

# 卷积神经网络在牙体牙髓病学中的应用进展

陈新月<sup>1</sup> 潘晓予<sup>2</sup> 杨燕<sup>1</sup> 贾媛媛<sup>2</sup> 陈亮<sup>1</sup>

1. 重庆医科大学附属口腔医院牙体牙髓科 重庆 400000;

2. 重庆医科大学医学信息学院 重庆 400000

**[摘要]** 在计算机算法迅速发展的信息时代,深度学习的应用在各个领域均受到了广泛关注,而卷积神经网络则是深度学习中最为典型的网络结构之一,具有突出的学习能力及适应能力,在图像的识别处理上表现尤为出色。与此同时,在牙体牙髓病学的发展过程中,卷积神经网络的应用也越发常见,例如协助医生进行龋病、根尖周病的分析、诊断、治疗、预后评估等,有利于缓解医疗资源紧缺、推动牙体牙髓病学的发展。本文就卷积神经网络在牙体牙髓病学中的应用进展进行总结,并对其未来发展可能进行初步展望。

**[关键词]** 深度学习; 卷积神经网络; 牙体牙髓病学

**[中图分类号]** R781.1 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/gjkq.2024063



开放科学(资源服务)  
标识码(OSID)

## Application progress of convolution neural network in endodontics

Chen Xinyue<sup>1</sup>, Pan Xiaoyu<sup>2</sup>, Yang Yan<sup>1</sup>, Jia Yuanyuan<sup>2</sup>, Chen Liang<sup>1</sup>

1. Dept. of Endodontics, Stomatological Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400000, China; 2. School of Medical Information, Chongqing Medical University, Chongqing 400000, China

Supported by: General Program of Natural Science Foundation of Chongqing Municipality (CSTB2022NSCQ-MSX0128); Chongqing Postdoctoral Research Program (2021XM3062); Chongqing Medical University Future Medical Youth Innovation Team Support Program (W0034)

Correspondence: Chen Liang, Email: chenliang@hospital.cqmu.edu.cn

**[Abstract]** In the information age with the rapid development of computer algorithms, the application of deep learning has received extensive attention in various fields. As one of the most typical network structures in deep learning, a convolutional neural network has outstanding learning ability and great adaptability and plays an important role especially in image recognition and processing. Meanwhile, in the development of endodontics, the application of convolutional neural networks has become increasingly common, such as in assisting doctors in the analysis, diagnosis, treatment, and prognosis evaluation of caries and periapical diseases. Such networks have contributed to alleviating the shortage of medical resources and promoting the development of endodontics. This paper mainly summarizes the application of convolutional neural networks in endodontics and looks forward to its future.

**[Key words]** deep learning; convolution neural network; endodontics

**[收稿日期]** 2023-07-26; **[修回日期]** 2024-02-26

**[基金项目]** 重庆市自然科学基金面上项目(CSTB2022NSCQ-MSX0128); 重庆市博士后研究项目(2021XM3062); 重庆医科大学未来医学青年创新团队发展支持计划(W0034)

**[作者简介]** 陈新月, 医师, 硕士, Email: 2021120627@stu.cqmu.edu.cn

**[通信作者]** 陈亮, 副教授, 博士, Email: chenliang@hospital.cqmu.edu.cn

edu.cn

卷积神经网络(convolution neural network, CNN)作为深度学习中的重要分支,本身是一种多层网络结构,常用于处理多维度的数据信息如图像、视频等<sup>[1]</sup>,在图像检测、识别、分割、配准等<sup>[2]</sup>各类任务中均表现良好,具有高效、准确等特点。目前应用较为广泛的CNN模型主要包括ResNet模型、R-CNN模型、U-net模型等。这些CNN模型的运算主要可以分为卷积层、池化层以

及全连接层。以ResNet模型执行图像分类任务为例（图1所示），图像在输入ResNet模型后首先在卷积层进行原始数据矩阵的卷积运算。随后卷积层输出的特征图像经由池化层进行降维，该层提取特征图像中最为有效的特征，从而实现网络

结构的简化，提高模型运行速率，减少过拟合现象。输入的图像通过多次反复的卷积池化运算抉择出最能体现图像有效特征的卷积核，由该卷积核进行卷积池化运算提取的特征信息最终在全连接层进行非线性组合，输出分类结果。

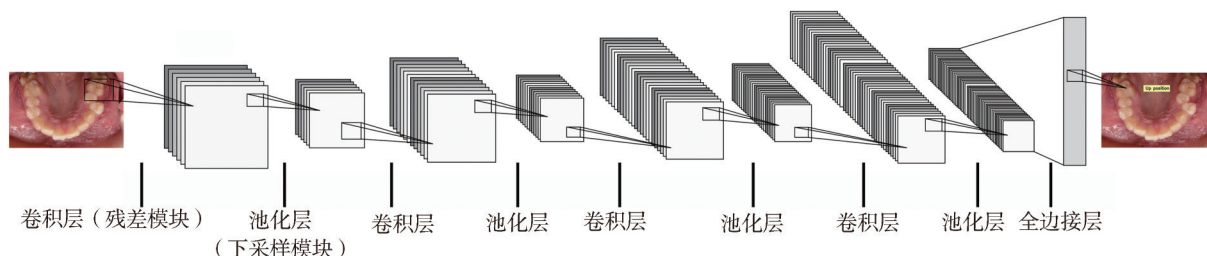


图 1 ResNet模型完成图像分类任务的具体结构

Fig 1 The specific structure of the ResNet model to accomplish the image classification task

在口腔医学领域中，目前已有不少学者尝试将CNN与现阶段口腔诊疗中存在的各类问题相结合。Lahoud等<sup>[3]</sup>就开发出了一种基于U-Net模型的新型分割工具，用于在颌面部锥形束计算机断层扫描（cone-beam computed tomography, CBCT）影像中对下颌神经管进行分割，该工具经验证具有较高的精确度，且分割速率明显优于人工分割。此外，CNN还在口腔疾病的诊断、治疗及预后预测等不同问题的解决中展现出了良好的实用性<sup>[4-9]</sup>，这些研究均证实CNN在口腔医学领域中拥有极其宽广的应用前景。而在牙体牙髓病学的各个方面，CNN的应用同样已经取得了一定的成果，对牙体牙髓病学的发展起着积极的促进作用。本文就其在诊断、治疗及预测等方面的应用进行总结，以期在CNN在牙体牙髓领域的相关应用研究提供参考。

### 1 CNN辅助牙体牙髓疾病的诊断

在当前的口腔临床诊疗中，各类牙体牙髓疾病的诊断仍主要依赖于医生的临床工作经验。而由于临床经验水平各有不齐，不同医生在面对同种病情时的诊断有时也会存在一定的差异，由此出现的误诊、漏诊情况屡见不鲜。此外，牙体牙髓病学发展至今，临床医生及相关医疗资源依旧十分紧张，部分患者的病情常常无法得到最及时的诊治。为解决上述问题，目前已有大量研究<sup>[10-16]</sup>尝试通过大样本数据的输入来对CNN模型进行训练和测试，使其最终能够辅助临床医生进行更准确快速的疾病诊断（图2所示），并取得了较为显著的成果，其中应用较多的CNN网络结构主要包括VGG模型、Resnet模型、U-Net模型等。

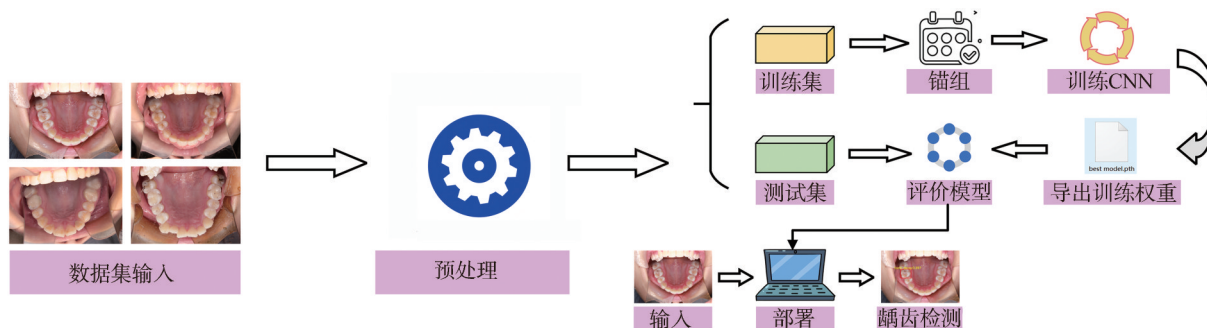


图 2 CNN模型在龋病诊断中的应用示意

Fig 2 Schematic application of CNN model in caries diagnosis

#### 1.1 VGG模型

在牙髓炎及根尖周病变等多项牙体牙髓疾病的诊断分类中，目前已有多项研究<sup>[10-12]</sup>尝试对VGG

模型进行训练和分析，最终促进了其在牙体牙髓疾病诊断中的应用发展。Zhang等<sup>[13]</sup>更是以VGG模型为基础开发出了相关的龋病诊断系统，该系统

能够判断口内图像中是否存在龋病并对其进行定位检测,具有较高的诊断意义。此外,由于研究中用于系统训练的样本为患者的口内图像,所得的诊断系统在大规模群体龋病筛查任务中具有十分重要的作用。

### 1.2 Resnet 模型

有研究<sup>[10]</sup>曾收集411例深龋及433例牙髓炎患者的根尖X线影像作为不同模型的训练数据,使模型能够自动诊断根尖X线影像中的深龋及牙髓炎。随后研究对比发现,Resnet18结合临床参数的多模式CNN模型较其他模型具有更好的诊断性能,其准确率为0.86。而在辅助诊断根尖周病变、根裂等其他牙体牙髓疾病的研究当中,Resnet模型同样表现出了良好的适用性,对实现疾病的自动化诊断具有重要的促进意义<sup>[11,14]</sup>。

### 1.3 U-Net 模型

另一方面,U-Net模型在牙体牙髓疾病诊断分析中的应用也十分常见。Setzer等<sup>[15]</sup>曾尝试将U-Net模型应用于CBCT影像中根尖周病变的诊断,其所构建的诊断模型除能检测根尖周病变外,还能对牙齿、牙槽骨等结构进行自动检测和分割。同一时期Orhan等<sup>[16]</sup>也利用U-Net模型进行了类似的探索,该模型在完成CBCT影像中根尖周病变的检测后,还将进一步对病变所在位置进行识别编号并完成病变区域的体积测量,具有更明确的目的性。两组研究在最终的测试中均取得了较高的准确率,证明了U-Net模型在辅助疾病诊断中的可行性。

此外,还有许多学者基于不同的CNN模型开发构建出了多种不同的辅助诊断系统,从辅助医生进行影像数据的分析处理<sup>[17,22]</sup>到对牙体牙髓疾病的直接检测<sup>[23-28]</sup>等多方面进行了更深入的探索和研究,不仅有利于简化临床诊断中的工作流程,也为牙体牙髓医生提供了更直观有力的诊断参考。

## 2 CNN 辅助牙体牙髓疾病的治疗

与此同时,在牙体牙髓疾病的治疗过程中,由于临床经验及判断水平差异,不同医生在治疗方案的制定上也时常存在差异。CNN在牙体牙髓疾病治疗中的辅助应用恰好可以减少这种主观因素导致的影响,使患者在诊疗过程中获得更加全面准确的治疗。因此,也有不少研究者对CNN在牙体牙髓疾病治疗中的应用进行了相关探索,其

中U-Net模型的使用更是尤为广泛。

Lin等<sup>[29]</sup>便通过对U-Net模型的训练实现了CBCT影像中髓腔的精细识别分割。而Duan等<sup>[30]</sup>也在同期将U-Net模型应用于髓腔的分割任务中。与前者相比,后者所训练的模型除了能对髓腔进行分割外,还能同时完成CBCT影像中牙齿的分割,但其分割性能在Dice相似系数上稍弱于前者。这些研究均证明CNN能够在一定程度上帮助医生快速制定治疗计划,提高临床治疗效率。同时它还能够减少传统方案制定过程中可能存在的主观误差,弥补部分年轻医生临床经验不足的问题,辅助其准确评估髓腔的形状位置,从而降低并发症的发生风险。而除髓腔的形态位置外,根管的工作长度、结构等也是影响牙体牙髓疾病治疗成功率的关键因素。在此基础上,有研究<sup>[31]</sup>对比了Xception U-Net、Residual U-Net以及U-Net三种U-Net模型对下颌第二磨牙C型根管的识别和分割性能。该研究最终评估发现,Xception U-Net模型的表现明显优于其余两者,能够为医生治疗下颌第二磨牙的C型根管提供一定的参考。但该模型在敏感度和阳性预测值上的表现仍然有限,或许需要研究者们进行更进一步的探索。

而除U-Net模型外,AlexNet、GoogleNet、EfficientNet等CNN模型在辅助牙齿及根管形态分析等方面也取得了不小的进展<sup>[32-34]</sup>。这些基于CNN网络的研究均从不同程度上佐证了其在辅助牙体牙髓疾病治疗中的作用,为实现牙体牙髓疾病治疗的标准化、精确化提供了重要的探索和推进方向。

## 3 CNN 辅助牙体牙髓疾病发展预后的预测

口腔医学发展至今,疾病的发展及预后一直是医生及患者所关注的首要内容。为了实现对种植术后效果的预测,曾有研究<sup>[35]</sup>以患者的根尖周及全景影像为训练数据构建出了相关的CNN预测系统。该系统能够对种植术后术区的骨质流失情况进行预测,且具有较高的预测准确率,对于辅助医生及时调整治疗方案、进行早期干预具有重要意义。

而在牙体牙髓病学领域,迄今为止大多相关的疾病预测研究<sup>[36-39]</sup>仍然使用传统的机器学习算法或人工神经网络,CNN在这方面的应用仍处于早期阶段。不过也有一些研究对此进行了相关的探索。Ngnamsie等<sup>[40]</sup>就在一项研究中利用患者的年

龄、口腔病史、牙齿图像等多模态数据,基于包括CNN在内的混合算法对年轻人龋齿的发生风险进行了预测。该算法最终的准确率、召回率和F1分数分别为0.9、0.9和0.89,有利于帮助医生针对龋病高风险患者制定合理的预防治疗计划,同时提升患者自身保健意识,促进口腔健康维护,从而尽可能减少龋病对高风险患者的负面影响。此外,还有研究<sup>[41]</sup>为了实现对龋病等口腔疾病发展演化过程的预测,利用CNN网络建立了相关的智能预防及诊断平台。但该研究目前尚未对所建立的平台进行有效的性能评价,可能需要进一步的探索分析。而对于龋病在治疗过程中可能出现的不良并发症,王丽等<sup>[42]</sup>则尝试以深龋近髓患者的根尖周影像作为训练内容,使计算机模型能够自动预测患者在去龋操作结束后是否会出现髓腔暴露的情况。研究最终分析发现,DenseNet模型和ResNet模型的预测性能可以类比甚至略优于高年资临床医生,有助于帮助医生及时调整治疗方案,降低不良并发症的发生风险。

基于上述研究,CNN网络在疾病预测中的潜力得到了初步印证,对于推动牙体牙髓病学临床发展有着重要的意义。不过目前这方面的研究还较有限,仍需大量实验的探索和发展。

#### 4 总结与展望

当今时代信息技术发展迅速,深度学习在牙体牙髓病学中的应用不仅能够为医生诊疗操作提供参考,同时也有利于减少治疗过程中的繁重工作,提高临床效率,在一定程度上缓解口腔医疗资源紧缺的现状。卷积神经网络作为深度学习领域重要的分支之一,在具备上述优点的同时更是展现出了强大的图像分析和特征提取能力,有助于促进未来牙体牙髓疾病诊疗的自动化、全面化、标准化发展。

但就目前而言,CNN在牙体牙髓领域的应用尚且存在一定的局限性。首先,当前CNN在牙体牙髓病学中的研究大多还集中在辅助诊断及治疗方面,在疾病发展预后的预测方面应用比较有限。这可能与患者术后数据难以收集、共享等因素有关。而在口腔医学其他领域的预测研究<sup>[43-45]</sup>中,CNN已经表现出了令人信服的潜力。在此基础上,牙体牙髓领域的研究者们或许也可以将注意力更多地转向疾病发展预后的预测方面。其次,目前

CNN相关研究多为单中心研究,各研究间缺乏关联,所应用的图像数据、评判标准等也多有差异。这就导致多数研究所建立的模型使用条件单一,难以满足临床复杂的需求,实用价值也相对有限。基于多中心的高质量数据模型的建立或是改善这一现状的重要途径。最后,CNN本身的难解释性和人工智能道德伦理方面的问题也是影响其在临床广泛推行的重要因素。这些问题在未来可能需要研究者们投入更多的关注和思考,以促进CNN在牙体牙髓领域焕发出更蓬勃的生机,为未来牙体牙髓疾病的自动化、智能化诊疗提供支持。

利益冲突声明:作者声明本文无利益冲突。

#### 5 参考文献

- [1] 袁冰清,张杰,王岩松.深度学习[J].数字通信世界,2019,174(6):36-37.  
Yuan BQ, Zhang J, Wang YS. Deep learning[J]. Digit Commun World, 2019, 174(6): 36-37.
- [2] Maier A, Syben C, Lasser T, et al. A gentle introduction to deep learning in medical image processing [J]. Z Med Phys, 2019, 29(2): 86-101.
- [3] Lahoud P, Diels S, Niclaes L, et al. Development and validation of a novel artificial intelligence driven tool for accurate mandibular canal segmentation on CBCT[J]. J Dent, 2022, 116: 103891.
- [4] Lee JH, Kim DH, Jeong SN, et al. Diagnosis and prediction of periodontally compromised teeth using a deep learning-based convolutional neural network algorithm[J]. J Periodontal Implant Sci, 2018, 48(2): 114-123.
- [5] Lee KS, Kwak HJ, Oh JM, et al. Automated detection of TMJ osteoarthritis based on artificial intelligence[J]. J Dent Res, 2020, 99(12): 1363-1367.
- [6] 常菽,王少烽,左飞飞,等.基于深度学习的头颅侧位X线片自动诊断分类研究[J].中华口腔医学杂志,2023,58(6):547-553.  
Chang Q, Wang SF, Zuo FF, et al. Automated diagnostic classification with lateral cephalograms based on deep learning network model[J]. Chin J Stomatol, 2023, 58(6): 547-553.
- [7] Yoo JH, Yeom HG, Shin W, et al. Deep learning based prediction of extraction difficulty for mandibular third molars[J]. Sci Rep, 2021, 11(1): 1954.

- [8] Yamaguchi S, Lee C, Karaer O, et al. Predicting the debonding of CAD/CAM composite resin crowns with AI[J]. *J Dent Res*, 2019, 98(11): 1234-1238.
- [9] Yu HJ, Cho SR, Kim MJ, et al. Automated skeletal classification with lateral cephalometry based on artificial intelligence[J]. *J Dent Res*, 2020, 99(3): 249-256.
- [10] Zheng LW, Wang HL, Mei L, et al. Artificial intelligence in digital cariology: a new tool for the diagnosis of deep caries and pulpitis using convolutional neural networks[J]. *Ann Transl Med*, 2021, 9(9): 763.
- [11] Hu ZY, Cao DT, Hu YN, et al. Diagnosis of *in vivo* vertical root fracture using deep learning on cone-beam CT images[J]. *BMC Oral Health*, 2022, 22(1): 382.
- [12] Calazans MAA, Ferreira FABS, Alcoforado MLMG, et al. Automatic classification system for periapical lesions in cone-beam computed tomography[J]. *Sensors (Basel)*, 2022, 22(17): 6481.
- [13] Zhang X, Liang Y, Li W, et al. Development and evaluation of deep learning for screening dental caries from oral photographs[J]. *Oral Dis*, 2022, 28(1): 173-181.
- [14] Li SH, Liu JL, Zhou ZR, et al. Artificial intelligence for caries and periapical periodontitis detection[J]. *J Dent*, 2022, 122: 104107.
- [15] Setzer FC, Shi KJ, Zhang ZY, 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 IS, Ezhov M, et al. Evaluation of artificial intelligence for detecting periapical pathology on cone-beam computed tomography scans [J]. *Int Endod J*, 2020, 53(5): 680-689.
- [17] Chen H, Zhang KL, Lyu PJ, et al. A deep learning approach to automatic teeth detection and numbering based on object detection in dental periapical films[J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 3840.
- [18] Lahoud P, EzEldeen M, Beznik T, et al. Artificial intelligence for fast and accurate 3-dimensional tooth segmentation on cone-beam computed tomography [J]. *J Endod*, 2021, 47(5): 827-835.
- [19] Hsu K, Yuh DY, Lin SC, et al. Improving performance of deep learning models using 3.5D U-Net via majority voting for tooth segmentation on cone beam computed tomography[J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 19809.
- [20] Tuzoff DV, Tuzova LN, Bornstein MM, et al. Tooth detection and numbering in panoramic radiographs using convolutional neural networks[J]. *Dentomaxillofac Radiol*, 2019, 48(4): 20180051.
- [21] Jang TJ, Kim KC, Cho HC, et al. A fully automated method for 3D individual tooth identification and segmentation in dental CBCT[J]. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell*, 2022, 44(10): 6562-6568.
- [22] Chandrashekar G, AlQarni S, Bumann EE, et al. Collaborative deep learning model for tooth segmentation and identification using panoramic radiographs[J]. *Comput Biol Med*, 2022, 148: 105829.
- [23] Lee JH, Kim DH, Jeong SN, et al. Detection and diagnosis of dental caries using a deep learning-based convolutional neural network algorithm[J]. *J Dent*, 2018, 77: 106-111.
- [24] Moidu NP, Sharma S, Chawla A, et al. Deep learning for categorization of endodontic lesion based on radiographic periapical index scoring system[J]. *Clin Oral Investig*, 2022, 26(1): 651-658.
- [25] Lian LY, Zhu TE, Zhu FD, et al. Deep learning for caries detection and classification[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2021, 11(9): 1672.
- [26] Park EY, Cho H, Kang S, et al. Caries detection with tooth surface segmentation on intraoral photographic images using deep learning[J]. *BMC Oral Health*, 2022, 22(1): 573.
- [27] Buyuk C, Arican Alpay B, Er FS. Detection of the separated root canal instrument on panoramic radiograph: a comparison of LSTM and CNN deep learning methods[J]. *Dentomaxillofac Radiol*, 2023, 52(3): 20220209.
- [28] Ding BC, Zhang Z, Liang YR, et al. Detection of dental caries in oral photographs taken by mobile phones based on the YOLOv3 algorithm[J]. *Ann Transl Med*, 2021, 9(21): 1622.
- [29] Lin X, Fu YJ, Ren GQ, et al. Micro-computed tomography-guided artificial intelligence for pulp cavity and tooth segmentation on cone-beam computed tomography[J]. *J Endod*, 2021, 47(12): 1933-1941.

- [30] Duan W, Chen YF, Zhang Q, et al. Refined tooth and pulp segmentation using U-Net in CBCT image [J]. *Dentomaxillofac Radiol*, 2021, 50(6): 20200251.
- [31] Sherwood AA, Sherwood AI, Setzer FC, et al. A deep learning approach to segment and classify C-shaped canal morphologies in mandibular second molars using cone-beam computed tomography[J]. *J Endod*, 2021, 47(12): 1907-1916.
- [32] Wang YW, Xia WJ, Yan ZN, et al. Root canal treatment planning by automatic tooth and root canal segmentation in dental CBCT with deep multi-task feature learning[J]. *Med Image Anal*, 2023, 85: 102750.
- [33] Yang SJ, Lee H, Jang B, et al. Development and validation of a visually explainable deep learning model for classification of C-shaped canals of the mandibular second molars in periapical and panoramic dental radiographs[J]. *J Endod*, 2022, 48(7): 914-921.
- [34] Hiraiwa T, Arijii 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.
- [35] Zhang CN, Fan LF, Zhang SS, et al. Deep learning based dental implant failure prediction from periapical and panoramic films[J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2023, 13(2): 935-945.
- [36] 庞亮月, 林焕彩. 人工智能在龋病诊疗中的应用[J]. *中华口腔医学研究杂志(电子版)*, 2023, 17(3): 162-166.
- Pang LY, Lin HC. Application of artificial intelligence in the field of dental caries[J]. *Chin J Stomatol Res (Electron Ed)*, 2023, 17(3): 162-166.
- [37] Campo L, Aliaga IJ, de Paz JF, et al. Retreatment predictions in odontology by means of CBR systems [J]. *Comput Intell Neurosci*, 2016, 2016: 7485250.
- [38] Herbst CS, Schwendicke F, Krois J, et al. Association between patient-, tooth- and treatment-level factors and root canal treatment failure: a retrospective longitudinal and machine learning study[J]. *J Dent*, 2022, 117: 103937.
- [39] Qu Y, Lin ZZ, Yang ZJ, et al. Machine learning models for prognosis prediction in endodontic microsurgery[J]. *J Dent*, 2022, 118: 103947.
- [40] Ngnamsie Njimbouom S, Lee K, Kim JD. MMD-CP: multi-modal dental caries prediction for decision support system using deep learning[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(17): 10928.
- [41] 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.
- Meng FH, Tian Y, Qiao Bo, et al. Construction of a nationwide artificial intelligence prevention and diagnosis platform for oral diseases based on deep learning of large-scale clinical data[J]. *J Precis Med*, 2020, 35(6): 497-500.
- [42] 王丽, 吴菲, 肖墨, 等. 基于深度学习的龋源性牙髓炎露髓风险预测[J]. *华西口腔医学杂志*, 2023, 41(2): 218-224.
- Wang L, Wu F, Xiao M, et al. Prediction of pulp exposure risk of carious pulpitis based on deep learning[J]. *West China J Stomatol*, 2023, 41(2): 218-224.
- [43] Ferrer-Sánchez A, Bagan J, Vila-Francés J, et al. Prediction of the risk of cancer and the grade of dysplasia in leukoplakia lesions using deep learning[J]. *Oral Oncol*, 2022, 132: 105967.
- [44] Zhang XY, Gleber-Netto FO, Wang SD, et al. Deep learning-based pathology image analysis predicts cancer progression risk in patients with oral leukoplakia[J]. *Cancer Med*, 2023, 12(6): 7508-7518.
- [45] Kwon D, Ahn J, Kim CS, et al. A deep learning model based on concatenation approach to predict the time to extract a mandibular third molar tooth [J]. *BMC Oral Health*, 2022, 22(1): 571.

( 本文编辑 王姝 )