T.C.

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

ÜÇ FARKLI YAPIDAKİ CAD/CAM MATERYALLER İLE KOMPOZİT REZİNLER ARASINDA OLUŞTURULAN BAĞLANTININ İNCELENMESİ

Rümeysa ANGIN

UZMANLIK TEZİ

DOÇ. DR. Neslihan TEKÇE

KOCAELİ

2023

T.C.

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

ÜÇ FARKLI YAPIDAKİ CAD/CAM MATERYALLER İLE KOMPOZİT REZİNLER ARASINDA OLUŞTURULAN BAĞLANTININ İNCELENMESİ

Rümeysa ANGIN

UZMANLIK TEZİ

DOÇ. DR. Neslihan TEKÇE

KOCAELİ

2023

ÖZET

ÜÇ FARKLI YAPIDAKİ CAD/CAM MATERYALLER İLE KOMPOZİT REZİNLER ARASINDA OLUŞTURULAN BAĞLANTININ İNCELENMESİ

Amaç: Üç farklı yapıdaki CAD/CAM materyallerin (lityum disilikat ile güçlendirilmiş seramik, nanoseramik ve polimer infiltre seramik) tamirinde kullanılan akışkan veya tepilebilir bir kompozit rezin arasında oluşan bağlantı dayanımını değerlendirmektir.

Yöntem: IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), Cerasmart (GC CORPORATION, Tokyo, Japonya), Vita Enamic (Vita Zahnfabric, Bad Sackingen, Almanya) CAD/CAM materyallerden (7×7×2 mm) hazırlanan örnekler, otopolimerizan akrilik ile sabitlendi. Toplamda 60 adet örnek hazırlandı (n=10). Örneklerin yüzeyleri 600-1200 SIC zımparayla 60 sn zımparalandı. Örnek yüzeyleri yeşil kuşaklı elmas frezle 10 sn pürüzlendirildi. Örnekler önce IPS e.max CAD, Vita Enamic, Cerasmart olarak 3 gruba ayrıldı. Ayrılan her bir grup rezin türüne göre G-Aenial Posterior (GC CORPORATION, Tokyo, Japonya) ve G-Aenial Universal Flo (GC CORPORATION, Tokyo, Japonya) olarak 2 alt gruba ayrıldı. G-Aenial Posterior tepilebilir bir kompozittir. G-Aenial Universal Flo akışkan bir kompozittir. Tüm örnek yüzeylere silan olarak G-Multi Primer (GC CORPORATION, Tokyo, Japonya); bonding olarak G-2 Bond Universal (GC CORPORATION, Tokyo, Japonya) üretici firma doğrultusunda uygulandı. Örnek yüzeyinde bir kalıp kullanılarak tepilebilir kompozit ve akışkan kompozit ile tamir işlemi tamamlandı. Örneklere bağlanma dayanım testi yapıldı. Örnek yüzeyleri stereomikroskop altında bakılarak kırılma tipleri belirlendi. Başarısızlık tipleri adeziv, CAD/CAM koheziv, kompozit koheziv ve miks olarak sınıflandırıldı ve kaydedildi. Veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey HSD testi kullanılarak analiz edildi ($P < 0.05$). Kırılma tipleri Ki-kare testi kullanılarak değerlendirildi.

Bulgular: CAD/CAM materyaller arası kıyaslamada, Vita Enamic ve Cerasmart benzer MPa değerleri elde edildi, IPS e.max CAD ise diğer CAD/CAM materyallere göre daha düşük MPa değeri elde edildi. Cerasmart, IPS e.max CAD ve Vita Enamic materyallerinin tamirinde kullanılan G-Aenial Posterior ile G-Aenial Universal Flo kompozit rezin arasında benzer bağlanma değerleri tespit edildi. Kırılma tipi değerlendirilmesinde, IPS e.max CAD

materyalinde adeziv tipte kırılma, Vita Enamic ve Cerasmart materyalinde CAD/CAM koheziv tipte kırılma görüldü.

Sonuç: Tamir için kullanılan kompozit rezinlerin, rezin bazlı CAD/CAM materyallere bağlanması seramik yapıdaki CAD/CAM materyaline bağlanmadan daha iyidir. Rezin bazlı CAD/CAM materyallerin tamirinde tepilebilir kompozit veya akışkan kompozit kullanımı benzer sonuçlar gösterir.

Anahtar Kelimeler: CAD/CAM, tamir, kompozit rezin, bağlanma dayanımı

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE CONNECTION BETWEEN THREE DIFFERENT STRUCTURE CAD/CAM MATERIALS AND COMPOSITE RESINS

Objective: The aim is to evaluate the bond strength between a flowable or packable composite resin used in the repair of three different CAD/CAM materials (lithium disilicate reinforced ceramic, nanoceramic and polymer infiltrated ceramic).

Method: Samples prepared IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), Cerasmart (GC CORPORATION, Tokyo, Japan) and Vita Enamic (Vita Zahnfabric, Bad Sackingen, Germany) CAD/CAM materials (7×7×2 mm) were fixed with autopolymerizing acrylic. A total of 60 samples were prepared (n=10). The surfaces of the samples were sanded with 600-1200 SIC sandpaper for 60 seconds. The sample surfaces were roughened with a green belted diamond bur for 10 seconds. The samples were first divided into 3 groups as IPS e.max CAD, Vita Enamic and Cerasmart. Each separated group was divided into 2 subgroups as G-Aenial Posterior (GC CORPORATION, Tokyo, Japan) and G-Aenial Universal Flo (GC CORPORATION, Tokyo, Japan) according to the type of resin. G-Aenial Posterior is a packable composite. G-Aenial Universal Flo is a flowable composite. A silane G-Multi Primer (GC CORPORATION, Tokyo, Japan) and a bonding G-2 Bond Universal (GC CORPORATION, Tokyo, Japan) were applied to all sample surfaces at the manufacturer's recommendation. The repair process was completed with a packable composite and flowable composite using a mold on the sample surfaces. Bond strength test was performed on the samples. Fracture types were determined by looking at the sample surfaces under a stereomicroscope. Failure types were classified and recorded as adhesive, CAD/CAM cohesive, composite cohesive and mixed. Data were analyzed with one way Analysis of Variance (ANOVA) and Tukey HSD tests ($P < 0.05$). Fracture types were evaluated using the Chi-square test.

Result: In comparison between CAD/CAM materials; Vita Enamic and Cerasmart had similar MPa (N/mm2) values, but lower MPa (N/mm2) values for IPS e.max CAD than other CAD/CAM materials. Similar binding values were determined between G-Aenial Posterior and G-Aenial Universal Flo used in the repair of Cerasmart, IPS e.max CAD and Vita Enamic materials. In the evaluation of the fracture type; Adhesive type breakage was

observed in IPS e.max CAD material, CAD/CAM cohesive type breakage was observed in Vita Enamic and Cerasmart material.

Conclusions: The bonding of composite resins used for repair to resin-based CAD/CAM materials is better than bonding to ceramic CAD/CAM materials. The use of a touchable composite or flowable composite is similar in repairing resin-based CAD/CAM materials.

Keywords: CAD/CAM, repair, composite resin, bond strength

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca benden bilgi, tecrübe ve desteğini esirgemeyen, gösterdiği sabır ve hoşgörüyle mesleki anlamda ilerlememe yardımcı olan, uzmanlık tezimin hazırlanması sürecindeki katkı ve emeklerinden dolayı değerli danışman hocam Kocaeli Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Doç. Dr. Neslihan TEKÇE'ye,

Akademik katkılarıyla bana yol gösteren, uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve tecrübesiyle eğitimime katkı sağlayan Kocaeli Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı Başkanımız Prof. Dr. Haluk Emre ÖZEL'e,

Tezimin istatistik analizlerinin yapılmasında bana yardımcı olan Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik ve Tıp Bilişimi Anabilim Dalı Dr. Öğretim Üyesi Sayın Canan BAYDEMİR'e,

Birlikte çalışmaktan keyif aldığım, yardımlarını bir an olsun esirgemeyen bölüm arkadaşlarım Seval BAŞPINAR ALPER, Elif İlgi SANCAK, Elif Sevilay YILDIRIM ve Ahmet Fehmi ŞİRİN'e,

Bugünlere gelmemi sağlayan, her zaman bana güvenen ve destek olan annem Dilek ANGIN ve babam Muhammet ANGIN'a, hep yanımda olan kardeşim Hilal ANGIN'a, canım nişanlım Burhan ÖZTOPRAK'a ve arkadaşlarım Elif Nur ALTUN, Gamze Nur GÜNEY, Çağdaş CELEP, İrem KOCA'ya

Teşekkürlerimi sunarım.

ORJİNALLİK BİLDİRİMİ

Kocaeli Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bilim Uzmanlığı olarak hazırlayıp sunduğum "Üç Farklı Yapıdaki CAD/CAM Materyaller ile Kompozit Rezinler Arasında Oluşturulan Bağlantının İncelenmesi" başlıklı tezimde başka kaynaklardan yararlanılarak kullanılan yazı, bilgi, şekil, tablo ve diğer malzemeler kaynakları gösterilerek verilmiştir. Tezimde yer alan deneysel çalışmalar/araştırmalar bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yapılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususlar bir intihal programı (Turnitin vb.) kullanılarak test edilmiş olup, doğruluğunu beyan ederim.

/ /20

Rümeysa ANGIN

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... Error! Bookmark not defined.**iv**

ABSTRACT ..... Error! Bookmark not defined.**vi**

TEŞEKKÜR ..... Error! Bookmark not defined.**viii**

ORİJİNALLİK BİLDİRİMİ ..... Error! Bookmark not defined.**ix**

İÇİNDEKİLER ..... Error! Bookmark not defined.**x**

KISALTMA, SİMGE ve FORMÜLLER ..... Error! Bookmark not defined.**xii**

ŞEKİLLER ..... **xiiixiv**

TABLOLAR ..... **xivxv**

1. GİRİŞ ve AMAÇ ..... Error! Bookmark not defined.**1**

2. GENEL BİLGİLER ..... Error! Bookmark not defined.**3**

2.1. CAD/CAM ..... Error! Bookmark not defined.**3**

2.1.1. Tanımı ve Tarihçesi ..... **Error! Bookmark not defined.**3

2.1.2. CAD/CAM Sistemlerinin Bileşenleri ..... **Error! Bookmark not defined.**4

2.1.2.1. Tarayıcı/Scanner ..... **Error! Bookmark not defined.**4

2.1.2.2. CAD (bilgisayar destekli tasarım) ..... **Error! Bookmark not defined.**4

2.1.2.3. CAM (bilgisayar destekli üretim) ..... **Error! Bookmark not defined.**4

2.1.3. CAD/CAM Sistemlerinin Avantajları 5

2.1.4. CAD/CAM Sistemlerinin Dezavantajları ..... **Error! Bookmark not defined.**5

2.1.5. Çeşitli CAD/CAM Sistemler ..... ***Error! Bookmark not defined.****6*

2.1.5.1. CEREC Sistem ..... **Error! Bookmark not defined.**6

2.1.5.2. Procera All-Ceram Sistem ..... **Error! Bookmark not defined.**6

2.1.5.3. Cercon Sistem ..... **Error! Bookmark not defined.**6

2.1.5.4. Lava Sistem ..... **Error! Bookmark not defined.**7

2.1.5.5. CELAY Sistem ..... **Error! Bookmark not defined.**7

2.1.5.6. CICERO (computer integrated reconstruction) Sistem. **Error! Bookmark not defined.**7

2.1.6. CAD/CAM Sistemlerde Kullanılan Materyaller ..... **Error! Bookmark not defined.**7

2.1.6.1. Cam Seramik ..... **Error! Bookmark not defined.**8

2.1.6.1.1. Feldspatik Seramik ..... **Error! Bookmark not defined.**8

2.1.6.1.2. Lösit ile Güçlendirilmiş Cam Seramik……..…….....8

2.1.6.1.3. Lityum Disilikat ile Güçlendirilmiş Cam Seramik…….……9

2.1.6.2. Nanoseramik…….……9

2.1.6.1.3. Polimer İnfiltre Seramik ..... **Error! Bookmark not defined.**10

2.2. Kompozit Rezin Restorasyonlar ..... Error! Bookmark not defined.**10**

2.2.1. Kompozit Rezinlerin Yapısı ..... **Error! Bookmark not defined.**11

2.2.1.1. Organik Rezin Matriks ..... **Error! Bookmark not defined.**11

2.2.1.1.1. Monomerler ..... **Error! Bookmark not defined.**11

2.2.1.1.2. İnhibitörler ..... **Error! Bookmark not defined.**11

2.2.1.1.3. Polimerizasyon Başlatıcıları (iniatör/akseleratör) .... **Error! Bookmark not defined.**12

2.2.1.1.4. Ultraviyole (U.V.) Fotostalibilizatörler .. **Error! Bookmark not defined.**12

2.2.1.1.5. Renk Pigmentleri ..... **Error! Bookmark not defined.**12

2.2.1.2. İnorganik Doldurucular ..... **Error! Bookmark not defined.**12
2.2.1.3. Ara Bağlayıcılar ..... **Error! Bookmark not defined.**13
2.2.2. Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması ..... **Error! Bookmark not defined.**13

3. GEREÇ ve YÖNTEM ..... Error! Bookmark not defined.**15**

3.1. Çalışmada Kullanılan Materyaller ..... Error! Bookmark not defined.**15**

3.2. CAD/CAM Blokların Hazırlanması ..... Error! Bookmark not defined.**17**
3.2.1. Örneklerin Hazırlanması ..... **Error! Bookmark not defined.**17
3.2.2. Deney Gruplarının Oluşturulması ..... **Error! Bookmark not defined.**19

3.3. Örneklerin Bağlanma Değerlerinin Ölçülmesi .... Error! Bookmark not defined.**21**

3.4. Örnek Yüzeyinin Başarısızlık Tipinin Değerlendirilmesi..... Error! Bookmark not defined.**22**

3.5. Elde Edilen Sonuçların İstatistik Analizi ..... Error! Bookmark not defined.**22**

4. BULGULAR ..... Error! Bookmark not defined.**23**

5. TARTIŞMA..... Error! Bookmark not defined.**28**

6. SONUÇLAR..... Error! Bookmark not defined.**35**

7. KAYNAKLAR..... Error! Bookmark not defined.**36**

8. ÖZGEÇMİŞ ..... Error! Bookmark not defined.**46**

KISALTMA, SİMGE ve FORMÜLLER

Kısaltmalar

4-MET	**4-Metakriloksietil trimellitik asit**
Bis-DMA	Bisfenol A dimetakrilat
Bis-GMA	Bisfenol A Glisidil Metakrilat
Bis-MEPP	**2,2-Bis(4-metakriloksipolietoksifenil) propan**
CAD/CAM	Bilgisayar Destekli Tasarım/Bilgisayar Destekli Üretim
CEREC	Computer Assited Ceramic Reconstruction
Dk	Dakika
DMA	Dimetakrilat
EGDMA	Etilen glikol dimetakrilat
MDP	**10-metakriloiloksidesil dihidrojen fosfat**
MDTP	**10-metakriloiloksidesil dihidrojen tiyofosfat**
mm	Milimetre
mm^2	Milimetrekare
MMA	Metil metakrilat
Mpa	Megapaskal
HT	Yüksek Translusensi (Highly Translucency)
N	Newton
Nm	Nanometre
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
Sn	Saniye
TEGDMA	**Trietilen glikol dimetakrilat**
U.V	**Ultraviyole**
UDMA	Üretan dimetakrilat
μm	Mikrometre

Simgeler

°C	Santigrat derece
%	Yüzde

Formüller

Al_2O_3	Alüminyum Oksit
B_2O_3	Borik Oksit
CaO	Kalsiyum Oksit
K_2O	Potasyum Oksit
LiO	Lityum Oksit
Li2Si2O5	Lityum Disilikat
MgO	Magnezyum Oksit
Na_2O	Sodyum Oksit
P2O5	Fosfor Pentoksit
SiO_2	Silisyum Dioksit (silika)
ZrO_2	Zirkonyum dioksit

ŞEKİLLER

Şekil 3. 1. Düşük hız kesme cihazı Micracut 151 18
Şekil 3. 2. Porselen fırını Programat P300 18

TABLOLAR

Tablo 3. 1. Çalışmada kullanılan cihazlar 15
Tablo 3. 2. Çalışmada kullanılan materyaller 16
Tablo 3. 3. Çalışma Protokolleri 20
Tablo 4. 1. MPa değerleri (N/mm^2) (Medyan değer, %25-%75 persantil, ortalama ± standart sapma 24
Tablo 4. 2. Kırılma tipi yüzeyleri 26

1. GİRİŞ ve AMAÇ

CEREC (Computer Assisted Ceramic Reconstruction) sistemini, 1985 yılında Mörfmann ve Brandestini tanıtmasıyla CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manifacturing) teknoloji sistemi kullanıma başlamıştır (Duret, Blouin, and Duret 1988). Günümüz diş hekimliğinde, bilgisayar destekli tasarım ile bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM), sürekli kullanılan bir uygulama olmuştur (POLAT SAĞSÖZ et al. 2019). CAD/CAM teknolojisinde bir tarayıcı sayesinde ağız ortamının sanal olarak üç boyutlu hali dijital ortama aktarılabilmektedir. Üç boyutlu ağız tasarımı sayesinde fiziksel bir modele ihtiyaç duyulmadan frezleme tekniğiyle çeşitli restorasyonların üretimi yapılabilmektedir. Hekimler CAD/CAM ile geleneksel yönteme göre ölçü alma ve model elde etme, mum modelaj, döküm, fırınlama, geçici restorasyon yapımı ve seanslı provalar gibi zaman alan birçok işlemleri yapmamaktadırlar. Aynı zamanda CAD/CAM ile elde edilen restorasyonlar hastaya aynı seansta uygulanabilmektedir. Bu sayede hekimler zamandan tasarrufu sağlamış oldukları için CAD/CAM sistemi diş hekimliğinde popüler hale gelmiştir.

CAD/CAM sistemleri tarafından uygulanan dijital teknolojiyle ölçü alım aşaması ve üretimi hassastır, bu sayede yapılan restorasyonların kalitesi geleneksel yöntemlerle elde edilen restorasyonlara göre daha yüksektir (Alamoush et al. 2018). CAD/CAM ile restorasyonların hassas bir şekilde üretilmesi sebebiyle hata olasılığını ortadan kaldırılmıştır. Aynı zamanda indirekt restorasyonların klinik ortamında da üretimi yapıldığı için zamandan tasarruf ve kullanım kolaylığı getirmiştir. Diğer bir yandan, CAD/CAM sistemini kullanmak için özel bir eğitim gerekmesi, bu eğitimin zaman alması ve bu teknolojinin ekipman ve yazılım maliyetinin yüksek olması dezavantajlarıdır (Alghazzawi 2016; Baroudi and Ibraheem 2015).

Hekimler CAD/CAM sistemleri sayesinde madde kaybı fazla olan dişlerin tedavisinde (veneer, kron, inley-onley vb.) rahatlık sağlamıştır. Bu sistem sayesinde seramik bazlı ve kompozit bazlı birçok malzeme klinik kullanımda gittikçe yaygınlaşmıştır.

Restoratif materyaller olan CAD/CAM'ler temel olarak; polikristalin seramikler, cam seramikler ile rezin matriks sistemler şeklinde ayrılmıştır (Gracis et al. 2015). CAD/CAM ile inley-onley, veneer, sabit parsiyel protezler, gece koruyucuları, implant abuntmenleri gibi birçok ürün elde edilmesinin yanı sıra ortodontide de kullanılabilmektedir (Blatz and Conejo 2019).

CAD/CAM sistemle yapılan indirekt restorasyonlar klinik olarak üstün performans göstermesine rağmen zamana bağlı olarak kullanılan materyalin türüne göre restorasyon üzerinde kırık ve aşınmalar görülebilmektedir. İndirekt restorasyonların aşınma veya kırık sonucu tamiri, restorasyonun değiştirilmesi gibi maliyetli, zaman alan ve en önemlisi pulpada travma yaratabilecek işlem yerine daha konservatif, az maliyetli ve kolay bir işlem olarak bilinmektedir (Kimyai et al. 2015).

Konservatif bir yöntem olan indirekt restorasyonların tamiri, CAD/CAM materyallere yüzey işlemi uygulama sonrasında kompozit rezinle onarılması esasına dayanmaktadır. İndirekt restorasyon ve kompozit rezin arasında oluşan bağın bütünlüğünü koruması tamir işleminin başarısını göstermektedir. CAD/CAM materyali ve rezin kompozit arasındaki bu bağlantı mekanik ve/veya kimyasal olabilmektedir (Neis et al. 2015).

Çalışmamızda üç farklı yapıdaki CAD/CAM materyallerin (lityum disilikat ile güçlendirilmiş seramik, nanoseramik ve polimer infiltre seramik) tamirinde kullanılan akışkan veya tepilebilir bir kompozit rezin arasında oluşan bağlantı dayanımı makaslama test yöntemi ile ölçülmüştür.

Bu amaçla oluşturulan hipotezler;

CAD/CAM materyallerin tamirinde, akışkan kompozit rezin veya tepilebilir kompozit rezin kullanımının adherent dokunun lityum disilikat ile güçlendirilmiş seramik, nanoseramik veya polimer infiltre seramik yapıda olması, materyaller arasında oluşan bağlantıyı etkilemeyebilir.

Lityum disilikat ile güçlendirilmiş seramik, nanoseramik veya polimer infiltre seramik yapıdaki CAD/CAM materyallerin tamirinde tepilebilir kompozit veya akışkan kompozit kullanımı kopma türleri arasında fark oluşturmayabilir.

2. GENEL BİLGİLER

2. 1. CAD/CAM

2. 1. 1. Tanımı ve Tarihçesi

Bilgisayar destekli tasarım ile bilgisayar destekli üretim anlamına gelen "Computer Aided Design/Computer Aided Manifacturing" kelimelerin ilk harflerinin kısaltımı ile CAD/CAM oluşturulmuştur. Uçak ve otomotiv endüstrilerinde kullanılmak üzere 1960'larda geliştirilen CAD/CAM, on yılın sonunda ilk kez diş hekimliği alanında kullanılmaya başlanmıştır. Endüstride kullanılan CAD/CAM teknolojisini, 1971 yılında Francois Duret diş hekimliğine tanıtmıştır (Duret et al. 1988; Priest 2005).

Elektrik mühensidisi Dr. Marco Brandestini den optik tarayıcı fikrini alan Dr. Mörmann, CEREC olarak isimlendirdiği ilk ticari CAD/CAM sistemini geliştirmiştir (Mörmann 2006). Bu sayede hata başında ilk kez inley restorasyon 1985 yılında optik tarayıcılı freze cihazı kullanılarak elde edilmiştir (KARAALİOĞLU and DUYMUŞ 2008). Procera yöntemi (Nobel Procera, Nobel Biocare, Zürih, İsviçre) ise 1983'te Dr. Andersson tarafından geliştirilmiştir. Dr. Andersson, CAD/CAM ile kompozit veneer restorasyonları üreten ilk kişidir, ayrıca bu yöntem sayesinde yüksek hassasiyetli kronlar üretilebilmektedir (Andersson et al. 1996; Miyazaki et al. 2009).

Günümüzde CAD/CAM materyallerinin çeşitliliği artmasıyla beraber yaygın olarak kullanılan CAD/CAM sistemi ile dijital ölçü sayesinde ağız ortamı taranarak bilgisayar üzerinde restorasyon tasarımı yapılabilmekte ve laboratuvar aşaması olmadan kısa zamanda restorasyon elde edilebilmektedir.

CAD/CAM sistemi sayesinde birçok restoratif ürün elde edilmekte ve birçok diş hekimliği anabilim dalında aktif olarak kullanılmaktadır. CAD/CAM, inley-onley, veneer, kron restorasyonları, köprü restorasyonları, hareketli bölümlü protezlerin iskelet yapıları, maksillofasiyal protezler, implant abutmentleri, full-mouth rekonstrüksiyon ve ortodontide aktif olarak kullanılmaktadır (Beuer, Schweiger, and Edelhoff 2008; Davidowitz and Kotick 2011; Kupeyan, Shaffner, and Armstrong 2006; Marchack 2007).

2. 1. 2. CAD/CAM Sistemlerinin Bileşenleri

Tüm CAD/CAM sistem bileşenleri;

- Üç boyutlu yapıları sayısal veriye çevirerek bilgisayar ortama aktaran bir tarayıcı/scanner
- Elde edilen verileri yazılım sayesinde işleyerek yapılacak olan ürünün dijital ortamda oluşturulması (CAD)
- Üretilecek olan ürünün dijital oramdaki üç boyutlu halinin fiziksel ortamda bir ürün haline getirilmesi (CAM)

2. 1. 2. 1. Tarayıcı/Scanner

Tarayıcı/Scanner ölçü alma işlemi için kullanılarak preparasyonu bitmiş dişler, komşu-karşıt dişler, oklüzyon ilişkisi ile çevre yumuşak dokuları tarayarak dijital ortama aktarılmasını sağlamaktadır (Duret et al. 1988; Tinscherta et al. 2004). Ölçü almadan ve model elde etmeden küçük bir kamera ile ağız ortamının birebir taranması işlemine "direkt tarama", ölçü alındıktan sonra bir model elde edilmesi ve model üstünden yapılan bu tarama işlemine "indirekt tarama" denir (Hickel et al. 1997; Mehl and Hickel 1999).

2. 1. 2. 2. CAD (bilgisayar destekli tasarım)

Tarayıcı yardırmıyla elde edilen görüntüler bilgisayara aktarıldıktan sonra CAD yazılımında üç boyutlu dijital modeller elde edilmektedir (Hickel et al. 1997; Mehl and Hickel 1999). Üç boyutlu dijital modeller üstünde restorasyon dizayn tasarımı yapabilme özelliği mevcuttur. Dizayn tamamlanınca bir sonraki ünite olan CAM bölümüne aktarılır ve bu sayede restorasyon üretimine başlanılmaktadır (Uzun 2008).

2. 1. 2. 3. CAM (bilgisayar destekli üretim)

CAM ünitesi, CAD yazılımı tarafından gerçekleştirilen dijital tasarımı komutlarını alarak frezler yardımı ile restorasyonun oluşturulmasını sağlayan ünitedir.

İki çeşit üretim vardır bunlardan biri restorasyon üretimi aynı saat klinikte gerçekleşiyorsa "chair-side concept", diğer ise restorasyon üretimi bir laboratuvar ortamında gerçekleşiyorsa "lab-side concept" denilmektedir (Hickel et al. 1997; Mehl and Hickel 1999; Rekow 1991).

2. 1. 3. CAD/CAM Sistemlerinin Avantajları

- Geçici restorasyona gerek kalmadan CAD/CAM sistemler ile doğal diş görünümündeki restorasyonlar tek seansta elde edilebilmektedir. Busatede hekim ve hasta için en az zaman kaybıyla tedavi işlemi tamamlanır (Alghazzawi 2016; Davidowitz and Kotick 2011; Mörmann 2006).
- Laboratuvar işlemine gerek kalmadan üretim yapılabilir. Laboratuvar ücretleri azaltılması, diş hekimi için avantajdır (Christensen 2008).
- Yapılan restorasyonların kenar uyumu kusursuz oluğu için restorasyonların klinik ömrünün de uzun olduğu gösterilmiştir (Santos Jr et al. 2013).
- Geleneksel yöntemlere göre hata payı çok düşüktür (Santos Jr et al. 2013).
- Çapraz enfeksiyon riski bu sistem sayesinde düşmüştür (Duret and Preston 1991).
- Restorasyonlar dental laboratuvarlarda CAD sistemi sayesinde yapıldığından, teknisyenin iş yükü azalmaktadır (Feuerstein 2004).
- Alçı modelleri saklamak zordur. CAD/CAM ile ölçüler dijital olduğundan bilgisayarda saklanabilir (Birnbaum and Aaronson 2008; Davidowitz and Kotick 2011).

2. 1. 4. CAD/CAM sistemlerinin dezavantajları

- CAD/CAM için gereken yazılım ile ekipmanların ana maliyeti yüksektir (Christensen 2001).
- Piyasaya sürülen ilk bloklar monokromatik olduğundan dolayı estetik beklentiyi karşılayacak restorasyonlar yapılamamaktaydı. Günümüzde farklı renk içeren polikromatik bloklar üretilmeye başlanmıştır (Davidowitz and Kotick 2011).
- Restorasyon yapılacak dişin kaydının doğru alınabilmesi için iyi bir rektraksiyon ipi kullanarak restorasyon sınırlarını görünür hale gitirmek gerekmektedir. Bu sayede tarayıcı sistem doğru kayıt alabilmektedir.
- Hekimin CAD/CAM sistemini kullanabilmesi için bir eğitim alması, bu eğitime zaman harcaması ve yüksek miktarda sistem için para ödemesi gerekmektedir (Christensen 2001; Niu, Agustin, and Douglas 2014; Santos Jr et al. 2013; Siervo et al. 1992).

2. 1. 5. Çeşitli CAD/CAM Sistemler

2. 1. 5. 1. CEREC sistem

CEREC sistem, “ceramic reconstruction” kısaltmasıdır. CEREC sistem ilk geliştirilen CAD/CAM sistemidir. Dijital ölçü için tarayıcı ve restorasyonun elde eldilmesi için freze ünitesi birlikte çalışarak kısa sürede restorasyon elde edilebildiğinden, restorasyonun tek seansta hastaya uygulanmasını sağlar.

Tarayıcı ile restore edilecek diş, karşıt dişler ve çevre dokular kaydedilmektedir. Tarayıcı bu sistemde otomatik olarak görüntüleri kaydedebilmektedir. Bu sayede restore edilecek dişi üç boyutlu olarak dijital ortama taşımaktadır. Yazılım proramı sayesinde restorasyonun tasarımı çevre dişlerle uyumlu olacak şekilde tamamlanmaktadır. Dijital ortamda tamalanan restorasyon tasarımı onaylandıktan sonra freze ünitesinde seçilmiş olan seramik veya kompozit blok üzerine kazıma işlemi yapılarak restorasyon oluşturulmaktadır.

2. 1. 5. 2. Procera All-Ceram sistem

Procera All-Ceram sistem, farklı bir üretim tekmiği olarak 1994 yılında ticarileşmiştir (Bessing and Bergman 1992). Ölçü alınacak olan alanın tarayıcıya temas edilerek geleneksel döküm kalıpların dijital ortama aktarılmasından sonra tek veya çok üyeli restorasyonlar üretilebilmektedir (Persson, Andersson, and Bergman 1995). Elde edilen veriler ile alt yapı birimlerinin iç yüzeyi grafit elektrotla oluşturulur, bu alt yapının şekliyse CNC freze işlemiyle tamamlanır (Andersson et al. 1996). Refraktör day üstünde restorasyonlar yapılır (Fleming et al. 2005). Tek tek üretilmiş kopyalar bir lazer kaynağı ile birleştirilerek çok üyeli restorasyonlar elde edilebilir (Jemt 1996). Procera All-Ceram sistemi ile yapılmış restorasyonların bitiminde özel bir seramik veneer kiti kullanılması önerilebilir.

Geliştirilen Procera sistemi sayesinde zikonyum oksit seramiklerinde kullanılması sağlanmıştır. Zirkonyum oksit seramiklerin kullanılması ile hem doğal dişlerde hemde dental implantlarda, tek üyeli veya çok üyeli restorasyonlar gibi birçok protez çeşidi üretilmesi sağlanılmıştır (Kelly et al. 2012).

2. 1. 5. 3. Cercon sistem

Cercon da day model üzerinde bulunan mum model lazer tarayıcıyla taranarak dijital ortama aktarılır. Elde edilen veriler tasarlanarak restorasyonun son halini veren üniteye aktarılır ve bu sayede buraya gelen veriler sinterize zirkonyum bloklar kullanılarak alt yapı üretilmiş olur (Jemt 1996).

2. 1. 5. 4. Lava sistem

Lava Scanner optik tarayıcı ile model yüzeyinin dijital ölçüsü alındıktan sonra veriler Lava CAD Windows yazılımıyla bilgisayar ortamında işlenilerek tasarlanır. Tasarım CAD ünitesiyle oluşturulur. Bu sayede teknisyenin mum modelaj işlemine gerek kalmamaktadır.

Tasarlanan restorasyonun verileri, üretilmesi için CAD ünitesine aktarılır. Yüksek dayanıklı alt yapılar için presinterize zirkonyum bloklar kullanılır ardından bu alt yapı Lava Therm fırında yüksek derecede sinterize edilir ve restorasyonun üst porseleni ise Lava Ceram ile bitirilir (Palin and Burke 2005).

2. 1. 5. 5. CELAY sistem

Bu sistemde restorasyonlar kopyalama ve frezeleme (copy-milling) tekniği kullanılarak oluşturulur. Direk diş üzerinde ya da ana model üzerinde kompozit ile bir ön model oluşturulur ve seramik bloklar bu model üstünden şeklini almış olmaktadır (Eidenbenz, Lehner, and Schärer 1994). Restorasyon materyali olarak Vita Mark II, In ceram Alümina ve InCeram Spinell seramikleri kullanılmaktadır (Chai et al. 2000).

2. 1. 5. 6. CICERO (computer integrated reconstruction) sistem

Restorasyonların fonksiyonel olması için çenelerin üç boyutlu hareket yolları (laterotrusiv, protrusiv, mediotrusiv) belirlenmektedir (van der Zel 1993). Bu veriler 6 bağımsız koordinata denk gelir ve kayıt işlemleri yapılırken başın hareketleri sırasında baş-mandibula ilişkisi koordinatla ilişkilendirilmektedir. Bu veriler işlendikten sonrasında destekleyici olan kuspların koordinatları CAD ucuyla yazılım programına aktarılarak kaydedilmektedir (Gibbs et al. 1971).

2. 1. 6. CAD/CAM Sistemlerde Kullanılan Materyaller

CAD/CAM sistemlerinin gelişmesiyle birlikte birçok restoratif materyal çeşitleri de üretilmiştir. Hasta beklentisi, sosyoekonomik düzeyi, hekim endikasyonu gibi faktörler yardımıyla restoratif materyal seçimi yapılmaktadır. Restoratif materyaller şu şekilde sıralanmaktadır (Fasbinder 2010, 2012);

- Cam Seramik
- Feldspatik Seramikler
- Lösitle Güçlendirilmiş Cam Seramikler
- Lityum Disilikatla Güçlendirilmiş Cam Seramikler

- Kompozitler
- Sinterlenen Oksit Seramikler
- Alüminyum Oksit Seramikler
- Cam İnfiltre Seramikler
- Zirkonya ile Güçlendirilmiş Lityum Disilikat Seramik
- Zirkonyum Oksit Seramikler
- Nanoseramik
- Polimer İnfiltre Seramik
- Polimerler
- Metaller

2. 1. 6. 1. Cam seramik

2. 1. 6. 1. 1. Feldspatik seramik

Diş hekimliği sektöründe ilk kullanılan CAD\CAM bloklardır ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Otto and de Nisco 2002). Cam matriks içerisine homojen şekilde dağılmış yaklaşık 3-4 mikron boyutundaki partiküller bulunmaktadır.

Feldspatik bloklar üç farklı ayrılırlar. Bunlar monokromatik, dikromatik ve polikromatik şeklinde ayrılır. Polikromatik feldspatik bloklar farklı ışık geçirgenliğine sahip oldukları için doğal dişlere uygun estetik restorasyon yapılabilmektedir.

Feldspatik blokların cam matriks içerisindeki partikül miktarı %30'dur. Cam matriks oranının fazla olması sayesinde hidroflorik asit ile pürüzlendirilebilir ve cila işlemi de mekanik olarak yapılabilir.

2. 1. 6. 1. 2. Lösit ile güçlendirilmiş cam seramik

Lösitle güçlendirilmiş cam seramik bloklar aslında silisyum oksit (SiO_2), potasyum oksit (K_2O), alüminyum oksit (Al_2O_3)'dan oluşmaktadır (PROBSTER et al. 1997). Cam matrikse birçok fabrikasyon işlemi uygulaması ile lösit kristalizasyonu sağlanarak güçlendirilmiş bloklar elde edilmektedir. Bu işlem sayesinde sağlam bir yapı oluşturulur ve çatlakların büyümesi engellenir.

Silikat cam matriks hacminin yaklaşık %30-40 oranındaki bölümün de 1-5 mikron büyüklüğünde olan lösit kristal fazı bulunmaktadır (Kelly, Nishimura, and Campbell 1996). Bu %30-40 oranında bulunan lösit kristalleri sayesinde materyalin dayanıklılığı

artmaktadır. Materyalde bulunan lösit kristalleri, cam matriksten daha fazla bir genleşme katsayısına sahiptir, bu da seramiğin soğutulurken lösit kristalleri cam matriksten önce büzülmesine neden olur ve bu sayede cam matriksi kendilerine doğru çekerek yapı içerisinde iç basınç oluşturarak mikro çatlakların ilerlemesini durdurmaktadır (Tinschert et al. 2000).

Lösit ile güçlendirilmiş seramiklerin sağladığı birçok fiziksel özellikler doğal dişe benzemektedir.

2. 1. 6. 1. 3. Lityum disilikat ile güçlendirilmiş cam seramik

Lityum disilikatla güçlendirilmiş cam seramikler, lösit ile güçlendirilmiş olanlara göre daha fazla kristal bulundurmaktadırlar. Bir cam seramik fazı olan lityum disilikat ($Li_2Si_2O_5$) kristalleri materyal içindeki oranı arttıkça daha sıkı ve kenetli bir yapı oluşturarak feldspatik seramiklere göre daha yüksek kırılma direnci göstermektedirler (Pagniano et al. 2005). Yüksek bükülme dayanımına sahip bu materyal ile 3-4 üyeye kadar olan köprülerin üst yapılarında kullanılabilmektedir (Sannino et al. 2014).

Hacimsel olarak %40 yoğunluğa sahip IPS e.max CAD bloklar, lityum metasilikat kristalleri içermektedir. Bu blok mavi-menekşe renge sahiptir. CAD/CAM sistemlerinde kullanılan bu seramik blok parsiyel kristalize olarak üretilmiştir. Yumuşak fazda olan parsiyel kristalize bloklar sayesinde elmas frezi aşındırmadan ve blok zarar görmeden kolay kazınmasını sağlamaktadır. Freze işlemi tamamlanan restorasyon, porselen fırınında 800 ^oC'de kristalizasyon işlemini tamamlaması sağlanılır. Bu sayede restorasyon hem daha dirençli hem de doğal diş ile uyumlu renkteki lityum disilikata dönüşür (Rampf et al. 2015).

Lityum disilikat ile güçlendirilmiş CAD/CAM blokların ışık geçirgenliğine göre üç farklı gruba ayrılmıştır. Yüksek translusensliye sahip bloklar, estetik etkilerinden dolayı inley-onley şeklindeki restorasyonların yapımında kullanılabilmektedir. Düşük translüsensliği olan bloklar tam kron restorasyonların yapımında kullanılabilmektedir. Multi bloklar da tabakalama tekniği sayesinde renklenmiş dişlerin restorasyonunda kullanımı uygundur (Guess et al. 2010).

2. 1. 6. 2. Nanoseramik

Diş hekimliğinde kullanılan materyallerin fiziksel özelliklerini geliştirmek için ilk kez 1997 yılında nanoteknolojisi kullanılmaya başlanmıştır (Atabek, Sillelioglu, and Ölmez

2010). Nanoseramik bloklar, estetik özelliği iyi olan seramiklere, kırılgan özellikte olmayan polimerlerle birleştirilerek geliştirilen restoratif CAD/CAM bloğudur (Coldea, Swain, and Thiel 2013). Bu sayede seramik ve kompozit materyallerinin fiziksel ve estetik özelliklerini içeren bir CAD/CAM blok olarak tanıtılmıştır (Fradeani et al. 2005).

Nanoseramikler UDMA (üretan dimetakrilat) içerikli rezin matriksten ve nano boyuttaki seramik partiküller olan silika nanomerler (20 nm çapında) ve zirkonya nanomerden (4-11 nm çapında) oluşmakta aynı zamanda bloğun içerisinde bulunan silan bu iki yapı arasında kimyasal bağlantıyı oluşturmaktadır (Fradeani et al. 2005).

Dentine yakın bir elastik modülüne sahip nanoseramiklerin bu özellikleri nedeniyle stresleri cam seramiklere göre daha iyi absorbe ederler. Bu özellik sayesinde implant destekli restorasyonlarda şok absorbsiyon özellikleri seramiklere göre daha başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Nanosremiklerin eğilme dayanımları 200 MPa olmakla beraber bu değer lösit ve feldspatik seramik bloklardan daha yüksektir (Fasbinder 2012).

2. 1. 6. 3. Polimer infiltre seramik

Günümüzde dental seramik ve kompozit rezindeki gelişmeler olmakla beraber her iki materyalinde avantajı ve dezavantajı bulunmaktadır. Seramiklerdeki renk stabilitesinin olması, esneme direncinin olması gibi avantajları olmasıyla beraber 1,5-2 mm gibi bir preparasyon alanı ihtiyacı gibi dezavantajları mevcuttur. Bu olumsuz özellikler kompozit rezin materyallerde az olmasına karşın doğal dişlere göre daha çok aşınması olumsuz özelliğidir. Bu nedenle her iki materyalin olumlu özelliklerinden yararlanılmak istenilmiştir.

Polimer infiltre seramik, gözenekli seramik içine polimer infiltre edilmesiyle oluşan interpenetran ağ (polimer infiltre edilmiş seramik ağ-PİSA) yapısına sahip materyaldir. Bu ağ yapısı sayesinde seramik materyallerde görülen çatlaklar azaltılmış ve restorasyonun kırılma dayanımında artış gözlenmiştir (Coldea et al. 2013; Gracis et al. 2015). PİSA materyalinin elastik modülü dentine yakın olduğundan frezlenmesi ve düzeltilme işlemi kolaylıkla yapılabilmektedir (Gracis et al. 2015). Aynı zamanda kompozit rezinlerle tamiri kolay olduğu bildirilmiştir (Chirumamilla, Goldstein, and Lawson 2016).

2. 2. Kompozit Rezin Restorasyonlar

Kompozitler, Rafael L. Bowen'nın BisGMA (bisfenol A-glisidil metakrilat) monomerini geliştirmesi ile kullanılması başlanarak diş hekimliğindeki uygulama yerlerinin artması ile önemli hale gelmiştir (Bowen 1962, 1982). Günümüzde, kompozit rezinlerin

estetik, fiziksel ve mekanik özellikleri sayesinde ve aynı zamanda kompozitin direkt-indirekt restoratif tedavilerde kullanılması, bunları en önemli dental materyallerden biri haline getirmiştir. Bu sebeple uzun yıllar boyunca kompozit rezinler, dental materyal arayışının en önemli odak noktalarından biri olmuştur.

2. 2. 1. Kompozit Rezinlerin Yapısı

Rezin kompozitler üç temel yapı bileşeninden oluşmaktadır; organik rezin matriks, inorganik doldurucular ve ara bağlayıcılardır (Hervás García et al. 2006; Heymann, Ritter, and Roberson 2014).

2. 2. 1. 1. Organik rezin matriks

Rezin matriks bileşenleri içerik olarak monomerler, polimerizasyon başlatıcılar (iniatör), inhibitörler, hızlandırıcılar ve renk pigmentlerinden oluşturmaktadırlar (Cramer, Stansbury, and Bowman 2011; Dayangaç 2000).

2. 2. 1. 1. 1. Monomerler

Seçilen monomerlere göre; kompozitin reaktivitesi, viskozitesi, polimerizasyon büzülmesi, mekanik özellikleri ve su emilimi etkilenmektedir(Klapdohr and Moszner 2005). Genel olarak monomer kombinasyonun moleküler ağırlığının ortalaması düştükçe büzülmenin yüzdesi de artmaktadır. Kompozitlerde en fazla Bis-GMA kullanılmaktadır. Kompozit rezinin yüksek doldurucu oranına sahip olması için yüksek viskoziteli Bis-GMA ile daha düşük viskoziteli monomerler birlikte kullanılması gerekmektedir (Gajewski et al. 2012; Hervás García et al. 2006).

Bis-GMA çoğunlukla, TEGDMA gibi düşük viskoziteli monomer ile kombine kullanılmaktadır. TEGDMA ilavesi ile kompozitin su emilmesini arttırır, aynı zamanda mekanik özelliğiyle renk stabilitesini ise azaltılmasını sağlar. Kompozite katılan UDMA kopolimeri ise kompozitin genelde eğilme dayanımını, elastisite modülünü ve materyal sertliğini artırma özelliği için kullanılır (Gajewski et al. 2012). Bis-DMA (Bisfenol A dimetakrilat), EGDMA (etilen glikol dimetakrilat) ve MMA (metil metakrilat) gibi momomerler diğer düşük viskoziteli olanlara örnek verilebilir (Hervás García et al. 2006).

2. 2. 1. 1. 2. İnhibitörler

İnhibitörler sayesinde kompozitin saklanması sırasındaki erken polimerizasyonu önlenir ve kaviteye kompozitin uygulanması sırasındaki görünür ışıkta oluşacak istenmeyen fotopolimerizasyonun engellenmesi sağlanılmaktadır (Klapdohr and Moszner 2005).

2. 2. 1. 1. 3. Polimerizasyon başlatıcıları (iniatör/akseleratör)

Başlatıcı sistemler sayesinde oluşan serbest radikaller, polimerizasyon reaksiyonunu aktive edebilmektedirler. İnitiatörler serbest radikalleri oluşturur, akseleratörler ise polimerizasyon reaksiyonunu hızlandıran moleküllerdir.

Polimerizasyon kompozitlerde; ışık, kimyasal ve hem kimyasal hem de ışık ile gerçekleşmektedir (Kwon et al. 2012). Günümüzde restoratif sistemlerin çoğunda, kamferokinon (iniatör)/ tersiyer alifatik amin (akseleratör) polimerizasyon başlatıcı şeklinde kullanılmaktadırlar (Hervás García et al. 2006; Kwon et al. 2012).

2. 2. 1. 1. 4. Ultraviyole (U.V.) fotostalibilizatörler

Ultraviyole (U.V.) fotostabilizatörleri olarak 2-hidroksi-4-metoksibenzofenon ile 3-(2-hidroksifenil)-benzotriazol sıklıkla kullanılanlardır ve bunlar kompozit materyalin renk stabilitesini U.V. ışını etkilerini elimine ederek sağlarlar (Hervás García et al. 2006; Klapdohr and Moszner 2005).

2. 2. 1. 1. 5. Renk pigmentleri

Doğal dişlerin rengini estetik bir biçimde benzetebilmek için farklı inorganik pigmentlerin bileşimleri olan beyaz, sarı, kırmızı ve siyah gibi pigmentler kullanılmaktadır (Klapdohr and Moszner 2005).

2. 2. 1. 2. İnorganik doldurucular

Rezin matriksin estetik, mekanik ve fiziksel özellikleri bir başına yeterli olmadığı için inorganik doldurucular kompozit rezinlere eklenmişlerdir (Siang Soh, Sellinger, and Uj Yap 2006). Doldurucular sayesinde kompozit materyalin termal genleşme katsayısı ve polimerizasyon büzülmesi azalır, radyoopasite özelliği kazanır, kolay uygulanabilirlik sağlanır, estetik özellikleri gelişir (Hervás García et al. 2006; Klapdohr and Moszner 2005; Labella et al. 1999).

Kompozit rezinlerin yapısında bulunan; farklı büyüklükteki kuartz ile cam partikülleri, lityum-alüminyum silikat, silikon dioksit, bor silikat ve hidroksiapatit gibi inorganik doldurucular aynı zamanda radyoopaklık sağlayan baryum, alüminyum, çinko, stronsiyum ve zirkonyum vb. ağır metaller bulunmaktadır (Habib et al. 2016; Hervás García et al. 2006).

2. 2. 1. 3. Ara bağlayıcılar

Ara bağlayıcılar, organik yapının inorganik materyal ile bağının oluşmasını sağlar. Bu ajanlar, organik silisyum bileşiğine sahip silanlardan meydana gelmektedir aynı zamanda 3-metakriloksi propil trimetoksi silan en çok kullanılan ajandır (Klapdohr and Moszner 2005; Nihei 2016).

Bağlanma ajanı olan silan tarafından silika partikül yüzeyi kaplanarak yüzeyinde ince bir katman yapı oluşturulur. Katman hem inorganik yapıda olan hidroksil grupları ile hem de organik matrikste olan polimerler ile bağlantı kurmaya yarar (Dayangaç 2000). Silanlar bu sayede rezinle doldurucu ara yüzü arasında suyun geçiş yolunun önlemesiyle rezinin çözünmesini ve su emilimini azaltarak, rezin matriksin mekanik ve fiziksel özelliklerini geliştirmiştir.

2. 2. 2. Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması

Kompozitler rezinlerin sınıflandırılması doldurucu inorganik partikül büyüklüğüne, yüzdelik olarak doldurucu partikül ağırlığına-hacmine, viskozitelerine ve polimerizasyon şekline göre olabilir.

Doldurucu Partikül Büyüklüklerine Göre Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması (Lutz and Phillips 1983):

- Nanofil Kompozitler (0,005-0,01 μm)
- Hibrit Kompozitler (0,04-1 μm)
- Mikrofil Kompozitler (0,01-0,1 μm)
- Minifil Kompozitler (0,1-1 μm)
- Midifil Kompozitler (1-10 μm)
- Makrofil Kompozitler (10-100 μm)
- Megafil Kompozitler (50-100 μm)

Kompozit Rezinlerin Polimerizasyon Mekanizmalarına Göre Sınıflandırılması (Dayangaç 2000):

- Hem kimyasal hem ışıkla polimerize olan kompozitler
- Kimyasal yolla polimerize olan kompozitler
- Görünür ışıkla polimerize olan kompozitler
- UV ışıkla polimerize olan kompozitler
- Lazer ışığı ile polimerize olan kompozitler

Kompozit Rezinlerin Doldurucu Partikül Tipine Göre Sınıflandırılması (Heymann et al. 2014):

- Hibrit dolduruculu kompozitler
- Heterojen dolduruculu kompozitler
- Homojen dolduruculu kompozitler

Kompozit Rezinlerin Viskozitelerine Göre Sınıflandırılması (Schwendicke et al. 2018):

- Geleneksel kompozitler
- Kondanse edilebilen kompozitler
- Akışkan kompozitler

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Bu tez çalışması, Kocaeli Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalına ait araştırma laboratuvarında yapıldı.

3. 1. Çalışmada Kullanılan Materyaller

Çalışmamızda kullanılan cihaz Tablo 3.1.'de materyaller ise Tablo 3.2.'de gösterildi.

Tablo 3. 1. Çalışmada kullanılan cihazlar

Cihaz	**Model**	**Üretici Firma**
Elmas Kesme Bıçağı	150 Dimos	Metkon, Bursa, Türkiye
Kesim Cihazı	Micracut 151	Metkon, Bursa, Türkiye
Digital Kumpas	Digimatic Caliper	Mitutoya, Tokyo, Japonya
Porselen Fırın	Programat P300	Ivoclar Vivadent, Liechtenstein
Yüksek Devirli Türbin	Aeratör	KaVo Dental, Biberach, Almanya
(Yeşil Kuşak) Fissür Frez	No:137 L	Hager-Meisinger GmbH, Neuss, Almanya
LED Cihazı	Elipar S10	3M ESPE, Almanya
Test Cihazı	Bisco Shear Bond Tester	Bisco Inc., Schaumburg, IL, ABD

TABLO 3.2. Çalışmada kullanılan materyaller				
Materyal	**Firma**	**İçerik**	**Tipi**	**Doldurucu Ağırlığı (%)**
CERASMART	GC CORPORATION, Tokyo, Japonya	Bis-MEPP, UDMA, DMA, Silika (40 nm) ve Baryum cam nanopartiküller (300 nm)	Nanoseramik	71
VITA ENAMIC	Vita Zahnfabric, Bad Sackingen, Almanya	Rezin: TEGDMA,UDMA, Dibenzoilperoksit Seramik: 63, Al_2O_3 %20- SiO_2 %58 – 23, Na_2O %9 – 11, K_2O %4 – 6, B_2O_3 %0,5 – 2, ZrO_2 < %1, CaO < %1 .	Polimer İnfiltre Seramik	86
IPS e.max CAD	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	(LS2) Lityum Disilikat, Cam Seramik, SiO_2 Li_2O, P2O5, K_2O, MgO, Al_2O_3, ve diğer oksitler	Lityum Disilikat İle Güçlendirilmiş Seramik	70
G-Aenial POSTERİOR	GC CORPORATION, Tokyo, Japonya	Pre-polimerize doldurucular (16-17μ): Silika içerikli, Stronsiyum ve Lanthanoid, Flor içerikli İnorganik doldurucular > 100 nm: Floroaluminosilikat Metakrilat monomerleri (UDMA ve dimetakrilat ko-monomerleri) İnorganik doldurucular < 100 nm: silika İz miktarda pigmentler, katalistler	Mikrohibrit posterior kompozit	81
G-Aenial Universal Flo	GC CORPORATION, Tokyo, Japonya	%31 (UDMA, Bis-MEPP, TEGDMA), %69 (Silikon dioksit (16nm), Stronsiyum	Yüksek viskoz enjekte edilebilir kompozit	69

		cam (200nm), Pigment)		
G2-BOND Universal	GC CORPORATION, Tokyo, Japonya	1-PRİMER (4-MET, MDP, MDTP, Dimetakrilat Monomerleri, Distile Su, Aseton, Silikon Dioksit, Foto-başlatıcı) 2-BOND (Dimetakrilar monomerler, Silikon Dioksit, Foto-başlatıcı)	2 şişeli Universal Adeziv	
G-Multi PRIMER	GC CORPORATION, Tokyo, Japonya	silan, MDP, MDTP	Universal Primer	
UDMA: üretan dimetakrilat, Bis-MEPP: 2,2-Bis(4-metakriloksipolietoksifenil)propan, TEGDMA: triethilen glikol dimetackrilat, DMA: dimetakrilat, BisGMA: Bisfenol-A Glisidil Metakrilat, 4-MET: 4-Metakriloksietil trimellitik asit, MDP: 10-metakriloiloksidesil dihidrojen fosfat, MDTP: 10-metakriloiloksidesil dihidrojen tiyofosfat, SiO_2: Silisyum dioksit (silika), Al_2O_3: Alüminyum oksit, Na_2O: Sodyum oksit, K_2O: Potasyum oksit, B_2O_3: di-bor trioksit, ZrO_2: Zirkonyum dioksit, CaO: Kalsiyum oksit, LiO: Lityum oksit, MgO: Magnezyum oksit, P_2O_5: Fosfor pentoksit				

3.2. CAD/CAM Blokların Hazırlanması

3.2.1. Örneklerin Hazırlanması

CAD/CAM bloklardan CERASMART (GC CORPORATION, Tokyo, Japonya), VITA ENAMIC (Vita Zahnfabric, Bad Sackingen, Almanya), IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) elmas disk kullanılarak düşük hız kesme cihazında (Metkon, Bursa, Türkiye) 7X7X2 mm boyutunda 60 adet kesit hazırlandı.



Şekil 3. 1. Düşük hız kesme cihazı Micracut 151

Kesilen IPS e-max CAD örneklerin kristalizasyonu tamamlanması için bir seramik fırınında (Programat P300, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) 10 dk boyunca 845 ºC'de fırınlandı.



Şekil 3. 2. Porselen fırını Programat P300

Tüm örnekler 22 mm çap ile 18 mm yüksekliğinde hazırlanarak test cihazının (Bisco Shear Bond Tester, Bisco Inc., Schaumburg, IL, ABD) tutucu tablasına uygun formda olacak şekilde silikon kalıplara yerleştirildi aynı zamanda CAD/CAM blokların bir yüzeyi açıkta kalacak biçimde otopolimerizan akrilik ile (Imıcryl Dental, Konya, Türkiye) sabitlendi. Yüzeylerde ise standardizasyon sağlayabilmek için örneklerin yüzeylerine 1200 ve 600 grenli olan silikon karbit (SiC) zımparalar ile su altında 60 saniye uygulandı. Daha sonra örneklerin, kompozit rezin bağlanacak yüzeyleri yeşil kuşak olan fissür frez No:137L (Hager& Meisinger GmbH, Neuss, Almanya) kullanılarak yüksek devirli türbin ile (KaVo Dental, Biberach, Almanya) 10 sn pürüzlendirme işlemi yapıldı.

3.2.2. Deney Gruplarının Oluşturulması

Örnekler önce IPS e.max CAD, Vita Enamic, Cerasmart olarak 3 gruba ayrıldı (N=60). Arkasından her bir grup tepilebilir bir kompozit olan G-Aenial Posterior (GC Corparation, Tokyo, Japonya) veya bir akışkan kompozit olan G-Aenial Universal Flo (GC Corparation, Tokyo, Japonya) uygulanan gruplar olarak 2 alt gruba ayrıldı.

G-Multi PRIMER (GC Corparation, Tokyo, Japonya) ve G2-BOND Universal (GC Corparation, Tokyo, Japonya) bonding sistemi kullanılarak CAD/CAM yüzeylere kompozit uygulaması yapıldı. Toplam 6 grup elde edildi (n=10). Çalışma protokolü Tablo 3.3.'de gösterildi.

Grup 1: IPS e.max CAD örnek yüzeylerin tepilebilir bir kompozit rezin (G-Aenial Posterior) ile tamiridir. IPS e.max CAD örnek yüzeyleri yeşil kuşaklı elmas frezle 10 sn pürüzlendirildi. Sonrasında CAD/CAM yüzeylere, üretici firma önerileri doğrultusunda silan içerikli G-Multi Primer uygulandı ve sonrasında kurutuldu. Ardından G2-Bond Universal'de bulunan primer tüm örnek yüzeylerine uygulandı ve 10 sn bekletildi. Primer maksimum hava ile 5 sn kurutuldu. Daha sonra bond bulunan diğer şişe ile tüm örnek yüzeylere bond uygulandı ve eşit bir bond kalınlığı oluşturmak için hafif hava uygulaması yapıldı. Son olarak LED cihazı olan Elipar S10 (3M ESPE, Almanya) ile 20 sn ışık uygulandı. Bonding polimerizasyonundan sonra G-Aenial Posterior'un kullanılacağı örnek yüzeylere hazırlanmış bir kalıp kullanılarak (2,6 mm çap, 3 mm yükseklikte) kompozit bloklar oluşturularak restore etme işlemi tamamlandı.

Grup 2: IPS e.max CAD örnek yüzeylerin akışkan bir kompozit rezin (G-Aenial Universal Flo) ile tamiridir. IPS e.max CAD örnek yüzeyleri yeşil kuşaklı elmas frezle 10 sn pürüzlendirildi. Sonrasında CAD/CAM yüzeylere, üretici firma önerileri doğrultusunda silan içerikli G-Multi Primer uygulandı ve sonrasında kurutuldu. Ardından G2-Bond Universal'de bulunan primer tüm örnek yüzeylerine uygulandı ve 10 sn bekletildi. Primer maksimum hava ile 5sn kurutuldu. Daha sonra bond bulunan diğer şişe ile tüm örnek yüzeylere bond uygulandı ve eşit bir bond kalınlığı oluşturmak için hafif hava uygulaması yapıldı. Son olarak bir LED cihazı ile 20 sn ışık uygulandı. Bonding polimerizasyonundan sonra G-Aenial Universal Flo'nun kullanılacağı örnek yüzeylere hazırlanmış bir kalıp kullanılarak (2,6 mm çap, 3 mm yükseklikte) kompozit bloklar oluşturularak restore etme işlemi tamamlandı.

TABLO 3.3. Çalışma Protokolleri				
Materyal	**Tepilebilir Kompozit**	**Akışkan Kompozit**	**Gruplar**	**n Sayısı**
IPS e.max CAD	**&**		Grup 1	10
		&	Grup 2	10
CERASMART	**&**		Grup 3	10
		&	Grup 4	10
VITA ENAMIC	**&**		Grup 5	10
		&	Grup 6	10

Grup 3: Cerasmart örnek yüzeylerin tepilebilir bir kompozit rezin (G-Aenial Posterior) ile tamiridir. IPS e.max CAD örnek yüzeyleri yeşil kuşaklı elmas frezle 10 sn pürüzlendirildi. Sonrasında CAD/CAM yüzeylere, üretici firma önerileri doğrultusunda silan içerikli G-Multi Primer uygulandı ve sonrasında kurutuldu. Ardından G2-Bond Universal'de bulunan primer tüm örnek yüzeylerine uygulandı ve 10 sn bekletildi. Primer maksimum hava ile 5sn kurutuldu. Daha sonra bond bulunan diğer şişe ile tüm örnek yüzeylere bond uygulandı ve eşit bir bond kalınlığı oluşturmak için hafif hava uygulaması yapıldı. Son olarak bir LED cihazı ile 20 sn ışık uygulandı. Bonding polimerizasyonundan sonra G-Aenial Posterior'un kullanılacağı örnek yüzeylere hazırlanmış bir kalıp kullanılarak (2,6 mm çap, 3 mm yükseklikte) kompozit bloklar oluşturularak restore etme işlemi tamamlandı.

Grup 4: Cerasmart örnek yüzeylerin akışkan bir kompozit rezin (G-Aenial Universal Flo) ile tamiridir. IPS e.max CAD örnek yüzeyleri yeşil kuşaklı elmas frezle 10 sn pürüzlendirildi. Sonrasında CAD/CAM yüzeylere, üretici firma önerileri doğrultusunda silan içerikli G-Multi Primer uygulandı ve sonrasında kurutuldu. Ardından G2-Bond Universal'de bulunan primer tüm örnek yüzeylerine uygulandı ve 10 sn bekletildi. Primer maksimum hava ile 5sn kurutuldu. Daha sonra bond bulunan diğer şişe ile tüm örnek yüzeylere bond uygulandı ve eşit bir bond kalınlığı oluşturmak için hafif hava uygulaması yapıldı. Son olarak bir LED cihazı ile 20 sn ışık uygulandı. Bonding polimerizasyonundan sonra G-Aenial Universal Flo'nun kullanılacağı örnek yüzeylere hazırlanmış bir kalıp

kullanılarak (2,6 mm çap, 3 mm yükseklikte) kompozit bloklar oluşturularak restore etme işlemi tamamlandı.

Grup 5: Vita Enamic örnek yüzeylerin tepilebilir bir kompozit rezin (G-Aenial Posterior) ile tamiridir. IPS e.max CAD örnek yüzeyleri yeşil kuşaklı elmas frezle 10 sn pürüzlendirildi. Sonrasında CAD/CAM yüzeylere, üretici firma önerileri doğrultusunda silan içerikli G-Multi Primer uygulandı ve sonrasında kurutuldu. Ardından G2-Bond Universal'de bulunan primer tüm örnek yüzeylerine uygulandı ve 10 sn bekletildi. Primer maksimum hava ile 5 sn kurutuldu. Daha sonra bond bulunan diğer şişe ile tüm örnek yüzeylere bond uygulandı ve eşit bir bond kalınlığı oluşturmak için hafif hava uygulaması yapıldı. Son olarak bir LED cihazı ile 20 sn ışık uygulandı. Bonding polimerizasyonundan sonra G-Aenial Posterior'un kullanılacağı örnek yüzeylere hazırlanmış bir kalıp kullanılarak (2,6 mm çap, 3 mm yükseklikte) kompozit bloklar oluşturularak restore etme işlemi tamamlandı.

Grup 6: Vita Enamic örnek yüzeylerin akışkan bir kompozit rezin (G-Aenial Universal Flo) ile tamiridir. IPS e.max CAD örnek yüzeyleri yeşil kuşaklı elmas frezle 10 sn pürüzlendirildi. Sonrasında CAD/CAM yüzeylere, üretici firma önerileri doğrultusunda silan içerikli G-Multi Primer uygulandı ve sonrasında kurutuldu. Ardından G2-Bond Universal'de bulunan primer tüm örnek yüzeylerine uygulandı ve 10 sn bekletildi. Primer maksimum hava ile 5sn kurutuldu. Daha sonra bond bulunan diğer şişe ile tüm örnek yüzeylere bond uygulandı ve eşit bir bond kalınlığı oluşturmak için hafif hava uygulaması yapıldı. Son olarak bir LED cihazı ile 20 sn ışık uygulandı. Bonding polimerizasyonundan sonra G-Aenial Universal Flo'nun kullanılacağı örnek yüzeylere hazırlanmış bir kalıp kullanılarak (2,6 mm çap, 3 mm yükseklikte) kompozit bloklar oluşturularak restore etme işlemi tamamlandı.

3. 3. Örneklerin Bağlanma Değerlerinin Ölçülmesi

Makaslama bağlanma dayanımı değerleri Bisco Shear Bond Tester (Bisco, Schaumburg, IL, ABD) ile ölçüldü. Test cihazındaki başlık ucunun değeri 0.5 mm/dk olarak ayarlandı. Başarısızlığa sebep olan kuvvetler Newton (N) şeklinde kaydedildi. Elde edilmiş olan kuvvetin materyalin bağlantı alanına (mm^2) bölünmesiyle mega pascal (MPa) olarak Makaslama kuvveti hesaplandı ve kaydedildi.

3. 4. Örnek Yüzeyinin Başarısızlık Tipinin Değerlendirilmesi

Örneklerin bağlanma yüzeylerindeki başarısızlık tipleri stereomikroskop (M3B, Wild, Heerbrugg, İşviçre) sayesinde x35 büyütme olacak şekilde incelenerek değerlendirildi. Başarısızlık tipleri; adeziv, CAD/CAM koheziv, kompozit koheziv ve miks olarak sınıflandırıldı ve kaydedildi.

3. 5. Elde Edilen Sonuçların İstatistiksel Analizi

Elde edilmiş olan bütün verilerin istatistiksel analizinde, SPSS IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corporation yazılımı kullanıldı. Normal dağılıma uygunluk testi Shapiro Wilk ile değerlendirildi. Tek yönlü varyans analizi olan ANOVA'yla tüm verilerin istatistiksel analizi yapıldı ve gruplar arasındaki karşılaştırmalarda ise Tukey HSD testi kullanıldı ($P < 0.05$). Stereomikroskop ile (M3B, Wild, Heerbrugg, İşviçre) 35x büyütme altında örneklerin bağlanma yüzeyleri incelenerek başarısızlık tipleri değerlendirildi. Başarısızlık tipleri; adeziv, koheziv (CAD/CAM, kompozit) ve miks şeklinde sınıflandırılmıştır. Gruplar arasında kırılma tiplerinin dağılımında farklılık görülüp görülmediği Ki-kare testi kullanılarak değerlendirilmiştir. İstatistiksel analizler için olan güven aralığı %95 olarak belirlendi.

4. BULGULAR

Çalışmamızda yapılan makaslama bağlanma testindeki 6 farklı deney grubunun her birinde 10 adet olmak üzere, toplam 60 adet örnekte; Lityum disilikat ile güçlendirilmiş seramik, nanoseramik veya polimer infiltre seramik yapıdaki CAD/CAM materyallerinin tamiri için kullanılan tepilebilir kompozit veya akışkan kompozit arasında olan makaslama bağlanma dayanım değerleri incelendi. Test edilen gruplardaki ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri, standart sapmaları, medyan ile 25. persantil-75. Persantil değerleri Tablo 4.1. de gösterildi.

Tablo 4.1. MPa değerleri (N/mm^2) (medyan değerler, %25-75 persantil, ortalama ± standart sapma)

CAD/CAM	MPa		Tepilebilir Kompozit		Akışkan Kompozit	
IPS e.max CAD	Medyan		13,8650	Aa	15,8600	Aa
	Persantil	%25	7,4875		9,9025	
		%75	17,4175		18,4400	
	Ortalama		12,7500		14,9380	
	Standart Sapma		±6,22679		±4,87492	
CERASMART	Medyan		26,1600	Ab	25,2700	Ab
	Persantil	%25	18,1300		22,1550	
		%75	28,7050		28,7075	
	Ortalama		24,1610		25,5840	
	Standart Sapma		±6,16894		±3,41621	
VITA ENAMIC	Medyan		25,4900	Ab	26,5750	Ab
	Persantil	%25	23,0400		22,4300	
		%75	27,3800		29,2775	
	Ortalama		23,8590		26,0810	
	Standart Sapma		±5,62894		±5,05269	

Belirtilen aynı sütun içerisindeki farklı küçük harfler istatiksel olarak anlamlı farklılığı gösterirken, aynı sütun içerisindeki aynı küçük harfler ise istatiksel olarak anlamlı farklılık olmadığını göstermektedir. Belirtilen büyük harf ise aynı satırdaki gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığını göstermektedir (Büyük harfler yatay kıyaslama, küçük harfler dikey kıyaslamayı gösterir).

Tepilebilir kompozit (G-Aenial Posterior)- Akışkan kompozit (G-Aenial Universal Flo)

Materyalllerin bağlanma dayanımı için yapılan deneyde MPa (N/mm^2) cinsinden kıyaslamasında tepilebilir kompozit için IPS e.max CAD ile Cerasmart (p=0,000) ve IPS e.max CAD ile Vita Enamic (p=0,000) materyalleri arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir; Cerasmart ile Vita Enamic (p=1,000) materyalleri arasında benzer değerler gözlendi.

Akışkan kompozit için IPS e.max CAD ile Cerasmart (p=0,001) ve IPS e.max CAD ile Vita Enamic (p=0,000) materyalleri arasında anlamlı farklılıklar gözlendi; Cerasmart ile Vita Enamic (p=1,000) materyalleri arasında benzer değerler gözlendi.

IPS e.max CAD materyali incelendiğinde tepilebilir kompozit ve akışkan kompozit için elde edilen MPa farkı medyan değerleri sırasıyla 13,8650 ve 15,8600'dır (p=0,940). Bağlanma dayanımında elde edilen MPa değerinin medyanları sırasıyla akışkan kompozit>tepilebilir kompozit şeklindedir. IPS e.max CAD materyali için en düşük MPa (N/mm^2) değeri tepilebilir kompozit, en yüksek MPa değeri akışkan kompozit'te tespit edildi. IPS e.max CAD materyali bağlanma dayanım değerleri için tepilebilir kompozit ile akışkan kompozit arasında benzer değerler tespit edildi (p=0,940).

Cerasmart materyali incelendiğinde tepilebilir kompozit ve akışkan kompozit için elde edilen MPa farkı medyan değerleri sırasıyla 26,1600 ve 25,2700'dır (p=0,991). Bağlanma dayanımında elde edilen MPa değerinin medyanları sırasıyla tepilebilir kompozit>akışkan kompozit şeklindedir. Cerasmart materyali için en düşük MPa değeri akışkan kompozit, en yüksek MPa değeri tepilebilir kompozit'te tespit edildi. Cerasmart materyali bağlanma dayanım değerleri için tepilebilir kompozit ile akışkan kompozit arasında benzer değerler tespit edildi (p=0,991).

Vita Enamic materyali incelendiğinde tepilebilir kompozit ve akışkan kompozit için elde edilen MPa farkı medyan değerleri sırasıyla 25,4900 ve 26,5750'dir (p=0,936). Bağlanma dayanımında elde edilen MPa değerinin medyanları sırasıyla akışkan kompozit>tepilebilir kompozit şeklindedir. Vita Enamic materyali için en düşük MPa değeri tepilebilir kompozit, en yüksek MPa değeri akışkan kompozit'te tespit edildi. Vita Enamic materyali bağlanma dayanım değerleri için tepilebilir kompozit ile akışkan kompozit arasında benzer değerler tespit edildi (p=0,936).

Bu bağlanma dayanımı çalışmasında, IPS e.max CAD ve Vita Enamic materyalleri için en büyük MPa değerleri akışkan kompozitte elde edildi; Cerasmart materyali için ise en büyük değer tepilebilir kompozitte elde edildi. Materyaller arasında yapılan kıyaslamada tüm CAD/CAM materyalleri için bağlanma dayanımları, tepilebilir kompozit ile akışkan kompozit arasında benzer değerler elde edildi.

Bu çalışmada, akışkan kompozit için en büyük MPa değerleri Vita Enamic materyalinde tespit edildi. Vita Enamic ile Cerasmart materyali benzer değerler göstermiştir. IPS e.max CAD ise Vita Enamic ile Cerasmart materyallerinden anlamlı olarak daha düşük olduğu gösterildi.

Tepilebilir kompozit için ise en büyük MPa değerleri Cerasmart materyalinde tespit edildi. Cerasmart ile Vita Enamic materyali benzer değerler göstermiştir. IPS e.max CAD ise Vita Enamic ile Cerasmart materyallerinden anlamlı olarak daha düşük olduğu gösterildi.

Tablo 4.2. Kırılma tipi yüzdeleri

Kırılma Tipi	IPS e.max CAD		Cerasmart		Vita Enamic	
	Tepilebilir kompozit	**Akışkan Kompozit**	**Tepilebilir kompozit**	**Akışkan Kompozit**	**Tepilebilir kompozit**	**Akışkan Kompozit**
Adeziv	60%	90%	0%	0%	0%	0%
CAD/CAM Koheziv	0%	0%	90%	100%	80%	100%
Kompozit Koheziv	0%	0%	0%	0%	10%	0%
Mix	40%	10%	10%	0%	10%	0%
Tepilebilir kompozit (G-Aenial Posterior)- Akışkan kompozit (G-Aenial Universal Flo)						

IPS e.max CAD materyali tepilebilir kompozitle tamirinde %60 adeziv, %40 mix tipte kırılma; akışkan kompozit ile tamirinde %90 adeziv, %10 mix tipte kırılma görüldü. IPS e.max CAD materyaline bağlanma kompozit çeşidi farketmeksizin sıklıkla adeziv tipte bağlanma olduğu görüldü.

Cerasmart materyali tepilebilir kompozitle tamirinde %90 CAD/CAM koheziv, %10 mix tipte kırılma; akışkan kompozit ile tamirinde %100 CAD/CAM koheziv tipte kırılma görüldü. Cerasmart materyaline bağlanma kompozit çeşidi farketmeksizin sıklıkla CAD/CAM koheziv tipte bağlanma olduğu görüldü.

Vita Enamic materyali tepilebilir kompozitle tamirinde %80 CAD/CAM koheziv, %10 kompozit koheziv, %10 mix kırılma; akışkan kompozit ile tamirinde %100 CAD/CAM koheziv tipte kırılma görüldü. Vita Enamic materyaline bağlanma kompozit çeşidi farketmeksizin sıklıkla CAD/CAM koheziv tipte bağlanma olduğu görüldü.

5. TARTIŞMA

Tüm sabit protetik restorasyonların amacı; yapı ve fiziksel özellikleri yönünden mümkün olduğu kadar diş benzeri olacak şekilde restoratif materyalle kaybedilmiş diş dokusunu restore edebilmektir. İndirekt restorasyonların tamirinde kullanılan kompozit rezinlerin bağlanma dayanımı oldukça önemlidir. Çalışmamız, üç farklı yapıdaki CAD/CAM materyallerin (lityum disilikat ile güçlendirilmiş seramik, nanoseramik ve polimer infiltre seramik) tamirinde kullanılan akışkan kompozit (G-Aenial Universal Flo) veya tepilebilir kompozit (G-Aenial Posterior) arasında oluşan bağlantı dayanımını değerlendirmektir.

Çalışmamızda örneklerin kompozit rezin bağlanacak yüzeylerine yeşil kuşak fissür frez ile 10 sn. pürüzlendirme işlemi yapılmıştır. Üretici firma önerileri doğrultusunda G-Multi Primer ve G2-Bond Universal ile bondingleme işlemi yapılmıştır. Kompozit rezinler (G-Aenial Universal Flo, G-Aenial Posterior) hazırlanmış kalıp yardımıyla örnek yüzeylere uygulandıktan sonra 20 sn boyunca Led ışık cihazıyla polimerize edilmiştir. Polimerize edilen rezin bloklara makaslama bağlanma dayanım testi uygulanmıştır. Ardından örneklerin bağlanma yüzeyindeki başarısızlık tipleri stereomikroskop ile incelenerek değerlendirilmiştir.

Çalışmamızda oluşturulan hipotezlerimiz:

“CAD/CAM materyallerin tamirinde, akışkan kompozit rezin veya tepilebilir kompozit rezin kullanımının adherent dokunun lityum disilikat ile güçlendirilmiş seramik, nanoseramik veya polimer infiltre seramik yapıda olması, materyaller arasında oluşan bağlantıyı etkilemeyebilir.’’ şeklinde kurulan hipotezimiz reddedilmiştir. Bu çalışmada kompozit rezin ile tamirinde lityum disilikat ile güçlendirilmiş seramik olan IPS e.max CAD materyali, nanoseramik yapıda olan Cerasmart ve polimer infiltre seramik yapıda olan Vita Enamic materyale göre daha düşük bağlanma dayanım değerleri sergilemiştir.

“Lityum disilikat ile güçlendirilmiş seramik, nanoseramik veya polimer infiltre seramik yapıdaki CAD/CAM materyallerin tamirinde tepilebilir kompozit veya akışkan kompozit kullanımı kopma türleri arasında fark oluşturmayabilir.’’ şeklinde kurulan hipotezimiz kabul edilmiştir.

Çalışmamızın sonuçlarına göre; CAD/CAM örnek yüzeylerinin tümünde, akışkan kompozit veya tepilebilir kompozitle tamirinde benzer bağlantı dayanım değerleri elde

edilmiştir. IPS e.max CAD materyalinin tepilebilir kompozit veya akışkan kompozitle tamirinde Cerasmart ve Vita Enamic yüzeylere göre bağlantı dayanımı daha düşük olduğu gözlenmiştir.

İndirekt dental restoratif materyallerin (metaller, metal alaşımları, seramikler ve rezin kompozit vb.) yüzey işlemi uygulanmasının ardından silanizasyon işlemi, rezin kompozitlerle kalıcı adezyon için substrat yüzeyini aktive etmesi gereken kritik bir adımdır (Matinlinna, Lung, and Tsoi 2018). Günümüzde silan bağlayıcı ajanlar, çoğu indirekt restorasyon için diş hekimliğinde kullanılan altın standart adezyon arttırıcılardır (Matinlinna et al. 2018).

Restoratif diş hekimliğinde en büyük sorunlardan biri dental seramiklerin kırılmasıdır. Dental seramik materyaller yüksek basınç dayanımına sahipken çekme dayanımı düşüktür, yani kırılgandır. Malzemedeki mikro kusurlar, darbe ve yorulma yükü, kusurlu tasarım, çiğneme, parafonksiyon ve ağız içi tekrarlayan okluzal kuvvetler seramiğin kırılmasının ana nedenleridir (Özcan 2003).

Seramik onarımı, bazı durumlarda tüm seramiğin restorasyonun tekrarlanmasından daha ekonomik ve zaman tasarrufu sağlayan bir çözüm olabilir (Matinlinna et al. 2018).

CAD/CAM seramik materyallere alternatif olarak CAD/CAM hibrit materyaller üretilmişlerdir. Hibrit bloklar rezin içeriği sayesinde yumuşak ve seramik bloklara kıyasla daha esnek, işlenebilir bir yapıya sahiptir. Hibrit blokların seramik ağları içermesinden dolayı materyal daha estetik görünüm ve sağlamlık kazanmaktadır. Hibrit blokların en önemli avantajlarından biri, dental seramik bloklara göre kolay onarılabilir ve üretilebilir olmasıdır (Nguyen et al. 2014).

Porselen ile kompozit rezin tamirinin değerlendirildiği çalışmalarda sıklıkla makaslama bağlantı dayanım testi kullanılmaktadır (Lundvall et al. 2012; Sadeghi et al. 2015). Genel olarak literatürlerde, seramik ve kompozit rezinin optimal bağlanma kuvvetiyle ilgili kesin bir bilgi mevcut değildir. Kalra ve arkadaşları yaptıkları çalışmada çiğneme kuvveti dikkate alındığında tamir materyalinde gerekli olan en düşük bağlantı dayanım değeri 8-9 MPa olabileceğini bildirmişlerdir (Kalra, Mohan, and Gowda 2015). Papia ve arkadaşları ise 20 Mpa'lık değerin klinik olarak kabul edilebilir olduğunu bildirmişlerdir (Papia et al. 2014).

Çalışmamızın sonucunda IPS e.max CAD materyalin, G-aenial posterior ile tamirinde 13 MPa bağlantı dayanımına sahip olduğu; G-Aenial Universal Flo ile tamirinde ise 15 MPa'lık bağlantı dayanımına sahip olduğu bulunmuştur. Papia ve arkadaşlarına göre, çalışmamızda IPS e.max CAD'in tamirindeki elde ettiğimiz bağlanma dayanımının düşük olduğu görülmüştür, bu durumda IPS e.max CAD'in tamir işleminde farklı yöntemler denenenmesi gerektiği düşünülebilir. Çalışmalarda veya kliniklerdeki tamir işlemlerinde farklı prosedürlerin kullanılmasının sonuçlar üzerinde etkili olabileceği dikkate alınmalıdır.

Hibrit bir seramik olan Vita Enamic'in baskın seramik ağı bir polimer ağı ile desteklenmiştir (%86 ağırlıkta feldspatik porselen, %14 ağırlıkta polimer) (Yavuzyılmaz, Arıkan, and Yurdakoru 1986). IPS e.max CAD, cam matrix içine gömülü ağırlıkça %70 lityum disilikat kristali içermektedir (Hampe et al. 2019). Cerasmart nanoseramik materyaldir ve ağırlıkça %71 inorganik doldurucu içermektedir (Hampe et al. 2019). G-Aenial Posterior kompozit mikro hibrit bir kompozittir. G-aenial Universal Flo %69 doldurucu oranına sahip yüksek viskoz enjekte edilebilir bir kompozittir (Kassis et al. 2021). G-Multi Primer içeriğinde silan, MDP (10-metakriloiloksidesil dihidrojen fosfat), MDTP (10-metakriloiloksidesil dihidrojen tiyofosfat) içermektedir; G-2 Bond Universal primerinde MDP, MDTP, 4-MET (4-Metakriloksietil trimellitik asit) içermektedir (Tsujimoto et al. 2022).

Seramikle kompozit rezin arasında olan bağlantıyı sağlamak için başlıca iki yöntem vardır. Bunlar, mikro mekanik kilitlenme ve kimyasal bağlanma şeklindedir. Mikro mekanik kilitlenme asit uygulaması, air abrazyon ve frez ile sağlanılırken, kimyasal bağlanma ise silan bağlayıcı ajanla sağlanır (Blatz, Sadan, and Kern 2003).

Silanın yapısındaki metoksi gruplarının kimyasal olarak Vita Enamic ve Cerasmart bloğun silika ve polimer ağı bileşenler ile bağlantı oluşturduğu düşünülmektedir; diğer yandan ise silan moleküllerin metoksi grupları aynı zamanda rezin kompozitte bulunan metakrilat grupları ve silika ile kimyasal bağ oluşturduğu ve bu sayede bağlanma dayanımının artmasına neden olduğu düşündürmektedir.

Porselen yüzeyine silan uygulandığı zaman hidrolize olarak porselen ile bağlantıya geçmekte ve oluşan metakrilat grupları ise kompozit materyalin metakrilat gruplarıyla reaksiyona girmektedir (Kimmich and Stappert 2013). Vita Enamic'in bağlanma değerinin, IPS e.max CAD'e göre daha yüksek olmasının sebebi Vita Enamic'in yapısında IPS e.max

CAD'e göre daha fazla polimer ve nano partikül (ağırlıkça %86 feldspatik porselen, %14 polimer) yapısıdan kaynaklandığı düşünülebilir.

Silanizasyon, dental seramiklerin adeziv protokolünde önemli bir adımdır. Seramik restorasyonların adeziv protokolünde silan kullanılması, porselen ile rezin yapışmasındaki kimyasal bağı geliştirir (Reston et al. 2008). Seramik materyallerin yüzeyinde astarlama etkisine sahip olan silanlar adeziv ajandan önce uygulanır. Silan, karbon zincirden oluşur; fonksiyonel ucu SiO_2 (silika)'dan oluşur (Reston et al. 2008). Bu fonksiyonel uç sayesinde porselene tutunur, böylece karbon zincirinin rezine bağlanması için serbest kalmasını sağlar (Reston et al. 2008). Silan, porselenle birleşmeyi iyileştiren yardımcı bir ajandır ve diğer yüzey işlemleri (kumlama, elmas frezlerle pürüzlendirme ve/veya asitle dağlama) adeziv sistemle beraber kullanılmalıdır (Reston et al. 2008).

İndirekt CAD/CAM materyalin kompozit ile tamirinde bonding ile kompozit türleri önemli etkenlerde biridir. Porselen tamirinde bonding uygulamaları tek aşamalı ya da iki aşamalı şeklinde yapılabilir (Suliman, Swift, and Perdigao 1993). Yapılan bir çalışma bu iki uygulama arasındaki bağlantı dayanımı yönünden önemli bir değer olmadığını belirtmiştir (Knight, Sneed, and Wilson 2000).

Cantürk ve arkadaşları (2019) yaptıkları bir çalışmada iki farklı CAD/CAM seramik üzerine iki farklı bağlayıcı ajan ile bir primer kullanarak kompozit rezin ile tamir sonrası da bağlanma kuvvetinin değerlendirmişlerdir. CAD/CAM seramik materyallerden olan VITA Suprinity ve IPS e.max CAD kullanmışlardır. Primer olarak BISCO Z-Prime, bağlayıcı ajan olarak Clearfil Universal Bond Quick, Single Bond Universal kullanmışlardır. En yüksek bağlanma dayanımı primer uygulanmayan Clearfil Universal Bonf Quick bağlayıcı ajanı uygulanan Vita Suprinity'den elde edilmiştir. En düşük bağlanma dayanımı ise primer ile Clearfil Universal Bonf Quick bağlayıcı ajanı uygulanan IPS e.max CAD de bulunmuştur. Yalnızca universal bağlayıcı ajanların kullanıldığı kontrol grubununda primer kullanılan gruplara benzer bağlanma sonuçları gösterdiği ve aynı zamanda iki uygulamanın da klinik olarak yeterli bağlanma dayanım sergilediklerini belirtmişlerdir. Universal bağlayıcı ajanların CAD/CAM seramiklerin kompozitlerle olan tamirinde klinik olarak tek başlarına kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Bizimi yaptığımız çalışmada ise IPS e.max CAD'in tamirindeki elde ettiğimiz bağlanma dayanımının klinik olarak kabul edilen eşik değerin altında olan bağlanma dayanım değerleri sergilemesi sebebiyle farklı yöntem veya farklı bağlayıcı sistemlerin denenebileceği düşünülmektedir.

Adeziv sistemlerin bonding ajan şeklinde kullanıldığında, en yüksek bağlantıyı kumlamanın oluşturduğu ardından hidroflorik asit ile asitlemenin ve sonra elmas frez ile pürüzlendirmenin şeklinde gösterilmiştir (Wolf, Powers, and O'Keefe 1992). Biz ise çalışmamızda elmas frezle pürüzlendirme işlemi kullandık.

Klinikte en çok kullanılan ve kolay ulaşılabilen mekanik pürüzlendirme yöntemi frezle pürüzlendirmedir. Seramik yüzeylerin elmas frezler ile aşındırılması yaparak mekanik bağlantı sağlamak mümkündür (Attia and Kern 2004; Blatz et al. 2003). Seramik yüzeyin pürüzlendirilmesi yapılırken kalın grenli elmas frezler kullanılabilir (Blatz et al. 2003). Elmas frez ile pürüzlendirme yönteminde diğer pürüzlendirme yönteminden daha pürüzlü yüzeyler elde edilebilir. Seramik materyallerin yüzey pürüzlülüğünün arttırılması işlemi, materyalin yüzey enerjisini arttırmasını sağlamakta bu sayede ise ıslanabilirliği arttırılarak rezin simanın bağlanma dayanımını yükselttiği düşünülmektedir.

Yüzeylerin elmas frezle aşındırılmasının SEM'le incelenme sonucunda gözeneklerin yerine kazıma izlerinin ortaya çıktığı görülmüş ve bu yöntemler seramik yüzeyinde stres oluşturan keskin bölgeler oluşabildiği, bu bölgelerden de restorasyonun zayıflayabildiği bildirilmiştir (della Bona and van Noort 1998). Bu uygulamalar yüzey enerjisinin artmasının sağlayarak, seramik yüzeyin ıslanabilirliğini arttırır (Leinfelder, Isenberg, and Essig 1989). Yüzey yapısının değiştirilmesi sayesinde mikromekanik retansiyon sağlayarak iyi bir rezin bağlantı elde edilmesine katkıda bulunur (Trinkner and Rosenthal 1998).

Güngör ve arkadaşları (2016) yaptıkları bir çalışmada rezin matriks seramiklerin, kompozit rezin ile tamirinde yüzey işlemlerinin makaslama bağlanma dayanımına etkisini incelemişlerdir. Çalışmada Lava Ultimate, Vita Enamic ve GC Cerasmart örneklere; alüminyum oksit ile kumlama, hidroflorik asit uygulamasını takiben silan uygulaması ve frezleme olmak üzere üç farklı yüzey işlemi uygulamışlardır. Kontrol grubuna herhangi bir yüzey işlemi uygulanmamıştır. Örneklerin yarısına ise termal döngü uygulamışlardır. Frezle pürüzlendirme grubunda, hidroflorik asit ile silan uygulanan grupta bağlantı dayanım değerlerini daha yüksek bulmuşlardır. Kontrol grubu dışındaki tüm gruplarda ortalama bağlanma dayanımı değerleri ortalaması 15 MPa değerine yakın olduğu ve bu değerin klinik uygulamalar için kabul edilebilir olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmamızda lityum disilikat içerikli seramik blok olan IPS e.max CAD, diğer rezin matriks içeren seramik blok olan Vita Enamic ve Cerasmart'a göre daha düşük bağlanma değeri görülmüştür. Daha önce yapılan çalışmalarda mikromekanik pürüzlendirme ile yüzey

hazırlığı yapılan rezin matriks içeren seramiklerde, rezin matriksin bozularak, doldurucuları açığa çıkarması sayesinde pürüzlendirme yaptığı belirtilmiştir (Hatirli et al. 2020; Spitznagel et al. 2014). Bu düzensiz yapı sayesinde bonding ajanının daha iyi bir mekanik bağlantıyla kompozit rezine bağlanması sağlanılabilir.

Çalışmamızda kullanılan G2-Bond Universal'in kullanım talimatlarına göre restorasyon yüzeyi elmas frezle pürüzlendirilmesi önerilmiştir (Anon n.d.). Restorasyon yüzeyi cam seramik veya hibrit seramik içeriyorsa, G2-BOND Universal uygulamasından önce bu yüzeylere G-Multi Primer gibi bir silan bağlama maddesi uygulanması tavsiye edilmiştir (Anon n.d.).

Organik ve inorganik bileşenleri, silanlar yapılarındaki çift fonksiyonlu gruplar sayesinde birbirine bağlayabilmektedirler. Silan, kompozitte açığa çıkan dolduruculara silanın yapısındaki siloksan aracılığıyla bağlanır (Spitznagel et al. 2014). Silanın yanında şişeye eklenen asidik monomer 10-metakriloksidesildihidrojen fosfat (MDP) zirkonya, alümina ve bazı metallere kimyasal olarak bağlanabilir (Hatirli et al. 2020). MDP, başlangıçta metal oksitlere bağlanmak üzere tasarlanmıştır. Fakat daha sonrasında kullanımı oksit seramiklere kadar genişletilmiştir. Ayrıca MDP, uygulanan yüzeylerin ıslanabilirliğini arttırması sayesinde bağlanma dayanımını güçlendirir (Ellakwa et al. 2003). MDTP (10-metakriloiloksidesil dihidrojen tiyofosfat) ise değerli metallere bağlanmada etkilidir. Çalışmamızda kullanılan G-Multi Primer'in içeriğinde silan, MDP ve MDTP bulunmaktadır.

Yoshihara ve arkadaşları (2016) yaptıkları bir çalışmada ise rezin nanoseramik bloklara iki farklı adeziv sistem (silan içeren ve silan içermeyen) uygulamışlar ve bu grupları da kendi içlerinde ikiye ayırmışlardır. Gruplardan bir kısmına silan uygulamasından sonra farklı rezin simanlar uygulamışlardır. Diğer silan uygulanmayan gruplara da rezin simanlar uygulamışlardır. Araştırmacılar makaslama bağlanma testi yaparak örneklerin bağlantı dayanımlarını değerlendirmişlerdir. Çalışmada, silan uygulanmayan tüm örnek gruplarında silan uygulanan örneklerden daha düşük bağlantı dayanım değerleri bildirilmiştir.

Kırılma tipinde; IPS e.max CAD akışkan veya tepilebilir kompozit ile tamirinde çoğunlukla adeziv tipte kırılmalar gözlenmesine karşı Cerasmart ve Vita Enamic bloğun akışkan veya tepilebilir kompozit ile olan kırılma tipi CAD/CAM koheziv olarak olduğu gözlemlenmiştir. Cerasmart ve Vita Enamic materyallerinden, IPS e.max CAD bloğa göre daha güçlü bağlanma dayanımları elde edilmiştir. IPS e.max CAD materyalinde daha yüksek

oranda adeziv kopma tipinin olmasının sebebi bu materyale olan bağlanma dayanım değerlerinin diğer CAD/CAM lere göre daha düşük olması ve tamir materyali ile IPS e.max CAD'in materyal içeriğinin farklılığın kaynaklanmış olduğu düşünülebilir.

Belirli kriterler göz önünde alınarak in-vitro çalışmaların sonuçları değerlendirilmelidir. Asıl belirleyici olan ise klinik çalışmaların (in-vivo) sonuçları olmalıdır. Çünkü in vitro çalışmalarda çoğunlukla göz önüne alınamayan preparasyon dizaynı ve restorasyonun üç boyutlu geometrisi gibi birçok değişken restorasyonların tamirinin uzun dönem klinik başarısını ve performansını etkileyebilir. Hipotez üstüne kurulan ve sınırlaması olan parametrelerle ağız içindeki durum yeterince taklit edilemeyebilir (Blatz 2002). Çalışmamızda kullanılan örnek yüzeylerinin ağız içi restorasyonların geometrik formuna göre olmayan düz bir yüzey olarak hazırlanması ve tamir materyali olarak kullanılan rezin kompozitlerin bu hazırlanan yüzeylere bağlanma dayanımlarının ölçülmesi çalışmamızın limitasyonlarındandır.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmanın sınırları dahilinde;

1-Rezin bazlı CAD/CAM materyallerin tamirinde G-Aenial Flo veya G-Aenial Posterior kullanılabilir.

2-Tepilebilir kompozit ve akışkan kompozit Cerasmart ile Vita Enamic'e yüksek bağlanırken IPS e.max CAD'e daha düşük bağlanır. IPS e.max CAD tamir sürecinde farklı yöntemlere başvurmak faydalı olabilir.

3-Cerasmart ile Vita Enamic'e olan bağlanma dayanım değerlerinin daha yüksek olması kopma tiplerinin adeziv çoğunluktan CAD/CAM koheziv çoğunluğa geçmesine sebep olmuş olabilir.

7. KAYNAKLAR:

Alamoush, Rasha A., Nick Silikas, Nesreen A. Salim, Suhad Al-Nasrawi, and Julian D. Satterthwaite. 2018. 'Effect of the Composition of CAD/CAM Composite Blocks on Mechanical Properties'. *BioMed Research International* 2018. doi: 10.1155/2018/4893143.

Alghazzawi, Tariq F. 2016. 'Advancements in CAD/CAM Technology: Options for Practical Implementation'. *Journal of Prosthodontic Research* 60(2):72–84. doi: 10.1016/J.JPOR.2016.01.003.

Andersson, Matts, Lennart Carlsson, Magnus Persson, and Bo Bergman. 1996. 'Accuracy of Machine Milling and Spark Erosion with a CAD/CAM System'. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 76(2):187–93. doi: 10.1016/S0022-3913(96)90305-4.

Anon. n.d. 'Https://Www.Gc.Dental/Europe/Sites/Europe.Gc.Dental/Files/Products/Downloads/G2bond universal/Ifu/IFU_g2bonduniversal_W.Pdf'.

Atabek, D., H. Sillelioglu, and A. Ölmez. 2010. 'The Efficiency of a New Polishing Material: Nanotechnology Liquid Polish'. *Operative Dentistry* 35(3):362–69. doi: 10.2341/09-196-T.

Attia, Ahmed, and Matthias Kern. 2004. 'Fracture Strength of All-Ceramic Crowns Luted Using Two Bonding Methods'. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 91(3):247–52. doi: 10.1016/J.PROSDENT.2003.12.005.

Baroudi, Kusai, and Shukran Nasser Ibraheem. 2015. 'Assessment of Chair-Side Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing Restorations: A Review of the Literature'. *Journal of International Oral Health : JIOH* 7(4):96.

Bessing, C., and M. Bergman. 1992. 'The Castability of Unalloyed Titanium in Three Different Casting Machines.' *Swedish Dental Journal* 16(3):109–13.

Beuer, F., J. Schweiger, and D. Edelhoff. 2008. 'Digital Dentistry: An Overview of Recent Developments for CAD/CAM Generated Restorations'. *British Dental Journal 2008 204:9* 204(9):505–11. doi: 10.1038/sj.bdj.2008.350.

Birnbaum, Nathan S., and Heidi B. Aaronson. 2008. 'Dental Impressions Using 3D Digital Scanners: Virtual Becomes Reality.' *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)* 29(8):494–96.

Blatz, Markus B. 2002. 'Long-Term Clinical Success of All-Ceramic Posterior Restorations.' *Quintessence International* 33(6).

Blatz, Markus B., and Julian Conejo. 2019. 'The Current State of Chairside Digital Dentistry and Materials'. *Dental Clinics of North America* 63(2):175–97. doi: 10.1016/J.CDEN.2018.11.002.

Blatz, Markus B., Avishani Sadan, and Matthias Kern. 2003. 'Resin-Ceramic Bonding: A Review of the Literature'. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 89(3):268–74. doi: 10.1067/MPR.2003.50.

della Bona, A., and R. van Noort. 1998. 'Ceramic Surface Preparations for Resin Bonding.' *American Journal of Dentistry* 11(6):276–80.

Bowen, R. L. 1962. 'Dental Filling Material Comprising Vinyl Silane-Treated Fused Silica and a Binder Consisting of a Reaction Product of Bisphenol and Glycidylmethacrylate'.

Bowen, R. L. 1982. 'Composite and Sealant Resins: Past, Present and Future'. *Pediatr Dent* 4(1):10–15.

CANTÜRK, Kübra, Buket KARALAR, Ömer SAĞSÖZ, Nilgün SEVEN, Nurdan POLAT SAĞSÖZ, and Yusuf ZİYA BAYINDIR. 2019. 'FARKLI ÜNİVERSAL BAĞLAYICI AJANLARIN CAD/CAM SERAMİKLERİN KOMPOZİT REZİN İLE TAMİRİ SONRASI BAĞLANMA KUVVETİNE ETKİSİ'. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 29(3):381–86. doi: 10.17567/ATAUNIDFD.528323.

Chai, John, Yutaka Takahashi, Frankie Sulaiman, Kok-heng Chong, and Eugene P. Lautenschlager. 2000. 'Probability of Fracture of All-Ceramic Crowns.' *International Journal of Prosthodontics* 13(5).

Chirumamilla, Geetika, Cary E. Goldstein, and Nathaniel C. Lawson. 2016. 'A 2-Year Retrospective Clinical Study of Enamic Crowns Performed in a Private Practice Setting'. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry : Official Publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et Al.]* 28(4):231–37. doi: 10.1111/JERD.12206.

Christensen, Gordon J. 2001. 'Computerized Restorative Dentistry. State of the Art'. *Journal of the American Dental Association (1939)* 132(9):1301–3. doi: 10.14219/JADA.ARCHIVE.2001.0377.

Christensen, Gordon J. 2008. 'In-Office CAD/CAM Milling of Restorations: The Future?' *Journal of the American Dental Association* 139(1):83–85. doi: 10.14219/jada.archive.2008.0025.

Coldea, Andrea, Michael v. Swain, and Norbert Thiel. 2013. 'Mechanical Properties of Polymer-Infiltrated-Ceramic-Network Materials'. *Dental Materials : Official Publication of the Academy of Dental Materials* 29(4):419–26. doi: 10.1016/J.DENTAL.2013.01.002.

Cramer, N. B., J. W. Stansbury, and C. N. Bowman. 2011. 'Recent Advances and Developments in Composite Dental Restorative Materials'. *Journal of Dental Research* 90(4):402. doi: 10.1177/0022034510381263.

Davidowitz, Gary, and Philip G. Kotick. 2011. 'The Use of CAD/CAM in Dentistry'. *Dental Clinics of North America* 55(3):559–70. doi: 10.1016/J.CDEN.2011.02.011.

Dayangaç, Berrin. 2000. *Kompozit Rezin Restorasyonlar*. Güneş Kitabevi.

Duret, F., J. L. Blouin, and B. Duret. 1988. 'CAD-CAM in Dentistry'. *The Journal of the American Dental Association* 117(6):715–20. doi: 10.14219/JADA.ARCHIVE.1988.0096.

Duret, F., and J. D. Preston. 1991. 'CAD/CAM Imaging in Dentistry.' *Current Opinion in Dentistry* 1(2):150–54.

Eidenbenz, Stefan, Christian R. Lehner, and Peter Schärer. 1994. 'Copy Milling Ceramic Inlays From Resin Analogs: A Practicable Approach With the CELAY System.' *International Journal of Prosthodontics* 7(2).

Ellakwa, Ayman E., A. C. Shortall, F. J. Burke, and Peter M. Marquis. 2003. 'Effects of Grit Blasting and Silanization on Bond Strengths of a Resin Luting Cement to Belleglass HP Indirect Composite.' *American Journal of Dentistry* 16(1):53–57.

Fasbinder, Dennis J. 2010. 'Materials for Chairside CAD/CAM Restorations'. *Compend Contin Educ Dent* 31(9):702–4.

Fasbinder, Dennis J. 2012. 'Chairside CAD/CAM: An Overview of Restorative Material Options.' *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)* 33(1):50–52.

Feuerstein, Paul. 2004. 'Can Technology Help Dentists Deliver Better Patient Care?' *Journal of the American Dental Association (1939)* 135 Suppl:11S-16S. doi: 10.14219/JADA.ARCHIVE.2004.0414.

Fleming, Garry J. R., Marie M. Dobinson, Gabriel Landini, and Jonathan J. Harris. 2005. 'An In-Vitro Investigation of the Accuracy of Fit of Procera and Empress Crowns.' *The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry* 13(3):109–14.

Fradeani, Mauro, Michele D'Amelio, Marco Redemagni, and Marcantonio Corrado. 2005. 'Five-Year Follow-up with Procera All-Ceramic Crowns.' *Quintessence International* 36(2).

Gajewski, Vinícius E. S., Carmem S. Pfeifer, Nívea R. G. Fróes-Salgado, Letícia C. C. Boaro, and Roberto R. Braga. 2012. 'Monomers Used in Resin Composites: Degree of Conversion, Mechanical Properties and Water Sorption/Solubility'. *Brazilian Dental Journal* 23(5):508–14. doi: 10.1590/S0103-64402012000500007.

Gibbs, Charles H., Theodore Messerman, James B. Reswick, and Harry J. Derda. 1971. 'Functional Movements of the Mandible'. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 26(6):604–20. doi: 10.1016/0022-3913(71)90085-0.

Gracis, Stefano, Van Thompson, Jonathan Ferencz, Nelson Silva, and Estevam Bonfante. 2015. 'A New Classification System for All-Ceramic and Ceramic-like Restorative Materials'. *The International Journal of Prosthodontics* 28(3):227–35. doi: 10.11607/IJP.4244.

Guess, Petra C., Ricardo A. Zavanelli, Nelson R. F. A. Silva, Estevam A. Bonfante, Paulo G. Coelho, and Van P. Thompson. 2010. 'Monolithic CAD/CAM Lithium Disilicate versus Veneered Y-TZP Crowns: Comparison of Failure Modes and Reliability after Fatigue.' *International Journal of Prosthodontics* (5).

Güngör, Merve Bankoglu, Seçil Karakoca Nemli, Bilge Turhan Bal, Senem Ünver, and Aylin Dogan. 2016. 'Effect of Surface Treatments on Shear Bond Strength of Resin Composite Bonded to CAD/CAM Resin-Ceramic Hybrid Materials'. *The Journal of Advanced Prosthodontics* 8(4):259–66. doi: 10.4047/JAP.2016.8.4.259.

Habib, Eric, Ruili Wang, Yazi Wang, Meifang Zhu, and X. X. Zhu. 2016. 'Inorganic Fillers for Dental Resin Composites: Present and Future'. *ACS Biomaterials Science & Engineering* 2(1):1–11. doi: 10.1021/ACSBIOMATERIALS.5B00401.

Hampe, R., B. Theelke, N. Lü, M. Eichberger, B Stawarczyk, Bogna Stawarczyk, and Dr Dipl-Ing. 2019. 'Fracture Toughness Analysis of Ceramic and Resin Composite CAD/CAM Material'. *Operative Dentistry* 44(4):E190–201. doi: 10.2341/18-161-L.

Hatirli, Hüseyin, Emine Şirin Karaarslan, Zülal TEKİROĞLU YELKEN, Gülşah Tonga, and Osman Demir. 2020. 'Hibrid Seramik ve Kompozit Rezin Bağlanma Dayanımında, Farklı Yüzey Hazırlıkları ve Üniversal Adeziv Uygulamalarının Etkisi.' *Turkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences* 26(3).

Hervás García, Adela, Martínez Lozano, Jose Cabanes Vila, Amaya Barjau Escribano, and Pablo Fos Galve. 2006. 'Composite Resins: A Review of the Materials and Clinical Indications'.

Heymann, Harald O., André v Ritter, and Theodore M. Roberson. 2014. 'Introduction to Composite Restorations'. *Sturdevant's Art & Science of Operative Dentistry-E-Book* 216.

Hickel, R., W. Dasch, A. Mehl, and L. Kremers. 1997. 'CAD/CAM--Fillings of the Future?' *International Dental Journal* 47(5):247–58. doi: 10.1002/J.1875-595X.1997.TB00785.X.

Jemt, Torsten. 1996. 'In Vivo Measurements of Precision of Fit Involving Implant-Supported Prostheses in the Edentulous Jaw.' *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 11(2).

Kalra, Ashish, Murali S. Mohan, and E. Mahesh Gowda. 2015. 'Comparison of Shear Bond Strength of Two Porcelain Repair Systems after Different Surface Treatment'. *Contemporary Clinical Dentistry* 6(2):196. doi: 10.4103/0976-237X.156045.

KARAALİOĞLU, Arş. Grv. Dt. Osman Fatih, and Prof. Dr. Zeynep Yeşil DUYMUŞ. 2008. 'DİŞ HEKİMLİĞİNDE UYGULANAN CAD/CAM SİSTEMLERİ'. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2008(1):25–32.

Kassis, Cynthia, Pierre Khoury, Carina Z. Mehanna, Nadim Z. Baba, Fadi Bou Chebel, Maha Daou, and Louis Hardan. 2021. 'Effect of Inlays, Onlays and Endocrown Cavity Design Preparation on Fracture Resistance and Fracture Mode of Endodontically Treated Teeth: An In Vitro Study'. *Journal of Prosthodontics* 30(7):625–31. doi: 10.1111/JOPR.13294.

Kelly, J. Robert, Paula Benetti, Patchanee Rungruanganunt, and Alvaro della Bona. 2012. 'The Slippery Slope – Critical Perspectives on in Vitro Research Methodologies'. *Dental Materials* 28(1):41–51. doi: 10.1016/J.DENTAL.2011.09.001.

Kelly, J. Robert, Ichiro Nishimura, and Stephen D. Campbell. 1996. 'Ceramics in Dentistry: Historical Roots and Current Perspectives'. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 75(1):18–32. doi: 10.1016/S0022-3913(96)90413-8.

Kimmich, Magdalena, and Christian F. J. Stappert. 2013. 'Intraoral Treatment of Veneering Porcelain Chipping of Fixed Dental Restorations: A Review and Clinical Application'. *Journal of the American Dental Association (1939)* 144(1):31–44. doi: 10.14219/JADA.ARCHIVE.2013.0011.

Kimyai, Soodabeh, Siavash Savadi Oskoee, Narmin Mohammadi, Sahand Rikhtegaran, Mahmoud Bahari, Parnian Alizadeh Oskoee, and Hafez Vahedpour. 2015. 'Effect of Different Mechanical and Chemical Surface Treatments on the Repaired Bond Strength of an Indirect Composite Resin'. *Lasers in Medical Science* 30(2):653–59. doi: 10.1007/S10103-013-1391-5/FIGURES/2.

Klapdohr, Simone, and Norbert Moszner. 2005. 'New Inorganic Components for Dental Filling Composites'. *Monatshefte Fur Chemie* 136(1):21–45. doi: 10.1007/S00706-004-0254-Y/METRICS.

Knight, James S., W. Dan Sneed, and Michael C. Wilson. 2000. 'Strengths of Composite Bonded to Base Metal Alloy Using Dentin Bonding Systems'. *Journal of Prosthetic Dentistry* 84(2):149–53. doi: 10.1067/mpr.2000.107917.

Kupeyan, Herman K., Matt Shaffner, and Joseph Armstrong. 2006. 'Definitive CAD/CAM-Guided Prosthesis for Immediate Loading of Bone-Grafted Maxilla: A Case Report'. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* 8(3):161–67. doi: 10.1111/J.1708-8208.2006.00018.X.

Kwon, Tae Yub, Rafat Bagheri, Young K. Kim, Kyo Han Kim, and Michael F. Burrow. 2012. 'Cure Mechanisms in Materials for Use in Esthetic Dentistry'. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry* 3(1):3–16. doi: 10.1111/J.2041-1626.2012.00114.X.

Labella, R., P. Lambrechts, B. van Meerbeek, and G. Vanherle. 1999. 'Polymerization Shrinkage and Elasticity of Flowable Composites and Filled Adhesives'. *Dental Materials : Official Publication of the Academy of Dental Materials* 15(2):128–37. doi: 10.1016/S0109-5641(99)00022-6.

Leinfelder, K. F., B. P. Isenberg, and M. E. Essig. 1989. 'A New Method for Generating Ceramic Restorations: A CAD-CAM System'. *The Journal of the American Dental Association* 118(6):703–7. doi: 10.14219/JADA.ARCHIVE.1989.0156.

Lundvall, Per Kristian, Eystein Ruyter, Hans Jacob Rønold, and Karl Ekstrand. 2012. 'Comparison of Different Etching Agents and Repair Materials Used on Feldspathic Porcelain'. *Https://Doi.Org/10.1163/156856109X452684* 23(7–8):1177–86. doi: 10.1163/156856109X452684.

Lutz, Felix, and Ralph W. Phillips. 1983. 'A Classification and Evaluation of Composite Resin Systems'. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 50(4):480–88. doi: 10.1016/0022-3913(83)90566-8.

Marchack, Christopher B. 2007. 'CAD/CAM-Guided Implant Surgery and Fabrication of an Immediately Loaded Prosthesis for a Partially Edentulous Patient'. *Journal of Prosthetic Dentistry* 97(6):389–94. doi: 10.1016/S0022-3913(07)60028-6.

Matinlinna, Jukka Pekka, Christie Ying Kei Lung, and James Kit Hon Tsoi. 2018. 'Silane Adhesion Mechanism in Dental Applications and Surface Treatments: A Review'. *Dental Materials : Official Publication of the Academy of Dental Materials* 34(1):13–28. doi: 10.1016/J.DENTAL.2017.09.002.

Mehl, A., and R. Hickel. 1999. 'Current State of Development and Perspectives of Machine-Based Production Methods for Dental Restorations.' *International Journal of Computerized Dentistry* 2(1):9–35.

Miyazaki, Takashi, Yasuhiro Hotta, Jun Kunii, Soichi Kuriyama, and Yukimichi Tamaki. 2009. 'A Review of Dental CAD/CAM: Current Status and Future Perspectives from 20 Years of Experience'. *Dental Materials Journal* 28(1):44–56. doi: 10.4012/DMJ.28.44.

Mörmann, Werner H. 2006. 'The Evolution of the CEREC System'. *The Journal of the American Dental Association* 137(9 SUPPL.):7S-13S. doi: 10.14219/JADA.ARCHIVE.2006.0398.

Neis, Christian Alencar, Nadine Luisa Guimarães Albuquerque, Ivo de Souza Albuquerque, Erica Alves Gomes, Celso Bernardo de Souza-Filho, Victor Pinheiro Feitosa, Aloisio Oro Spazzin, and Atais Bacchi. 2015. 'Surface Treatments for Repair of Feldspathic, Leucite - and Lithium Disilicate-Reinforced Glass Ceramics Using Composite Resin'. *Brazilian Dental Journal* 26(2):152–55. doi: 10.1590/0103-6440201302447.

Nguyen, J. F., D. Ruse, A. C. Phan, and M. J. Sadoun. 2014. 'High-Temperature-Pressure Polymerized Resin-Infiltrated Ceramic Networks'. *Journal of Dental Research* 93(1):62. doi: 10.1177/0022034513511972.

Nihei, Tomotaro. 2016. 'Dental Applications for Silane Coupling Agents'. *Journal of Oral Science* 58(2):151–55. doi: 10.2334/JOSNUSD.16-0035.

Niu, Eva, Marcus Agustin, and R. Duane Douglas. 2014. 'Color Match of Machinable Lithium Disilicate Ceramics: Effects of Cement Color and Thickness'. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 111(1):42–50. doi: 10.1016/J.PROSDENT.2013.09.005.

Otto, Tobias, and Sabatino de Nisco. 2002. 'Computer-Aided Direct Ceramic Restorations: A 10-Year Prospective Clinical Study of Cerec CAD/CAM Inlays and Onlays.' *International Journal of Prosthodontics* 15(2).

Özcan, M. 2003. 'Fracture Reasons in Ceramic-Fused-to-Metal Restorations'. *Journal of Oral Rehabilitation* 30(3):265–69. doi: 10.1046/J.1365-2842.2003.01038.X.

Pagniano, Roland P., Robert R. Seghi, Stephen F. Rosenstiel, Rentong Wang, and Noriko Katsube. 2005. 'The Effect of a Layer of Resin Luting Agent on the Biaxial Flexure Strength of Two All-Ceramic Systems'. *Journal of Prosthetic Dentistry* 93(5):459–66. doi: 10.1016/j.prosdent.2005.02.012.

Palin, Will, and F. J. Trevor Burke. 2005. 'Trends in Indirect Dentistry: 8. CAD/CAM Technology'. *Dental Update* 32(10):566–72. doi: 10.12968/DENU.2005.32.10.566.

Papia, Evaggelia, Christel Larsson, Madeleine du Toit, and Per Vult von Steyern. 2014. 'Bonding between Oxide Ceramics and Adhesive Cement Systems: A Systematic Review'. *Journal of Biomedical Materials Research. Part B, Applied Biomaterials* 102(2):395–413. doi: 10.1002/JBM.B.33013.

Persson, Magnus, Matts Andersson, and Bo Bergman. 1995. 'The Accuracy of a High-Precision Digitizer for CAD/CAM of Crowns'. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 74(3):223–29. doi: 10.1016/S0022-3913(05)80127-1.

POLAT SAĞSÖZ, NURDAN, YUSUF ZİYA BAYINDIR, Kübra CANTÜRK, Buket KARALAR, Nilgün SEVEN, and ÖMER SAĞSÖZ. 2019. 'FARKLI ÜNİVERSAL BAĞLAYICI AJANLARIN CAD/CAM SERAMİKLERİN KOMPOZİT REZİN İLE TAMİRİ SONRASI BAĞLANMA KUVVETİNE ETKİSİ'. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 29(3):381–86.

Priest, George. 2005. 'Virtual-Designed and Computer-Milled Implant Abutments'. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 63(9):22–32. doi: 10.1016/J.JOMS.2005.05.158.

PROBSTER, L., J. GEIS-GERSTORFER, E. KIRCHNER, and P. KANJANTRA. 1997. 'In Vitro Evaluation of a Glass-Ceramic Restorative Material'. *Journal of Oral Rehabilitation* 24(9):636–45. doi: 10.1046/J.1365-2842.1997.00560.X.

Rampf, Markus, Marc Dittmer, Christian Ritzberger, Marcel Schweiger, and Wolfram Höland. 2015. 'Properties and Crystallization Phenomena in Li2Si2O5-Ca5(PO4)3F and Li2Si2O5-Sr5(PO4)3F Glass-Ceramics Via Twofold Internal Crystallization'. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* 3(SEP). doi: 10.3389/FBIOE.2015.00122.

Rekow, E. D. 1991. 'Dental CAD-CAM Systems: What Is the State of the Art?' *The Journal of the American Dental Association* 122(12):42–48. doi: 10.14219/JADA.ARCHIVE.1991.0205.

Reston, Eduardo Galia, S. C. Filho, Guilherme Arossi, Rafael Barreto Cogo, C. S. Rocha, and Luciane Quadrado Closs. 2008. 'Repairing Ceramic Restorations: Final Solution or Alternative Procedure?' *Operative Dentistry* 33(4):461–66.

Sadeghi, Mostafa, Abdolrahim Davari, Amin Abolghasami Mahani, and Hamid Hakimi. 2015. 'Influence of Different Power Outputs of Er:YAG Laser on Shear Bond Strength of a Resin Composite to Feldspathic Porcelain'. *Journal of Dentistry* 16(1):30.

Sannino, G., F. Germano, L. Arcuri, E. Bigelli, C. Arcuri, and A. Barlattani. 2014. 'CEREC CAD/CAM Chairside System'. *Oral & Implantology* 7(3):57. doi: 10.11138/orl/2014.7.3.057.

Santos Jr, Gildo Coelho, M. J. Santos Jr, Amin S. Rizkalla, Dalia A. Madani, and Omar El-Mowafy. 2013. 'Overview of CEREC CAD/CAM Chairside System.' *General Dentistry* 61(1):36–40.

Schwendicke, F., U. Blunck, Y. K. Tu, and G. Göstemeyer. 2018. 'Does Classification of Composites for Network Meta-Analyses Lead to Erroneous Conclusions?' *Operative Dentistry* 43(2):213–22. doi: 10.2341/16-344-LIT.

Siang Soh, Mui, Alan Sellinger, and Adrian Uj Yap. 2006. 'Dental Nanocomposites'. *Current Nanoscience* 2(4):373–81.

Siervo, S., A. Pampalone, G. Valenti, B. Bandettini, and R. Siervo. 1992. 'Porcelain CAD-CAM Veneers. Some New Uses Explored'. *Journal of the American Dental Association (1939)* 123(4):63–67. doi: 10.14219/JADA.ARCHIVE.1992.0099.

Spitznagel, Frank A., Sebastian D. Horvath, Petra C. Guess, and Markus B. Blatz. 2014. 'Resin Bond to Indirect Composite and New Ceramic/Polymer Materials: A Review of the Literature'. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry : Official Publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et Al.]* 26(6):382–93. doi: 10.1111/JERD.12100.

Suliman, Abdul Haq A., Edward J. Swift, and Jorge Perdigao. 1993. 'Effects of Surface Treatment and Bonding Agents on Bond Strength of Composite Resin to Porcelain'. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 70(2):118–20. doi: 10.1016/0022-3913(93)90004-8.

Tinschert, J., D. Zwez, R. Marx, and K. J. Anusavice. 2000. 'Structural Reliability of Alumina-, Feldspar-, Leucite-, Mica- and Zirconia-Based Ceramics'. *Journal of Dentistry* 28(7):529–35. doi: 10.1016/S0300-5712(00)00030-0.

Tinscherta, J., G. Nattb, S. Hassenpflugb, and H. Spiekermanna. 2004. 'Status of Current CAD/CAM Technology in Dental Medicine Stand Der Aktuellen CAD/CAM-Technik in Der Zahnmedizin'. *Int. J. Comput. Dent* 7(1):25–45.

Trinkner, T. F., and L. Rosenthal. 1998. 'Esthetic Restoration of Anterior Dentition with Metal-Free Restorative Material'. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)* 19(12):1248–55.

Tsujimoto, Akimasa, Nicholas G. Fischer, Wayne W. Barkmeier, and Mark A. Latta. 2022. 'Bond Durability of Two-Step HEMA-Free Universal Adhesive'. *Journal of Functional Biomaterials* 13(3). doi: 10.3390/JFB13030134.

Uzun, G. 2008. 'An Overview of Dental Cad/Cam Systems'. *Biotechnology and Biotechnological Equipment* 22(1):530–35. doi: 10.1080/13102818.2008.10817506.

Wolf, D. M., J. M. Powers, and K. L. O'Keefe. 1992. 'Bond Strength of Composite to Porcelain Treated with New Porcelain Repair Agents'. *Dental Materials : Official Publication of the Academy of Dental Materials* 8(3):158–61. doi: 10.1016/0109-5641(92)90074-M.

Yavuzyılmaz, H., A. Arıkan, and B. Yurdakoru. 1986. 'Kompozit Rezinler'. *Marmara Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi* 2:32–39.

Yoshihara, Kumiko, Noriyuki Nagaoka, Akinari Sonoda, Yukinori Maruo, Yoji Makita, Takumi Okihara, Masao Irie, Yasuhiro Yoshida, and Bart Van Meerbeek. 2016. 'Effectiveness and Stability of Silane Coupling Agent Incorporated in "universal" Adhesives'. *Dental Materials :*

Official Publication of the Academy of Dental Materials 32(10):1218–25. doi: 10.1016/J.DENTAL.2016.07.002.

van der Zel, Jef M. 1993. 'Ceramic-Fused-to-Metal Restorations with a New CAD/CAM System.' *Quintessence International* 24(11).