

## 儿童颜面管理与人工智能\*

关舒文<sup>1</sup> 刘殿全<sup>1</sup> 张庆丰<sup>1</sup>

[摘要] 随着人们对儿童颜面发育美学意识的增强,儿童颜面管理受到多学科医生的重视,人工智能技术因其在医学识别、辅助决策等方面展现的突出优势,已被逐渐应用至儿童颜面管理各个领域。本文就目前人工智能技术在儿童颜面管理的筛查、诊断、治疗、随访中的应用进行文献综述。

[关键词] 儿童颜面管理;人工智能;口腔正畸;耳鼻喉科

DOI:10.13201/j.issn.2096-7993.2023.08.012

[中图分类号] R783.5 [文献标志码] C

## Pediatric oral maxillofacial management and artificial intelligence

GUAN Shuwen LIU Dianquan ZHANG Qingfeng

(Department of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery, Shenzhen University General Hospital, Shenzhen University Clinical Medical Academy, Shenzhen University, Shenzhen, 518055, China)

Corresponding Author: ZHANG Qingfeng, E-mail: zxyyebh@163.com; LIU Dianquan, E-mail: 1123384742@qq.com

**Abstract** With the enhancement of aesthetic awareness of children's oral maxillofacial development, multi-disciplinary doctors pay attention to children's oral maxillofacial management. Artificial intelligence (AI) technology has been gradually applied to all fields of children's oral maxillofacial management because of its outstanding advantages in medical screening and auxiliary decision-making. This article reviews the application of AI technology in the screening, diagnosis, treatment and follow-up of oral maxillofacial management in children.

**Key words** pediatric oral maxillofacial management; artificial intelligence; orthodontics; otorhinolaryngology

随着社会发展水平的进步,人们对于颜面发育的美学追求不断提升,迫切需要医生将医学与美学目标相结合以满足日益更新的患者需求,“儿童颜面管理”概念应运而生。“儿童颜面管理”是指在儿童生长发育的不同时期,通过合理的医疗干预,实现儿童颜面有序健康发育,其中主要通过恢复正常的鼻呼吸及上气道结构,使得儿童建立良好的牙颌关系,防止异常发育及遗传因素的干预。

导致患儿后天性颜面发育障碍的病因有上气道阻塞及错颌畸形这 2 个主要因素,其中上气道阻塞性疾病包括鼻中隔偏曲、后鼻孔闭锁、变应性鼻炎(AR)、鼻腔肿瘤、扁桃体肥大、腺样体肥大、小儿睡眠呼吸暂停低通气综合征、先天性喉蹼、喉软化等疾病<sup>[1-2]</sup>。在儿童发育的生长阶段,尤其是 4~6 岁颜面发育的黄金时期,上气道阻塞和呼吸模式改变会导致腭弓的深度增加,上牙弓变窄,上颌覆盖

增加,前开口咬合和后交叉咬合增加<sup>[3]</sup>,同时口腔内外肌肉的习惯性位置会影响牙齿发育<sup>[4]</sup>。因此,凡是影响这一生长发育过程的因素,均会导致儿童牙列不齐、错颌畸形等一系列影响颜面发育的结果<sup>[5]</sup>。

自 2004 年数学家约翰·麦卡锡(John McCarthy)首次定义了人工智能(artificial intelligence, AI)这一概念后, AI 技术在近 20 年中取得了突飞猛进的发展。在医疗领域, AI 技术可以辅助医疗工作者更快速地发现疾病,更精准地提供诊断参考。此外,对机器学习进行训练,可使其自动分析、预测个体疾病风险,并给出治疗方案。可以预见,在 AI 技术的加持下,智慧医疗时代指日可待。然而,由于儿童生长发育的多系统联动的复杂性, AI 在儿童颜面管理领域的发展与应用仍处于起步阶段,因此在这个即将迎来巨大变革的黎明,我们希望通过本文简要介绍 AI 技术在儿童颜面管理领域的应用,覆盖筛查、诊断、治疗、随访等疾病治疗全流程,给所有在儿童颜面管理方向踽踽独行的同道们,梳理思路,张本继末。

### 1 AI 辅助儿童颜面发育障碍的筛查及诊断

早期诊断以及干预被认为是疾病治疗最重要

\*基金项目:深圳市“医疗卫生三名工程”项目(No: SZSM202003003); 深圳市科技计划资助(No: JCYJ20200109114244249)

<sup>1</sup>深圳大学总医院 深圳大学临床医学科学院 耳鼻咽喉头颈外科(广东深圳, 518055)

通信作者:张庆丰; E-mail: zxyyebh@163.com; 刘殿全; E-mail: 1123384742@qq.com

的环节。将 AI 与现阶段临床的筛查手段包括电子鼻咽喉镜,放射学检查及睡眠呼吸监测等相结合,利用多样本数据对 AI 的一部分——深度机器学习(deep machine learning, DML)算法进行一定的训练,探索输入图像和输出诊断之间的关联,能够得到多层深度神经网络模型,该模型可以创造出高度敏感性和特异性的疾病识别方式,从而实现儿童颜面问题的精准筛查以及诊断。

针对 AI 技术与鼻咽喉镜的结合,已有报道表明,利用基于卷积神经网络(convolutional neural network, CNN)的 AI 术可对电子喉镜图片及录像中的解剖部位进行准确、快速的分类识别,并可用于提升喉镜检查中图像质量,具有巨大的应用潜力<sup>[6]</sup>。Rattanalappaiboon 等<sup>[7]</sup>研究开发了基于多幅鼻内窥镜图像进行鼻腔结构的动态三维重建的技术。Das 等<sup>[8]</sup>设计了一种手持式三维相机,以重建口咽解剖结构及扁桃体的 3D 形状,估计扁桃体的体积及堵塞气道的百分比,从而及时发现扁桃体肥大,这意味着面对儿童上呼吸道阻塞疾病,电子喉镜及相机可自动对病变部位和病变程度做出识别和预警。对于鼻咽部堵塞导致的中耳炎,Tran 等<sup>[9]</sup>尝试应用 AI 和图像处理技术通过儿童鼓膜照片区分急性中耳炎和分泌性中耳炎,其准确率为 91.41%,可以媲美专业耳科医师。对于困扰越来越多患儿的 AR 问题, Malizia 等<sup>[10]</sup>使用 AI 对患有 AR 儿童的鼻黏膜刮片细胞进行分类,针对 AR 的内分型提供个性化的医疗及保健指导,这种 AI 技术为识别和量化鼻腔炎症提供了新型的诊断工具。

除了利用内窥镜图像三维重建上呼吸道解剖结构,放射学技术与 AI 的结合已经在临床工作中大放异彩,因为放射学图像采用数字编码,更容易被翻译成计算机语言。已有多项研究表明,基于深度学习的诊断模型可通过锥形束 CT (cone-beam computed tomography, CBCT) 图像、MRI 图像自动识别儿童腺样体肥大及扁桃体肥大,并具有良好的敏感性及特异性,且其所需时间仅为人工分类的 1/10<sup>[11-12]</sup>。Park 等<sup>[13]</sup>提出了一种深度学习算法,在不增加噪声水平以及对患者的辐射剂量的基础上提高厚层 CT 图像分辨率,这种增强 CT 的噪声水平甚至低于平扫 CT。Minnema 等<sup>[14]</sup>所提出的算法可以准确地将金属伪影区分为背景、牙齿和骨结构,从而提高图像精确度。这些研究充分表明 AI 深度学习算法能够提取人眼无法识别的 CBCT 图像像素单元中的重要特征,对于临床诊断治疗具有重要意义。

此外,睡眠监测检查在早期诊断方面也发挥着重要的作用。机器学习对睡眠时鼾声的分析可进行儿童阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合症的初筛,准确率已达到 78%<sup>[15]</sup>;此外,使用大量睡眠监测数据为机器学习提供信息,可以实现机器自动划分睡眠阶段<sup>[16]</sup>,其识别率可达 85%以上,从而对睡眠呼

吸暂停低通气综合征(obstructive sleep apnea hypopnea syndrome, OSAHS)进行更精准的诊断和评估。

## 2 AI 辅助儿童颜面发育障碍的治疗

儿童颜面发育障碍的治疗应遵循以恢复正常的鼻呼吸为首要目标的原则,2021 儿童 OSA 等离子手术指南中明确指出:扁桃体、腺样体肥大影响颌面部发育,引起腺样体面容或造成牙列不齐。对于年龄 3 岁以上并有牙颌面骨性发育畸形或出现该种趋势的患儿,需要尽早干预,对于 1~3 岁的 OSA 儿童应给予同样的密切关注<sup>[17]</sup>。该类患儿的诊疗应首先由耳鼻喉科医生评估患者上气道阻塞部位、严重程度及其与牙颌面畸形潜在的联系,及时去除病因、保持上气道通畅,继而牙科医生可根据患者具体的错位类型和特征进行相应的治疗干预。就这一点而言,AI 机器人以及 AI 精准图像能够辅助医护设计出最优的治疗方案。

### 2.1 恢复正常鼻呼吸的相关手术

包括腺样体切除术、扁桃体切除术、声门狭窄扩大术、先天性后鼻孔闭锁成形术等。在这些方面,手术机器人是 AI 运用于临床治疗的重要组成部分,其中以达芬奇外科手术辅助系统最为著名,有研究报道运用经口机器人手术(transoral robotic surgery, TORS)治疗儿童先天性喉蹼、甲状舌管囊肿、鼻咽肿瘤等疾病比传统手术创伤小、复发率低、效果好,在儿童气道疾病的治疗中具有广阔的运用前景<sup>[18-20]</sup>。

OSAHS 患儿术后夜间由于术区肿胀、血氧饱和度降低、麻醉药物残留效应等因素容易发生心脑血管意外,利用术前多导睡眠监测记录结合夜间血氧仪和姿态描记仪的数据进行 AI 分析,确定术后首日需要整夜睡眠监测的患儿,筛查夜间易发生意外的高危儿童并为其提供整夜呼吸、血氧监测,实现精准分配医疗资源<sup>[21]</sup>。

### 2.2 正畸和正颌治疗

正确分析颌面解剖结构和面部比例是成功正畸和正颌治疗的基础。自从 CBCT 被引入牙科医学以来,三维诊断和虚拟治疗结果已在正畸领域崭露头角<sup>[22]</sup>。Cheng 等<sup>[23]</sup>成功利用 AI 自动定位 CBCT 图像上 14 个解剖标志并以此进行牙颌面畸形分类。但多项研究发现利用机器自动识别解剖标志的平均偏差高于手动检测标志的平均误差<sup>[24-26]</sup>。尽管定位偏差较小,但自动定位不足以满足临床要求。因此,只推荐利用现有的 AI 系统初步定位正畸标志,但在治疗之前仍需人工校正。多项研究使用 AI 系统,根据影像表现决定正畸前是否拔除恒牙准确率为 92%<sup>[27-31]</sup>,同样 Choi 等<sup>[32]</sup>报道了使用新的 AI 模型来决定患者手术类型和是否需要拔牙的成功率为 96%。这表明,AI 可作为临床实践中辅助决策的工具。口腔内扫描是数字化牙齿和牙龈 3D 轮廓的最准确方法<sup>[33]</sup>,Lian 等<sup>[34]</sup>、

Zanjani 等<sup>[35]</sup>提出了一种基于口腔内扫描的自动牙齿标记算法,该算法可以简化正畸治疗中的牙齿位置重排过程。Knoops 等<sup>[36]</sup>提出了一种基于面部 3D 扫描的 AI 模型,可以自动分析面部形状特征,不但用于整形和重建手术中的诊断和规划,还能够预测患者特定的术后结果,有助于术前与患者的沟通。

### 3 治疗后随访

借助于更精准更智能的 AI 机器人自动问答系统,已上线应用的 AI 医疗助手可以帮助医师与患者进行诊后的基础问答,24 h 服务的 AI 助理还可以突破时间和地域的限制向患者提供健康教育、预防措施和自我管理指导。理想的诊疗模式应该是患者从预检分诊开始建立属于自己的医疗档案,档案中记录该患者的既往史、家族史与生活习惯,所有在治疗中产生的检查结果和图像统一记录到数据库中,AI 可以通过系统实时监测检查结果,比较患儿每 3 个月的复查结果及在此期间的发育变化,预测生长发育趋势,一旦识别出不利因素便会及时提醒家长与医生面诊。现阶段由于我们的检查报告标准不一,软件联网程度不同,全部检查资料上传存在一定困难,但已有小范围数据库的建立和 AI 监控的尝试性应用。从更大更深远的发展来说,依靠国家级数据库,机器学习可以预测未来不同时间节点,全国范围内需要医疗干预的颜面发育障碍患儿数量,通过与实际就诊人数的比较,我们可以预测出未就医的患儿数量和地区,进行针对性的健康宣教。但由于数据多样,数据量庞大,医疗资源分配不均,规律复诊对患者依从性要求较高,完整成熟的随访系统的临床应用仍需时日。

### 4 总结与展望

疾病的筛查、诊断、评估、治疗以及随访等是医务工作者临床工作的核心,儿童颜面发育障碍的早期筛查与诊断已成为目前 AI 研究的热点,基于影像学图像(CT、MRI、超声、内镜等)结合 AI 辅助工具,能够最大化诊断、治疗和预测治疗结果的准确性,通过现有的数据分析及机器学习不断修正,AI 系统可以做到通过图像信息早期筛查、识别颌面发育障碍的高风险患儿,同时判断是否存在并发症;精确定位、标记患儿上呼吸道阻塞部位,从而提出最佳治疗建议,并预测不同治疗方法对患儿的获益及风险,模拟患儿治疗后颌面情况,给患儿家属正确的心理预期。无论是保守治疗还是手术治疗,AI 均可以在分类鼻黏膜炎性细胞、定位手术部位,3D 重建上呼吸道结构,定位正畸治疗解剖标志方面发挥巨大作用,帮助临床医生快速、准确解决患儿病痛。

目前,人工智能在颜面管理方面的应用还存在诸多限制,除了 AI 技术本身处理复杂数据集准确性较低的局限性,外部因素也同样制约其发展,高效的机器学习算法需要大量的患者隐私数据,如何

正确利用和监管这些信息对 AI 的发展提出巨大挑战<sup>[37]</sup>,AI 系统的深度发展需要专科医生与 AI 专家进行充分的交流,但目前这一方面较为欠缺。

在技术壁垒无法突破的一段时间内,比起急于用 AI 技术替代临床医师,运用 AI 技术提高诊疗准确度和敏感度才是儿童颜面管理方面的主要发展方向,相关研究热点包括头影测量标志定位、上气道三维重建以及图像质量的改善<sup>[38]</sup>,我们应将 AI 系统的优势与相应诊疗技术进行有针对性的结合,使各专科医师掌握多学科综合诊疗能力,才能够更好地迎接新的机遇和挑战。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

### 参考文献

- [1] 张虹,李晓明,吴彦桥.鼻气道阻塞与儿童颌面发育[J].国际耳鼻咽喉头颈外科杂志,2007,31(4):241-242.
- [2] 张庆丰,仝屹峰,谷庆隆,等.小儿鼾症对颌面骨发育影响的初步观察[J].中华耳鼻咽喉头颈外科杂志,2008,43(12):935-938.
- [3] Lin L, Zhao T, Qin D, et al. The impact of mouth breathing on dentofacial development: A concise review[J]. Front Public Health, 2022, 10: 929165.
- [4] Proffit WR. Equilibrium theory revisited: factors influencing position of the teeth[J]. Angle Orthod, 1978, 48(3): 175-186.
- [5] Buschang PH, Roldan SI, Tadlock LP. Guidelines for assessing the growth and development of orthodontic patients[J]. Seminars in Orthodontics, 2017, 23(4): 321-335.
- [6] 王美玲,朱继庆,李莹,等.基于卷积神经网络的喉镜图像解剖部位自动识别的研究[J].临床耳鼻咽喉头颈外科杂志,2023,37(1):6-12.
- [7] Rattanalappaiboon S, Bhongmakapat T, Ritthipravat P. Fuzzy zoning for feature matching technique in 3D reconstruction of nasal endoscopic images[J]. Comput Biol Med, 2015, 67: 83-94.
- [8] Das AJ, Valdez TA, Vargas JA, et al. Volume estimation of tonsil phantoms using an oral camera with 3D imaging[J]. Biomed Opt Express, 2016, 7(4): 1445-1457.
- [9] Tran TT, Fang TY, Pham VT, et al. Development of an Automatic Diagnostic Algorithm for Pediatric Otitis Media[J]. Otol Neurotol, 2018, 39(8): 1060-1065.
- [10] Malizia V, Cilluffo G, Fasola S, et al. Endotyping allergic rhinitis in children: A machine learning approach[J]. Pediatr Allergy Immunol, 2022, 33 Suppl 27 (Suppl 27): 18-21.
- [11] Kournoutas I, Vigo V, Chae R, et al. Acquisition of Volumetric Models of Skull Base Anatomy Using Endoscopic Endonasal Approaches: 3D Scanning of Deep Corridors Via Photogrammetry[J]. World Neurosurg, 2019, 129: 372-377.
- [12] Zhao T, Zhou J, Yan J, et al. Automated Adenoid Hypertrophy Assessment with Lateral Cephalometry in Children Based on Artificial Intelligence[J]. Diagnos-



- tics(Basel),2021,11(8):1386.
- [13] Park S, Lee SM, Kim W, et al. Computer-aided Detection of Subsolid Nodules at Chest CT: Improved Performance with Deep Learning-based CT Section Thickness Reduction [J]. *Radiology*, 2021, 299 (1): 211-219.
- [14] Minnema J, Ernst A, van Eijnatten M, et al. A review on the application of deep learning for CT reconstruction, bone segmentation and surgical planning in oral and maxillofacial surgery [J]. *Dentomaxillofac Radiol*, 2022, 51(7):20210437.
- [15] Witt DR, Chen H, Mielens JD, et al. Detection of chronic laryngitis due to laryngopharyngeal reflux using color and texture analysis of laryngoscopic images [J]. *J Voice*, 2014, 28(1):98-105.
- [16] Djanian S, Bruun A, Nielsen TD. Sleep classification using Consumer Sleep Technologies and AI: A review of the current landscape [J]. *Sleep Med*, 2022, 100: 390-403.
- [17] 中国医师协会耳鼻咽喉头颈外科医师分会. 儿童扁桃体腺样体低温等离子射频消融术规范化治疗临床实践指南 [J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2021, 35 (3):193-199.
- [18] Ferrell JK, Roy S, Karni RJ, et al. Applications for transoral robotic surgery in the pediatric airway [J]. *Laryngoscope*, 2014, 124(11):2630-2635.
- [19] Kayhan FT, Kaya KH, Koc AK, et al. Transoral surgery for an infant thyroglossal duct cyst [J]. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2013, 77(9):1620-1623.
- [20] Khan K, Dobbs T, Swan MC, et al. Trans-oral robotic cleft surgery (TORCS) for palate and posterior pharyngeal wall reconstruction: A feasibility study [J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2016, 69(1):97-100.
- [21] Bertoni D, Sterni LM, Pereira KD, et al. Predicting polysomnographic severity thresholds in children using machine learning [J]. *Pediatr Res*, 2020, 88(3): 404-411.
- [22] Scarfe WC, Azevedo B, Toghyani S, et al. Cone Beam Computed Tomographic imaging in orthodontics [J]. *Aust Dent J*, 2017, 62 Suppl 1:33-50.
- [23] Cheng E, Chen J, Yang J, et al. Automatic Dent-landmark detection in 3-D CBCT dental volumes [J]. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*, 2011, 2011: 6204-6207.
- [24] Shahidi S, Bahrampour E, Soltanimehr E, et al. The accuracy of a designed software for automated localization of craniofacial landmarks on CBCT images [J]. *BMC Med Imaging*, 2014, 14:32.
- [25] Montufar J, Romero M, Scougall-Vilchis RJ. Automatic 3-dimensional cephalometric landmarking based on active shape models in related projections [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2018, 153(3):449-458.
- [26] Montufar J, Romero M, Scougall-Vilchis RJ. Hybrid approach for automatic cephalometric landmark annotation on cone-beam computed tomography volumes [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2018, 154(1): 140-150.
- [27] Jung SK, Kim TW. New approach for the diagnosis of extractions with neural network machine learning [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2016, 149(1):127-133.
- [28] Xie X, Wang L, Wang A. Artificial neural network modeling for deciding if extractions are necessary prior to orthodontic treatment [J]. *Angle Orthod*, 2010, 80(2):262-266.
- [29] Thanathornwong B. Bayesian-Based Decision Support System for Assessing the Needs for Orthodontic Treatment [J]. *Healthc Inform Res*, 2018, 24(1): 22-28.
- [30] Kunz F, Stellzig-Eisenhauer A, Zeman F, et al. Artificial intelligence in orthodontics: Evaluation of a fully automated cephalometric analysis using a customized convolutional neural network [J]. *J Orofac Orthop*, 2020, 81(1):52-68.
- [31] Arnett GW, Bergman RT. Facial keys to orthodontic diagnosis and treatment planning. Part I [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 1993, 103(4):299-312.
- [32] Choi HI, Jung SK, Baek SH, et al. Artificial Intelligent Model With Neural Network Machine Learning for the Diagnosis of Orthognathic Surgery [J]. *J Craniofac Surg*, 2019, 30(7):1986-1989.
- [33] Tomita Y, Uechi J, Konno M, et al. Accuracy of digital models generated by conventional impression/plaster-model methods and intraoral scanning [J]. *Dent Mater J*, 2018, 37(4):628-633.
- [34] Lian C, Wang L, Wu TH, et al. Deep Multi-Scale Mesh Feature Learning for Automated Labeling of Raw Dental Surfaces From 3D Intraoral Scanners [J]. *IEEE Trans Med Imaging*, 2020, 39(7):2440-2450.
- [35] Zanjani FG, Moin DA, Verheij B, et al. Deep Learning Approach to Semantic Segmentation in 3D Point Cloud Intra-oral Scans of Teeth [C]. *Proceedings of The 2nd International Conference on Medical Imaging with Deep Learning*, 2019:557-571.
- [36] Knoops P, Papaioannou A, Borghi A, et al. A machine learning framework for automated diagnosis and computer-assisted planning in plastic and reconstructive surgery [J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1):13597.
- [37] Hung K, Yeung A, Tanaka R, et al. Current Applications, Opportunities, and Limitations of AI for 3D Imaging in Dental Research and Practice [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(12):4424.
- [38] Hung K, Montalvao C, Tanaka R, et al. The use and performance of artificial intelligence applications in dental and maxillofacial radiology: A systematic review [J]. *Dentomaxillofac Radiol*, 2020, 49(1): 20190107.