

CAD/CAM Restorasyonlarının Üretimi İçin Kullanılan Materyaller

Materials Used for CAD/CAM Restorations: Review

Nazmiye ŞEN,^a
Betül TUNCELLİ^a

^aProtetik Diş Tedavisi AD,
İstanbul Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi, İstanbul

Geliş Tarihi/Received: 28.09.2016
Kabul Tarihi/Accepted: 02.12.2016

Yazışma Adresi/Correspondence:
Nazmiye ŞEN
İstanbul Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi AD, İstanbul,
TÜRKİYE/TURKEY
nazmiye.sonmez85@gmail.com

ÖZET Bilgisayar destekli tasarım ve üretim (CAD/CAM) sistemlerinin son 30 yıldaki evrimi; yeni malzemelerin, tedavi yöntemlerinin ve protez üretim süreçlerinin benzeri görülmemiş bir gelişme göstermesini sağlamıştır. Buna paralel olarak da materyal geliştirme sürecindeki inovasyon devam ettikçe, önceliklerden daha üstün özellikli ve daha iyi fonksiyon gören yeni nesil malzemelerin üretimi mümkün olmuştur. Kuron ve köprü protezlerinin geleneksel yollarla üretiminde kullanılan kaybolan mum tekniği; güvenilir ve zaman kazandırıcı sistemlerin gelişmesiyle neredeyse yok olmuştur. CAD/CAM teknolojisi hekimlere hem laboratuvar da hem de klinikte geniş bir yelpazede çok yönlü restoratif seçenek sağlayan bir noktaya ilerlemiştir. Bu teknolojiyle dayanak dişler ile hassas uyum gösteren estetik tam seramik restorasyonların tek seansta üretimi mümkün olmuştur. Ayrıca, reçine kompozitlerin kullanımı basit direkt ağız içi bir uygulama ile sınırlı iken CAD/CAM sistemleriyle indirekt restorasyonların üretimi için frezelenen endüstriyel olarak üretilmiş bloklara doğru geliştirilmiştir. CAD/CAM sistemleri kullanılarak üretilen restorasyonların giderek yaygınlaşmasıyla birlikte yeni materyaller hızla tanıtılmaya başlanmıştır. Yeni geliştirilen CAD/CAM materyalleri standart bir şekilde endüstriyel olarak üretildiği ve üretim safhaları sıkı bir şekilde kontrol edildiği için yapısal özellikleri bakımından geleneksel yöntemlerde kullanılan materyallerden daha avantajlı olarak değerlendirilebilmektedir. CAD/CAM materyallerinin sahip olduğu bu yapısal özellikler, başarılı CAD/CAM restorasyonlarının üretimi için önemlidir. Bu çalışmada amaç, CAD/CAM restorasyonlarının üretiminde kullanılacak olan materyallerin seçimine ışık tutmaktır. Çalışmanın klinik pratikte hekimlerin materyal tercihinde öngörü sahibi olmasına yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayar yardımlı tasarım; dental materyaller; protez, kısmi, sabit

ABSTRACT The evolution of computer aided design and manufacturing (CAD/CAM) over the past thirty years has seen an unprecedented development of new materials, treatment modalities and prosthesis manufacturing processes as the level of innovation in material development continues to develop next-generation materials. At the current rate of expansion, reliable and time-wasted systems such as the lost wax technique, used in the traditional manufacturing of crowns and bridges, may truly become lost. CAD/CAM technology has advanced to a point where it provides a wide range of restorative options both chair-side and at a traditional dental laboratory. Commercial chair-side dental CAD/CAM systems have expanded and improved their accuracy and precision to allow the ability for a dentist to provide esthetic all-ceramic restorations in one short appointment. Furthermore, the use of resin composites has expanded from simply a direct restorative material to industrialized composite blocks that can be milled in CAD/CAM systems for the fabrication of indirect restorations. With the expanding use of both in-office CAD/CAM systems and in-lab digital manufacturing of prostheses, material development for these processes has had to progress concurrently. The new CAD/CAM material options are thought to be advantageous due to their industrial production whereby they are manufactured in a standardized and tightly controlled environment thus producing a more dense and reliable structure than can be produced conventionally. The aim of our study is to review current materials available for permanent CAD/CAM dental restorations and may help the clinician for material selection.

Keywords: Computer-aided design; dental materials; denture, partial, fixed

CAD/CAM SİSTEMLERİ

TANIMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ

Computer aided design/computer aided manufacturing; “CAD/CAM” kelimelerinin baş harflerinin bir araya getirilmesi sonucu elde edilen bir kısaltmadır. Bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim anlamına gelmektedir. CAD/CAM sistemlerinin geliştirilmesindeki amaç, restorasyonların daha yüksek kalitede ve daha uygun bir maliyetle elde edilmesidir.¹

CAD/CAM teknolojisinin diş hekimliğinde ilk uygulamaları 1970’li yıllarda Amerika’da Bruce Altschuler, Fransa’da Francois Duret, İsviçre’de Werner Mörmann ve Marco Brandestini ile başlamıştır. Young ve Altschuler ilk kez 1977 yılında ağız içerisinde yüzey eşleştirmesi yapmak için optik bir cihazın kullanılması fikrini geliştirmiştir.² 1984 yılında Duret, “Duret sistemi”ni tanıtmıştır. Duret esas amacını, bu endüstriyel teknolojiyi kolaylıkla diş hekimliğine transfer etmek ve bir diş hekimliği restorasyonu için harcanan eforu azaltarak maliyeti düşürmek olarak açıklamıştır; ancak Duret sistemi pahalı ve kompleks bir sistem olması nedeni ile istenen başarıya ulaşamamıştır.^{1,3} Ticari olarak üretilen ilk CAD/CAM sistemi, 1980 yılında Mörmann ve Brandestini tarafından geliştirilen CEREC (Sirona, Bensheim, Almanya)’dır.^{4,5}

Son 30 yıl içerisinde mühendislik alanındaki yeni gelişmeler, CAD/CAM sistemlerinin başarılı bir şekilde kullanımını sağlamıştır. CAD/CAM teknolojisinin daha kısa sürede daha yüksek kalitede restorasyon üretimini sağladığı ifade edilmektedir. CAD/CAM sistemleri; teknikteki hataları en aza indirmesi ve klasik çok aşamalı indirekt restorasyon üretimindeki çapraz kontaminasyon riskini azaltması nedeni ile de tercih edilmektedir. Buna karşılık; CAD/CAM sistemlerinin maliyeti, fazla miktarda hızlı ve iyi kalitede restorasyon üretiminde finansal kapasite gerektirmesi ise sistemin dezavantajları olarak değerlendirilmektedir.⁵

CAD/CAM SİSTEMLERİNDE KULLANILAN MATERYALLER

MONOLİTİK MATERYALLER

Geleneksel yöntemde kırılma yapıdaki diş hekimliği seramikleri güçlü bir metal altyapı ile desteklenerek kullanılmakta idi. Ancak, günümüzde CAD/CAM teknolojisindeki gelişmelerle birlikte monolitik restorasyonların üretimi de diş hekimliğinde mümkün hâle gelmiştir.^{6,7} Bu amaçla kullanılan monolitik CAD/CAM materyalleri şöyle sıralanabilir.

Cam Seramikler

Cam seramikler; feldspatik cam seramikler, lösit kristalleri ile güçlendirilen cam seramikler ve lityum disilikat kristalleri ile güçlendirilen cam seramikler olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.

Feldspatik cam seramikler

CAD/CAM sistemlerinde kullanılmak üzere üretilen feldspatik cam seramik bloklarda, 3-4 mikron büyüklüğündeki feldspar partikülleri cam matris içerisinde homojen bir şekilde dağılım göstermektedir. Vakum altında sinterlenen, standart, kontrollü ve endüstriyel olarak üretilen bu bloklar laboratuvarında sinterlenen seramiğe göre daha homojen ve stabil bir mikro yapıya sahiptir. Feldspatik cam seramik blokların en önemli avantajı; frezeleme işleminden hemen sonra kolayca cila yapılarak tek seansta hastaya uygulanabilmesidir.^{7,8}

Feldspatik cam seramik bloklarla inley, onley, laminate veneer ve ön bölge kuron protezleri yapılabilir iken kırılma dirençlerinin düşük olması nedeni ile feldspatik blokların köprü protezleri ve endokoron restorasyonlarında kullanımı sınırlanmaktadır.⁹

Günümüzde Sirona ve Vita firmaları tarafından üretilen çeşitli feldspatik seramik bloklar bulunmaktadır. Sirona firmasının monokromatik ve polikromatik olarak geliştirilen iki grup bloğu mevcuttur. Vita firmasının ise günümüzde kullanılan feldspatik seramik blokları, monokromatik olan **Vita blocks Mark II**, polikromatik olan **Vita Block Triluxe** ve servikal bölgede renk doygunluğu ile floresan özellikleri artırılmış olan **Vita Triluxe Forte**, son olarak iki kromalı olan **Vita Block Reallife**’dır.

Lösit kristalleri ile güçlendirilmiş cam seramikler

Laboratuvar ortamında hazırlanan lösit içerikli seramikler günümüz teknolojisine uyarlanarak CAD/CAM sistemlerinde kullanılmaya uygun bloklar üretilmiştir.

Çok aşamalı fabrikasyon işlemleri ile birkaç mikron çapındaki lösit kristalleri cam matrikste kontrollü kristalizasyon oluşturularak üretilmektedir. Endikasyonları; ön bölge kuron protezleri, inley, onley ve laminate veneerler ile sınırlıdır.

Lösit kristalleri ile güçlendirilmiş cam seramik bloklar, ışık geçirgenliğinin ve estetik özelliklerinin üst düzeyde olmasından dolayı tercih edilmektedir. Günümüzde Ivoclar firmasının **IPS Empress CAD** (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtens-tayn) ve 3M ESPE firmasının **Paradigm™ C** (3M/ESPE, Saint Paul, MN, ABD) blokları lösitle güçlendirilmiş cam seramik bloklara örnektir.¹⁰

Lityum disilikat kristalleri ile güçlendirilmiş cam seramikler

CAD/CAM sistemleri ile üretilen sabit protetik restorasyonların daha yaygın bir kullanım alanı bulmasıyla birlikte, 2005 yılında lityum disilikat kristalleri ile güçlendirilen cam seramik materyallerde bir yenilik yaşanmıştır. **IPS e.max CAD** (Ivoclar, Schaan, Lihtens-tayn) adıyla kullanıma sunulan yeni bir materyal CAD/CAM sistemlerinde frezelemeye uygun olarak tasarlanmıştır.

IPS e.max CAD blok, %40 oranında lityum metasilikat kristallerinden oluşan parsiyel kristalize bir bloktur. Bloklar, cam seramiğin mikro yapısı ve içeriği nedeni ile mavimsi renkte bulunmaktadır. Bloklar bu durumda, yani mavi renkte iken kolaylıkla freze edilebilmekte, yumuşak ara fazdaki malzemenin el ile aşındırılması hızlı ve etkin yapılabilmekte, ağız içindeki uyumu da bu aşamada kontrol edilebilmektedir.

Bu gruptaki bloklar renk özelliklerine göre üçe ayrılmaktadır. Yüksek translüsen-siyeye sahip HT bloklar, bukalemun efektine sahip olması ve estetik özellikleri ile, inley ve onley restorasyonların yapımında kullanılabilir. Düşük translüsen-siyeye sahip LT bloklar ise çeşitli renk seçenekleri ile tam anatomik kuron restorasyonlarının yapımında kullanılabilir. Son olarak renkleşmiş dişle-

rin tedavisinde tabakalama tekniğiyle kullanılabilen "medium opacity" bloklar bulunmaktadır. Elde edilen restorasyonlar adeziv veya konvansiyonel yöntemlerle simante edilebilmektedir.^{11,12}

İtriyum-tetragonal zirkonya polikristal seramikler (Y-Tzp)

CAD/CAM teknolojisindeki gelişmeler zirkonyanın diş hekimliğinde kullanımını mümkün hâle getirmiştir. İtriyum-tetragonal zirkonya polikristal [yttria-tetragonal zirconia polycrystal (Y-TZP)] restorasyonların elde edilmesi için iki farklı CAD/CAM üretim tekniği kullanılmaktadır.¹³ Birincisi; yarı sinterize blokların frezeleme ile şekillendirilerek yüksek sıcaklıklarda tam sinterize edilmesi, ikincisi ise tam sinterize edilmiş blokların sisteme ait freze ünitesi tarafından şekillendirilmesi ile restorasyonların üretilmesidir. Tam sinterlenmiş yoğun blokların sertliği şekillendirilmelerini zorlaştırmaktadır ve özel olarak tasarlanmış freze cihazları gerektirmektedir. Yarı sinterize zirkonya blokların frezelenmesi için en yaygın kullanılan CAD/CAM sistemleri ise şu şekildedir; CERCON (Dentsply Friadent, Mannheim, Almanya), CEREC (Sirona, Bensheim, Almanya), LAVA™ (3M ESPE, Seefeld, Almanya) ve Procera (Nobel Biocare, Gothenburg, İsveç).¹⁴

Y-TZP seramiklerin kuron ve üç-dört üyeli köprü protezlerinin üretiminde kullanımı endikedir. Derin kapanış vakaları, yetersiz oklüzal mesafe, kanatlı köprü protezi tasarımları ve brüksizm gibi parafonksiyonel alışkanlıkları olan bireylerde bu restorasyonların uygulanması kontrendikedir.¹³

Son yıllarda monolitik zirkonya seramik restorasyonlar, özellikle çiğneme kuvvetlerinin fazla olduğu arka grup dişlerde kullanılmak üzere tanıtılmıştır. Böylece, zirkonya altyapılı restorasyonlarda sıklıkla görülen ve porselen atması (chipping) olarak adlandırılan klinik başarısızlığın önüne geçilmesi amaçlanmıştır.¹⁵ Monolitik zirkonya yapısındaki alümina içeriği %0,1'e kadar indirilmiş ve baskı dayanımının da 1.000-1.500 MPa arasında değişebileceği belirtilmiştir. **Lava all-Zirconia** (3M ESPE, Seefeld, Almanya), **Zircon Zahn** (ZIRCON-ZAHN GMBH, Bruneck, İtalya) ve **BruxZir Solid Zirconia** (Gildewell laboratories, California, ABD)

monolitik zirkonya restorasyonların üretiminde kullanılmak üzere piyasaya sunulmuş olan bloklardır. Monolitik zirkonya restorasyonlarının, yetersiz oklüzal mesafe ve brüksizm gibi parafonksiyonel alışkanlıkları olan bireylerde de arka bölge kuron protezlerinin yapımında kullanılabileceği bildirilmiştir. Ancak, zirkonyanın beyaz opak bir materyal oluşu ve yetersiz estetik özellikleri nedeni ile kullanımının arka bölge kuron protezleriyle sınırlandırıldığı da bildirilmiştir.^{16,17}

Zirkonya ile güçlendirilmiş seramikler

Zirkonya ile güçlendirilmiş seramikler lityum silikat seramiklerdir. Cam seramiğin ağırlıkça yaklaşık %10 oranında zirkonya ile zenginleştirilmesiyle ilk zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat seramik (ZLS) üretimi gerçekleştirilmiştir. Yeni geliştirilen bu seramik materyal, küçük tanecek boyutu ve homojen bir mikro yapıya sahip olması ile avantaj sağlamaktadır. Diğer cam seramik materyallerden ayrılan en önemli özelliği mekanik direncidir.¹⁷

Günümüzde CAD/CAM sistemlerinde kullanılmak üzere tanıtılan **Vita Suprinity** (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) ve **Celtra DeguDent** (DeguDent, Hanau, Almanya) zirkonya ile güçlendirilmiş seramik bloklara örnektir. Yeni geliştirilen bu monolitik CAD/CAM materyallerinin inley, onley, laminate veneer, ön-arka bölge ve implant destekli kuron protezleri üretiminde kullanımı endikedir.¹⁶

Kompozit Reçine Materyaller

Günümüzde, CAD/CAM teknolojisindeki gelişmeler diş hekimliğinde yeni materyallerin kullanımına olanak sağlamıştır. Aynı zamanda CAD/CAM materyallerinin biyomekanik özelliklerini geliştirmek amacıyla pek çok araştırma yapılmış ve yeni jenerasyon frezelenen kompozit reçine bloklar kullanıma sunulmuştur.¹⁸ Bu materyaller geçici ve daimi sabit protetik restorasyonların üretimi için kullanılmaktadır.

PARADIGM™ MZ 100

Paradigm™ MZ 100 (3M/ESPE, Saint Paul, MN, ABD) bloklar kimyasal olarak; Bis-GMA ve

TEGDMA organik matrisinden oluşan, ortalama tanecek büyüklüğü 0,6 µm olan, ağırlıkça %85 oranında inorganik zirkonya-silika seramik dolgu maddesi içeren kompozit reçine materyallerdir. 2000 yılında kullanıma sunulan bu materyal seramik bloklara alternatif olarak geliştirilmiştir. En önemli avantajı üstün freze edilebilme özelliği olarak belirtilmiştir.¹⁹ Buna karşılık doğal dişe benzer aşınma özelliği göstermektedir. Bu blokların inley, onley, laminate veneer ve kuron protezleri yapımında kullanımı endikedir. Elde edilen restorasyonların adezif olarak simante edilmesi önerilmektedir.^{18,20}

LAVA™ ULTIMATE

Lava™ Ultimate (3M ESPE, Seefeld, Almanya) bloklar nanoteknoloji ve seramiklerin buluşmasını temel alan, kompozit ve seramik materyallerin fiziksel ve estetik özelliklerini içeren reçine nanoseramik materyaller olarak tanıtılmıştır. İçeriğinde 20 nm çapında silika nanomerler ve 4-11 nm çapında zirkonya nanomerler bulunmaktadır. Blokların üretim aşamasında silan bağlantısının kullanılmasıyla reçine matris ve nanomer yapı arasında kimyasal bağlantı oluşturulmaktadır. Bu kimyasal bağlantı sonucu oluşan nanopartikül demetleri 0,6- 10 µm boyutundadır. Reçine matris içerisinde %80 oranda gömülü olarak bulunan bu seramik nanopartikül yapının materyale yüksek kırılma ve aşınma dayanıklılığı sağladığı ifade edilmektedir. Üretim sırasında bloklar saatler süren ısısal işleme maruz bırakılmaktadır.²¹ Yarı sinterize seramik blokların aksine tam sinterize nanoseramik bloklar ilave ısı işlem gerektirmemesi yönüyle de avantaj sağlamaktadır.

Karşıt dişte cam seramiklerle karşılaştırıldığında daha az aşındırma yapması, glazür işlemine gerek olmaması, cila işlemlerinin kolaylıkla yapılabilmesi ve yüzey pürüzsüzlüğünü uzun süre koruması üretici firma tarafından bu materyalin en önemli avantajları olarak sunulmaktadır. Ayrıca, ışıkla polimerize olan kompozitler kullanılarak tamir veya ilave işlemleri de kolaylıkla yapılabilir.²¹ Lava™ Ultimate CAD/CAM blokların bükülme direncinin 200 MPa olduğu bildirilmiştir. Yüksek ve düşük translüsensiye sahip dörder renk

olmak üzere toplam sekiz renk olarak kullanıma sunulmuştur. Lava™ Ultimate blokların inley, onley, laminate veneer, kuron ve implant destekli kuron protezleri yapımında kullanımı endikedir. Elde edilen restorasyonların asitle pürüzlendirme yapılmadan adezif olarak simante edilmesi önerilmektedir.^{21,22}

Hibrid Seramikler

Enamic hibrid seramik (vita)

Yeni geliştirilen bir CAD/CAM materyali olan hibrid seramiklerin; tam seramik materyaller ile kompozit materyallerin pozitif özelliklerini bir araya getiren bir malzeme olduğu ifade edilmektedir. Vita Zahnfabrik, 2013 yılında ilk hibrid seramik CAD/CAM materyali olan **Vita Enamic** (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) blokları tanıtmıştır.²³

Hibrid seramik; yapısal olarak sinterlenmiş seramik bir matris içerisindeki boşluklara infiltre edilen polimerden oluşmaktadır. Materyal içerisindeki inorganik seramik kütle oranı %86 iken, organik polimer kısmın %14'lük bir orana sahip olduğu bildirilmektedir. Hibrid materyalin; ilk olarak boşluklu seramik bir altyapıya monomer (UDMA, TEGDMA) karışımının infiltrasyonu, ardından da polimerize edilmesiyle üretildiği belirtilmektedir.²⁴ Frezeleme işleminin ardından bu bloklar için özel olarak geliştirilen parlatma setleri ile bitim işlemlerinin tamamlanması önerilmektedir. Hibrid seramik blokların; inley, onley, bölümlü kuron ve tam kuron protezlerinin yapımında kullanımı endikedir. Elde edilen restorasyonların 60 saniye süresince hidroflorik asitle pürüzlendirilip silan uygulandıktan sonra adezif olarak simante edilmesi önerilmektedir.^{23,24}

İKİ AŞAMALI RESTORASYON ÜRETİMİNDE KULLANILAN ALTYAPI MATERYALLERİ

Seramik; sert, katı ve aynı zamanda kırılğan bir materyaldir. Diş hekimliğinde kullanımının esas nedeni doğal diş yapısını taklit edebilen yüksek estetik özelliklere sahip olmasıdır. Sahip olduğu üstün optik özelliklere rağmen seramik materyalinin kırılğanlığı güçlü bir altyapıyla desteklenme-

sini gerektirmiştir. Altyapı üretimi için kullanılan bu yüksek dayanımlı seramikler oldukça opaktır ve doğala yakın estetik bir diş görünümü elde etmek için üstyapı seramikleriyle kaplanması gerekmektedir.

Polikristalin Seramikler

Polikristalin seramikler cam içermezler. Atomları düzgün kristal düzeninde dizilmiştir ve bu dizilim çatlak ilerlemesinde de önemli rol oynamaktadır. Bu seramiklerde çatlak ilerlemesi, az yoğun ve düzensiz atom ağına sahip olan camdan daha zor olmaktadır. Dolayısıyla polikristalin seramikler cam bazlı seramiklerden genel olarak daha dayanıklı ve sağlamdır. Polikristalin seramikler cam seramikler ile karşılaştırıldığında daha opak bir görünümde-dir; dolayısıyla bu kuvvetli malzemeler estetik bölgede tam kalınlık olarak kullanılamaz. Bu yüksek dayanıklılıktaki seramikler uygun estetiğin sağlanabilmesi için feldspatik cam seramikler ile kaplanarak kullanılmaktadırlar.²⁵

Alümina Esaslı Seramikler

İlk kez 1989 yılında üretilen **In-Ceram Alumina** (Vita, Bad Säckingen, Almanya), yüksek oranda sinterlenmiş poröz alümina altyapı materyaline, düşük viskoziteli sodyum lantanyum camın infiltrasyonu ile elde edilmiştir. **In-Ceram Spinell** (Vita, Bad Säckingen, Almanya) 1994 yılında opak altyapıya sahip In-Ceram Alumina'ya alternatif olarak üretilmiştir. Üretim teknikleri In-Ceram Alumina ile aynıdır. In-Ceram tekniğinde kullanılan alüminyum oksit yerine magnezyum alüminyum oksit ($MgAl_2O_4$) kullanılmaktadır. Sinterleme işleminden sonra "spinell" adı verilen gözenekli bir yapı oluşmaktadır. Bu yapıya daha sonra ışık geçirgenliği sağlayan cam infiltre edilmektedir. Eğme dayanımının In-Ceram Alumina'dan yaklaşık %25 daha düşük ve 283-377 MPa aralığında olduğu bildirilmiştir.^{26,27} Translüsantlığı ise iki kat daha fazladır. Işık geçirgenliğinin iyi olması sayesinde estetik beklentilerin fazla olduğu ön bölge restorasyonlarında endikasyonları mevcuttur.²⁸ **In-Ceram Zirconia** (Vita, Bad Säckingen, Almanya), In-Ceram Alumina'nın bir modifikasyonudur. %65 cam infiltre alumina ve %35 sinterlenmemiş

zirkonya içermektedir. Altyapı üretimi geleneksel “slip-cast” tekniği ya da sinterlenmemiş prefabrike bloklardan aşındırma tekniği ile yapılmaktadır. Altyapının yüksek opasitesi, uygulamaları sadece arka bölge köprü protezleriyle sınırlandırmaktadır.²⁷

Zirkonya Esaslı Seramikler

CAD/CAM teknolojisiyle hazırlanan yüksek dayanımlı zirkonya altyapıların dezavantajı üst yapı seramikleriyle kaplanma gerekliliğidir. Zirkonya altyapılı restorasyonlarla ilgili yapılan araştırmalarda en sık görülen başarısızlık nedeni de bu üst yapı seramiğinin atması (chipping) olarak bildirilmiştir.²⁹⁻³¹

CAD/CAM teknolojisi yardımıyla zirkonya (Y-TZP) altyapıların üretiminde kullanılabilecek olan bloklara; **Lava Frame** (3M ESPE), **Everest ZS** ve **ZH** (KaVo), **In-Ceram YZ** (VITA), **Zerion** (Straumann) ve **Cercon Smart Ceramics** (DeguDent) örnek olarak verilebilmektedir.^{32,33}

Metal Seramikler

Metal seramikler sahip olduğu üstün mekanik özellikler ve sağladığı estetik sonuçlar nedeni ile uzun

yıllar protetik diş tedavisinde altın standart olarak görülmüştür. Kıymetli metal alaşımlar kullanılarak üretilen metal seramik restorasyonların yüksek klinik başarısına rağmen, bütün dünyada artan altın fiyatları nedeni ile araştırmacılar daha ekonomik olan alternatifler bulmaya yönelmiştir. Titanyum alaşımları; düşük maliyeti, mükemmel biyouyumluluğu, yüksek korozyon direnci ve yeterli mekanik özellikleri nedeni ile kıymetli metal alaşımlara bir alternatif olarak geliştirilmiştir.^{34,35}

SONUÇ

Son yıllarda, CAD/CAM teknolojisinde yaşanan gelişmeler ile birlikte laboratuvar ortamında titanyum bloklar kullanılarak kuron ve köprü protezleri için altyapı üretilmesi mümkün hâle gelmiştir (Procera Teknik).³⁶

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması veya finansal destek bildirmemiştir.

Yazar Katkıları

Çalışma hazırlanırken tüm yazarlar eşit katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

1. Tinschert J, Natt G, Hassenpflug S, Spiekermann H. Status of current CAD/CAM technology in dental medicine. *Int J Comput Dent* 2004;7(1):25-45.
2. Young JM, Altschuler BR. Laser holography in dentistry. *J Prosthet Dent* 1977;38(2):216-25.
3. Duret F, Blouin JL, Duret B. CAD-CAM in dentistry. *J Am Dent Assoc* 1988;117(6):715-20.
4. Mörmann WH, Bindl A. All-ceramic, chair-side computer-aided design/computer-aided machining restorations. *Dent Clin North Am* 2002;46(2):405-26.
5. Liu PR. A panorama of dental CAD/CAM restorative systems. *Compend Contin Educ Dent* 2005;26(7):507-12.
6. Fischer H, Marx R. Fracture toughness of dental ceramics: comparison of bending and indentation method. *Dent Mater* 2002;18(1):12-9.
7. Otto T, De Nisco S. Computer-aided direct ceramic restorations: a 10-year prospective clinical study of Cerec CAD/CAM inlays and onlays. *Int J Prosthodont* 2002;15(2):122-8.
8. Pjetursson BE, Sailer I, Zwahlen M, Hämmerle CH. A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part I: Single crowns. *Clin Oral Implants Res* 2007;18 Suppl 3):73-85.
9. Conrad HJ, Seong WJ, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2007;98(5):389-404.
10. Fasbinder DJ. Restorative material options for CAD/CAM restorations. *Compend Contin Educ Dent* 2002;23(10):911-6.
11. Reich S, Fischer S, Sobotta B, Klapper HU, Gozdowski S. A preliminary study on the short-term efficacy of chairside computer-aided design/computer-assisted manufacturing-generated posterior lithium disilicate crowns. *Int J Prosthodont* 2010;23(3):214-6.
12. Fasbinder DJ, Dennison JB, Heys D, Neiva G. A clinical evaluation of chairside lithium disilicate CAD/CAM crowns: a two-year report. *J Am Dent Assoc* 2010;(141 Suppl 2):10S-4S.
13. Vagkopoulou T, Koutayas SO, Koidis P, Strub JR. Zirconia in dentistry: Part 1. Discovering the nature of an upcoming bioceramic. *Eur J Esthet Dent* 2009;4(2):130-51.
14. Suttor D, Bunke K, Hoescheler S, Hauptmann H, Hertlein G. LAVA--the system for all-ceramic ZrO2 crown and bridge frameworks. *Int J Comput Dent* 2001;4(3):195-206.
15. Holt LR, Boksman L. Monolithic zirconia: minimizing adjustments. *Dent Today* 2012;31(12):78-80.
16. Griffin JD Jr. Tooth in a bag: same-day monolithic zirconia crown. *Dent Today* 2013;32(1):126-31.
17. Preis V, Weiser F, Handel G, Rosentritt M. Wear performance of monolithic dental ceramics with different surface treatments. *Quintessence Int* 2013;44(5):393-405.

18. Kunzelmann KH, Jelen B, Mehl A, Hickel R. Wear evaluation of MZ100 compared to ceramic CAD/CAM materials. *Int J Comput Dent* 2001;4(3):171-84.
19. Rusin RP. Properties and applications of a new composite block for CAD/CAM. *Compend Contin Educ Dent* 2001;22(6 Suppl): 35-41.
20. Fasbinder DJ. Digital dentistry: innovation for restorative treatment. *Compend Contin Educ Dent* 2010;31(4):2-11.
21. 3M ESPE. Lava Ultimate CAD/CAM Restorative Technical and Scientific Product Profile. St. Paul: 3M Espe Dental Products; 2011. p.5-24.
22. Rusin RP, Häberlein I, Schmid B, Stöger H, Hauke M, Brown AM. Plaque growth and activity on a resin nanoceramic CAD/CAM material. *Dent Mater* 2013;29(1):24-5.
23. VITA. VITA Enamic CAD/CAM Restorative Technical and Scientific Documentation. Zahnfabrik, Bad Sackingen: VITA Dental Products; 2013. p.3-14.
24. Nguyen JF, Ruse D, Phan AC, Sadoun MJ. High-temperature-pressure polymerized resin-infiltrated ceramic networks. *J Dent Res* 2014;93(1):62-7.
25. Kelly JR, Benetti P. Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. *Aust Dent J* 2011;(56 Suppl 1):84-96.
26. Magne P, Belser U. Esthetic improvements and in vitro testing of In-Ceram Alumina and Spinell ceramic. *Int J Prosthodont* 1997;10(5): 459-66.
27. Schweiger M, Höland W, Frank M, Drescher H, Rheinberger VM. IPS Empress 2, a new pressable high-strength glass-ceramic for esthetic all-ceramic restorations. *Quint Dent Technol* 1999;22:143-51.
28. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. *J Prosthet Dent* 2002; 88(1):4-9.
29. Sailer I, Fehér A, Filser F, Gauckler LJ, Lüthy H, Hämmerle CH. Five-year clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 2007;20(4):383-8.
30. Beuer F, Edelhoff D, Gernet W, Sorensen JA. Three-year clinical prospective evaluation of zirconia-based posterior fixed dental prostheses (FDPs). *Clin Oral Investig* 2009;13(4):445-51.
31. Guess PC, Zavanelli RA, Silva NR, Bonfante EA, Coelho PG, Thompson VP. Monolithic CAD/CAM lithium disilicate versus veneered Y-TZP crowns: comparison of failure modes and reliability after fatigue. *Int J Prosthodont* 2010;23(5):434-42.
32. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J* 2008;204(9):505-11.
33. Zarone F, Russo S, Sorrentino R. From porcelain-fused-to-metal to zirconia: clinical and experimental considerations. *Dent Mater* 2011; 27(1):83-96.
34. Nakajima H, Okabe T. Titanium in dentistry: development and research in the U.S.A. *Dent Mater J* 1996;15(2):77-90.
35. Wang RR, Fenton A. Titanium for prosthodontic applications: a review of the literature. *Quintessence Int* 1996;27(6):401-8.
36. Turkyilmaz I, Corrigan CL. A custom-milled titanium complete-arch mandibular framework and a maxillary complete denture fabricated in 3 appointments: a dental technique. *Tex Dent J* 2012;129(7):695-701.