

CAD/CAM 在口腔修复中的应用现状

黄浩, 李雪林, 韩泽华, 舒文, 朱鹏飞, 向盈盈
(昆明医科大学附属延安医院口腔科, 云南昆明 650031)

[摘要] 近年来计算机辅助设计和制造(CAD/CAM)不断推动口腔领域的发展和改革。口腔修复是口腔医学的重要组成部分, CAD/CAM 越来越多地运用于口腔修复, 促使口腔修复飞速发展。通过总结多篇国内外文献, 概述 CAD/CAM 在口腔修复中的应用进展。

[关键词] 计算机辅助设计; 计算机辅助制造; 口腔修复

[中图分类号] R783.3 [文献标志码] A [文章编号] 2095-610X(2024)08-0161-05

Application Status of CAD/CAM in Prosthodontics

HUANG Hao, LI Xuelin, HAN Zehua, SHU Wen, ZHU Pengfei, XIANG Yingying
(Dept. of Stomatology, Yan'an Hospital Affiliated to Kunming Medical University,
Kunming Yunnan 650031, China)

[Abstract] In recent years, computer-aided design and manufacturing (CAD/CAM) have been driving the development and reform of the dental field. Prosthodontics is an essential part of oral medicine, and CAD/CAM is increasingly being used in prosthodontics, leading to rapid advancements in this field. This paper summarizes a number of domestic and international literatures to provide an overview of the progress of CAD/CAM in prosthodontics.

[Key words] Compute aided design; Compute aided manufacturing; Prosthodontic

计算机辅助设计(computer aided design, CAD)和计算机辅助制造(computer aided manufacturing, CAM)是20世纪60年代快速发展起来的新的综合性计算机应用技术, 它是以计算机作为主要技术手段, 处理各种数字信息和图形信息, 辅助完成产品设计和制造中的各项活动。20世纪80年代, CAD/CAM 技术引入口腔领域, 促进了口腔医学的发展和进步, 在就诊便捷性和流程规范性等方面有明显优势^[1-2]。

口腔数字化技术的进步也不断改变着口腔医生的工作方式^[3]。数字化技术在口腔科中最显着的好处之一是能够简化复杂的流程, 减少患者预约, 以及临床手术和实验室时间, 并在不影响临床结果的情况下减少制造步骤^[4-6], 优化工作流

程、提高工作效率^[7-8]。同时 CAD/CAM 修复材料具有许多优点, 如材料质量稳定, 成本较低和节省时间等^[9], 这使得 CAD/CAM 修复材料得到广泛使用。本文将从 CAD/CAM 在嵌体、全冠、活动义齿、种植义齿及固定桥 5 种修复方式中的应用进行描述, 从而概述 CAD/CAM 在口腔修复中的应用进展。

1 嵌体

嵌体(Inlay)是1种嵌入患牙内部, 用以恢复缺损牙体形态和功能的修复体。如果嵌体部分嵌入牙冠内、部分高于牙面则命名为高嵌体(Onlay)。研究表明^[10], 高嵌体可良好的修复牙齿缺损, 得

[收稿日期] 2022-12-18

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(82360189); 昆明医科大学教育教学研究课题基金资助项目(2024-JY-Y-150)

[作者简介] 黄浩(1997~), 女, 云南曲靖人, 在读硕士研究生, 主要从事口腔临床工作。

[通信作者] 向盈盈, E-mail: 25591394@qq.com

到极佳的修复效果。Metiner 等^[11]对数字印模制造嵌体和传统印模制造的嵌体进行了长达 12 个月的研究, 随访结果表明用数字印模制造的嵌体修复体是传统嵌体修复的可靠替代品。嵌体修复后 5 a, 嵌体和牙冠的平均保存率分别为 93.50% 和 95.38%^[12-13]。Tunac 等^[14-15]在经过 2 a 评估后得出结论: CAD/CAM 树脂复合嵌体可以成功用于后牙 II 类洞修复, 且失败率极低, 随访结果也显示出高保存率。CAD/CAM 高嵌体在修复根管治疗后磨牙大面积缺损的临床应用中各方面表现良好, 患者满意度高, 值得临床推广^[16-17]。用 CAD/CAM 进行嵌体修复时, 对医生技术有较高要求, 收费也偏高。

2 全冠

在口腔修复中最常见的 1 种修复体是全冠, 它包绕了整个牙冠, 修复缺损牙体, 恢复牙齿功能。良好的边缘密合度是全冠修复的基础, 修复体与自身牙体的紧密贴合也是我们希望达到的效果。研究表明^[18], 通过口内扫描仪(intraoral scanners, IOS)获得的 CAD/CAM 制造修复体比通过传统印模和随后实验室扫描获得的修复体显示出更好的边缘和内部贴合。直接数字工作流程是间接数字工作流程的有效替代方案, 用于生产 CAD/CAM 全陶瓷修复体。口外扫描仪的类型也会影响 CAD/CAM 制造的牙冠的边缘密合, 但它对牙冠与牙体的内部契合度没有显著影响^[19]。CAD/CAM 技术可以增强陶瓷材料在口腔中应用, 从而提高修复体的生物相容性, 满足患者的美学需求^[20]。另有研究表明^[21], 通过 CAD/CAM 制造的陶瓷全冠寿命低于传统制造的全冠。这可能与陶瓷的类型及其特性有关, 关于 CAD/CAM 在全冠中的应用还有待进一步研究。此外, CAD/CAM 行全冠修复对口腔技师有较高要求^[22], 经验不足、缺乏对材料的了解、数字技术等原因都能造成修复体临床并发症^[23]。

3 可摘局部义齿

可摘局部义齿(removable partial dentures, RPD)是 1 种患者可以自行摘戴的用于部分牙缺失(牙列缺损)的修复体。由于预期寿命的增加以及人口老龄化, 无牙颌种群正在增加。越来越多的老年人要求保留更多牙齿。因此, 对 RPD 治疗的需求

将升高, 这样的需求还将持续到将来^[24]。

传统制造 RPD 是 1 个复杂、容易出错、耗时且昂贵的过程。使用 CAD/CAM 技术, 可以快速原型制作, 有望成为制造 RPD 支架的更有效方法^[25]。1994 年, 首次尝试开发 CAD/CAM 系统来制造完整的 RPD 修复体^[26]。随着当前数字化口腔的创新和发展, CAD/CAM 技术制造已成功地运用于 RPD 的修复^[27]。传统制造的 RPD 可能非常耗时, 并且它们的不贴合已被确定为 RPD 使用者的主要诉求之一^[28]。与传统 RPD 相比, 使用 CAD/CAM 支架和聚甲基丙烯酸甲酯(polymethyl methacrylate, PMMA)光盘进行数字 RPD 具有许多优势, 它可以进行更准确的 RPD 支架设计, 从而提高贴合度。RPD 的贴合度越好, RPD 就越舒适和实用。此外, 使用计算机化技术可以减少 RPD 的制作时间, 使其比传统技术更快地给患者使用^[29]。与传统制造的 RPD 支架相比, 通过 CAD/CAM 和快速原型技术制造的 RPD 支架具有临床可接受的拟合度, 更高的精度和更好的准确性。但是支架和义齿基底之间粘合的准确性和耐用性的技术仍有待解决。在数字化制造中, 人为因素也会影响支架的质量^[30]。全数字化 RPD 可以在没有石膏确定铸件的情况下制造, 但全数字 RPD 的指征仅限于肯氏 III/IV 类部分牙列缺失的病例^[31]。数字印模采集和上颌骨关系记录的困难仍有待解决, 需要扩展修复的适应症^[32]。

4 种植义齿

种植义齿(implant denture)是由牙种植体及其支持的上部结构组成的修复体。

CAD/CAM 的引入使临床医生能够使用更便宜的材料和更快的制造程序, 提高了义齿修复治疗的效率^[33]。口内扫描在单种植体和多种种植体修复体中都表现出很高的准确性^[34]。IOS 数字扫描的准确性与传统的印模技术相比, 在单基台或双基台印模时, 口内数字扫描具有更高的效率。患者对口内数字扫描的满意度和偏好优于接受传统印模手术的患者^[35]。Pesce 等^[36]通过体外研究, 提出数字印模可能可以成为 1 种可靠的方法, 用于在存在倾斜植入物时制作具有良好被动配合的全牙弓植入物支架。李瑾等^[37]通过比较上颌前牙缺失后行常规即刻种植修复术和联合应用 CAD/CAM 牙种植导板进行即刻种植修复术的术前术后咀嚼效率、言语功能及美学效果等指标, 提出

CAD/CAM 牙种植导板联合应用在上颌前牙即刻种植术中能增强修复的精确性、提高咀嚼效率及改善牙周环境。种植导板良好的固位力是提高手术精确度的前提, 这对技师的要求较高^[38]。

通常情况下, 为获得良好的骨支持, 上颌窦底至牙槽嵴要有足够的距离, 反之则会选择行上颌窦底提升术来处理骨量不足的问题, 进行上颌窦底提升术时, 应选择“最佳选择”—CAD/CAM 引导的设计, 因为它减少了组之间和组内所选参数的差异。这有助于没有足够的种植手术经验的口腔医生取得更好的种植效果^[39]。Yeung 等^[40] 还将现有的设计原则和 CAD/CAM 材料相结合, 制作出 1 种金属丙烯酸树脂, 最大限度地减少了单个牙齿断裂, 并促进了磨损表面的有效表面修复。

CAD/CAM 牙种植导板引导下的牙种植手术治疗效果高于常规牙种植手术, 可有效改善咀嚼功能。CAD/CAM 引入种植义齿修复, 需要医生和技师的高度配合, 以保证手术的精确性。

5 固定桥

固定桥用于修复牙列中 1 个或多个缺失牙, 通过粘接剂或固定装置与缺牙 2 侧预备好的基牙或种植体连接成一体, 恢复缺失牙的形态和功能。将 CAD/CAM 技术整合到完整的义齿设计和制造中, 简化了临床和加工厂的流程, 并改善了义齿的物理特性, 提高了义齿质量^[41]。CAD/CAM 系统能够生产可重复制作且边缘间隙小的固定桥^[42]。与传统方法和其他合金制成的结构相比, 由 CAD/CAM 技术制成的钴基修复体在边缘贴合、减少炎症、良好维护以及牙周健康等方面展现了更好的临床效果^[43]。

6 小结

综上所述, CAD/CAM 在嵌体、全冠、活动义齿、种植义齿及固定桥五种修复方式中应用广泛。CAD/CAM 的应用增加了修复体的精密度、准确度, 减少临床诊治时间和就诊次数, 数字存档可显著提高数据保留率, 更有利于以患者为中心的治疗和临床修复后随访。CAD/CAM 制作的修复义齿在强度、刚度及耐腐蚀性等方面具有优势, 提升了义齿与牙体之间的贴合度, 增加了义齿的韧性、极限弯曲强度和更高的弹性模量等^[44]。除此之外, CAD/CAM 还可应用于过渡粘接中以

恢复咬合^[45]。虽然 CAD/CAM 技术还存在部分如初始成本高的局限性^[46], 但其给口腔修复带来的诸多优点不容小觑。未来, CAD/CAM 将更加广泛的应用于口腔修复, 促进口腔修复的迅猛发展。

[参考文献]

- [1] Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, et al. A review of dental CAD/CAM: Current status and future perspectives from 20 years of experience[J]. *Dent Mater J*, 2009, 28(1): 44–56.
- [2] 黄清川, 黄翠, 蔡新杰. 数字化口内扫描技术在口腔修复学临床和教学中的应用[J]. *口腔颌面修复学杂志*, 2022, 23(5): 366–373.
- [3] Chi J. Digital impressions and in-office CAD/CAM: A review of best practices and what's to come[J]. *Compend Contin Educ Dent*, 2021, 42(3): 140–141.
- [4] Fung L, Brisebois P. Implementing digital dentistry into your esthetic dental practice[J]. *Dent Clin North Am*, 2020, 64(4): 645–657.
- [5] Tanveer W, Ridwan-Pramana A, Molinero-Mourelle P, et al. Systematic review of clinical applications of CAD/CAM technology for craniofacial implants placement and manufacturing of orbital prostheses[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(21): 11349.
- [6] Mühlmann S, Benic G I, Fehmer V, et al. Randomized controlled clinical trial of digital and conventional workflows for the fabrication of zirconia-ceramic posterior fixed partial dentures. Part II: Time efficiency of CAD-CAM versus conventional laboratory procedures[J]. *J Prosthet Dent*, 2019, 121(2): 252–257.
- [7] Khan S, Ali A, Siddique R, et al. Novel coronavirus is putting the whole world on alert[J]. *J Hosp Infect*, 2020, 104(3): 252–253.
- [8] Barenghi L, Barenghi A, Garagiola U, et al. Pros and Cons of CAD/CAM technology for infection prevention in dental settings during COVID-19 outbreak[J]. *Sensors (Basel)*, 2021, 22(1): 49.
- [9] Komine F, Honda J, Kusaba K, et al. Clinical outcomes of single crown restorations fabricated with resin-based CAD/CAM materials[J]. *J Oral*, 2020, 62(4): 353–355.
- [10] Krug R, Droste L, Schreiber C, et al. Long-term performance of ceramic in/onlays vs. cast gold partial crowns – a

- retrospective clinical study[J]. *Clin Oral Investig*, 2024, 28(5): 298.
- [11] Metiner C, Tü rker Ş B. Evaluation of clinical success and marginal adaptations of inlay and onlay restorations manufactured after conventional and digital impressions: A prospective randomized controlled clinical study[J]. *Int J Comput Dent*, 2021, 24(2): 207–223.
- [12] Bustamante-Hern á ndez N, Montiel-Company J M, Bellot-Arc í s C, et al. Clinical behavior of ceramic, hybrid and composite onlays. A systematic review and meta-analysis[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(20): 7582.
- [13] Vagropoulou G I, Klifopoulou G L, Vlahou S G, et al. Complications and survival rates of inlays and onlays vs complete coverage restorations: A systematic review and analysis of studies[J]. *J Oral Rehabil*, 2018, 45(11): 903–920.
- [14] Tunac A T, Celik E U, Yasa B. Two-year performance of CAD/CAM fabricated resin composite inlay restorations: A randomized controlled clinical trial[J]. *J Esthet Restor Dent*, 2019, 31(6): 627–638.
- [15] Mandal N B, Kumari A, Baldev K C, et al. A clinical evaluation of onlay and inlay in the posterior ceramic restorations: An original study[J]. *J Pharm Bioallied*, 2022, 14(1): 310–312.
- [16] 张锋娟, 宋长钦. CAD/CAM 高嵌体修复根管治疗后磨牙大面积缺损的临床应用 [J]. *北京口腔医学*, 2021, 29(6): 370–373.
- [17] 刘方宇, 朱加林, 丁存善, 等. CAD/CAM 氧化锆髓超嵌体修复磨牙根管治疗后牙体缺损的临床效果评价 [J]. *宁夏医科大学学报*, 2021, 43(1): 52–56.
- [18] Arcuri L, Lorenzi C, Bianchi N, et al. Fit evaluation of cad/cam fabricated all-ceramic restorations based on direct and indirect digitalization in vivo: A systematic review[J]. *J Biol Regul Homeost Agents*, 2019, 33(3): 103–111.
- [19] Khamverdi Z, Najafraed E, Farhadian M. In vitro comparison of marginal and internal fit of zirconia copings fabricated by one CAD/CAM system with two different scanners[J]. *Front Dent*, 2021, 20(1): 18–21.
- [20] Scaringi R, Nannelli M, Franchina A, et al. Full zirconia implant-born prosthetic rehabilitation with CAD/CAM technology after accurate digital planning A Case Report[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(15): 7998.
- [21] Rodrigues S B, Franken P, Celeste R K, et al. CAD/CAM or conventional ceramic materials restorations longevity: A systematic review and meta-analysis[J]. *J Prosthodont Res*, 2019, 63(4): 389–395.
- [22] Aswal G S, Rawat R, Dwivedi D, et al. Clinical outcomes of CAD/CAM (Lithium disilicate and Zirconia) based and conventional full crowns and fixed partial dentures: A systematic review and meta-analysis[J]. *Cureus*, 2023, 15(4): e37888.
- [23] Hallmann L, Ulmer P, Wille S, et al. Effect of differences in coefficient of thermal expansion of veneer and Y-TZP ceramics on interface phase transformation[J]. *J Prosthet Dent*, 2014, 112(3): 591–599.
- [24] Kim J J. Revisiting the removable partial denture[J]. *Dent Clin North Am*, 2019, 63(2): 263–278.
- [25] Arnold C, Hey J, Schweyen R, et al. Accuracy of CAD-CAM-fabricated removable partial dentures[J]. *J Prosthet Dent*, 2018, 119(4): 586–592.
- [26] Maeda Y, Minoura M, Tsutsumi S, et al. A CAD/CAM system for removable denture. Part I: Fabrication of complete dentures[J]. *Int J Prosthodont*, 1994, 7(1): 17–21.
- [27] Anadioti E, Musharbash L, Blatz MB, et al. 3D printed complete removable dental prostheses: A narrative review[J]. *BMC Oral Health*, 2020, 27(20(1)): 343.
- [28] Ahmed N, Abbasi M S, Haider S, et al. Fit accuracy of removable partial denture frameworks fabricated with CAD/CAM, rapid prototyping, and conventional techniques: A systematic review[J]. *Biomed Res Int*, 2021, 6(9): 319433.
- [29] Arafa K A O. Assessment of the fit of removable partial denture fabricated by computer-aided designing/computer aided manufacturing technology[J]. *Saudi Med J*, 2018, 39(1): 17–22.
- [30] Takaichi A, Fueki K, Murakami N, et al. A systematic review of digital removable partial dentures. Part II: CAD/CAM framework, artificial teeth, and denture base[J]. *J Prosthodont Res*, 2022, 66(1): 53–67.
- [31] Fueki K, Inamochi Y, Wada J, et al. A systematic review of digital removable partial dentures. Part I: Clinical evidence, digital impression, and maxillomandibular relationship record[J]. *J Prosthodont Res*, 2022, 66(1): 40–52.

- [32] Chang I C, Hung C C, Du J K, et al. Accuracy of intraoral scanning methods for maxillary Kennedy class I arch[J]. *J Dent Sci*, 2023, 18(2): 747–753.
- [33] Pjetursson B E, Valente N A, Stranding M, et al. A systematic review of the survival and complication rates of zirconia–ceramic and metal–ceramic single crowns[J]. *Clin Oral Implants Res*, 2018, 29(16): 199–214.
- [34] Michelinakis G, Apostolakis D, Kamposiora P, et al. The direct digital workflow in fixed implant prosthodontics: A narrative review[J]. *BMC Oral Health*, 2021, 21(1): 37.
- [35] Sawase T, Kuroshima S. The current clinical relevancy of intraoral scanners in implant dentistry[J]. *Dent Mater J*, 2020, 39(1): 57–61.
- [36] Pesce P, Pera F, Setti P, et al. Precision and accuracy of a digital impression scanner in full–arch implant rehabilitation[J]. *Int J Prosthodont*, 2018, 31(2): 171–175.
- [37] 李瑾, 高冬玲, 李扬. CAD/CAM 牙种植导板在上前牙列缺失即刻种植修复中的应用 [J]. *陕西医学杂志*, 2020, 49(11): 1457–1460.
- [38] 吴麒. 以修复为导向的 CAD/CAM 牙支持式种植导板指导临床种植(附病例报告)[J]. *中国口腔种植学杂志*, 2017, 22(4): 185–188.
- [39] Zaniol T, Zaniol A, Ravazzolo S. The low window technique: Comparison between manual and CAD/CAM–guided design[J]. *J Contemp Dent Pract*, 2021, 22(4): 400–405.
- [40] Yeung S, Aghvinian R, Aalam A A, et al. CAD–CAM approach to designing and fabricating a low–maintenance metal–acrylic resin implant–supported fixed complete dental prosthesis: A clinical report[J]. *J Prosthet Dent*, 2021, 125(5): 719–722.
- [41] Baba N Z, Goodacre B J, Goodacre C J, et al. CAD/CAM complete denture systems and physical properties: A review of the literature[J]. *J Prosthodont*, 2021, 30(2): 113–124.
- [42] Lehmann K M, Weyhrauch M, Bjelopavlovic M, et al. Marginal and internal precision of zirconia four–unit fixed partial denture frameworks produced using four milling systems[J]. *Materials (Basel)*, 2021, 14(10): 2663.
- [43] Srimanepong V, Heboyan A, Zafar M S, et al. Fixed prosthetic restorations and periodontal health: A narrative review[J]. *J Funct Biomater*, 2022, 13(1): 15.
- [44] Janeva N M, Kovacevska G, Elencevski S, et al. Advantages of CAD/CAM versus conventional complete dentures – A review[J]. *Open Access Maced J Med*, 2018, 6(8): 1498–1502.
- [45] LeSage B P. CAD/CAM: Applications for transitional bonding to restore occlusal vertical dimension[J]. *J Esthet Restor Dent*, 2020, 32(2): 132–140.
- [46] Krastev T, Payer M, Krastev Z, et al. The utilisation of CAD/CAM technology amongst Austrian dentists: A pilot study[J]. *Int Dent J*, 2023, 73(3): 430–434.