



# CAD/CAM 技术和氧化锆的羽状边缘预备

CAD/CAM technology and zirconium oxide with feather-edge marginal preparation

Stefano Patroni, Giuseppe Chiodera, Carlotta Caliceti, Paolo Ferrari

原载 Eur J Esthet Dent 2010; 5: 78-100(英文)

魏青梅 刘中宁 译 姜婷 审

## 摘要

随着临床需求以及患者期望值的不断提高,现代牙科学关注于寻找更简化的治疗方案,以及开发具有更好机械性能和美观效果的材料。

近年来,科学领域创造性地将工业领域的CAD/CAM技术引入,使得一直被认为具有良好机械性能和仿生性能的氧化锆得以被开发应用。另外CAD/CAM技术不仅使技工室的工作发生了革命性的改变,而且白色的氧化锆的出现为治疗计划、修复重建材料以及牙体预备方式提供了新的选择。

本文通过分析不同技术方法的优点和局限,以期达到简化临床治疗程序和统一评价标准的目的。具有创新特性的CAD/CAM技术在牙科领域已经被广泛关注,但是其技术方法还需要进一步的科学评估和论证。

## 1 引言

CAD/CAM这一术语和其相关技术都源于工程学,并且已经被应用于口腔临床实践。尽管这两个学科的最终产品在材料、形态以及尺寸等方面有较大差别,但它们使用机械或自动化程序代替人力的哲学理念是相同的。

制作过程可分为两部分:CAD(计算机辅助设计)是产品的虚拟设计和创建;CAM(计算机辅助制作)是设计对象由虚拟转化为现实产品的过程。

CAD/CAM技术在制作过程和最终产品上的精确性和标准化都很有发展前景。从理论上说,它能最大限度地减少修复体制作过程中临床操作步骤和技

工的误差。由于CAD/CAM技术可以加工不同的材料,因此在世界范围的牙科领域广为应用。包括制作基底的钛合金,制作临时冠的丙烯酸树脂,以及晶体陶瓷、玻璃陶瓷等,其中应用最多的是陶瓷氧化物,特别是氧化锆的加工。

医师和技师都对这项技术提出过诸多疑问,但实际上这项技术革新对技工室有更大的影响。医师要考虑的是如何将CAD/CAM技术、口内光学印模技术应用到日常的临床操作中;如何选择与新材料相适宜的预备体形态和边缘设计,以及掌握新材料的应用技术。

从化学的角度讲,锆是一种灰白色系的硬质过渡金属,在自然界中找不到它的纯单体。在口腔医学领域,我们使用锆的氧化物来代替其纯矿物。从其结构上看,二氧化锆有三种形态:立方形、单晶形和四角形。这些形态在室温下不稳定,需要与另一种元

译者单位 北京大学口腔医学院修复科  
北京海淀区中关村南大街2号 100081

素结合才能维持特定形态。四角形是以往文献中研究最多的一种形态,并且能与金属钽结合形成稳定化合物,这种材料最早在1969年就被实验性地用于整形外科。

由于良好的机械和美学性能,氧化锆成为应用的热门金属材料。氧化锆不仅颜色白,其强度与金属钛相似(285N vs 305N)。此外,氧化锆没有细胞毒性,不会造成细胞的基因变异,其引发的组织炎症反应也比金属钛更轻微。

氧化锆的另一个优点是菌斑附着率较低,Scaraco报道氧化锆表面的菌斑附着率为12%,而钛表面菌斑附着率达19%。

氧化锆在口腔领域有多种用途,它可以作为单冠、嵌体或高嵌体的核,固定桥的支架,种植义齿的基台和种植体(图1)。氧化锆的优点早就被认知,但由于技术问题一直没有应用于临床,CAD/CAM技术的出现使氧化锆用于临床成为可能。现在可以通过软件控制钻针将部分烧结的氧化锆瓷块切削成最终修复体的形态。



图1 个性化氧化锆种植基台

## 2 氧化锆和CAD/CAM的综述

氧化锆修复体将不再由技师制作完成,而是在加工间将氧化锆瓷块切削成最终修复体的形态。这要求有专用的制造设备和数字化的程序,这个过程可以归结为以下3个步骤。

(1) 数据采集过程:通过各种数据采集方法将口腔牙列形态或传统的石膏模型转换为数字模型。

(2) 形成过程:借助计算机软件和修复设计知识

完成修复体的设计。

(3) 实现过程:将数字模型转化、制作完成最终的修复体。

应用CAD/CAM技术,需要将医师和技师之间交流的印模、模型、蜡型、铸造等传统工艺与数字途径相结合。实现数字化的方式有以下几种(图2)。

(1) 印模取好后交给技工室,技工室将模型转给模型加工厂,加工厂通过CAD/CAM技术制作基底后返还给技工室,继续在基底上烤瓷(图3)。

(2) 印模取好后交给技工室,技师将模型扫描后通过特殊的设计软件(CAD)进行修复体的设计(图4a)或者技师直接制作出蜡型,将蜡型直接扫描在计算机上(图4b)。不管哪种方法,技师都要将最终的数据信息传给加工厂进行修复体的制作(CAM),基底完成后送回技工室进行上层烤瓷。

(3) 使用3M ESEP视频相机或类似的机器使口内牙列直接数字化,修复设计在技工室或加工厂进行,基底依然在加工厂加工并送回技工室进行上层烤瓷(图5)。

作者认为由技师先制作好蜡型,扫描后由CAM制作的基底效果最好,因为这种方法可以根据实际需求制作出个性化的支架,从而实现均匀的厚度和良好的邻接关系(图6)。

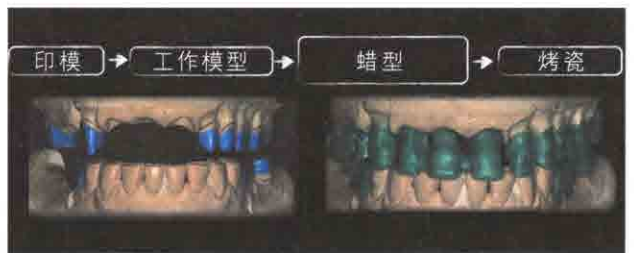


图2 数字信息传递



图3 数字信息传递方式(1)

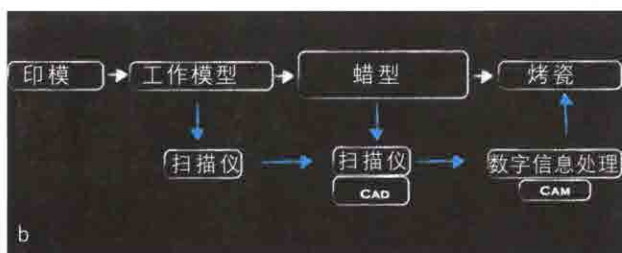
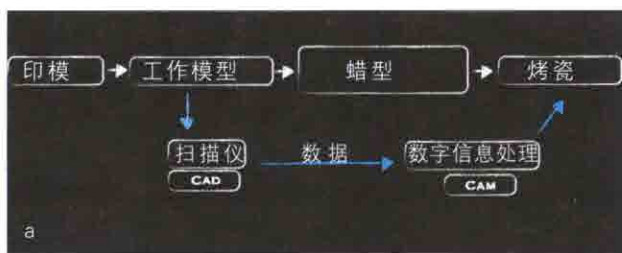


图4 数字信息传递方式 (2)



图5 数字信息传递方式 (3)



图6 具有良好边缘的氧化锆基底并能提供良好的机械强度

## 2.1 临床应用

经科学实验证明，用金合金作为基底的烤瓷冠具有最强的抵抗外力的能力，但是由于金属基底透光性差，限制了其在美容修复中的应用。由于全瓷能很好地模仿天然牙的色泽和透光度（图7），可用于对美观要求高的患者，但其机械抗力较差。

从理论上讲，使用金属基底和烤瓷颈环修复，既



图7 从美学的角度讲，最好的修复材料是能很好地模仿天然牙半透明性的材料

发挥了两者的优点又避免了金属颈缘暴露，减少牙龈黑线的发生。近来也有1/3的医师开辟了使用氧化锆的新途径。

氧化锆有良好的机械和美学性能。氧化锆 $\geq 0.5\text{mm}$ 时具有良好的抵抗外力的机械性能，但厚度的增加会在一定程度上影响美观效果。对于重度牙体变色的病例，增加厚度可以更好的遮挡变色牙的颜色，从而达到更好的美观效果（图8）。

氧化锆厚度在 $0.3\text{mm}$ 时可达高度的透光度和





图 8a 变色牙使用高透明的修复材料达不到满意的修复效果



图 8b 氧化锆基底全瓷冠。基底厚度增加，能部分遮盖牙体颜色，但是颈部仍可透出基牙颜色

半透明性，但是其美观效果还是不及氧化铝（光透过0.6mm基底时，氧化铝的透光率为72%，氧化锆为48%）。氧化锆基底采用钝角或无角肩台，被认为具有最佳的精确度、抗力形和美观效果（图9~图13）。

修复体边缘对最终修复效果至关重要，需要良好的牙体预备和精确的印模转移技术。羽状边缘可以很好的解决这些问题，因为它的终止线不再是一条线而是一个区域（图14）。

预备钝角或无角肩台的目的是获得不透明瓷（用以遮盖颈部金属）的修复空间，从而尽可能减少

颈部金属暴露的可能（图15）。羽状边缘用于金属材料修复体已经得到临床证实，但美观效果较差，现主要用于复杂的牙周-修复联合重建。氧化锆由于其白色边缘，可有效解决这一问题，并逐渐被临床接受，它不仅有良好的美观性能并且不损害牙周组织，避免了对牙周附着的破坏和由此带来的复杂治疗。

因此，可以考虑采用氧化锆和羽状肩台结合的治疗方法。虽然这种方法未被推荐，但是制造商认为如果充分考虑临床和技术问题后，也可以使用。

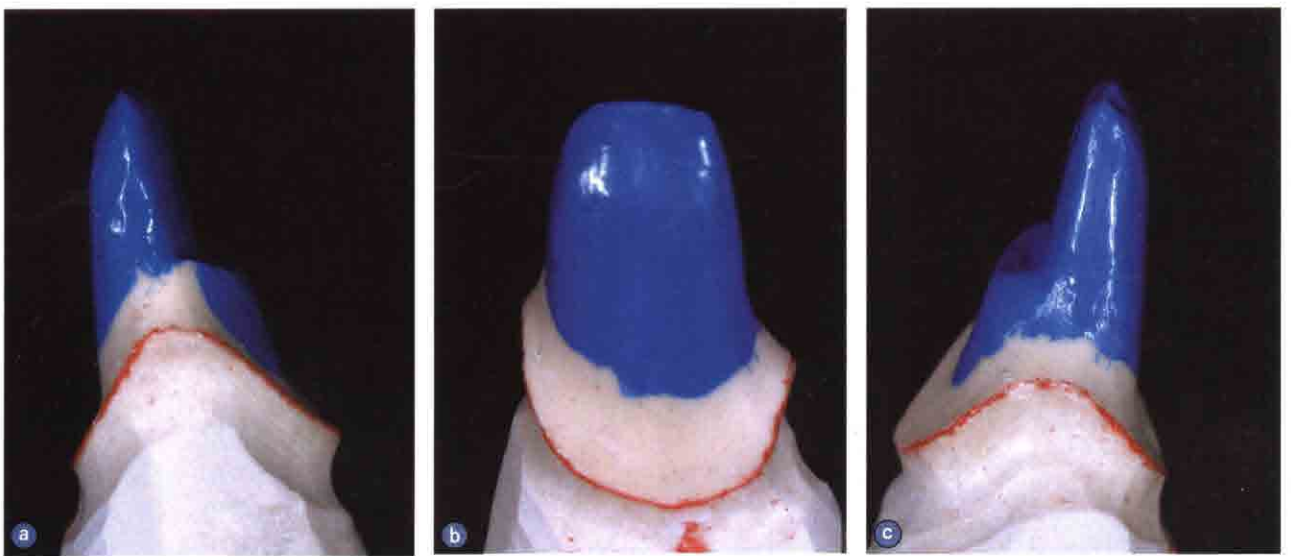


图 9 氧化锆全瓷冠要求钝角或无角肩台

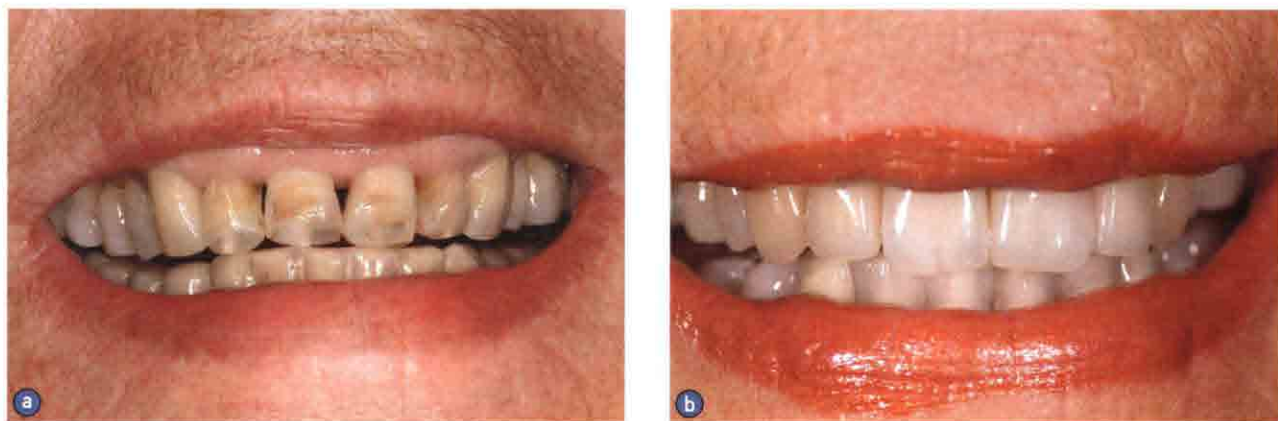


图10 临床病例。a 治疗前;b 治疗后



图11 a. 治疗前口内情况;b. 最终修复效果:4个切牙用氧化锆全瓷冠修复, 下颌用种植支持固定义齿重建





图12 a.上颌前牙治疗前;b.4个切牙预备为无角肩台;c.在石膏模型上的4个氧化锆全冠;d.最终修复效果,4个切牙由氧化锆全瓷冠修复,2个尖牙由瓷贴面修复



图13 冠边缘和周围组织



图14 羽状边缘与无角肩台终止线的区别



图15 羽状边缘可以用于金属或氧化锆基底。但是白色的氧化锆颈缘更能达到良好的美观效果

## 2.2 使用羽状肩台的原因

在过去的10年里,由于种植技术的出现,修复设计的理念发生重大变革。种植可以用来修复单个或多个牙缺失而避免固定桥修复时牙体预备对邻牙的损伤(图16)。同样,以往需要用传统的全冠修复的牙体组织严重破坏的患牙,现今可以使用间接粘接技术进行修复。

固定修复的适应证减少了,要求修复过程中尽可能减少健康牙体组织受到破坏。由于修复的需要而对健康牙进行根管治疗的情况也越来越少,只有大面积缺损的牙齿修复前才进行根管治疗。

龋坏不仅破坏冠髓、根髓,有时也会累及牙周组织,所以多数病例在修复前要做牙冠延长术以更好地利用剩余牙体组织,重建良好的附着关系,避免破坏健康的牙周组织(图12、图13)。

可在牙冠延长术龈瓣翻起时,制备基牙的羽状肩台,同时优化影响长期预后的因素,其中包括:

- 重建生物学宽度。
- 延长临床牙冠。
- 形成牙本质肩领。

- 修整根面形态。
- 消除因根分叉病变而暴露的剩余牙体组织曲度。
- 进行必要的骨手术消除骨下袋。
- 外科手术纠正露龈笑、不正常的牙龈弧度等美学问题。

修复方法是龈瓣翻起时,在牙齿上形成达到牙槽嵴顶的羽状边缘。为了使其达到最好的修复效果,术后不能再对预备体进行修改,只能在必要时进行不涉及边缘的预备体形态修整。其实在取印模时对基牙进行重新预备,就会在边缘区形成一个新的边缘线,这对最后的修复效果有很大影响(图19~图25)。当组织完全愈合后,取终印模进行最终修复(图26)。

也有文献介绍了不经外科手术的“盲法”预备形成羽状边缘的优点。任何预备方法都有优缺点,选择哪种方法常取决于操作的难度和具体操作程序。羽状边缘不仅解决了临床问题,而且简化了牙体预备、临时冠制作、取终印模和技工室工艺等治疗程序。

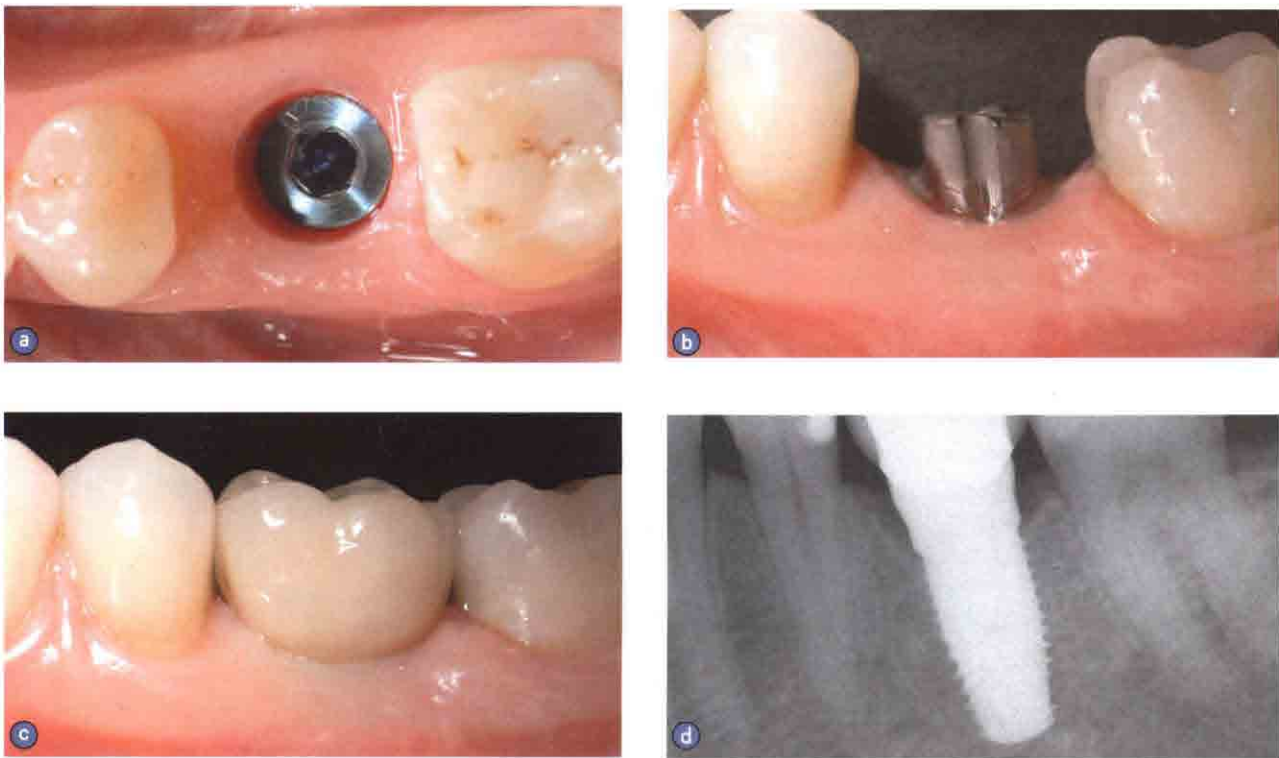


图16 a-d. 在过去的10年里,对于两侧存在健康基牙的单个牙缺失,种植修复取代了传统的固定桥修复

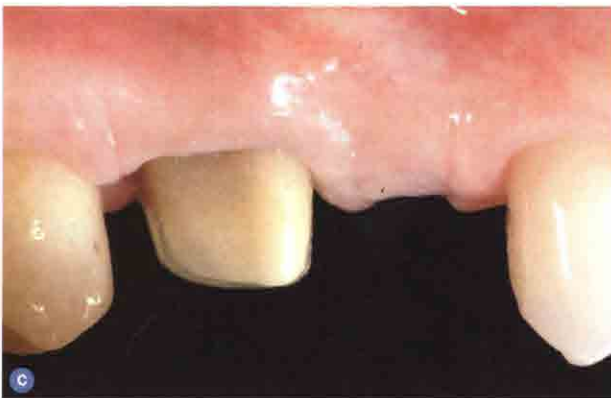
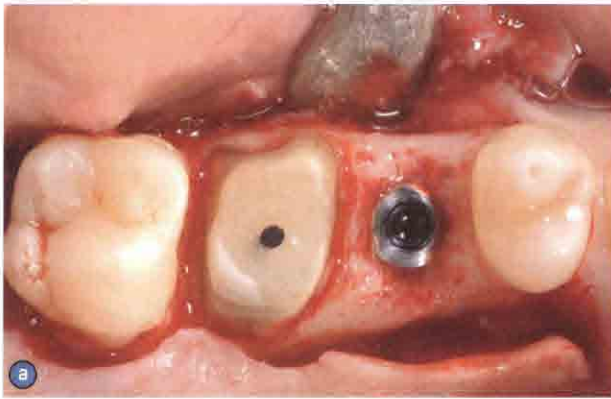


图17 严重的牙体缺失常需要进行牙冠延长术。术中需要将牙体预备到牙槽嵴顶，缝合后牙体预备。羽状边缘较易形成。术后4个月，预备体周围组织健康



图18 牙周术后4个月，天然基牙周围组织愈合良好。a. 如术中翻瓣后已进行牙体预备，则取终印模时无需再次边缘预备；b. 氧化锆全冠粘接后



图19 临床病例：a. 治疗前微笑观；b. 治疗后微笑观



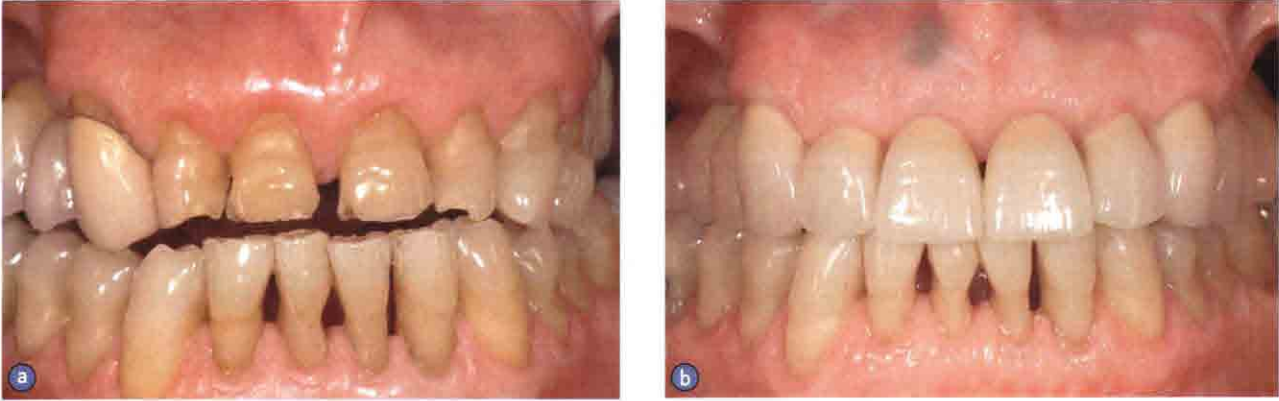


图20 a. 牙齿磨耗, 前牙咬合丧失, 牙齿不美观; b. 最终修复效果



图21 a. 术前基牙形态; b. 牙周术中, 翻瓣后牙体预备至牙槽嵴顶; c. 牙槽嵴顶处黏膜缝合; d. 术后10个月, 放入第一根排龈线; e. 取终印模前, 取出第二根排龈线; f. 修复体最终粘接后



图22 冠修复体周围的健康组织(腭侧观)



图23 冠修复体周围的健康组织(颊侧观)

### 2.3 羽状边缘的优点

保存牙体组织,避免对牙周产生刺激。

简化取终印模的难度,边缘不再是一条线而是一个区域。

临时冠的制作更简单快捷。即使临时冠的边缘制作稍短,也不会使羽状边缘的精密度下降,它的边缘是一个区域而不是一条具体的线。但在前牙美容修复区域,临时冠边缘短会使最终修复体与牙龈组织不密合,从而影响美观效果。

无论是有角还是无角肩台,终止线的位置是很明确的,技师必须遵循终止线的位置进行修复体的制作。修复体的边缘必须在这条线上。然而,在不破坏牙周附着的情况下,羽状边缘的终止线可以定位在牙冠的任何水平。所形成的终止线可能会深入龈



图24 术中牙体预备至牙槽嵴顶,术后6个月开始永久修复。  
a. 殆面观;b. 颊面观;c. 修复体粘接后

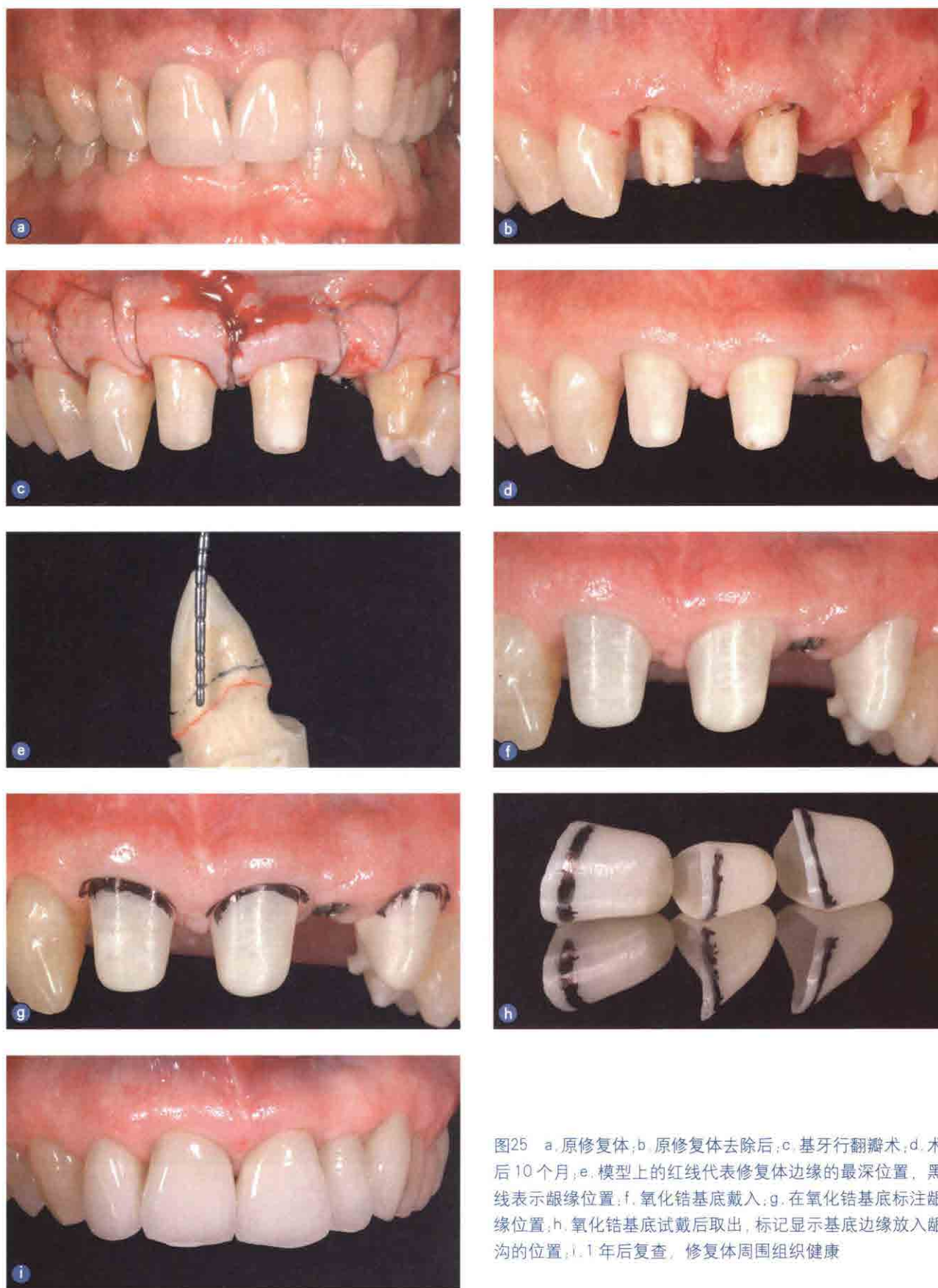


图25 a.原修复体;b.原修复体去除后;c.基牙行翻瓣术;d.术后10个月;e.模型上的红线代表修复体边缘的最深位置,黑线表示龈缘位置;f.氧化锆基底戴入;g.在氧化锆基底标注龈缘位置;h.氧化锆基底试戴后取出,标记显示基底边缘放入龈沟的位置;i.1年后复查,修复体周围组织健康

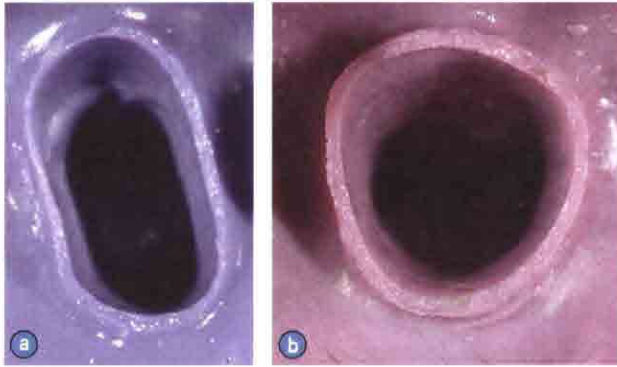


图26 羽状边缘预备体的印模制取简单,预备体龈沟呈环状边缘

沟,但可通过临床调改减少对牙周组织的破坏,对修复体边缘进行调整不会影响其精密度和美观效果。正常邻面龈沟深度约为3mm,羽状边缘可以通过技工室的制作达到这一深度。从临床的角度看,因为邻面的美观要求不高,能形成较好的邻接形态即可,其边缘只进入龈沟1mm就能达美观要求。因此,修复体没有必要过深进入龈沟,否则会导致牙周附着丧失和水门汀清理不净等问题。

#### 2.4 羽状边缘的弊端

下面就以金属羽状边缘为例来说明羽状边缘的弊端。

颈部暴露的金属虽然增加修复体的密合性和边缘强度,但是暴露的金属不进入龈沟严重影响美观效果,不可用于前牙美容修复。

如果金属的边缘没有形成羽状,就增加了形成悬突的风险。

羽状边缘对牙周组织的潜在危害表现为菌斑堆积。氧化锆羽状边缘在粘接和咀嚼时,易在颈部形成应力集中,造成崩瓷。为了给修复体提供足够的空间,我们在预备的过程中常形成过大的聚拢度,但过大的聚拢度会严重影响修复体的固位和稳定性。

#### 2.5 羽状边缘在以下情况下不宜采用

游离龈过薄。即使采用龈沟内边缘也会透出边缘金属色而使美观效果大打折扣。

基牙过短。过短基牙的固位力差,易脱粘接,不充分的牙体预备会减少瓷层的厚度而影响美观,特别是在前牙修复时,轻度牙龈退缩即可导致金属边缘的外露。粘接前羽状或斜面状边缘的密合性比有角或无角肩台要好,然而粘接后有角或无角肩台的密合性却优于羽状边缘,这可能是粘结水门汀溢出困难所致。最终结果表明任何边缘预备都可满足临床要求。

#### 2.6 氧化锆和羽状边缘

制造商推荐氧化锆使用钝角或者无角肩台,聚拢度由传统的 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 增加到 $4^{\circ}$ (图27)。作者的临床经验表明氧化锆可用于羽状边缘,这样不仅使牙体预备简单快捷,也达到了金属边缘所能达到的机械强度和更好的美观效果。

氧化锆的羽状边缘预备和金瓷冠的羽状边缘预



图27 a.修复学推荐各轴面理想的聚拢度为 $2^{\circ}$ , b.氧化锆冠修复时,推荐的聚拢度为 $4^{\circ}$

备是一样的,要求修复体边缘不侵犯牙周组织,有利于清洁,模仿天然牙釉-牙骨质的形态。

氧化锆的边缘与金属边缘有同样良好的形态和厚度,但是与表面饰瓷的结合,氧化锆比金属更好,这在不需要边缘进入龈沟提高美观效果的后牙修复时显得更为突出。氧化锆边缘要求0.5~0.7mm宽以保证足够的机械强度,避免崩瓷。减少崩瓷,提高远期治疗效果的方法是瓷层下必须有足够的牙体支持,以保证其行使功能时能承受压力(图28,图29)。

此外,连接体设计也很重要:后牙主要考虑咬合接触,前牙美容修复区域主要考虑颊舌向的厚度。保证瓷层厚度以达到良好的美观效果,避免修复体制作完成后邻接点的调整,任何调整都会降低修复体的机械强度(图30)。



图28 连接体折断,两个氧化锆核的遵循了标准设计,但没有考虑到咬合接触点瓷层的支持

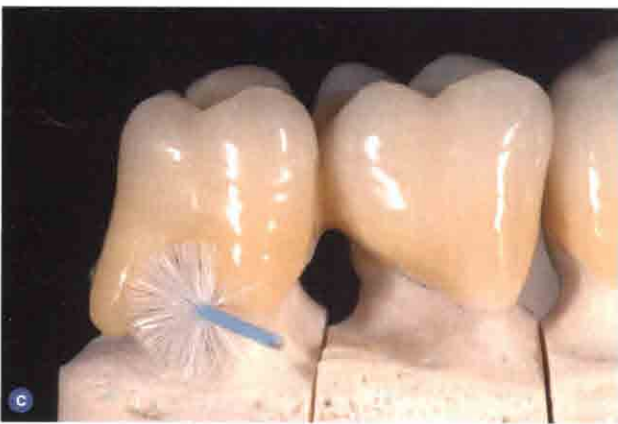


图29 模拟牙根形态,形成可供间隙刷通过的远中牙面形态



图30 临床病例.a.基牙前面观;b.腭面观;c-e.暂时冠去除后牙周组织的健康情况,制备羽状边缘更有利于保护修复体周围的牙周组织;f.氧化锆全冠在模型上;g.最终修复体正面观

### 3 结论

尽管应用氧化锆羽状边缘仍然需要大量长期的临床试验,但从临床角度来看它的确是一个解决问题的好方法。

氧化锆具有良好的机械和美学性能,只要瓷层下有坚实的个性化支持结构,氧化锆就可以满足临床需求。羽状边缘与修复前的牙周手术相关联,龈瓣翻开的同时进行牙体预备,可减少龈沟的侵犯和破

坏牙槽嵴顶纤维的风险。

由于氧化锆边缘呈白色,所以边缘预备不要求像金属边缘一样进入龈沟内来遮挡颜色。

因此这种设计有可能简化修复步骤,同时长期保持牙周组织的健康和稳定。

这是一项简单快捷的技术,可以被追求更高美观效果的医师采用。