

- 2018,49(9):1121-1124.
- [5]张希,柳登岳,孙津龙,等.CAD/CAM技术在前牙瓷贴面美学修复中的应用效果观察[J].中国美容医学,2023,32(3):132-135.
- [6]高晓航,侯晓薇.椅旁CAD/CAM修复体精密度的影响因素[J].口腔颌面修复学杂志,2022,23(2):133-137.
- [7]中华医学会.临床诊疗指南:口腔医学分册[M].北京:人民卫生出版社,2005:61.
- [8]Schlichting L H, Resende T H, Reis K R, et al. Ultrathin CAD-CAM glass-ceramic and composite resin occlusal veneers for the treatment of severe dental erosion: An up to 3-year randomized clinical trial[J]. J Prosthet Dent, 2022,128(2):158.e1-158.e12.
- [9]阚文娇,秦宜德.应用锥形束CT对种植区牙槽骨质量分类方法的改良研究[J].中国实用口腔科杂志,2022,15(5):564-568.
- [10]嵇颖辰,孙超,房进.CEREC AC系统制作瓷贴面对前牙缺损修复的效果及美学评价[J].中国美容医学,2022,31(4):130-132.
- [11]黄罡,陶进京,景建龙,等.CAD/CAM数字化瓷贴面在前牙美学修复中的临床应用[J].口腔医学,2020,40(4):319-323.
- [12]宋鑫,樊晶,张风格,等.CAD/CAM瓷贴面修复的临床效果探析[J].口腔医学,2018,38(12):1106-1109.
- [13]张艺瑶,杨振宇,马赛,等.不同预备方式前牙瓷贴面修复临床应用效果的对比研究[J].实用口腔医学杂志,2022,38(3):388-391.
- [14]樊荣慧,武峰.前牙部分瓷贴面边缘相关问题的研究进展[J].中国实用口腔科杂志,2023,16(1):117-124.
- [15]刘莉,戈春城,黄婧.慢性牙周炎患者龈沟液中IL-35、IL-1 β 及IFN- γ 的表达与临床意义[J].分子诊断与治疗杂志,2022,14(9):1628-1631.
- [16]蔡洁明,杨伟明,舒传继,等.牙周基础治疗对牙周炎病人PLI、PD及静脉血和龈沟液中hs-CRP表达水平的影响[J].蚌埠医学院学报,2018,43(7):915-918.
- [17]侯云华,周肖英,林彬,等.慢性牙周炎患者唾液中IL-17, miR-146a表达水平与疾病程度的相关性分析[J].现代生物医学进展,2018,18(9):1721-1725.
- [18]韩彦峰,江青松,郑东翔.CEREC不同设计模式制作瓷贴面用于76例前牙修复的回顾性分析[J].口腔医学研究,2020,36(3):287-292.
- [19]包凡,郭慧,董菲,等.铸瓷贴面修复伴牙本质暴露的前牙牙体缺损疗效观察[J].中国美容医学,2018,27(5):95-97.

[收稿日期]2023-11-07

本文引用格式:朱劼,何燕,胡波.CAD/CAM技术在前牙瓷贴面修复中的应用[J].中国美容医学,2025,34(6):163-167.

人工智能在牙体牙髓病学专业教学中的应用

王玉婷^{1,2,3}, 刘文静^{1,2,3}, 慕文丽^{1,2,3}, 李文澜^{1,2,3}, 侯铁舟^{1,2,3}, 关晓月^{1,2,3}

(1.陕西省颅颌面精准医学研究重点实验室 陕西 西安 710004; 2.陕西省牙颌疾病临床医学研究中心 陕西 西安 710004; 3.西安交通大学口腔医院牙体牙髓病科 陕西 西安 710004)

[摘要]当前,人工智能技术进入飞速发展阶段,在医学领域取得了广泛应用,并且收到良好的效果,大幅度降低了医疗相关工作人员的工作强度,显著提高了临床工作效率。因此发展基于人工智能应用的教学内容是现阶段实现医学教育水平提升的重要手段。本文主要探讨人工智能在牙体牙髓专业教育领域的应用及前景。

[关键词]人工智能; 牙体牙髓病学; 医学教育; 教学质量; 教学评价

[中图分类号]G642.4 [文献标志码]A [文章编号]1008-6455(2025)06-0167-04

Application of Artificial Intelligence in Cariology and Endodontics Teaching

WANG Yuting^{1,2,3}, LIU Wenjing^{1,2,3}, MU Wenli^{1,2,3}, LI Wenlan^{1,2,3}, HOU Tiezhou^{1,2,3}, GUAN Xiaoyue^{1,2,3}

(1.Key Laboratory of Shaanxi Province for Craniofacial Precision Medicine Research, College of Stomatology, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710004, Shaanxi, China; 2.Clinical Research Center of Shaanxi Province for Dental and Maxillofacial Diseases, College of Stomatology, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710004, Shaanxi, China; 3.Department of Cariology & Endodontics, College of Stomatology, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710004, Shaanxi, China)

基金项目: 西安交通大学本科教学改革青年项目(编号:2402Q-50); 国家自然科学基金(编号:82301057); 西安市科技计划项目(编号:23YXJ0151); 西安交通大学自由探索教师类项目(编号:xzy012024106)

通信作者: 关晓月, 博士、助理研究员; 研究方向为牙体牙髓病学教学、临床及基础研究。E-mail: guanxy531@xjtu.edu.cn

共同通信作者: 侯铁舟, 博士、教授; 研究方向为牙体牙髓病学教学、临床及基础研究。E-mail: tiezhou@mail.xjtu.edu.cn

第一作者: 王玉婷, 硕士研究生在读; 研究方向为牙体牙髓病学的临床及基础研究。E-mail: wangyuting29@stu.xjtu.edu.cn

Abstract: Nowadays, artificial intelligence (AI) technology has entered a stage of rapid development and has been widely applied in medical fields. The application of AI in medical fields achieved good results not only significantly reducing the workload of medical staff but also markedly improving work efficiency. At present, based on AI applications, developing teaching content is an important means to elevate the level of medical education. The current study mainly investigates the application and prospects of AI in the field of cariology and endodontics education.

Key words: artificial intelligence; cariology and endodontics; medical education; quality of teaching; teaching evaluation

人工智能是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智慧的理论、方法、技术和应用系统的一门新的技术科学。麦卡锡等科学家在1956年达特茅斯会议上首次提出“人工智能”的概念^[1]。目前,人工智能已在智慧网络、智能金融、医疗等方面发挥重要作用。Open AI推出的Chat GPT模型是人工智能的代表作之一,通过对话方式实现信息交互^[2]。Chat GPT模型可以用于辅助教育,在教育与医学领域产生深远影响^[3]。随着互联网与计算技术的发展,医疗模式正在从传统模式向智慧医疗模式转变,人工智能已经渗透到了医疗健康的多个方面。从大数据的整合分析,到影像学的精准评估,AI技术对医疗健康领域发展具有积极意义。

牙体牙髓病学是口腔医学的一门分支学科,在临床实践中,牙体牙髓疾病需要结合多种检查手段及大量的专业知识、临床经验进行相应的诊断及临床治疗方案的制定。受视野、唾液等因素干扰,邻面龋、根面龋等疾病的诊断以及多根牙的根管治疗对于年轻医生仍是一个不小的挑战。目前人工智能在牙体牙髓疾病临床诊治中的广泛应用提高了诊断的灵敏性。基于数据整合分析的人工智能模拟器,可以更为敏感地发现口内照片、X线片及全景片中的早期龋损及邻面龋损,使早期干预龋病进展、增强成本效益成为可能^[4-5]。对于牙髓及根尖周病变,除了辅助诊断疾病及确定治疗方案外,基于人工智能技术的术前模拟,可以分析根管治疗方案的可行性及不足,提高根管治疗效果,提升年轻医生根管治疗成功率^[6]。因此本文旨在探讨在牙体牙髓病学专业教育领域使用人工智能技术的现状、前景及挑战。

1 口腔牙体牙髓病学专业教学

牙体牙髓病学是口腔医学的一门分支学科,是一门研究牙体硬组织疾病及牙髓根尖周组织疾病的发病机制、临床表现、治疗方法及转归的学科,具有很强的专业性、操作性及技术性。因此,理论教学、操作培训及临床实践相辅相成,在牙体牙髓病学专业教育中发挥重要作用。传统的牙体牙髓病学专业教学主要通过临床见习辅助理论教学以及仿头模辅助临床操作技能培训开展,最后落脚于临床实践。

在临床见习辅助理论教学方面,由于口腔空间小、操作精细等因素的限制,医学生无法清晰观察临床操作,大大降低了临床见习的效果。张旭等^[7]的研究发现,牙科显微镜教学组理论考核的平均成绩为(42.7±4.58)分、传统教学组平均理论成绩为(40.5±3.80)分,两者差异具有统计学意义,临床见习问卷结果显示,牙科显微镜的应

用可以显著提高牙体牙髓教学中学生的教学满意度,但是受显微镜视野限制,此种方式只适用于精细操作,在牙体缺损修复等范围较大的临床见习中仍存在局限性;此外,在临床实践过程中,临床思维能力是将专业知识有效应用于临床实践的必要条件。有研究表明,传统的教育模式无法有效调动学生对牙体牙髓病学专业的兴趣。在此种教育模式下的临床实践中,虽然掌握了一定的牙体牙髓病学专业知识,但医学生的临床思维能力仍得不到有效提高,进而会导致临床实践与理论教育的脱节。目前,各大医学院校采用入科前思维导图训练、牙科显微镜辅助椅旁教学、小组模拟医患沟通等方式训练医学生临床思维能力^[8]。但是,受牙科显微镜视野及模拟条件的限制,改革效果有待进一步提高。

这些问题均在一定程度上影响牙体牙髓病学专业教学质量,是牙体牙髓病学专业教学模式中亟待解决的不足。当今人工智能技术飞速发展,随着人工智能技术在牙体牙髓病学教学领域的广泛应用,大幅度提高牙体牙髓病学专业教学的质量。苏雪莲等的研究表明,在牙体牙髓病学的牙体修复治疗、根管治疗及窝洞预备等相关实验学习中引入“虚拟仿真+模型评估”实验教学体系,可以提高牙体预备的准确性、根管治疗操作的熟练度,并且可以及时指出牙体牙髓病学医学生操作中的不足,为进入临床实践提供更为理想的实操基础^[9]。综上所述,在牙体牙髓病学专业教学中引入人工智能,一定程度上促进牙体牙髓专业人才培养进程,辅助年轻医生获得完善的理论知识体系、提高临床操作质量及思维能力。

2 人工智能技术在口腔牙体牙髓专业教学中的应用前景

2.1 在龋病预防与诊断中的应用:龋病是牙体牙髓病科常见病之一,是以细菌为主多种因素影响下,牙体硬组织发生慢性进行性破坏的疾病,龋病的早期诊断与治疗是改善预后、保留患牙的关键。但是,龋病的早期诊断与治疗依赖于医生的临床经验,存在主观性。人工智能在龋病诊断方面的应用,可以克服临床经验的限制,提高早期龋病诊断的敏感性。Jae-Hong的研究表明,基于深度学习的CNN算法可以提高诊断的准确性,降低口腔健康管理成本,进而增加长期保存牙齿的可能性^[10]。Reyes LT等^[11]揭示了在幼儿期运用人工智能进行龋易感性检测,可以更好地预测幼儿乳牙及年轻恒牙龋病的发生,为早期制定龋病管理预防策略提供可能。同时,基于人工智能的龋易感性检测可以帮助医学生学习龋病的预防管理,了解早期龋病的临床及

影像学表现,为其临床实践提供经验,对医学生的成长具有积极意义,但是此种方法仍存在一定的不确定性,有待进一步改进^[12]。

2.2 在牙髓炎与根尖周炎的鉴别诊断及治疗中的应用:牙髓炎、根尖周炎等多种牙体牙髓疾病的诊断需要口腔影像学的支持。在牙体牙髓病学的专业培训过程中,影像学判读是医学生必备技能之一。研究表明,深度学习模型可以提高在X线片上评估根尖周炎的准确性和一致性,有利于选择合理的治疗方案,增加患者改善预后的机会,同时,可以提高根尖周病变等疾病的鉴别诊断效率及提升判断根管充填效果的准确性^[13]。Ezhov M^[14]的研究发现,使用人工智能辅助阅片可以提高诊断的准确性及敏感性。这一技术也起到帮助医学生深入学习多种牙体牙髓疾病影像学鉴别诊断的作用。根管治疗是牙髓病及根尖周病变的常规治疗手段,根管工作长度的确定、根管数目的探查以及根管充填效果是影响根管治疗成功率的重要因素,而影像学检查在根管治疗过程中发挥重要作用。除器械探查及显微镜辅助治疗外,示踪片等影像学检查也是确定工作长度、观察根管数目及根管治疗效果的有效手段,因此阅片技能也是根管治疗培训中必不可少的一步。Saghiri MA等^[15]的研究发现使用人工神经网络系统辅助牙体牙髓医生确定根管工作长度具有更高的准确性。Hiraiwa T等^[16]发现应用深度学习系统可以更好检查额外根管的存在,避免根管遗漏的发生。综上所述,随着大数据的快速更新和计算能力的大幅提升,深度学习系统将进一步完善,使人工智能在牙体牙髓病学领域应用更为广泛,是未来辅助牙体牙髓专业年轻医生临床技能培训的重要手段。

2.3 牙体牙髓病学虚拟辅助教学:牙体牙髓病学专业教学包括龋病、非龋性疾病、牙髓病及根尖周病。传统教学模式中临床技能培训需要在仿真头颅模型中进行,缺乏良好的评判及培训标准。基于大数据库支持的人工智能辅助教学可以为牙体牙髓专业学生提供针对性训练。并且,结合虚拟现实(Virtual reality, VR)技术建立良好的评判及实践训练模型,帮助牙体牙髓专业学生获得更好的临床操作技能培训环境。虚拟现实是一种可以创建和体验虚拟世界的计算机仿真系统,利用计算机生成虚拟环境,使用户获得近乎真实的体验。随着VR技术的发展,其在牙体牙髓病学实践中的应用越来越多。VR技术的应用增加了医学生的实践模拟体验,不仅可以更好地帮助医学生训练临床技能,也可以增加教学过程中医学生及教师的满意度,提高教学质量。同时,在临床操作培训中引入VR技术,帮助模拟多种不同牙体牙髓疾病环境,帮助医学生获得更为充分的临床操作技能培训,一定程度减少了患者承受医源性损伤的风险^[17]。

2.3.1 在窝洞预备培训中的应用:窝洞预备是龋病治疗过程中的关键一步。除了去净龋坏外,抗力形与固位形也必不可少,良好的抗力形和固位形是后期修复的重要前提。

VR技术的应用,增加了窝洞预备培训的客观性和可重复性,帮助医学生掌握最为标准合理的窝洞预备技能,提高临床培训效果。此外,根据VR技术模拟及评分结果,可以有针对性地发现问题,有助于教师为医学生提供个性化指导,提高教师及学生对临床操作培训的满意度及认可度,帮助医学生更快成长^[18]。

2.3.2 在根管治疗培训中的应用:根管治疗是牙髓病及根尖周病的最常见治疗方案。根管解剖形态的复杂性决定了根管治疗的难度。Reymus M等^[17]的研究表明,引入VR技术可以帮助医学生更好地学习根管解剖形态,为根管治疗的培训提供必要的前提。此外,牙髓入路的开通也是根管治疗的重要步骤,建立直线牙髓入路对进行完善的根管治疗必不可少。VR技术的应用可以帮助医学生学习良好的开髓技术^[19]。Suebnuakarn S等^[20]的研究发现,VR技术的应用可以帮助医学生更为准确快速地开通牙髓入路,提高根管治疗培训效率,减少牙体组织损伤。除了帮助医学生更好掌握技术外,基于VR技术的评分系统的使用,可以帮助医学生与教师更好地沟通,进而弥补传统教学模式的局限性^[21]。

2.3.3 虚拟患者训练:虚拟患者是计算机模拟的现实生活中临床场景下的交互式模型,主要用于医务人员的培训、教育或评估。在牙体牙髓专业培训中引入虚拟患者可以帮助医学生提高病例资料采集及医患沟通的能力。Yin MS等^[22]的研究表明。与传统教育相比,引入虚拟患者可以更好地提高医生的临床技能,是医学教育中的一种积极的学习形式。

2.4 自适应学习:牙体牙髓病学专业临床操作受视野、唾液等多种因素影响,无法在直视下进行,依赖于PPT、视频动画等方式进行讲解教学。VR技术的应用,为医学生提供了更为真实的牙齿解剖结构的立体模型,有助于学生自主学习,提高学习专注度,并且获得更为直观的感受,提高医学生对临床教学的满意度和认可度^[23]。并且,随着医学的快速发展,新技术、新方法大量涌现,引入人工智能技术有效解决了传统教育模式下知识体系更新换代缓慢的问题,帮助医学生有效地学习更为先进的理论及技能体系,提高新生医疗人才的培养质量。

3 人工智能在牙体牙髓教学中的挑战

人工智能在牙体牙髓病学领域的应用日渐深入,但是由于口腔环境及根管系统的复杂性,临床医生在牙体牙髓病学专业领域仍处于决策地位。人工智能在辅助阅片、方案模拟方面发挥重要作用。这一技术通过基于大数据对口内照片、影像学检查的分析,辅助识别牙体牙髓疾病,帮助医学生获得临床经验。此外,通过AI模拟器预测根管治疗及根尖手术方案,可以在降低患者医源性损伤发生率的同时提高医学生的实践能力。

但是,最新研究表明,人工智能在牙体牙髓病学专业教学领域的应用仍存在一定的不足:①数据获取的局限

性:人工智能的应用受限于有限的数据集,最新的研究表明,人工智能用于龋齿检查存在一定的不确定性,虽然扩大数据集可以一定程度上改善此种不确定性,但是作用有限,需要发展人工智能的个性化应用,以提高成本效益^[24]。②数据标准性、稳健性的差异:人工智能在牙体牙髓专业临床技能培训中发挥重要作用,但是,有研究表明,由于不同系统中操作及培训所用的样本量及用于比较的参考信息并不清楚,导致数据的可比性、稳健性存在差异,因此后续进行数据集标准化成为人工智能发展的一大方向,也是其在牙体牙髓病学专业教学领域应用必不可少的部分^[25]。③培训成本高昂:VR模拟设备昂贵,技术敏感性较高,需要专业人员进行模型模拟及培训,提高了培训成本,因此,VR技术的使用培训及便捷性也是AI发展的重要方向,优化VR技术与牙体牙髓病学专业教学的结合,构建个性化的人工智能培训系统对牙体牙髓病学专业人才培养具有重要意义。

综上所述,在牙体牙髓病学领域引入人工智能可以推动专业教育紧跟临床技术的发展,是牙体牙髓病学专业教育的大势所趋。作为一个快速发展的新兴领域,人工智能在牙体牙髓病学专业领域的应用仍存在很多机遇和挑战。

[参考文献]

- [1]刘雷,曾丽艳.智能医学:数据与模型驱动的医工融合[J].医学信息学杂志,2023,44(7):1-8.
- [2]张晓彤,徐凯峰.人工智能在呼吸内科教学中的应用[J].基础医学与临床,2023,43(8):1330-1333.
- [3]詹泽慧,季瑜,牛世婧,等.ChatGPT嵌入教育生态的内在机理、表征形态及风险化解[J].现代远距离教育,2023,41(4):3-13.
- [4]Kuhnisch J, Meyer O, Hesenius M, et al. Caries detection on intraoral images using artificial intelligence[J]. J Dent Res, 2022,101(2):158-165.
- [5]Lee S, Oh S I, Jo J, et al. Deep learning for early dental caries detection in bitewing radiographs[J]. Sci Rep, 2021,11(1):16807.
- [6]Suebnuakarn S, Rhiemora P, Haddawy P. The use of cone-beam computed tomography and virtual reality simulation for pre-surgical practice in endodontic microsurgery[J]. Int Endod J, 2012,45(7):627-632.
- [7]张旭,温雪韵,陈凯,等.牙科显微镜在临床医学专业牙体牙髓病学教学中的实践与探索[J].口腔材料器械杂志,2022,31(3):216-219.
- [8]林玉祥,王秀芳,林晨,等.牙体牙髓病学临床教学中加强学生临床思维能力的探索[J].中国继续医学教育,2023,15(5):159-162.
- [9]苏雪莲,周海静,刘琳,等.“虚拟仿真+模型评估”在牙体牙髓病学实验教学中的应用[J].西北民族大学学报(自然科学版),2022,43(2):84-87.
- [10]Lee J H, Kim D H, Jeong S N, et al. Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm[J]. J Dent, 2018,77:106-111.
- [11]Reyes L T, Knorst J K, Ortiz F R, et al. Early childhood predictors for dental caries: a machine learning approach[J]. J Dent Res, 2023,102(9):999-1006.
- [12]Qu X, Zhang C, Houser S H, et al. Prediction model for early childhood caries risk based on behavioral determinants using a machine learning algorithm[J]. Comput Meth Prog Bio, 2022,227:107221.
- [13]Li S H, Liu J L, Zhou Z R, et al. Artificial intelligence for caries and periapical periodontitis detection[J]. J Dent, 2022,122:104107.
- [14]Ezhov M, Gusarev M, Golitsyna M, et al. Clinically applicable artificial intelligence system for dental diagnosis with CBCT[J]. Sci Rep, 2021,11(1):15006.
- [15]Saghiri M A, Garcia-godoy F, Gutmann J L, et al. The reliability of artificial neural network in locating minor apical foramen: a cadaver study[J]. J Endodont, 2012,38(8):1130-1134.
- [16]Hiraiwa T, Ariji Y, Fukuda M, et al. A deep-learning artificial intelligence system for assessment of root morphology of the mandibular first molar on panoramic radiography[J]. Dentomaxillofac Rad, 2019,48(3):20180218.
- [17]肖敏,梅笑寒,余擎,等.虚拟现实技术在牙体牙髓病学实训教学中的应用效果研究[J].重庆医学,2023,52(3):469-472.
- [18]Murbay S, Neelakantan P, Chang J W W, et al. Evaluation of the introduction of a dental virtual simulator on the performance of undergraduate dental students in the pre-clinical operative dentistry course[J]. Eur J Dent Educ, 2020,24(1):5-16.
- [19]Reymus M, Liebermann A, Diegritz C. Virtual reality: an effective tool for teaching root canal anatomy to undergraduate dental students - a preliminary study[J]. Int Endod J, 2020,53(11):1581-1587.
- [20]Suebnuakarn S, Haddawy P, Rhiemora P, et al. Haptic virtual reality for skill acquisition in endodontics[J]. J Endod, 2010,36(1):53-55.
- [21]Suebnuakarn S, Hataidechadusadee R, Suwannasri N, et al. Access cavity preparation training using haptic virtual reality and microcomputed tomography tooth models[J]. Int Endod J, 2011, 44(11):983-989.
- [22]Yin M S, Haddawy P, Suebnuakarn S, et al. Automated outcome scoring in a virtual reality simulator for endodontic surgery[J]. Comput Meth Prog Bio, 2018,153:53-59.
- [23]Kononowicz A A, Woodham L A, Edelbring S, et al. Virtual patient simulations in health professions education: systematic review and meta-analysis by the digital health education collaboration[J]. J Med Internet Res, 2019,21(7):e14676.
- [24]Schwendicke F, de Oro J C G, Cantu A G, et al. Artificial intelligence for caries detection: value of data and information[J]. J Dent Res, 2022,101(11):1350-1356.
- [25]Shan T, Tay FR, Gu L. Application of artificial intelligence in dentistry[J]. J Dent Res, 2021,100(3):232-244.

[收稿日期]2023-11-22

本文引用格式: 王玉婷,慕文丽,李文澜,等.人工智能在牙体牙髓病学专业教学中的应用[J].中国美容医学,2025,34(6):167-170.