

人工智能在牙体牙髓病学领域的应用研究

颜文城 李俊震 陈 玫 卢艳红

(厦门医学院附属口腔医院 厦门 361008)

[摘要] 详细阐述人工智能在牙体牙髓病中的应用情况, 涵盖诊断、治疗、预测等方面, 分析其面临的挑战, 包括医学数据采集、医学伦理等问题, 以期为该领域临床诊疗提供参考。

[关键词] 人工智能; 深度学习; 口腔医学; 牙体牙髓病学

[中图分类号] R-058 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.3969/j.issn.1673-6036.2021.09.012

Study on the Application of Artificial Intelligence in the Field of Dental Endodontics YAN Wencheng, LI Junzhen, CHEN Mei, LU Yanhong, Stomatological Hospital of Xiamen Medical College, Xiamen 361008, China

[Abstract] The paper elaborates the application situation of Artificial Intelligence (AI) in endodontics, covering diagnosis, treatment, prediction and other aspects, and analyzes the challenges, including medical data collection and medical ethics issues, so as to provide references for clinical diagnosis and treatment in this field.

[Keywords] Artificial Intelligence (AI); deep learning; stomatology; endodontics

1 引言

人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 是利用机器模拟人类智能行为的技术。约翰·麦卡锡于1955年提出“人工智能”一词, 用来解释机器执行属于智能活动范围任务的行为^[1]。此后人工智能相关研究开始发展。人工神经网络是最早开发的人工智能算法之一, 其目的在于建立功能类似人脑的神经网络。深度学习结构^[2]可以从滤波器的抽象层中提取特征, 主要用于处理大而复杂的图像。口腔学科诊疗涉及较多图像, 如患者口内拍照或扫描照片、二维X光片 (口腔内和全景) 以及三维锥束计算机断层扫描 (Cone Beam Computed Tomography, CBCT) 等, 应用具有较强图片算法的人工智能技术有助于提高口

腔科诊断的准确性和有效性。AI技术广泛应用于口腔医学各领域, 帮助和指导医生做出决策^[3-6]。牙体牙髓病学是口腔专业重要组成部分, 牙体牙髓科医生诊断主要依据患者口内临床检查、病史和影像学资料等。近年来AI助力牙体牙髓科疾病相关研究逐渐增多并取得较好成果。本文针对AI在口腔医学牙体牙髓病中辅助诊断、治疗和疾病预测方面的研究进展进行总结, 以期为该领域临床诊疗提供参考。

2 人工智能在牙体牙髓病中的应用

2.1 AI辅助牙体牙髓病诊断

2.1.1 龋病 牙体牙髓科常见病, 是在以细菌为主的多种因素影响下, 牙体硬组织发生慢性进行性破坏的疾病, 早期发现、治疗是关键^[7]。但部分发生于牙齿邻面或者深窝沟的龋齿早期较难通过口内检查发现。因此口腔科影像学检查 (包括全景、根尖片和咬合片) 被广泛应用, 其是检测龋齿的高度

[收稿日期] 2021-02-25

[作者简介] 颜文城, 硕士, 医师, 发表论文1篇。

可靠工具。但医生阅片、诊断较易受个人经验影响,且由医生逐一阅片的方式不利于大规模龋齿筛查诊断。有学者试图应用人工智能解决这一问题,其中卷积神经网络(Convolution Neural Network, CNN)已成功应用于其他医学学科领域,如计算分析乳房X线片以诊断乳腺癌^[8]、筛查皮肤癌^[9]或糖尿病视网膜病变^[10]。Lee J H、Kim D H和Jeong S N等^[11]基于深度卷积神经网络算法建立模型,用3 000张根尖片训练和测试其对龋齿的诊断能力,结果表明前磨牙和磨牙根尖片龋齿诊断正确率为82.0%。该算法在前磨牙和磨牙模型上的AUC值为0.845,效果较好。是一种非电离成像技术,其成像原理是是一种非电离成像技术,其成像原理是牙齿不同矿化区域(即龋齿和正常牙体组织)对近红外光散射和吸收存在差异。Casalegno F、Newton T和Daher R等^[12]获得牙齿近红外光透照,经深度学习模型中检查牙齿是否患龋,最终证明智能模型具有较好检测能力,其中对于牙齿咬合面部位的龋齿检出率达83.6%。Schwendicke F、Elhennawy K和Paris S等^[13]开展关于人工智能从近红外光透照图像中诊断出龋齿相关研究,结果表明模型性能较好。值得注意的是该研究取材来源是离体牙,非患者直接口内拍照,与实际情况可能存在一定差异。但是X线或近红外光透照不够方便。鉴于此Zhang X、Liang Y和Li W等^[14]基于卷积神经网络的深度学习系统,从志愿者所提供口腔照片中检测龋齿,模型图像灵敏度为81.90%。这些照片来自普通消费级相机,对于实现大规模、初步、有效和经济的龋齿筛查诊断具有积极意义。

2.1.2 根尖周病 发生于根尖周围组织的炎症性疾病,又称根尖周炎。Setzer F C、Shi K J和Zhang Z等^[15]基于U-Net架构用深度学习算法成功将CBCT影像分割为根尖病变区、牙齿结构区、骨骼区、修复材料区和背景区,在诊断根尖周病变时实现与临床医生相当的结果,根尖周病变检出准确率为93%。Orhan K、Bayrakdar I S和Ezhov M等^[16]对153个根尖周病变CBCT影像进行人工智能检测,其可靠性为92.8%,表明基于深度学习方法的人工智能系统在通过CBCT图像检测根尖周病变方面具有

临床应用价值。此外有学者利用深度卷积神经网络检测全景牙片图像上的根尖病变,鉴别效果较好^[17]。

2.1.3 根折 常见的有牙根纵折,是指发生在牙根的纵行裂开,因为破坏发生在深部牙根,检查不易发现。人工智能可以用来辅助诊断牙根纵折。Johari M、Esmaili F和Andalib A等^[18]设计一种概率神经网络(Probabilistic Neural Network, PNN),通过根尖周X线片和CBCT片诊断牙根是否存在纵折,准确率达96.6%。其中在CBCT图像上检测比在根尖X线片上更准确。但是该项研究存在一定局限性,研究使用单根前磨牙且图像不涉及牙齿邻近的解剖结构,这与实际口腔内情况存在差异。Fukuda M、Inamoto K和Shibata N等^[19]开展卷积神经网络在全景片中检测牙根纵折相关研究,取得93%的准确率。有学者^[20]发现人工智能网络在牙根水平根折检测中具有足够的敏感性、特异性和准确性。

2.1.4 多生牙 又称为额外牙,是除正常牙数之外多生的牙齿。Kuwada C、Ariji Y和Fukuda M等^[21]以口腔全景片图像为研究对象,比较3种深度学习系统对图像上的多生牙(限于上颌前牙区)检测分类效果。研究结果发现其中“DetectNet系统”诊断效能值最高,对上颌切牙区多生牙检测分类具有一定应用价值。此外该系统将适用于自动检测。

2.2 AI辅助牙体牙髓病治疗

2.2.1 分诊 牙体牙髓科治疗可能会因为一些口腔医生无法预见的原因而失败,此类情况可以通过治疗初始仔细评估病例难度或转诊给上级医师、专家从而避免发生。Mallishery S、Chhatpar P和Banga K S等^[22]提出使用一种机器学习算法,可以帮助预测病例难度水平,还将提供自动化患者分诊从而提高决策和转诊速度。

2.2.2 根管治疗 采用专用器械和方法对根管进行预备,通过有效药物对根管进行消毒灭菌,最后严密根管充填,从而达到控制感染、修复缺损、促进根尖周病变愈合、防止根尖周病变发生等目的^[23]。该方法是目前最有效、最常用的牙髓相关疾病治疗手段之一,但治疗中遗漏根管情况较常发生。例如下颌第1磨牙远中根管有时不止1个根

管, 未及时探查会直接影响根管治疗效果。Hiraiwa T、Ariji Y 和 Fukuda M 等^[24]研究深度学习系统通过全景 X 线片判断对下颌第 1 磨牙远中根是否存在额外牙根, 准确率达 86.9%, 对辅助根管治疗具有一定意义。根管治疗效果与根管工作长度测定准确性有关。只有当根管内充填恰当终止于根尖缩窄处时才能保证治疗预后^[25]。有学者^[26-27]使用人工神经网络系统计算 X 线片确定工作长度, 取得 93% 的准确率, 高于专业牙体牙髓医师准确率。

2.3 AI 辅助牙体牙髓病预测

2.3.1 原理 人工智能预测口腔疾病的原理在于整合所有临床症状相关数据, 包括患者病史、人口统计学、生活方式以及基因因素等, 通过分类器和人工智能预测模型探索疾病和患者数据之间的关联并帮助确定风险因素优先级, 以此预测疾病结果。

2.3.2 预测个体牙冠表面缺损情况 人工智能可以在不需要进行临床检查的情况下预测个体牙冠表面缺损情况。国外学者^[28]采用人工神经网络建立数学模型。输入数据包括年龄、吸烟者状况、牙刷类型、刷牙情况和是否食用腌制食品与碳酸饮料等。输出数据结果准确率达到 80% 以上。该研究表明利用人工神经网络对牙冠表面缺损进行预测具有可行性及较高精度。

2.3.3 通过公开社会信息预测口腔牙体相关疾病 Hung M、Voss M W 和 Rosales M N 等^[29]提取 2015-2016 年健康报告部分信息, 包括性别、年龄、家庭收入、受教育情况和最后 1 次牙科就医时间等, 应用人工智能技术, 根据此类公开信息预测是否患有根龋。所开发机器学习算法对根面龋识别准确率为 97.1%, 而曲线下面积为 0.997。研究发现年龄是与根龋最密切相关的特征。该项研究中所开发机器学习算法表现良好, 未来可能帮助牙科和非牙科专业人员对老龄人口根龋进行早期干预。

3 人工智能助力口腔医学挑战和潜力

3.1 挑战

3.1.1 医学数据采集问题 当前人工智能在口腔专业应用面临数据整理和共享等问题^[30]。人工智能

测试阶段需要大量训练资料, 用于培训和测试的样本量以及用于参考和比较测试的信息均存在差异, 影响结果稳定性、可比性和普遍性^[31]。在实际应用中实现资料标准化较为困难, 如各家医院口腔 CBCT 显示图像因为品牌机器和曝光条件的不同而差异较大。此外研究方案存在差异, 人工智能在诊断龋病相关研究中所根据的资料不同, 包括真实口内根尖片照片、离体牙 X 线照片等^[32]。为规范数据整理、提高数据质量, 有学者提出可建立 1 个开放存取的公共标准数据集, 其中包含全面的人口统计学、临床、实验和治疗等数据, 以便于评估和比较不同算法, 这将是未来人工智能发展的一项关键任务^[33-34]。

3.1.2 医学伦理问题 人工智能在医学领域包括口腔医学的广泛应用必须取得医生和患者共同信任, 而过去人工智能算法常被称为“黑匣子”^[35], 原因之一是其缺乏易于人类理解和可视化的特征, 即无法合理解释人工智能的内在作用, 影响使用者信任度。此外人工智能应用面临责任问题。无监督人工智能诊断的出现使得责任边界越来越模糊, 当前人类社会和道德规范对其不适用^[36], 对于人工智能在临床上的应用需建立明确指导方针和法律责任判断。人工智能应用发展应确保其不会对人类健康造成伤害^[37]。医生应该对每位患者健康以及信息使用方式负责^[38], 在面对人工智能提供信息时应始终保持警惕和谨慎态度^[39]。

3.2 发展潜力

口腔医学是人工智能算法应用较有潜力的学科, 特别是在具有较高就诊量的牙体牙髓科领域。该领域使用大量数字化成像和电子健康记录, 利于人工智能技术发挥作用。对口腔医生而言, 人工智能是一种有效辅助工具, 有助于增强诊断能力、减轻工作负担^[40], 以更低成本实现更广泛人群口腔健康, 促进学科发展。

4 结语

人工智能在口腔医学应用进展迅速, 以牙体牙髓学科为例, 其在诊断、治疗和预后预测方面具有一定

应用价值,然而在数据获取、伦理道德等方面面临挑战。通过完善设计和未来长期临床验证,借助更大、更可靠的数据集,人工智能将更加精准、友好、透明。未来人工智能助力下的口腔医学发展应继续将患者利益作为核心,不断完善相关法律和制度支持。

参考文献

- 1 McCarthy J. Artificial Intelligence, Logic and Formalizing Common Sense [EB/OL]. [2020 - 04 - 20]. [https://www.doc88.com/p-74059492378054.html? r=1](https://www.doc88.com/p-74059492378054.html?r=1).
- 2 Burt J R, Torosdagli N, Khosravan N, et al. Deep Learning beyond Cats and Dogs: recent advances in diagnosing breast cancer with deep neural networks [J]. *Br J Radiol*, 2018, 91 (1089): 20170545.
- 3 Shan T, Tay F R, Gu L. Application of Artificial Intelligence in Dentistry [J]. *J Dent Res*, 2021, 100 (3): 232 - 244.
- 4 Khanagar S B, Al - Ehaideb A, Maganur P C, et al. Developments, Application, and Performance of Artificial Intelligence in Dentistry - a systematic review [J]. *J Dent Sci*, 2021, 16 (1): 508 - 522.
- 5 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.
- 6 韩生伟, 韩伟. 人工智能技术在口腔医学领域的应用进展 [J]. *口腔医学研究*, 2020, 36 (6): 519 - 522.
- 7 Monte - Santo A S, Viana S V C, Moreira K M S, et al. Prevalence of Early Loss of Primary Molar and Its Impact in Schoolchildren's Quality of Life [J]. *Int J Paediatr Dent*, 2018, 28 (6): 595 - 601.
- 8 Becker A S, Marcon M, Ghafoor S, et al. Deep Learning in Mammography: diagnostic accuracy of a multipurpose image analysis software in the detection of breast cancer [J]. *Invest Radiol*, 2017, 52 (7): 434 - 440.
- 9 Esteva A, Kuprel B, Novoa R A, et al. Dermatologist - level Classification of Skin Cancer with Deep Neural Networks [J]. *Nature*, 2017, 542 (7639): 115 - 118.
- 10 Gulshan V, Peng L, Coram M, et al. Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs [J]. *JAMA*, 2016, 316 (22): 2402 - 2410.
- 11 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.
- 12 Casalegno F, Newton T, Daher R, et al. Caries Detection with Near - infrared Transillumination Using Deep Learning [J]. *J Dent Res*, 2019, 98 (11): 1227 - 1233.
- 13 Schwendicke F, Elhennawy K, Paris S, et al. Deep Learning for Caries Lesion Detection in Nearinfrared Light Transillumination Images: a pilot study [J]. *J Dent*, 2020 (92): 103260.
- 14 Zhang X, Liang Y, Li W, et al. Development and Evaluation of Deep Learning for Screening Dental Caries from Oral Photographs [EB/OL]. [2021 - 04 - 08]. [https://www.researchgate.net/publication/347197611 _ Development_and_evaluation_of_deep_learning_for_screening_dental_caries_from_oral_photos](https://www.researchgate.net/publication/347197611_Development_and_evaluation_of_deep_learning_for_screening_dental_caries_from_oral_photos).
- 15 Setzer F C, Shi K J, Zhang Z, et al. Artificial Intelligence for the Computer - aided Detection of Periapical Lesions in Cone - beam Computed Tomographic Images [J]. *J Endod*, 2020, 46 (7): 987 - 993.
- 16 Orhan K, Bayrakdar I S, Ezhov M, et al. Evaluation of Artificial Intelligence for Detecting Periapical Pathosis on Cone - beam Computed Tomography Scans [J]. *Int Endod J*, 2020, 53 (5): 680 - 689.
- 17 Ekert T, Krois J, Meinhold L, et al. Deep Learning for the Radiographic Detection of Apical Lesions [J]. *J Endod*, 2019, 45 (7): 917 - 922.
- 18 Johari M, Esmaili F, Andalib A, et al. Detection of Vertical Root Fractures in Intact and Endodontically Treated Premolar Teeth by Designing a Probabilistic Neural Network: an ex vivo study [J]. *Dentomaxillofac Radiol*, 2017, 46 (2): 20160107.
- 19 Fukuda M, Inamoto K, Shibata N, et al. Evaluation of an Artificial Intelligence System for Detecting Vertical Root Fracture on Panoramic Radiography [J]. *Oral Radiol*, 2020, 36 (4): 337 - 343.
- 20 Kositbowornchai S, Plermkamon S, Tangkosol T. Performance of an Artificial Neural Network for Vertical Root Fracture Detection: an ex vivo study. [J] *Dent Traumatol*, 2013, 29 (2): 151 - 155.
- 21 Kuwada C, Arijji Y, Fukuda M, et al. Deep Learning Systems for Detecting and Classifying the Presence of Impacted Supernumerary Teeth in the Maxillary Incisor Region on Panoramic Radiographs [J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 2020, 130 (4): 464 - 469.
- 22 Mallishery S, Chhatpar P, Banga K S, et al. The Precision of Case Difficulty and Referral Decisions: an innovative au-

- tomated approach [J]. Clin Oral Investig, 2020, 24 (6): 1909 – 1915.
- 23 樊明文. 牙体牙髓病学 第4版 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2012.
- 24 Hiraiwa T, Arij 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 Radiol, 2019, 48 (3): 20180218.
- 25 Baugh D, Wallace J. The Role of Apical Instrumentation in Root Canal Treatment: a review of the literature [J]. J Endod, 2005, 31 (3): 333 – 340.
- 26 Saghiri M A, Asgar K, Boukani K K, et al. A New Approach for Locating the Minor Apical Foramen Using an Artificial Neural Network [J]. Int Endod J, 2012, 45 (3): 257 – 265.
- 27 Saghiri M A, Garcia G F, Gutmann J L, et al. The Reliability of Artificial Neural Network in Locating Minor Apical Foramen: a cadaver study [J]. J Endod, 2012, 38 (8): 1130 – 1134.
- 28 Al Haidan Ali, Abu – Hammad Osama, Dar – Odeh Najla. Predicting Tooth Surface Loss Using Genetic Algorithms – optimized Artificial Neural Networks [J]. Comput Math Methods Med, 2014 (2014): 106236.
- 29 Hung M, Voss M W, Rosales M N, et al. Application of Machine Learning for Diagnostic Prediction of Root Caries [J]. Gerodontology, 2019, 36 (4): 395 – 404.
- 30 Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, et al. Artificial Intelligence in Radiology [J]. Nat Rev Cancer, 2018, 18 (8): 500 – 510.
- 31 Schwendicke F, Samek W, Krois J. Artificial Intelligence in Dentistry: chances and challenges [J]. J Dent Res, 2020, 99 (7): 769 – 774.
- 32 Prados – Privado M, García Villalón J, Martínez – Martínez C H, et al. Dental Caries Diagnosis and Detection Using Neural Networks: a systematic review [J]. J Clin Med, 2020, 9 (11): 3579.
- 33 Greenspan H, Ginneken B V, Summers R M. Guest Editorial: deep learning in medical imaging: overview and future promise of an exciting new technique [J]. IEEE Trans Med Imaging, 2016, 35 (5): 1153 – 1159.
- 34 Hwang J J, Jung Y H, Cho B H, et al. An Overview of Deep Learning in the Field of Dentistry [J]. Imaging Sci Dent, 2019, 49 (1): 1 – 7.
- 35 Anifowose F A. Artificial Intelligence Application in Reservoir Characterization and Modeling: whitening the black Box [C]. Dhahran: Proceedings of the SPE Saudi Arabia section Young Professionals Technical Symposium, 2011: 14 – 16.
- 36 Hauser – Ulrich S, Hansjrg Künzli, Meier – Peterhans D, et al. A Smartphone – based Health Care Chatbot to Promote Self – management of Chronic Pain (selma): pilot randomized controlled trial [J]. JMIR mhealth and uhealth, 2020, 8 (4): e15806.
- 37 Keskinbora K H. Medical Ethics Considerations on Artificial Intelligence [J]. J Clin Neurosci, 2019 (64): 277 – 282.
- 38 Currie G, Hawk K E, Rohren E M. Ethical Principles for the Application of Artificial Intelligence (AI) in Nuclear Medicine [J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2020, 47 (4): 748 – 752.
- 39 Chen Y W, Stanley K, Att W. Artificial Intelligence in Dentistry: current applications and future perspectives [J]. Quintessence Int, 2020, 51 (3): 248 – 2573.
- 40 Recht M, Bryan R N. Artificial Intelligence: threat or boon to radiologists? [J]. J Am Coll Radiol, 2017, 14 (11): 1476 – 1480.

关于《医学信息学杂志》启用

“科技期刊学术不端文献检测系统”的启事

为了提高编辑部对于学术不端文献的辨别能力,端正学风,维护作者权益,《医学信息学杂志》已正式启用“科技期刊学术不端文献检测系统”,对来稿进行逐篇检查。该系统以《中国学术文献网络出版总库》为全文比对数据库,可检测抄袭与剽窃、伪造、篡改、不当署名、一稿多投等学术不端文献。如查出作者所投稿件存在上述学术不端行为,本刊将立即做退稿处理并予以警告。希望广大作者在论文撰写中保持严谨、谨慎、端正的态度,自觉抵制任何有损学术声誉的行为。

《医学信息学杂志》编辑部