

不同加工工艺及材料制作瓷嵌体适合性的实验研究

张凤¹ 游月华^{2,3} 周珊羽² 魏素华⁴

¹香港大学深圳医院口腔科,深圳 518053; ²南方医科大学附属深圳龙华人民医院口腔科,深圳 518109; ³南方医科大学口腔医学院,广州 510515; ⁴中山大学附属口腔医院,光华口腔医学院,广东省口腔医学重点实验室,广州 510055

通信作者:魏素华,Email:weisuhua@hotmail.com

【摘要】 目的 研究比较采用粉浆堆塑工艺、热压铸造工艺及计算机辅助设计与制作(CAD-CAM)技术制作的不同材料瓷嵌体的边缘适合性。方法 通过数控铣床制备有机玻璃模型30个,采用随机数字表法分为三组,每组10个,分别采用粉浆堆塑工艺制作 In-Ceram Spinell 嵌体(In-Ceram Spinell 组),热压铸造工艺制作 IPS e.max Press 嵌体(IPS e.max Press 组),CAD-CAM 技术制作 Cercon Zirconia 嵌体(Cercon Zirconia 组)。嵌体试件粘接完成,通过肉眼观察和扫描电镜(SEM)测量,记录并分析嵌体边缘微观形貌及嵌体与窝洞洞壁间的内间隙、边缘间隙和绝对边缘间隙,采用 SAS 软件进行统计学处理,组间两两比较采用 LSD-*t* 检验。结果 不同加工方式及材料的嵌体可获得肉眼可见的光滑表面。SEM 下 Cercon Zirconia 组嵌体组织面最为平滑连续,边缘完整适合。测量所得各组的内间隙,In-Ceram Spinell 组为(94±41) μm、IPS e.max Press 组为(64±20) μm、Cercon Zirconia 组为(72±25) μm,均在临床可接受范围 120 μm 内;Cercon Zirconia 组的边缘间隙[(100±37) μm]和绝对边缘间隙[(119±38) μm]均在 120 μm 以内。各组边缘适合性的比较,IPS e.max Press 组与 Cercon Zirconia 组组间差异均无统计学意义($t_{\text{内间隙}}=0.8410, P_{\text{内间隙}}=0.4114, t_{\text{边缘间隙}}=1.499, P_{\text{边缘间隙}}=0.1512, t_{\text{绝对边缘间隙}}=1.630, P_{\text{绝对边缘间隙}}=0.1206$);In-Ceram Spinell 组内间隙宽度大于 IPS e.max Press 组,差异有统计学意义($t=2.146, P=0.0457$),其绝对边缘间隙大于 Cercon Zirconia 组,差异也有统计学意义($t=2.305, P=0.0333$)。结论 不同加工方法制作的 In-Ceram Spinell 嵌体、IPS e.max Press 嵌体和 Cercon Zirconia 嵌体均能获得良好的内部适合性,可满足临床牙体缺损修复需求;其中 CAD-CAM 技术制作 Cercon Zirconia 嵌体有更好的边缘适合性,值得临床推广应用。

【关键词】 陶瓷制品; 嵌体; 牙齿的边缘适合性; 计算机辅助设计; 粉浆堆塑; 热压铸造

基金项目:国家自然科学基金(青年科学基金项目,81901014);深圳市龙华区科技创新资金社会公益科研项目(JCYJ201902)

引用著录格式:张凤,游月华,周珊羽,等.不同加工工艺及材料制作瓷嵌体适合性的实验研究[J/OL].中华口腔医学研究杂志(电子版),2021,15(4):215-221.

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2021.04.004

In vitro investigation on the marginal and internal fit of inlays made by different processing techniques and materials

Zhang Feng¹, You Yuehua^{2,3}, Zhou Shanyu², Wei Suhua⁴

¹Department of Stomatology, the University of Hong Kong-Shenzhen Hospital, Shenzhen 518053, China;

²Department of Stomatology, Longhua People's Hospital Affiliated to Southern Medical University, Shenzhen 518109, China;

³School of Stomatology, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China;

⁴Hospital of Stomatology, Guanghua School of Stomatology, Sun Yat-sen University, Guangdong Provincial Key Laboratory of Stomatology, Guangzhou 510055, China

Corresponding author: Wei Suhua, Email: weisuhua@hotmail.com

【Abstract】 Objective The purpose of this study was to investigate and compare the marginal and

internal fit of ceramic inlays made by slurry molding, heat-pressed and computer aided design/computer aided manufacturing (CAD-CAM) techniques restoring the cavities with the same figuration and size.

Methods The material of the sample was organic glass. Thirty samples were prepared into standard cavities using computer numerically controlled system and assigned to three groups ($n=10$ each) according to different processing techniques and materials using a random number table method. The In-Ceram Spinell group was restored with In-Ceram Spinell inlays made by slurry molding technique, while the IPS e.max Press group was restored with IPS e.max Press inlays made by heat-pressed technique and the Cercon Zirconia group was restored with Cercon Zirconia inlays made by CAD-CAM technique. Scanning electron microscope ($\times 300$ magnification) was used to observe the edge morphology of inlays and measure the gaps between the inlay and cavity. The data were analyzed using SAS, and the inter-group comparison was examined by LSD- t test. **Results** All of the inlays showed smooth surfaces. The even and smooth surface and integrated margin were obtained in Cercon Zirconia group. The internal gap (IG) of the three groups, In-Ceram Spinell group: $(94 \pm 41) \mu\text{m}$; IPS e.max Press group: $(64 \pm 20) \mu\text{m}$ and Cercon Zirconia group: $(72 \pm 25) \mu\text{m}$, were less than $120 \mu\text{m}$. The marginal gap (MG), $(100 \pm 37) \mu\text{m}$, and the absolute marginal discrepancy (AMD), $(119 \pm 38) \mu\text{m}$, of Cercon Zircon group were less than $120 \mu\text{m}$. There were no statistically significant differences between IPS e.max Press and Cercon Zirconia group ($t_{IG} = 0.8410, P_{IG} = 0.4114, t_{MG} = 1.499, P_{MG} = 0.1512, t_{AMD} = 1.630, P_{AMD} = 0.1206$). Statistical difference was found in IG between In-Ceram Spinell and IPS e.max Press group ($t = 2.146, P = 0.0457$), as well as in AMG ($t = 2.305, P = 0.0333$) between In-Ceram Spinell and Cercon Zirconia group. **Conclusions** The In-Ceram Spinell, IPS e.max Press and Cercon Zirconia inlays fabricated by different processing techniques provided clinically acceptable marginal and internal fit. The Cercon Zircon inlay made by CAD-CAM technique showed better results than the IPS e.max Press and the In-Ceram Spinell inlays.

【Key words】 Ceramics; Inlays; Dental marginal adaptation; Computer-aided design; Slurry molding; Heat-pressed

Fund programs: National Natural Science Foundation of China (81901014); Scientific and Technological Innovation Fund Social Public Welfare Research Project of Longhua Shenzhen (JCYJ201902)

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2021.04.004

随着微创理念的普及,嵌体修复相对于全冠修复能更大程度的保存牙体组织,日渐广泛用于修复后牙牙体缺损^[1]。采用间接修复技术的瓷嵌体将聚合收缩局限在粘接剂层,能减少边缘渗漏和继发龋的风险^[2];在体外模型制作的过程可以减少修复体悬突的产生,能恢复良好的形态和邻接。同时,瓷嵌体兼具了高强度和优异的美学特性。

有多种材料及加工方法可用于全瓷修复体的制作。临床上广泛应用的全瓷系统中,以玻璃渗透氧化铝陶瓷底层材料为核心的 In-Ceram 系列具有良好的化学和物理性能,其中 In-Ceram Spinell 使用高纯度的人造尖晶石,主要用于制作前牙单冠、嵌体和高嵌体。IPS e.max Press 是一种使用压铸技术的二硅酸锂加强玻璃陶瓷,具有高强度(400 MPa)和高美学性。随着计算机辅助设计与制作(CAD-CAM)系统的普及和功能不断优化,实现了制作过程快速、修复体精度高、边缘适合性好。另一方面

氧化锆应用与日俱增,Cercon Zirconia 弯曲强度可达 1000 MPa 以上,在后牙区修复具有明显优势。已有大量病例报道证实,这三种修复材料制作的瓷嵌体能够达到较好的临床效果^[3-4]。

嵌体边缘线长,修复后的间隙和微渗漏很大程度上决定了嵌体修复的成败。适合性指修复体与牙体之间间隙的大小,是评价修复体长期修复效果的重要指标^[5],受牙体预备、印模、修复材料和粘接剂等多种因素的影响^[6-7]。美国牙科协会(American Dental Association, ADA)规定,修复体的边缘与牙体的间隙应为 $25 \sim 40 \mu\text{m}$ ^[8],但是临床中难以达到此标准。大部分学者认为,间隙在 $120 \mu\text{m}$ 以内属于临床可接受的范围^[9-10]。目前,关于不同材料瓷嵌体适合性的研究尚少,本研究旨在对比采用不同加工工艺的 In-Ceram Spinell、IPS e.max Press 和 Cercon Zirconia 三种全瓷修复材料,在标准代型上制作瓷嵌体的适合性,以期临床治疗提供参考。

材料与方 法

一、材料与仪器

1. 实验样本:30个8 mm × 11 mm × 14 mm的矩形有机玻璃模块。

2. 材料:In-Ceram Classic SPINELL 套装[丰达牙科器材(深圳)有限公司];IPS e.max press 瓷锭(Ivoclar, 列支敦士登);Cercon Zirconia 瓷块(Densply, 美国);Panavia F 粘接套装(Kuraray, 日本);Porcelain Etchant(Bisco, 美国);硅烷处理液 Monobond-S(Ivoclar, 列支敦士登);E-44 环氧树脂(长沙市芙蓉区同声胶粘剂厂);Aquisil 硅橡胶(Densply, 美国)。

3. 仪器与设备:EP 600 真空铸瓷炉(Ivoclar, 列支敦士登);Vita Inceramat 3T 烤瓷炉[丰达牙科器材(深圳)有限公司];Cercon Smart Ceramics(Densply, 美国);友佳 VM-30SA 立式加工中心(中国台湾友佳实业集团);粘接加压装置(广州中山大学口腔医学研究所);低速金刚石切割机(Isomat Buehler, 美国);S-520 扫描电子显微镜(SEM, 日立电器, 日本);计算机设计软件 Magics(Version 6.2, 比利时)。

二、实验方法

1. 嵌体标准代型的制备:利用 Magics 6.2 计算机软件,建立邻殆嵌体标准洞型的数字模型,设定圆角半径为 0.5 mm,使预备体内线角及点角圆钝,轴壁外展角度为 10°。通过友佳 VM-30SA 立式加工中心数控铣床对 30 个有机玻璃模块进行洞型预备(图 1A),采用随机数字表法分为三组,每组 10 个,分别以不同工艺及材料制作瓷嵌体。根据全瓷材料分为 In-Ceram Spinell 组、IPS e.max Press 组和 Cercon Zirconia 组。

2. 嵌体制作:每组均采用间接法制作嵌体。用

硅橡胶印模,灌制石膏代型,在代型上分别制作嵌体。(1)In-Ceram Spinell 组灌制专用石膏耐火代型,在代型上涂塑陶瓷粉浆、烧结、玻璃渗透后再烧结,经重复打磨、喷砂、烧结以去除多余玻璃,清洗后备用;(2)IPS e.max Press 组在代型上制作蜡型、包埋、热压铸造,经喷砂、打磨、清洗后备用;(3)Cercon Zirconia 组扫描石膏代型后,在 Cercon Smart Ceramics 安装适当大小的氧化锆预成瓷块进行切割、焙烧,完成嵌体后备用。

3. 嵌体粘接:由同一名修复专科医生按厂商说明要求,对各组嵌体组织面进行处理。调拌 Panavia F 双固化树脂,置入预备体组织面,将嵌体就位于有机玻璃模块洞型内,去除嵌体边缘多余粘接剂。将有机玻璃模块置于粘接加载装置,殆面加载 5 kg 静压力,持续 10 min。光固化灯分别照射模块各表面各 20 s,完成粘接(图 1B)。

4. 模块的包埋和切割:标记有机玻璃模块邻殆嵌体标准洞型的近中殆缘及远中殆缘的中点,连线两中点。环氧树脂包埋有机玻璃模块,完全硬固后,将包埋块夹持于低速切割机,采用全烧结金刚石切片,沿标记线切开包埋块,得到嵌体试件(图 1C)。

5. 嵌体试件测量:取半侧包埋块置于 SEM 下,放大 300 倍进行间隙宽度测量(图 2)。在嵌体与洞型粘接界面,轴壁和髓壁分别选取中点及距中点 500 μm 的两点,共三点测量间隙宽度,取平均值作为内间隙(internal gap, IG)宽度;选取嵌体邻面边缘最突出处,根据边缘分类,测量边缘间隙(marginal gap, MG)和绝对边缘间隙(absolute marginal discrepancy, AMD),分别计算平均值。

三、统计学处理方法

用 SAS(Version 8.1, 美国)统计软件进行统计分析,实验数据均采用 $\bar{x} \pm s$ 表示。采用单因素方差分析

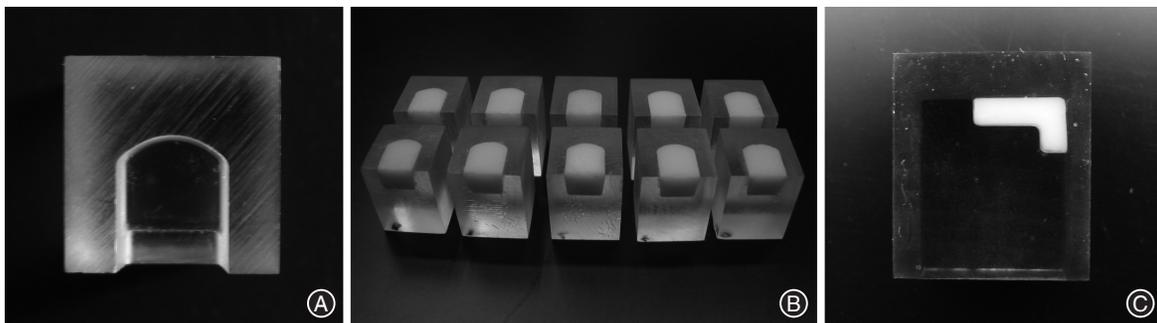


图1 有机玻璃模块经洞型预备、嵌体制作和粘接、包埋切割后得到嵌体试件 A:有机玻璃模块经数控铣床预备后形成邻殆嵌体标准洞型,设定邻面洞型侧为远中面,对侧为近中面;B:各组嵌体采用双固化树脂粘接于标准洞型;C:环氧树脂包埋粘接嵌体的有机玻璃模块,沿近远中向对半切割,得到嵌体试件

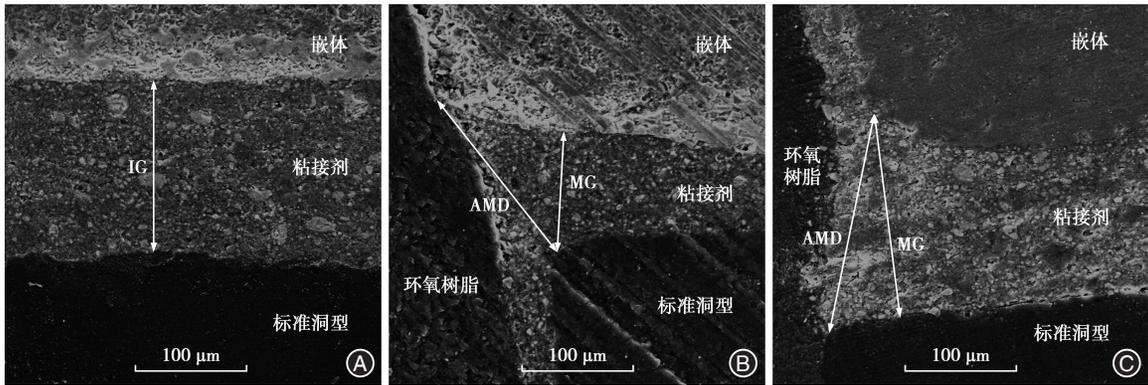


图2 瓷嵌体试件电子显微镜扫描图片各测量位点 A:内间隙(IG)为洞壁与嵌体的垂直距离;B:边缘延伸过长的嵌体,洞壁最突出处至嵌体的垂直距离为边缘间隙(MG),与嵌体最突出处的距离为绝对边缘间隙(AMD);C:边缘延伸不足的嵌体,嵌体最突出处至洞壁的垂直距离为MG,与洞壁最突出处的距离为AMD

(One-Way ANOVA)对三组瓷嵌体IG、MG和AMD宽度进行处理,分析结果存在差异且各组满足方差齐性时,采用最小显著差异(Least Significant Difference t , LSD- t)检验对各组数据进行组间两两比较,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

结 果

一、粘接后嵌体试件观察结果

由两名修复专科医生按照美国公共卫生署(United States Public Health Service, USPHS)改良标准^[3]对粘接后的各组嵌体进行检查,所有试件肉眼观察表面光滑,未见超出或不足的边缘,无玻璃模块和粘接剂暴露;探针检查无间隙,未探及粗糙表面或缺损。

二、嵌体试件扫描电镜结果

各组嵌体试件在SEM下可观察到不同的表面微观形态。In-Ceram Spinell组嵌体组织面欠平整,可见散在空隙存在于瓷材料表面,边缘处不完整,

外侧可见宽大粘接剂层(图3A)。IPS e.max Press组嵌体组织面光滑,在接近边缘处可见空隙,边缘延伸不足,外侧可见暴露的宽大连续的条带形粘接剂层(图3B)。Cercon Zirconia组嵌体组织面平滑连续,边缘完整适合,粘接剂残留较少(图3C)。

三、嵌体试件间隙宽度测量结果

各组嵌体试件IG、MG和AMD宽度测量结果见表1。三种制作工艺瓷嵌体的间隙宽度差别的LSD- t 检验结果见图4。

表1 不同加工方法制作嵌体试件的间隙宽度统计学结果
($\mu\text{m}, \bar{x} \pm s$)

组别	嵌体数	IG	MG	AMD
In-Ceram Spinell组	10	94±41	129±38	157±36
IPS e.max Press组	10	64±20	123±31	143±27
Cercon Zirconia组	10	72±25	100±37	119±38
F值		2.8	1.798	3.213
P值		0.0781	0.1849	0.0560

注:IG为内间隙;MG为边缘间隙;AMD为绝对边缘间隙

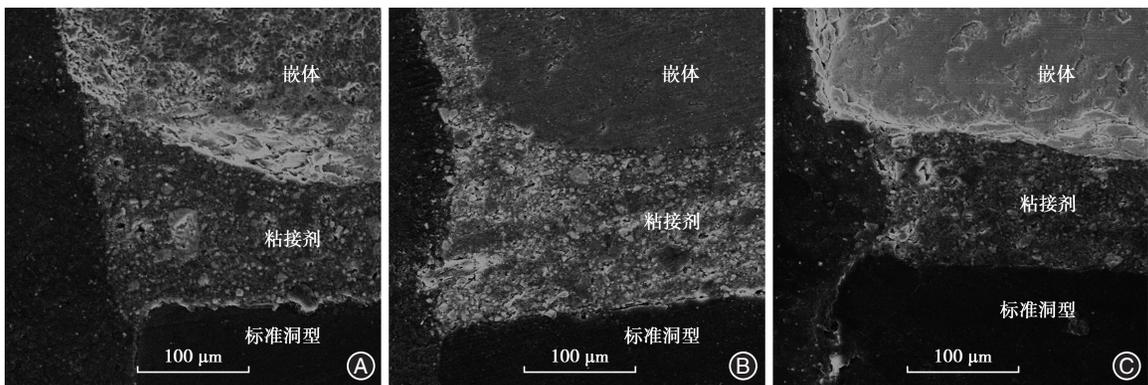


图3 各组瓷嵌体试件边缘区域电子显微镜扫描图片 A:In-Ceram Spinell组嵌体组织面欠平整,瓷表面可见散在空隙;B:IPS e.max Press组嵌体边缘延伸不足,外侧可见宽大连续的条带形粘接剂层;C:Cercon Zirconia组嵌体边缘完整适合,粘接剂残留较少

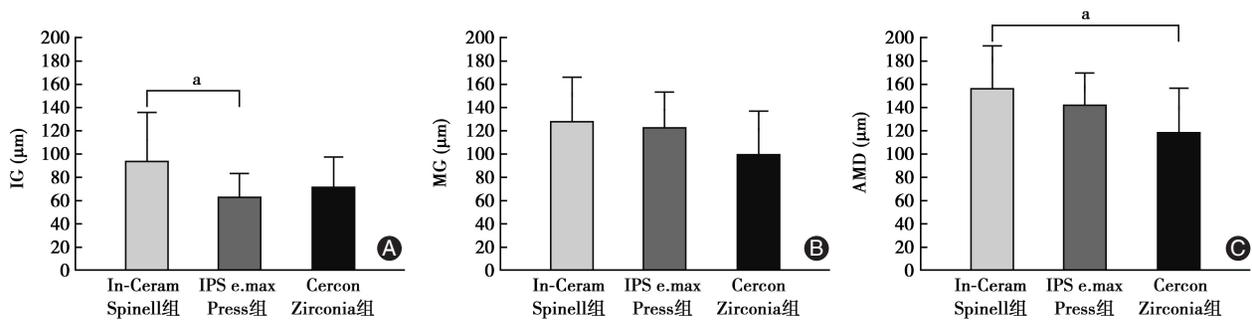


图4 三种加工方法制作嵌体间隙宽度差别的LSD-t检验结果 A:内间隙(IG)宽度的比较,In-Ceram Spinell组与IPS e.max Press组比较,差异有统计学意义($P < 0.05$);B:边缘间隙(MG)宽度的比较,各组组间差异均无统计学意义;C:绝对边缘间隙(AMD)宽度的比较,In-Ceram Spinell组与Cercon Zirconia组比较,差异有统计学意义($P < 0.05$)

1. 内间隙宽度的比较:IG宽度 In-Ceram Spinell组为(94±41) μm,IPS e.max Press组为(64±20) μm、Cercon Zirconia组为(72±25) μm,均小于临床可接受范围上限 120 μm,均达到临床要求。其中,In-Ceram Spinell组与IPS e.max Press组比较的差异有统计学意义($t = 2.146, P = 0.0457$),与Cercon Zirconia组比较的差异无统计学意义($t = 1.463, P = 0.1607$);IPS e.max Press组与Cercon Zirconia组比较的差异无统计学意义($t = 0.8410, P = 0.4114$,图4A)。

2. 边缘间隙宽度的比较:仅Cercon Zirconia组[(100±37) μm]MG宽度小于120 μm,但Cercon Zirconia组与In-Ceram Spinell组[(129±38) μm]的差异无统计学意义($t = 1.685, P = 0.1093$),与IPS e.max Press组[(123±31) μm]的差异无统计学意义($t = 1.499, P = 0.1512$)。In-Ceram Spinell组与IPS e.max Press组比较的差异无统计学意义($t = 0.3496, P = 0.7307$,图4B)。

3. 绝对边缘间隙宽度的比较:In-Ceram Spinell组[(157±36) μm]和IPS e.max Press组[(143±27) μm]的AMD均值大于120 μm,Cercon Zirconia组[(119±38) μm]AMD宽度小于120 μm。其中,In-Ceram Spinell组与Cercon Zirconia组比较,差异有统计学意义($t = 2.305, P = 0.0333$);IPS e.max Press组与Cercon Zirconia组比较,差异无统计学意义($t = 1.630, P = 0.1206$),与In-Ceram Spinell组比较差异也无统计学意义($t = 0.9925, P = 0.3341$,图4C)。

讨 论

近年来,全瓷嵌体日益成为修复牙体缺损的常用方式,其生物相容性好,弯曲强度高,机械性能优良,美观性强,磨除牙体组织较少,能很好的恢复形态和良好的邻接关系。嵌体在口外通过间接修复

制作完成,边缘线长,对适合性的要求高。宽大的边缘间隙可以导致菌斑聚集、粘接失败、牙髓病变,最终导致修复失败^[1-2]。因此,适合性在很大程度上决定了嵌体修复的长期成功率,是衡量修复体质量的重要指标。研究不同加工工艺和材料制作的瓷嵌体的适合性对临床有着直接的指导意义。

以往大部分修复体的适合性实验是采用离体牙制备洞型后进行。虽然在粘接特性、热传导、弹性模量和强度方面可以较真实地模拟临床情况,但是离体牙的大小、形态和质量所导致的差异使样本间变化较大,在洞型和嵌体就位等方面难以达到一致,并对最终结果造成一定程度的影响。本研究根据全瓷修复体预备原则^[11],利用Magics6.2软件建立邻殆嵌体标准洞型三维数字模型,并通过数控铣床加工均质的有机玻璃模块制备嵌体标准代型试件。一方面,避免了采用离体牙样本在解剖形态和修复体就位等差异导致的偏倚;另一方面,数控加工中心具有高自动化、高速度、高精度、高可靠性的优点,可以保证试件达到预先设计要求的精度水平。另有学者指出,粘接材料的成分、黏稠度可能会影响修复体的完全就位,导致修复体的浮升,从而降低修复体边缘适合性^[12]。有研究对热压铸造的IPS e.max Press嵌体与CAD-CAM技术制作的IPS e.max CAD嵌体进行对比,在不粘接嵌体的实验条件下,两者所有测量位点的间隙值相近^[13-14];采用Variolink II试戴糊剂将嵌体固定于洞型时,前者的MG明显大于后者^[15]。本研究使用Panavia F双固化树脂将瓷嵌体粘接于有机玻璃模块,并将嵌体试件置于粘接加载装置,殆面加载持续静压力使粘接剂充分溢出,旨在探讨不同材料瓷嵌体龈端修复界面原始状态下边缘适应性。

修复体边缘适合性评价的临床标准常采用改

良的 USPHS 标准,其 A 级为探针和肉眼均不能检测出间隙,本实验结果表明,In-Ceram Spinell、IPS e.max Press 和 Cercon Zirconia 嵌体均符合这一标准,与其它临床报道结果一致^[3-4]。在 SEM 下可观察到不同嵌体试件的表面微观形态,In-Ceram Spinell 组边缘稍显粗糙,可见散在空隙存在于瓷材料表面;IPS e.max Press 组边缘形态光滑连续但边缘延伸不足;在这两组中可见边缘暴露的宽大粘接剂条带,提示菌斑聚集和粘接失败发生率增加。而 Cercon Zirconia 组边缘平滑连续且完整适合,粘接剂残留较少,表现出良好的边缘适合性,能为临床成功率提供保障。

除外对边缘形貌进行粗略的定性的观察,本研究通过测量各组嵌体试件 IG、MG 和 AMD 宽度进行定量的比较。本研究结果显示,In-Ceram Spinell 组、IPS e.max Press 组和 Cercon Zirconia 组的 IG 宽度均小于临床可接受范围上限 120 μm ,均达到临床的边缘适合性要求。其中 IPS e.max Press 组和 Cercon Zirconia 组的 IG 宽度均值接近,明显小于 In-Ceram Spinell 组,说明相对于粉浆堆塑高温玻璃渗透制作的嵌体,失蜡热压铸造和数控加工的嵌体有更高更稳定的临床精确度。

同一修复体在不同位点的适合性是不同的,作为评价标准,边缘适合性比内部适合性有更有参考价值^[5]。McLean 和 von Fraunhofer^[16]早期提出,相比 MG,AMD 更能在边缘延伸过多以及边缘延伸不足的情况下反映修复体的铸造精度。因此,粘接后嵌体的 AMD 更能真实准确评价适合性,同时也符合临床实际应用。本实验中,虽然三组之间 MG 的差异并无统计学意义,但是只有 Cercon Zirconia 组的 IG、MG 和 AMD 均小于 120 μm 。基于本研究条件,可以认为 CAD-CAM 技术制作的 Cercon Zirconia 嵌体以及热压铸造技术制作的 IPS e.max Press 嵌体边缘适合性较粉浆堆塑工艺制作的 In-Ceram Spinell 嵌体优良。

由于嵌体的适合性受到材料收缩率和加工工艺等多方面因素的影响^[6],本实验采用三种不同加工工艺及不同材料制作嵌体比较适合性。

In-Ceram Spinell 嵌体以耐火代型粉浆堆塑工艺制作,专用代型材料灌注后容易吸水膨胀,烧烤前较松软,容易发生破损,从而影响在代型上直接堆塑的修复体精度。另一方面,In-Ceram Spinell 嵌体制作步骤较多,需要技术员反复打磨、喷砂、烧结以

去除多余玻璃,可能对嵌体的适合性产生影响,推测是本实验中 In-Ceram Spinell 嵌体在 SEM 下边缘形态不完整,间隙宽度均值最大的原因。IPS e.max Press 嵌体需要在模型上制作蜡型,以专用磷酸盐包埋材料进行包埋,利用传统失蜡技术形成铸模,瓷柱在真空高温下加压铸造。相比氧化铝粉浆在耐火代型上涂塑制作修复体胚体,其可控性和精确度更高。

在工业化进程当中,机械加工取代手工作业,CAD-CAM 技术在嵌体的加工制备过程中大大简化了流程,最大程度避免了人手加工造成的工艺误差。Cercon Zirconia 嵌体使用 CAD-CAM 系统,以计算机控制下的切削研磨系统代替了技工加工制作的过程,减少了热压铸造材料收缩和膨胀产生的误差;无需进行修复体蜡型的手工制作及蜡型转移,减少了操作失误,提高制造精度。在本研究中,精细化控制切削的 Cercon Zirconia 组嵌体在 SEM 下表现为平滑连续的组织面,边缘完整,IG、MG 和 AMD 宽度均值均在 120 μm 以内。

综上所述,本研究仅检测了嵌体间接修复原始状态下的边缘适合性。使用三种不同加工方法及材料制作的瓷嵌体均获得了临床可接受的边缘适合性。后牙修复尚需力学加载及冷热循环实验中检测边缘微渗漏情况;而且口腔环境复杂多变,口内粘接以及经咀嚼后的边缘和内部适合性,尚需在临床实践中进一步评估。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Neto CF, Santos GC, Santos M. Influence of the Fabrication Technique on the Marginal and Internal Adaptation of Ceramic Onlays[J]. Oper Dent, 2020, 45(2): 163-172. DOI: 10.2341/19-014-L.
- [2] Jokstad A. Secondary caries and microleakage [J]. Dent Mater, 2016, 32(1): 11-25. DOI: 10.1016/j.dental.2015.09.006.
- [3] Mangani F, Marini S, Barabanti N, et al. The success of indirect restorations in posterior teeth: a systematic review of the literature [J]. Minerva Stomatol, 2015, 64(5): 231-240.
- [4] 强卫林,李雨轩,刘刚,等. 3种边缘设计铸瓷高嵌体修复不同程度缺损无髓磨牙的3年对比研究[J]. 华西口腔医学杂志, 2018, 36(5): 493-497. DOI: 10.7518/hxkq.2018.05.006.
- [5] Holmes JR, Bayne SC, Holland GA, et al. Considerations in measurement of marginal fit [J]. J Prosthet Dent, 1989, 62(4): 405-408. DOI: 10.1016/0022-3913(89)90170-4.
- [6] Vanlioglu BA, Evren B, Yildiz C, et al. Internal and marginal adaptation of pressable and computer-aided design/computer-

- assisted manufacture onlay restorations [J]. *Int J Prosthodont*, 2012, 25(3):262-264.
- [7] Goujat A, Abouelleil H, Colon P, et al. Marginal and internal fit of CAD-CAM inlay/onlay restorations: A systematic review of in vitro studies [J]. *J Prosthet Dent*, 2019, 121(4): 590-597.e3. DOI:10.1016/j.prosdent.2018.06.006.
- [8] Council adopts American Dental Association Specification No.8 (dental zinc phosphate cement) and 11 (agar impression material). Council on Dental Materials and Devices [J]. *J Am Dent Assoc*, 1967, 74(7): 1565-1573. DOI: 10.14219/jada.archive.1967.0412.
- [9] Mously HA, Finkelman M, Zandparsa R, et al. Marginal and internal adaptation of ceramic crown restorations fabricated with CAD/CAM technology and the heat - press technique [J]. *J Prosthet Dent*, 2014, 112(2):249-256. DOI: 10.1016/j.prosdent.2014.03.017.
- [10] Ghaffari T, Hamed-Rad F, Fakhrzadeh V. Marginal adaptation of Spinell InCeram and feldspathic porcelain laminate veneers [J]. *Dent Res J(Isfahan)*, 2016, 13(3):239-244. DOI: 10.4103/1735-3327.182183.
- [11] Ahlers MO, Mörig G, Blunck U, et al. Guidelines for the preparation of CAD/CAM ceramic inlays and partial crowns [J]. *Int J Comput Dent*, 2009, 12(4):309-325.
- [12] Borges GA, Faria JS, Agarwal P, et al. In vitro marginal fit of three all-ceramic crown systems before and after cementation [J]. *Oper Dent*, 2012, 37(6):641-649. DOI:10.2341/11-012-L.
- [13] Alajaji NK, Bardwell D, Finkelman M, et al. Micro - CT Evaluation of Ceramic Inlays: Comparison of the Marginal and Internal Fit of Five and Three Axis CAM Systems with a Heat Press Technique [J]. *J Esthet Restor Dent*, 2017, 29(1):49-58. DOI:10.1111/jerd.12271.
- [14] Kalla B, Sirisha K, Mandava J. Marginal Adaptation of CAD-CAM Fabricated Ceramic Inlays: An in - Vitro Evaluation [J]. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 2020, 9(6):732-735. DOI:10.21275/SR20611142527.
- [15] Gudugunta L, Mynampati P, Jeevan MB, et al. The marginal discrepancy of lithium disilicate onlays: Computer-aided design versus press [J]. *J Conserv Dent*, 2019, 22(4): 336-339. DOI: 10.4103/JCD.JCD_31_19.
- [16] McLean JW, von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique [J]. *Br Dent J*, 1971, 131(3): 107-111. DOI:10.1038/sj.bdj.4802708.

(收稿日期:2021-06-03)

(本文编辑:王嫚)