

人工智能融入《牙周病学》教学的探究

陈玮玉, 刘红蕊*

山东大学齐鲁医学院, 口腔医学院, 山东 济南

收稿日期: 2024年11月3日; 录用日期: 2024年12月5日; 发布日期: 2024年12月12日

摘要

全面推进人工智能技术在《牙周病学》教学中的应用, 对于培养现代口腔医学生的专业技能、创新思维和临床能力具有重要作用, 这不仅符合国家对牙周专业人才提出的新标准, 而且有助于学生适应数字化时代对医学人才的新需求。本文探讨了人工智能在《牙周病学》教学中的意义、目标、实施途径、现状及解决方案, 旨在提高口腔牙周病学医学生的诊断能力、治疗技能和终身学习能力, 以适应未来牙周病医疗领域的发展需求。

关键词

人工智能, 牙周病学, 医学教育, 牙周医学

Exploration on the Integration of Artificial Intelligence to the Teaching of Periodontology

WeiYu Chen, Hongrui Liu*

School of Stomatology, Qilu Medical College, Shandong University, Jinan Shandong

Received: Nov. 3rd, 2024; accepted: Dec. 5th, 2024; published: Dec. 12th, 2024

Abstract

Comprehensively promoting the application of artificial intelligence technology in the teaching of "Periodontology" plays an important role in cultivating the professional skills, innovative thinking, and clinical abilities of modern dental students. This not only meets the new standards set by the country for periodontal professionals, but also helps students adapt to the new demands for medical talents in the digital age. This article explores the significance, goals, implementation approaches, current situation, and solutions of artificial intelligence in the teaching of "Periodontology", aiming to

*通讯作者。

improve the diagnostic ability, treatment skills, and lifelong learning ability of medical students in oral and periodontal diseases, in order to meet the development needs of the future periodontal disease medical field.

Keywords

Artificial Intelligence, Periodontology, Medical Education, Periodontal Medicine

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

牙周病作为一种全球性的健康问题,其流行度之广已不容忽视。根据最近的口腔健康流行病学统计,牙周病的全球负担在 1990 年至 2019 年间显著增加。2019 年,全球约有 10.87 亿人受到牙周病的影响,年新增病例约为 9151 万,残疾调整生命年(DALYs)达到 709 万。这一数据几乎是 1990 年的两倍[1]。2021 年,重度牙周病的全球年龄标准化患病率为 12.5%,预计到 2050 年,严重牙周病的患者人数将超过 15 亿,增幅达到 44.32% [2]。牙周病对人们的口腔健康构成了严重威胁,然而,面对这一挑战,牙周专业医学生的数量却显得不足,这在一定程度上限制了牙周病的有效防治和研究进展[3]。不仅如此,随着人工智能技术的迅猛发展,其在牙周病临床诊治中的应用日益增多,包括影像诊断、个性化治疗方案的制定等,这不仅提高了诊疗的精确性,也为牙周病的早期发现和治疗提供了新的可能[4] [5]。并且自 2016 年以来,国家高度重视人工智能在医疗行业的应用,发布了一系列人工智能医疗的相关政策,为促进人工智能在医疗行业的应用打下了基础[6]。因此,牙周病临床诊治与人工智能的密切联合,迫切需要培养一批新型的牙周专业人才,他们不仅要掌握传统的牙周病学知识,还要能够熟练运用人工智能技术进行临床决策和治疗。然而,目前牙周专业人才的质量尚不能满足这一需求。

人工智能(Artificial Intelligence, AI)通过机械学习、深度学习、自然语言处理等方法,模拟、延伸和扩展人类的智能,应用在医学理论、方法及技术的各个方面[7]。在口腔医学领域,无论是临床诊疗还是口腔教学中,都已经出现了人工智能的“身影” [8] [9]。然而,目前牙周病教学中人工智能的应用还相对缺乏,这限制了教学模式创新和学生能力的全面发展。目前我国牙周病学专业医生的培养包括以传统课堂授课为主的基本理论知识学习、以示范教学为主的技能操作学习。考虑到牙周病学病因复杂、注重具体问题具体分析、治疗计划因人而异的特点,追求培养方式向现代化,实践化转变至关重要。传统的牙周病教学方法已无法满足现代教育的需求,而人工智能技术的应用为牙周病学教学提供了新的机遇[10]。因此,将人工智能技术融入牙周病学教学,对于培养适应未来医疗环境的牙周专业人才具有重要意义。

人工智能融入牙周病学的教学,为提高牙周病学教学质量和教学效率、培养合格的牙周病专业医师提供新的方法,同时为培养出的牙周病专业医师未来在临床上应用人工智能打下良好的基础。本文旨在探讨人工智能在牙周病学教学中的意义、目标、实施途径、现状及解决方案,以期提高教学效果和学生的学习质量。

2. 人工智能融入《牙周病学》教学的意义

2.1. 量化牙周病诊断标准

牙周病的诊断难度在于其早期症状不明显,量化牙周病诊断标准人工智能在《牙周病学》教学的意

义被称为“沉默”的疾病,且其进展缓慢,患者往往在疾病晚期才察觉[11]。牙周病学的教学过程中,牙周病的诊断也成为难点。人工智能技术,尤其是深度学习算法,可以快速分析大量的牙周病影像数据,精确地识别影像学病灶,对病灶的相关参数及属性进行准确测算,作出定性、定量判断[12]。通过数字化技术将疾病诊疗过程可视化、安全化、简单化,从而有效地提高诊疗效率和准确性[13]。利用卷积神经网络(convolutional neural network, CNN)的深度学习技术,通过收集牙周健康人群以及非健康人群的口内数码照片和临床资料,构建的牙周病早筛模型能通过对口内数码照图像识别,有效辅助非牙周医生对牙周病进行早筛[14]。这些算法和模型可以帮助学生提高疾病的识别和诊断能力,加深对疾病的理解,使得口腔医学生具备准确判断疾病阶段和严重程度的意识。

2.2. 拓宽牙周病学实践技能训练方式

牙周病学技能操作的难度在于它要求学生不仅掌握丰富的理论知识,还要熟悉一系列精细的临床操作技能。但目前,国内口腔医学教育仍以传统模型与头模系统为主,这种模式对于学生技能操作掌握的帮助有很多不足。目前已经应用于口腔技能教学的虚拟现实技术,如牙科模拟器、虚拟仿真技术因其直观、不受时空限制、安全性等优势,被视为口腔医学教育的一种先进辅助手段[15]。而远程虚拟教学、智能机器人等人工智能技术,通过模拟口腔软硬组织与多种疾病实况,利用人机交互系统,实现临床操作的实时反馈[16]。此外,在牙周病诊治过程中,与患者有效的沟通对于获得全面的疾病信息、提高患者的依从性以及判断治疗方案均有重要意义,但是作为一种重要的实践技能,沟通的训练常常被忽视[17]。一些 AI 聊天生成预训练转换器(ChatGPT),凭借其交互式对话的界面,为各种医疗场景提供了有价值的实况模拟,对提高牙周病专业学生牙周手术知识的理解能力有极大的作用[18]。

2.3. 提高《牙周病学》教学效率,促进个性化教育

《论语》有云:“有教无类”;个性化教育,作为深植于中国文化和教育传统的核心理念,已被国际学界认同为 21 世纪大学教育的关键趋势[19]。牙周病学作为一个复杂而严谨的大学科目,其教学应当逐渐增加个性化教育的内容。人工智能可以根据学生的学习习惯和进度提供个性化的学习资源和建议,促进学生的自主学习,还可以根据学生的学习进度和理解能力,提供个性化的学习进度方案,帮助他们更有效地掌握牙周病学的知识。为理论知识教学而设计的人工智能软件,如雨课堂,能够承担一些教学和评估任务,如作业批改、成绩反馈、课堂学习评价和教学评价,不仅减轻教师的负担,使他们能够将更多时间投入到教学和学生互动中,还增加了学生学习牙周病学的主动性[20]。

2.4. 促进口腔医学生科研能力培养

随着现代口腔医学的快速发展,社会对牙周病学人才的要求不断提高,特别是对高端专业人才的需求日益增长[21]。科研训练可以促进学生学习、独立思考、独立创新的能力,为其未来的学术和职业发展打下良好基础[22]。人工智能技术的应用可以激发学生的研究兴趣,帮助学生了解最新的科研动态和技术进展,培养他们的科研能力和创新思维[23]。通过人工智能的应用,学生可以学习如何处理和分析大量的临床数据,培养数据驱动的决策能力,这在现代科研数据分析方面至关重要。随着在医疗科研领域的广泛应用,学生通过学习 AI 技术,可以更好地适应未来的科研环境,提升自身的竞争力。

3. 人工智能应用于《牙周病学》教学的目标

3.1. 口腔医学生在牙周病诊疗中的临床思维

临床诊疗的顺序是通过问诊和检查收集临床信息,进行疾病的诊断和治疗,牙科认证委员会标准规

定: 毕业生必须能够使用批判性思维分析和解决临床问题[24]; 而目前的教学活动遵循的逻辑是在确定的疾病下学习其临床特点, 及单纯牙周疾病的治疗方案, 因而医学教育教学过程中需要创设临床诊疗情景, 培养学生的临床思维[25]。现有的 AI 辅助诊断模型已经可以通过分析检测牙菌斑、牙龈炎症程度、口内图像以及根尖片、咬合片和曲面断层片诊断牙槽骨丢失来指导临床医生作出诊断[26]。然而对于牙周专业医学生来说, 牙周病的预防、诊断、治疗、预后的各个方面都需要进行临床思维的培养。包括识别和诊断牙周病, 提高对牙周病的分级诊断的准确性; 分析牙周病的三维影像数据, 辅助确定定性定量的治疗方案; 追踪患者的疾病危险因素; 跟踪随访患者的牙周维护等一系列诊疗逻辑。

3.2. 提升口腔医学生的牙周病学专业技能

牙周病学涉及对牙周组织结构、生理、病理的深入了解, 以及牙周疾病的病因、诊断、治疗和预防等方面的知识。学生需要掌握牙周病的诊断及鉴别诊断技能、牙周基础治疗的临床操作技能, 熟悉常规牙周手术的基本操作要点, 并具备与患者流畅沟通的能力。利用 AI 模拟工具提高学生在牙周病治疗中的操作技能是一个创新而有效的方法, 可以有效地提高学生在牙周病治疗中的操作技能, 同时确保他们在安全、受控的环境中获得实践经验[27]。不仅提高了教育质量, 还使口腔医学生能够在进入临床实践之前建立信心和熟练度[28]。然而, 目前应用于牙周操作模拟的 AI 工具仍有其局限性, 不能完全替代头模等传统教具[29]。研究 AI 工具对口腔医学生牙周专业技能的提升应成为 AI 融入牙周教学的目标之一。

3.3. 强化口腔医学生对牙周数据的分析能力

牙周病的诊断和治疗需要对大量的临床数据进行分析, 人工智能技术通过深度学习和图像识别能力, 能够快速、精确地识别影像学病灶, 对病灶的相关参数及属性进行准确测算[30]。通过 AI 技术处理和分析临床数据, 有助于强化学生的数据分析能力, 提高诊疗的精确度, 培养学生的数据驱动决策能力。但是目前关于 AI 数据处理模型的检测显示, 与人类考生相比, AI 数据处理系统虽然在记录和回顾已有信息的能力上十分突出, 但面对复杂的数据的临床推理能力和批判性思维方面表现得不尽如人意[31]。将 AI 融入口腔医学生的数据分析能力教学, 有利于提高牙周病诊疗质量、优化治疗方案、实现个性化治疗和推动牙周病学教育科研的发展[32]。同时, 这也是人工智能在牙周病教学中应用的主要目标之一。

3.4. 促进口腔医学生在牙周病学方面的终身学习

口腔医学领域, 尤其是牙周病学, 是一个不断发展和进步的领域。新的研究、治疗方法和技术不断涌现, 如牙周干细胞再生、牙周激光治疗如牙周生物活性材料的使用[33]-[35]。终身学习可以帮助医学生跟上最新的牙周病科学发现, 最新的牙周病学临床实践指南, 以便为患者提供最佳的医疗服务。在竞争激烈的医疗行业中, 持续学习可以帮助医学生获得更多的职业发展机会, 比如晋升、专业认证和更多的工作选择。人工智能可以定期更新模拟工具, 以反映最新的牙周病治疗技术和研究进展。人工智能的融入应该为学生的未来职业发展提供更广阔的视野, 以支持学生在毕业后的持续专业发展。

4. 人工智能融入《牙周病学》教学的实施途径

4.1. 整合 AI 工具进入牙周病学理论和实践教学课堂

在牙周病学的理论和实践教学, 互联网平台辅助的混合式教学方式已被证实能显著提升学生的牙周病例分析成绩和临床操作能力[36]。其中使用的一些网络教具通过互联网平台提供的丰富资源和互动工具, 使学生能够在课堂之外自主学习, 同时在课堂上通过实际操作来巩固理论知识。AI 的使用与互联网工具密切相关, 目前已开发出多种 AI 牙周病诊断工具和 AI 操作模拟软件[37]。以互联网工具为依托, 将牙周病临床 AI 工具融入牙周病学课程, 使学生在实际学习中使用这些工具, 同时将使用情况反馈至 AI

工具, 以完善 AI 工具在教学中的作用。利用先进的 AI 技术, 如机器学习和计算机视觉, 分析牙周病教学中的难点, 设计模拟环境, 使其尽可能接近真实操作环境, 包括牙齿、牙龈和牙周组织的三维模型, 利用 AI 辅助教学牙周病治疗中的关键技能点, 例如牙周探针的使用、牙周刮治、牙周袋的评估等, 最终开发出针对《牙周病学》教学逻辑的 AI 教学软件。

4.2. 开发师生互动、虚拟医患互动式学习平台

第一, 利用 AI 技术开发互动式学习平台, 如雨课堂, 提供个性化的学习资源和实时反馈。创建交互式学习模块, 并提供实时反馈, 帮助学生理解操作的正确性和潜在的错误。利用 AI 分析学生的学习进度和表现, 提供个性化的学习建议, 根据学生的学习情况调整难度和复杂性, 确保学生始终在适当的挑战水平上学习。定期收集学生和教师的反馈, 以改进模拟工具和教学方法, 并利用 AI 分析反馈数据, 以识别和解决教学过程中的潜在问题。第二, 目前已有软件可以创建模拟临床决策的环境, 让学生在模拟病例中应用 AI 工具[38]。设计多种模拟病例, 覆盖不同类型的牙周病情况, 以增强学生的适应性和问题解决能力。还应考虑到紧急情况的模拟, 以保证学生具备应急处理能力。利用 AI 工具评估学生的操作技能, 包括精确度、速度和遵循治疗协议的能力, 产出详细的评估报告, 帮助学生认识到需要改进的学习内容。

4.3. 跨学科合作

牙周病学的教学改革不仅仅关系到口腔医学生的培养, 也不仅仅是口腔专业师生的努力就能取得成过, 本文虽然意在从牙周病学教学的角度提出方案, 但是关于 AI 工具的应用应与计算机科学和数据科学的合作, 共同开发和优化 AI 教学工具。并且鼓励牙科学生与其他健康科学专业的学生合作, 以促进跨学科学习。还可以考虑通过模拟工具, 模拟多学科团队合作的场景, 提高团队协作能力。或是在模拟工具中嵌入伦理和法律教育模块, 确保学生了解牙周病治疗中的伦理和法律问题, 并强调患者隐私和同意的重要性。

5. 人工智能融入《牙周病学》现状及解决方案

将“人工智能”和“口腔”作为主题词对中国知网数据库进行检索, 显示有 133 条结果; 将“人工智能”和“牙周病”作为主题词进行检索, 知网数据库显示有 10 条结果, 其中“人工智能”和“牙周病学教学”作为主题词, 几乎没有相关报道。目前人工智能在《牙周病学》中应用的相关报道之所以罕见, 分析有以下原因: 1) 技术应用的局限性: 目前, 人工智能技术在牙周病学教学中的应用还相对有限, 主要由于缺乏针对牙周病学的专业 AI 教学工具和资源[39]; 2) 教学方法的单一性: 现有的教学方法可能过于依赖传统的讲授方式, 缺乏互动性和实践性, 导致学生对于人工智能教学方式的接受程度和参与度不高。3) 实践与理论的脱节: 《牙周病学》是一门实践性很强的学科, 但目前的 AI 应用更多集中在理论教学上, 缺乏与临床实践的紧密结合, 不能做到渗透课程, 课堂不够多样化, 对学生来说可操作空间也相对较弱。针对以上问题, 首先要督促开发专门针对牙周病学的 AI 教学工具, 如模拟病例分析、虚拟操作等, 以提高学生的学习兴趣 and 实践能力[40]。其次要加强牙周专业教师 AI 技术培训, 提升他们运用 AI 工具进行教学的能力, 同时鼓励教师进行教学创新。最后, 通过 AI 技术, 如模拟真实的临床环境, 让学生在虚拟环境中进行牙周病的诊断和治疗, 从而更好地将理论与实践结合起来, 增强学生的互动性和参与度。通过上述分析和解决方案, 我们可以更好地将人工智能技术融入牙周病学教学中, 提高牙周病学的教学效果, 激发口腔医学生的学习兴趣, 并培养他们的科研能力和创新思维。

6. 结论

人工智能技术在牙周病学教学中的应用, 不仅能够提高学生的诊断和治疗技能, 还能够促进学生的

个性化学习和科研能力培养。为了实现这一目标, 需要将 AI 工具融入课程、开发互动式学习平台、模拟临床决策环境, 并鼓励跨学科合作。随着人工智能技术的不断发展, 其在牙周病学教学中的应用将越来越广泛, 为培养未来的口腔健康专业人员提供强有力的支持。

基金项目

山东大学教育教学改革研究项目(2023Y184)。

参考文献

- [1] Zhang, X., Wang, X., Wu, J., Wang, M., Hu, B., Qu, H., *et al.* (2022) The Global Burden of Periodontal Diseases in 204 Countries and Territories from 1990 to 2019. *Oral Diseases*, **30**, 754-768. <https://doi.org/10.1111/odi.14436>
- [2] Nascimento, G.G., Alves-Costa, S. and Romandini, M. (2024) Burden of Severe Periodontitis and Edentulism in 2021, with Projections up to 2050: The Global Burden of Disease 2021 Study. *Journal of Periodontal Research*, **59**, 823-867. <https://doi.org/10.1111/jre.13337>
- [3] Zhang, Q., Kreulen, C.M., Witter, D.J. and Creugers, N.H. (2007) Oral Health Status and Prosthodontic Conditions of Chinese Adults: A Systematic Review. *The International Journal of Prosthodontics*, **20**, 567-572.
- [4] 李畅, 黄翠, 杨宏业. 人工智能在口腔临床诊疗中的应用进展[J]. 口腔疾病防治, 2022, 30(11): 821-826.
- [5] 王琰琳, 李刚. 人工智能在口腔疾病影像诊断中的研究进展[J]. 口腔疾病防治, 2022, 30(11): 816-820.
- [6] 中国人工智能医疗相关政策文件荟萃[J]. 中华医学信息导报, 2023, 38(8): 4.
- [7] Pitchika, V., Büttner, M. and Schwendicke, F. (2024) Artificial Intelligence and Personalized Diagnostics in Periodontology: A Narrative Review. *Periodontology* 2000, **95**, 220-231. <https://doi.org/10.1111/prd.12586>
- [8] 戴雨霖, 张新春. 人工智能在口腔修复诊疗中的应用与进展[J]. 中华口腔医学研究杂志电子版, 2024, 18(1): 65-69.
- [9] Yadalam, P.K., Anegundi, R.V. and Ardila, C.M. (2024) Integrating Artificial Intelligence into Orthodontic Education and Practice. *International Dental Journal*, **74**, 1463. <https://doi.org/10.1016/j.identj.2024.08.011>
- [10] 刘洪臣. 人工智能口腔医学[J]. 中华口腔医学杂志, 2020, 55(12), 915-919.
- [11] 中华口腔医学会牙周病学专业委员会. 口腔诊疗中的牙周基本检查评估规范[J]. 中华口腔医学杂志, 2021, 56(3): 238-243.
- [12] 陈思诗, 曲杨. 人工智能辅助影像教学在口腔医学本科生全科思维培养中的应用研究[C]//中华口腔医学会口腔医学教育专业委员会. 2022 年中华口腔医学会口腔医学教育专业委员会第十七次学术年会论文集. 广州: 中山大学光华口腔医学院牙体牙髓科, 2022: 1.
- [13] 李艺, 汤振存, 张文云, 等. 数字化技术在牙周病学临床诊疗与基础研究中的应用与进展[J]. 牙体牙髓牙周病学杂志, 2024, 29(4): 230-239.
- [14] 朱红标, 刘强冬, 曾子强, 姜伟明, 戴芳, 吴婧婷, 邓恬, 邓立彬, 宋莉. 基于口内数码照图像深度学习的牙周病早期筛查研究[J]. 口腔医学研究, 2022, 38(11): 1092-1095.
- [15] 王振慧, 杨宏业. 虚拟仿真技术在口腔医学教育中的应用[J]. 口腔医学研究, 2022, 38(9): 811-814.
- [16] 姜华, 黄东宗, 李鸿波, 等. 人工智能在口腔教学中的应用探讨[J]. 口腔颌面修复学杂志, 2021, 22(4): 293-298.
- [17] 董海涛, 赵继志, 郭春岚, 等. 口腔内科临床教学实践中医患沟通能力的培养[J]. 基础医学与临床, 2022, 42(9): 1478-1480.
- [18] Li, C., Zhang, J., Abdul-Masih, J., Zhang, S. and Yang, J. (2024) Performance of ChatGPT and Dental Students on Concepts of Periodontal Surgery. *European Journal of Dental Education*. <https://doi.org/10.1111/eje.13047>
- [19] 曹雪萌, 史静寰, 张蓝文. 中国一流大学个性化教育的理论基础与现实困境[J]. 复旦教育论坛, 2024, 22(3): 5-12.
- [20] 刘静波, 高靓, 李琛, 等. 基于雨课堂的混合式教学在本科生牙周病学教学中的应用研究[J]. 中华医学教育探索杂志, 2020, 19(9): 1021-1025.
- [21] 孔晨, 刘悦, 王雷. 牙周病学学科前沿融入本科生教学的模式探索[J]. 高校医学教学研究(电子版), 2021, 11(4): 26-30.
- [22] Su, J.H., Xu, J.Q., Wu, S.J., Wan, W.B. and Shi, K. (2021) Exploration and Practice of Cultivating Graduate Students' Innovative Ability under Research-Empowered Teaching Model. *Degree and Graduate Education*, **2**, 36-39.

- [23] 周文辉, 赵金敏. ChatGPT 对研究生创新能力培养的价值与挑战[J]. 高校教育管理, 2024, 18(2): 42-52.
- [24] Delgado-Ruiz, R., Kim, A.S., Zhang, H., Sullivan, D., Awan, K.H. and Stathopoulou, P.G. (2024) Generative Artificial Intelligence (Gen AI) in Dental Education: Opportunities, Cautions, and Recommendations. *Journal of Dental Education*. <https://doi.org/10.1002/jdd.13688>
- [25] 翟佳燚, 陆媛, 钱曙蕾, 等. 同济大学全科硕士研究生临床诊疗思维课程设计[J]. 中国全科医学, 2023, 26(25): 3202-3206.
- [26] Revilla-León, M., Gómez-Polo, M., Barmak, A.B., Inam, W., Kan, J.Y.K., Kois, J.C., *et al.* (2023) Artificial Intelligence Models for Diagnosing Gingivitis and Periodontal Disease: A Systematic Review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, **130**, 816-824. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.01.026>
- [27] Monterubbianesi, R., Tosco, V., Vitiello, F., Orilisi, G., Fraccastoro, F., Putignano, A., *et al.* (2022) Augmented, Virtual and Mixed Reality in Dentistry: A Narrative Review on the Existing Platforms and Future Challenges. *Applied Sciences*, **12**, Article 877. <https://doi.org/10.3390/app12020877>
- [28] 张宝平, 何璐璐, 庞晓婵, 等. 虚拟仿真系统在口腔局部麻醉教学中应用效果评价[J]. 中华口腔医学研究杂志 (电子版), 2020, 14(2): 121-127.
- [29] Li, Y., Ye, H., Ye, F., Liu, Y., Lv, L., Zhang, P., *et al.* (2021) The Current Situation and Future Prospects of Simulators in Dental Education. *Journal of Medical Internet Research*, **23**, e23635. <https://doi.org/10.2196/23635>
- [30] Putra, R.H., Doi, C., Yoda, N., Astuti, E.R. and Sasaki, K. (2022) Current Applications and Development of Artificial Intelligence for Digital Dental Radiography. *Dentomaxillofacial Radiology*, **51**, Article ID: 20210197. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20210197>
- [31] Jaworski, A., Jasiński, D., Sławińska, B., Błęcha, Z., Jaworski, W., Kruplewicz, M., *et al.* (2024) GPT-4o vs. Human Candidates: Performance Analysis in the Polish Final Dentistry Examination. *Cureus*, **16**, e68813. <https://doi.org/10.7759/cureus.68813>
- [32] Sabri, H., Saleh, M.H.A., Hazrati, P., Merchant, K., Misch, J., Kumar, P.S., *et al.* (2024) Performance of Three Artificial Intelligence (AI)-Based Large Language Models in Standardized Testing; Implications for AI-Assisted Dental Education. *Journal of Periodontal Research*. <https://doi.org/10.1111/jre.13323>
- [33] Sun, L., Du, X., Kuang, H., Sun, H., Luo, W. and Yang, C. (2023) Stem Cell-Based Therapy in Periodontal Regeneration: A Systematic Review and Meta-Analysis of Clinical Studies. *BMC Oral Health*, **23**, Article No. 492. <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03186-6>
- [34] Brindha, and Devi, R. (2018) Low-Level Laser Therapy in Periodontics: A Review Article. *Journal of Academy of Dental Education*, **4**, 12-16. <https://doi.org/10.18311/jade/2018/22998>
- [35] Deng, Y., Liang, Y. and Liu, X. (2022) Biomaterials for Periodontal Regeneration. *Dental Clinics of North America*, **66**, 659-672. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2022.05.011>
- [36] 王晓璇, 曾宇, 张爱娟, 等. 互联网平台辅助的混合式教学方式在牙周病学实验教学中的应用[J]. 中华医学教育杂志, 2022, 42(8): 728-731.
- [37] Karadaghy, O.A., Shew, M., New, J. and Bur, A.M. (2019) Development and Assessment of a Machine Learning Model to Help Predict Survival among Patients with Oral Squamous Cell Carcinoma. *JAMA Otolaryngology—Head & Neck Surgery*, **145**, 1115-1120. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2019.0981>
- [38] Thorat, V., Rao, P., Joshi, N., Talreja, P. and Shetty, A.R. (2024) Role of Artificial Intelligence (AI) in Patient Education and Communication in Dentistry. *Cureus*, **16**, e59799.
- [39] Claman, D. and Sezgin, E. (2024) Artificial Intelligence in Dental Education: Opportunities and Challenges of Large Language Models and Multimodal Foundation Models. *JMIR Medical Education*, **10**, e52346-e52346. <https://doi.org/10.2196/52346>
- [40] 刘成程, 寻萌, 韩蕾, 等. 人工智能推动医学教育改革的现状与展望[J]. 基础医学教育, 2024(10): 891-895.