

Sabit Restorasyonlarda CAD/CAM Uygulamaları

CAD/CAM Applications in Fixed Restorations

***Dr. Bahadır ERSU, **Yrd.Doç.Dr Bulem YÜZÜGÜLLÜ, *Prof.Dr Şenay CANAY**

**Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı*

***Başkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı*

ÖZET

Günümüzde özellikle CAD/CAM (bilgisayar ile tasarım/bilgisayar ile üretim) teknolojisi üzerindeki gelişmeler belirgin derecede artmıştır. Son beş yılda dental pazara sunulan ürünlerin sayısında üç kat artış olmuştur. CAD/CAM üzerine geliştirilen en son yenilikler, dijital okumada, bilgisayar programlarında ve yazılımlarındaki gelişmeler, ve ayrıca yapılabilecek sabit restorasyon çeşitlerinin anlatıldığı bu derlemede, üretilen yeni materyaller ve uygulamalarındaki güncel gelişmeler değerlendirilmiştir. CAD/CAM teknolojisi maliyeti azaltmakta olup, biyouyumluluk, estetik ve fonksiyon açısından yeni geliştirilmiş yüksek kaliteli materyallerden restorasyon yapımına olanak tanımaktadır. Bu derlemenin amacı CAD/CAM teknolojisindeki yeniliklerin geniş bir yelpazede incelenmesidir.

ABSTRACT

Over the last years, developments in CAD/CAM (computer aided design/computer aided manufacture) technologies have increased widely. Number of products in the market have tripled within the last five years. Final innovations in CAD/CAM, developments in digitization, computer programmes and software, and fixed restoration choices have been presented, also new materials and current production trends have been evaluated. The new technologies provide lower cost, are biocompatible and present high quality restorations with good esthetics and function. The aim of the review is to evaluate new developments in CAD/CAM technologies in a wide spectrum.

ANAHTAR KELİMELER

CAD/CAM, tam seramik sistemleri, dijitalizasyon, protetik restorasyon, teknoloji

KEYWORDS

CAD/CAM, all-ceramic systems, digitizing, prosthetic restoration, technology

GİRİŞ

Bilgisayar ile tasarım üretim ve teknolojisi (computer aided design/computer aided manufature, CAD/CAM), 1980'lerden sonra diş hekimliğinde büyük gelişim göstermiştir^{1,2}. Günümüze kadar bu teknoloji iki yönlü olarak ilerlemiştir. Birincisi, prefabrik seramik bloklar kullanılarak bir aşamada restorasyon yapılmasına dayanan uygulamalar olup,¹ diğeri bu ilerlemeye paralel olarak, kullanılan materyallerin ve restorasyon çeşitliliğinin artmasına olanak tanıyan, CAD/CAM teknolojilerine yönelik üretim merkezleri ve dental laboratuvarların kurulmasıdır³.

Diş hekimliğinde uygulanan restorasyon üretiminin otomasyonundan beklenen hedefler; ticari olarak üretilen materyal blokları kullanılarak daha yüksek ve üniform kalitede restorasyonların elde edilmesi, restorasyon şekillendirme işleminin standardize edilmesi ve üretim maliyetinin düşürülmesi olmuştur³. Geleneksel restorasyonlar manuel olarak hazırlandığı için, kullanılan materyalin mekanik ve estetik özelliklerinin güvenilirliği etkilenebilmektedir⁴.

Bu çalışmada, sabit restorasyonlarda güncel CAD/CAM uygulamaları ve uygulama teknikleri, ve bu uygulamalarda kullanılan materyallerin, estetik özelliklerinin, marjinal uyumları ve klinik başarı oranlarının tartışılması hedeflenmektedir.

CAD/CAM-nerede ve nasıl uygulanır?

Günümüzde CAD/CAM sistemleri inley, onley, laminate veneer, bölümlü kron, tam kron ve köprü sistemleri^{3,5,6,7,8} hareketli bölümlü protezlerin iskelet yapıları⁹, implant cerrahisinde kullanılan stentlerin tasarlanıp üretilmesi¹⁰ gibi geniş bir endikasyon alanını kapsamaktadır. Bu sistemler maksillofasiyal protezlerin hazırlanmasında da kullanılmaktadır^{11,12,13}. CAD/CAM teknolojisi ayrıca implant destekli protezlerde dayanak¹⁴, kron-köprü ve hibrit protez alt yapı tasarımı ve üretiminde^{15,16} de uygulanmaktadır (Tablo I).

Verilerin toplanarak kaydedilmesi, geleneksel kurallara uygun olarak seçilen restorasyon tasarımının bilgisayar yardımı ile hazırlanması (CAD)

ve restorasyonun üretilmesi (CAM) olmak üzere tüm CAD/CAM sistemlerinin üç fonksiyonel bölümü bulunmaktadır³ (Şekil 1).

Verilerin toplanarak kaydedilmesi aşaması değişik CAD/CAM sistemlerine göre farklılıklar göstermektedir¹⁷. (Tablo II) CEREC sisteminde (CEREC 3D, Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Almanya) intraoral olarak dijital 3-boyutlu tarayıcı kullanılmaktadır³. CEREC 3 sistemi hasta başında tasarım ve üretim yapılabilen tek sistemdir^{4,18,19}. 4D Technologies (Richardson, Texas) tarafından henüz üretilmekte olan Evolution 4D sisteminde de intraoral olarak veri toplama özelliği bulunmaktadır. Genellikle diğer sistemlerde veriler, mekanik veya optik sayısallaştırıcılar (*digitizer*) kullanılarak model üzerinden elde edilmektedir^{3,19}.

Mekanik sayısallaştırıcı, tarayıcının diş ile receli olarak pozisyonunu koruyarak, prepare edilen diş yüzeyinin tamamının haritasını oluşturur. Bu tip sayısallaştırıcılar genellikle dişin silikon ölçüsü gibi kavite ve negatif yüzeylerden veri elde etmek için kullanılırlar. Ancak, tarama sırasında marjinal bölgelerde deformasyon görülebileceğinden, ekstraoral olarak model elde edilerek mekanik sayısallaştırıcıların kullanımı önerilmektedir. Küçük boyuttaki yapıların üretimi, tarayıcı ucun çapı ve tasarımıyla sınırlı kalabilmektedir.²⁰ Pek çok optik sayısallaştırıcı da harekete duyarlıdır. Bu nedenle optik tarayıcılar ile veri toplanırken, hastanın ufak bir hareketi hazırlanan restorasyonun yerine oturmasını engelleyebilmektedir. Hızlı ve yüksek çözünürlüğe sahip veriler elde edilmesine olanak tanırken; gölgelenme, ekstraoral optik sayısallaştırıcının dezavantajlarından. Genellikle veri toplamak için kullanılan tarayıcı, CAD/CAM sisteminin bir parçasıdır ve yalnızca uygun CAD yazılımı ile çalışmaktadır^{3,20}.

Bilgisayar ortamına kaydedilen veriler daha sonra bilgisayar yazılımı sayesinde noktacıklardan oluşan sanal modele dönüştürülmektedir. Restorasyonun tasarımı tamamlandıktan sonra CAD yazılımı, sanal modeli CAM ünitesini kon-

TABLO I

Farklı üreticilere ait CAD/CAM sistemlerinin endikasyon alanları

Bilgisayar Destekli Üretilen Seramik Restorasyon Sistemleri	İnley	Veneer	Onley / Kısmi Kron	Ünite Sayısı					Tam Kronlar	Oklüzal Yüzeyli Köprüler	İmplant Üst Yapıları	Diğer Özellikler
				Kron Alt Yapıları	3 üyeli	4 üyeli	4 üyeden fazla	14 üyeli				
3Shape Dental Designer 3Shape A/S (Kopenhag, Danimarka) www.3shape.com	x			x	x	x	x	x	x	x		
ADG - SW Automatic Denture Generation - System Weigl ADS Automatic Dental Solutions GmbH (Frankfurt a. M., Almanya) www.adg-sw.com				x	x	x			x	x		
Atlantis Zimmer Dental (Carlsbad, ABD) www.zimmerdental.com											x	
Bego Ceram BEGO (Bremen, Almanya) www.bego.com/html/d/a/begoceram.shtml				x	x							
Bego Medical Bego Medical (Bremen, Almanya) www.bego-medical.de	x			x	x							
CADCOM4 Schütz Dental (Rosbach, Almanya) www.schuetz-dental.de				x	x	x	x	x	x	x		
CentraDent CentraDent BV (Haarlem, Hollanda) www.CentraDent.nl	x	x	x	x	x	x	x	x			Kişisel Dayanak	Teleskop Kronlar, Maryland Köprü, İnley Köprüler
Cercon DeguDent (Hanau, Almanya) www.degudent.de				x	x	x						Primer Teleskop Kronlar, Sürgü sistemleri
Cerec Sirona Dental Systems (Bensheim, Almanya) www.sirona.de	x	x	x	x	x				x			Teleskop Kronlar

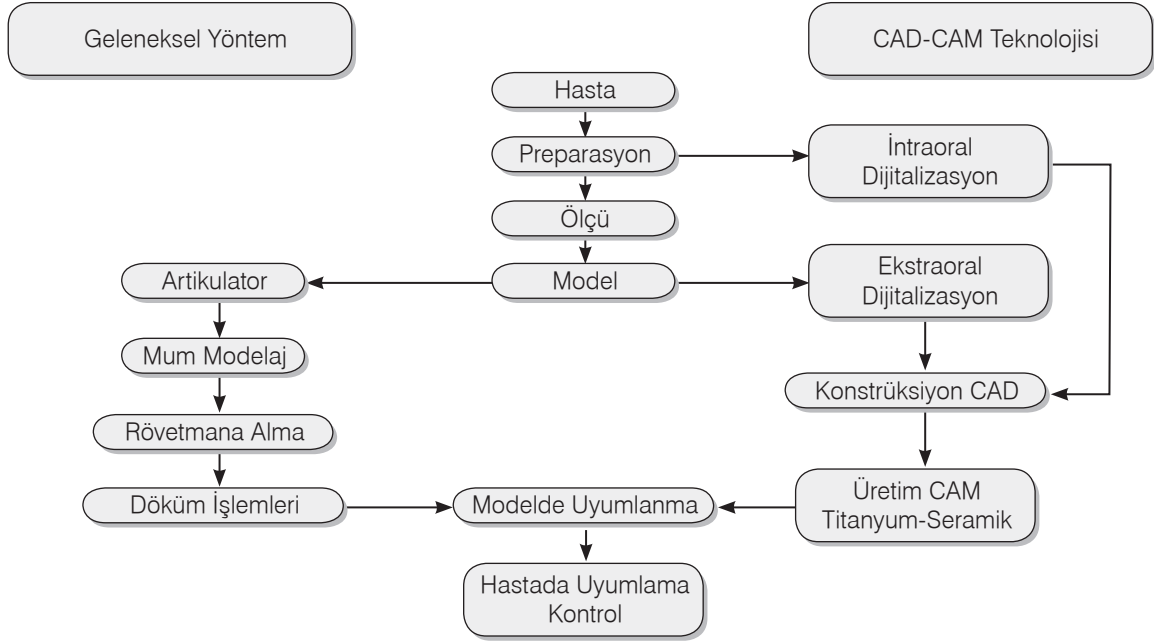
Cynovad Neo ^(TM) Cynovad (Saint-Laurent, Kanada) www.cynovad.com				x	x	x	x	x	x	x		6 üyeli ZrO ₂ Teleskop Kronlar
Cyrтина Oration B.V. (Zwaag, Hollanda) www.oratio.nl	x	x	x	x	x	x	x		x	x	Kişisel Dayanak	Cerrahi Stentler Maryland Köprü Dökülebilir Plastik Parçalar
DentaCAD Hint-Els GmbH (Griesheim, Almanya) www.hintel.de	x			x	x	x	x	x	x	x		Teleskop Kronlar
Diadem alkom digital (Luxemburg) www.alkom-digital.com			x	x	x	x	x				Kişisel Dayanak	İnley Köprü Maryland Köprü
Diener Scan Tec Diener AG Precision Machining (Embrach) www.dienerscantec.com	x			x	x	x						Maryland Köprü, Sürgü sistemleri, Post-kor yapılar
DigiDent DigiDent GmbH (Pforzheim, Almanya) www.digident-gmbh.com	x	x		x	x	x	x	x				
Etkon etkon AG (Gräfelfing, Almanya) www.etkon.de				x	x	x	x	x			Kişisel Dayanak	Teleskop Kronlar İnley Köprü Sürgü sistemleri
Everest KaVo (Leutkirch, Almanya) www.kavo-everest.de	x	x	x	x	x	x			x			
FreeForm® Modeling TM SensAble Technologies (Woburn, MA, ABD) www.sensable.com				x	x	x			x	x		Parçalı Köprüler Sürgü sistemleri Kroşe Uçları
GN1 GC Corp./ GC Germany (Tokyo, Japonya) www.gceurope.com	x								x			
Incise Renishaw PLC (Gloucestershire, İngiltere) www.renishaw.com												
infiniDent Sirona Dental Systems (Bensheim, Almanya) www.infiniDent.de				x	x	x						

Lava 3M Espe AG (Seefeld, Almanya/ABD) www.cms.3m.com				x	x	x						Teleskop Kronlar
Perfactory envisiontec (Gladbeck, Almanya) www.envisiontec.de				x					x			
Precident DCS (Allschwil) www.dcs-dental.com				x	x	x	x	x	x	x		Teleskop Kronlar Sürgü sistemleri
Premium-Dental-System i-mes Dentalsysteme (Eiterfeld, Almanya) www.i-mes.de												
Procera Nobel Biocare (Göteborg, İsveç) www.nobelbiocare.com		x		x	x	x					x	
RX-D ProMetal GmbH (Augsburg, Almanya) www.prometal.com				x	x							
TMS-200/220 TopDent Scanner Polytec GmbH (Waldbronn, Almanya) www.polytec.com												
Wol-Ceram WOL-Dent (Ludwigshafen, Almanya) www.wolceram.de				x	x	x					x	
XSM - 3d dental scanner xystum S.r.l. (Turin, İtalya) www.xystum.it												
Zeno Tec System Wieland Dental+Technik (Pforzheim, Almanya) www.wieland-international.com	x		x	x	x	x	x	x				

trol eden komutlar dizisine çevirmektedir³ (Resim 1–4).

Önceleri CAD/CAM sistemleri restorasyonun yalnızca prefabrik bloklardan frez, elmas veya elmas diskler kullanılarak frezelenmesi sayesinde üretilmesine olanak tanımaktaydı. ‘Eksiltme

yöntemi’ olarak adlandırılan bu teknikte istenilen şekle ulaşmak için blok materyalden eksiltme yapılmaktadır. Bu yöntem etkin olsa da, tipik bir dental restorasyon elde edebilmek için prefabrik blokların %90’ı uzaklaştırılmakta ve dolayısıyla boşa gitmektedir. Eksiltme yöntemi’ne alterna-



ŞEKİL 1

Geleneksel restorasyon yapım teknikleri ile CAD/CAM uygulamalarının karşılaştırılması

tif olarak günümüzde hızlı prototip üretimi gibi (üç boyutlu serbest-şekilli üretim/*solid free-form fabrication*) 'ekleme' yoluyla üretim sistemleri de bulunmaktadır. Seçici lazer sinterizasyonu, seramik veya metal restorasyonların üretimi için kullanılan yöntemlerden birisidir. (Medifactoring, Bego Medical AG, Bremen, Almanya; Hint Els, Griesheim, Almanya) Bu yöntemde, restorasyonun bilgisayar tasarımı, mevcut CAD/CAM sistemlerindeki kesme işlemine benzer bir işlem dizisi kullanılmaktadır. Ancak kesme işlemi yerine işlem dizisi sırasında, seramik veya metal toz havuzundaki materyal sürekli ilavelerle sinterize edilerek restorasyon tamamlanmaktadır. Böylece boşa harcanan, artık materyal kalmamaktadır³.

Bazı CAD/CAM sistemleri ekleme ve eksiltme yöntemlerini birlikte kullanmaktadırlar. Bu yöntemlerden birinde (Procera, Nobel Biocare, Göteburg, İsveç) prepare edilen dişin 3-boyutlu büyütülmüş metal dayı eksiltme yöntemiyle frezelenmektedir. Büyütülmüş day, final restorasyonun sinterizasyonundan sonra oluşacak büzülme için kompanze etmek için kullanılmaktadır. Kul-

lanılacak materyal metal day üzerine, toz halinde ve basınç ile ekleme yöntemiyle, büyük bir blok oluşturacak şekilde uygulanmaktadır. Daha sonra oluşturulan blok restorasyonun dış şeklini vermek üzere frezelenmektedir. Normalden büyük olarak hazırlanan restorasyon daydan uzaklaştırmakta ve normal boyutlarına gelmesi için yoğun olarak sinterize edilmektedir. Diğer bir kombine sistemde (Wol-Ceram, Wol-Dent, Ludwigshafen, Almanya) çamur şeklindeki alumina tozlarının direkt olarak ana modelde bulunan day üzerine ekleme yöntemiyle elektroforetik dispersiyon ile uygulanmaktadır. Marjinlerden taşan materyal teknisyen tarafından uzaklaştırıldıktan sonra, restorasyonun dış yüzeyi eksiltme yöntemiyle bilgisayar yardımıyla oluşturulmaktadır. Sonunda, teknisyen kopingi daydan uzaklaştırmakta ve cam infiltrasyon aşamasına geçilmektedir. 100 nanometreden küçük seramik partikülleri içeren saf alumina veya zirkonyum esaslı seramiklerden elde edilen koping ve köprü altyapılarını hazırlamak içinde ekleme yöntemi kullanılabilir. (ce.inovation, Inocermic, Hermsdorf, Almanya)

TABLO II

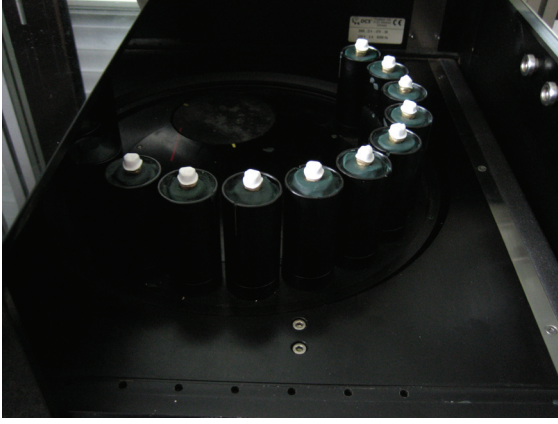
Farklı üretici firmaların tarayıcı özellikleri

CAD/CAM sistemi	Dijital Okuma			
	Mekanik	Optik		
		Extraoral	İntraoral	Işık Kaynağı
Lava®		+		Beyaz-Işık
Bego Medifactoring		+		Beyaz-Işık
ce. novation	+	+	+	Rasgele
Pro 50™, WaxPro™		+		Beyaz-Işık
DCS Precident®		+		Lazer
DECIM		+		Lazer
Cercon® smart ceramics		+		Lazer
Perfactory®	+	+	+	Görünür ışık
Etkon		+		Lazer
GN-I		+		Lazer
diGident		+		Beyaz-Işık
ZFN-Verfahren, Xawex Dentalsystem		+		Lazer
Everest®		+		Beyaz-Işık
CELAY®	Kopyalama			-
Procera®	+			-
Triclone 90	+			-
CEREC®		+	+	Beyaz-Işık
EDC®	-	+	-	Lazer
WOL-CERAM	-	+	-	Lazer
ATLANTİS	-	+	-	Lazer

Bu sistem üretim merkezinde bulunmaktadır ve üretim prensipleri henüz açıklanmamıştır. Farklı bir ekleme yöntemli hızlı prototipleme tekniği, 3-boyutlu baskı oluşturma, restorasyonun mum örneğinin tasarlanması ve baskılanması yoluyla da elde edilmektedir. (Pro 50 sisteminin WaxPro, Cynovad, Saint-Laurent, Quebec, Kanada) Bu sistemde alet inkjet yazıcı gibi çalışarak, sistem mum örneklerden altyapılar ve tam kronlar üretebilmektedir. Mum örnek daha sonra geleneksel manuel yöntemlere benzer şekilde dökülmektedir. Daha gelişmiş bir sistemde ise (Cynovad, Saint-Laurent, Kanada) mum yerine rezin materyaller de kullanılabilir³. Bu teknik pek çok CAD/CAM sisteminden daha kapsamlı olarak kulak protezlerinin yapımına da olanak sağlamaktadır²¹.

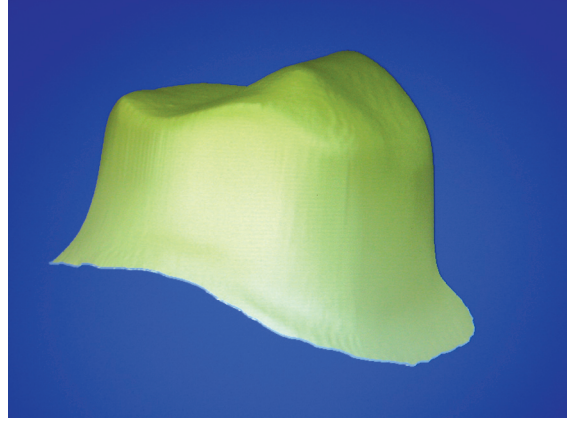
Restorasyon üretimi dışında CAD/CAM sistemleri dişhekimliğinde farklı alanlarda da kullanılmaktadır. Bu sistemlerden birisi (SL, Perfactory, Envisiontec GmbH, Gladbeck, Almanya) diğer bir ekleme yöntemi olan stereolitografi kullanarak akrilikten 3-boyutlu dental komponentler üretmektedir. Üç-boyutlu okluzal splintler ve benzer komponentler, selektif olarak görünür ışıkla katmanlar halinde akrilik monomer ile likitin birleşmesiyle oluşturulmaktadır³.

Ayrıca CAD/CAM sistemleri, dental implantların yerleştirilebilmesine yardımcı olan cerrahi stentlerin üretiminde²² (SurgiGuide, Materialise, Leuven, Belçika) ve implantların yerleştirilmesinden hemen sonra restorasyonların immedat olarak hazırlanabilmesine olanak tanıyan çalışma



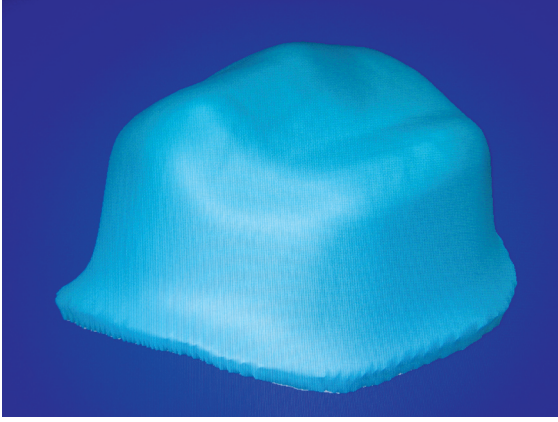
RESİM 1

Dayanak preparasyonların lazer okuyucu ile dijitalize edilmesi (Precident DCS sistemi)



RESİM 2

Bilgisayar yazılımı ile noktacıklardan oluşan sanal modelin oluşturulması (Precident DCS sistemi)



RESİM 3

Zirkonyum alt yapının bilgisayar üzerinde tasarlanması (CAD aşaması) (Precident DCS sistemi)



RESİM 4

Tasarlanan alt yapının üretilmesi (CAM aşaması) (Precident DCS sistemi)

modellerinin üretilmesinde³ kullanılabilmektedir. (Nobel Guide software, Nobel Biocare)²³ Her iki sistem de bilgisayarlı tomografiden elde edilen verileri kullanmaktadır.

CAD/CAM sistemlerinde kullanılan materyaller

CAD/CAM sistemlerinde seramikler, metal alaşımlar ve çeşitli kompozitler geniş bir materyal yelpazesini oluşturmaktadır. Genellikle kullanılan seramikler, alumina (daha sonra cam infiltrasyonuna izin verenler dahil), zirkonya ve porselen esaslı seramiklerdir^{3,6,18} (Tablo III).

Dental seramiklerle ilgili terminoloji birçok metinde farklılık göstermektedir. Bazı araştırmacılar 'seramik' terimini kullanırken diğer araştırmacılar 'dental porselen' terimini kullanmışlardır. Genelde 'seramik' terimi inorganik ametaller için kullanılan ortak bir terimdir²⁴.

Zirkonyum oksit seramikler, oksit seramiklerin en yüksek eğilme dayanıklılık değerleri ile karşılaştırılabilecek özelliklere sahiptir.²⁵ Bu seramiklerin içerisinde yüksek oranda ZrO_2 (zirkonyum oksit) partikülleri bulunmaktadır. Sinterizasyon sonucunda oda sıcaklığında kısmen stabil olan

TABLO III

Farklı üreticilere ait CAD/CAM sistemlerinde kullanılabilen materyaller

Bilgisayar Destekli Üretilen Seramik Restorasyon Sistemleri	Polimer Esaslı Materyal	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	Titanyum	Soy Olmayan Metaller	Soy Metaller	Silikat Seramik	ZrO ₂ - Pöröz	ZrO ₂ - Yan Sinterlenmiş	ZrO ₂ - Yoğun Sinterlenmiş	ZrO ₂ - Blok
3Shape Dental Designer											
ADG - SW Automatic Denture Generation - System Weigl											
Atlantis Zimmer Dental				x		x					x
Bego Ceram		x	x								
Bego Medical				x	x	x					
CADCOM4											
ce.novation		x	x								
CentraDent			x						x		
Cercon			x					x			
Cerec		x	x				x		x	x	x
Cynovad Neo (TM)	x	x	x	x					x		x
Cyrina	x		x						x		
DentaCAD	x		x	x	x			x	x		x
diadem		x	x						x		
Diener Scan Tec											
DigiDent		x	x	x			x	x	x		x
etkon	x	x	x	x	x				x		x
Everest	x		x	x			x		x	x	x
FreeForm® Modeling™											
GN-1	x	x	x	x			x	x	x		
Incise											
infiniDent		x	x		x	x	x	x	x	x	
Lava			x						x		
Perfactory	x										
Precident-DCS	x	x	x	x			x		x	x	x
Premium-Dental-System											
Procera		x	x	x						x	
RX-D					x	x					
TMS-200/220 TopDent Scanner											
Wol-Ceram		x						x			
XSM - 3d Dental Scanner											
Zeno Tec System	x	x	x	x	x				x		

tetragonal bir yapı oluştururlar. Oda sıcaklığında oluşan stabil yapının korunabilmesi amacıyla ZrO_2 içerisine, kısmen veya tam stabilizasyon sağlayan Y_2O_3 (itriyum oksit), MgO (magnezyum oksit), CaO (kalsiyum oksit) ve CeO_2 (seryum oksit) gibi farklı oksitler katılmaktadır²⁶. Tam stabilize edilmiş zirkonyum oksit seramiklerde daha fazla oksit katkısı bulunmasına rağmen, Y_2O_3 ile kısmen stabilize edilen zirkonyum oksitin mekanik özellikleri tam stabilize edilmiş zirkonyum oksitten üstündür. Bu üstünlük Y_2O_3 katkısından kaynaklanmaktadır²⁵.

Yoğun zirkonyumdan oluşan materyallerin tornalanması oldukça zordur. Bu nedenle eksiltme veya frezeleme yöntemini kullanan pek çok CAD/CAM sisteminde bu materyalin kısmen sinterize edilmiş hali kullanılmaktadır. Daha sonra restorasyonun dayanıklılığını artırmak için, restorasyon sinterizasyonunun tamamlanmasına yönelik ısı işleme tabi tutulmaktadır. Sinterizasyon işlemi, son sinterizasyon aşamasından önce rengin kişiye özel olarak uygulanmasına da olanak tanımaktadır. CAM sistemi, restorasyonun yoğunluğunu artırma sırasında oluşan 25-30% büzülmeyle kompanze etmek amacıyla, presinterize restorasyonun daha büyük hazırlanmasını sağlar^{3,27,28}. Pek çok sistemde kısmen sinterize edilmiş zirkonyum oksit kullanılırken, DCS sisteminde yoğun olarak sinterize edilmiş, itriyum ile sinterize edilen zirkonya (DC Zircon, Metoxit) seramikler de kullanılabilmektedir²⁷. Sinterlenen altyapı üzerine de firmaların ürettiği uygun fiziksel özellikli tabakalama porseleni uygulanmaktadır.

CEREC 3 ve CEREC InLab sistemlerinde feldspatik porselen olan Vitablocks Mark II (Vita Zahn-fabrik, Bad Sackingen, Almanya), ProCAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lichtenstein), In-Ceram Zirkonia bloklar (Vita Zahnfabrik) ve rezin esaslı kompozit olan Paradigm MZ100 (3M ESPE, St Paul, Minn) hazır bloklar kullanılmaktadır.^{4,29} Polimer esaslı materyaller intraoral uyumlama, parlatma, okluzal veya interproksimal bölgelere yapılabilen ilaveler açısından porselenlere göre avantajlı görünse de, düşük aşınma direnci

ve eğilme dayanıklılığı açısından dezavantajlıdır³⁰. Vitablocks Mark II konvansiyonel feldspatik porselenlere göre daha dayanıklıdır. ProCAD lösit kristalleri içermektedir ve özellikleri IPS Empress'e (Ivoclar Vivadent) benzemektedir. Paradigm MZ100 ise mikrometre ve sub-mikrometre zirkonya-silika doldurucuları içermektedir. Bu blokların monokromatik olmalarının estetiği etkilediği düşünülürse, alternatif olarak içinde değişen renk yoğunluklarında (3 renk) Vitablocks TriLuxe (Vita Zahn-fabrik) de kullanılabilmektedir^{4,18}.

Metalik malzemeler içerisinde özellikle titanyum üstün biyouyumluluk, korozyona direnç ve ince işlenebilirliği sayesinde en çok tercih edilen metal grubudur. Soy metallere oranla maliyetleri daha düşüktür. Döküm teknikleri ile yapılan geleneksel yöntemle karşılaştırıldığında, CAD/CAM sistemlerinde kullanılan tüm metal blok materyaller endüstriyel olarak üretildiği için malzemelerde pörözite boşlukları bulunmadığından dayanıklılıkları daha yüksektir ve malzemeler homojendir³¹.

Estetik

CAD/CAM sistemlerinde genellikle monolitik blok seramik (restorasyonun bütününe tek materyalden hazırlanması) veya metaller kullanılmaktadır³². Blok şeklinde kullanılan porselenlerin bir dezavantajı monokromatik olmalarıdır. Bu porselenlerden elde edilen restorasyonlara, geleneksel yöntemlerle benzer şekilde dış boyama ve glazür uygulanarak kişisel efektler kazandırılabilir⁴. Ayrıca, CAD/CAM sistemleriyle üretilen porselen veya titanyum altyapıların üzerine tabakalama tekniğiyle, uygun feldspatik porselen yığını da yapılabilmektedir³³. Herrguth ve ark.'larının³³ CAD/CAM sistemleriyle üretilen kronların renkleri üzerine yaptıkları çalışmanın sonuçlarına göre, porselen blokların kullanıldığı ve üzerine dış boyama yapılan kronların estetiğinin geleneksel tabakalama tekniği ile elde edilen kronların estetiğine benzer sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Reich ve Hornberger'e³⁴ göre de eksternal boyama yapılmayan, tornalanmış monokromatik blokların kullanımı sonucunda, özellikle

anterior bölgelerde estetiğin başarılı olmadığı vurgulanmıştır. Estetiği artırmak amacıyla, Vita In-Ceram YZ (itriyum ile stabilize zirkonyum) ve Lava sisteminde kullanılan seramik bloklarda, renklendirici solusyonlar kullanılarak internal boyama yapılabilir³⁵.

Restorasyonların internal ve marjinal uyumu

Sabit restorasyonların kalitesini belirleyen en önemli özelliklerden biri de internal ve marjinal uyumlarıdır^{36,37,38}. Restorasyonların fraktür riskini azaltmak için dayanıklı bir materyal seçiminin yanı sıra, diş ile uyumunun da optimum standartlarda olması gerekmektedir³⁹. Marjinal uyumsuzluklar; periodontal problemler, çürük oluşumu, plak tutulumu, yapıştırıcı simanın çözünmesi veya renk değiştirmesi gibi olumsuz faktörlere neden olabilmektedir⁴⁰. Ayrıca, aksiyel duvarlarda ve okluzal alanda oluşan uyumsuzluklar kırılmaya karşı direncin de azalmasına neden olabilmektedir⁴¹. Marjinal uyum değerlerinin sistemler arasında farklılık göstermesi, ölçüm teknikleri arasındaki farklara, CAD/CAM sisteminde direkt veya indirekt teknikle üretim yapılmasına, kullanılan materyalin özelliklerine, kullanılan porselenin sıkıştırılarak veya bloklar halinde kullanılmasına, fırınlanma ısılarına, dolayısıyla da büzülme veya deformasyon miktarlarına bağlı olabilmektedir⁴⁰.

Farklı basamak tasarımları üzerine hazırlanan CEREC 3 Paradigm MZ100 kompozit kronların marjinal uyumları, preparasyon tasarımı açısından fark göstermediği ve kabul edilebilir sınırlarda olduğu bildirilmiştir²⁹. Luthardt ve ark.'ları⁴² tarafından yapılan çalışmanın sonuçlarına göre CEREC 3 kullanılarak, indirekt yöntemle elde edilen kronların ortalama internal aralığının 242 ile 443 μm , direkt yöntemle elde edilen kronların aralığının ise 214 ile 494 μm arasında değiştiği bulunmuştur. Ayrıca bu değerlerin kullanılan porselene göre de değişebileceği bildirilmiştir.

Kron uyumunu inceleyen çalışmalar genellikle marjinal uyumlarıyla sınırlıdır⁴³. CAD/CAM tekniğinde marjinal uyum chamfer veya bevel bulunan basamak yüzeylerinin doğru olarak okunabilmesine dayanır⁸. Preparasyon sonrası dişin

yapısal bütünlüğü ile CAD/CAM sistemleri kullanılarak oluşturulmuş alt yapının marjinal uyumu, klinik olarak kabul edilebilen 80-100 μm 'un altında bir değere sahiptir^{40,44}. CAD/CAM ile oluşturulmuş alt yapıların marjinal uyumları, geleneksel metal destekli porselen restorasyonlar için bildirilen marjinal aralıktan daha düşüktür.⁴⁵ Nakamura ve ark.'ları³⁹ CEREC 3 ile hazırlanan kronların marjinal aralığının 67 μm 'dan az olduğunu tespit etmişlerdir. Denissen ve ark.'ları⁴⁶ tarafından yapılan bir araştırmanın sonuçlarına göre, CEREC 3 ile hazırlanan onleylelerin marjinal uyumlarının 85 μm olduğu, ve geleneksel yöntemlerle hazırlanan onleyledekine yakın olduğu bulunmuştur. Procera sistemi ile üretilen titanyum kronların marjinal uyumlarının 61 $\pm$ 37 μm olduğu⁴⁷, Procera AllCeram kronların marjinal uyumlarının ise premolar dişlerde ortalama 55 μm , molar dişlerde 63 $\pm$ 13 μm olduğu bildirilmiştir⁴⁸. Boening ve ark.'larının⁴⁹ klinik çalışmalarının sonuçlarına göre, Procera AllCeram kronların marjinal uyumlarının klinik olarak kabul edilebilir olduğu bildirilmiştir. Besimo ve ark.'larının⁵⁰ çalışmasında ise Precident DCS sistemi ile üretilen titanyum kronların marjinal uyumunun 21 $\pm$ 15 μm ile 82 $\pm$ 25 μm arasında değiştiği bulunmuştur. Bindl ve Mörmann'ın²⁷ yaptığı çalışmanın sonuçlarına göre de DCS sistemiyle, yoğun olarak sinterize edilen zirkonyum bloklardan elde edilen köprülerde marjinal uyumun (32 $\pm$ 14 μm), Tinschert ve ark.'ları⁵¹ tarafından DCS sistemiyle, In-Ceram zirkonya (61 $\pm$ 30 μm) ve yoğun olarak sinterize edilen zirkonyum bloklardan (67 $\pm$ 33 μm) elde edilen köprülerden daha düşük olduğu bildirilmiştir. Reich ve ark.'ları⁴⁰ tarafından 19 hasta üzerinde yapılan klinik çalışmanın sonuçlarında ise, üç üyeli köprülerin marjinal uyumları Digident için 92 $\pm$ 52 μm , Lava için 80 $\pm$ 50 μm , Cerec InLab için 77 $\pm$ 45 μm olarak bulunmuş ve gruplar arasında veya metal destekli porselen köprülerin marjinal uyumlarıyla aralarında fark bulunmamıştır. Bindl ve Mörmann'ın²⁷ çalışmalarının sonuçlarına göre, CAD/CAM sistemleriyle elde edilen sabit restorasyonların marjinal ve internal uyumları, geleneksel slip-casting yöntemiyle veya

Cercon gibi yalnızca CAM sistemiyle elde edilen restorasyonların uyumlarından daha iyidir. Bindl ve Mörmann'ın⁵² In-Ceram slip cast, Empress II, Cerec InLab, DCS, Decim ve Procera sistemleriyle hazırlanan tam seramik molar kronların marjinal uyumlarının konvansiyonel yöntemlerle elde edilen kronlarla benzer olduklarını bildirmişlerdir. Luthardt ve ark.'ları⁵³, marjinal uyumun daha iyi olabilmesi için manuel faktörler ve kişisel becerilerin daha az kullanıldığı CAD/CAM sistemlerinin gelişmesi gerekliliğini vurgulamışlardır.

Witkowski ve ark.'larının⁵⁴ CAD/CAM sistemleriyle üretilen titanyum kopinglerin marjinal uyumlarını değerlendirdikleri araştırmanın sonuçlarına göre, manuel uyumlamanın marjinal uyumu arttırdığı ve CAD/CAM sistemleriyle üretilen titanyum kopinglerin marjinal uyumlarının 120 µm'nin altında olduğu bildirilmiştir.

Klinik başarı

Sabit protetik restorasyonlar fonksiyon, fonasyon ve estetik gereksinimleri en üst düzeyde karşılayabilmelidir⁶. Sabit parsiyel protezler tasarlanırken, kullanılacak materyalin yanısıra, fonksiyon sırasında karşılaşılabilecek çiğneme kuvvetleri ve zamanla oluşabilecek yorulma da göz önüne alınmalıdır⁵⁵.

Yüksek dayanımlı oksit seramikler ile yapılan klinik çalışmalarda, başarı oranları %82,5-%100 olarak bildirilmiştir⁵⁵. Zirkonya içerikli köprü altyapıların, özellikle konnektör bölgelerinin tasarımlarının doğru yapılması durumunda, kullanım sürelerinin 20 seneden fazla olabileceği bildirilmiştir⁵⁶. Andersson ve ark.'ları⁵⁷ tarafından Cercon sistemiyle hazırlanmış 22 posterior tam seramik sabit parsiyel protezin bir senelik klinik takibi sonucunda, tüm protezler klinik fonksiyon, kırılma ve renk stabiliteleri bakımından başarılı bulunmuştur. Diş pozisyonu, kullanılan siman ve kor tasarımına bakılmaksızın Procera AllCeram kronların klinik başarıları, anterior bölgede %100, posterior bölgede %98,8 olarak bildirilmiştir⁵⁸. Ödman ve Andersson⁵⁹ tarafından 87 Procera AllCeram anterior ve posterior kron ile yapılan 5 ile 10 senelik takip çalışmasının sonucunda da

başarı oranları 5 sene için %97,7, 10 sene için %92,2 olarak kaydedilmiştir. Bu başarı oranları, metal destekli porselen kronlar için Walton⁶⁰ tarafından 5-10 sene klinik takip sonucu bildirilen %75 başarı oranı ile de uyumludur.

Posselt ve Kerschbaum'un⁶¹ 794 hastada yerleştirdiği CEREC 1 ve 2 sistemleriyle üretilen 2328 porselen inleyn başarıları 9 sene sonunda %95,5 olarak bildirilmiştir. Bu başarı geleneksel dökülebilir porselenler ile karşılaştırılabilecek ölçüdedir. IPS Empress inleylerin 5 sene sonundaki başarısızlığı %5,⁶² IPS Empress kronların 6 sene sonunda başarısızlığı ise %11,6⁶³ olarak bildirilmiştir. CEREC sistemleriyle hazırlanan restorasyonların başarı olasılıkları 5 sene için ortalama %97, 10 sene için de %90 olarak belirtilmiştir⁵. Sjögren ve ark.'larının⁷ çalışmalarının sonuçlarına göre ise 10 yıllık klinik takip sonucunda CEREC inleylerin başarısızlık oranı %1,1 olarak kaydedilmiştir. Ayrıca, Vita Mk I ile üretilen, 200 CEREC inley ve onley restorasyonun, 17 senelik klinik takibi sonucunda, Kaplan-Meier analizine göre başarı oranı %88,7 olarak bildirilmiştir⁶⁴. Bu başarı yüzdeleri, CAD/CAM sistemleri ile üretilen restorasyonların klinikte güvenle ve uzun süreler ile kullanılabileceğini göstermektedir.

Gelecekteki CAD/CAM sistemleri

Hiçbir otomasyon sistemi, geleneksel yöntemlerde uygulanabilen restorasyon ve materyal çeşitliliğindeki esnekliği sağlamamaktadır. Gelecekte intraoral olarak verilerin elde edilmesi önem kazanacaktır. Böylece ölçü ve alçı modelleri elimine edilebilecektir. Ayrıca, prepare edilen, komşu veya karşıt arkta bulunan dişler, tükürük ve yumuşak dokudan etkilenmeksizin, direkt olarak CAD/CAM sistemine aktarılabilirse, teknisyenin veya hekimin değerlendirmesine gerek kalmadan restorasyon hazırlanabilecektir. En büyük gelişimin CAM bölümünde olması, daha hızlı, ekonomik ve yüksek-uyumlu restorasyonların üretimini sağlayabilir. Mum örneklerin elimine edilmesine olanak tanıyan yeni sistemlerin geliştirilmesiyle de hata oranı azaltılabilecektir. Günümüzde kullanılan CAD/CAM sistemlerinin sınırlamaların-

TABLO IV

Kullanıcılar tarafından CAD/CAM sistemleri ile ilgili dikkate alınması gereken konular

Sistem Adı, Üretici	- Ürün adı, Firma adresi, - E-Mail, Web sitesi nedir?
Verilerin Kaydı (Okuma)	- İntraoral veya Extraoral - Mekanik veya Optik - Ölçüm güvenilirliği / Hata payı nedir? - Neleri okuyabiliyor (Day, Komşu diş, Antagonist, vb.) - Dış Merkezli veya Merkezli
Artikülasyon	- Bireysel hareketler kaydedilebilir mi? - Statik, Dinamik
Etkileşim	- İnsan- Makina- Etkileşim
Sistem Önerileri	- Oklüzal yüzey oluşturabilme - Altyapı Dizaynı, Altyapı Dayanıklılığı - Gövde (Konumu, Formu)
Endikasyonlar	- Hangi tip protezler için uygun?
Malzeme	- Polimer esaslı materyaller - Cam seramikler - Yüksek direnç Porselenleri - Metaller
Çalışma şekli	- Sinterizasyon - Cam infiltrasyonu - Glazür
Simantasyon	- Konvansiyonel - Adesiv
Yazılım	- Diğer komponentlerle uyumlu (Klinik ve laboratuvar arasında bağlantılı mı?)
Literatür	- Klinik araştırmalar yapılıyor mu? - Yayınlanmış çalışmalar var mı?
Maliyet	- Restorasyon - Sistem
Teknik Hizmet	- Yurt içinden hizmet veriliyor mu? - Yurt dışı destek mi gerekli ve maliyetleri?

dan birisi de estetik veneerlerin dayanıklı kor ve altyapılarla birleştirilememesidir. Dayanıklı korların üzerine tek aşamada CAM işleminde estetik bir yüzey eklenebilirse, restorasyonların estetiği de artırılabilir³. Tablo IV'te seçilecek CAD/CAM sisteminde nelere dikkat edilmesi ve hangi sorulara cevap aranması gerektiği belirtilmiştir.

SONUÇ

Mevcut CAD/CAM sistemleri, birbirinden farklı avantajlar sağlayan, ancak sınırlamaları da bulunan, değişik özelliklere sahiptir. Henüz hiçbir sistem geleneksel yöntemler ile elde edilen bir restorasyonu tam olarak üretme yetisi-ne sahip değildir. CAD/CAM sistemlerinin pek

çoğunda kullanılan materyallerin mekanik testleri, ısıl işlemler sonrasında oluşabilecek fiziksel değişiklikleri ve doğal dişler ile uyumlarını araştıran çalışmalar halen sınırlıdır. Gelecekte özellikle bu eksiklikleri gidermeyi amaçlayan çalışmaların yanı sıra, farklı CAD/CAM sistemlerin üretim tekniklerini, dijital okuyucularının ve tekrarlanabilen üretimlerin hassasiyetini araştıran in vitro çalışmalar ile bu sistemler ile hazırlanmış restorasyonların klinik takip çalışmaları planlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Mörmann WH. The origin of the Cerec method: a personal review of the first 5 years. *Int J Comput Dent* 2004; 7(1): 11-24.
- Leinfelder KF, Isenberg BP, Essig ME. A new method for generating ceramic restorations: A CAD/CAM system. *J Am Dent Assoc* 1989; 118: 703-707.
- Strub JR, Rekow ED, Witkowski S. Computer-aided design and fabrication of dental restorations: Current systems and future possibilities. *J Am Dent Assoc* 2006; 137(9): 1289-1296.
- Giordano R. Materials for chairside CAD/CAM-produced restorations. *J Am Dent Assoc* 2006; 137(9 Supplement): 14S-21S.
- Fasbinder DJ. Clinical performance of chairside CAD/CAM restorations. *J Am Dent Assoc* 2006; 137: 225-315.
- Raigrodski AJ. Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: a review of the literature. *J Prosthet Dent*. 2004 Dec;92(6):557-62.
- Sjögren G, Molin M, van Dijken JWV. A 10-year prospective evaluation of CAD/CAM-manufactured (Cerec) ceramic inlays cemented with a chemically cured or dual-cured resin composite. *Int J Prosthodont* 2004; 17: 241-246.
- Denissen HW, van der Zel JM, van Waas MAJ. Measurement of the marginal-coverage tooth preparations for CAD/CAM. *Int J Prosthodont* 1999; 12: 395-400.
- Williams RJ, Bibb R, Rafik T. A technique for fabricating patterns for removable partial denture frameworks using digitized casts and electronic surveying. *J Prosthet Dent* 2004; 91: 85-88.
- Marchack CB. CAD/CAM-guided implant surgery and fabrication of an immediately loaded prosthesis for a partially edentulous patient. *J Prosthet Dent* 2007; 97: 389-394.
- Williams RJ, Bibb R, Eggbeer D, Collis J. Use of CAD/CAM technology to fabricate a removable partial denture framework. *J Prosthet Dent* 2006; 96: 96-99.
- Bibb R, Bocca A, Evans P. An appropriate approach to computer aided design and manufacture of cranioplasty plates. *J Maxillofac Prosthet Technol* 2002; 5: 28-31.
- Chen LH, Tsutsumi S, Iizuka T. A CAD/CAM technique for fabricating facial prosthesis: A preliminary report. *Int J Prosthodont* 1997; 10: 467-472.
- Yüzügüllü B, Avcı M. The Implant-Abutment Interface of Alumina and Zirconia Abutments. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2008 Jan 24; [Epub ahead of print]
- Drago CJ, Peterson T. Treatment of an edentulous patient with CAD/CAM technology: A clinical report. *J Prosthodont* 2007; 16: 200-208.
- Kupeyan HK, Shaffner M, Armstrong J. Definitive CAD/CAM-guided prosthesis for immediate loading of bone-grafted maxilla: A case report. *Clin Implant Dent Relat Res* 2006; 8(3): 161-167.
- Witkowski S. (CAD)/CAM in dental technology. *Quintessence Dent Technol* 2005; 28: 169-184.
- Fasbinder DJ, Dennison JB, Heys DR, Lampe K. The clinical performance of CAD/CAM-generated composite inlays. *J Am Dent Assoc* 2005; 136: 1714-1723.
- Christensen GJ. Is now the time to purchase an in-office CAD/CAM device? *J Am Dent Assoc* 2006; 137: 235-238.
- Quaas S, Rudolph H, Luthardt RG. Direct mechanical data acquisition of dental impressions for the manufacturing of CAD/CAM restorations. *J Dent* 2007; 35: 903-908.
- Sykes LM, Parrott AM, Owen CP, Snaddon DR. Applications of rapid prototyping technology in maxillofacial prosthetics. *Int J Prosthodont* 2004; 17(4): 454-459.
- Sarment DP, Sukovic P, Clinthorne N. Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003; 18(4): 571-574.
- van Steenberghe D, Glauser R, Blomback U, et al. A computed tomographic scan-derived customized surgical template and fixed prosthesis for flapless surgery and immediate loading of implants in fully edentulous maxilla: a prospective study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2005; 7(supplement 1): S111-S120.
- Ersu B, Yenigül M, Tulunoğlu İ. In-Ceram tozunun koloidal alumina ile sinterize edilmesi sonucu dayanıklılığının incelenmesi. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Dergisi* 2007; 31(2): 71-78.
- Akagawa Y, Ichikawa Y, Nikai H, Tsuru H. Interface histology of unloaded and early loaded partially stabilized zirconia endosseous implant in initial bone healing. *J Prosthet Dent* 1993; 69: 599-604.
- Ardlin BI. Transformation-toughened zirconia for dental inlays, crowns and bridges: Chemical stability and effect of low-temperature aging on flexural strength and surface structure. *Dent Mater* 2002; 18: 590-5.
- Bindl A, Mörmann WH. Fit of all-ceramic posterior fixed partial denture frameworks in vitro. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2007; 27: 567-575.
- Filser F, Kocher P, Weibel F, Lüthy H., Schärer, P., Gauckler, L. Reliability and strength of all-ceramic dental restorations fabricated by direct ceramic machining (DCM). *Int J Comput Dent* 2001; 4: 89-106.
- Akbar JH, Petrie CS, Walker MP, Williams K, Eick JD. Marginal adaptation of Cerec 3 CAD/CAM composite crowns using two different finish line preparation designs. *J Prosthodont* 2006; 15: 155-163.
- Fasbinder DJ. Restorative material options for CAD/CAM restorations. *Compend Contin Educ Dent* 2002; 23: 911-916, 918, 920.
- ADA Council on Scientific Affairs. Titanium applications in dentistry. *J Amer Dent Assoc* 2003; 134: 347-349
- Bindl A, Lüthy H, Mörmann WH. Strength and fracture pattern of monolithic CAD/CAM-generated posterior crowns. *Dent Mater* 2006; 22: 29-36.

33. Herrguth M, Wichmann M, Reich S. The aesthetics of all-ceramic veneered and monolithic CAD/CAM crowns. *J Oral Rehabil* 2005; 32: 747-752.
34. Reich S, Hornberger H. The effect of multicolored machinable blocks on the esthetics of all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 2002; 88: 44-49.
35. Piwowarczyk A, Ottl P, Lauer HC, Kuretzky T. A clinical report and overview of scientific studies and clinical procedures conducted on the 3M ESPE Lava All-Ceramic System. *J Prosthodont* 2005;14(1): 39-45.
36. Oden A, Andersson M, Krystek-Ondracek I, Magnusson D. Five-year clinical evaluation of Procera AllCeram crowns. *J Prosthet Dent* 1998; 80: 450-456.
37. Besimo C, Jeger C, Guggenheim R. Marginal adaptation of titanium frameworks produced by CAD/CAM techniques. *Int J Prosthodont* 1997; 10: 541-546.
38. Canay RS, Hersek NE, Uzun G, Ercan MT. Autoradiographic determination of marginal leakage of a pressed glass ceramic inlay. *J Oral Rehabil*. 1997; 24(9): 705-708.
39. Nakamura T, Dei N, Kojima T, Wakabayashi K. Marginal and internal fit of CEREC 3 CAD/CAM all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 2003; 16: 244-248.
40. Reich S, Wichmann M, Nkenke E, Proeschel P. Clinical fit of all ceramic three-unit fixed partial dentures, generated with three different CAD/CAM systems. *Eur J Oral Sci* 2005; 113(2): 174-179.
41. Tuntiprawon M, Wilson PR. The effect of cement thickness on the fracture strength of all-ceramic crowns. *Aust Dent J* 1995; 40: 17-21.
42. Luthardt RG, Bornemann G, Lemelson S, Walter MH, Hüls A. An innovative method for evaluation of the 3-D internal fit of CAD/CAM crowns fabricated after direct optical versus indirect laser scan digitizing. *Int J Prosthodont* 2004; 17: 680-685.
43. Bindl A, Mörmann W. Clinical and SEM evaluation of all-ceramic chair-side CAD/CAM-generated partial crowns. *Eur J Oral Sci* 2003; 111: 163-169.
44. McLean JW, von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *Br Dent J* 1971; 13: 107-111.
45. Northeast SE, Van Noort R, Johnson A, Winstanley RB, White GE. Metal-ceramic bridges from commercial dental laboratories: Alloy composition, cost and quantity of fit. *Br Dent J* 1992; 172(5): 198-204.
46. Denissen H, Dozic A, van der Zel J, van Waas M. Marginal fit and short-term clinical performance of porcelain-veneered CICERO, CEREC, and Procera onlays. *J Prosthet Dent* 2000; 84: 506-513.
47. Karlsson S. The fit of Procera titanium crowns. An in vitro and clinical study. *Acta Odontol Scand* 1993; 51: 129-134.
48. May KB, Russell MM, Razzoog ME, Lang BR. Precision of fit: The Procera AllCeram crown. *J Prosthet Dent* 1998; 80: 394-404.
49. Boening KW, Wolf BH, Schmidt AE, Kastner K, Walter MH. Clinical fit of Procera AllCeram crowns. *J Prosthet Dent* 2000; 84: 419-424.
50. Besimo C, Jeger C, Guggenheim R. Marginal adaptation of titanium frameworks produced by CAD/CAM technologies. *Int J Prosthodont* 1997; 10: 541-546.
51. Tinschert J, Natt G, Mautsch W, Spiekermann H, Anusavice KJ. Marginal fit of alumina based fixed partial dentures produced by a CAD/CAM system. *Oper Dent* 2001; 26: 367-374.
52. Bindl A, Mörmann H. Marginal and internal fit of all-ceramic CAD/CAM crown-copings on chamfer preparations. *J Oral Rehabil* 2005; 32: 441-447.
53. Luthardt RG, Sandkuhl O, Herold V, Walter MH. Accuracy of mechanical digitizing with a CAD/CAM system for fixed restorations. *Int J Prosthodont* 2001; 14: 146-151.
54. Witkowski S, Komine F, Gerds T. Marginal accuracy of titanium copings fabricated by casting and CAD/CAM techniques. *J Prosthet Dent* 2006; 96: 47-52.
55. Larsson C, Holm L, Lövgren M, Kokubo Y, Steyern PV. Fracture strength of four-unit Y-TZP FPD cores designed with varying connector diameter. An in vitro study. *J Oral Rehabil* 2007; 34: 702-709.
56. Studart AR, Filser F, Kocher P, Luthy H, Gauckler IJ. Cyclic fatigue in water of veneer-framework composites for all-ceramic dental bridges. *Dent Mater* 2007; 23: 177-185.
57. Andersson M, Bergmann B, Bessing C, Ericson G, Lundquist P, Nilson H. Clinical results with titanium crowns fabricated with machine duplication and spark erosion. *Acta Odontol Scand* 1989; 47: 279-286.
58. Zitzmann NU, Galindo ML, Hagmann E, Marinello CP. Clinical evaluation of Procera AllCeram crowns in the anterior and posterior regions. *Int J Prosthodont* 2007; 20: 239-241.
59. Ödman P, Andersson B. Procera AllCeram crowns followed for 5 to 10,5 years: A prospective clinical study. *Int J Prosthodont* 2001; 14: 504-509.
60. Walton TR. A 10-year longitudinal study of fixed prosthodontics: Clinical characteristics and outcome of single-unit metal ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 1999; 12: 519-526.
61. Posselt A, Kerschbaum T. Longevity of 2328 chairside CEREC inlays and onlays. *Int J Comput Dent* 2003; 6: 231-248.
62. Studer S, Lehner C, Scharer P. Seven year results of leucite reinforced glass ceramic inlays and onlays. (abstract 1375) *J Dent Res* 1998; 77 (special issue): 803.
63. Lehner C, Studer S, Brodbeck U, Scharer P. Seven year results of leucite reinforced glass ceramic crowns. (abstract 1368) *J Dent Res* 1998; 77 (special issue): 802.
64. Otto T, Schneider D. Long-term clinical results of chairside Cerec CAD/CAM inlays and onlays: A case series. *Int J Prosthodont* 2008; 21: 53-59.

Geliş Tarihi : 06.05.2008
Kabul Tarihi : 30.06.2008

Received Date : 06 May 2008
Accepted Date : 30 June 2008

İLETİŞİM ADRESİ

Dr. Bahadır ERSU

Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı
Tel: +90 312 305 22 40 Faks: +90 312 311 37 41 E-mail: bersu@hacettepe.edu.tr