

DOI: 10.61189/875889kkotkg

· 医学教育 ·

元宇宙医学对医学教育的颠覆

杨达伟^{1,2,3,4,5*}

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

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

[关键词] 元宇宙;医学;教育

[中图分类号] R-0 **[文献标志码]** A

Revolution in medical education via metaverse in medicine

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

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

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

[Key Words] metaverse; medicine; education

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

医学人才的培养奠定了坚实的基础^[1-5]。

1 智能互联时代的现代医学教育转变

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

[收稿日期] 2024-06-02

[接受日期] 2024-06-25

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

[作者简介] 杨达伟,博士,副主任医师,副研究员。

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

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

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

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

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

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

2 健康与医学教育面临的挑战

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

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

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

3 新型数字化医学教育模式

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

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

场景,学生可以在虚拟环境中进行手术操作训练。

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

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

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

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

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

可以记录教育资源的使用情况,确保资源创作者的版权,并实现自动化的收益分配。

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

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

4 基于元宇宙技术的医学教育特点

4.1 沉浸式学习体验

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

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

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

4.2 互动性与协作性

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

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

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

4.3 个性化与自适应学习

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

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

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

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

4.4 现实与虚拟的无缝融合

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

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

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

5 元宇宙中的医学人文关怀教育

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

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

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

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

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

6 元宇宙医学教育的具体实施

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

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

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

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

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

伦理声明 无。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献 杨达伟:撰写、修改论文。

参考文献

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

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

引用本文

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

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