*, 2021, 15: 757735.
- [42] PETERSON S M, FURUICHI E, FERRIS D P. Effects of virtual reality high heights exposure during beam-walking on physiological stress and cognitive loading [J]. *PLoS One*, 2018, 13(7): e0200306.
- [43] TIAN F, HUA M L, ZHANG W R, et al. Emotional arousal in 2D versus 3D virtual reality environments [J]. *PLoS One*, 2021, 16(9): e0256211.
- [44] DIEMER J, ALPERS G W, PEPPERKORN H M, et al. The impact of perception and presence on emotional reactions: a review of research in virtual reality [J]. *Front Psychol*, 2015, 6: 26.
- [45] CEBECI B, CELIKCAN U, CAPIN T K. A comprehensive study of the affective and physiological responses induced by dynamic virtual reality environments [J]. *Computer Animation & Virtual*, 2019, 30(3–4): e1893.
- [46] LEE H W, KIM S, UHM J P. Social virtual reality (虚拟现实) involvement affects depression when social connectedness and self-esteem are low: a moderated mediation on well-being [J]. *Front Psychol*, 2021, 12: 753019.
- [47] SCHWEIZER T, SCHMITZ J, PLEMPE L, et al. The impact of pre-existing anxiety on affective and cognitive processing of a Virtual Reality analogue trauma [J]. *PLoS One*, 2017, 12(12): e0190360.
- [48] COBB S V G, NICHOLS S, RAMSEY A, et al. Virtual reality-induced symptoms and effects (VRISE) [J]. *Presence Teleoperators Virtual Environ*, 1999, 8(2): 169–186.
- [49] MAANI C V, HOFFMAN H G, MORROW M, et al. Virtual reality pain control during burn wound debridement of combat-related burn injuries using robot-like arm mounted VR goggles [J]. *J Trauma*, 2011, 71(1 Suppl): S125–S130.
- [50] JONES-DELLAPORTAS M J, KEITLEY J A, DONALD BULLOUGH R, et al. Major traumatic injury sustained during use of a virtual reality (VR) headset [J]. *Trauma*, 2023, 25(2): 170–173.
- [51] PORTA C M, FRERICH E A, HOFFMAN S, et al. Sexual violence in virtual reality: a scoping review [J]. *J Forensic Nurs*, 2024, 20(1): 66–77.
- [52] LORANGER C, BOUCHARD S. Validating a virtual environment for sexual assault victims [J]. *J Trauma Stress*, 2017, 30(2): 157–165.
- [53] BLACKWELL L, ELLISON N, ELLIOTT-DEFLO N, et al. Harassment in social virtual reality [J]. *Proc ACM Hum Comput Interact*, 2019, 3: 1–25.
- [54] HARRIS D J, BUCKINGHAM G, WILSON M R, et al. Virtually the same? How impaired sensory information in virtual reality may disrupt vision for action [J]. *Exp Brain Res*, 2019, 237(11): 2761–2766.
- [55] GAO H L, YUE K, YANG S Y, et al. Exploring depth-based perception conflicts in virtual reality through error-related potentials [C]//2024 IEEE Conference Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR). Orlando, FL, USA. IEEE, 2024: 774–784.
- [56] GEHRKE L, AKMAN S, LOPES P, et al. Detecting visuo-haptic mismatches in virtual reality using the prediction error negativity of event-related brain potentials [C]//Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Glasgow Scotland Uk. ACM, 2019.
- [57] RIECKE B E, WIENER J M. Can people not tell left from right in VR? Point-to-origin studies revealed qualitative errors in visual path integration [C]//2007 IEEE Virtual Reality Conference. Charlotte, NC, USA. IEEE, 2007: 3–10.
- [58] KELLY J W. Distance perception in virtual reality: a meta-analysis of the effect of head-mounted display characteristics [J]. *IEEE Trans Vis Comput Graph*, 2023, 29(12): 4978–

- 4989.
- [59] DRORI G, BAR-TAL P, STERN Y, et al. UnReal? investigating the sense of reality and psychotic symptoms with virtual reality[J]. J Clin Med, 2020, 9(6): 1627.
- [60] BONNAIL E, FROMMEL J, LECOLINET E, et al. Was it real or virtual? Confirming the occurrence and explaining causes of memory source confusion between reality and virtual reality[C]// Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Honolulu HI USA. ACM, 2024.
- [61] 钱振华, 宋子铃. 虚拟现实技术的认知困境分析[J]. 北京科技大学学报(社会科学版), 2018, 34(2): 74-80.
- [62] CARTER M, EGLISTON B. What are the risks of Virtual Reality data? Learning Analytics, Algorithmic Bias and a Fantasy of Perfect Data[J]. N Medium Soc, 2023, 25(3): 485-504.
- [63] ZHAO H Y, ZHOU J X, XU X F, et al. How to be aggressive from virtual to reality? revisiting the violent video games exposure-aggression association and the mediating mechanisms [J]. Cyberpsychol Behav Soc Netw, 2021, 24(1): 56-62.
- [64] ANDERSON C A, SHIBUYA A, IHORI N, et al. Violent video game effects on aggression, empathy, and prosocial behavior in eastern and western countries: a meta-analytic review [J]. Psychol Bull, 2010, 136(2): 151-173.
- [65] ARRIAGA P, ESTEVES F, CARNEIRO P, et al. Are the effects of unreal violent video games pronounced when playing with a virtual reality system? [J]. Aggress Behav, 2008, 34(5): 521-538.
- [66] LEE S G, KANG M, KANG H S. Mechanisms underlying aggravation and relaxation of virtual aggression: a Second Life survey study[J]. Behav Inf Technol, 2013, 32(7): 735-746.
- [67] MICONI D, SANTAVICCA T, FROUNFELKER R L, et al. Preference for online social interactions and support for violent radicalization among college and university students [J]. Am J Orthopsychiatry, 2023, 93(4): 350-363.
- [68] TERBECK S, CASE C, TURNER J, et al. Assessing reactive violence using immersive virtual reality [J]. PLoS One, 2022, 17(5): e0268191.
- [69] 刘桂芹, 张大均. 暴力网络游戏对青少年心理发展的影响及干预措施[J]. 教育科学研究, 2010, 184(07): 65-67.

引用本文

朱林蕃, 杨亦逸, 王国豫. 虚拟现实技术中的身心健康风险与伦理治理路径: 多维度视角的探索[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(4): 43-53.

ZHU L B, YANG Y Y, WANG G Y. The physical and mental health risks and ethical governance pathways in virtual reality technology: an exploration from a multidimensional perspective[J]. Metaverse Med, 2024, 1(4): 43-53.

DOI:10.61189/186518otugjv

· 指南与共识 ·

元宇宙赋能患者教育中国专家共识

元宇宙赋能患者教育中国专家组



[摘要] 患者教育对于医疗和大健康均具有重要意义,但当前面临多重难点。主要包括教育内容不全面、方式单一、时间不持续、医患信息不对称、沟通障碍、患者依从性低、评估方法不完善等问题。元宇宙可以通过虚拟现实和增强现实技术,在虚拟医疗教育中可提供虚拟实境、个性化学习路径、实时学习互动与反馈、社交互动与分享、情感支持与心理辅导、智能监测和评估以及持续的医疗支持等,有效帮助患者掌握医疗知识,大大提高患者教育覆盖面和效率。因此,元宇宙赋能患者教育中国专家组制定了本共识,旨在通过推动元宇宙赋能患者教育,以期尽早实现“名医治未病,元医惠众生”的愿景。

[关键词] 元宇宙;医学教育

[中图分类号] R-0 **[文献标志码]** A

Chinese experts consensus on metaverse empowers patient education

Chinese Experts Group of Metaverse Empowers Patient Education

[Abstract] Patient education is of great significance for medical care and public health, but currently faces multiple challenges. These include incomplete educational content, single delivery methods, lack of continuous education, information asymmetry between doctors and patients, communication barriers, low patient compliance, and imperfect evaluation methods. Metaverse can provide virtual reality and augmented reality technologies to offer virtual medical education with features such as virtual reality environments, personalized learning paths, real-time learning interaction and feedback, social interaction and sharing, emotional support and psychological counseling, intelligent monitoring and evaluation, and continuous medical support. This can effectively help patients master medical knowledge, greatly improve the coverage and efficiency of patient education. Therefore, the consensus was developed to promote the empowerment of patient education through metaverse, aiming to achieve the vision of “preventing diseases with renowned doctors and benefiting the public with metaverse doctors” as soon as possible.

[Key Words] metaverse; medical education

患者教育对于医疗和大健康均具有重要意义。通过患者教育,可以帮助患者了解疾病的危险因素、症状、诊断和治疗方式等,提高患者对疾病的认识和自我管理能力。此外,患者教育还可以帮助公众建立健康生活方式,预防疾病发生发展,这也是提高全民健康水平最根本、最经济最有效的措施之一,值得高度关注^[1]。然而,当前患者教育面临着诸多挑战,包括教育内容的不完整性、方式的单一性以及时间的不连续性等,这些因素阻碍了患者形成正确的健康行为。同时,医患之间的信息不对称、沟通不畅以及患者的低依从性等问题也影响了教育效果。此外,现有的评估体系尚不完善,难以精

确评估患者教育的成果,这可能导致资源的浪费。因此,为了提升患者教育的质量,必须针对上述问题采取有效的应对措施。

元宇宙技术为解决当前患者教育的难题提供了可能。借助虚拟现实和增强现实技术,元宇宙能够模拟疾病的发病过程及治疗方法,使患者在虚拟环境中亲身体验,从而提高教育的效率;同时,元宇宙还能提供个性化、沉浸式的学习体验,促进在线交流与互动反馈,帮助患者更好地理解 and 掌握复杂的医学知识。通过智能监测与评估系统,可以实时调整教育模式与内容,以适应不同患者的需求。此外,元宇宙还能突破时间和地域的限制,极大地拓

[收稿日期] 2024-09-20

[接受日期] 2024-09-29

[基金项目] 上海市科学技术委员会项目基金(21DZ2200600),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 Fund of Shanghai Municipal Commission of Science and Technology (21DZ2200600), 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)。

通信作者 白春学,教授、主任医师。Tel: 021-64041990. E-mail: bai.chunxue@zs-hospital.sh.cn

宽患者教育的覆盖面,提升实际效果^[2-3]。为了更深入地了解并推动元宇宙技术在患者教育中的应用,中国专家团队制定了本共识。

1 元宇宙医学患者教育的意义

1.1 常规患者教育模式的现状 常规患者教育的核心价值在于助力患者深入理解自身病情,增强其自我管理能力和,进而优化疾病预后。患者接受教育后,能够认识所患疾病的危险因素,学会管理并争取早期根治,从而提升长期生存率及治愈率。当前,常规患者教育的主体多为医护人员,主要采取以下几种教育模式:(1)面对面教育。医护人员通过与患者面对面交流,向患者解释病情,提供治疗建议,解答患者的问题,帮助患者了解病情。(2)书面教育。医护人员提供一些书面材料,如疾病手册、健康教育手册等,帮助患者了解疾病知识,提高自我管理能力。(3)网络教育。随着互联网的发展,越来越多的医护人员开始应用网络平台对患者进行教育。如在社交媒体上发布疾病知识,开设网络课程,或者应用在线医疗平台为患者提供咨询服务。(4)个性化教育。医护人员根据患者的个体情况,如文化程度、理解能力、生活习惯等,选择最适合的教育方式,提供个性化的教育内容和教育方式。(5)社区教育。医护人员在社区中通过举办讲座、义诊等活动,向社区居民传播疾病知识,进行健康教育,提高公众健康素养。

1.2 常规患者教育模式的不足 现阶段常规患者教育一定程度能帮助患者理解疾病和配合治疗,但也存在以下缺点:(1)对健康教育认识不足。部分医护人员将健康教育简单地视为卫生宣教,缺乏主动性和深度,普通患者难以理解,不能从根本上帮助患者建立健康行为。同时,部分患者受传统观念影响,对护士的健康教育持怀疑态度,只相信医生的解释;而医生,特别是名医又无法分身,这也影响了患者教育的效果。(2)宣传方法不当。医护人员在提供健康教育时,常常使用专业术语,或一次性向患者传递过多信息,患者难以消化和理解。(3)缺乏个性化。每位患者的病情、心理状况、生活习惯等大多不同,需针对性教育和指导。而常规教育模式往往采用通用的教育内容,无法完全满足患者个性化需求,难以吸引受众注意,患者很难得到沉浸式收获。(4)沟通不畅。可能由于医护人员沟通技巧不当、时间紧迫或患者自身等多种原因,有时医护人员和患者之间的沟通不够充分和有效,影响治疗效果。(5)教育时间不恰当。很多医护人员选择在

患者入院时或进行治疗护理的短暂空隙时间进行健康教育。然而,这些时间患者往往因疾病缠身而心情烦乱,又要适应新环境,无暇领会健康教育的内容。(6)缺乏持续支持。许多慢性疾病需要长期管理和治疗,患者可能需要持续的教育和支持来帮助他们更好地管理疾病。但是常规教育模式往往只关注患者在医院期间的教育,无法满足全时空需求。因此,亟需一种全新的患者教育模式来彻底改变当前常规患者教育的弊端和不足。

2 用元宇宙解决常规教育的问题

2.1 虚拟实景和角色 元宇宙可以构建各种虚拟实景和角色,为医患提供更加直观和生动的工具和资源,让患者更直观、更深入地理解和掌握疾病知识。例如,医生可以通过虚拟实景和角色为患者展示疾病的病理变化和治疗方案,增加患者对疾病的认识和医疗满意度;通过虚拟角色模拟患者的疾病体验,从而更好地理解患者的痛苦和困扰,进而提供精准医疗服务。另外,元宇宙虚拟实景和角色可为患者提供更加便捷、高效和个性化医疗服务,患者可以通过虚拟实景和角色在家中接受医生的诊断和治疗建议,而不需要去医院排队等待;患者也可以更加深入地了解疾病的预防和康复技巧,利于医患沟通更加高效、精准和个性化。元宇宙还可以根据患者的兴趣和需求,提供有趣和相关的虚拟实景和角色进行学习。例如,构建虚拟课堂、讲座等,让患者进行在线学习;医生可以在元宇宙中为患者进行虚拟的手术演示,让患者更直观地了解手术过程和可能的风险。元宇宙可以提高医患沟通的吸引力和趣味性,让患者在虚拟的环境中可以得到沉浸式的学习体验,提高患者的参与度和满意度。

应用元宇宙整合多元教育资源,构建虚拟医疗教育平台可集成丰富的教学资源,如视频、病例和手术模拟,元教育资源的整合使教学内容更生动直观,使医生和学生能随时随地学习交流,在模拟手术中给予学生及时指导,有效锻炼其手术技能,确保教育的连续性和便利性,满足学生不同需求。通过建立持续学习机制,医生可不断更新知识技能,适应医学领域快速发展。

2.2 个性化学习路径

2.2.1 个性化学习路径和效果 个性化学习路径利于满足患者需求,显著提升教育的效率和效果。元宇宙可以根据每个患者的具体情况以及需求和兴趣,定制教育内容,构建虚拟课堂,提供个性化学习路径和资源,提高学习的针对性和效果(表1)。

表 1 个性化学习路径提高患者教育信息传递的效率

目标	技术路线
满足个体需求	根据每位患者的具体情况、需求、学习进度和方式,定制学习内容和路径,提高学习的针对性和效果。
提高学习效率	患者可以在最短的时间内获取所需的信息,让患者专注于自己需要学习的领域,提高学习效率。
增强学习动力	根据患者的兴趣和需求,提供有趣和相关的学习内容。比如应用游戏化教育方法,将学习与游戏元素相结合,让患者保持对学习的兴趣和动力,更愿意投入时间和精力进行学习。
提高学习效果	根据患者的认知能力和学习风格,提供适合的学习资源和方法,让患者更有效地理解和掌握知识。
增强患者满意度	通过个性化学习路径,令患者获得更好的学习体验,提高对教育的接受度、满意度和依从性。

2.2.2 个性化教育方法和效果 为了达到最佳的患
者教育效果,需要建立患者个人健康档案,全面了
解患者的健康状况和需求,为患者提供个性化健康
教育、康复计划和心理支持、提供个性化药物管理
和长期随访服务,确保患者得到持续关怀。元宇宙
可应用智能化技术为患者创建个性化教育学习计
划。这个计划可以包括疾病知识、治疗方案、药物
管理、康复训练等内容(表 2)。元此外,宇宙还能适
应患者的认知能力和学习风格,提供最优的学习资
源,确保患者有效掌握知识^[4-8]。

表 2 个性化教育技术路线和教育效果

方法	技术路线
建立个人健康档案	通过收集和分析患者的健康数据,包括病史、生活习惯、遗传信息等,可以为每个患者建立个人健康档案。医生可以全面了解患者的健康状况和需求,制定个性化健康管理和治疗方案。
提供个性化健康教育	根据患者的疾病类型、病情严重程度、年龄、性别和文化背景等因素,为患者提供个性化健康教育。例如,对于糖尿病患者,可以提供关于糖尿病的饮食、运动和药物管理等知识;对于癌症患者,可以提供关于癌症的预防、诊断、治疗和康复等知识。
制定个性化康复计划	根据患者的病情和身体状况,制定个性化康复计划。例如,对于骨折患者,可以提供物理疗法、康复训练等计划;对于心脏病患者,可以提供心脏康复计划。
提供个性化心理支持	根据患者的心理状态和需求,提供个性化心理支持。例如,对于癌症患者,可以提供心理咨询、心理治疗等服务;对于慢性病患者,可以提供压力管理和情绪调节等技巧。。
提供个性化药物管理	根据患者的病情和身体状况,提供个性化药物管理。例如,对于高血压患者,可以提供药物使用和药物副作用管理等知识;对于精神病患者,可以提供药物依从性管理等服务
提供个性化长期随访	根据患者的病情和身体状况,提供个性化长期随访。例如,对于慢性病患者,可以提供定期的健康检查、健康咨询等服务;对于手术后患者,可以提供定期的康复评估和康复指导等服务。

2.2.3 个性化康复计划 应用元宇宙技术,医生还
可以根据患者的病情、身体状况和学习能力,为患
者制定个性化康复计划,并在虚拟环境中进行模拟
和演示。患者可以在其中按照康复计划进行训练,
系统会根据患者的表现提供实时的反馈和调整建
议,帮助患者更好地恢复健康^[9]。个性化康复计划
可包括康复目标、康复步骤、康复时间等,确保患
者能够按照适合自己的节奏和方式进行康复训
练^[9-10]。通过 VR 技术,创建各种虚拟康复训练场
景,如步态训练、平衡训练、肌肉力量训练等。患
者可以在这些虚拟环境中进行康复训练。这种虚拟
康复训练不仅可以模拟真实康复情境,还可以让患
者在家中康复训练,提高康复的便捷性和效果。
元宇宙可以应用智能监测技术对患者的康复
进展进行实时监测,系统会根据患者的康复数据和
表现,自动调整康复计划,确保计划始终符合患者
的康复需求和进展。同时,医护人员也可以通过远
程监测功能,实时了解患者的康复情况,并提供远
程的指导和支持。另外,应用 VR 技术、AR 技术,对
患者进行全面的虚拟评估,为患者提供沉浸式、个
性化的康复训练环境和康复计划,帮助患者更好地
进行康复训练,提高康复效果和生活质量。例如,
对于中风患者,可以设计专门的 VR 康复训练游戏,
帮助患者恢复肢体功能。随着技术的不断发展,个
性化地辅助患者康复训练未来在医疗领域可有更
广泛应用^[7,9,11-12]。

2.2.4 个性化沟通路径 元宇宙能够依据每位患者
的具体状况和需求,设计个性化的交流途径与资

源。医生能够针对患者的病情及个人需求进行沟通,从而提升沟通的精确性和成效。在沟通前,医生需先深入了解患者的需求与期望,这可通过问卷调查、面对面访谈等方式来实现。基于这些收集到的信息,医生会制定一个个性化的沟通计划,明确沟通的具体内容、方式及频次,例如,视情况选用电话、电子邮件或即时通讯工具等不同的沟通手段。同时,医生还会为患者提供量身定制的健康资讯,涵盖疾病相关知识、治疗方案等内容。此外,医生应鼓励患者积极参与到医疗决策中来,以便他们能

更深入地理解自身病情及医生的建议。沟通效果的定期评估同样重要,医生需根据患者的反馈及时做出调整,以确保医患之间沟通的持续有效性。这些举措有助于医生提供更加个性化和高效的医疗服务,进而促进医患关系的优化^[13]。

2.3 实时学习互动与反馈

2.3.1 VR和AR的应用 元宇宙可以应用VR和AR为患者提供沉浸式的学习体验,让患者更直观、更深入地理解和掌握疾病知识,提高学习效率(表3)^[10-12]。

表3 VR和AR提供学习体验

方法	技术路线和教育效果
虚拟实景和角色	VR和AR可以构建各种虚拟实景和角色,让患者在虚拟的环境中进行学习。这种虚拟的实景和角色可以提高学习的趣味性和吸引力,增强学生的学习兴趣 and 动力。
沉浸式体验	VR和AR技术可以为患者提供沉浸式的学习体验,让患者更直观、更深入地理解和掌握疾病知识。这种沉浸式的学习方式可以提高学习的效率,增强患者的参与度和满意度。
个性化学习路径	VR和AR可以根据每个患者的具体情况和需求,提供个性化学习路径和资源。患者可以根据自己的进度和方式进行学习,提高学习的针对性和效果。
实时反馈和互动	VR和AR可以提供实时的反馈和互动功能,让患者在遇到问题时能够及时获得帮助和解答。系统还可以根据患者的反馈和进展情况,对教育计划进行实时调整和优化。
智能监测和评估:	VR和AR可以应用AI技术,对患者的学习过程和效果进行智能监测和评估。医生可以根据评估结果及时调整教育方法和方法,提高教育的效果。

VR: 虚拟现实;AR: 增强现实。

2.3.2 实时互动与反馈的作用与优势 实时互动与反馈在患者教育信息传递的效率和效果方面发挥着关键作用,不仅能够及时解答患者疑问,避免学习过程中的时间浪费,从而提升学习效率可以提高患者的参与度。这种即时的交流增强了患者的参与感与满意度,激发学习热情。实时反馈有助于患者及时发现并纠正错误,深化对知识的理解,个性化学习路径满足个体需求,进而提升学习效果;系统也可以根据患者的反馈和进展情况,对教育计划进行实时调整和优化。这种互动模式还增强了患者对教育的信任与依赖,使他们更愿意接受并遵循教育信息,从而提高了教育的接受度和依从性;此外,实时互动让患者获得及时解答与反馈,显著提升医患沟通的效率和效果^[14]。

元宇宙技术可以通过AI驱动的虚拟助手实现实时医患互动和反馈,无论患者身处何地,只要有网络,他们与虚拟环境中的医疗角色进行互动,就能随时获取专业的医疗建议和帮助,还能让患者在模拟的实践中学习和掌握相关的医疗知识和技能。同时,它也可以使医生能立即获得患者反馈,及时

调整治疗方案,确保治疗更具针对性和有效性。医生也能更高效地处理患者需求,如远程诊疗,提高工作效率。实时互动节省双方时间,如电话咨询和视频诊疗,无需患者亲自到医院,降低沟通成本。它加深医患了解,提升沟通深度,医生能更精确地掌握患者病情变化并提供相应建议。此外,实时互动让患者感受到医生的关心和专业性,提升患者满意度。

2.4 社交互动与分享 元宇宙可以构建虚拟的医疗社区,让患者在这个社区中获取持续的医疗支持和教育服务。在社区中,可以设置医疗咨询、健康教育、康复训练等板块,患者可以随时访问并获取相关信息和指导(表4)^[15-16]。元宇宙还可以为患者虚拟社区中与其他患者、医护人员和家属进行交流和分享。这种社交化的学习方式可以减轻患者的心理压力,增强康复信心,并从他人的经验中获得启发和帮助,提高学习效果。应用元宇宙支持患者教育,具有明显优势和广阔应用前景^[17-18]。

2.5 情感支持与心理辅导 元宇宙还可以从以下几个方面为患者提供情感支持和心理辅导。(1)虚拟

表 4 虚拟医疗社区提供持续医疗支持的方法和效果

方法	技术路线和教育效果
建立虚拟医疗社区	元宇宙可以构建虚拟的医疗社区,让患者在这个社区中获取持续的医疗支持和教育服务。社区中可以设置医疗咨询、健康教育、康复训练等板块,患者可以随时访问并获取相关信息和指导。
创建个性化教育计划	元宇宙可以根据患者的具体情况和需求,创建个性化教育计划。这个计划可以包括疾病知识、治疗方案、药物管理、康复训练等内容,确保患者在整个治疗过程中都能获得相关的教育和指导。
提供实时互动与反馈	元宇宙技术可以支持实时的医患互动和反馈,让患者在遇到问题时能够及时获得解答和帮助。系统还可以根据患者的反馈和进展情况,对教育计划进行实时调整和优化。
整合多元教育资源	元宇宙可以整合各种类型的教育资源,包括文字、图片、视频和音频等,为患者提供多元化的学习方法,满足不同患者的学习需求和兴趣,提高教育效果和满意度。

社交环境:元宇宙可以构建虚拟的社交环境,让患者在这个环境中与其他患者、医护人员以及家属进行交流和分享。这种社交互动可以帮助患者减轻孤独感和心理压力,增强康复信心。(2)个性化情感支持:通过元宇宙的智能分析技术,可以识别患者的情感需求和问题,并提供个性化情感支持。例如,系统可以根据患者的情绪状态推荐相关的音乐、冥想或放松练习,帮助患者调节情绪,保持积极的心态。(3)虚拟心理导师:元宇宙可以创建虚拟的心理导师角色,为患者提供心理咨询和支持。这些虚拟角色可以模拟真实心理导师的行为和语言,与患者建立信任关系,并提供专业的心理建议和指导。(4)情境模拟与角色扮演:应用元宇宙的虚拟现实技术,可以为患者创建各种情境模拟和角色扮演的环境。患者可以在这些环境中模拟面对疾病、康复过程中的各种挑战,学习应对方法,提高自我管理和自我调节的能力。(5)实时反馈与监测:元宇宙可以实时监测患者的情感状态和学习进展,并提供实时的反馈和建议。医护人员可以根据这些数据及时调整教育方法和心理支持方案,确保患者获得最佳的治疗效果^[4,18-20]。

2.6 智能监测和评估

2.6.1 元宇宙智能监测与评估的优势 应用元宇宙智能监测与评估患者教育在医疗支持上有多重优势。它们实时跟踪学习进度与效果,智能监测能实时追踪患者健康状况,为医护人员提供即时反馈,助力调整教育方法^[21-22]。基于学习数据的个性化推荐,使患者能高效获取相关课程与资源。智能反馈及时发现风险并提供数据支持,帮助患者及时纠错,提升学习效率。数据分析利于揭露教育中的问题,促进方法优化。元宇宙还可以对患者的学习进度进行实时跟踪,监测效果,为医护人员提供即时反馈,助力调整教育方法。智能监测与评估有效提升了患者教育信息传递的效率与效果,帮助患者更

好掌握疾病知识,从而改善治疗效果,提高生活质量^[7-23]。

元宇宙可以应用 AI 技术,对医患沟通的过程和效果进行智能监测和评估。通过智能监测和评估能实时收集和分析沟通数据,包括内容、方式、频率等,使医生迅速了解沟通状况,发现问题,及时调整方法。借助智能评估,医生可为每位患者制定个性化沟通路径,满足其独特需求,提升沟通效果,确保患者获得最佳的治疗效果。医生可以根据评估结果及时调整沟通方法和方法,提高沟通效果。

2.6.2 元宇宙智能监测与评估的方法 (1)学习进度跟踪:元宇宙可以实时跟踪患者的学习进度,包括学习时间、学习内容和学习成果等。通过收集和分析这些数据,系统可以生成详细的学习报告,帮助医护人员了解患者的学习情况,及时调整教育计划。(2)学习成果评估:元宇宙可以应用 AI 技术对患者的学习成果进行智能评估。系统可以根据患者的答题情况、实践操作等,自动给出评分和反馈,帮助患者了解自己的学习水平和需要改进的地方。(3)个性化推荐:基于患者的学习数据和评估结果,元宇宙可以为患者提供个性化学习推荐。系统可以根据患者的兴趣、学习风格和需求,推荐相关的课程和资源,提高患者的学习效果。(4)情感状态监测:元宇宙还可以监测患者的情感状态,包括情绪变化、心理压力等。通过收集和分析患者的情感数据,系统可以为患者提供及时的情感支持和心理疏导,帮助患者保持积极的学习心态。

2.7 提供持续的医疗支持

2.7.1 建立虚拟医疗社区 元宇宙可以构建虚拟的医疗社区,让患者在这个社区中与医护人员和其他患者交流,获取持续的教育和医疗支持服务。在社区中,可以设置医疗咨询、健康教育、康复训练等板块,患者可以随时访问并获取相关信息和指导(表 5)^[15-16]。

表 5 虚拟医疗社区提供持续医疗支持的方法和效果

方法	技术路线和教育效果
建立虚拟医疗社区	元宇宙可以构建虚拟的医疗社区,让患者在这个社区中获取持续的医疗支持和教育服务。社区中可以设置医疗咨询、健康教育、康复训练等板块,患者可以随时访问并获取相关信息和指导。
创建个性化教育计划	元宇宙可以根据患者的具体情况和需求,创建个性化教育计划。这个计划可以包括疾病知识、治疗方案、药物管理、康复训练等内容,确保患者在整个治疗过程中都能获得相关的教育和指导。
提供实时互动与反馈	元宇宙技术可以支持实时的医患互动和反馈,让患者在遇到问题时能够及时获得解答和帮助。系统还可以根据患者的反馈和进展情况,对教育计划进行实时调整和优化。
整合多元教育资源	元宇宙可以整合各种类型的教育资源,包括文字、图片、视频和音频等,为患者提供多元化的学习方法,满足不同患者的学习需求和兴趣,提高教育效果和满意度。
开展远程医疗支持	应用元宇宙的远程接入功能,医疗团队可以为患者提供远程的医疗支持和教育服务。不仅可以突破地理空间的限制,还可以为患者提供更加便捷和高效的医疗体验。
医学数字人 GPT	BAIMGPT 可以基于其便捷性、全时空和权威性等特点,更适合普及用于虚拟医疗社区的个性化患者教育。
智能监测与评估	结合 AI 技术,元宇宙可以对患者的学习进度和康复效果进行智能监测和评估。这些数据可以为医生提供实时的反馈,帮助他们更好地了解患者的需求和情况,以便提供更加精准的教育和医疗支持。

2.7.2 元宇宙远程医疗 应用元宇宙的远程接入功能,可为患者提供远程的医疗支持和教育服务。打破时间和空间的限制,使得医患沟通更加便捷和高效。这样不仅可以突破地理空间的限制,还可以为患者提供更加便捷和高效的医疗体验(表 6)^[24-25]。通过构建高度交互、沉浸感的远程医疗平台,实现

实时音视频沟通、在线诊疗等功能。应用穿戴设备、物联网技术实时监测患者数据,利于完善病情监控和数据管理,为医生提供诊断依据。也可拓展至远程手术和治疗,借助手术机器人和虚拟现实技术提高效率。此外,也利于强化患者教育和健康管理,提供直观生动的指导和个性化康复方案^[6-7]。

表 6 元宇宙远程医疗提供持续医疗支持的应用前景

方法	技术路线和应用前景
建设远程医疗平台	借助元宇宙的虚拟现实和增强现实技术,构建一个具备高度交互性和沉浸感的远程医疗平台。这个平台可以实现医生和患者的实时音视频沟通、病情展示和在线诊疗等功能,让患者能够在家或其他非医疗机构场所获得专业的医疗服务。
完善病情监控和数据管理	元宇宙远程医疗平台应当具备完善的病情监控和数据管理功能,通过穿戴设备和物联网技术等,实时监测患者的生理数据和病情变化,为医生提供准确的诊断和治疗依据。患者的病历、检查结果和用药记录等数据也可以在平台上统一管理,便于医生进行追踪和分析。
开展远程手术和治疗	元宇宙远程医疗不仅可以应用于普通的诊疗过程,还可以扩展到远程手术和治疗等领域。借助手术机器人和虚拟现实技术,医生可以在远程操控手术过程,提高手术效率和治疗效果。虚拟现实技术还可以用于康复治疗和心理疏导等方面,为患者提供全方位的医疗服务。
强化患者教育和健康管理	通过元宇宙远程医疗平台,医生可以向患者提供更加直观和生动的健康教育和指导,帮助患者更好地理解和管理自己的疾病。平台还可以根据患者的具体需求和情况,制定个性化健康管理计划和康复方案,为患者提供持续的医疗支持和关怀。

3 应用元宇宙患者教育提高医疗水平

(1)建立元宇宙患者教育平台:应用元宇宙的虚拟现实和增强现实技术,可以建立患者教育平台,提供丰富的教育资源,如疾病知识、预防方法和治疗方案等。患者可以通过平台自主学习,提高疾病的防治水平。(2)提供个性化教育:元宇宙技术可

以根据患者的具体情况,提供个性化教育内容,如根据患者的年龄、性别、健康状况和生活习惯等,提供定制化的疾病防治建议。(3)加强医患沟通:元宇宙技术可以打破时间和空间的限制,实现医患之间的实时沟通和互动。医生可以通过平台,为患者提供实时的医疗咨询和反馈,提高患者的教育效果。(4)开展远程教育:元宇宙技术可以实现远程教育,

让患者在家中就可以接受专业的医疗教育,提高教育的便利性和可及性。(5)强化患者自我管理:元宇宙技术可以帮助患者更好地理解和管理自己的疾病,提高患者的自我管理能力。例如,患者可以通过平台,学习疾病的自我监测方法,了解疾病的预防和控制方法。(6)开展健康教育活动:通过元宇宙技术,可以开展多种形式的健康教育,如讲座、研讨会、展览等,增强公众的疾病防治意识。(7)加强政策支持:政府和相关机构应出台相关政策,支持元宇宙在患者教育领域的应用,如提供资金支持、优化政策环境和加强监管等。(8)加强技术研发:科研机构和企业应加强元宇宙技术在患者教育领域的技术研发,如开发更先进的虚拟现实和增强现实技术,以及医学数字人GPT,提供更丰富的教育资源,提高教育的质量和效果。

总的来说,元宇宙技术应用于医疗患者教育能显著提升教育质量、效率和可及性,推动医学创新与发展。但实现这一目标需要大量技术投入和政策支持,以促进元宇宙在医疗领域的广泛应用和深入发展。未来,随着技术的不断进步和应用场景的拓展,元宇宙有望成为医疗教育领域的重要支撑和创新动力。^[6,25]

4 医学数字人GPT对患者教育的作用及前景

医学数字人GPT为创建个性化教育计划提供了新的方法,也可显著降低患者教育费用。元宇宙医学数字人的代表BAIMGPT是全球首个医学GPT,推动了虚拟角色在医疗健康教育中的应用,使患者能在任何时间、地点接受教育。BAIMGPT1.0丰富知识库可助力提升医疗和患者教育的效率,提升了患者教育和医患沟通效率和效果,助力实现高质量医疗服务。BAIMGPT基于经典教学专著、共识指南和专家经验,更利于赋能患者教育,可以实践虚拟角色全时空赋能医疗大健康的用户教育,方便用户在任何时间任何地点通过互联网应用;还可以成为一个新的重要的个性化学习路径,提供虚拟角色和场景,其便捷性、全时空和权威性将更加有利于个性化患者教育;还可以支持虚拟心理导师,从情感支持和心理辅导上赋能患者的教育,进行实时的反馈监测,特别是以全时空的特征赋能患者的情感支持与心理辅导工作。应用医学数字人BAIMGPT创建个性化教育计划是一个新的方法,既可以帮助患者更好地理解和管理疾病知识,提高治疗效果和生活质量,还可以给予全时空服务,简单便捷地赋能医疗和大健康,同时降低患者教育费用。基于其

便捷性、全时空和权威性等特点,更适合普及用于虚拟医疗社区的个性化患者教育,实现“名医治未病,元医惠众生”的愿景。

BAIMGPT是全球首个元宇宙医学数字人GPT,旨在通过虚拟数字人GPT革新医疗服务,全时空助力健康知识普及、预防,辅助虚拟远程诊疗,优化资源,利于助力医患沟通更高效、精准,提升医疗服务质量。通过以上方式,我们可以积极推广元宇宙在患者教育领域的应用,提高疾病的防治水平,为公众提供更好的医疗服务^[4,6,23]。

《元宇宙赋能患者教育中国专家共识》专家组成员:白春学、蒋维芃、宋元林、宋振举、杨达伟(复旦大学附属中山医院);白莉(陆军军医大学附属新桥医院);陈宏(哈尔滨医科大学附属第二医院);葛海燕(复旦大学附属华东医院);胡洁(上海市老年医学中心);陆俊羽(重庆市第五人民医院);尚愚(黑龙江省第二医院);苏士成(昆山市中医医院);王凯(浙江大学医学院附属第四医院);王丽新(上海市肺科医院);吴学玲(上海交通大学医学院附属仁济医院);肖奎(中南大学湘雅二医院);辛弘毅(上海交通大学溥渊未来技术学院);薛新颖(北京世纪坛医院);杨丽(重庆医科大学附属第一医院);杨拴盈(西安交通大学第二附属医院);张捷(解放军总医院);张晓菊(河南省人民医院);张子强(复旦大学附属浦东医院);周承志(广州医科大学附属第一医院广州呼吸健康研究所);周建(上海呼吸病研究所)。

伦理声明 无。

参考文献

- [1] 健康中国2030规划纲要[J]. 中华眼科杂志, 2018, 54(1): 11-22.
- [2] YANG D W, ZHOU J, SONG Y L, et al. Metaverse in medicine [J]. Clin eHealth, 2022, 5: 39-43.
- [3] YANG DW, ZHOU J, CHEN R C, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine[J]. Clin eHealth, 2022, 5: 1-9.
- [4] 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.
- [5] IDRIS A, EDRIS B. Virtual medical education during the COVID-19 pandemic: how to make it work [J]. Eur Heart J, 2021, 42(2): 145-146.
- [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] KIM K, YANG H, LEE J H, et al. Metaverse wearables for immersive digital healthcare: a review [J]. Adv Sci, 2023, 10(31): e2303234.
- [8] ZARETSKY J, KIM J M, BASKHAROUN S, et al. Generative artificial intelligence to transform inpatient discharge summaries

- to patient-friendly language and format[J]. JAMA Netw Open, 2024, 7(3): e240357.
- [9] MA B X, YANG J, WONG F K Y, et al. Artificial intelligence in elderly healthcare: a scoping review[J]. Ageing Res Rev, 2023, 83: 101808.
- [10] JUNG C, WOLFF G, WERNLY B, et al. Virtual and augmented reality in cardiovascular care: state-of-the-Art and Future perspectives [J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2022, 15(3): 519–532.
- [11] ABEDI A, COLELLA T J F, PAKOSH M, et al. Artificial intelligence-driven virtual rehabilitation for people living in the community: a scoping review [J]. NPJ Digit Med, 2024, 7(1): 25.
- [12] BRUNO R R, WOLFF G, WERNLY B, et al. Virtual and augmented reality in critical care medicine: the patient's, clinician's, and researcher's perspective[J]. Crit Care, 2022, 26(1): 326.
- [13] RAGHU SUBRAMANIAN C, YANG D A, KHANNA R. Enhancing health care communication with large language models—the role, challenges, and future directions[J]. JAMA Netw Open, 2024, 7(3): e240347.
- [14] TAI-SEALE M, BAXTER S L, VAIDA F, et al. AI-generated draft replies integrated into health records and physicians' electronic communication[J]. JAMA Netw Open, 2024, 7(4): e246565.
- [15] MINTER D J, PATEL A, GANESHAN S, et al. Medical communities go virtual [J]. J Hosp Med, 2021, 16(6): 378–380.
- [16] GONZALEZ M R, MILLER R K, MICHENER A R. Medical student curriculum in geriatrics and “aging in place”: a comparison of home-based, community, and virtual experiences [J]. J Am Geriatr Soc, 2023, 71(9): E25–E29.
- [17] PARK K M, RASHIDIAN N, ANDERSON C, et al. Evidence-based guidelines on the use of virtual surgical education pertaining to the domains of cognition and curriculum, psychomotor skills training, and faculty development and mentorship[J]. Ann Surg, 2022, 276(1): e6–e15.
- [18] PRATT N, MADHAVAN R, WELEFF J. Digital dialogue—how youth are interacting with chatbots [J]. JAMA Pediatr, 2024, 178(5): 429–430.
- [19] TORTORA C, CROSTA A D, MALVA P L, et al. Virtual reality and cognitive rehabilitation for older adults with mild cognitive impairment: a systematic review[J]. Ageing Res Rev, 2024, 93: 102146.
- [20] RIZZO M G Jr, COSTELLO J P 2nd, LUXENBURG D, et al. Augmented reality for perioperative anxiety in patients undergoing surgery: a randomized clinical trial[J]. JAMA Netw Open, 2023, 6(8): e2329310.
- [21] CURTIS C, BROLAN C E. Health care in the metaverse [J]. Med J Aust, 2023, 218(1): 46.
- [22] PLECHATÁ A, MAKRANSKY G, BÖHM R. Can extended reality in the metaverse revolutionise health communication? [J]. NPJ Digit Med, 2022, 5(1): 132.
- [23] TARIQ R, KHANNA S. Artificial intelligence-powered patient education for comprehensive and individualized understanding for patients [J]. Clin Gastroenterol Hepatol, 2024, 22(7): 1550–1551.
- [24] MACKINNON G E, BRITTAI E L. Mobile health technologies in cardiopulmonary disease[J]. Chest, 2020, 157(3): 654–664.
- [25] CHAN J C N, LIM L L, WAREHAM N J, et al. The Lancet commission on diabetes: using data to transform diabetes care and patient lives[J]. Lancet, 2021, 396(10267): 2019–2082.

引用本文

元宇宙赋能患者教育中国专家组. 元宇宙赋能患者教育中国专家共识[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(4): 54–61.

Chinese Experts Group of Metaverse Empowers Patient Education. Chinese experts consensus on metaverse empowers patient education[J]. Metaverse Med, 2024, 1(4): 54–61.

DOI: 10.61189/392238uzlmap

· 摘要解读 ·

Virtual reality in the management of patients with low back and neck pain: a retrospective analysis of 82 people treated solely in the metaverse 摘要及解读



钱芃欣

贵州医科大学, 贵阳 550001

1 摘要翻译

该文发表于 *Archives of Physiotherapy*^[1]。非特异性腰痛(NS-LBP)和颈痛症(NPD)分别是导致残疾的第一和第四大常见病症。远程护理有望提高医疗保健的可持续性,减少环境污染,并为需要非虚拟护理的患者留出资源。本文回顾性分析接受元宇宙运动疗法的 82 名 NS-LBP 和(或)NPD 患者,旨在探究该疗法的可行性、安全性、有效性和结果指标。研究表明,在元宇宙中进行的虚拟现实治疗是安全的(没有不良事件发生)。收集的多于 40 个结果数据显示,NS-LBP 导致的残疾显著改善,改良 Oswestry 腰痛残疾指数降低 17.8%;NPD 导致的残疾显著改善,颈部残疾指数降低 23.2%。综上所述,这种运动疗法是可行的,也是安全的(未报告任何不良事件);可从大量患者中获得了完整的报告;该软件可以在一系列时间点上获取结果。但仍需进一步的前瞻性研究来更好地理解我们的临床发现。

2 摘要解读与评论

尽管已有许多 NS-LBP 和 NPD 的研究,并采取了药物、运动等管理措施,但 30 多年来,NS-LBP 和 NPD 的致残率仍未下降,给个人和社会带来巨大的经济负担^[2]。白春学教授团队提出曾经只能在实体建筑中获得的医疗保健服务,如今在虚拟世界中将触手可得。而使用数字通信远程提供医疗服务,正

是元宇宙医学发挥潜力的关键领域^[3]。本研究^[1]肯定了元宇宙疗法在“降本增效”方面的积极作用。“降本”即降低时间成本,元宇宙疗法能收集患者大量的临床数据,医生可远程监控治疗与病情的进展,有利于提升医疗效率;降低资源成本,远程护理可提高医疗保健的可持续性,减少环境污染,并为需要非虚拟护理的患者留出空间,可能会比传统的实体机构更能有效利用医疗资源。“增效”则体现在元宇宙疗法显著降低 NS-LBP 患者和 NPD 患者的各项指标,且未出现不良反应。远程医疗通过元宇宙拉近患者与医院的物理距离,这有力体现了“元医惠众生”的理念。

参考文献

- [1] ORR E, ARBEL T, LEVY M, et al. Virtual reality in the management of patients with low back and neck pain: a retrospective analysis of 82 people treated solely in the metaverse [J]. *Arch Physiother*, 2023, 13(1): 11.
- [2] GLOBAL BURDEN OF DISEASE STUDY 2013 COLLABORATORS. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 301 acute and chronic diseases and injuries in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 [J]. *Lancet*, 2015, 386(9995): 743–800.
- [3] DAMAR M. What the literature on medicine, nursing, public health, midwifery, and dentistry reveals: an overview of the rapidly approaching metaverse [J]. *J Metaverse*, 2022, 2(2): 62–70.

引用本文

钱芃欣. Virtual reality in the management of patients with low back and neck pain: a retrospective analysis of 82 people treated solely in the metaverse 摘要及解读[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(4): 62.

QIAN P X. The abstract interpretation of Virtual reality in the management of patients with low back and neck pain: a retrospective analysis of 82 people treated solely in the metaverse [J]. *Metaverse Med*, 2024, 1(4): 62.

[收稿日期] 2024-10-31

[接受日期] 2024-11-10

[作者简介] 钱芃欣. E-mail: qianpengxin0317@163.com

DOI:10.61189/886476wgzedv

· 摘要解读 ·

Development of metaverse for intelligent healthcare

摘要及解读

刘晓静¹, 陈智鸿^{2*}

1. 青岛大学附属医院呼吸与危重医学科, 青岛 266000

2. 复旦大学附属中山医院呼吸与危重医学科, 上海 200032

1 摘要翻译

文章^[1]于2022年发表于*Nat Mach Intell*, 作者为Ge Wang等人。元宇宙融合了物理现实与虚拟现实。它促使人类能够与虚拟形象在一个由高速网络、虚拟现实、增强现实、混合拓展现实、区块链、数字孪生技术以及人工智能等技术支持的环境中互动。这些技术由无限的数据作为支撑。元宇宙最初作为社交媒体和娱乐平台出现, 其向医疗领域的扩展可能对临床实践和人类健康产生深远影响。我们认为元宇宙在医疗领域具有的独特发展机会。“医学技术和人工智能”(MeTAI)相结合的元宇宙能够促进人工智能医疗实践的开发、成型、评估、监管、转化与完善, 尤其是医学影像引导下的诊断和治疗。在此, 我们展示了元宇宙的应用案例, 包括虚拟对比扫描、原始数据共享、加强科学监管以及元宇宙医学干预。我们还探讨了MeTAI元宇宙生态系统中的相关问题, 包括隐私、安全和差异性。此外, 为了提高医疗质量、可及性、成本效益和患者满意度, 我们提出了具体的合作行动计划以构建MeTAI元宇宙。

2 摘要解读与评论

文章提出了MeTAI元宇宙概念, 探讨与医学元宇宙开发相关的重要的技术、社会和伦理问题, 以及如何解决这些问题。文章列举了MeTAI的四个应用典范, 着重于强调医学影像, 包括虚拟对比扫描、原始数据共享、增强的监管科学以及元宇宙医学干预。MeTAI生态系统与其他医学影像模拟系统的区别在于其数据集的海量和多样性、巨大的社会规模, 和对用户沉浸感、交互性和协作性的强调。因此元宇宙需要一个架构和基础设施, 以和谐地整合患者、医生、研究人员、算法、设备和数据。对此, 文章讨论了整个MeTAI生态系统存在的隐私与安全问题, 构想了这套生态系统的发展模式及管理投资方法。最后, 文章展望了MeTAI元宇宙对人类医学模式巨大变革的推动作用。随着技术的进步, 元宇宙新技术的出现将重新定义生物医学和社会。

参考文献

- [1] 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

刘晓静, 陈智鸿. *Development of metaverse for intelligent healthcare* 摘要及解读[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(4): 63.

LIU X J, CHEN Z H. The abstract interpretation of *Development of metaverse for intelligent healthcare* [J]. *Meta Med*, 2024, 1(4): 63.

[收稿日期] 2024-10-28

[接受日期] 2024-11-10

[作者简介] 刘晓静, E-mail: liuxiaojing_001@126.com

*通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-64141990, E-mail: chen.zhihong@zs-hospital.sh.cn

DOI:10.61189/378225neiox

·摘要解读·

State-of-the-art human-computer-interaction in metaverse 摘要及解读



肖顺周, 朱 涛*

遂宁市中心医院呼吸与危重症医学科, 遂宁 629000

1 摘要翻译

本文^[1]发表于 *International Journal of Human - Computer Interaction*。随着元宇宙概念日益普及, 人类已经迈入智能技术进步的新高度。本文对元宇宙中人机交互的研究进行综述, 以“元宇宙”、“人机交互(HCI)”、“虚拟空间”、“虚拟技术”、“三维(3D)重建”、“平行宇宙”、“独立身份”、“访问兴趣”以及“区块链”等为关键词, 在 Scopus、Web of Science 和 Google 学术等数据库中搜索 2018~2023 年间发表的相关文章, 通过 PRISMA 原则探讨并描述了元宇宙基础技术的应用状态。此外, 文章对元宇宙中免提人机交互(HCI)的未来增长进行预测。在虚拟世界中, 人类与计算机互动的方式将向“隐形”转变。换句话说, HCI 将使用户在数字领域透明化, 人们将以一种自然且公正的方式与计算机互动。在互动中, 可穿戴设备可以实现更具沉浸体验, 但它们会限制参与者的移动和感知自由。未来, HCI 将会趋向于肌肉感应连接, 使人们更接近元宇宙。

2 摘要解读与评论

本文^[1]聚焦于元宇宙中 HCI 技术的运用, 着重介绍了虚拟现实(VR)、增强现实(AR)及混合现实(XR)等基本技术。研究问题主要聚焦于(1)多用户虚拟现实(MUVR); 探讨 MUVR 在远程心理治疗中

的应用, 以及它如何增强传统治疗实践。(2)基于生物信号的交互: 研究如何利用表面肌电图(SEMG)等生物信号来增强虚拟环境中的交互, 以及这些方法如何帮助解决肌电信号的时序性问题。(3)HCI: 研究单通道电图(EOG)信号在 VR 环境中实现免提交互的方式, 以及这种交互方式如何适用于行动不便的用户等^[2-4]。

随着技术的不断进步和应用的深入拓展, 人机交互在元宇宙医学中将发挥更加重要的作用, 为用户带来更加丰富和多样的体验。未来, 需要继续加强技术研发、完善法律法规和提高社会接受度等方面的工作, 以推动元宇宙医学的健康发展。

参考文献

- [1] LYU Z H, PARK J J, SHEN J, et al. State-of-the-art human-computer-interaction in metaverse[J]. *Int J Hum*, 2024; 1-5.
- [2] ABIRI R, BORHANI S, SELLERS E W, et al. A comprehensive review of EEG-based brain-computer interface paradigms[J]. *J Neural Eng*, 2019, 16(1): 011001.
- [3] DONALD A. Virtual retail in the metaverse: customer behavior analytics, extended reality technologies, and immersive visualization systems. *Linguistic and Philosophical Investigations*, 2022, 16(21): 73-88.
- [4] AL E, ILIOPOULOS F, FORSCHACK N, et al. Heart-brain interactions shape somatosensory perception and evoked potentials [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2020, 117 (19) : 10575-10584.

引用本文

肖顺周, 朱涛. State-of-the-art human-computer-interaction in metaverse 摘要及解读[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(4): 64.

XIAO S Z, ZHU T. The abstract interpretation of State-of-the-art human-computer-interaction in metaverse [J]. *Meta Med*, 2024, 1(4): 64.

[收稿日期] 2024-10-29

[接受日期] 2024-11-10

[基金项目] 2023 年四川省卫生健康委员会科技项目(临床研究专项)(23LCYJ008), 四川省自然科学基金(23NSFSC0667), 中华国际医学交流基金会呼吸疾病青年实用研究项目(Z-2017-24-2301). Supported by the Science and Technology Project of Health Commission of Sichuan Province (23LCYJ008), the Natural Science Foundation of Sichuan Provincial Department of Science and Technology (23NSFSC0667), Practical Research Project on Respiratory Diseases for Youth of China International Medical Foundation (Z-2017-24-2301).

[作者简介] 肖顺周, E-mail: 18869800208@163.com

*通信作者(Corresponding author). Tel: 0825-2292370, E-mail: zhutao063020@163.com

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。

