

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4949.2025.13.046

## 人工智能在口腔影像中的应用进展

曹佳红

(浙江大学医学院附属口腔医院/浙江大学口腔医学院/浙江省口腔疾病临床医学研究中心/浙江省口腔生物医学研究重点实验室/浙江大学癌症研究院/口腔生物材料与器械浙江省工程研究中心, 浙江 杭州 310000)

**[摘要]** 现阶段, 随着信息技术不断发展, 人工智能技术愈加成熟, 并在多领域得到应用。将人工智能技术应用在医学领域, 具有疾病诊断、辅助治疗、疗效预测的关键性价值。在口腔影响检查中, 人工智能处于早期发展阶段, 以检测分类、诊断、图像分割等为主。本文对人工智能核心技术概述、人工智能在口腔影像中的具体应用、人工智能在口腔疾病影像诊断中应用的局限性等进行综述, 为后续此技术应用范围的拓展提供有效参考。

**[关键词]** 人工智能; 口腔科; 医学影像学

**[中图分类号]** R445

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1004-4949(2025)13-0190-04

### Application Progress of Artificial Intelligence in Dental Imaging

CAO Jiahong

(Stomatological Hospital of Zhejiang University School of Medicine/Zhejiang University School of Stomatology/Zhejiang Clinical Medical Research Center of Oral Diseases/Zhejiang Key Laboratory of Oral Biomedical Research/Zhejiang Cancer Research Institute of Zhejiang University/Zhejiang Engineering Research Center of Oral Biomaterials and Devices, Hangzhou 310000, Zhejiang, China)

**[Abstract]** At present, with the continuous development of information technology, artificial intelligence technology has become increasingly mature and has been applied across multiple fields. The application of artificial intelligence technology in the medical field plays a pivotal role in disease diagnosis, adjuvant treatment and efficacy prediction. In dental imaging examinations, artificial intelligence is still in its early stages, mainly focusing on detection and classification, diagnosis, image segmentation, etc. This paper reviews the overview of core artificial intelligence technologies, the specific application of artificial intelligence in dental imaging, and the limitations of artificial intelligence in imaging diagnosis of oral diseases, aiming to provide effective references for the expansion of the application scope of this technology in the future.

**[Key words]** Artificial intelligence; Stomatology; Medical imaging

人工智能 (artificial intelligence, AI) 应用于临床影像学中, 以图像分析为主, 使得医学图像分析形式发生较大转变<sup>[1]</sup>。早期口腔成像主要依赖人工手段, 耗时、耗力明显, 且主观性强; 而将口腔影像学与AI技术结合能够快速、准确提取口腔影像特征。其中卷积神经网络 (CNN)、生成对抗网络 (GAN)、自然语言处理 (NLP)、影像报告的自动化生成等, 均为AI的应用优势<sup>[2]</sup>。虽然AI在口腔影像中的应用愈加广泛, 但是仍受到诸

多限制。本文主要对AI核心技术概述、AI在口腔影像中的具体应用、AI在口腔疾病影像诊断中应用的局限性进行综述, 旨在为后续口腔医学诊断技术选择提供参考。

#### 1 AI核心技术概述

AI具有模拟、延伸、扩展人类智能的特点, 其以计算机算法为主, 通过让机器学习数据中的模式、规律形式, 可对未知数据进行预测与分类

等处理<sup>[3]</sup>。

1.1 AI主要技术框架 AI应用在口腔疾病影像诊断中,涵盖数据获取与处理、模型构建与训练、诊断结果输出等多方面的内容。借助于整合各类技术的方式,可构建完善、优化的智能诊断系统。而此框架的建立,依赖于先进算法、强大的计算能力、高质量医学影像数据。

1.1.1深度学习 在口腔影像诊断方面,CNN能够对牙齿形态、牙周组织表现等影像特征进行自动提取。基于大量标注数据训练,CNN模型在识别龋齿、牙周炎方面优势突出,准确性良好。以龋齿诊断为例,CNN能够观察到牙齿表面存在微小龋洞,且准确率较高<sup>[4]</sup>。GAN由生成器、判别器构成,应用在口腔医学中,以数据增强、生成虚拟口腔影像为主要优势。同时,GAN在增强、修复低质量影像方面作用显著,可减少废片率,提高影像清晰度。针对模糊的口腔X光片,以GAN算法进行处理,可重建模糊部位,从而协助临床做出明确诊断<sup>[5]</sup>。

1.1.2 NLP与影像报告自动化生成 将NLP与影像分析结果结合,能够直接自动生成影像报告。实际应用过程中,医生仅需要将影像分析数据输入,NLP模型即可结合预设规则、模板等,生成相应的诊断报告<sup>[6]</sup>,从而缩短医生撰写报告的时间,有效规避因人为书写错误因素所致的信息误差。

1.1.3迁移学习与小样本学习 医学影像数据标注工作量较大,并且要求操作者具备丰富、专业的医学知识,耗时较多。而在AI领域,在迁移学习基础上,可有效结合自然图像识别算法,将训练完成的模型应用在医学影像领域<sup>[7]</sup>,可降低大规模标注数据依赖程度。就小样本学习而言,以少量样本为主,使模型有效学习、识别,适用于口腔疾病影像罕见病例的诊断与分析中。

1.2 数据预处理与增强技术 口腔影像诊断是否准确,与成像质量高低息息相关。通过影像归一化、裁剪、滤波相关处理,能够保证影像格式一致,进而提高影像质量。在处理原始数据过程中,利用旋转、翻转与缩放变换形式,生成大量训练样本,使得数据更为多样,进而提高模型泛化程度。相关研究指出<sup>[8]</sup>,开展口腔CBCT影像检查过程中,AI可从不同角度获取影像信息,并模拟不同拍摄条件,可见模型能够与诸多临床复杂情况适应。

1.2.1口腔影像标准化与去噪方法 口腔影像采集期

间,诸多因素均会干扰总体质量,最终影响诊断准确性。而标准化方法的应用,能够统一不同设备采集影像,进而提高其可比程度。此外,去噪方案借助于算法将影像内的噪声去除,在促进影像清晰度、细节方面优势突出。研究发现<sup>[9]</sup>,获取患者口腔X光片后,借助于小波变换等算法开展降噪处理,牙齿与其周围组织的边界清晰度明显提升,临床诊断准确性提高。

1.2.2三维影像重建 三维影像重建涉及CBCT、口腔内扫描相关技术,基于三维影像重建技术,临床能够清晰观察到患者牙齿、颌骨结构情况,从而实现对复杂病例的诊断与治疗。术前以CBCT三维影像重建进行诊断,可获取精准的牙槽骨高度、宽度与密度数据,选择适宜的种植体、种植位置,从而有效提升种植手术成功率<sup>[10]</sup>。

## 2 AI在口腔影像中的具体应用

### 2.1 疾病检测与诊断

2.1.1龋齿检测 现阶段,AI的应用可实现对早期龋损的识别,并且能够达到深度分类目的。通过应用CNN等深度学习算法,能够分析口腔X光片、口内扫描影像结果。与此同时,借助于大量标注数据训练的形式,相关模型可对牙齿表面微小龋损进行识别。部分算法能够对龋损深度进行判断,从而明确患者疾病严重程度。相关研究指出<sup>[11]</sup>,基于CNN龋齿检测模型,对患者早期龋损识别准确率能够达到90%。

2.1.2牙周病分析 临床诊断期间,可通过X线片明确患者牙周骨丢失情况。在牙周病诊断中,AI技术能够对牙槽骨水平进行分析。临床报道指出<sup>[12]</sup>,采用CNN测量X线开展牙槽骨水平测定,获取全景X线片后,对骨区域、牙齿情况的辨别能力优异。此外,借助于生成性对抗性修复网络技术,能够对牙周附着水平进行有效预测,且与临床医生测量误差低于1 mm。

2.1.3根尖周病变 AI技术的应用,可有效提高根尖周病变的诊断准确性。有报道指出<sup>[13]</sup>,借助曲面体层片实施分割,并通过CNN算法对大量图像进行训练、测试与分割,有助于提高根尖周炎总体诊断准确性,并且敏感性、特异性指标优异。针对慢性根尖周炎患者的临床诊断,应用CBCT图像测试技术,不仅能够提高病变检出率,而且在定位病变牙,对患牙进行编号方面优势突出<sup>[14]</sup>。由此可见,CNN能够在曲面体层片、

CBCT中应用,并且能够实现对根尖周炎的有效定位,可为临床提供病变相关信息。根尖周炎的临床治疗以根管治疗方案为主,实际操作期间,根尖孔定位关系根管的治疗效果。以往主要是通过根尖定位仪定位根尖孔,而X线片定位存在一定误差;而AI的应用有助于促进X线片定位根尖孔的准确性。有报道指出<sup>[15]</sup>,人工神经网络(ANN)评估根管长度的诊断准确性达96%,有望替代根尖定位仪。

**2.1.4 口腔癌筛查** 现阶段,AI应用在口腔癌筛查中已经取得一定的进展。实际应用过程中,对口腔影像实施异常组织分割,并完成恶性风险评估等操作,可尽早发现口腔癌,指导临床后续治疗的开展。通过应用U-Net及其变体等先进深度学习算法,能够对影像内的异常组织进行精确分割。此外,与机器学习算法相结合,进一步分析分割组织的特征,能够判断疾病恶性风险。该技术的应用不仅能够提升口腔癌检查准确性,而且还可确保患者获得及时治疗,最终改善其预后<sup>[16]</sup>。

## 2.2 影像分割与解剖结构识别

**2.2.1 牙齿与牙根分割** U-Net模型属于经典的深度学习分割模型,在牙齿、牙根分割中的应用广泛。U-Net模型网络结构较为特别,可对影像信息进行有效捕捉,从而精确分割牙齿、牙根。与此同时,基于大量的口腔影像训练,即便是口腔背景复杂,U-Net模型也能够准确获取牙齿、牙根相关信息。以根管治疗患者为对象,开展影像学检查过程中,以U-Net模型为基础,临床医师可获得患者根管形态、走向的准确信息,进而使得患者治疗成功率提升<sup>[17]</sup>。

**2.2.2 颌骨结构及神经管定位(种植牙术前规划)** 种植作为口腔科常见手术形式,需要通过明确颌骨结构、神经管位置等信息开展相关操作,从而帮助患者避免手术相关风险。AI的应用,可分析CBCT影像,进而对颌骨结构、神经管进行精确定位。而结合深度学习算法,相关模型可对颌骨边界、密度等进行准确识别,并为临床提供神经管位置与走向的精准信息。以此为前提,对种植牙手术进行术前规划,选择适宜的种植体位置、长度等,能够进一步完善手术方案,降低手术风险,从而促进种植牙成功率提升<sup>[18]</sup>。

## 2.3 正畸与修复治疗辅助

**2.3.1 自动头影测量分析** 自动头影测量分析(CBCT)属于正畸、颅面手术中诊断与治疗计划

中的关键性内容之一,在治疗结果评估方面价值确切。准确识别头影测量解剖标志属于头影测量分析的初始步骤。但是在实际操作过程中,人工标记点环节的任务难度大,繁琐程度高。而AI技术的应用,可实现头影测量标志点的自动识别与分析,且准确性高,平均误差在临床可接受范围内。正畸治疗患者术前多需要拍摄CBCT,而AI技术的应用可有效提高诊断精准度。正畸医生在生长潜力评估中,多以颈椎成熟(CVM)分期为标准。临床研究指出<sup>[19]</sup>,将CNN应用在颈椎成熟状态评估中,获取大量头颅侧位片,基于AI模型的应用,可获取准确的辨别结果。

**2.3.2 隐形矫治方案设计与模拟** 在隐形矫治方案设计与模拟阶段,AI技术发挥着重要的价值。通过分析患者口腔三维扫描数据,AI技术能够生成个性化隐形矫治计划。同时,AI也能够模拟牙齿在矫治期间的移动过程。而医生根据模拟结果,可及时调整与优化治疗方案,在提高矫治效果的同时,还可促进患者熟知度提升。AI技术的应用,有利于提高隐形矫治方案设计效率、准确性,并模拟患者治疗预期效果,对强化患者治疗信心作用显著<sup>[20]</sup>。

**2.3.3 义齿设计自动化与咬合关系分析** 通过对口腔三维影像数据的准确处理,基于AI模型,形成义齿设计方案。而临床医师结合该方案,确定义齿形状、大小、位置等,可进一步提高种植效果。此外,借助于有限元分析技术,进一步模拟义齿咬合关系,能够保证患者佩戴义齿后的舒适度,保证其咀嚼功能,维持良好的咬合关系<sup>[21]</sup>。此技术的应用,对促进义齿设计效率、质量的提升具有重要价值。

## 3 AI在口腔疾病影像诊断中应用的局限性

AI在口腔疾病影像诊断中应用的局限性:一是受到人工标注精度限制。AI模型在训练期间,以手工标注形式为主,这就需要医师应用大量时间、精力完成精细标注<sup>[22]</sup>,且易受医师主观因素影响。因此,人工标注精度会影响研究结果的准确度,进而导致不同程度的误差。二是可解释性较弱。部分情况下,AI无法用人类理解语言、逻辑、因果关系等对相关原理与依据进行解释,进而导致其在临床实践中应用受限。目前人们无法寻找AI网络模型用于数据集的分析,并且在出现错误之后,无法有目的地改进模型算

法。三是模型泛化能力不足。从AI训练问题方面来看,训练数据集较小。同时,就单个研究数据集来源来看,在属于同一医院、机构时,AI模型在训练集外数据集方面缺乏良好的稳定性<sup>[23]</sup>。四是开展增量学习难度大。就现阶段各类AI训练模型系统框架而言,难以实施增量学习。从神经网络的权重连接系数方面来看,虽然能够作为AI建立的模型本质,但是新神经网络调改缺乏定向性。在此情况下,新、旧训练数据之间存在不同程度的差异,最终影响新训练网络走向。

#### 4 总结

AI在口腔疾病影像诊断中应用广泛,并且性能良好,不仅速度较快,而且具有自动化优势,在缓解影像科医师诊断压力方面作用显著。现阶段,科技水平不断提升,使得AI成为必然趋势。但是在后续研究中,还应进一步提高AI系统训练,积极开发新算法,避免数据误差。未来实验开展时,需要积极观察数据集的偏差,并促进算法开发与训练的提升,最终确保AI准确性。虽然AI提高现有医疗条件下的诊断、决策、治疗期间医学成像的可能性,但是无法取代人类专家。

#### [参考文献]

- [1]帕克扎提·色依提,王铁梅,徐子能,等.基于深度学习在曲面体层图像中人工智能辅助诊断系统初步研究[J].口腔医学研究,2021,37(9):845-849.
- [2]廖永珍,王晓辉,邱洁,等.2003-2023年口腔癌智慧医疗文献循证可视化及对比分析[J].国际口腔医学杂志,2025,52(1):50-60.
- [3]齐帅,张旗.卷积神经网络在牙体牙髓病影像诊断中的研究应用[J].口腔医学研究,2023,39(11):960-964.
- [4]崔文君,杨海燕,贾岩龙.基于改进的YOLOv8口腔全景影像智能诊断的研究[J].现代计算机,2024,30(23):31-36.
- [5]楚晓红,刘勇,孙娟.人工智能在三叉神经痛诊疗中的应用[J].重庆医学,2024,53(24):3720-3725.
- [6]王诗萌,吴芳龙,周红梅.“人工智能+”在口腔黏膜病教学中的应用思考与发展趋势[J].中国医药导报,2024,21(32):77-81.
- [7]叶元龙,曾维,陈金龙,等.生成式人工智能在口腔医学领域应用价值的比较研究[J].华西口腔医学杂志,2024,42(6):810-815.
- [8]杨一泓,徐庭轩,马诚阳,等.基于AI技术的口腔疾病辅助诊断小程序的设计和应用[J].电脑编程技巧与维护,2024(9):58-60,129.
- [9]郭静,张瑞文,张东杰,等.人工智能口腔实景图像识别技术用于龋齿筛查的效能研究[J].空军军医大学学报,2024,45(10):1140-1146.
- [10]廖健,谢磊,李峥峥,等.人工智能+口腔正畸远程诊疗系统创新与实践[J].中国数字医学,2024,19(9):14-20.
- [11]苏复海,陈云鹏,梁有明,等.机器人辅助与DSA引导经皮穿刺三叉神经球囊压迫术临床对比分析[J].中国神经精神疾病杂志,2024,50(8):470-475.
- [12]何禹龙,包崇云.基于CBCT图像分析下颌第三磨牙阻力来源的人工智能口腔外科医师[J].中国口腔颌面外科杂志,2024,22(4):339-345.
- [13]郝逸航,黄美畅,李茂,等.人工智能在根尖周囊肿病理诊断中的初步应用[J].口腔疾病防治,2023,31(9):641-646.
- [14]吴玮,黄杰,黄宇华,等.应用计算机辅助诊断技术对口腔鳞状细胞癌组织病理图像进行自动检测的价值[J].现代肿瘤医学,2023,31(3):459-463.
- [15]李妍熹,曾晓华,石易鑫,等.国产动态导航系统用于种植体植入的评价[J].临床口腔医学杂志,2021,37(12):745-748.
- [16]李文龙.医疗机器人的应用优势及其在口腔领域的设计创新[J].工业设计,2021(10):54-56.
- [17]颜文城,李俊震,陈玫,等.人工智能在牙体牙髓病学领域的应用研究[J].医学信息学杂志,2021,42(9):63-67.
- [18]吴煜,邹士琦,王霄.口腔种植机器人在口腔种植手术中的初步应用[J].中国微创外科杂志,2021,21(9):787-791.
- [19]邢乐君,陈飞,贾婷婷,等.机器人辅助定位平阳霉素注射治疗口腔颌面部脉管畸形的研究与应用[J].口腔医学,2021,41(8):699-703.
- [20]孟凡皓,田瑜,乔波,等.基于大规模临床数据深度学习的口腔疾病人工智能预防与诊断平台的构建[J].精准医学杂志,2020,35(6):497-500.
- [21]朱红标,刘强冬,曾子强,等.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.
- [22]齐帅,张旗.卷积神经网络在牙体牙髓病影像诊断中的研究应用[J].口腔医学研究,2023,39(11):960-964.
- [23]朱红标,刘强冬,戴芳,等.深度学习在口腔医学图像分析中的研究进展[J].中国实用口腔科杂志,2023,16(4):488-492.

收稿日期: 2025-3-21 编辑: 张孟丽