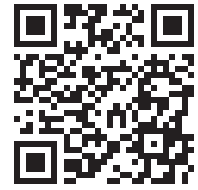


DOI: 10.61189/431069dfoozt

· 医学教育 ·

# 基于“复旦中山惠生智育”平台的神经内科元宇宙教学体系构建设想

毛玲艳<sup>1</sup>, 余情<sup>2</sup>, 张雯<sup>2</sup>, 张敏<sup>2</sup>, 张宇浩<sup>1</sup>, 刘旭<sup>1</sup>, 丁晶<sup>1\*</sup>

1. 复旦大学附属中山医院神经内科, 上海 200032

2. 复旦大学附属中山医院教育处, 上海 200032

**[摘要]** 神经内科专科医学教育面临低频高危情境训练不足、关键操作机会不均、伦理敏感沟通场景复现困难以及跨阶段评价体系薄弱等结构性瓶颈。本文基于“复旦中山惠生智育”元宇宙平台, 提出面向神经内科全周期医学教育培训与管理的专科元宇宙平台构建思路。以扩展现实与人工智能为技术底座, 围绕神经系统查体、脑卒中急救决策、癫痫持续状态处理、帕金森病长期管理与坏消息告知等核心教学场景, 构建神经内科知识生态系统、沉浸式虚拟教学场景、专科综合教学智能体与全周期教学管理中枢四大版块。平台支持跨院区同步教学与过程留痕, 旨在形成“情境训练—过程评价—个性化导学—治理闭环”的专科教育新范式。以“急性缺血性脑卒中溶栓决策元宇宙教学单元”为例, 展示了该平台在场景设计、任务链组织与技术实现上的可行思路。本文为神经内科专科元宇宙教学的体系化建设提供了可复制的工程化框架与设计参考, 后续将基于实际运行数据进一步开展效果验证。

**[关键词]** 神经内科; 元宇宙医学; 全周期医学教育; 沉浸式训练; 溶栓决策; 胜任力评价

**[中图分类号]** R 741; R-05 **[文献标志码]** A

## Design concept for a neurology metaverse teaching system based on the Fudan Zhongshan “huisheng intelligent education” platform

Mao Lingyan<sup>1</sup>, Yu Qing<sup>2</sup>, Zhang Wen<sup>2</sup>, Zhang Min<sup>2</sup>, Zhang Yuhao<sup>1</sup>, Liu Xu<sup>1</sup>, Ding Jing<sup>1\*</sup>

1. Department of Neurology, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

2. Department of Education, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

**[Abstract]** Specialty education in neurology faces structural bottlenecks including insufficient training in low-frequency, high-risk clinical scenarios, unequal opportunities for performing key procedures, difficulty in replicating ethically sensitive communication situations, and a weak cross-stage evaluation system. Based on the “Huisheng Intelligent Education” metaverse platform of Zhongshan Hospital, Fudan University, this paper proposes a conceptual framework for building a neurology-specific metaverse platform targeting full-cycle medical education, training, and management. Using extended reality (XR) and artificial intelligence (AI) as the technological foundation, and focusing on core teaching scenarios such as neurological examination, emergency decision-making in stroke, status epilepticus management, long-term care of Parkinson’s disease, and breaking bad news, the platform constructs four major modules: a neurology knowledge ecosystem, immersive virtual teaching scenarios, a specialized teaching intelligence system, and a full-cycle teaching management hub. The platform supports cross-campus synchronous teaching and process tracking, aiming to establish a new paradigm of specialty education characterized by “scenario-based training — formative evaluation — personalized guidance — governance closed loop”. Taking the “acute ischemic stroke thrombolysis decision-making metaverse teaching unit” as an example, this paper demonstrates the feasible approach of the platform in scenario design, task chain organization, and technical implementation. This paper provides a replicable engineering framework and design reference for the systematic construction of metaverse teaching in neurology, with future effectiveness validation to be conducted based on actual operational data.

**[Key Words]** neurology; metaverse in medicine; full-cycle medical education; immersive training; thrombolysis decision-making; competency evaluation

神经内科疾病具有高发病率、高致残率、高复发率及高伦理敏感性的特点。从急性脑卒中的黄

金时间窗决策, 到癫痫持续状态的生命支持, 再到肌萎缩侧索硬化等终末期神经疾病的坏消息告知

**[收稿日期]** 2026-04-03

**[接受日期]** 2026-06-01

**[作者简介]** 毛玲艳, 博士, 主治医师; E-mail: mao.lingyan@zs-hospital.sh.cn

\* 通信作者 (Corresponding author). 丁晶, 博士, 主任医师; E-mail: ding.jing@zs-hospital.sh.cn

与预立医疗照护沟通,神经内科医师的胜任力高度依赖低频高危情境的规范化训练与复杂沟通能力的反复打磨。然而,当前国内神经内科专科医学教育仍面临以下突出瓶颈:(1)关键临床操作与急危重症决策机会不均,不同基地、不同轮转阶段的学员实际暴露量差异显著;(2)终末期沟通等伦理敏感内容难以在真实临床中反复演练;(3)从医学生到住培、专培、继续教育的纵向能力发展缺少连续、可量化的过程评价工具;(4)师资与标准化病人资源紧张,难以支撑高频次、个性化的反馈训练。

近年来,元宇宙技术因其沉浸性、可重复性、过程留痕与多用户协作等优势,正在推动医学教育体系的重构<sup>[1-3]</sup>。我院前期提出了“复旦中山惠生智育”元宇宙平台,面向全周期医学教育构建了医学知识生态系统、虚拟教学场景、综合教学智能体、全周期教学管理中枢四版块架构,并在多学科会诊教学中验证了其可行性与跨院区协同能力<sup>[4]</sup>。在此基础上,本文进一步将平台能力垂直下沉至神经内科专科领域,提出神经内科专科元宇宙平台的构建思路,以期为国内神经内科教学的同质化、可评价与可持续发展提供可复制的解决方案。

## 1 神经内科元宇宙平台的总体架构

神经内科元宇宙平台并非独立重建,而是作为“复旦中山惠生智育”平台的垂直领域子平台,复用其底层数据底座、AI引擎与教学管理中枢,在此基础上定制专科知识图谱、虚拟场景与评价模型。总体架构仍分为四大版块。

**1.1 版块一:神经内科元宇宙知识生态系统** 本版块为所有虚拟教学场景提供统一、可追溯、持续更新的知识来源。在知识底座层面,平台整合了神经解剖三维图谱,典型影像库(非对比头颅CT、CT血管造影、CT灌注成像、磁共振成像及数字减影血管造影),以及常用评分量表(如美国国立卫生研究院卒中量表、格拉斯哥昏迷评分、改良 Rankin 量表、Essen 卒中风险评分、统一帕金森病评定量表、Hoehn-Yahr 分期量表)。同时纳入国内外权威指南与共识,包括《中国急性缺血性脑卒中诊治指南》《中国成人惊厥性癫痫持续状态诊治指南》《帕金森病诊疗指南》等,以及经过脱敏处理的真实病例数据。在AI增强能力方面,平台利用自然语言处理与生成式人工智能技术,实现指南要点的自动摘要、试题与虚拟患者对话脚本的智能生成,以及影像征象的自动标注与检索。最后,通过标准化输出机制,将上述知识内容封装为可被虚拟场景调用的

“知识单元”,支持版本管理、循证引用与跨场景复用,从而确保教学内容的准确性、一致性与可持续迭代能力。

**1.2 版块二:神经内科虚拟教学场景谱系** 围绕神经内科全周期培养所要求的核心胜任力,本平台设计并构建了一系列典型虚拟教学场景(表1)。这些场景覆盖了从基础技能到复杂临床决策的多个关键环节,例如神经系统规范化查体、腰椎穿刺操作流程、急性缺血性卒中的溶栓决策与时间窗管理、癫痫持续状态的阶梯式药物抢救与气道保护与法律文书沟通、肌萎缩侧索硬化等终末期神经疾病的坏消息告知与预立医疗照护计划讨论,以及帕金森病长期随访中的运动与非运动症状综合评估等。其中,腰椎穿刺操作流程场景重点训练学习者的解剖定位、无菌操作技术、测压与脑脊液采集规范,以及常见并发症(如脑疝、低颅压头痛)的识别与处理,通过增强现实与力反馈设备实现操作步骤的实时纠错与评分。每一场景均严格遵循统一的底层设计规范,即“任务脚本、关键决策点与行为轨迹采集、即时反馈”三位一体的流程。任务脚本明确了学习目标与预期行为路径;关键决策点与行为轨迹采集模块可自动记录学习者在每一环节的操作选择、时序安排、沟通语句与偏离次数;即时反馈则在任务节点或场景结束时生成针对性的评估与改进建议。所有场景既可支持学习者的单人自主训练与反复打磨,也能满足多学科团队或跨专业协作演练的需求,从而为神经内科专科能力的系统化、可重复培养提供了坚实的技术基础。

**1.3 版块三:神经内科综合教学智能体** 神经内科综合教学智能体是实现个性化、数据驱动教学的核心模块。该智能体首先依托过程性评价机制,自动采集学习者在各虚拟场景中的多维度行为数据,包括关键决策点的选择、操作顺序的合理性、任务完成的时间消耗、沟通中的关键语句使用情况以及偏离预设标准流程的次数。这些数据并非简单记录,而是通过结构化建模转化为可量化的教学指标。在此基础上,智能体动态生成学习者的专科能力画像,以雷达图形式直观呈现其在神经查体能力、急救决策能力、操作技能、沟通共情能力、伦理法律素养以及病历文书质量6个维度的当前水平。每一维度均基于多个场景任务的综合表现计算得出,并可追踪其随时间的变化趋势。进一步地,智能体引入个性化导学功能,采用强化学习算法识别学习者能力画像中的短板与薄弱环节,并据此自动推送针对性的补充训练任务。

表1 神经内科元宇宙典型教学场景

场景模块	教学重点	适用阶段	技术载体
神经系统查体	意识水平、颅神经、运动/感觉/反射/共济	院校/住培	VR+手势交互
腰椎穿刺操作流程	体位、定位、无菌、测压、并发症识别	院校/住培	AR/MR+力反馈
急性缺血性卒中溶栓决策	院前识别、NIHSS、影像判读、适应症/禁忌症、家属沟通	住培/专培	VR+AI虚拟患者
癫痫持续状态处理	药物阶梯、气道管理	专培	AR/MR+数字人
坏消息告知(肌萎缩侧索硬化)	SHARE模型、情绪回应、预嘱讨论	住培/专培	VR+多分支对话
帕金森病长期管理与随访	UPDRS评分、药物调整、非运动症状、居家安全	继续教育	AI增强虚拟患者

例如,若学习者在溶栓决策的连续多个任务中表现出适应证把握不牢或禁忌症筛查遗漏等问题,系统将为其补充3个不同变异类型的卒中病例虚拟训练,以强化其在变异性情境下的决策迁移能力。通过“评价、画像、导学”的闭环机制,综合教学智能体实现了从统一化教学向个体化成长路径的转变,显著提升了训练的针对性与效率。

**1.4 版块四:全周期教学管理中枢** 全周期教学管理中枢致力于打破传统医学教育中不同阶段之间的数据孤岛,实现从院校教育到毕业后教育再到继续教育的纵向贯通。在跨阶段追踪方面,中枢将学员从院校医学教育阶段的神经系统查体训练,到住院医师规范化培训阶段的急性卒中决策训练,再到专科医师规范化培训阶段的脑死亡判定与终末期沟通训练,全部纳入同一终身学习档案,从而完整记录其能力成长轨迹。与此同时,中枢配备了质量监测仪表盘,可实时呈现各教学基地、各轮转小组在不同虚拟场景中的完成率、平均决策正确率、平均沟通评分等关键绩效指标,支持教学管理者及时发现异常波动与共性薄弱环节,进而触发教学预警与资源优化调配。为确保过程数据的公信力与可审计性,中枢进一步引入区块链存证与认证机制,将学习者在关键操作中的行为记录、评价结果等核心证据进行上链存证,实现数据不可篡改、来源可追溯。这为专科胜任力的可信认证、教学审计以及跨机构互认提供了坚实的技术基础,推动神经内科专科教学管理从经验驱动走向证据驱动、从阶段割裂走向全周期闭环。

## 2 早期实践:急性缺血性脑卒中溶栓决策元宇宙教学单元

**2.1 教学定位** 本单元面向神经内科住院医师(第3年)及专科医生,训练其在急性缺血性卒中发病4.5 h内完成快速评估、影像判读、溶栓决策、家属沟

通、文书交接的全流程能力。该场景在真实临床中高度时间敏感、决策风险大、家属情绪复杂,传统教学中难以反复演练。

**2.2 场景流程与关键决策点** 学员通过VR头戴显示设备或PC端进入卒中急诊虚拟空间,在仿真的时间压力下按以下任务链条推进(以下预设参数仅为示例,平台可根据教学需要灵活配置不同临床情境)。

**2.2.1 接诊与快速评估** 例如,虚拟患者表现为突发言语不清、右侧肢体无力,发病时间设为2.5 h。学员需完成格拉斯哥昏迷评分与美国国立卫生研究院卒中量表评分(示例中预设评分12分),快速建立神经功能缺损基线。

**2.2.2 影像判读** 学员在增强现实与混合现实环境中依次查看影像。例如,头颅CT平扫排除出血,CTA未见大血管闭塞,CTP显示存在缺血半暗带。平台可替换为其他影像特征组合(如大血管闭塞、无半暗带等)以训练不同决策情境。

**2.2.3 溶栓决策** 学员综合时间窗、影像学表现与禁忌证评估获益与风险,决定是否使用rt-PA。示例中设置了2个关键陷阱:血压185/110 mmHg(需先降压处理)、血糖2.8 mmol/L(需纠正),以训练对溶栓禁忌证的敏感性。实际训练中可调整血压、血糖、时间窗等参数,生成多样化的病例变体。

**2.2.4 家属沟通** AI增强的虚拟患者家属表现出紧张、犹豫并反复追问“会不会出血”(示例情绪反应类型可替换为愤怒、沉默、过度乐观等)。学员需在此高情绪负荷情境下练习坏消息告知、风险解释与知情同意获取过程。

**2.2.5 记录与交接** 学员填写溶栓记录单,准确记录用药时间、剂量与注意事项,并完成虚拟交接。平台提供标准化模板,同时支持不同医疗机构的格式适配。

以上链条环环相扣,既考核了临床决策的准确

性,也强化了时间管理与团队协作意识。通过替换每个环节的预设参数,平台可衍生出数十种不同难度的溶栓决策场景,满足分层递进训练的需求。

**2.3 技术实现与过程留痕** 平台突破了物理院区的限制,支持复旦大学附属中山医院(总部)与分院、医联体单位的教学同步进行。各院区的住院医师可同时进入同一虚拟空间,共同参与卒中溶栓决策场景的训练与复盘,从而确保不同基地学员接受同口径的教学内容与评价标准。在训练过程中,平台采用“5A流程+专家数字人”引导结构化决策,将评估、建议、安排、协助等环节嵌入专家数字人的交互对话中,帮助学员在标准化框架下完成从信息采集到决策落地的完整路径。与此同时,系统对所有关键决策点(例如是否启动溶栓、血压与血糖的异常值处理策略、与家属的沟通方式选择)进行自动打点与行为轨迹记录,并在任务结束后生成形成性反馈报告。报告不仅指出决策正误,还会将典型错误(如忽略血压临界值即直接溶栓)自动关联至知识生态系统中的对应指南段落,方便学员即时查阅、对比与纠正,从而实现训练、反馈、知识溯源的学习闭环。

### 3 讨论

本平台首次尝试将“复旦中山惠生智育”通用元宇宙医学教育能力垂直下沉至神经内科专科领域,其设计价值体现在多个层面。(1)平台拟推动神经内科教学从“机会依赖”向“标准化覆盖”转变。模拟教学已被国际学界公认为神经内科教育中日益重要的组成部分,研究表明基于模拟的培训能够为学习者提供结构化机会以练习临床推理、识别常见诊断与治疗陷阱,并改善卒中救治中多学科协作与方案依从性,例如有证据显示模拟训练可缩短卒中救治的入院至穿刺时间<sup>[5]</sup>。然而,真实临床环境中神经系统急危重症与高伦理敏感场景的出现频率存在客观不均衡性。本平台通过将神经系统查体、溶栓决策、脑死亡判定、终末期沟通等关键场景转化为可重复、可量化的虚拟训练任务,设计上预期能够有效缩小不同培训基地、不同轮转学员之间因病例资源不均而导致的训练机会差异。(2)平台拟实现从“经验评价”向“证据驱动的形成性评价”的跃升。一项包含30项研究、1560名参与者的系统综述<sup>[6]</sup>表明,元宇宙技术在医学教学中的有效性已得到初步验证,多数研究报告了学生能力提升、训练时间缩短以及学习兴趣与信心的增强。借助虚拟场景中的过程数据自动采集与专科能力画像

的动态生成,本平台的教学评价有望从依赖出科考试的一次性成绩,转变为贯穿整个培养周期的持续跟踪与精准补训机制。(3)平台设计上支持跨院区同步训练与复盘,为多院区、医联体背景下的神经内科教学同质化提供可落地的工程化解决方案。(4)平台拟构建全周期贯通的培养链条,覆盖从院校教育阶段的神经系统查体训练,到住院医师规范化培训阶段的卒中决策训练,再到专科医师规范化培训阶段的脑死亡判定与终末期沟通训练,直至继续医学教育阶段的帕金森病长期管理训练,以期实现神经内科人才成长的纵向衔接与能力递进。

在国际上,已有部分研究探索将模拟教学技术应用于神经内科教育。例如,有学者<sup>[7]</sup>利用虚拟现实技术训练医学生的卒中量表评分能力,也有研究<sup>[8]</sup>采用标准化患者演练坏消息告知的沟通技巧。一项遵循PRISMA指南的系统综述<sup>[9]</sup>对元宇宙技术在神经外科、神经内科与精神科教育中的应用进行了评估,从420篇文献中筛选出24项纳入分析,发现神经内科可从虚拟患者模拟中获益,有助于提升诊断敏锐度。在卒中教学领域,一项纳入59项研究的范围综述系统梳理了卒中急救模拟教学的研究现状,发现多数研究聚焦于短期结局、依赖单次模拟训练,在能力评估、继续教育以及特定场景(如脑出血、院前应用)方面存在明显数据空白。然而,上述实践多为单一场景、单一技术模态、短周期的教学干预,缺乏与全周期培养体系及综合性管理平台的深度整合,难以形成系统化、可持续的专科教育解决方案。在腰椎穿刺等操作技能教学领域,已有研究<sup>[10]</sup>尝试将混合现实与增强现实技术引入培训。在国内,神经内科领域的元宇宙教学尚处于起步阶段,尚未见到集知识生态、虚拟场景、智能评价与全周期管理于一体的专科平台报道。与现有研究相比,本平台在3个维度上展现出明显特色:(1)技术架构的系统性,基于“复旦中山惠生智育”通用平台进行垂直定制,保证了底层数据与功能的高度复用与一致性;(2)内容的专科系统性,覆盖了神经内科从基础技能到复杂决策、从急危重症到慢病管理、从技术操作到伦理沟通的完整能力谱系;(3)评价与管理的数据闭环,通过过程留痕、能力画像与个性化导学的联动,实现了教学活动的可测量、可追溯与持续改进。

本研究目前主要报告平台的设计思路与早期可行性验证,尚存在若干局限性。本文报告了神经内科元宇宙平台的设计思路与初步建设方案,目前仍处于平台搭建与内部验证阶段。在标准化与可

推广性方面,不同场景之间的脚本一致性、评价标准以及跨中心实施的同质化程度仍需进一步通过多中心验证来确认。未来研究将重点围绕3个方向展开:(1)设计并实施多中心随机对照试验,比较元宇宙教学与传统小班教学在溶栓决策知识保留率、模拟病例决策正确率以及学习迁移效果等方面的差异,为平台的有效性提供高等级循证证据;(2)联合国内多家神经内科培训基地,共同构建神经内科元宇宙教学的“场景脚本库、话术模板库、评价量表库”,推动行业标准的形成,降低不同机构间的实施异质性;(3)在严格的数据脱敏与伦理审批前提下,探索平台与医院电子病历系统的安全对接,开展虚拟训练表现到真实临床行为的效度研究,验证元宇宙训练所习得的能力是否能够有效迁移至实际患者管理之中,从而完成从“可用”到“可证”、从“可证”到“可信”的跨越。

综上所述,本文基于“复旦中山惠生智育”元宇宙平台,提出了神经内科元宇宙平台的完整构建思路,并展示了以“急性缺血性脑卒中溶栓决策教学单元”为代表的实践范例。平台通过知识生态系统、虚拟教学场景、综合教学智能体、全周期教学管理中枢四版块协同,初步实现了神经内科低频高危与伦理敏感情境的标准化、可重复、可评价训练,支持跨院区同质化教学与全周期能力追踪。该平台为神经内科专科医学教育的数字化转型提供了可复制的工程框架,有望推动神经内科教学从“经验依赖”走向“数据驱动、证据闭环”的高质量发展范式。

**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** 毛玲艳:论文构思与撰写;余情:论文整体设计与修改、论文框架指导;张雯、张敏:论文框架指导;张宇

浩、刘旭:场景设计;丁晶:论文整体设计与修改。

#### 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] Huh Y J, Shin J S, Yoon N, et al. Metaverse-based objective structured clinical examinations: an exploratory approach to advancing clinical competency assessment [J]. *Korean J Med Educ*, 2026, 38(2): 139-148.
- [3] Liu J Y W, Yin Y H, Kor P P K, et al. The effects of immersive virtual reality applications on enhancing the learning outcomes of undergraduate health care students: systematic review with meta-synthesis[J]. *J Med Internet Res*, 2023, 25: e39989.
- [4] 张雯,张敏,马畅畅,等. 面向全周期医学教育培训与管理的“复旦中山惠生智育”元宇宙平台:设计思路与早期实践[J]. 元宇宙医学, 2026,3(1):47-51.
- [5] Singla L, Jamal F, Abu A, et al. Sim and learn: simulation and its value in neurology education [J]. *Fed Pract*, 2025, 42 (11):430-436.
- [6] Li Q, Duan H, Zhou X X, et al. The use of metaverse in medical education: a systematic review[J]. *Clin Med*, 2025, 25 (3): 100315.
- [7] Maltby S, Mahadevan J J, Spratt N J, et al. Implementation and sustainment of virtual reality stroke workflow training for physician trainees at comprehensive stroke centres: a quantitative and qualitative study [J]. *BMC Med Educ*, 2024, 24(1): 1494.
- [8] Lemmon M E, Strowd R E 3rd. Right Brain: Breaking bad news: Communication education for neurology trainees [J]. *Neurology*, 2016, 87(24): e285-e287.
- [9] Luisa E, Joseph D, Rishi M, et al. NeuroMetaverses for neurology, neurosurgery and psychiatry [C]//NeuroMetaverses for Neurology, Neurosurgery and Psychiatry. *BMJ Publishing Group Ltd*, 2024: A78. 3-A79.
- [10] Roehr M, Wu T, Maykowski P, et al. The feasibility of virtual reality and student-led simulation training as methods of lumbar puncture instruction [J]. *Med Sci Educ*, 2021, 31 (1) : 117-124.

#### 引用本文

毛玲艳,余情,张雯,等. 基于“复旦中山惠生智育”平台的神经内科元宇宙教学体系构建设想[J]. 元宇宙医学, 2026, 3 (2):127-131.

Mao L Y, Yu Q, Zhang W, et al. Design concept for a neurology metaverse teaching system based on the Fudan Zhongshan “huisheng intelligent education” platform[J]. *Metaverse Med*, 2026, 3(2):127-131.