

人工智能在儿童口腔医学中的应用和展望

查昶玮¹, 张曦文¹, 罗惜元¹, 刘瑞军², 王 晨³, 陈潇童⁴, 于 鹏¹

[摘要] 本文旨在探讨人工智能在儿童口腔医学中的应用现状、存在的问题以及未来发展方向。深度学习模型在部分口腔影像疾病诊断方面与专家诊断结果差异无统计学意义,智能口腔清洁工具已实现个性化清洁方案设计,深度学习模型在龋齿风险预测、牙龄预测方面同样表现良好。此外,人工智能在儿童牙科焦虑、疼痛控制、儿童口腔正畸领域也有其独特应用。但其应用也面临一些挑战,如数据质量、数量、管理,以及医学伦理、法律等问题。未来,应注重数据质量提升、算法优化、伦理法规完善,以及加强在辅助治疗和医生培养等方面的研究。

[关键词] 人工智能;儿童口腔医学;深度学习

[中图分类号] R788 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-9872(2026)06-0466-05

[doi] 10.13591/j.cnki.kqyx.2026.06.011

The application and prospect of artificial intelligence in pediatric dentistry

ZHA Changwei, ZHANG Xiwen, LUO Xiyuan, LIU Ruijun, WANG Chen, CHEN Xiaotong, YU Peng. (Department of Cariology and Endodontology, Peking University School and Hospital of Stomatology, National Center for Stomatology, National Clinical Research Center for Oral Diseases, National Engineering Research Center for Oral Biomaterials and Digital Diagnosis and Treatment Equipment, Beijing 100081, China)

Abstract: To explore the current applications, existing challenges, and future prospects of artificial intelligence (AI) in pediatric dentistry. Deep learning models have demonstrated a diagnostic performance in certain dental imaging-related diseases that is statistically comparable to expert assessments. Intelligent oral hygiene devices are now capable of generating personalized cleaning strategies. Deep learning techniques have also shown strong potential in caries risk prediction and dental age estimation. Moreover, AI exhibits unique applications in managing pediatric dental anxiety, pain control, and orthodontics. Nevertheless, several challenges remain, including issues related to data quality, volume, and management, as well as concerns involving medical ethics and legal regulations. Future efforts should emphasize enhancing data quality, optimizing algorithms, establishing robust ethical and regulatory frameworks, and strengthening research on AI-assisted treatment and clinical training.

Key words: artificial intelligence; pediatric dentistry; deep learning

Stomatology, 2026, 46(6):466-470

儿童口腔医学(pediatric dentistry)是口腔临床医学的重要学科,以0~18岁儿童青少年为核心研究对象。其主要研究领域不仅包括儿童常见口腔疾病,例如儿童早期龋齿(ECC)、牙髓根尖周病及错殆畸形的诊断与治疗,更延伸至三大关键领域:生长发

育动态监测、口腔预防保健体系构建以及儿童心理行为管理。儿童口腔医学超越了传统口腔诊疗的范畴,是一门兼具生长发育时序性与健康管理综合性的独特学科。

在临床实践中,儿童口腔医学面临诸多独特挑战。低龄患儿沟通能力有限,诊疗更多需依赖医师主观经验,易造成早期龋、多生牙等漏诊;儿童颌面部处于持续生长发育阶段,传统静态评估难以实现精准的疗效预测。此外,患儿对牙科环境的焦虑情绪会进一步影响其配合度,降低诊疗效率与质量。这些特点共同驱动儿童口腔医学向“精准化、个体化、微创化、趣味化”方向发展^[1]。

人工智能(artificial intelligence, AI),是一门以计算机科学为核心的新兴交叉学科,通过学习和模仿人类智能产生过程,开发具有相似“智能”的机器或计算机模型。深度神经网络使人工智能得以实现

基金项目:北京大学医学部大学生创新实验项目(2023-SSDC-55);北京市自然科学基金-海淀原始创新联合基金(L222052);教育部中国高校产学研创新基金(2023GY004)

作者单位:1 北京大学口腔医学院·口腔医院牙体牙髓科,国家口腔医学中心,国家口腔疾病临床医学研究中心,口腔生物材料和数字诊疗装备国家工程研究中心,北京(100081);2 北京航空航天大学软件学院,北京(100191);3 北京工商大学计算机与人工智能学院,北京(100048);4 北京大学口腔医学院·口腔医院第三门诊部,国家口腔医学中心,国家口腔疾病临床医学研究中心,口腔生物材料和数字诊疗装备国家工程研究中心,北京(100081)

通信作者:于 鹏 E-mail:yupeng@bjmu.edu.cn

陈潇童 E-mail:ttchen831@163.com

自然语言处理、语音辅助、图像识别等功能^[2]。人工智能在医学领域的应用分为虚拟和物理两个层面。在虚拟层面,人工智能主要为新药研发^[3]、疾病诊断^[4]、疾病风险预测模型等提供支持^[5]。物理层面主要包括辅助手术机器人^[6]、老年患者辅助护理机器人、社交机器人^[7]等人机交互机器人。

在口腔医学领域,人工智能主要用于诊断辅助、治疗规划、患者管理、手术辅助与导诊服务等。针对儿童口腔的特点,人工智能通过影像学分析、大数据分析应用和人机交互等功能,辅助满足疾病检查(龋齿、牙髓根尖周病、发育异常)、数据记录分析以及口腔疾病预防等临床需求。

本综述探讨人工智能在儿童口腔影像学、预防、儿童牙科焦虑、疼痛控制以及儿童口腔正畸领域的应用现状,并探索目前应用的空白和未来发展方向。

1 人工智能在儿童口腔医学中的应用

1.1 影像学

在影像学领域,人工智能主要涉及深度学习(deep learning, DL),其算法是卷积神经网络(convolutional neural network, CNN),可用于识别口腔影像中特定的结构和特征^[8]。儿童口腔影像学方面,深度学习模型可以对多种口腔影像进行诊断和分割,例如龋病^[9]、牙髓根尖周病^[10]、牙发育异常诊断^[8]、乳恒牙的检测与编号^[11]、额外牙的分类与检测^[12]、牛牙样牙识别^[8]、乳牙下沉检测^[8]、牙齿移位萌出分割与检测^[8]、腺样体肥大检测^[8]及牙龄评估等^[12]。一项截至2022年的调查统计结果显示^[8]:正中多生牙、儿童早期龋齿的识别和牙龄评估各占AI在儿童口腔领域中应用的24%、24%和16%,是应用最多的3个方向。

1.2 预防领域

1.2.1 智能口腔清洁工具

智能口腔保健产品不同于传统的电动牙刷仅以电子系统作为动力,而是将其与手机应用程序结合,设计更个性化的清洁方案;并且在清洁工具中加入摄像头或传感器,实时感知和反馈清洁情况,纠正儿童刷牙时的不良习惯或错误动作。例如华为的一款智能儿童牙刷可以根据标记的牙齿信息自动生成刷牙方案、通过动画教授刷牙方法、结束后生成洁牙报告、智能感应与智能过压保护,优化刷牙体验。usmile的儿童电动牙刷Q10主要针对3~12岁的儿童,内置运动检测传感器,识别刷牙姿势与刷牙区域;内置智能算法自主判断各区域清洁程度。手柄外置AI防蛀屏,通过环形灯带的直观光效引导儿童

正确刷牙。而为青少年和成人设计的F10系列则集硬件传感器、软件AI算法、云端互联于一体,搭载独特的刷牙小模型算法,方便用户掌握刷牙的状态与清洁程度,并且实现牙齿清洁私人化定制。

尽管智能口腔清洁工具技术创新显著,但其临床有效性仍缺乏充分证据。现有研究多聚焦于短期牙菌斑控制效果,而对儿童龋病长期预防的证据有限。Jeong等^[13]通过随机对照试验证实,基于三维运动追踪系统的智能刷牙指导可在短期内显著改善儿童的菌斑控制,但未评估其长期龋病防控作用。Abdul Haq等^[14]在以家长为主体的数字化口腔健康干预研究中发现,应用程序可提升家长接受度与儿童口腔卫生依从性,但仍缺乏长期随访结果来验证其对龋病发生率的影响。因此,目前智能口腔清洁工具虽具潜力,但其在长期预防儿童龋病方面的临床证据仍需进一步高质量研究支持。

1.2.2 龋齿的风险预测与识别

基于深度学习的疾病预测模型在龋病预测方面应用广泛。Koopae等^[15]通过横断面病例对照研究表明,基于唾液脱抑素S水平和出生体重的逻辑回归模型在区分幼儿龋齿和无龋方面有最大潜力。Zaorska等^[16]在48名龋齿、47名无龋齿的2~3岁波兰儿童中检测了28个单核苷酸多态性(single nucleotide polymorphisms, SNPs),使用ROC曲线和逻辑回归检验SNPs与儿童早期龋齿的相关性,研究表明总体准确率为93%。Park等^[17]通过分析韩国4 195名1~5岁儿童的营养健康调查数据,分别使用逻辑回归、XGBoost(1.3.1版)、随机森林、LightGBM(3.1.1版)4种算法预测,结果显示4种模型的受试者工作特征面积(area under the receiver operating characteristic, AUROC)在0.774和0.785之间,机器学习显示出良好的预测性能。Sadegh-Zadeh等^[18]利用780对父母及其儿童作为样本,使用10种不同的机器学习和两种评估方法建立高精度分类模型预测0~5岁儿童的龋齿风险,其中多层感知器和随机森林准确率达97.4%。

机器学习除了可以根据数据集建立风险统计模型和人群预测模型外,在医学图像识别中也具有突出优势。李若竹等^[9]使用VoTT软件对712张患儿单颌口内照片进行龋坏类型标注,并将5个标签组按6.4:1.6:2.0的比例随机分为训练集、验证集和测试集数据训练模型,对成洞龋识别灵敏度和特异度分别为96.0%和97.0%,对未成洞窝沟龋识别的灵敏度和特异度为95.8%和99.0%,对未成洞邻面龋灵敏度为88.1%,特异度为97.1%,表明该深度学

习模型在未成洞龋的辅助识别上具备较大潜力。Schlickenrieder 等^[19]研究表明 CNN (ResNeXt-101-32x8 d) 对照片中的窝沟封闭剂的识别和分类的准确度达 98.7%, 可指导临床医生对于不完整窝沟封闭的患牙及时采取措施。

1.3 控制儿童牙科焦虑

人工智能在儿童口腔医学应对牙科焦虑方面, 逐步形成了多技术融合、多场景覆盖的创新体系, 显著提升了儿童诊疗体验。

1.3.1 互动游戏

人工智能算法可以基于患者儿童的年龄、性别和既往治疗记录等数据自动生成定制化的动画视频、交互式漫画、语音故事等^[20]。土耳其一研究团队将传统口腔诊疗的行为引导技术“告知-展示-操作 (Tell-Show-Do, TSD)” 与人工智能助力研发的手机应用 (Roogies) 相结合, 通过动画演示治疗流程、游戏化任务和奖励机制, 研究结果显示 TSD+手机应用组平均焦虑得分为 (17.29±5.18), 显著低于 TSD、TSD+视频建模组。

1.3.2 虚拟现实 (VR)

生成对抗网络可以根据儿童的偏好实时生成个性化的虚拟现实环境, CNN 可以分析儿童头部运动幅度并触发对应模式^[21]。一项针对 7~10 岁的焦虑儿童患者的前瞻性单盲对照研究表明 3D 沉浸式虚拟现实技术诱导催眠状态可以达到等同于吸入式笑气-氧气镇静法的镇静效果, 为儿童口腔诊疗过程中的催眠、焦虑缓解提供了一种非药剂学的替代方案。

1.3.3 个性化教育材料

儿童及父母对诊疗内容的理解程度影响其接受治疗时的情绪。一项针对儿童根管治疗患者的随机对照研究显示, 接受 ChatGPT 生成个性化口腔教育材料的人工智能组在各个维度上的表现均优于接受传统治疗前教育的对照组, 知识掌握度提升 30%, 焦虑评分降幅更显著^[22]。

1.3.4 机器人辅助沟通与连续性照顾

一款针对 4~10 岁儿童的仿真机器人通过问答互动、脉搏检测调整对话策略, 减少了儿童在治疗过程中的挣扎行为; 机器人通过术前引导、术中故事、术后奖励贴纸的形式形成“焦虑控制闭环”, 家长满意度达到 92%^[23]。

1.4 缓解儿童口腔疼痛

人工智能可以通过虚拟现实、计算机控制的单颗牙齿局部麻醉 (STA) 技术、辅助疼痛分析、精准镇静镇痛系统等方式实现儿童口腔疼痛控制。

对患儿进行视、触、听等多感官刺激, 交互式的视景仿真和信息交流让儿童在治疗时专注于虚拟场景, 分散注意力, 减轻恐惧情绪, 从而在一定程度上减轻疼痛感^[24-25]。精确控制麻醉药物的注射速度和剂量, 减轻局部麻醉注射疼痛, 进而提高治疗配合度^[26]。AI 算法可对儿童的疼痛症状, 以及牙齿、牙根及根管形态做分析^[27], 识别和分类牙髓疼痛^[28], 区分炎症、感染和其他疼痛类型, 为后续治疗计划提供指导, 精准控制疼痛源头。另外, 结合 AI 语音和图像识别的智能镇痛泵, 可以实时捕捉儿童的疼痛表情、声音、呼吸频率和幅度等, 明确疼痛状态和镇静水平, 及时评估异常信号, 智能调整镇静药物输注速度, 实现更精准的疼痛控制, 提高镇痛效果和安全性^[29]。

1.5 儿童口腔正畸

儿童正畸治疗因其对象处于特殊生长阶段而展现出显著的独特性, 这些特殊性对治疗策略的制定和实施具有关键影响。

1.5.1 个性化矫治方案设计

人工智能的多维度数据整合能力, 能够将患者的牙齿解剖学数据、面部软组织特征及生长发育动态信息进行系统化融合, 从而实现对牙齿移动路径及软组织形态变化的高精度预测^[30-31]。研究表明, 深度学习模型能够自动精准识别头颅侧位片中的牙齿及颌骨的关键标志点^[32]。在此基础上, 结合患者特定的生长发育阶段特征, 便可构建生长预测模型, 为个性化正畸方案的制定提供客观依据。此外, 基于深度学习的预测模型也具备病例学习能力, 在充分考量患者牙齿拥挤程度、牙弓形态特征等个体差异的基础上, 对不同矫治策略下的牙齿移动过程进行动态模拟, 自动生成排牙计划, 精准调整矫治力的施加方式与强度, 提升儿童正畸治疗的精准度与临床效率^[33]。

1.5.2 生长发育监测与预测

人工智能技术能够整合儿童生长发育模型与长期随访数据, 高效监测颌骨发育趋势^[34]。以深度 CNN 模型为例, 通过识别头颅侧位片中颏部、下颌下缘、切牙区、气道及髁突等区域的特征, 预测前牙反颌儿童的下颌骨生长趋势^[35], 准确率达 85%, 灵敏度和特异度分别为 0.95 与 0.75, 显著优于初级正畸医生。

1.5.3 早期错颌畸形筛查

基于头影测量数据的机器学习模型, 通过分析 ANB 角、Wits 评估等关键指标, 可精准识别骨性Ⅲ类等错颌畸形的潜在风险。随机森林算法能从多项

头影测量数据中,筛选出 MP-FH 角、MP-SN 角等重要特征,辅助划分骨性Ⅲ类等颌面形态亚型^[36];基于机器学习的移动应用通过一张侧面照片可完成初步诊断,区分骨性Ⅲ类与非Ⅲ类错殆的准确率达 81%以上,对Ⅱ类与Ⅰ类错殆的识别准确率亦达 79.4%^[37]。人工智能应用于早期错殆畸形筛查,能为医师全面评估生长发育等因素、精准制定并动态调整治疗计划提供支持^[38],对提升早期矫治效果、保障恒牙期正畸顺利进行具有重要临床意义。

2 人工智能在儿童口腔领域中应用的展望

目前人工智能在儿童口腔医学的应用主要集中在诊断、记录和预防方面,对于辅助治疗的研发较为欠缺。人工智能驱动的机器人在其他临床和口腔医学的诸多领域已被开发和应用,例如口腔种植领域中辅助种植体放置的机器人等。然而,用于儿童口腔的机器人尚未出现^[10]。物理机器人的研发以及人机交互或许会成为未来人工智能在儿童口腔医学应用中的一个发展方向。

在诊断方面,人工智能算法需要海量多样的数据集进行训练和验证,儿童口腔相关数据的质量和数量仍有发展空间^[39],并且存在管理和共享不足的问题^[40]。人工智能算法进行图像诊断的准确性也有待进一步提升^[41],因此未来的研究可以着眼于有限数据量下的准确度提升。利用量子粒子叠加现象的量子比特(qubit)来处理数据的量子计算机逐渐走入人们的视野,或可解决算力不足的问题^[40]。

人工智能的可解释性同样重要,这是临床医生合理接受和信任预测结果的重要依据^[42]。然而目前数据驱动的人工智能以纯粹的计算方式计算输出,未能以医学上可接受的格式说明决策过程^[40]。

人工智能的应用在医学伦理与法律层面也存在争议,其背后是技术创新和临床实践融合时所面临的系统性挑战。数据隐私与共享的矛盾根源在于“数据驱动”的研发模式与临床隐私保护基本原则之间的冲突。人工智能训练需要海量数据,而在当前技术下,即使对数据进行匿名化处理,仍存在通过数据交叉对比重新识别患者身份的风险,这使得知情同意的范围和有效性变得复杂。此外,在法律层面,也存在有关算法问责与责任认定的模糊地带。当临床决策由一个无法被人类直观理解的算法输出时,一旦出现医疗纠纷,责任主体是难以界定的——是算法缺陷、数据偏差、操作不当还是制造商的责任?因此在有关应用中需要同步建立问责制和相关的法律法规,人工智能使用必须进行严格的临床验

证研究,使用者也应定期接受培训^[42]。最后,人工智能的应用也可能加剧医疗不平等的风险。高质量医疗数据的获取往往集中在发达地区和顶尖医疗机构,以这些数据训练出的人工智能模型可能对少数民族群、偏远地区人群等样本量不足的群体表现不佳。

[参 考 文 献]

- [1] 陈旭.儿童口腔医学发展现状与未来展望[J].中国实用口腔科杂志,2019,12(7):385-389.
- [2] Gupta R, Srivastava D, Sahu M, *et al.* Artificial intelligence to deep learning: Machine intelligence approach for drug discovery [J]. *Mol Divers*, 2021, 25(3): 1315-1360.
- [3] Chen M, Decary M. Artificial intelligence in healthcare: An essential guide for health leaders [J]. *Healthc Manage Forum*, 2020, 33(1): 10-18.
- [4] Keskinbora K, Güven F. Artificial intelligence and ophthalmology [J]. *Tjo*, 2020, 50(1): 37-43.
- [5] Stultz C. Editorial commentary: Deep learning in cardiology: All models are wrong, but some are useful [J]. *Trends Cardiovasc Med*, 2022, 32(1): 42-43.
- [6] Grischke J, Johannsmeier L, Eich L, *et al.* Dentrionics: Towards robotics and artificial intelligence in dentistry [J]. *Dent Mater*, 2020, 36(6): 765-778.
- [7] Robert N. How artificial intelligence is changing nursing [J]. *Nurs Manag*, 2019, 50(9): 30-39.
- [8] Vishwanathaiah S, Fageeh HN, Khanagar SB, *et al.* Artificial intelligence its uses and application in pediatric dentistry: A review [J]. *Biomedicines*, 2023, 11(3): 788.
- [9] 李若竹,朱俊霞,王媛媛,等.基于深度学习的儿童龋齿人工智能识别系统雏形的开发[J].中华口腔医学杂志,2021,56(12):1253-1260.
- [10] Aminoshariae A, Kulild J, Nagendrababu V. Artificial intelligence in endodontics: Current applications and future directions [J]. *J Endod*, 2021, 47(9): 1352-1357.
- [11] Kılıc MC, Bayrakdar IS, Çelik Ö, *et al.* Artificial intelligence system for automatic deciduous tooth detection and numbering in panoramic radiographs [J]. *Dentomaxillofac Radiol*, 2021, 50(6): 20200172.
- [12] Mladenovic R, Arsic Z, Velickovic S, *et al.* Assessing the efficacy of AI segmentation in diagnostics of nine supernumerary teeth in a pediatric patient [J]. *Diagnostics*, 2023, 13(23): 3563.
- [13] Jeong JS, Kim KS, Lee JW, *et al.* Efficacy of tooth brushing via a three-dimensional motion tracking system for dental plaque control in school children: A randomized controlled clinical trial [J]. *BMC Oral Health*, 2022, 22(1): 626.
- [14] Abdul Haq J, Splieth CH, Mourad MS, *et al.* Digital application for promoting evidence-based children's oral health to control early childhood caries: Randomized control trial on parental acceptance and efficacy [J]. *J Clin Med*, 2023, 12(7): 2680.
- [15] Koopeia M, Salamati M, Montazeri R, *et al.* Salivary cystatin S levels in children with early childhood caries in comparison with caries-free children; statistical analysis and machine learning [J].

- BMC Oral Health, 2021, 21(1): 650.
- [16] Zaorska K, Szczapa T, Borysewicz-Lewicka M, *et al.* Prediction of early childhood caries based on single nucleotide polymorphisms using neural networks[J]. *Genes*, 2021, 12(4): 462.
- [17] Park YH, Kim SH, Choi YY. Prediction models of early childhood caries based on machine learning algorithms[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(16): 8613.
- [18] Sadegh-Zadeh SA, Rahmani Qeranqayeh A, Benkhalifa E, *et al.* Dental caries risk assessment in children 5 years old and under *via* machine learning[J]. *Dent J*, 2022, 10(9): 164.
- [19] Schlickerrieder A, Meyer O, Schönewolf J, *et al.* Automatized detection and categorization of fissure sealants from intraoral digital photographs using artificial intelligence[J]. *Diagnostics*, 2021, 11(9): 1608.
- [20] Yazar M, Aydınoglu S, Günaçar DN. Are technological contributions in behavior guidance techniques superior to conventional methods? Effects on dental anxiety and pain perception[J]. *BMC Oral Health*, 2025, 25(1): 735.
- [21] Do NM, Manière MC, Lefebvre F, *et al.* Efficacy of virtual reality hypnosis versus conscious sedation with nitrous oxide in the management of dental anxiety in pediatric dentistry: Protocol for a prospective randomized controlled trial [J]. *Trials*, 2025, 26(1): 201.
- [22] Islam S. Evaluating the impact of AI-generated educational content on patient understanding and anxiety in endodontics and restorative dentistry: A comparative study[J]. *BMC Oral Health*, 2025, 25(1): 689.
- [23] Yasemin M, Kasımoğlu Y, Kocaaydın S, *et al.* Management of dental anxiety in children using robots[J]. *IEEE*, 2016, 20(1): 69–77.
- [24] Chakravorty S, Aulakh BK, Shil M, *et al.* Role of artificial intelligence (AI) in dentistry: A literature review [J]. *J Pharm Bioallied Sci*, 2024, 16(Suppl 1): S14–S16.
- [25] Shakya RR. Artificial intelligence in pediatric dentistry[J]. *J Nep Assoc Ped Dent*, 2022, 3(1): 47–49.
- [26] 王聪,秦丽红,陈荟,等. 人工智能技术在儿童口腔行为管理中的应用进展[J]. *山东医药*, 2024, 64(33): 88–91.
- [27] Mohammad-Rahimi H, Sohrabniya F, Ourang SA, *et al.* Artificial intelligence in endodontics: Data preparation, clinical applications, ethical considerations, limitations, and future directions[J]. *Int Endodontic J*, 2024, 57(11): 1566–1595.
- [28] Asgary S. Artificial intelligence in endodontics: A scoping review [J]. *Iran Endod J*, 2024, 19(2): 85–98.
- [29] Salekin MS, Zamzmi G, Goldgof D, *et al.* Multimodal spatio-temporal deep learning approach for neonatal postoperative pain assessment[J]. *Comput Biol Med*, 2021, 129: 104150.
- [30] Gao N, Yao RY, Liang RH, *et al.* Multi-level objective alignment transformer for fine-grained oral panoramic X-ray report generation [J]. *IEEE Trans Multimedia*, 2024, 26: 7462–7474.
- [31] 曾雪晴,夏斌,曹战强,等. 基于深度学习的儿童曲面体层线片牙齿数目异常识别模型的研发[J]. *中华口腔医学杂志*, 2023, 58(11): 1138–1144.
- [32] Nordblom NF, Büttner M, Schwendicke F. Artificial intelligence in orthodontics: Critical review[J]. *J Dent Res*, 2024, 103(6): 577–584.
- [33] Liu JQ, Zhang CF, Shan ZY. Application of artificial intelligence in orthodontics: Current state and future perspectives[J]. *Health-care*, 2023, 11(20): 2760.
- [34] Wood T, Anigbo JO, Eckert G, *et al.* Prediction of the post-pubertal mandibular length and Y axis of growth by using various machine learning techniques: A retrospective longitudinal study [J]. *Diagnostics*, 2023, 13(9): 1553.
- [35] Zhang JN, Lu HP, Hou J, *et al.* Deep learning-based prediction of mandibular growth trend in children with anterior crossbite using cephalometric radiographs [J]. *BMC Oral Health*, 2023, 23(1): 28.
- [36] Li ZY, Hung KF, Ai QYH, *et al.* Radiographic imaging for the diagnosis and treatment of patients with skeletal Class III malocclusion[J]. *Diagnostics*, 2024, 14(5): 544.
- [37] Kılıç B, İbrahim AH, Aksoy S, *et al.* A family-centered orthodontic screening approach using a machine learning-based mobile application[J]. *J Dent Sci*, 2024, 19(1): 186–195.
- [38] 房兵,金作林,白玉兴,等. 儿童和青少年早期错殆畸形诊治策略的专家共识[J]. *上海口腔医学*, 2021, 30(5): 449–455.
- [39] Kühnisch J, Meyer O, Hesenius M, *et al.* Caries detection on intraoral images using artificial intelligence[J]. *J Dent Res*, 2022, 101(2): 158–165.
- [40] Shan T, Tay FR, Gu L. Application of artificial intelligence in dentistry[J]. *J Dent Res*, 2021, 100(3): 232–244.
- [41] Mohammad-Rahimi H, Motamedian SR, Rohban MH, *et al.* Deep learning for caries detection: A systematic review [J]. *J Dent*, 2022, 122: 104115.
- [42] Dhopte A, Bagde H. Smart smile: Revolutionizing dentistry with artificial intelligence[J]. *Cureus*, 2023, 15(6): e41227–e41227.

(收稿日期:2025-08-08)

(本文编辑:曹 丹)