



胡江天, 女, 55岁, 满族, 主任医师, 博士研究生导师, 昆明医科大学附属口腔医院/云南省口腔医院正畸科/正畸教研室主任。云南省口腔医学会口腔正畸专委会主任委员、国家级口腔正畸规培基地主任。荣获云南省科技进步一等奖(第一完成人)、荣获云南省有突出贡献专业技术人员奖(二等奖)、荣获云南省五一劳动奖章。云南省科技创新团队带头人, 获云南省兴滇人才支持计划-名医专项 云南省委联系口腔医学专家。长期从事口腔正畸临床、教学、科研工作, 主持科研项目14项, 其中国家自然科学基金3项、云南省科技厅重点项目1项。招收培养博士硕士研究生及留学生44名, 进修医生规培生52名, 参编中国青少年隐形矫治专家共识2部, 以第一或通讯作者发表论文52篇, 其中SCI收录6篇。荣获昆明医科大学教学成果二等奖(第一完成人), 多次荣获医科大优秀教师、红云园丁奖、伯乐奖、伍达观基金奖。擅长应用隐形、自锁直丝、标准方丝等先进矫治技术治疗儿童、青少年、成年人各类牙颌畸形。熟练掌握各类先进矫治技术, 尤其对隐形矫治技术及联合多学科治疗复杂、疑难、严重口腔错合畸形具备丰富的临床经验。担任TWEED矫治技术中国中心教官, 口腔正畸ANDREWS六要素中国区讲师。

数字化集成技术在多学科联合辅助正畸治疗中的应用前景

李炎杰, 陈明珠, 胡江天

(昆明医科大学附属口腔医院正畸科/云南省口腔医学重点实验室, 云南昆明 650106)

[摘要] 随着人工智能的迅速发展, 数字化技术在口腔医学领域中得到了广泛的应用, 尤其在口腔多学科联合诊疗中扮演着重要角色。数字化技术的引入为正畸治疗为主的口腔多学科联合治疗提供了新的思路和方法, 医生可以更准确地评估患者的口腔状况, 多学科联合诊疗共同制定个性化的治疗方案, 并在治疗过程中进行实时监测和调整, 从而提高了治疗的精确性和效率。同时, 数字化技术的应用为患者带来了更加精细化、个性化的治疗体验, 为临床实践提供了可靠的技术支持和指导。就数字化技术在正畸治疗为主的口腔多学科诊疗中的临床应用作一综述。

[关键词] 数字化技术; 正畸辅助治疗; 口腔多学科联合诊疗

[中图分类号] R783.5 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2095-610X(2024)08-0001-06

Application Prospect of Digital Integration Technology in Multidisciplinary Collaborative Orthodontic Treatment

LI Yanjie, CHEN Mingzhu, HU Jiangtian

(Dept. of Orthodontics, Affiliated Stomatological Hospital of Kunming Medical University/Yunnan Key Laboratory of Stomatology, Kunming Yunnan 650106, China)

[Abstract] With the rapid development of artificial intelligence, digital technology has been widely used in the field of dentistry, especially playing a crucial role in the context of multidisciplinary diagnosis and treatment in dentistry. The introduction of digital technology has provided new insights and methods for interdisciplinary treatment with orthodontics as the main focus in dentistry. Doctors can more accurately assess patients' oral conditions, collaborate across multiple disciplines to develop personalized treatment plans, and conduct real-time monitoring

[收稿日期] 2024-05-09

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(82360200); 云南省科技创新团队基金资助项目(202105AE160004)

[作者简介] 李炎杰(1994~), 男, 湖北荆州人, 在读博士研究生, 住院医师, 主要从事口腔正畸临床诊疗工作。

[通信作者] 胡江天, E-mail: hujiantian@kmmu.edu.cn

and adjustments during treatment, thereby enhancing the precision and efficiency of treatment. Meanwhile, the application of digital technology brings patients a more refined and personalized treatment experience, providing reliable technical support and guidance for clinical practice. This paper provides a review of the clinical application of digital technology in multi-disciplinary diagnosis and treatment with orthodontics as the main focus in dentistry.

[**Key words**] Digital technology; Orthodontic Assisted Treatment; Oral multi-disciplinary treatment

口腔多学科诊疗(oral multi-disciplinary treatment, OMDT)是指针对复杂疑难口腔疾病患者,在多学科协作诊疗理念指导下,全面获取患者信息,正确诊断疾病,制定专业化、规范化、个性化的综合治疗方案,建立合理高效的诊疗流程,依托多学科团队,协作配合,为患者提供全面系统的治疗^[1]。OMDT 诊疗模式的建立和实施,符合现代医学发展方向,充分体现了以“患者为中心”的多学科综合治疗理念,规范了诊疗流程,提升了医疗机构对口腔疑难复杂疾病的诊治能力,是对传统口腔分科诊疗模式的有效补充,显示了良好的临床应用前景^[2]。

随着大数据时代的迅猛发展,数字化手段如数字化扫描、3D 打印、计算机辅助设计/制造、虚拟仿真等,能更好地制定个性化治疗方案,为口腔诊疗患者提供更精准、舒适的治疗体验。复杂口腔疾病往往涉及牙齿、颌骨、颅面、关节等颅面部软硬组织和结构,需要口腔颌面外科、牙周病科、种植修复科、颞下颌关节科等多学科协同参与,以实现对错殆畸形更系统的个性化治疗。然而,口腔多学科联合诊疗也面临一系列问题和挑战,如各学科之间的沟通不畅、治疗方案难以统一等问题。随着数字化技术在口腔医学领域应用的不断成熟,这些问题正在逐渐解决。本文旨在分析数字化技术在正畸治疗为主的口腔多学科联合诊疗中的关键问题及应用前景。

1 数字化集成技术在正畸-正颌外科联合治疗中的应用

正畸-正颌外科联合诊疗在严重骨性错殆畸形的治疗中发挥着关键作用^[3],在正畸-正颌联合诊疗中,正颌手术优先和正畸治疗优先 2 种方法均能取得较好的远期疗效,但手术优先治疗周期相对更短,患者满意度更高^[4-6],对不同术式的选择,手术前的诊断至关重要。X 线头影测量是医生进行诊断和方案设计的重要辅助手段,随着人工智能的快速发展,有学者提出利用贝叶斯卷积神经网络进行定点侧位片中不确定性区域的测量,

相较于传统的 X 线头影测量,这种新型算法模型具有更高的精度且能够缩短检测时间,从而提高诊疗效率^[7-10]。利用人工智能将数字化的牙列模型与计算机断层扫描(cone beam computed tomography, CBCT)图像进行自动匹配,有助于全面评估基于口腔功能恢复需求在计算机上重建患者的牙列和面部骨骼结构,重建后的数据可用于进一步分析,设计手术方案,并模拟截骨及颌骨骨块的移动^[11-13],通过虚拟手术模拟,可以在计算机上预演手术步骤,评估不同治疗方案的效果及手术中可能的变化。计算机辅助正颌外科通过对颌骨进行切开、移动和重新固定,以更精准地纠正牙、颌骨间的位置关系,打印的手术导板相较传统的导板更精准^[14-15]。术中使用 3D 打印的手术导板、计算机辅助手术导航及 AR 技术指导手术切口,并提供实时图像反馈,使医生能在手术中及时调整计划,与非数字化传统手术相比,数字化技术的应用在术后的治疗效果上虽无统计学差异,但显著提高了手术的准确性和可控性^[16-17]。基于人工智能介导的机器人辅助手术因其微创、精准、安全的特点受到广泛关注,目前临床上已成功实现上颌骨截骨和颏成型术,未来在临床上将得到进一步应用^[18-19]。数字化技术模拟可视化治疗结果有助于正畸医生与正颌外科医生更好地讨论制定治疗方案,提高团队合作效率,更有效地规划手术和设计个性化的正畸矫正方案,同时有利于医患沟通,共同确定手术方案的选择,为患者提高更舒适的就诊体验。

2 数字化集成技术在正畸-关节联合诊疗中的应用

2.1 颞下颌关节紊乱病与错殆畸形的关系

颞下颌关节紊乱病(temporomandibular disorder, TMD)是 1 类涉及颞下颌关节、咀嚼肌和所有相关组织的疾病总称。超过 80% 的 TMD 患者都伴有有关节弹响、肌肉疲劳、咀嚼时疼痛、头痛、颈部疼痛、咬合干扰或相关错殆畸形^[20]。流行病学研究显示, TMD 在青少年和中年人中较为普遍,特

别是在青少年中呈逐渐增加的趋势^[21-22]。文献回顾和临床研究指出, 各类错殆畸形与TMD之间缺乏直接相关性, 颞下颌关节紊乱在错殆畸形患者中的发生率与正常人群相比没有显著差异, 然而, 异常的咬合关系可能成为导致这 2 种疾病同时或先后发生的诱因^[23-25]。TMD 正畸治疗的难点在于由于髁突位置关系不稳定会导致咬合关系发生变化, 从而影响诊断及正畸治疗计划的制订^[26]。目前的研究没有明确的证据证明正畸治疗能改善或加重 TMD, 正畸治疗不能有效治疗或者防止 TMD, 已有 TMD 的患者正畸治疗后关节症状可能加重、可能维持不变也可能缓解^[27-28]。因此, 在正畸治疗前及矫治过程中, 明确接受正畸治疗患者的关节状况成为正畸-关节医生共同面对的问题。

2.2 正畸-关节联合诊疗的数字化应用

目前, CBCT 技术能够提供颞下颌关节结构的高分辨率图像, 使医生能更详细地评估髁突、关节盘、关节面以及关节间隙等的状态^[29]。磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)在颞下颌关节(temporomandibular joint, TMJ)疾病诊断中发挥着重要作用, 其高分辨率、无辐射, 且可以清楚地显示关节盘、韧带、肌肉和关节周围的软组织结构, 能有效帮助医生检测炎症、水肿、损伤等情况, 同时 MRI 技术可以结合功能性成像方法, 如动态 MRI 或开口闭合 MRI, 实时观察颞下颌关节在咀嚼和开口闭合过程中的运动情况, 评估功能异常, 是颞下颌关节疾病诊断的金标准^[30-32]。随着数字化技术的进步, 目前的一些软件已经能够记录下颌的运动和功能, 如 Zebri 下颌运动分析系统, 术前通过无接触式超声传感技术, 快速记录患者下颌运动轨迹, 并将这些数据与颅颌面数字模型整合, 使医生能够在计算机上详细还原下颌运动情况, 并观察关节在运动中的变化^[33], 以评估关节的运动范围、顺畅度和稳定性。术中, 医生通过口扫获取患者全牙列数字化印模及咬合记录, 软件系统中导入牙列模型及咬合记录模型, 设计并制作咬合板, 术后通过颞下颌关节紊乱指数(craniomandibular index, CMI)评价关节功能^[34]。不可复性关节盘前移位(anterior disc displacement without reduction, ADDwoR)是TMD 种较常见的情况, 而咬合板是目前最有效的治疗方法之一, 临床上正畸医生通常采用咬合板等方法治疗 TMD 患者^[35-36]。有研究表明, 采用 3D 打印的咬合板较传统咬合板在治疗 ADDwoR 虽然效果无显著性差异, 但前者在精确度和舒适度方面更加突出, 能

够达到更佳的美学效果, 提高患者满意度^[37-38]。

3 数字化集成技术在正畸-种植修复联合诊疗中的应用

牙齿缺失时间过长会导致对颌牙伸长和邻牙倾斜移位, 进而使缺牙间隙异常, 难以进行种植修复, 此类患者通常需要通过正畸治疗来调整邻牙位置, 恢复修复间隙, 才能进行后续的种植修复治疗^[39-40]。正畸治疗结合 3D 打印导板辅助种植修复, 相较于传统种植修复方式, 更加快速且精准^[41]。1 项随机对照试验结果显示, 采用正畸与修复相结合的方法对牙列缺损患者进行干预, 有助于改善患者的牙周状况, 有效恢复咀嚼、吞咽和语言功能, 同时患者的满意度较高^[42]。在处理复杂的前牙美学治疗病例时, 柳玉树等^[43]将患者的数字化模型导入软件中, 由正畸医师预先进行分牙和虚拟排牙操作, 调整牙齿位置, 完成修复诊断模型的设计, 并通过三维打印机将其打印成树脂模型; 接着在树脂模型上粘接托槽, 制作间接粘接导板, 进行传统固定矫治器的粘戴和治疗, 正畸治疗完成后, 进行贴面修复, 以关闭剩余的牙间隙。利用数字化技术辅助进行正畸和种植修复联合治疗的设计可以在治疗前为患者提供最终疗效的预测, 为医患沟通提供便利的条件, 有助于在患者满意的基础上实现更理想的治疗效果^[44]。

4 数字化集成技术在正畸-牙周联合诊疗中的应用

龋病、牙周病、错殆畸形是患病率居首的口腔 3 大疾病, 2016 年全球疾病患病调查中牙周炎位居第 14 位^[45], 2018 年第 4 次全国口腔健康流行病学调查结果显示: 35~44 岁居民的口腔内牙石检出率高达 96.7%, 牙龈出血检出率为 87.4%。良好的牙周状况是正畸治疗的基础, 正畸治疗也有利于牙周的维护^[46-48]。数字化技术的推动使得跨学科治疗更加精准高效。在注重功能和生物学原理的基础上, 采用数字化软件进行模拟排牙, 设计治疗方案, 并预测治疗效果, 接着进行正畸治疗, 最后进行牙周治疗可获得更好的美学效果^[49]。在正畸牙移动(orthodontic tooth movement, OTM)的过程中, 由于前牙区唇舌侧骨皮质较薄, 采用 CBCT 评估牙槽骨, 借助软件的数字模型计算转矩值, 根据测量值及时调整矫治力度或方向,

有助于预防骨开窗、骨开裂等并发症^[50]。近年来,牙周加速成骨正畸治疗(periodontally accelerated osteogenic orthodontics, PAOO)在临床上应用逐渐广泛,该治疗通过切开骨皮质、植骨等方式,加速正畸治疗进程并改善牙槽骨结构,扩大了正畸治疗的适应症,确保正畸治疗的安全性^[51-53]。利用数字化技术,牙周医生在术前将患者口腔 CBCT 数据导入计算机软件,设计皮质骨切口的深度和位置,并制作 3D 打印手术导板。通过模拟手术在设计位置切割出预定深度的切口,结合使用超声骨刀这一技术提高了手术的精确度、减少了手术创伤、缩短了手术时间,并降低了术后并发症的发生率^[54-56]。利用 3D 打印或数控技术制作的个性化矫治器,可以结合患者的牙周状况进行加力,在精确治疗的同时能最大程度维护患者牙周健康^[57-58]。数字化技术为牙周患者的正畸治疗提供了更多安全保障。

5 小结

在精准医疗的时代背景下,数字化集成技术在多学科辅助正畸治疗中的应用是提升正畸治疗效果的 1 种新兴趋势。与传统的多学科联合治疗相比,数字化技术能更好地支持个性化诊疗,提高治疗效率,最大程度维护口腔健康。然而,目前各个系统和软件的数据共享或融合程度尚不够高,3D 打印的治疗装置和导板在临床实际应用中还存在一定误差,且操作较复杂,学习成本较高,这些因素部分限制了数字化在口腔多学科联合诊疗中的应用。随着人工智能的飞速发展,越来越多的数字化软件将应用于预测、诊断、分析和治疗。相信在不久的将来,智能化快速诊断、方案设计、动态监测以及机器人辅助的多学科联合正畸治疗将为患者提供更精准、个性化的正畸治疗方案和效果,从而实现健康、精准的正畸治疗。

【参考文献】

- [1] 张方明. 口腔多学科协作诊疗体系的构建与实施 [J]. *中华口腔医学杂志*, 2020, 55(10): 722-728.
- [2] 杨琰, 张方明. 口腔多学科协作诊疗模式(OMDT)的实施现状与思考 [J]. *北京口腔医学*, 2022, 30(1): 1-5.
- [3] Naran S, Steinbacher D M, Taylor J A. Current concepts in orthognathic surgery[J]. *Plast Reconstr Surg*, 2018, 141(6): 925e-936e.
- [4] Jeong W S, Lee J Y, Choi J W. Large-scale study of long-term vertical skeletal stability in a surgery-first orthognathic approach without presurgical orthodontic treatment: Part II [J]. *J Craniofac Surg*, 2018, 29(4): 953-958.
- [5] Jeong W S, Lee J Y, Choi J W. Large-scale study of long-term anteroposterior stability in a surgery-first orthognathic approach without presurgical orthodontic treatment [J]. *J Craniofac Surg*, 2017, 28(8): 2016-2020.
- [6] Huang C S, Hsu S S, Chen Y R. Systematic review of the surgery-first approach in orthognathic surgery [J]. *Biomed J*, 2014, 37(4): 184-190.
- [7] Yao J, Zeng W, He T, et al. Automatic localization of cephalometric landmarks based on convolutional neural network [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2022, 161(3): e250-e259.
- [8] Jeon S, Lee K C. Comparison of cephalometric measurements between conventional and automatic cephalometric analysis using convolutional neural network [J]. *Prog Orthod*, 2021, 22(1): 14.
- [9] Arık S, İbragimov B, Xing L. Fully automated quantitative cephalometry using convolutional neural networks [J]. *J Med Imaging (Bellingham)*, 2017, 4(1): 014501.
- [10] Wang C W, Huang C T, Lee J H, et al. A benchmark for comparison of dental radiography analysis algorithms [J]. *Med Image Anal*, 2016, 31: 63-76.
- [11] Schendel S A. Computer simulation in the daily practice of orthognathic surgery [J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2015, 44(12): 1451-1456.
- [12] Khechoyan D Y. Orthognathic surgery: General considerations [J]. *Semin Plast Surg*, 2013, 27(3): 133-136.
- [13] Noh H, Nabha W, Cho J H, et al. Registration accuracy in the integration of laser-scanned dental images into maxillofacial cone-beam computed tomography images [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2011, 140(4): 585-591.
- [14] Apostolakis D, Michelinakis G, Kamposiora P, et al. The current state of computer assisted orthognathic surgery: A narrative review [J]. *J Dent*, 2022, 119: 104052.
- [15] Chung M, Lee J, Song W, et al. Automatic registration between dental cone-beam CT and scanned surface via deep pose regression neural networks and clustered similarities [J]. *IEEE Trans Med Imaging*, 2020, 39(12): 3900-3909.

- [16] Elnagar M H, Aronovich S, Kusnoto B. Digital workflow for combined orthodontics and orthognathic surgery[J]. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*, 2020, 32(1): 1-14.
- [17] Plooij J M, Maal T J, Haers P, et al. Digital three-dimensional image fusion processes for planning and evaluating orthodontics and orthognathic surgery. A systematic review[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2011, 40(4): 341-352.
- [18] 回文字, 吴锦阳, 黄建华, 等. 机器人辅助颞成形术行截骨操作的精度评价实验研究 [J]. 上海交通大学学报(医学版), 2022, 42(9): 1347-1352.
- [19] Han J J, Woo S Y, Yi W J, et al. Robot-assisted maxillary positioning in orthognathic surgery: A feasibility and accuracy evaluation[J]. *J Clin Med*, 2021, 10(12): 2596-2596.
- [20] Handa S, Shaefer J R, Keith D A. Oromandibular dystonia and temporomandibular disorders[J]. *J Am Dent Assoc*, 2022, 153(9): 899-906.
- [21] Yap A U, Chen C, Wong H C, et al. Temporomandibular disorders in prospective orthodontic patients[J]. *Angle Orthod*, 2021, 91(3): 377-383.
- [22] Lei J, Yap A U, Li Y, et al. Clinical protocol for managing acute disc displacement without reduction: A magnetic resonance imaging evaluation[J]. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2020, 49(3): 361-368.
- [23] Shalish M, Leibovich A, Zakuto A, et al. The association between orthodontic treatment and temporomandibular disorders diagnosis and disease characteristics[J]. *J Oral Rehabil*, 2024, 51(3): 487-499.
- [24] Lai Y C, Yap A U, Tü r p J C. Prevalence of temporomandibular disorders in patients seeking orthodontic treatment: A systematic review[J]. *J Oral Rehabil*, 2020, 47(2): 270-280.
- [25] Bourzgui F, Sebbar M, Nadour A, et al. Prevalence of temporomandibular dysfunction in orthodontic treatment[J]. *Int Orthod*, 2010, 8(4): 386-398.
- [26] Park J H, Moon D N, Lee S M, et al. Orthodontic treatment of a patient with severe TMD[J]. *J Clin Orthod*, 2020, 54(9): 537-550.
- [27] Luther F, Layton S, McDonald F. Orthodontics for treating temporomandibular joint (TMJ) disorders[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2010,(7): CD006541.
- [28] Ruf S, Bock N C. Long-term (≥ 15 years) effects of class II treatment: A longitudinal and cross-sectional study on signs and symptoms of temporomandibular disorders[J]. *Eur J Orthod*, 2019, 41(2): 172-179.
- [29] Feng J L, Ma R H, Du H, et al. Diagnostic accuracy of fused CBCT images in the evaluation of temporomandibular joint condylar bone resorption[J]. *Clin Oral Investig*, 2023, 27(3): 1277-1288.
- [30] Vogl T J, Lauer H C, Lehnert T, et al. The value of MRI in patients with temporomandibular joint dysfunction: Correlation of MRI and clinical findings[J]. *European Journal of Radiology*, 2016, 85(4): 714-719.
- [31] Xiong X, Ye Z, Tang H, et al. MRI of temporomandibular joint disorders: Recent advances and future directions [J]. *J Magn Reson Imaging : JMRI*, 2020, 54(4): 1039-1052.
- [32] 黄东宗, 章巧, 翟孝庭, 等. 伴偏侧咀嚼单侧关节盘前移位患者的翼外肌 MRI 特点分析 [J]. 口腔颌面修复学杂志 [J]. 2021, 22(2): 104-108, 113.
- [33] Zhang L, Shen L, Zhang L, et al. Dynamic 3D images fusion of the temporomandibular joints: A novel technique[J]. *J Dent*, 2022, 126: 104286.
- [34] Kapila S D, Nervina J M. CBCT in orthodontics: Assessment of treatment outcomes and indications for its use[J]. *Dentomaxillofac Radiol*, 2015, 44(1): 20140282.
- [35] 刘洪臣. 颞下颌紊乱病 [J]. 口腔颌面修复学杂志, 2021, 22(2): 114.
- [36] 张清彬, 朱明静, 李传洁, 等. 浅谈颞下颌关节紊乱病的咬合板治疗 [J]. *中华口腔医学研究杂志(电子版)*, 2020, 14(3): 138-143.
- [37] Ries J M, Gr ü nler C, Wichmann M, et al. Three-dimensional analysis of the accuracy of conventional and completely digital interocclusal registration methods[J]. *J Prosthet Dent*, 2022, 128(5): 994-1000.
- [38] 黄东宗, 田壮, 胡敏, 等. 3D 打印咬合板治疗不可复性颞下颌关节盘前移位的临床评价 [J]. 口腔颌面修复学杂志, 2020, 21(4): 222-226.
- [39] 王紫霄, 夏舒迟, 邓涵峰, 等. 数字化构建正畸-种植联合治疗目标和流程的一例病例报告 [J]. *中国口腔种植学杂志*, 2023, 28(4): 265-269.
- [40] Alfallaj H. Pre-prosthetic orthodontics[J]. *Saudi Dent J*, 2020, 32(1): 7-14.
- [41] Yan L B, Zhou Y C, Wang Y, et al. Orthodontic treatment combined with 3D printing guide plate implant restoration for edentulism and its influence on mastication and phonic

- function[J]. *World J Clin Cases*, 2022, 10(16): 5297–5305.
- [42] Shen Y, Jiang X, Yu J. The combined orthodontic and restorative treatment for patients with malocclusion and dentition defects: A randomized controlled trial[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2023, 102(35): e35025.
- [43] 柳玉树, 李峥, 赵一姣, 等. 数字化正畸修复联合治疗设计在前牙美学重建中的应用 [J]. *北京大学学报 (医学版)*, 2018, 50(1): 78–84.
- [44] Śmielak B, Andruch I. Multistage implantology–orthodontic–prosthetic treatment: A case report[J]. *J Am Dent Assoc*, 2018, 149(9): 787–793. e783.
- [45] GBD 2016 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990–2016: A systematic analysis for the global burden of disease study 2016[J]. *Lancet*, 2017, 390(10100): 1211–1259.
- [46] Kadkhodazadeh M, Amid R, Moscowchi A, et al. Periodontal phenotype modification in orthodontic patients[J]. *J Esthet Restor Dent*, 2023, 36(4): 548–554.
- [47] Paolone M G, Kaitsas R. Orthodontic–periodontal interactions: Orthodontic extrusion in interdisciplinary regenerative treatments[J]. *Int Orthod*, 2018, 16(2): 217–245.
- [48] Cao T, Xu L, Shi J, et al. Combined orthodontic–periodontal treatment in periodontal patients with anteriorly displaced incisors[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2015, 148(5): 805–813.
- [49] Creagh J, Bohner L, Sesma N, et al. Digital approaches to facially guided orthodontic and periodontal rehabilitation in the anterior esthetic zone: A case report[J]. *J Esthet Restor Dent*, 2022, 34(1): 226–234.
- [50] Maspero C, Gaffuri F, Castro I O, et al. Correlation between dental vestibular–palatal inclination and alveolar bone remodeling after orthodontic treatment: A CBCT analysis[J]. *Materials (Basel)*, 2019, 12(24): 4225.
- [51] Keser E, Naini F B. Accelerated orthodontic tooth movement: Surgical techniques and the regional acceleratory phenomenon[J]. *Maxillofac Plast Reconstr Surg*, 2022, 44(1): 1.
- [52] Vannala V, Katta A, Reddy M S, et al. Periodontal accelerated osteogenic orthodontics technique for rapid orthodontic tooth movement: A systematic review[J]. *J Pharm Bioallied Sci*, 2019, 11(Suppl 2): 97–106.
- [53] Murphy K G, Wilcko M T, Wilcko W M, et al. Periodontal accelerated osteogenic orthodontics: A description of the surgical technique[J]. *J Oral Maxillofac Surg*, 2009, 67(10): 2160–2166.
- [54] Parihar A S, Narang S, Singh N, et al. Periodontally accelerated osteogenic orthodontics: A perio–ortho ambidextrous perspective[J]. *J Family Med Prim Care*, 2020, 9(3): 1752–1756.
- [55] Hou H Y, Li C H, Chen M C, et al. A novel 3D–printed computer–assisted piezocision guide for surgically facilitated orthodontics[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2019, 155(4): 584–591.
- [56] Milano F, Dibart S, Montesani L, et al. Computer–guided surgery using the piezocision technique[J]. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2014, 34(4): 523–529.
- [57] Wang X, Xia L, Li J, et al. Accuracy of dental arch form in customized fixed labial orthodontic appliances[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2022, 162(2): 173–181.
- [58] Brown M W, Koroluk L, Ko C C, et al. Effectiveness and efficiency of a CAD/CAM orthodontic bracket system[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2015, 148(6): 1067–1074.