

From acupuncture copper man to VR digital man: the technical evolution and enlightenment of meridian acupoint model

Mengnan Wei¹ Haoyue Zhang² Liguó Li^{3*}

1. Xinxiang Medical College, Xinxiang, Henan, 453000, China

2. Zhengzhou University Fifth Affiliated Hospital, Zhengzhou, Henan, 450000, China

3. Henan Academy of Medical Sciences, Zhengzhou, Henan, 450000, China

Abstract

This paper systematically reviews the technological evolution of meridian acupoint models from traditional acupuncture bronze man to modern VR digital humans, dividing it into three development stages. It focuses on analyzing the technical breakthroughs in data collection, 3D reconstruction, and visualization of TCM characteristics in VR digital humans. The methodological validation of literature analysis in this study confirms the application effects of VR technology and explores current technical bottlenecks and future directions. The research indicates that technological innovation is a crucial driving force for the modernization of traditional Chinese medicine, providing new ideas for intelligent teaching and precision medicine in TCM.

Keywords

acupuncture copper man; VR digital man; technological evolution; modernization of traditional Chinese medicine; intelligent TCM

从针灸铜人到 VR 数字人：经络腧穴模型的技术演进与启示

魏萌楠¹ 张皓玥² 李立国^{3*}

1. 新乡医学院, 中国·河南 新乡 453000

2. 郑州大学第五附属医院, 中国·河南 郑州 450000

3. 河南省医学科学院, 中国·河南 郑州 450000

摘要

本文系统梳理了经络腧穴模型从传统针灸铜人到现代VR数字人的技术演进历程, 将其划分为三个发展阶段, 重点分析了VR数字人在数据采集、三维重建和中医特色可视化等方面的技术突破。本研究文献分析的方法验证了VR技术的应用效果, 并探讨了当前技术瓶颈与未来发展方向。研究表明, 技术创新是推动中医药现代化的重要动力, 为中医智能化教学和精准医疗提供了新思路。

关键词

针灸铜人; VR数字人; 技术演进; 中医药现代化; 智慧中医

1 引言

经络腧穴模型作为中医教学与临床实践的重要工具, 其发展历程深刻反映了中医药技术的进步与现代化进程, 从宋代王惟一铸造首具针灸铜人以实体模型构建中医可视化教学基础框架, 到VR技术兴起下通过三维建模、力反馈系

统与实时数据交互实现经络循行动态模拟等功能的VR数字人, 技术迭代始终与中医药现代化进程深度绑定。传统铜人受限于物理形态存在操作场景单一等固有瓶颈, 而VR数字人突破空间限制, 实现多模态交互, 不仅是教学工具升级, 更涉及中医药理论与现代信息技术深度融合, 为解决中医传承核心问题提供创新方案。本研究系统梳理针灸铜人至VR数字人的技术发展脉络, 探讨其在不同历史阶段的技术特点与应用价值, 进而分析技术融合对中医药现代化的促进作用, 旨在为未来中医智能化教学与临床实践的发展提供参考与借鉴。

【课题项目】232102310481。

【作者简介】魏萌楠(2002-), 女, 中国山西晋城人, 在读硕士, 从事人体解剖与组织胚胎学研究。

【通讯作者】李立国(1982-), 男, 中国河南安阳人, 博士, 副教授, 从事康养数字人研究。

2 技术演进分期与特征

2.1 实体模型期

经络腧穴模型的发展始于北宋天圣年间。北宋天圣年间,王惟一所著《新铸铜人腧穴针灸图经》作为世界上首个针灸腧穴国家规范,系统性地确立了354个标准腧穴,并首创十四经(十二经脉加任督二脉)腧穴归经分类法,奠定了后世经脉理论的基本框架^[1]。在精密铸造工艺方面,天圣铜人采用青铜材质铸造,高度精确控制在175厘米(误差 ± 0.5 厘米),体表不仅精确标注354个腧穴(共657个穴位孔),还创新性地设计了可拆拼式内脏结构,将五脏六腑与骨骼按照人体解剖位置精准置于体腔内^[1]。值得注意的是,铜人及石刻中“通”字均作缺笔处理,以避宋章献刘太后父讳,这一细节成为后世鉴别天圣铜人的重要依据^[2]。历经四百余年后,到明正统八年,因原铜人“昏暗难辨”,明英宗下令仿制重铸,定名为《铜人腧穴针灸图经》,删去了“新铸”二字。这具“正统铜人”在工艺上更为精细,保留了宋铜人的核心特征,但不再避宋讳^[3]。清代光绪年间重铸了“光绪铜人”,现藏中国国家博物馆^[2]。与此同时,日本幕府医官山崎次善于19世纪初期研制了“东博铜人”,这是具有日本特色的仿制品^[2]。这一时期的特点是国内官方延续传统铸造工艺,而海外开始出现本土特色的仿制品,标志着中医腧穴理论已产生广泛的国际影响。

2.2 电子化与数字化模型期

经络腧穴模型的演进始于20世纪50年代,经历了从机械实体到计算机辅助,再到三维数字化的重要转型。早期模型以物理标注和简单电子显示为主。早期三维可视化探索阶段,模型主要基于图形学技术和基础三维建模软件,侧重于静态展示。黄咏等通过三维软件构建了可演示的虚拟人体经络模型,但交互功能有限,主要用于教学展示^[4];杨宇航开发的针灸教学系统引入虚拟现实技术,支持针刺操作仿真,但依赖传统输入设备(如鼠标)^[5]。随着技术进步,模型开始融入动态交互和测试功能。罗群芳等利用3DMX技术重建腧穴三维模型,结合解剖学数据提升定位精度,但仍需外接设备操作^[6]。

2.3 智能交互期

2015年至今是触控交互与智能化发展阶段,模型转向触控一体机和智能化应用。许玉龙等构建的交互式虚拟模型基于VC++和OpenGL,支持手指触控操作,实现了腧穴记忆测试和经络动态遍历功能(如语音引导和动画连线),并部署于触控一体机,显著提升了用户体验^[7];孙杰等采用Web三维虚拟实验技术,通过VRML语言实现多平台兼容的经络腧穴展示,但交互深度不足^[8]。近年来,随着虚拟现实技术的发展,虚拟现实技术被应用于经络腧穴领域中^[9]。上海中医药大学利用德国汉堡大学的三维可视化平台,开展腧穴的三维可视化研究。从技术特征来看,建模技术从静态多边形建模发展到动态渲染;交互方式从鼠标键盘发展到触

控、语音交互;功能从单纯展示扩展到集成测试(如腧穴记忆)、动态学习;应用场景从实验室教学扩展至临床实训和公众科普。然而,现存挑战包括需进一步贴合《腧穴名称与定位》,结合AI实现个性化学习路径和实时反馈,优化移动端和VR设备的兼容性。总体而言,数字化经络腧穴模型经历了从静态展示到动态交互、从单一教学工具到多功能智能系统的演进,未来将深度融合AI与多模态交互技术,推动中医教育的数字化转型。

3 VR数字人关键技术

3.1 数据采集与处理

在VR数字人技术里,实时2D场景数据作为基础输入,多模态数据融合需将其与深度信息、用户操作数据等其他类型数据整合。经立体模式判断,若为立体模式,后续会更新3D视点参数等一系列操作,融合不同维度数据以构建丰富准确的场景模型,为后续环节提供支持;在此基础上进行高精度三维重建,立体模式下通过更新3D视点参数、建立平行双目投影模型等构建三维场景,非立体模式则载入2D相机视点参数建立单个对称视景体制作视频,最终都是为创建高精度三维场景,为经络、腧穴展示等中医特色内容提供准确空间载体。

3.2 核心技术架构

在核心技术架构中,从建立视景体、制作视频到写入缓冲区并渲染视频文件,均依赖引擎与渲染技术,其中引擎管理场景逻辑与数据流向,渲染技术将视景体转化为可显示视频内容,保障在立体显示设备上呈现高质量实时场景,为用户提供良好视觉体验;从整体流程可知,用户操作会影响立体模式判断与场景视角等,合理的交互系统应便于用户切换模式、调整参数,且系统能依操作实时更新场景数据并给予视觉反馈,增强学习中医经络腧穴时的互动与沉浸感。

3.3 中医特色实现

基于高精度三维重建的场景以及引擎与渲染技术的支持,可在构建好的三维场景中按照中医理论,将中医经络以动态呈现气血运行等状态的形式展示,让用户更直观理解经络功能特点,借助立体显示设备获得更具沉浸感的经络动态视觉体验;同时,在高精度三维重建的人体模型基础上,结合交互系统设计,用户能通过操作在立体显示设备呈现的场景中对腧穴精准定位,系统还会在用户操作时给予视觉反馈,辅助其掌握腧穴准确位置,提升中医教学中腧穴定位学习的准确性与效率。

4 VR数字人模型的构建与应用

在VR数字人模型的构建中,3D/VR医学教学资源的核心要素包括触觉设备、视觉系统和数据模型。触觉设备提供力反馈与碰撞检测,能够模拟真实操作的手感,让学员在虚拟环境中感受到与现实相似的触觉体验。视觉系统则通过VR设备呈现高精度的3D模型和视觉反馈,增强学员的沉

浸感,使其仿佛置身于真实的医学场景之中。数据模型支持模型导入与数据处理,能够构建出高度逼真的解剖结构或病理模拟,为医学教学提供丰富的教学资源。

在VR原理与交互设计方面,反馈机制是关键。力反馈技术使得触觉设备能够实时响应用户的操作,例如在模拟手术时,用户可以感受到手术器械的阻力,这种真实的触觉反馈让操作更加逼真。碰撞检测技术则确保虚拟对象之间的交互具有物理准确性,避免了虚拟物体之间的不合理穿透或碰撞,提高了虚拟环境的真实感。用户角色主要是学员,他们通过操作VR设备与模型互动,而数据流则同步更新视觉与触觉反馈,使学员能够在虚拟环境中获得与现实操作相似的体验。

在应用流程中,构建阶段需要导入医学数据模型,并整合触觉与视觉系统,以构建出一个完整的虚拟医学教学环境。在训练阶段,学员在虚拟环境中练习各种医学操作,系统会记录学员的操作数据,以便优化反馈机制,进一步提升教学效果。VR数字人凭借技术驱动反馈机制革新,实现了对传统铜人模式的全面升级,将“静态展示”转化为“动态交互”,让“经验呈现”进阶至“数据赋能”。VR数字人模型的优势在于提供了一个安全无风险的重复训练环境。学员可以在虚拟环境中自由地进行各种操作,不用担心对患者造成伤害或产生其他不良后果。同时,系统提供实时的多模态反馈,包括视觉和触觉反馈,这种综合的反馈方式能够显著提升教学效率,帮助学员更快地掌握医学知识和技能。

数字人模型作为信息科学与医学交叉融合的产物,通过多层次、高精度的数字化建模与可视化技术,正在深刻改变医学领域的多个方面。在医学教育中,基于可视人计划的三维重建技术提供高精度解剖数据集,实现交互式学习与虚拟手术模拟;在疾病诊疗方面,虚拟内窥镜和虚拟活检技术实现无创精准诊断,而三维可视化技术则优化了放射治疗和手术导航的精确性;在医药研发领域,多尺度建模加速疾病机制研究,虚拟药物实验降低研发成本;公共卫生方面,地理信息系统整合疾病数据实现疫情可视化监测;医疗信息化则通过集成电子病历等数据提升管理效率。尽管在数据精度和多模态融合等方面仍面临挑战,但随着虚拟现实和人工智能技术的发展,数字人模型将持续推动医学向更精准、安全、高效的方向发展^[10]。

5 讨论与展望

经络腧穴模型技术的演进不仅推动了中医教学从传统模式向现代化、信息化模式的转变,还为临床实践提供了重要的技术支持。然而,在这一技术的发展过程中,仍存在一些亟待解决的问题。首先,数据采集精度不足,现有技术对经络腧穴的体内解剖层次(如经筋、皮部)的立体还原仍存在偏差,难以完全匹配真实人体结构的复杂性。其次,动态功能模拟缺失,当前模型主要呈现静态解剖结构,对气血运

行、针刺“得气”等中医特色动态过程的模拟技术尚不成熟。此外,硬件依赖性强,高精度VR系统需专业设备支持,基层医疗机构普及困难。

尽管如此,沉浸式、交互式教学模式通过激发学生学习兴趣、提高自主学习能力等方式,为未来教学中现代科技与传统教学内容的深度融合提供了重要参考。在临床实践中,精准的经络腧穴模型有助于提高治疗的安全性和疗效。因此,未来应注重模型技术与实际医疗需求的紧密结合,开发更多实用的辅助工具。在元宇宙背景下运用现代技术(如VR技术)对新型教学模式、教学工具和教学技术的勇敢探索。同时,结合人工智能、大数据等前沿技术,进一步提升经络腧穴模型的智能化水平,探索更多跨学科的研究与应用,拓展其功能和应用场景。此外,加强国际合作与交流,推动经络腧穴模型技术的全球发展与推广,将为中医的现代化发展提供更广阔的空间和机遇。

6 结论

本文通过对经络腧穴模型技术从传统针灸铜人到现代VR数字人的演进历程进行系统梳理,揭示了技术创新在推动中医教学和临床实践现代化中的重要作用。经络腧穴模型技术的不断演进,不仅为中医教育提供了沉浸式、交互式的现代化教学模式,还为临床实践提供了更精准、更安全的辅助工具。这些技术的发展将为中医的智能化教学和精准医疗提供新的思路和方法,进一步推动中医药的现代化和国际化进程。

参考文献

- [1] 林素慧,高峻,高希言.《铜人腧穴针灸图经》对针灸学术发展的影响[J].中医研究,2024,37(3): 62-65.
- [2] 薛暖珠,刘小斌.北宋王惟一《新铸铜人腧穴针灸图经》残石拓本考述[J].广州中医药大学学报,2014,31(4): 661-663.
- [3] 黄龙祥,徐文斌,张立剑,等.明正统仿宋针灸铜人鉴定与仿制[J].中国针灸,2004(5): 61-64.
- [4] 黄咏,李建微,郑绍华,等.计算机三维人体经络模型构建研究[J].计算机与数字工程,2007(11): 33-35, 56, 6.
- [5] 杨宇航,李志忠,任晓丹,等.基于虚拟现实技术的中医针灸教学系统[J].系统仿真学报,2007(10): 2379-2383.
- [6] 罗群芳,卢林潇,方慧,等.3DMAX在虚拟人穴位模型三维重建中的应用[J].计算机时代,2012(5): 16-17, 21.
- [7] 许玉龙,许冬玉,高希言,等.基于三维仿真技术的交互式虚拟人体经络腧穴模型[J].中国中医药信息杂志,2018,25(8): 94-97.
- [8] 孙杰,吴春雨.基于Web的经络腧穴学三维虚拟实验设计与开发[J].中国医学教育技术,2016,30(3): 277-281.
- [9] 张逸平,贾春生,邢海娇,等.虚拟现实针灸教学系统的应用与探索[J].河北中医药学报,2022,37(1): 61-64.
- [10] 吕婷,王颖,李芳薇,等.医学领域中可视化技术的应用[J].医学信息学杂志,2012,33(2): 38-43.