

·综述·

数字化饰瓷技术在氧化锆陶瓷修复体制作中的应用

蔡毅超 于皓

福建省口腔疾病研究重点实验室,福建省口腔生物材料工程技术研究中心,福建省高校口腔医学重点实验室,福建医科大学附属口腔医院,福州 350002

通信作者:于皓,Email:haoyu-cn@hotmail.com



扫码阅读电子版

【摘要】 由于计算机技术的飞速发展,数字化技术广泛应用于口腔临床诊疗,也为口腔诊疗的未来发展提供了新的方向。近年来,计算机辅助设计与制作(CAD/CAM)饰瓷作为一种新的饰瓷工艺的出现,不仅可以提高全瓷修复体的加工效率,也使整个制作过程更加客观可控。本文就CAD/CAM饰瓷的加工技术、力学性能、美学性能的研究现状作一综述,并通过与传统饰瓷工艺的对比,为临床工作提供参考。

【关键词】 计算机辅助设计; 牙瓷料; 力学; 美学; 加工技术

基金项目:福建省科技计划(2016Y9022,2019J01686)

引用著录格式:蔡毅超,于皓.数字化饰瓷技术在氧化锆陶瓷修复体制作中的应用[J/CD].中华口腔医学研究杂志(电子版),2020,14(5):330-333.

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2020.05.010

Application of digital veneering technique in zirconia-based all-ceramic restorations

Cai Yichao, Yu Hao

Fujian Key Laboratory of Oral Diseases & Fujian Provincial Engineering Research Center of Oral Biomaterial & Stomatological Key Laboratory of Fujian College and University, School and Hospital of Stomatology, Fujian Medical University, Fuzhou 350002, China

Corresponding author: Yu Hao, Email: haoyu-cn@hotmail.com

【Abstract】 Due to the rapid development of computer technology, digital techniques have been widely used in diagnosis and treatment of oral diseases. Meanwhile, digital techniques also provide a new direction for the future development of veneered technology. Delamination and chipping are major complications of veneering material on zirconia-based all-ceramic restorations. The digital veneering technique was introduced to overcome these complications as both zirconia frameworks and veneering ceramic are fabricated by computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM). In recent years, the emergence of CAD/CAM digital veneering technique not only improves the processing efficiency of all-ceramic restoration, but also makes the whole production process more controllable. In this review, the processing

technology, mechanical properties, and aesthetic properties of CAD/CAM digital veneering porcelain were reviewed and discussed, providing a reference for clinical usage.

【Key words】 Computer-aided design; Dental porcelain; Mechanics; Aesthetics; Processing technology

Fund program: Science and Technology Program of Fujian Province(2016Y9022,2019J01686)

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2020.05.010

氧化锆陶瓷因其优越的机械力学性能、良好的生物相容性,而广泛应用于口腔修复体的制作^[1-2]。为了达到良好的美学效果,通常需要在氧化锆基底表面增加一层美学性能更好的饰瓷(veneering porcelain)^[2-3]。传统的饰瓷加工方法包括粉浆涂塑技术以及热压铸技术,粉浆涂塑技术是目前应用最广泛的饰瓷技术^[4-5]。然而,无论是粉浆涂塑饰瓷技术还是热压铸饰瓷技术均对加工者的熟练程度有着严格要求,而且生产效率低,加工过程中的工作误差难以控制^[6]。另外,这两种工艺制作的饰瓷挠曲强度较低,且与氧化锆基底冠存在热膨胀系数的差别,常发生修复体饰瓷断裂,而导致修复失败^[7-8]。

由于计算机技术的飞速发展,计算机辅助设计与制作(computer-aided design/computer-aided manufacturing, CAD/CAM)技术广泛应用于口腔临床诊疗,也为口腔诊疗的未来发展提供了新的方向。近年来,使用CAD/CAM技术制作饰瓷成为一种新的饰瓷加工方法,不仅可以提高修复体的加工效率,使整个制作过程更加客观可控,也增加了饰瓷的强度,降低了崩瓷的风险,本文就数字化饰瓷技术在氧化锆陶瓷修复体制作中的应用作一综述,为临床工作提供参考。

一、数字化饰瓷加工技术

数字化饰瓷加工技术是用CAD/CAM技术将预成瓷块切削成与氧化锆基底匹配的饰瓷,然后用低融瓷粉通过烧结将饰瓷熔附于基底或使用树脂水门汀将饰瓷及基底冠进行粘接,以完成最终修复体。

目前,CAD/CAM饰瓷技术使用的材料主要是白榴石基玻璃陶瓷或二硅酸锂玻璃陶瓷,主流的数字化饰瓷加工系统包括:Lava DVS Digital Veneering System(3M ESPE,美国)、Rapid Layer Technology(Vita Zahnfabrik,德国)、CAD-on technique(Ivoclar Vivadent,列支敦士登)^[9-11](表1)。Lava

表1 主流计算机辅助设计与制作(CAD/CAM)饰瓷加工系统

饰瓷加工系统	基底与饰瓷结合材料	饰瓷材料	基底与饰瓷结合方式
Rapid Layer Technology (Vita Zahnfabrik, 德国)	树脂水门汀 (Panavia F 2.0, Kurary, 日本)	长石质玻璃陶瓷 (Vitablocs Mark II, Vita Zahnfabrik, 德国)	树脂粘接
Lava DVS Digital Veneering System (3M ESPE, 美国)	低融玻璃陶瓷粉 (Lava Ceram, 3M ESPE, 美国)	二硅酸锂玻璃陶瓷 (Lava DVS, 3M ESPE, 美国)	瓷粉烧结
CAD-on technique (Ivoclar Vivadent, 列支敦士登)	低融玻璃陶瓷粉 (IPS e.max CAD Crystal, Ivoclar Vivadent, 列支敦士登)	二硅酸锂玻璃陶瓷 (IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent, 列支敦士登)	瓷粉烧结

DVS Digital Veneering System 系统是为单冠修复体设计的,使用二硅酸锂玻璃陶瓷预成瓷块切削为饰瓷,再使用低融玻璃陶瓷粉通过烧结将饰瓷熔附于基底^[11]。Rapid Layer Technology 系统使用长石质玻璃陶瓷预成瓷块切削为饰瓷,采用树脂水门汀对饰瓷及基底进行粘接。由于它采用树脂粘接来结合饰瓷和基底,所以当饰瓷与基底粘接后不能再通过烧结来调整饰瓷的形状或颜色^[10]。CAD-on technique 系统通过CAD/CAM设计并加工了预烧结氧化锆基底和高强度二硅酸锂玻璃陶瓷饰瓷,然后使用低融玻璃陶瓷粉通过烧结将饰瓷熔附于基底。二硅酸锂玻璃陶瓷饰瓷与低融玻璃陶瓷粉再同时进行结晶及烧结^[9]。

二、数字化方法制作饰瓷的力学性能研究

饰瓷作为修复体的最表面部分,直接与口腔环境接触,并要直接承受殆力,直接与对颌牙体及食物进行摩擦,研究表明,多层结构修复体的破坏多发生在饰瓷层^[12-13],故饰瓷本身的强度对修复体的寿命有较大影响。传统的粉浆涂塑技术制作的饰瓷弯曲强度一般在50~100 MPa。Rapid Layer Technology 系统使用的CAD/CAM饰瓷为Vitablocs Mark II^[14],其弯曲程度可达120 MPa, Lava DVS Digital Veneering System及CAD-on technique 系统使用的CAD/CAM饰瓷由二硅酸锂玻璃陶瓷制成,其弯曲强度可达360 MPa^[9]。

饰瓷与基底冠之间的结合强度是影响修复体远期效果的重要因素。采用烧结方式将CAD/CAM饰瓷与基底熔附后,可以获得比传统技术更好的饰瓷-基底结合强度。Beuer等^[9]分别用传统粉浆涂塑技术、热压铸技术和CAD/CAM技术(CAD-on technique)三种方法在氧化锆基底上制作饰瓷,并在全冠殆面施加应力直至修复体破坏。实验结果表明CAD/CAM组破坏时所需应力显著高于粉浆涂塑组和热压铸组(粉浆涂塑组试件平均崩落负荷为3700.4 N,热压铸组为3523.7 N, CAD/CAM组为6262.7 N)差异有统计学意义($P < 0.05$)。在另一项对比传统技术和CAD/CAM技术(CAD-on technique)的饰瓷-基底剪切强度的研究中,粉浆涂塑饰瓷组和热压铸饰瓷组之间的饰瓷-基底剪切强度没有显著差异,而CAD/CAM组的饰瓷-基底剪切强度为三组最高(粉浆涂塑组23.3 MPa,热压铸组25.1 MPa, CAD/CAM组32.6 MPa)差异有统计学意义($P < 0.05$)^[5]。Kanat等^[15-17]的实验结果与以上结果类似。Sim等^[11]在对CAD/CAM技术(Lava DVS Digital Veneering System)和热压铸技术的对比研究中比的实验中,发现CAD/CAM组饰瓷-基底的剪切强度(28.29 MPa)显著大

于热压铸组(18.89 MPa)及粉浆涂塑组(18.65 MPa),差异有统计学意义($P < 0.05$)。Zaher等^[18]在对CAD/CAM技术(CAD-on technique)和热压铸技术的对比研究中,发现CAD/CAM饰瓷的饰瓷-基底剪切强度 $[(41.2 \pm 6.3) \text{ MPa}]$ 显著优于热压铸饰瓷 $[(21.3 \pm 4.3) \text{ MPa}]$,差异有统计学意义($P < 0.05$)。Yilmaz-Savas等^[19]对不同表面处理的氧化锆基底,采用烧结方式将CAD/CAM饰瓷与氧化锆基底进行结合,结果显示,未经过表面处理的基底与饰瓷间同样达到了较高的剪切强度,且与不同表面处理组(激光、喷砂等)之间均未表现出统计学差异。尽管有报道不同的基底表面的处理方式可能影响饰瓷的剪切强度^[20-23],然而其研究对象均为传统粉浆涂塑技术。现有研究表明,使用CAD/CAM饰瓷时,氧化锆陶瓷基底不必要进行表面处理^[19]。然而,这一结论需在今后的研究中进一步明确。

而采用树脂水门汀将CAD/CAM饰瓷与基底进行粘接时,其饰瓷-基底剪切强度则相对较差。Kanat-Ertürk等^[10]选用CAD/CAM技术(Rapid Layer Technology)加工的饰瓷作为研究对象,并用Panavia F 2.0进行饰瓷和基底的粘接,结果表明CAD/CAM组的饰瓷-基底剪切强度显著低于传统方法加工的饰瓷加工[CAD/CAM组 $(24 \pm 4) \text{ MPa}$,粉浆涂塑组 $(35 \pm 6) \text{ MPa}$,热压铸组 $(32 \pm 6) \text{ MPa}$],差异有统计学意义($P < 0.05$)。

值得注意的是,材料会因疲劳而受到破坏,其本质是材料内部裂纹的慢速扩展过程,而口腔内的潮湿环境会加速这一过程^[24]。采用烧结方式将CAD/CAM饰瓷与基底熔附,可以获得比传统技术更良好的修复体抗老化性能。Schubert等^[25]在对不同的饰瓷结合技术的对比研究中,利用加载老化(120 000次循环,50 N负载)及温度老化(5℃/55℃冷热循环320 000次),结果显示CAD/CAM组(Lava DVS Digital Veneering System)、热压铸组、粉浆涂塑组之间的老化性能并没有差异。Renda等^[26]在对CAD/CAM(CAD-on technique)和热压铸加工的饰瓷进行加载老化(50 000次循环,150 N负载)及温度老化(5℃/55℃冷热循环5000次)处理,结果显示CAD/CAM组饰瓷的老化微拉伸强度 $[(44.0 \pm 13.8) \text{ MPa}]$ 优于热压铸组 $[(14.9 \pm 8.8) \text{ MPa}]$,差异有统计学意义($P < 0.05$)。近期的一项研究显示,在循环接触疲劳试验后,采用烧结方式制作的CAD/CAM饰瓷-氧化锆陶瓷双层修复体与单层结构氧化锆修复体的存活率无显著差别,而传统粉浆涂塑工艺制作的双层氧化锆修复体的抗疲劳性能则显著低于上述两

种结构^[27]。Alessandretti等^[28]的另一项研究也支持了以上结论。

采用树脂水门汀将CAD/CAM饰瓷与基底进行粘接,也可获得比传统技术更良好的修复体抗老化性能。Schmitter等^[29]比较了CAD/CAM技术(Rapid Layer Technology)与传统粉浆涂塑饰瓷在粘接前后的老化性能。进行温度老化(6.5℃/65℃冷热循环10 000次)和加载老化(120万次循环,108 N负载)后,CAD/CAM饰瓷不论在粘接前后的抗老化性能均显著优于传统粉浆涂塑饰瓷。在另一项研究中,Schmitter等^[29]对两种CAD/CAM(Rapid Layer Technology与CAD-on technique)饰瓷的老化性能进行了比较,采用了和上述一致的实验方法,结果证实数字化方法制作饰瓷具有良好的临床应用潜力。

三、数字化方法制作饰瓷的美学性能研究

完美再现天然牙的颜色是决定修复成功的关键因素,不同的饰瓷技术会影响饰瓷的颜色性能进而对氧化锆全瓷修复体最终颜色产生影响。

Kim等^[30]用不同厚度的氧化锆陶瓷作为基底,分别用烧结方式制作的CAD/CAM饰瓷(Lava DVS Digital Veneering System)和传统的粉浆涂塑技术加工饰瓷,发现基底的厚度会对饰瓷颜色产生显著影响,但是两种技术加工对修复体颜色的影响没有统计学意义,且与目标颜色均在临床可接受范围内(色差值 $\Delta E \leq 3.7$)。Wahba等^[31]用CAD/CAM技术(CAD-on technique)制作饰瓷,并测量不同基底厚度对CAD/CAM修复体的颜色影响,发现基底的厚度会对饰瓷颜色产生显著影响($P < 0.05$),但均在临床可接受的范围内。

Ahed等^[32]对粉浆涂塑饰瓷、热压铸饰瓷以及使用粘接方式制作的CAD/CAM饰瓷(Rapid Layer Technology)对全瓷冠颜色的影响进行了研究,所有饰瓷材料均选择A2色。结果发现,粉浆涂塑技术、热压铸技术制作的全瓷冠颜色与A2色的色差在临床接受范围内,而CAD/CAM技术制作全瓷冠的色差则超出了临床可接受的范围。

以上结果表明,采用烧结方式将CAD/CAM饰瓷与基底结合的技术对饰瓷颜色的影响与传统技术相若,而采用粘接方式将CAD/CAM饰瓷与基底结合时,则应该考虑粘接剂的影响。另外需要注意的是,数字化方法制作的饰瓷色泽单调,进行美学修复时还需人工进行外染色,才能得到一个集功能和美观于一体的全瓷修复体。

四、总结

根据现有的研究可知:采用烧结方式将CAD/CAM饰瓷与基底冠结合的饰瓷强度以及与氧化锆陶瓷基底的结合强度、老化性能均优于传统方法制作的饰瓷,但其美学性能并未显示出明显的优越性。采用粘接方式将CAD/CAM饰瓷与基底冠结合的技术则在饰瓷强度及与氧化锆陶瓷基底的结合强度没有明显提升,甚至在美学性能方面逊于传统方法制作的饰瓷。综上所述,新型高强度的陶瓷材料及其数字化制作技术在牙科临床中应用还需要进一步的长期临床验证。今后的研究应继续优化CAD/CAM饰瓷与基底冠结合强度并

提升CAD/CAM饰瓷的美学性能。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] 赵欣然,杨杨.全瓷材料在口腔修复中的应用[J].临床口腔医学杂志,2017,33(5):312-314. DOI:10.3969/j.issn.1003-1634.2017.05.019.
- [2] Jang YS, Lim CH, Song UC, et al. Debonding/crack initiation and flexural strengths of bilayered zirconia core and veneering ceramic composites [J]. Dent Mater J, 2019, 39(2):206-213. DOI:10.4012/dmj.2018-321.
- [3] 田萧羽,田敏,王富.提高氧化锆饰瓷结合性能的研究进展[J].牙体牙髓牙周病学杂志,2017,27(12):728-732. DOI:10.15956/j.cnki.chin.j.conserv.dent.2017.012.011.
- [4] Turk AG, Ulusoy M, Yuce M, et al. Effect of different veneering techniques on the fracture strength of metal and zirconia frameworks [J]. J Adv Prosthodont, 2015, 7(6):454-459. DOI:10.4047/jap.2015.7.6.454.
- [5] 刘明智,黄玮.三种不同工艺饰瓷与氧化锆的结合性能比较[J].临床口腔医学杂志,2018,34(10):594-598. DOI:10.3969/j.issn.1003-1634.2018.10.006.
- [6] Stawarczyk B, Ozcan M, Roos M, et al. Load-bearing capacity and failure types of anterior zirconia crowns veneered with overpressing and layering techniques [J]. Dent Mater, 2011, 27(10):1045-1053. DOI:10.1016/j.dental.2011.07.006.
- [7] Guess PC, Zavanelli RA, Silva NR, et al. Monolithic CAD/CAM lithium disilicate versus veneered Y-TZP crowns: comparison of failure modes and reliability after fatigue [J]. Int J Prosthodont, 2010, 23(5):434-442.
- [8] Sawada T, Wagner V, Schille C, et al. Effect of slow-cooling protocol on biaxial flexural strengths of bilayered porcelain-cerium-stabilized zirconia/alumina nanocomposite (Ce-TZP/A) disks [J]. Dent Mater, 2019, 35(2):270-282. DOI:10.1016/j.dental.2018.11.024.
- [9] Beuer F, Schweiger J, Eichberger M, et al. High-strength CAD/CAM-fabricated veneering material sintered to zirconia copings--a new fabrication mode for all-ceramic restorations [J]. Dent Mater, 2009, 25(1):121-128. DOI:10.1016/j.dental.2008.04.019.
- [10] Kanat-Ertürk B, Çömlekoğlu EM, Dündar-Çömlekoğlu M, et al. Effect of veneering methods on zirconia framework-veneering ceramic adhesion and fracture resistance of single crowns [J]. J Prosthodont, 2015, 24(8):620-628. DOI:10.1111/jopr.12236.
- [11] Sim JY, Lee WS, Kim JH, et al. Evaluation of shear bond strength of veneering ceramics and zirconia fabricated by the digital veneering method [J]. J Prosthodont Res, 2016, 60(2):106-113. DOI:10.1016/j.jpor.2015.11.001.
- [12] Pjetursson BE, Sailer I, Makarov NA, et al. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part II: Multiple-unit FDPs [J]. Dent Mater, 2015, 31(6):624-639.

- DOI:10.1016/j.dental.2015.02.013.
- [13] Sailer I, Makarov NA, Thoma DS, et al. All-ceramic or metal-ceramic tooth - supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part I : Single crowns (SCs) [J]. Dent Mater, 2015, 31 (6) : 603-623. DOI:10.1016/j.dental.2015.02.011.
- [14] 刘丽杨,郭佳杰,杜亚鑫,等. 3种可切削树脂陶瓷复合材料机械性能比较[J]. 上海口腔医学, 2019, 28(1) : 25-29. DOI: 10.19439/j.sjos.2019.01.005.
- [15] Kanat B, Çömlekoğlu EM, Dündar-Çömlekoğlu M, et al. Effect of various veneering techniques on mechanical strength of computer - controlled zirconia framework designs [J]. J Prosthodont, 2014, 23(6) : 445-455. DOI:10.1111/jopr.12130.
- [16] Savas TY, Aykent F. Effect of veneering techniques on shear and microtensile bond strengths of zirconia-based all-ceramic systems [J]. J Adhes Dent, 2017; 507-515. DOI:10.3290/j.jad.a39595.
- [17] Walker PD, Ruse ND. "CAD-on" interfaces - fracture mechanics characterization [J]. J Prosthodont, 2019, 28(9) : 982-987. DOI: 10.1111/jopr.13113.
- [18] Zaher AM, Hochstedler JL, Rueggeberg FA, et al. Shear bond strength of zirconia - based ceramics veneered with 2 different techniques [J]. J Prosthet Dent, 2017, 118(2) : 221-227. DOI: 10.1016/j.prosdent.2016.11.016.
- [19] Yilmaz-Savas T, Demir N, Ozturk AN, et al. Effect of different surface treatments on the bond strength of lithium disilicate ceramic to the zirconia core [J]. Photomed Laser Surg, 2016, 34(6) : 236-243. DOI:10.1089/pho.2015.4063.
- [20] 夏玉宏,徐飞,陈蕾,等. 氧化锆表面不同处理方式对锆瓷与饰瓷结合强度的影响[J]. 中南大学学报(医学版), 2019, 44(1) : 53-58. DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2019.01.009.
- [21] 张夏雪,陈志宇,孟令强,等. 不同表面处理方法对氧化锆与饰瓷剪切强度的影响[J]. 实用口腔医学杂志, 2017, 33(6) : 723-726. DOI:10.3969/j.issn.1001-3733.2017.06.002.
- [22] Tarib NA, Anuar N, Ahmad M. Shear bond strength of veneering ceramic to coping materials with different pre-surface treatments [J]. J Adv Prosthodont, 2016, 8(5) : 339-344. DOI: 10.4047/jap.2016.8.5.339.
- [23] 官琪,孙惠强,胡以俊,等. 不同表面处理方法对氧化锆基底材料与饰面瓷结合强度的影响[J]. 华西口腔医学杂志, 2017, 35(6) : 598-602. DOI:10.7518/hxkq.2017.06.007.
- [24] Salazar Marcho SM, Studart AR, Bottino MA, et al. Mechanical strength and subcritical crack growth under wet cyclic loading of glass-infiltrated dental ceramics [J]. Dent Mater, 2010, 26(5) : 483-490. DOI:10.1016/j.dental.2010.01.007.
- [25] Schubert O, Nold E, Obermeier M, et al. Load bearing capacity, fracture mode, and wear performance of digitally veneered full - ceramic single crowns [J]. Int J Comput Dent, 2017, 20(3) : 245-262.
- [26] Renda JJ, Harding AB, Bailey CW, et al. Microtensile bond strength of lithium disilicate to zirconia with the CAD - on technique [J]. J Prosthodont, 2015, 24(3) : 188-193. DOI: 10.1111/jopr.12246.
- [27] Alessandretti R, Borba M, Della Bona A. Cyclic contact fatigue resistance of ceramics for monolithic and multilayer dental restorations [J]. Dent Mater, 2020, 36(4) : 535-541. DOI: 10.1016/j.dental.2020.02.006.
- [28] Alessandretti R, Borba M, Benetti P, et al. Reliability and mode of failure of bonded monolithic and multilayer ceramics [J]. Dent Mater, 2017, 33(2) : 191-197. DOI: 10.1016/j.dental.2016.11.014.
- [29] Schmitter M, Mueller D, Rues S. In vitro chipping behaviour of all - ceramic crowns with a zirconia framework and feldspathic veneering: comparison of CAD/CAM - produced veneer with manually layered veneer [J]. J Oral Rehabil, 2013, 40(7) : 519-525. DOI:10.1111/joor.12061.
- [30] Kim JH, Kim KB, Kim WC, et al. Evaluation of the color reproducibility of all-ceramic restorations fabricated by the digital veneering method [J]. J Adv Prosthodont, 2014, 6(2) : 71-78. DOI:10.4047/jap.2014.6.2.71.
- [31] Wahba ED, El-Etreby AS, Morsi TS. Evaluation of color change in CAD - On restorations using different core/veneer thickness ratios and different veneer translucencies [J]. Future Dental Journal, 2018, 4(1) : 90-95. DOI: 10.1016/j.fdj.2017.09.002.
- [32] Ahed AW, Ahmad S, Kenneth SK. An in vitro investigation of veneered zirconia-based restorations shade reproducibility [J]. J Prosthodont, 2018, 27(4) : 347-354. DOI: 10.1111/jopr.12489.

(收稿日期:2020-03-15)

(本文编辑:王嫚)