

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2021.18.009  
文章编号: 1005-8982 (2021) 18-0044-05

综述

## 3D功能模型在口腔正畸中的应用现状与研究进展\*

刘超<sup>1</sup>, 陈梦珊<sup>2</sup>, 姜杉<sup>2</sup>, 白明海<sup>2</sup>

(1. 湖南中医药大学, 湖南 长沙 410208; 2. 长沙市口腔医院 正畸科, 湖南 长沙 410004)

**摘要:** 在正畸临床工作中, 牙颌模型是患者初始信息和疗程记录的良好载体, 也是诊断分析的重要资料。在治疗过程中, 可通过研究模型来了解当前的治疗情况及矫治进展, 并及时调整治疗方案, 达到最佳疗效。石膏模型存在固化时间长、边缘不清楚、取模变性等缺点, 难以快速准确地测量数据并对治疗结果的预测存在一定的局限性。伴随着科学技术的不断发展, 石膏模型已很难满足正畸医师的需求。3D功能模型技术的发展为数字化时代下的正畸治疗带来了巨大变化。3D功能模型技术广泛应用于数字化建档、三维诊断及治疗方案的辅助设计、正畸矫治、正畸材料设备制造、科研教学等。3D功能模型技术应用带动了口腔正畸的发展, 该文就3D功能模型在口腔正畸领域的应用进行综述。

**关键词:** 牙科印模技术; 口腔; 正畸; 牙模型; 成像, 三维

**中图分类号:** R783.5

**文献标识码:** A

## Application and research progress of 3D digital dental model in orthodontics\*

Chao Liu<sup>1</sup>, Meng-shan Chen<sup>2</sup>, Shan Jiang<sup>2</sup>, Ming-hai Bai<sup>2</sup>

(1. Hunan University of Chinese Medicine, Changsha, Hunan 410208, China; 2. Department of Orthodontics, Changsha Stomatological Hospital, Changsha, Hunan 410004, China)

**Abstract:** In clinical orthodontic practice, dental models are not only a great carrier of the patient's initial information and the treatment records, but also provide important data for diagnosis and analysis. During the treatment, these models could be used to reflect the current conditions and therefore contribute to optimizing the therapeutic regimen. Due to some disadvantages such as long setting time, blurred edges, and model deformation, plaster models are hardly efficient for measuring data and predicting treatment outcomes. With the continuous development of science and technology, plaster models cannot meet the needs of orthodontists any more. The 3D digital dental model technology has brought great changes to orthodontic treatment in the digital era. It is widely used in digital archiving, three-dimensional diagnosis and treatment design, orthodontic treatment, orthodontic material and equipment manufacturing, and scientific research and teaching, among other things. The application of 3D digital dental model technology has driven the development of orthodontics. This paper reviews the application of 3D digital dental models in the field of orthodontics.

**Keywords:** dental impression; intraoral scanning; orthodontics; digital dental model; three-dimensional imaging

与传统正畸治疗方法相比, 数字化诊疗可以进一步疾病诊断与制定治疗方案, 有助于提高治疗的有

收稿日期: 2021-03-18

\* 基金项目: 湖南省卫健委立项资助课题(No: 20201218); 湖南省科学技术厅临床医疗技术创新引导项目(No: 2020sk53201); 湖南省科学技术厅科卫联合项目(No: 20212589)

[通信作者] 白明海, E-mail: 429526876@qq.com; Tel: 0731-83878400

效性和安全性。不同于传统石膏模型, 3D 功能模型是通过口内直接扫描、口外激光扫描、层析扫描、CT 扫描等数字化印模技术获得的数字化模型, 为分析、诊断、设计提供三维模型, 是数字化诊疗的基础, 是当今口腔正畸医生关注的焦点<sup>[1]</sup>。

## 1 数字化建档

传统的正畸数据存储是利用石膏模型, 但是其储存占用大量空间, 并且取用困难、易磨损变形。随着计算机云存储技术的发展, 未来 3D 功能模型可以通过网络建立数字化档案, 随时随地存取、修改<sup>[2]</sup>。3D 功能模型建档开放存储、不易破损、节省空间、信息交流方便、方便长久保存<sup>[3]</sup>。并且数字化建档能够促进医患沟通平台、医技沟通平台的建立, 方便进行正畸流行病学的调查及正畸科研实验<sup>[4]</sup>。肖峰<sup>[5]</sup>认为 Bolton 指数和 Pont 指数因种族、性别等不同而有差异。LANTERI 等<sup>[6]</sup>通过回顾性研究 100 例隐形矫治患者, 运用 3D 功能模型进行分析测量, 探讨隐形矫治在大样本中的疗效。近年来, 越来越多的扫描软件系统如 Lava COS、Trios、iTero 等, 使用开放格式存储数字模型文件, 兼容第三方软件, 加快了 3D 功能模型的数字化建档<sup>[7]</sup>。但是其存储格式和传输方式等相关信息仍未形成国际化标准, 难以实现大数据库的建立, 阻碍了 3D 功能模型的数字化建档。口腔正畸数字化建档的实施将推动数字化口腔正畸学的发展, 提高口腔正畸诊疗水平, 促进沟通, 实现高质量正畸医疗资源的共享<sup>[8]</sup>。

## 2 三维诊断及治疗方案的辅助设计

通过 3D 功能模型可以查看模型的各个断层、牙齿形态、牙弓形态及口腔解剖结构。除常见的宽度、长度、角度测量, 在 3D 功能模型上还可以做到体积、面积、点对点、点对平面、平面对平面的测量<sup>[9]</sup>。利用 3D 功能模型可以迅速地分割牙列, 在多视角下准确地实现 3D 数字化排牙。利用 3D 功能模型可对比不同模拟排牙方案的疗效, 选取最佳的治疗计划。LEUNG 等<sup>[10]</sup>通过测量 39 例患者正畸治疗前后的数字模型和石膏模型的 PAR 和 ICON 指数, 得出数字模型能够替代传统模型评价正畸治疗的结论。KO 等<sup>[11]</sup>对比 16 位正畸医师在临

床中使用数字模型和石膏模型设计得到的治疗计划, 同样认为 3D 功能模型能够替代传统模型制定治疗计划。3D 功能模型通过计算机可实现数字化微笑设计<sup>[12]</sup>, 该设计可以直观、快速地展现整体疗效。数字面部扫描中集成微笑设计和使用口腔内扫描仪进行三维诊断可跟踪辅助医生设计治疗方案, 高度契合临床实践, 降低沟通矛盾<sup>[13]</sup>。

## 3 正畸矫治中的应用

### 3.1 无托槽隐形矫治中的应用

近年来, 无托槽隐形矫治因其舒适、美观的理念得到快速发展。TAMER 等<sup>[14]</sup>通过回顾文献发现 27 种无托槽隐形矫治系统都在应用计算机辅助设计与制造 (CAD/CAM) 技术与数字 3D 功能模型, 其中 Invisalign 系统更是充分利用数字技术成为最常用的隐形矫治系统。传统无托槽隐形矫治又叫正位器, 是切割石膏模型、热压成型加工矫治器<sup>[15]</sup>。不同于传统技术, 现代无托槽隐形矫治器的加工是利用计算机辅助设计系统与 3D 功能模型模拟矫治方案的步骤, 然后将所有步骤对应的功能模型通过快速成型技术加工成无托槽隐形矫治器, 此加工过程更加精准、高效<sup>[16]</sup>。赵祥等<sup>[17]</sup>、CHARA-LAMPAKIS 等<sup>[18]</sup>及 CARUSO 等<sup>[19]</sup>应用相似的研究方法, 利用 3D 功能模型测量牙齿的垂直、水平和旋转运动, 并利用 3D 功能模型评估扩弓的效率, 证明了在隐形矫治的患者中 3D 功能模型不但能对隐形矫治进行三维方向的测量, 还能对其进行疗效评估。

### 3.2 唇、舌侧固定矫治中的应用

数字化技术使得正畸治疗得到快速发展, 3D 功能模型广泛应用于间接粘接及个性化矫治器的制作。间接粘接能够精准定位托槽且缩短了临床椅旁时间, 3D 功能模型指导制作最终咬合定位托槽及间接粘接托盘省时、省力, 并且避免了模型转移产生的误差。BROWN 等<sup>[20]</sup>对比直接/间接粘接传统自锁托槽与个性化自锁托槽, 通过评估治疗结果, 发现使用 3D 功能模型通过计算机辅助设计与制造的个性化托槽明显缩短了临床治疗时间。3D 功能模型虚拟排牙以及 3D 打印的发展为托槽间接粘接及个性化矫治器制作提供了可能。其中德国的 Incognito 舌侧矫治器、韩国的 Orapix 舌侧矫治

器及美国的 Insignia 唇侧矫治器在个性化矫治系统中具有代表性,将锥形束 CT(CBCT)的根骨关系融入 3D 功能模型形成虚拟牙根,将医师的矫治方案通过托槽定位和个性化弓丝实现<sup>[21]</sup>。van der MEER 等<sup>[22]</sup>通过口内扫描仪获取自愿者的口内 3D 功能模型后,应用 3D 打印与弯曲机器人生产了保持器和扩弓器并进行了测试、评估,证明了 3D 功能模型可以替代石膏模型应用于口腔正畸矫治器的制作。利用 3D 功能模型及 3D 打印技术生产个性化矫治器不但提高临床效率而且实现“精准医疗”的理念。

### 3.3 正颌外科

在正畸-正颌联合治疗术前可利用 3D 功能模型建立数字化排牙和模拟模型,提高矫治设计的效率和准确性<sup>[23]</sup>。通过虚拟化治疗筛选最佳的治疗方案,可使正畸矫治及颌面外科手术更精准<sup>[24]</sup>。SCHNEIDER 等<sup>[25]</sup>通过对比 21 例接受双颌正颌手术的患者,发现利用 3D 功能模型技术联合虚拟手术计划并制作导板进行手术导航的患者较传统正颌模型外科手术的患者明显缩短了手术时间并增加了手术的准确性。3D 打印的发展使 3D 功能模型能够精确再现牙颌面部解剖结构,并且在术中准确定位、疗效即刻反馈、手术导板导航等方面应用广泛<sup>[26]</sup>。BADIALI 等<sup>[27]</sup>前瞻性纳入 22 例正畸-正颌联合治疗患者,评估不同手术夹板疗效,认为利用 3D 功能模型等数字化技术制作的手术导板和个性化钛板要优于传统固定钛板。3D 功能模型技术转换了传统模型在外科中的繁杂操作流程,使正颌术前、术后软硬组织的改变更加可视化,并在正颌手术微创、低风险的同时获得最佳治疗结果,因此,使得正畸正颌联合治疗更加精准,从而取得理想的疗效<sup>[28-29]</sup>。

## 4 正畸材料设备方面的应用

3D 功能模型通过计算机辅助设计与快速成型制造技术制作正畸材料和设备。利用 3D 功能模型技术,将模型记录成数字格式文件,通过 3D 打印制作咬合导板、个性化托盘、托槽定位器、正畸移动加速器、保持器等<sup>[30]</sup>。蔡鸣等<sup>[31]</sup>对比 12 例利用三维打印手术导板与传统咬合导板正畸正颌治疗患者,认为利用 3D 模型制作的数字化咬合导板能够提高手术精度。GRÜNHEID 等<sup>[32]</sup>将 136 个石膏模型上的托槽通过导板粘接在患者口内,通过对比

前后 CBCT 定位数据,认为利用 3D 功能模型制作的间接粘接导板能够精确定位托槽位置。TAVARES 等<sup>[33]</sup>在 37 个下半口石膏模型和 3D 数字化功能模型上测量牙弓长度、宽度等,发现从数字模型获得的纸质打印图像准确率较高,证明了 3D 功能模型可以用作牙弓形状评估工具并用于制作个性化的正畸弓丝。3D 功能模型不仅可以在生产、制造中重复使用,而且绿色无污染,极大地改变了传统的制造、生产方式。

## 5 科研及教学领域的应用

现如今大多数 CAD/CAM 系统可以开放储存数据,将数据信息上传至相关软件进行处理、分析,并可以与 CT 等方法得到的数据相结合,从而实现更加广泛的科研教学研究。贺维等<sup>[34]</sup>利用 3D 功能模型技术与传统石膏模型对比,探索 3D 功能模型在口腔正畸模型测量中的应用。韩焯等<sup>[35]</sup>通过口内扫描技术探索并建立软组织改变的评价方法,评价骨皮质切开术结合牙周组织再生术对 III 类错颌畸形牙槽嵴顶冠方牙龈厚度的影响。KREY 等<sup>[36]</sup>利用 3D 功能模型制作个性化腭板应用于唇腭裂患者的术前正畸治疗。3D 功能模型的引入也为临床研究提供更加精准的手段,使得研究从静态扩展到动态,且更加方便、精准、客观。以往关于正畸牙齿移动的研究大多只比较了治疗前后的差异,很难注意到治疗过程中牙齿细微的运动,然而,了解这种细微的牙齿移动可能是提高治疗效果的关键<sup>[37]</sup>。YUN 等<sup>[38]</sup>通过口腔内扫描仪和数字叠加技术对正畸牙齿移动情况进行评价,观察治疗过程中的牙齿运动,而不需要进行连续印模和/或获取 X 射线片。

## 6 展望

3D 功能模型对于获得和分析数据信息都非常方便、有可预见性的疗效,3D 功能模型技术在科研、教学和正畸临床中的应用等方面具有巨大的发展潜力,在未来也将会逐步替代传统的口腔正畸印模方法<sup>[39]</sup>。SHASTRY 等<sup>[40]</sup>通过对美国和加拿大大学校正畸研究生项目主任进行问卷调查,多数学校表示在未来将进行 3D 功能模型研究。虽然 3D 功能模型是三维的,但都是在二维显示器上查看,如果将来能以三维动态形态展示将更加直观、形象。目前的 3D 功能模型都是捕获的静态咬合关系,

未来如果能够获取动态咬合信息, 会更有利于口腔正畸学的诊断、设计、疗效评估等。且几乎所有的正畸设备都将通过口腔内扫描来设计, 通过数字化来进行定制, 适应患者的具体临床需要<sup>[41]</sup>。在不久的将来, 口内扫描仪捕获的牙龈信息将被添加到 CBCT 获得的骨组织信息中。3D 功能模型是不可逆转的趋势, 随着技术的发展, 远程治疗和监控也将成为可能。

#### 参 考 文 献 :

- [1] MORRIS R S, HOYE L N, ELNAGAR M H, et al. Accuracy of dental monitoring 3D digital dental models using photograph and video mode[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2019, 156(3): 420-428.
- [2] 胡心怡, 法晨, 潘晓岗. 激光扫描法建立三维数字化牙颌模型的准确性和可靠性评价[J]. *口腔材料器械杂志*, 2015, 24(3): 123-128.
- [3] MANGANO F, GANDOLFI A, LUONGO G, et al. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature[J]. *BMC Oral Health*, 2017, 17(1): 149.
- [4] ALLAREDDY V, RENGASAMY V S, NALLIAH R P, et al. Orthodontics in the era of big data analytics[J]. *Orthod Craniofac Res*, 2019, 22(Suppl 1): 8-13.
- [5] 肖峰. 三维扫描分析新疆喀什地区维吾尔族青少年牙列指数[D]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2018.
- [6] LANTERI V, FARRONATO G, LANTERI C, et al. The efficacy of orthodontic treatments for anterior crowding with Invisalign compared with fixed appliances using the peer assessment rating index[J]. *Quintessence Int*, 2018, 49(7): 581-587.
- [7] 周彦恒. 数字化技术在我国口腔正畸学领域的应用现状及展望[J]. *中华口腔医学杂志*, 2016, 51(6): 321-325.
- [8] BROWN G B, CURRIER G F, KADIOGLU O, et al. Accuracy of 3-dimensional printed dental models reconstructed from digital intraoral impressions[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2018, 154(5): 733-739.
- [9] 杜丽娟, 田梦婷, 张嘉宇, 等. 三维数字化模型测量牙齿和牙弓的精确性研究[J]. *口腔材料器械杂志*, 2018, 27(4): 200-204.
- [10] LEUNG C V, YANG Y, LIAO C, et al. Digital models as an alternative to plaster casts in assessment of orthodontic treatment outcomes[J]. *Scientific World Journal*, 2018, 2018: 9819384.
- [11] KO H C, LIU W, HOU D, et al. Agreement of treatment recommendations based on digital vs plaster dental models[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2019, 155(1): 135-142.
- [12] ZIMMERMANN M, MEHL A. Virtual smile design systems: a current review[J]. *Int J Comput Dent*, 2015, 18(4): 303-317.
- [13] CHARAVET C, BERNARD J C, GAILLARD C, et al. Benefits of digital smile design (DSD) in the conception of a complex orthodontic treatment plan: a case report-proof of concept[J]. *Int Orthod*, 2019, 17(3): 573-579.
- [14] TAMER İ, ÖZTAŞ E, MARŞAN G. Orthodontic treatment with clear aligners and the scientific reality behind their marketing: a literature review[J]. *Turk J Orthod*, 2019, 32(4): 241-246.
- [15] WEIR T. Clear aligners in orthodontic treatment[J]. *Aust Dent J*, 2017, 62(Suppl 1): 58-62.
- [16] PAPANITRIOU A, MOUSOULEA S, GKANTIDIS N, et al. Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review[J]. *Prog Orthod*, 2018, 19(1): 37.
- [17] 赵祥, 汪虹虹, 杨一鸣, 等. 无托槽隐形矫治上颌扩弓效率及其影响因素初探[J]. *中华口腔医学杂志*, 2017, 52(9): 543-548.
- [18] CHARALAMPAKIS O, ILIADI A, UENO H, et al. Accuracy of clear aligners: a retrospective study of patients who needed refinement[J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2018, 154(1): 47-54.
- [19] CARUSO S, NOTA A, EHSANI S, et al. Impact of molar teeth distalization with clear aligners on occlusal vertical dimension: a retrospective study[J]. *BMC Oral Health*, 2019, 19(1): 182.
- [20] 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.
- [21] ALDREES A M. Do customized orthodontic appliances and vibration devices provide more efficient treatment than conventional methods[J]. *Korean J Orthod*, 2016, 46(3): 180-185.
- [22] van der MEER W J, VISSINK A, REN Y. Full 3-dimensional digital workflow for multicomponent dental appliances: a proof of concept[J]. *J Am Dent Assoc*, 2016, 147(4): 288-291.
- [23] 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.
- [24] LIN H H, LONIC D, LO L J. 3D printing in orthognathic surgery - a literature review[J]. *J Formos Med Assoc*, 2018, 117(7): 547-558.
- [25] SCHNEIDER D, KÄMMERER P W, HENNIG M, et al. Customized virtual surgical planning in bimaxillary orthognathic surgery: a prospective randomized trial[J]. *Clin Oral Investig*, 2019, 23(7): 3115-3122.
- [26] 赵靖, 王笛, 刘继全, 等. 3D 打印技术在医学领域应用的现状及问题[J]. *中国现代医学杂志*, 2017, 27(12): 71-74.
- [27] BADIALI G, BEVINI M, RUGGIERO F, et al. Validation of a patient-specific system for mandible-first bimaxillary surgery: ramus and implant positioning precision assessment and guide design comparison[J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1): 13317.
- [28] JEON J H. Digital technology in orthognathic surgery: virtual surgical planning and digital transfer[J]. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg*, 2019, 45(5): 231-232.
- [29] MATHEW N, GANDHI S, SINGH I, et al. 3D models revolutionizing surgical outcomes in oral and maxillofacial surgery: experience at our center[J]. *J Maxillofac Oral Surg*, 2020, 19(2): 208-216.
- [30] 张新风, 董智伟, 鲍海宏, 等. 3D 打印技术在提高 80 例应用血

- 管化腓骨移植修复下颌骨缺损精确度方面的临床探讨[J]. 中国现代医学杂志, 2016, 26(10): 51-55.
- [31] 蔡鸣, 杨育生, 王旭东, 等. 三维打印精准手术导板与传统咬合导板在偏颌畸形治疗中的对比研究[J]. 中华整形外科杂志, 2018, 34(6): 417-421.
- [32] GRÜNHEID T, LEE M S, LARSON B E. Transfer accuracy of vinyl polysiloxane trays for indirect bonding[J]. Angle Orthod, 2016, 86(3): 468-474.
- [33] TAVARES A, BRAGA E, ARAÚJO T M. Digital models: how can dental arch form be verified chairside[J]. Dental Press J Orthod, 2017, 22(6): 68-73.
- [34] 贺维, 施斌. 一种口内扫描数字化技术在口腔正畸模型测量中的应用[J]. 中华口腔正畸学杂志, 2015, 22(4): 202-205.
- [35] 韩焯, 苗莉莉, 靖无迪, 等. 牙周组织再生结合骨皮质切开术对骨性III类错(牙合)牙龈厚度影响的数字化评估[J]. 中华口腔医学杂志, 2020, 55(2): 73-79.
- [36] KREY K F, RATZMANN A, METELMANN P H, et al. Fully digital workflow for presurgical orthodontic plate in cleft lip and palate patients[J]. Int J Comput Dent, 2018, 21(3): 251-259.
- [37] 苏丽, 黄晓峰. 牙颌数字化三维建模的研究进展[J]. 口腔医学研究, 2019, 35(1): 16-19.
- [38] YUN D, CHOI D S, JANG I, et al. Clinical application of an intraoral scanner for serial evaluation of orthodontic tooth movement: a preliminary study[J]. Korean J Orthod, 2018, 48(4): 262-267.
- [39] MARTIN C B, CHALMERS E V, MCINTYRE G T, et al. Orthodontic scanners: what's available[J]. J Orthod, 2015, 42(2): 136-143.
- [40] SHASTRY S, PARK J H. Evaluation of the use of digital study models in postgraduate orthodontic programs in the United States and Canada[J]. Angle Orthod, 2014, 84(1): 62-67.
- [41] 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.

(李科 编辑)

**本文引用格式:** 刘超, 陈梦珊, 姜杉, 等. 3D功能模型在口腔正畸中的应用现状与研究进展[J]. 中国现代医学杂志, 2021, 31(18): 44-48.

**Cite this article as:** LIU C, CHEN M S, JIANG S, et al. Application and research progress of 3D digital dental model in orthodontics[J]. China Journal of Modern Medicine, 2021, 31(18): 44-48.