

·综述·

口腔复合陶瓷材料的临床应用研究进展

徐舟¹综述, 刘恺威²审校

(1.上海市普陀区眼病牙病防治所 上海 200060; 2.上海市长宁区妇幼保健院 上海 200050)

[摘要] 牙体缺损是口腔科的常见病和多发病之一, 主要表现为牙体硬组织不同程度的外形和结构的破坏、缺损或发育畸形, 进而造成牙体形态、咬合和邻接关系的异常。牙体缺损严重, 充填不易成功或需要达到更高的美观要求时, 常采用修复治疗。常见的修复材料有复合树脂和陶瓷, 但均存在不同缺点。近年来, 随着口腔材料学的发展, 新型牙科陶瓷材料-复合陶瓷研制成功, 其兼具了复合树脂和陶瓷的优点, 逐渐应用于临床, 性能研究也成为热点。因此, 本文对现阶段存在的复合陶瓷材料的研究进展进行阐述。

[关键词] 复合陶瓷; 力学性能; 粘接强度; 表面处理; 磨损; 口腔修复材料

[中图分类号] R783.1 [文献标志码] A [文章编号] 1008-6455(2025)10-0178-04

Research Progress on the Clinical Application of Dental Composite-ceramics Materials

XU Zhou¹, LIU Kaiwei²

(1. Shanghai Putuo District Eye & Tooth Disease Control and Prevention Hospital, Shanghai 200060, China; 2. Shanghai Changning Maternity & Infant Health Hospital, Shanghai 200050, China)

Abstract: Tooth defects are one of the common and frequently occurring diseases in oral, mainly manifested as varying degrees of damage, defects, or developmental abnormalities in the shape and structure of the hard tissues of the teeth, resulting in abnormalities in tooth morphology, occlusion, and adjacent relationships. Restorative treatment is used when tooth defects are severe, or higher aesthetic requirements need to be met. Common restorative materials include resin composites and dental ceramics, however, both materials have different drawbacks. In recent years, with the development of oral materials science, a new type of dental restorative material, composite-ceramics, has been successfully developed. It combines the advantages of resin composites and dental ceramics, and is gradually being applied in clinical practice. Performance research of the material has also become a hot topic. Therefore, this article describes the research progress of composite ceramics.

Key words: composite ceramics; mechanical properties; adhesive characteristics; surface treatment; wear and tear; oral restoration materials

在牙科材料学的发展过程中, 陶瓷材料因其安全性好、耐久性强、美学性佳而备受青睐。然而, 陶瓷材料较脆, 这使得它作为牙科修复材料在咬合时容易导致崩瓷或修复体破裂。和天然牙相比, 陶瓷的硬度过高, 长期使用后易导致对颌牙过度磨损。在CAD/CAM系统中切削加工时, 陶瓷的易脆性和高硬度使其易产生裂纹和边缘破裂, 影响修复体精度, 进而影响其临床使用效果^[1-2]。和陶瓷相比, 常见的另一种修复材料为复合树脂, 复合树脂韧性更高, 更易切削且不易磨损对颌牙; 但复合树脂修复体硬度低, 容易磨损^[3-4]。近几年来, 复合陶瓷作为新型材料逐渐应用于牙体缺损的修复中, 复合陶瓷是基于将陶瓷材料和树脂

材料性能优点组合在一起而设计成型的树脂-陶瓷复合体, 其特点是采用CAD/CAM直接加工, 一次成型^[5]。本文对现阶段现存的口腔复合陶瓷材料的研究进展作简要介绍。

1 组成结构

根据其组成结构, 现今复合陶瓷分为两类。第一类是聚合物渗透陶瓷 (Polymer-infiltrated ceramics network, PICNs), 也称为混合陶瓷 (Hybrid ceramics)。混合陶瓷, 国内也称弹性瓷, 是2013年由VITA公司推出的一款复合陶瓷 (Vita Enamic, Vita Zahnfabrik, Germany), 它是一种复合型双网状结构材料, 由占主导地位的石质

基金项目: 2023年度普陀区卫生健康系统科技创新项目 (名称: 不同材料用于嵌体修复的临床效果研究, 编号: ptkwvs202316)

通信作者: 刘恺威, 主治医师; 研究方向为孕产妇口腔牙周病。E-mail: xuzhou911102@163.com

第一作者: 徐舟, 主治医师; 研究方向为口腔修复材料学。E-mail: 1249308781@qq.com

瓷网状结构与增强性高分子聚合物网状结构相互互联形成的一种稳定的复合结构,增加了材料的弹性,减少了陶瓷的脆性,兼具树脂和陶瓷的优异性能,真正实现了成分的双混合和结构的双网状^[6]。其中长石质瓷重量占86%,高分子聚合物占14%,高分子聚合物由聚氨酯二甲基丙烯酸酯单体(Polyurethane dimethylacrylate, UDMA)和甘油二甲基丙烯酸酯(Triethylene glycol dimethacrylate, TEGDMA)单体聚合构成^[7]。第二类复合陶瓷是树脂基纳米陶瓷(Resin nano ceramics)。树脂基纳米陶瓷是基于纳米技术,将陶瓷制作成纳米级颗粒分散于树脂基质中,从而形成的一种树脂陶瓷复合体。不同品牌的树脂基纳米陶瓷所含的陶瓷填料种类、含量以及树脂基质的种类均不同。临床常见的树脂基纳米陶瓷有优初瓷Lava Ultimate(Lava Ultimate, 3M ESPE, USA)和Cerasmart(Cerasmart, Gc Corp, Japan)。Lava Ultimate中陶瓷填料主要为直径200~600 nm的氧化锆-氧化铝颗粒混合物以及少量直径为20 nm的二氧化硅颗粒,重量占80%;树脂基质为双酚A丙三醇二甲基丙烯酸酯(Bis-GMA)、UDMA、双酚A乙炔丙烯酸甲酯(Bis-EMA)和TEGDMA,占20%^[8]。Cerasmart中陶瓷颗粒主要为20 nm的二氧化硅颗粒,还有少量直径300 nm的钡玻璃颗粒,占比71%;树脂基质为二酸二甲酯(DMA)、UDMA等,占29%^[9]。

2 力学性能

有学者在同样的实验条件下比较了玻璃陶瓷、复合陶瓷和复合树脂的力学性能,实验结果表明复合陶瓷的硬度、弹性模量及抗折强度均介于玻璃陶瓷和复合树脂之间^[5,10-11],且这些材料的各项性能在水环境及冷热循环后强度均有下降趋势^[12]。综合各项研究的结果,复合陶瓷的硬度0.6~1.6 GPa,弹性模量为12~16 GPa,抗折强度约200~248 MPa,其力学性能和牙本质(0.3~0.6 GPa,14~20 GPa,220~240 MPa)相似^[13-15]。成人恒牙的牙釉质硬度和弹性模量分别为(5.00±0.22) GPa和(71.7±7.34) GPa,明显高于复合陶瓷^[16]。复合陶瓷的力学性能受材料内陶瓷含量影响,Algharaibeh S等^[17]在研究中改变复合陶瓷内的陶瓷含量并检测其力学性能,研究显示复合陶瓷内陶瓷含量越高,其硬度、弹性模量及抗折强度越高。2021年,Lin C G等^[18]在同样的实验条件下对比较玻璃陶瓷IPS.Emax和复合陶瓷Vita Enamic的断裂强度随修复体厚度的变化,结果显示当修复体厚度为1.5~2.5 mm时,随着厚度的增加IPS.Emax的断裂强度明显提高,但Vita Enamic的断裂强度变化无统计学差异。临床常见的修复体,如冠、嵌体等,咬合面厚度一般为1.5~2.5 mm,为保证修复体的长期使用效果,玻璃陶瓷的牙体预备量建议达到2 mm及以上,但深覆颌、重度磨耗以及牙冠短小的患者,其修复空间不足,牙体预备量往往无法达到2 mm。Lin C G等的这一实验结果提示和玻璃陶瓷相比,Vita Enamic弹性

瓷更适合用于修复空间有限的患者。

断裂韧性是材料在有裂纹或类裂纹缺陷情形下发生以其为起点的不再随着载荷增加而快速断裂,即发生所谓不稳定断裂时,材料显示的阻抗值。CAD/CAM切削加工以及临床使用中,无论陶瓷、复合陶瓷及复合树脂,均可能产生裂纹或缺陷,因此,评估材料的断裂韧性更能反映材料的临床表现。Liu LY等^[19]比较了复合陶瓷Vita Enamic、Lava Ultimate两种复合陶瓷和玻璃陶瓷的断裂韧性,结果显示复合陶瓷拥有更好的断裂韧性,更能抵抗裂纹的延展。该性能的改变可能与复合陶瓷的组成成分有关,当陶瓷中的裂纹在扩展过程中遇到聚合物时,低弹性模量、高韧性的聚合物能够通过自身的塑性变形形成桥连作用,进而消耗裂纹扩展的能量,减缓裂纹扩展,从而宏观上改善了材料的断裂韧性^[20]。

耐磨性指的是材料抵抗机械磨损的性能,修复体的长期使用效果和耐磨性紧密相关。以往的研究显示陶瓷耐磨性佳,在临床使用中仅产生少量磨耗,但容易导致对颌牙过度磨耗,进而引起牙本质敏感等问题;复合树脂容易被对颌牙过度磨耗,丧失修复体的正常形态,从而导致咬合不佳、修复体边缘破坏等。Akmak G等^[21]利用牙釉质作为对磨球,比较Vita Enamic和IPS.Emax陶瓷的耐磨性,经过250 000次往复运动后,测量Vita Enamic、IPS.Emax以及对磨球牙釉质的体积损失,Vita Enamic和其对磨牙釉质的体积损失分别为(3.94±1.58) mm³、(0.91±0.80) mm³,IPS.Emax及其对磨牙釉质的体积损失为(2.19±1.00) mm³、(0.22±0.05) mm³。复合陶瓷的耐磨性低于玻璃陶瓷,但明显优于复合树脂材料,其对颌牙磨耗较少,有保护对颌牙的作用。和混合陶瓷相比,树脂纳米陶瓷耐磨性明显偏低,可能与其陶瓷填料含量低于混合陶瓷有关。笔者曾研究混合陶瓷和树脂纳米陶瓷的磨损机制,研究显示混合陶瓷在磨损过程中首先是树脂基质脱落,随后长石质瓷网状结构暴露,进而发生断裂剥脱^[22];而树脂纳米陶瓷的磨损机制和复合树脂材料相似,其连续相的树脂基质是低硬度的聚合物,导致材料表面硬度相对较低,首先被磨除,陶瓷颗粒分散在树脂基质中,在磨耗过程中填料容易脱落。因此其磨耗性能低于混合陶瓷。

3 粘接性能

材料的成分及表面处理方式均会影响材料的粘接性能,粘接性能差将导致修复体脱落,无法满足临床长期使用的要求。临床常见的表面处理方式有喷砂、氢氟酸酸蚀、修复体表面硅烷化处理以及激光。

大量研究显示,无论哪种表面处理方式,单一使用均能提高复合陶瓷的粘接强度。喷砂或氢氟酸处理后再涂布硅烷偶联剂可进一步提高粘接力^[23-24]。研究显示选择合适的表面处理方式,复合陶瓷的粘接强度高于玻璃陶瓷^[23,25]。为达到最佳的粘接效果,各类复合陶瓷所选择的表面处理方

式有所不同。混合陶瓷Vita Enamic含有86%的长石质瓷，含量高，氢氟酸可以有效酸蚀长石质瓷，产生大量不规则孔隙，呈松散的网状结构，粘接剂进入后达到机械锁结作用，有效提高粘接强度^[26]。而喷砂只能在混合陶瓷表面造成浅表凹坑，且喷砂过程中混合陶瓷内的长石质瓷结构易产生裂纹，在临床使用中，裂纹会粘接界面处的陶瓷崩裂，降低粘接强度^[27]。因此，氢氟酸酸蚀推荐用于混合陶瓷Vita Enamic。无论何种处理方式，喷砂、氢氟酸酸蚀、修复体表面硅烷化处理以及激光均可提高树脂基纳米陶瓷的粘接强度。但陶瓷填料的不同，其表面处理方式也不同。Lava Ultimate的陶瓷填料主要为氧化锆-氧化铝颗粒混合物，无法被氢氟酸酸蚀，使用氢氟酸提升粘接力的效果不佳；而喷砂处理后，Lava Ultimate表面凹凸不平，增加粘接面积，提高粘接强度。Cerasmart含有大量二氧化硅颗粒，氢氟酸酸蚀二氧化硅颗粒，表面可产生大量小而密的孔隙，有效固位粘接剂，从而提升粘接强度^[28]。

4 切削性能

在组成成分上，无论是混合陶瓷还是树脂基纳米陶瓷，均由细小的无机颗粒与聚合物组成。在切削过程中，树脂基纳米陶瓷中分散的无机颗粒容易逐个地被切削下来，而混合陶瓷中的长石质瓷在切削中形成的裂纹容易被聚合物网状结构吸收能量从而阻挡裂纹延展，因此复合陶瓷表现出优良的切削性能，其切削性能优于长石瓷材料，切削后修复体边缘的完整性、精确性高于长石瓷材料。其力学性能和该切削性能使复合陶瓷能够快速切削，减少了切削工具的磨损和损坏，临床上也容易打磨和修形，并且制作的修复体拥有更好的边缘密合性^[29-30]。

5 临床应用

复合陶瓷具有良好的韧性，因此材料的最薄厚度可达0.3 mm并保持精确完整的边缘，且不会发生传统瓷材料机械加工时发生的“片状崩裂”现象。用于制作超薄贴面的极限厚度最低是0.2 mm，这是对CAD/CAM材料系列产品的一个重要填补^[31]。和玻璃陶瓷相比，其制作的修复体边缘适应性更佳，修复体与牙体组织间的间隙更窄。复合陶瓷可用于制作冠、嵌体、高嵌体、贴面等修复体^[9, 32-33]。但作为冠使用时，我们应该关注修复材料和基牙的弹性模量匹配性。修复体的高回弹模量带来负面影响，在受力时产生较大的弹性形变会导致修复体边缘应力集中，产生较大的破坏性应变，降低边缘密合性^[34]。高回弹模量的固定桥在桥体受力弯曲变形时会对基牙产生较大的扭力。因此，现今复合陶瓷推荐用于单个修复体。越来越多的研究显示树脂基纳米陶瓷用于单冠修复时易发生脱落，为保证长久的修复效果，3M厂商在Lava Ultimate说明书适应证中将单冠修复移除。种植修复时，种植钛基台的弹性模量（210 MPa）和复合陶瓷（12.77 MPa）的巨大差异当修复材料和基台弹性

模量不匹配时，粘接界面应力集中，易导致种植冠脱落^[35]。因此，无论混合陶瓷还是树脂基纳米陶瓷，均不推荐用于钛基台的最终种植修复体。

复合陶瓷的力学性能明显低于牙釉质，且树脂基纳米陶瓷中加入较多树脂基质，膨胀系数较高，有研究显示复合陶瓷和牙釉质粘接后修复体边缘易产生微渗漏^[36]；但杨文丽等^[37]的研究显示复合陶瓷的力学性能、膨胀系数与牙本质相似，在和牙本质粘接时，修复体边缘的微渗漏明显低于玻璃陶瓷。这些研究提示复合陶瓷或许更适用于重度磨损、牙本质暴露的患者。

现存文献关于复合陶瓷的临床研究大部分均为1~2年的临床效果观察，仅有1篇文献对复合陶瓷进行5年的临床观察，Fasbinder DJ等^[38]利用玻璃陶瓷和复合陶瓷分别制作高嵌体，经历5年临床使用后，复合陶瓷和玻璃陶瓷均达到良好的临床效果，无修复体脱落的情况，但复合陶瓷发生崩瓷、折裂的情况明显低于玻璃陶瓷。所有研究均显示复合陶瓷有良好的临床表现。

6 小结

复合陶瓷是一种兼具陶瓷和复合树脂性能优点的材料，集功能和美观于一体，且可利用CAD/CAM技术直接加工，制作工艺简单，为牙体缺损的修复材料提供了新的选择。但口内环境复杂多变，唾液的浸润、温度的变化以及口腔pH值的改变，这些对复合陶瓷的性能均有影响，其在牙科临床中的应用还需要进一步的长期临床验证。

[参考文献]

- [1]Alves M F R P, Santos C D, Duarte I, et al. Complex shapes of lithium disilicate glass-ceramics developed by material extrusion[J]. Additive Manufacturing, 2024,80(1):20-24.
- [2]Gali S, Gururaja S, Karuveetil V, et al. Methodological approaches in graded dental ceramics: a scoping review protocol[J]. JBI Evidence Synthesis, 2024,22(7):1387-1392.
- [3]Mitwalli H A, Baras B H, Saeed S S X, et al. Testing mechanical properties and degree of conversion of resin-based composite material containing contact killing antibacterial agent in comparison with fluoride composite resin[J]. Saudi Dent J, 2024,36(1):99-104.
- [4]Takada D, Kumagai T, Fusejima F, et al. Wear resistance comparison of 3D-printed composite resin material[J]. Dent Mater, 2022,38(1):42.
- [5]Wang Y, Luo S H, Dou Y, et al. Preparation and mechanical properties of polymer infiltrated feldspar ceramic for dental restoration materials[J]. J Polym Res, 2022,29(11):464.
- [6]Elsharkawy A, Ali N. Fracture resistances of CAD/CAM monolithic crowns with different occlusal thickness[J]. EDA, 2021,67(3):2275-2289.
- [7]Aydn N, Karaolanolu S, Oktay E A, et al. Superficial effects of different finishing and polishing systems on the surface roughness and color change of resin-based CAD/CAM blocks[J]. Int J Dent Sci, 2021,2021(3):247-257.
- [8]黄依欢, 李委航, 马典, 等. IPS e.maxCAD和Lava Ultimate在贴面修复中的有限元分析[J]. 国际口腔医学杂志, 2023,50(4):423-432.

- [9]Suksawat N, Angwaravong O, Angwarawong T. Fracture resistance and fracture modes in endodontically treated maxillary premolars restored using different CAD-CAM onlays[J]. *J Prosthodont Res*, 2024,68(2):290-298.
- [10]Picolo M Z D, Kury M, Romário-Silva D, et al. Effects of gastric acid and mechanical toothbrushing in CAD-CAM restorative materials: Mechanical properties, surface topography, and biofilm adhesion[J]. *J Mech Behav Biomed Mater*, 2022,138(10):50-60.
- [11]Prause E, Malgaj T, Kocjan P S, et al. Mechanical properties of 3D-printed and milled composite resins for definitive restorations: An in vitro comparison of initial strength and fatigue behavior[J]. *J Esthet Restor Dent*, 2024,36(2):391-401.
- [12]Furtado de Mendonca A, Shahmoradi M, Gouvêa CVD, et al. Microstructural and mechanical characterization of CAD/CAM materials for monolithic dental restorations[J]. *J Prosthodont*, 2019,28(2):e587-e594.
- [13]Haliem N N A E, Elguindy J, Zaki A A. A one-year clinical evaluation of IPS E.max press versus CERASMART endocrowns in anterior endodontically treated teeth: a randomised clinical[J]. *Brazilian Dent Sci*, 2021,24(3):2178-6011.
- [14]Bora P V, Sayed Ahmed A, Alford A, et al. Characterization of materials used for 3D printing dental crowns and hybrid prostheses[J]. *J Esthet Restor Dent*, 2024,36(1):220-230.
- [15]Yucesoy D T, Fong H, Hamann J, et al. Biomimetic dentin repair: amelogenin-derived peptide guides occlusion and peritubular mineralization of human teeth[J]. *ACS Biomater Sci Eng*, 2023,9(3):1486-1495.
- [16]殷皓宇, 刘晓秋, 孙宏晨. 修复材料与牙体组织力学适配性的研究进展[J]. *口腔疾病防治*, 2024,32(4):315-320.
- [17]Algharaibeh S, Wan H, Al-fodeh R, et al. Fabrication and mechanical properties of biomimetic nacre-like ceramic/polymer composites for chairside CAD/CAM dental restorations[J]. *Dent Mater*, 2022,38(1):121-132.
- [18]Lin C G, Hu X K, Yan Y X, et al. Comparison of fracture strength of two chairside CAD/CAM ceramic blocs with different thickness[J]. *Shanghai Kouqiang Yixue*, 2021,30(1):7-12.
- [19]Liu L Y, Guo J J, Ya-xin D U, et al. Comparison of mechanical properties of three machinable resin ceramic composite materials[J]. *Shanghai Kouqiang Yixue*, 2019,28(1):25-29.
- [20]Salim N A, Alamouh R A, Silikas N, et al. Long-term hydrolytic stability of CAD/CAM composite blocks[J]. *Eur J Oral Sci*, 2022,130(1):e12384.
- [21]Akmak G, Subasi M, Sert M, et al. Effect of surface treatments on wear and surface properties of different CAD-CAM materials and their enamel antagonists[J]. *J Prosthet Dent*, 2021,129(3):495-506.
- [22]Xu Z, Yu P, Arola D D, et al. A comparative study on the wear behavior of a polymer infiltrated ceramic network (PICN) material and tooth enamel[J]. *Dent Mater*, 2017,33(12):1351-1361.
- [23]Porto T S, Da Silva I G M, Vallerini B D F G, et al. Different surface treatment strategies on etchable CAD-CAM materials: Part II-Effect on the bond strength[J]. *J Prosthet Dent*, 2023,130(5):770-779.
- [24]Li X, Liang S, Inokoshi M, et al. Different surface treatments and adhesive monomers for zirconia-resin bonds: A systematic review and network meta-analysis[J]. *Jpn Dent Sci Rev*, 2024,60(1):175-189.
- [25]Haralur S B, Alqahtani A M, Shibani A S, et al. Influence of different surface treatment on bonding of metal and ceramic Orthodontic Brackets to CAD-CAM all ceramic materials[J]. *BMC Oral Health*, 2023,23(1):564-575.
- [26]Moura D M D, Verissimo A H, Leite vila-nova T E, et al. Which surface treatment promotes higher bond strength for the repair of resin nanoceramics and polymer-infiltrated ceramics? A systematic review and meta-analysis[J]. *J Prosthet Dent*, 2022,128(2):139-149.
- [27]Fathy H, Hamama H H, El-wassefy N, et al. Effect of different surface treatments on resin-matrix CAD/CAM ceramics bonding to dentin: in vitro study[J]. *BMC Oral Health*, 2022,22(1):635-650.
- [28]Abouelleil H, Colon P, Jeannin C, et al. Impact of the microstructure of CAD/CAM blocks on the bonding strength and the bonded interface[J]. *J Prosthodont*, 2022,31(1):72-78.
- [29]Oguz E I, Klarslan M A, ZGÜR M E, et al. Comparison of marginal adaptation of different resin-ceramic CAD/CAM crowns: An in vitro study[J]. *J Adv Oral Res*, 2021,12(1):112-118.
- [30]Cabral A C R, Vieira Junior W F, Basting R T, et al. Influence of restorative materials on occlusal and internal adaptation of CAD-CAM inlays[J]. *Brazilian J Oral Sci*, 2022,21(1):e228852.
- [31]Attia M, Salama A A. Influence of ceramic materials and preparation designs on the marginal adaptation of inlays and onlays after thermocycling[J]. *Int J Prosthodont*, 2023,12(1):1-5.
- [32]Unterschuetz L, Fuchs F, Mayer L A, et al. Influence of dental prophylaxis procedures on the tooth veneer interface in resin-based composite and polymer-infiltrated ceramic veneer restorations: an in vitro study[J]. *Clin Oral Investig*, 2023,27(6):2595-2607.
- [33]Theisen C E R, Amato J, Krastl G, et al. Quality of CAD-CAM inlays placed on aged resin-based composite restorations used as deep margin elevation: a laboratory study[J]. *Clin Oral Investig*, 2023,27(6):2691-2703.
- [34]Aboelhassan R G, Elraggal A, Watts D C A R A. Biomechanical behavior and Weibull survival of CAD-CAM endocrowns with different marginal designs: A 3D finite element analysis[J]. *Dent Mater*, 2024,40(2):227-235.
- [35]Martins L M, de Lima L M, da Silva L M, et al. Crown material and occlusal thickness affect the load stress dissipation on 3D molar crowns: finite element analysis[J]. *Int J Prosthodont*, 2023,36(3):301-307.
- [36]Guindy J E, Sherif R E, Abouelz A A. Evaluation of marginal discrepancy and microleakage of lava ultimate (resin nano ceramic) versus lithium disilicate (IPS e.Max. CAD) endocrowns. in vitro study[J]. *Indian J Scie Res*, 2016,7(1):27-34.
- [37]杨文丽, 甘抗, 介艳巧, 等. 计算机辅助设计与辅助制作纳米复合物陶瓷嵌体边缘微渗漏的研究[J]. *口腔颌面修复学杂志*, 2019,20(1):22-25.
- [38]Fasbinder D J, Neiva G F, Heys D, et al. Clinical evaluation of chairside computer assisted design/computer assisted machining nano-ceramic restorations: five-year status[J]. *J Esthet Restor Dent*, 2020,32(2):193-203.

[收稿日期]2024-09-19

本文引用格式: 徐舟, 刘恺威. 口腔复合陶瓷材料的临床应用研究进展[J]. *中国美容医学*, 2025,34(10):178-181.