

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4949.2025.05.044

3D打印在口腔正畸治疗中的研究

龚歆钰

(枣庄职业学院医学院, 山东 枣庄 277000)

[摘要] 随着数字化技术及口腔正畸学的逐步发展, 3D打印技术凭借其个性化定制等优势, 在口腔正畸学中的应用日益广泛, 不仅缩短了制造时间, 同时降低了人工作业的误差, 从而增强治疗的精准度, 提高患者的舒适度。本文通过整理与汇总相关文献报道, 探讨3D打印技术在口腔正畸中的应用优势, 并阐述3D打印技术在正畸治疗中的实践应用, 包括数字化模型、无托槽隐形矫治器、活动矫治器、舌侧托槽的制作、3D打印转移托盘以及咬合板等方面的应用情况, 同时关注3D打印技术在当前所面临的挑战, 如材料与工艺的局限性等, 旨在为其在口腔科中的实践应用提供良好的依据与指导。

[关键词] 3D打印; 口腔正畸; 数字化

[中图分类号] R783

[文献标识码] A

[文章编号] 1004-4949 (2025) 05-0187-04

Research on 3D Printing in Orthodontics Treatment

GONG Xinyu

(School of Medicine, Zaozhuang Vocational College, Zaozhuang 277000, Shandong, China)

[Abstract] With the gradual development of digital technology and orthodontics, 3D printing technology has been widely used in orthodontics with its advantages of personalized customization. It not only shortens the manufacturing time, but also reduces the error of manual operation, thereby enhancing the accuracy of treatment and improving patient comfort. By sorting out and summarizing relevant literature reports, this article explores the application advantages of 3D printing technology in orthodontics and elaborates on its practical applications in orthodontics treatment, including the application in digital models, bracketless invisible appliances, removable orthodontic appliances, fabrication of lingual brackets, 3D-printed transfer trays and occlusal splints, while also focusing on the current challenges faced by 3D printing technology, such as the limitations of materials and processes, aiming to provide a solid basis and guidance for its practical application in stomatology.

[Key words] 3D printing; Orthodontics; Digitalization

3D打印 (3D printing) 是一项快速成型技术, 其依托数字模型文件, 并利用陶瓷、金属与聚合物等材料, 以逐层叠加的方式构建出复杂的三维实体, 具有个性化定制、构建精度高等优势, 已逐步用于口腔正畸学领域^[1]。3D打印结合数字化成型技术、计算机辅助诊断技术等, 依据不同病患的口腔实际情况定制针对性的矫正器具, 不仅强化了治疗效率, 同时提升患者的舒适度, 促进正畸治疗转向精准化、个性化的趋势发展, 为口腔正畸提供了良好的便利性^[2]。

本文现针对3D打印在口腔正畸治疗中的研究进展予以综述。

1 3D打印在口腔正畸治疗中的应用研究

1.1 3D打印技术概述 3D打印被称作“立体光固化技术”, 其起源于20世纪80年代后期, 并随着数字化技术的广泛运用以及制造业的不断发展, 这项技术已在诸多医学领域中发挥作用, 如口腔外科、修复、正畸和牙体根管预备等方面。在口腔正畸领域, 3D打印常用的技术有立体光固化成

型、选择性激光融化、数字光处理等。

1.2 3D打印在正畸中的应用优势 正畸治疗是一项长期的工程, 牙齿排列、咬合状态等是衡量正畸效果和规划后续治疗方案的关键指标。传统的矫治方法常依赖于石膏模型, 其较易损坏, 且需要大量存储空间, 同时传统矫治器的制作需要经过诸多步骤, 耗时较长。3D打印技术不仅显著减少了治疗周期, 同时能够提供个性化的解决方案, 继而提升了患者的满意度和舒适度, 使患者体验到精确医疗与定制化治疗的便利性; 其次, 3D打印进一步增强了口腔正畸医生的工作效率, 并且因其可视化的治疗方案, 为临床治疗提供了较好的便利。与传统石膏模型相较, 3D打印模型的精度与准确性更具有优势, 并且更易于保存与查看。

1.3 3D打印技术的临床实践 3D打印技术在口腔正畸中的应用涵盖了多个方面, 包括设计和制作数字化模型、无托槽隐形矫治器、活动矫治器、舌侧托槽、3D打印转移托盘以及咬合板等方面的设计与制作, 并取得了不同程度的研究进展, 为正畸咨询和多学科团队协作诊疗提供了新的思路。

1.3.1 数字化模型 牙骀模型在口腔正畸中具有重要作用, 是不可或缺的诊断依据。传统的牙骀模型制作较为耗时, 患者的舒适度欠佳, 且不易储存, 变形风险高。石膏模型是我国大部分医疗机构普遍采用的模型之一, 其对环境湿度较为敏感, 若存放于湿度较高的区域, 较易受潮变形; 同时此类模型的材料强度不高, 易发生损坏^[3]。随着3D打印技术的发展, 数字化模型也随之研发而出, 利用树脂材料进行3D打印技术制作的数字化模型正逐步替代传统的石膏模型, 不仅弥补了传统制备过程中的局限性, 还支持实现资源共享。对于牙骀模型应用3D打印技术, 能够实现数字模型与影像学检查的融合, 辅助医生进行病因分析、诊断以及矫治方案的规划, 并有助于预估矫治过程中牙齿的预期变化, 制作出排牙与阶段模型, 从而提高了临床矫治的精确度和安全性, 还进一步增强了治疗效果。

1.3.2 无托槽隐形矫治器 在隐形矫治器的传统制作中, 通常利用牙齿模型间接压膜, 之后进行人工剪裁与打磨, 提高了人工成本并延长了生产周

期, 同时热塑性工艺可能导致材料性能变化^[4]。而将3D打印技术应用于口腔正畸中, 能够在各项预测阶段的虚拟模型上进行隐形矫治器的直接设计, 使其分解为较薄的二维截面, 并转换至STL格式文件, 导入到数字光处理(DLP)快速成型设备, 同时采用特定材料进一步打印出成品^[5, 6]。这一方法可以对不同位置的厚度进行个性化设计, 同时显著缩短制作用时, 降低了制作成本。在隐形矫治技术方面, 3D打印所输出的排牙模型不但精度较高, 同时可以精细地模拟牙齿移动。李晶等^[7]选取了10例简单牙列不齐的轻度复发患者作为观察样本, 结果表明无托槽隐形矫治器基于医生自行数字化排牙与3D打印制作, 能够有效矫治简单牙列不齐。此外, 相较于矫治器设计的位移量, 3D打印模型的精度需更高, 确保压制的隐形牙套可以精准施力。值得注意的是, 虽然间接制作隐形矫治器的手段已相当成熟, 但在生产和病例佩戴时仍可能出现形变, 因此对矫治器效率造成一定限制^[8]。

1.3.3 活动矫治器 活动矫治器是一种正畸矫治器, 可摘戴, 清洁方便, 体积相对较大。传统活动矫治器制作时间较长^[9]。在活动矫治器制作中应充分发挥3D打印技术的优势, 包括加强临床疗效、改善患者舒适度、提高矫治器精准性等, 不过目前可用于3D打印的材料较为受限, 尚需通过高质量研究来评估材料的性能, 以促进正畸治疗向更精准化方向发展。

1.3.4 舌侧托槽的制作 舌侧矫治技术相较于唇侧及无托槽隐形矫治技术, 其是维持美观性与生物力学效率的较佳矫治选择。传统的舌侧托槽批量生产依赖于失蜡铸造法, 耗时耗力、成本高、精度不足, 并存在补偿粘接剂等问题, 继而会导致牙周组织刺激, 出现相关的不良反应, 包括发音异常、舌体肿痛等。通过3D打印技术, 可以针对性地制作与打印舌侧托槽。个性化定制的舌侧托槽可以和患者牙齿解剖形态更加高度吻合, 从而缓解病患的不适感。姜春荣等^[10]表示, 对牙齿畸形治疗的青少年人群使用锥形束计算机断层扫描成像重建下3D打印舌侧托槽以及粘接技术, 不仅能获得明显的临床效果, 美观度高, 而且有着较高的牙齿健康程度。虽然3D打印所制备的舌侧托槽

具有较大优势,但现有的打印制作工艺仍有一定的提升空间,同时相关临床实验也待持续优化与完善。

1.3.5 3D打印转移托盘 3D打印技术能够针对托盘设计出不同结构,可满足正畸患者的治疗要求^[11]。通过3D打印技术的深入运用,可在数字化模型表面通过计算机进行虚拟定位托槽,并设计数字化转移托盘,利用3D打印技术实现成型。徐国祥等^[12]对28例正畸科就诊的患者进行观察,对比间接粘接技术中采用不同转移托盘转移托槽的准确程度,结果显示相比于双层压膜塑料托盘和双层硅橡胶托盘,3D打印托盘转移托槽发生严重误差的概率更高。而马小东等^[13]探讨了在正畸托槽间接粘接中应用3D打印托盘的转移准确性,结果显示利用3D打印托盘的间接粘接,将设置好的托槽位置转移至患者的牙列上,在颊舌向、近远中向、龈向有着较高的转移准确性。3D打印托盘转移托槽准确性的影响因素诸多,包括是否合理设计托盘、打印材料是否有良好的准确性,同时相关操作细节也会带来影响,因此对于3D打印托盘转移托槽的准确性仍待通过更多研究加以论证^[14]。

1.3.6 咬合板 在口腔正畸领域,矫正牙齿时佩戴咬合板可以发挥保护牙齿、缓解疼痛、改善深覆殆深覆盖等作用。赵迎帆等^[15]表示,对于安氏Ⅱ类2分类错殆伴TMD患者采用稳定型咬合板,能够促进改善患者的咀嚼功能,提高美观度,加强患者的治疗满意度与生活质量。传统的咬合板制造方式复杂又耗时,通过逐步引入计算机辅助制造、计算机辅助设计等技术,联合铣削工艺方式,咬合板已达成了自动化制作^[16]。而3D打印技术的运用,有助于满足个性化定制的需要,还能够制造出更复杂的模型结构,减少材料消耗,提高生产效率。打印机的参数调节与构建角度都能够影响咬合板的机械性能,3D打印不同材料的耐磨性受构建角度的影响也存在差异性,因此在制作时应结合材料特性加以调整。虽然3D打印咬合板有着突出的优势,但仍需开发更适宜的打印材料,同时积极优化设计与制作工艺,以进一步加强产品性能^[17]。

2 3D打印所面临的挑战

2.1 材料受限 部分3D打印材料在生物相容性方面存在局限性,尤其是使用立体光刻的光敏树脂材料。光敏树脂为光固化3D打印的重要材料,但其强度相较于陶瓷、金属等高强度材料有所不足,未能满足某些应用场景的需求。今后通过材料科学的创新与优化,以期能够更好地实现具有良好性能与生物相容性的3D打印材料^[18]。

2.2 使用成本较高 3D打印技术在正畸治疗中的普及与应用范围受到了成本问题的限制,如大部分打印材料依赖进口,以致成本升高。在3D打印技术推广初期,无论是具有高度相容性的材料,还是3D打印设备的购置与维护成本,均是不容忽视的问题。

2.3 3D打印技术工艺和规范仍待完善 虽然在工艺上,3D打印技术相较于传统的计算机减材制造与失蜡铸造方式更有优势,完成具有可持续的生产过程,然而在表面质量、尺寸精度与机械性能等方面还有一定的改善空间^[19]。另外,针对于3D打印材料的质量仍待进一步的调研验证,同时需要建立科学有效的规范与标准,对3D打印材料的生物安全性、机械性能与物理化学性能等方面进行明确规定,以确保3D打印材料的安全性和有效性,同时推动技术的进一步发展和应用。

2.4 存在技术门槛 3D打印技术需要具备较强的专业知识和操作技能,许多口腔医生和技师对新技术的接受度较低,从而限制了技术的运用。此外,由于技术门槛较高,口腔正畸从业人员需要接受专门的培训和教育才能掌握3D打印技术,这也增加了技术的推广难度^[20]。

3 总结

3D打印技术凭借其良好优势,在口腔正畸领域的运用也逐渐增多,在3D打印牙殆正畸模型、无托槽隐形矫治器、活动矫治器、舌侧托槽的制作、3D打印转移托盘以及咬合板等方面已获得了成功应用。然而3D打印技术的应用仍面临较大挑战,如新材料研发、技术门槛限制等均是当前亟待解决的重要内容,同时口腔3D打印技术也需持续改进与提升,今后应通过更多高质量的研究试

验去探讨3D打印技术的有效性与安全性。相信随着应用研究的不断完善,打印材料的迭代升级与成本的有效控制,3D打印技术在口腔正畸领域的应用将更加深入。

[参考文献]

- [1]张馨,牛钦,韩冰,等.3D打印头模在口腔正畸学头影测量标志点定位教学中的应用[J].中华医学教育杂志,2023,43(9):679-682.
- [2]邱勇,宋艳.CBCT重建下3D打印技术对青少年正畸治疗的应用效果及美学评价[J].中国美容医学,2020,29(4):133-137.
- [3]钱毅,邓超,许晓波,等.3D打印树脂夹板对牙周病患者正畸疗效保持的效果评价[J].上海口腔医学,2023,32(3):323-327.
- [4]杨椿浩,李岩峰,夏冬,等.两种3D打印导板在托槽间接粘接中的准确性比较[J].中国医学物理学杂志,2021,38(7):898-902.
- [5]刘明,王杰,朱春晖,等.3D打印NiTi形状记忆合金在模拟不同口腔环境中电化学腐蚀行为研究[J].中国腐蚀与防护学报,2023,43(4):781-786.
- [6]李永清,张赆,惠铄壹,等.3种不同材料三维模型牙临床应用特点比较[J].中国口腔颌面外科杂志,2024,22(3):239-244.
- [7]李晶,毛渤淳,王林川,等.基于自行数字化隐形矫治设计对正畸轻度复发病例的临床疗效研究[J].中华口腔正畸学杂志,2022,29(1):8-12.
- [8]曾奕苇,刘海,沙川路,等.3D打印胶原基材料及其在口腔组织再生修复中的应用[J].皮革科学与工程,2023,33(2):47-54.
- [9]肖燕萍,谢胜芬,徐苏华,等.口腔修复用金属三维打印件中夹杂物和孔隙率问题分析[J].口腔材料器械杂志,2023,32(4):261-265.
- [10]姜春荣,石岩,韩领杰,等.CBCT重建下3D打印技术治疗青少年牙齿畸形的效果及对GI、SBI值的影响[J].现代医学与健康研究(电子版),2020,4(20):15-17.
- [11]柳慧芬,王育新,王洋,等.3D打印截骨导板辅助腭复体术中修复BrownII类缺损的精准度评价[J].口腔医学,2021,41(5):440-444.
- [12]徐国祥,王智伟,成伟,等.三种间接粘接方法转移托槽的准确性比较[J].中华口腔正畸学杂志,2021,28(3):136-140.
- [13]马小东,陈琦,雍敏.3D打印托盘在正畸托槽间接粘接中转移准确性研究[J].宁夏医科大学学报,2023,45(7):676-682.
- [14]张娅.3D打印个性化增强支抗装置在正畸应用中的三维有限元分析[D].重庆:重庆医科大学,2018.
- [15]赵迎帆,张丹,侯志明.稳定型咬合板治疗安氏II类2分类错殆伴颞下颌关节紊乱病的临床疗效[J].中国医科大学学报,2021,50(7):612-615.
- [16]罗娜,达畅雪琪,孙娜,等.3D重建辅助制备咬合诱导功能矫治器治疗儿童替牙早期错殆畸形疗效研究[J].中国美容医学,2021,30(11):141-144.
- [17]周杨一帆,张京剧,廖崇珊,等.3D导板引导下微创骨皮质切开术辅助正畸治疗骨性II类错殆畸形的临床研究[J].口腔颌面外科杂志,2024,34(2):108-114.
- [18]蒋海芳,刘融,胡鹏,等.3D打印技术在唇腭裂精准与个性化治疗中的应用[J].中国组织工程研究,2023,27(3):413-419.
- [19]马建斌,薛超然,王沛棋,等.不同补偿间隙3D打印正颌手术板对咬合精度的影响[J].国际口腔医学杂志,2022,49(3):296-304.
- [20]古瑞,王义鹏,叶吴霜,等.三维打印光敏树脂牙列模型形态的长期稳定性研究[J].中华口腔医学杂志,2023,58(3):271-276.

收稿日期: 2024-12-23 编辑: 周思雨