

DOI:10.61189/149666xvrlrbg

· 医学教育 ·

元宇宙教学查房的研究进展与展望

白 莉¹, 宋元林^{2,3}, 童 琳^{2,3}, 蒋维茆², 白春学^{2,3,4,5*}

1. 陆军军医大学新桥医院呼吸与危重症医学科, 重庆 400037

2. 复旦大学附属中山医院呼吸与危重症医学科, 上海 200032

3. 上海市呼吸病研究所, 上海 200032

4. 上海呼吸物联网医学技术工程研究中心, 上海 200032

5. 国际元宇宙医学联盟, 苏州 215163



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

[关键词] 教学查房;虚拟现实;增强现实;混合现实;人工智能

[中图分类号] G 642.4;R-1 **[文献标志码]** A

Research progress and prospect of metaverse teaching rounds

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

1. Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Xinqiao Hospital of Army Medical University, Chongqing 400037, China

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

3. Shanghai Respiratory Research Institution, Shanghai 200032, China

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

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

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

[收稿日期] 2024-06-12

[接受日期] 2024-06-20

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

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

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

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

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

1 VR在教学查房中的应用

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

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



图1 VR头戴式显示器

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

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

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

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

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

2 AR在教学查房中的应用

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

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



图2 BRM一体机

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

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

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

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



图3 AR技术显示吸烟损伤的肺脏

3 GPT在教学查房中的应用

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



图4 全球首个数字人医学GPT“BAIMGPT”

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

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

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

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

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

表 1 MGPT 查询医学知识

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

表 2 MGPT 生成模拟病例

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

表 3 MGPT 医学问答系统

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

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

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

4 元宇宙教学查房的应用评估与反馈

关于元宇宙教学查房中的应用评估和质量控

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

表 4 教学效果评价表

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

表 5 学生表现评价表

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

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

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

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

表 6 提升教学水平的方法

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

5 展 望

元宇宙教学查房的前景非常广阔,主要包括:

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

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

伦理声明 无。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

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

参考文献

- [1] YANG D W, ZHOU J, SONG Y L, et al. Metaverse in medicine [J]. Clin eHealth, 2022, 5: 39-43.
- [2] YANG D W, ZHOU J, CHEN R C, et al. Expert consensus on the metaverse in medicine[J]. Clin eHealth, 2022, 5: 1-9.
- [3] 白春学. 元宇宙医学的昨天、今天与明天[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(1): 3-12.
- [4] 白春学. 元宇宙医学之我见[J]. 中国医药导刊, 2023, 25(1): 1-6.
- [5] 薛新颖, 杨达伟, 白春学. 元宇宙医学教学查房的实践与探索[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(1): 73-81.
- [6] KUEHN B M. Virtual and augmented reality put a twist on medical education[J]. JAMA, 2018, 319(8): 756-758.
- [7] VENKATESAN M, MOHAN H, RYAN J R, et al. Virtual and augmented reality for biomedical applications [J]. Cell Rep Med, 2021, 2(7): 100348.
- [8] XIONG J H, HSIANG E L, HE Z Q, et al. Augmented reality and virtual reality displays: emerging technologies and future perspectives[J]. Light Sci Appl, 2021, 10(1): 216.
- [9] 胡 洁. 元宇宙医学数字人GPT研究快报[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(1): 2.
- [10] YANG D W, SUN M T, ZHOU J, et al. Expert consensus on the “Digital Human” of metaverse in medicine [J]. Clin eHealth, 2023, 6: 159-163.
- [11] 宋振举, 顾建英, 白春学. 如何建设元宇宙医院?[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(1): 13-21.
- [12] CHYTAS D, PIAGKOU M, SALMAS M, et al. Mixed and augmented reality: distinct terms, different anatomy teaching potential[J]. Anat Sci Educ, 2021, 14(4): 519-520.
- [13] BARTEIT S, LANFERMANN L, BÄRNIGHAUSEN T, et al. Augmented, mixed, and virtual reality-based head-mounted devices for medical education: systematic review [J]. JMIR Serious Games, 2021, 9(3): e29080.
- [14] KIM K, YANG H, LEE J H, et al. Metaverse wearables for immersive digital healthcare: a review[J]. Adv Sci, 2023, 10(31): e2303234.
- [15] DAI N, HU Y Q, GE J B. When the future cardiac catheterization laboratory meets the Metaverse[J]. Eur Heart J, 2023, 44(29): 2652-2653.
- [16] CHECCUCCI E, AMPARORE D, VOLPI G, et al. Metaverse surgical planning with three-dimensional virtual models for minimally invasive partial nephrectomy[J]. Eur Urol, 2024, 85(4): 320-325.
- [17] NAS J, THANNHAUSER J, VART P, et al. Effect of face-to-face vs virtual reality training on cardiopulmonary resuscitation quality: a randomized clinical trial[J]. JAMA Cardiol, 2020, 5(3): 328-335.
- [18] 郑郁婕, 孙梦婷, 白春学. BRM 一体机应用于控烟[J]. 元宇宙医学, 2024, 1(1): 82-88.
- [19] TSAI T Y, ONUMA Y, ZLAHODA-HUZIÖR A, et al. Merging virtual and physical experiences: extended realities in cardiovascular medicine [J]. Eur Heart J, 2023, 44(35): 3311-3322.
- [20] SINGHAL K, AZIZI S, TU T, et al. Large language models encode clinical knowledge [J]. Nature, 2023, 620(7972): 172-180.
- [21] ARONSON J K. When I use a word. . ChatGPT: a differential diagnosis[J]. BMJ, 2023, 382: 1862.
- [22] BOSCARDIN C K, GIN B, GOLDE P B, et al. ChatGPT and generative artificial intelligence for medical education: potential impact and opportunity[J]. Acad Med, 2024, 99(1): 22-27.
- [23] LUYKX J J, GERRITSE F, HABETS P C, et al. The performance of ChatGPT in generating answers to clinical questions in psychiatry: a two-layer assessment [J]. World Psychiatry, 2023, 22(3): 479-480.
- [24] GOODMAN R S, PATRINELY J R, STONE C A Jr, et al. Accuracy and reliability of chatbot responses to physician questions[J]. JAMA Netw Open, 2023, 6(10): e2336483.
- [25] WEI C H, ALLOT A, LAI P T, et al. PubTator 3.0: an AI-powered literature resource for unlocking biomedical knowledge [J]. Nucleic Acids Res, 2024: gkae235.
- [26] SCHWALBE N, WAHL B. Artificial intelligence and the future of global health[J]. Lancet, 2020, 395(10236): 1579-1586.

引用本文

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

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