

T.C.
AFYONKARAHİSAR SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ DİŞ
HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

ÜÇ BOYUTLU YAZICI İLE FARKLI DENTAL
REÇİNELERDEN FARKLI KÜRLEME SÜRELERİ İLE
ÜRETİLEN İNLEY RESTORASYONLARIN DOĞRULUĞUNUN
DEĞERLENDİRİLMESİ

Yasemin ÖZDEN
DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ
Tez No: 41

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Latife ALTINOK UYGUN

2024 – AFYONKARAHİSAR

T.C.
AFYONKARAHİSAR SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ DİŞ
HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
Restoratif Dış Tedavisi Anabilim Dalı

ÜÇ BOYUTLU YAZICI İLE FARKLI DENTAL
REÇİNELERDEN FARKLI KÜRLEME SÜRELERİ İLE
ÜRETİLEN İNLEY RESTORASYONLARIN DOĞRULUĞUNUN
DEĞERLENDİRİLMESİ

Arş. Gör. Dt. Yasemin ÖZDEN
DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Latife ALTINOK UYGUN

Bu çalışma; Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Bilimsel Araştırma
Projeleri Komisyonu tarafından 23.DUS.007 proje numarası ile desteklenmiştir.

2024- AFYONKARAHİSAR

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK SAYFASI

Çalışmamızın etik kurul onayı Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı'ndan alınmıştır. (03.11.2023 tarihli 2023/465 sayılı karar) (EK-1) Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim.



TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmam süresince bilgisini, desteğini ve güler yüzünü hiçbir zaman esirgemeyen ve her adımda yanımda hissettiğim çok değerli danışman hocam, ana bilim dalı başkanımız Sayın Dr. Öğr. Üyesi Latife Altınok Uygun'a,

Uzmanlık eğitimim boyunca benimle bilgi ve deneyimlerini paylaşan bölüm hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Cemile Yılmaz ve Dr. Öğr. Üyesi Rahime Zeynep Erdem'e,

Klinikte birlikte çalışmaktan keyif aldığım Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı'ndaki çalışma arkadaşlarım Ramazan Şevik ve Rahşan Erdem'e ve bölüm personelleri Ahmet Karabacak ve Şermin Ömür'e,

Bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan ve verilerin değerlendirilmesinde emeği geçen Değerli Hocam Dr. Öğr. Üyesi Safa Özden ve Dr. Öğr. Üyesi Farhad Salmanpour' a,

Hayatım boyunca bana her konuda güç veren, bugünlere gelmemi sağlayan, öğrenme ve okuma azmimi ondan aldığım en büyük destekçim sevgili annem Fadime Öztan' a ve yardımlarını esirgemeyen babam Gürsel Öztan' a,

Hayatta varlıklarıyla beni mutlu eden, daima destekçim olan canım kardeşlerim Feridun Öztan, Muharrem Öztan ve Muhammet Öztan' a,

Hayatıma girdiği ilk andan itibaren sevgisi hayatımı güzelleştiren, elini her zaman omzumda hissettiğim ve bu yolda beraber yürüdüğüm sevgili eşim Dr. Öğr. Üyesi Safa Özden' e,

Dünyaya gelişleriyle ailemize umut ve neşe katan güzel kızlarım Betül Özden ve Büşra Özden' e,

Saygılarımı ve sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÜÇ BOYUTLU YAZICI İLE FARKLI DENTAL REÇİNELERDEN FARKLI KÜRLEME SÜRELERİ İLE ÜRETİLEN İNLEY RESTORASYONLARIN DOĞRULUĞUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yasemin Özden

Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı

Diş Hekimliğinde Uzmanlık Tezi

Haziran 2024

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Latife Altınok Uygun

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı; üç boyutlu yazıcı ile farklı daimî dental reçinelerden, üç farklı kürleme süresi uygulanarak üretilen inley restorasyonların yüzey doğruluklarının tersine mühendislik yazılım programı aracılığıyla incelenmesidir.

Gereç ve Yöntem: Mandibular birinci molar fantom diş ağız içi tarayıcı ile taranarak dijital ortama aktarıldı. Dijital tasarım programı aracılığıyla inley kavitesi ve inley restorasyon tasarımları hazırlandı. Hazırlanan inley restorasyon tasarımı, üç boyutlu yazıcıya aktarıldı. LCD (sıvı kristal ekran) teknolojisiyle çalışan yazıcı ile üç farklı daimî dental reçinenin (P-Crown V2 Ceramic, Varseo Smile Crown Plus, Saremco Print-Crowntec) her birinden 60 adet inley restorasyon üretildi. Her grup 2000, 4000 ve 6000 atım kürleme sürelerine göre üç alt gruba ayrıldı. Yazıcıya ait üretim parametreleri firma talimatları doğrultusunda ayarlanarak baskı işlemleri gerçekleştirildi. Yazıcı tablasından ayrılan örnekler ilk olarak %99'luk izopropil alkol ile yıkanıp kurutuldu. Sonrasında Otoflash G171 cihazı ile 1.2 bar nitrojen atmosferi altında kürleme işlemleri gerçekleştirildi. Kürlenen örnekler ağız içi dijital tarayıcı ile taranarak dijital veriler bilgisayar ortamına aktarıldı. Her bir örneğin dijital ölçüsü, referans tasarımıyla karşılaştırıldı ve yüzey doğruluğu incelendi. Çakıştırma sonucunda elde edilen veriler SPSS v24.0 istatistik programı yardımıyla analiz edildi.

Bulgular: Farklı daimî restorasyon reçineleri arasındaki RMS ortalamaları incelendiğinde; 6000 atım sayısında her üç reçine grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görüldü. 4000 atım kürlleme işlemi uygulandığında tüm gruplarda RMS değerinin azaldığı gözlemlendi. En düşük RMS değerleri Crowntec grubunda görülürken, en yüksek RMS değerlerinin ise Senertek grubunda bulunduğu tespit edildi.

Sonuç: 3B yazıcılarla aynı üretim protokolünde üretilen restorasyonların yüzey doğruluğu daimî dental reçine çeşidi ve farklı kürlleme sürelerinden etkilenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Üç boyutlu baskı, dental reçine, inley, indirekt restorasyon.



EVALUATION OF THE ACCURACY OF INLAY RESTORATIONS PRODUCED WITH A 3D PRINTER FROM DIFFERENT DENTAL RESINS WITH DIFFERENT CURING TIMES

Yasemin Özden

Afyonkarahisar Health Sciences University

Faculty of Dentistry Department of Restorative Dentistry Specialization Thesis

July 2024

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Latife Altınok Uygun

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to examine the surface accuracy of inlay restorations produced with three different curing times from different permanent dental resins using a reverse engineering software program.

Materials and methods: The mandibular first molar phantom tooth was scanned with an intraoral scanner and digitized. Inlay cavity and inlay restoration designs were prepared using a digital design program. The prepared inlay restoration design was transferred to a three-dimensional printer. Three different permanent dental resins (P-Crown V2 Ceramic, Varseo Smile Crown Plus, Varseo Smile Crown Plus, Saremco Print-Crowntec) were used to create 60 sample groups of each of three different permanent dental resins and 180 sample groups in total. Each group was divided into three subgroups according to 2000, 4000 and 6000 pulses curing times. The production parameters of the printer were adjusted in accordance with the company's instructions and printing processes were carried out. The samples separated from the printer table were first washed with 99% isopropyl alcohol and dried. Afterwards, curing processes were carried out with Otofash G171 device under 1.2 bar nitrogen atmosphere. The cured specimens were scanned with an intraoral digital scanner and the digital data were transferred to the computer. The digital dimension of each sample was overlaid with the reference design and the surface accuracy was examined. The data obtained as a result of registration were analyzed with the help of SPSS v24.0 statistical program.

Results: When the RMS (root mean square) values between the different permanent restoration resins were analyzed; a statistically significant difference was observed between all three resin groups at 6000 pulses. At 4000 pulses of curing, RMS values decreased in all groups. The lowest RMS values were observed in the Crowntec group, while the highest RMS values were found in the Senertek group.

Conclusion: The surface accuracy of restorations produced with 3D printers in the same production protocol is affected by the type of permanent dental resin and different curing times.

Keywords: 3D printing, dental resin, inlay, indirect restoration.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇ KAPAK.....	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK SAYFASI.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR.....	x
TABLolar DİZİNİ	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. İndirekt Restorasyonlar	5
2.2. Dijital Ölçünün İndirekt Restorasyonların Üretimindeki Rolü	7
2.3. Diş Hekimliğinde CAD/CAM Sistemleri.....	8
2.3.1. CAD/CAM Sistemlerin Avantajları.....	8
2.3.2. CAD/CAM Sistemlerin Dezavantajları	9
2.4. Eksiltmeli ve Eklemeli İmalat Teknikleri.....	9
2.4.1. Eklemeli Üretim Yöntemleri	11
2.4.2. 3B Yazıcılar	12
2.4.3. 3B Yazıcılarda Kullanılan Materyaller	18
2.4.4. 3B Yazıcıların Doğruluğunu Etkileyen Faktörler.....	21
2.5. Tersine Mühendislik Yazılımları.....	24
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	26
3.1 İş Akışı.....	26
3.2. Çalışmada Kullanılan Daimî Dental Reçineler	27
3.3. Güç Analizi.....	28
3.4. Çalışma Gruplarının Oluşturulması.....	29
3.5. İnley Kavite ve Restorasyon Dizaynı	29
3.6. İnley Restorasyonların Baskıya Hazırlanması.....	30

3.7. 3B Yazıcı ile Baskı İşlemleri.....	31
3.8 Baskı Sonrası İşlemler.....	33
3.9. Sonradan Kürleme İşlemi	35
3.9. Üretimi Tamamlanan İnceleylerin Dijital Ortama Aktarılması	36
3.10. Dijital Yazılımda Çakıştırma İşlemlerinin Yapılması	37
3.11. İstatistiksel Analiz	39
4. BULGULAR.....	40
4.1. Kontrol Restorasyonu ile Test Restorasyonlarının 3B Dijital Yüzey Çakıştırması Sonucu Elde Edilen Bulgular	40
4.1.1 RMS Değerleri.....	40
4.1.2. Total Çakışma	41
5. TARTIŞMA.....	43
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	57
7. KAYNAKÇA.....	58
EKLER.....	72

KISALTMALAR

μm : Mikrometre

mm : Milimetre

nm : Nanometre

3B : 3 Boyutlu

2B : 2 Boyutlu

BT : Bilgisayarlı Tomografi

MR : Manyetik Rezonans

CAD/CAM : Computer-aided design-Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD)

and Computer-aided manufacturing-Bilgisayar Destekli Üretim (CAM)

DICOM : Digital Imaging and Communications in Medicine

KIBT : Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi

LED : Light Emitting Diode- Işık Yayan Diyot

DLP : Digital Light Processing – Dijital Işık İşleme

STL : Standard Tessellation Language –Standart Mozaikleme Dili

PLY : Poligon File Format

OBJ : Wavefront Object

ASCII : American Standard Code for Information Interchange- Bilgi Değişimi İçin Amerikan Standart Kodlama Sistemi

ASTM : American Society for Testing and Materials- Amerikan Test ve Malzemeler Komitesi

SLA : Stereo Lithography Appearance – Tarayarak Işıkla Kürleme

LCD : Liquid Cristal Display- Sıvı Kristal Ekran

CLIP/CDLP : Continuous Liquid Interphase Printing / Continuous Digital Light Processing- Sürekli Sıvı Arayüz Üretimi / Sürekli Dijital Işık İşleme

MJP : MultiJet Printing- Çoklu Jet Baskı

DOD : Drop-on-Demand –Talep Üzerine Baskı

FDM : Fused Deposition Modelling- Erimiş Biriktirme Modellemesi

FFF : Fused Filament Fabrication- Kaynaşmış filament üretimi

DIW : Direct Ink Writing- Doğrudan Inkjet Malzeme Biriktirme

LOM : Laminated Object Manufacturing- Lamine Nesne Üretimi

SLS : Selective Laser Sintering- Seçici Lazer Sinterleme

DMLS : Direct Metal Laser Sintering- Doğrudan Metal Lazer Sinterleme

SLM : Selective Laser Melting- Seçici Lazer Eritme

EBM : Electron Beam Melting- Elektron Işını Eritme

MJF : Multi Jet Fusion- Çoklu Jet Füzyonu

DED : Yönlendirilmiş Enerji Biriktirme

SDL : Selective Deposition Lamination- Seçici Brikterme Laminasyonu

PBF : Hidrolik Abkant Pres - Toz Yatak Füzyonu

UAM : Ultrasonic Additive Manufacturing- Ultrasonik Eklemeli İmalat

DMD : Direct Metal Deposition- Direk Metal Biriktirme

LENS : Laser Engineered Net Shaping- Lazer Tozu Şekillendirme

LMD : Laser Metal Deposition- Lazer Metal Biriktirme

CEREC : Bilgisayar Destekli Seramik Rekonstrüksiyonu

SPSS : Sosyal Bilimler İçin İstatistik Programı

CNC : Bilgisayar Sayısal Kontrol

MR : Manyetik Rezonans Görüntüleme

LED : Light-Emitting Diode, Işık Yayan Diyot

RMS : Root Mean Square- Karekök Ortalama

UV : Ultraviyole

Co-Cr : Krom- Kobalt

Ti : Titanyum

PVAL : Polivinil Alkol

PS : Polistiren

ABS : Akrilonitril-Bütadien-Stiren

PMMA : Polimetil-Metakrilat

PC : Polikarbonat

PA : Poliamid

PEEK : Polieter-Eter Keton

CFR-PEEK : Cam Elyaf Takviyeli Polieter-Eter Keton

EP : Epoksi Reçinesi

ICC : Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı

Ort : Ortalama

Ss. : Standart Sapma

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2.1 Eklemeli ve eksiltmeli üretim tekniklerinin avantaj ve dezavantajları	10
Tablo 2.2 Foto-polimerizasyon yöntemini kullanan tekniklerinin karşılaştırılması.	16
Tablo 3.1. 3B yazıcılarda dijital iş akışı şeması	26
Tablo 3.2. Daimî dental reçinelerin genel özellikleri.....	28
Tablo 3.3. Çalışma grupları.....	29
Tablo 4.1 RMS değerlerinin karşılaştırılmasına yönelik bulgular	40
Tablo 4.2 RMS değerlerinin karşılaştırılmasına yönelik bulgular	41
Tablo 4.3 Total çakıştırma değerlerinin karşılaştırılmasına yönelik bulgular.....	41
Tablo 4.4 Total çakıştırma değerlerinin karşılaştırılmasına yönelik bulgular.....	42

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 İnley, onley, overlay, restorasyonlar.....	7
Şekil 3.1 Çalışmada kullanılan daimî dental reçineler.....	27
Şekil 3.2 İnlay kavite preparasyonunun dijital görünümü	30
Şekil 3.3 İnley restorasyonun dijital tasarımı	30
Şekil 3.4 ChituboxPro V1.4.1 dilimleme programı ekran görüntüsü	31
Şekil 3.5 Phrozen Sonic Mini 8K MSLA 3D Printer (Phrozen, Taiwan).....	32
Şekil 3.6 Phrozen Sonic Mini 8K yazıcı ile restorasyonların üretim aşamaları.	32
Şekil 3.7 Üretim tablasındaki inley restorasyonlar	33
Şekil 3.8 Restorasyonların üretim tablasından ayrıldıktan sonraki hali	33
Şekil 3.9 Ultrasonik yıkama cihazı	34
Şekil 3.10 Ultrasonik yıkama cihazındaki inleyler	34
Şekil 3.11 Otoflash G171 NK Optik (Baierbrunn/Germany) kürleme cihazı	35
Şekil 3.12 Nitrojen tüpü.....	35
Şekil 3.13 Kürleme cihazındaki inleylerin görünümü	36
Şekil 3.14 Üretilen restorasyonların ağız içi tarayıcı ile taranması ve dijital ölçülerinin oluşturulması.....	36
Şekil 3.15 Geomagic X programında çakıştırma görüntüsü.....	37
Şekil 3.16 Çakıştırılan yüzeylerin sınırları ile birlikte gösterimi.....	38
Şekil 3.17 Geomagic X programı kullanılarak dijital çakıştırma işlemlerinin yapılması.	38

1. GİRİŞ

Restoratif diş hekimliğinin temel amacı; sağlıklı diş dokularının korunması ve kaybedilen dental yapıların tekrar kazandırılarak fonksiyon, fonasyon ve estetiğin sağlanmasıdır (1). Günümüzde adeziv ve restoratif materyallerin gelişmesiyle beraber, dental restorasyonların yapımı esnasında daha fazla madde kaybı önlenerek konservatif yaklaşıma olanak sağlanmıştır (2). Restoratif diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan direkt restorasyon materyalleri amalgamlar ve kompozit rezinlerdir. Diş hekimliğinde kullanılan ilk restoratif materyallerden biri olan dental amalgamın estetik olmayan görüntüsü ve aynı zamanda amalgamın uygulanması ile sökülmesi esnasında ortama salınan cıvanın vücutta yan etki oluşturma ihtimali istenmeyen bir durumdur (3, 4).

Hastaların estetik taleplerinin artması, kompozit rezinlerin mekanik ve estetik özelliklerinin gelişmesi ile birlikte posterior restorasyonlarda da kompozit rezinler amalgamlara alternatif olarak tercih edilmektedirler (5). Kompozit rezinlerin içeriğindeki gelişmelere rağmen, rezin matriste oluşan polimerizasyon büzülmesi halen başarısız direkt kompozit rezin restorasyonlara sebep olan başlıca sorun olarak görülmektedir (6). Ayrıca yapılan araştırmalar direkt kompozit rezin restorasyonlarda kontak bölgelerinin aşınma dirençlerinin zayıf olması, postoperatif hassasiyet, arayüzeylerde kontur ve kontak oluşturmada ve marjinal uyumun sağlanmasında zorluklar gibi problemler oluşabileceğini göstermektedir (7). Birçok klinisyen posterior bölgede yapılan direkt kompozit rezin restorasyonların yerine, daha uyumlu ve istenen özellikleri sağlayabilmesi için inley restorasyon yapılmasını önermektedir (8, 9). Bu dezavantajlardan dolayı oluşan ihtiyacı karşılamak için indirekt restorasyonlar geliştirilmiştir (10).

Posterior indirekt restorasyonlar kavite preparasyonuna göre sınıflandırılmakta olup; preparasyon herhangi bir tüberkülü kapsamıyorsa inley, bir ya da daha fazla tüberkülü kapsıyorsa onley ve bütün tüberkülleri kapsıyorsa overlay restorasyonlar olarak adlandırılır (11). İndirekt restorasyonların üretiminde kompozit rezin, metal veya seramik restoratif materyaller kullanılmaktadır. Genellikle

hastaların metalik restorasyonları tercih etmemeleri sebebiyle seramik veya kompozit rezin materyaller daha popüler hale gelmiştir (12).

İndirekt restorasyonlar; döküm, refraktör day, ısı ile presleme ve CAD/CAM (Bilgisayar destekli tasarım/Bilgisayar destekli üretim) sistemi ile üretilebilirler (13). Diğer tekniklerin aksine CAD/CAM sistemi uzun laboratuvar aşamaları gerektirmeyip, hasta başında ve tek seansta restorasyon yapılmasına olanak sağlar (14). Ayrıca CAD/CAM teknolojisi kullanılarak üretilen indirekt restorasyonlar; iş yükünün azalması, üretim maliyetinin düşmesi ve güncel materyallerle birlikte kullanılabilmesi gibi avantajları vardır (15). Eksiltmeli imalat teknolojisi ile üretilen materyallerde kazıma sisteminden dolayı malzeme kaybı olmakta ve kazınan malzemenin tekrar kullanımı mümkün olmamaktadır (9). Bu dezavantajlar üreticileri ve klinisyenleri dental işlemlerde daha az maliyetli bir üretim yöntemi arayışına yönlendirmiştir (16).

Diş hekimliği alanında dijital verilerin elde edilmesi amacıyla direkt teknikle ağız içi tarayıcılar, indirekt teknikle ise laboratuvar tipi tarayıcılar ile ölçü ve alçı model taramaları yapılabilmektedir. Tarayıcı sistemler aracılığıyla elde edilen dijital veriler, bilgisayar ortamında yüzey geometrisini üçgenler ile ifade eden standart mozaikleme dili (STL) dosya formatına dönüştürülerek baskı işlemine hazırlanmaktadır (12). Veriler farklı arayüz programları aracılığıyla tasarım işlemleri uygulanarak üretim birimine aktarılmaktadır. Bir başka indirekt üretim tekniğinde ise alçı model üzerinde kompozit uyumlandırılarak gerçekleştirilmektedir. Ancak teknolojik gelişmeler dijital sistemleri birçok yönden daha avantajlı kılmaktadır.

Eklemeli üretim, Amerikan Test ve Malzeme Kurumu (American Society for Testing and Materials) tanımına göre “3 boyutlu modellerin verilerinden objeler oluşturmak için kullanılan, aşındırıcı üretim metotlarının aksine katman üstüne katman şeklinde malzemelerin birleştirilmesi işlemidir.” (17).

Üretim birimi olarak 3B yazıcılar, küçük hacimli elemanları, monomerleri; bağlayarak, birleştirerek polimerize ederek veya sinterleyerek, katman katman karmaşık geometrideki katı nesneleri üretme işlemini gerçekleştiren cihazlardır. 3B yazıcı teknolojisi genel olarak “Eklemeli Üretim”, “Üretici Süreç” veya “Hızlı Prototipleme” olarak da bilinmektedir.

Günümüzde 3B yazıcılar, dental alanda daha çok geçici restorasyonlar, üç boyutlu modeller, ortodontik plaklar, ölçü kaşıkları, gece plakları, cerrahi rehberler ve yapay dişlerin üretimi için kullanılmaktadır. Gelecekte daha kapsamlı yazıcıların ve restoratif materyallerin üretilmesiyle 3B yazıcı kullanımının daha çok tercih edilen bir üretim şekli haline gelmesi mümkündür (18).

3B yazıcılar çalışma prensiplerine göre farklı gruplara ayrılmaktadır. Diş hekimliği alanında model üretiminde vat fotopolimerizasyonu yoluyla 3B baskı yapan tekniklerden ışıkla kütleme tekniği (SLA), dijital ışık işleme (DLP), materyal püskürtme yoluyla baskı yapan (Polyjet) ve sıvı kristal ekran (LCD) teknolojisiyle çalışan sistemler en çok kullanılanlardır (19).

3B yazıcılarla üretim amacıyla reçineler, filamentler, metal tozları kullanılmaktadır. Kurulum ve üretim maliyetleri ile klinik uygulanabilirlikleri göz önüne alındığında dental reçineler öncelikli olarak tercih edilmektedir. Farklı amaçlarla kullanılmak üzere model reçinesi, geçici kron reçinesi, plak reçinesi, daimî restorasyon reçinesi gibi reçineler mevcuttur. Daimî restorasyon reçineleri farklı firmalar tarafından farklı özelliklerde üretilmekte olup inley, onley, endokron ve tek üye restorasyonlarda kullanılmaları tavsiye edilmektedir. Kompozit esaslı ve seramik içerikli reçineler sıklıkla tercih edilen daimî restorasyon reçineleridir. Dental restorasyon üretimi için özel olarak üretilmiş bu 3B yazıcı reçineleri yüksek boyutsal stabiliteyi ve gereken estetiği sağlamaktadır (20).

Baskı işlemi gerçekleştirilen restorasyonlar üretim sonrası artık reçinenin alkol çözeltisi içeren ultrasonik yıkayıcı ile uzaklaştırılmasından sonra sıklıkla UV ışını ile kütleme işlemi uygulanır. İşlem, restorasyonun polimerizasyon derecesini arttırarak fiziksel ve mekanik özelliklerini optimuma taşır ve daha kararlı hale gelmesini sağlar. Kütleme cihazları ve kütleme süreleri, farklı yazıcı sistemlerinde değişiklik göstermektedir. İdeal sonuçları elde edebilmek için gerekli ayarlamalar üretici firmanın önerileri doğrultusunda yapılmalıdır. Kütleme sonrası elde edilen restorasyonlar farklı cila işlemleri ile bitirilmektedir (21, 22). Yapılan araştırmalarda yetersiz kütleme yapılan restorasyonların diğerlerine göre dayanımlarının daha az, esnekliklerinin ise daha fazla olduğu görülmüştür (23, 24).

Bu tez çalışmasının amacı; LCD baskı teknolojisine sahip 3B yazıcı ile farklı daimî dental reçinelerden üretilen inley restorasyonlarda, farklı kütleme sürelerinin yüzey doğruluğu üzerindeki etkisinin araştırılmasıdır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. İndirekt Restorasyonlar

Modern restoratif diş hekimliğindeki gelişmeler, posterior dişlerin tedavi planlamasına yaklaşımı değiştirmiştir. Günümüzde posterior bölge estetik restorasyonları için estetiğin yanı sıra kalan diş dokusunun da güçlendirilmesi önem arz etmektedir. Posterior bölgede yapılacak restorasyona karar verirken, hastanın yaşı, ağız hijyeni, motivasyonu, çürük insidansı, diyet alışkanlıkları, finansal özellikler gibi genel parametrelere dikkat edilmelidir. Bununla birlikte kavite geometrisi, sağlam diş duvar kalınlıkları, servikal marjinlerin pozisyonu, çatlak varlığı, dişin pozisyonu, pulpal ve periodontal problem olup olmadığı gibi lokal parametrelere de bakılmaktadır (25).

Günümüzde, kompozit rezinlerin ve adezivlerin hızlı gelişim göstermesine rağmen, posterior bölgedeki restorasyonlarda bu materyallerin kullanımları ile ilgili sorunlar devam etmektedir. Polimerizasyon büzülmesi, mikrosızıntı, renklenme, yıpranma ve aşınmaya karşı dayanıksızlık, post-operatif hassasiyet başlıca sorunlardandır (26). Özellikle posterior dişlerin kompozit rezin ile restorasyonunda okluzal morfolojiyi oluşturmada proksimal kontur ve kontak oluşturmada sıkıntılarla karşılaşmaktadır. Proksimal temas alanlarının ve okluzal morfolojinin oluşturulması, kompozit rezinin kaviteye tabaka tabaka yerleştirilmesi, sertleştirilmesi için ışık uygulaması gerektirmesi ve kompozitin kaviteye yerleştirilme esnasında aletlere yapışarak manipülasyonunun zor olması kullanımını sınırlandıran nedenlerdendir (27). Bu sınırlamalar, inley restorasyonların direkt kompozitlere iyi bir alternatif olmasıyla sonuçlanmıştır (28).

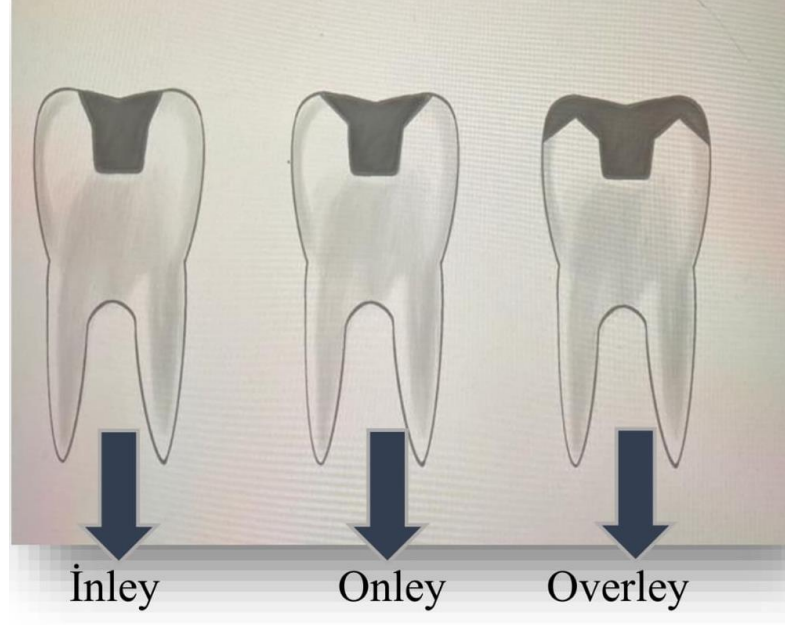
“Adeziv indirekt restorasyon” kaviteye pasif olarak oturan ve adeziv olarak simante edilebilen, kompozit ya da seramikten yapılmış parsiyel bir kron restorasyonu olarak tanımlanmıştır (11). İndirekt restorasyonlar; metal, kompozit veya seramik materyallerden yapılabilirler. Ancak hastaların metalik restorasyonları genellikle estetik bulmamalarından dolayı kompozitler veya seramikler tercih edilmektedirler (12).

İndirekt teknikle adeziv olarak simante edilen restorasyonların, direkt teknikle karşılaştırıldığında farklı avantajları vardır. İndirekt teknikte laboratuvar

artikülör ile oklüzyon uyumu yapılabilmesi sayesinde ideal kontak noktaları ve mükemmel okluzal anatomi oluşturulabilir. Aynı zamanda polimerizasyon kavite dışında olduğundan, polimerizasyon büzülmesi minimuma inerek marjinal kontak noktaları daha iyi oluşturulur. Kalan tek polimerizasyon büzülmesi ince siman tabakasında meydana gelen büzülmedir. İndirekt restorasyonlar diş doku kaybının restoratif tedavisinde tam kronlara konservatif bir alternatif olmuştur. Kalan diş dokusunun derecesine göre inley preparasyondan overlaya kadar değişebilen restorasyon tasarımına rehberlik eder. Yapılacak preparasyonun çeşidi, sınırları önceden var olan kavite tarafından belirlenmektedir (29). Preparasyon isthmus redüksiyonu gerektirmese de 1-1.5 mm homojen kalınlıkta interproksimal geometrik kutuların hazırlanması hala önerilmektedir. Başka bir çalışmada açıklanan “Retantif olmayan basitleştirilmiş preparasyon konsepti” restorasyonun diş dokusuyla biyomekanik bir ünite olarak çalışmasını, olabilecek en basit geometriyle isthmus preparasyonu olmadan restorasyon için tek tip kalınlıkta (min. 1.5-2 mm) olmasını amaçlamaktadır (30) (Şekil 2.1).

Hem kompozit hem de seramik inley restorasyonlar için inley kavitenin hazırlanması ve restorasyonun yerleştirebilmesi için benzer prensipler uygulanabilir; her ikisi de doğrudan yerleştirilen kompozit rezinlere göre anatomik formun sağlanmasında daha başarılıdır (26).

Seramik, oral dokular tarafından iyi tolere edilebilen, biyouyumlu bir materyaldir. Ancak yapım aşamaları zor ve zaman alıcıdır, daha yüksek maliyetlidir ve uygulama aşamaları hassasiyet gerektirmektedir. (31). Kompozit rezin inley restorasyonların karşıt dişte aşınma olmaması, kolay tamir edilebilme, polisajının kolay tekrarlanabilmesi ve ucuz olması gibi avantajları olmasına rağmen düşük biyouyumluluk, yetersiz aşınma direnci ve okluzal kuvvetlere daha dayanıksız olma gibi dezavantajları vardır (32). Malzeme kalitesinin ve imalat sürecinin standardize edilebilmesi, üretim maliyetlerinin düşürülebilmesi amacıyla 1980’lerden itibaren, CAD/CAM teknolojisi sayesinde geleneksel laboratuvar destekli işlemleri dijital olarak yapılabilmesi tercih edilebilirliğini çarpıcı bir şekilde artırmıştır (33).



Şekil 2.1 İnley, onley, overlay, restorasyonlar.

2.2. Dijital Ölçünün İndirekt Restorasyonların Üretimindeki Rolü

Günümüzde teknolojinin hızla gelişmesiyle beraber artan dijitalleşme, diş hekimliğinde de yaygınlaşarak iş akışına bütünüyle farklı bir boyut kazandırmıştır (34). Diş hekimliğinde kullanılan 3B tarayıcılar; ekstraoral ve intraoral olmak üzere iki grupta sınıflandırılmıştır. Geleneksel ölçülerin yerine ağız içi ve ağız dışı tarayıcılar ile; restorasyonların tasarımları ve üretimleri ise CAD/CAM sistemleriyle yapılmaya başlamıştır. Bu sistem hasta ve hekime konfor ve zaman kazandırması, çalışma kolaylığı sağlaması gibi birçok avantaja sahiptir (35).

Tarayıcı teknolojisi, hem doğru ve güvenilir bir ölçü alınmasını, hem de kullanım kolaylığı sağlayacak şekilde gelişmiştir. Ağız içi tarayıcılar, diş ve çevre dokuların birçok açıdan fotoğraflarını alarak, sistemdeki yazılımla birleştirerek 2B fotoğrafları 3B verilere dönüştürmektedir (36). Geleneksel ve dijital yöntemleri kıyaslayan araştırmalarda, polietir veya polivinil ölçü malzemelerinden kaynaklı distorsiyon ve deformasyon kaynaklı sorunlar azalmıştır (37). Dijital tarayıcılar; kron, veneer, inley, onley, laminate preparasyonları gibi daha çok hassasiyet gerektiren tedavilerde diş ve dişeti sınırının daha net belirlenebilmesi nedeniyle restorasyon ile diş uyumunu artırmaktadır (38). Dental alanda kullanılan ağız içi

tarayıcıların çoğunda (open source) açık erişim özelliği mevcuttur, bu sayede farklı CAD/CAM üniteleri ile üretime imkan sağlar (36).

Dijital sistemler, daimi restorasyonun üretim öncesinde hastaya dijital ortamda sonucun gösterilebilmesi ve geleneksel ölçü yöntemlerinden daha hassas bir ağız içi kayıt alınabilmesi açısından önemli bir avantaj oluşturmaktadır. Tüm bunların sonucunda restorasyondaki uyumsuzluk, başarısızlık ve buna bağlı oluşan yenilenme ihtimali azalmaktadır (39).

2.3. Diş Hekimliğinde CAD/CAM Sistemleri

CAD/CAM diş hekimliğinde kullanılan en popüler ileri teknolojik sistemlerdendir (40). İlk olarak diş hekimliğinde 1985 yılında İsviçre’de diş hekimi Prof. Dr. Werner Mörmann ile elektrik mühendisi Marco Brandestini, ilk CAD/CAM sistemi olarak kabul edilen CEREC (bilgisayar destekli seramik rekonstrüksiyonu) sistemini kullanarak restorasyonlar üretmiştir (41). Cam-seramik/seramikler genel olarak üstün mekanik ve estetik özelliklere sahipken, kompozit rezin materyaller işlenebilirlik ve ağız içi onarılabirlik açısından önemli avantajlar sunabilmektedir.

2.3.1. CAD/CAM Sistemlerin Avantajları

- Geleneksel üretim yöntemlerindeki ölçü, mamlama ve döküm gibi aşamaların olmaması hata ihtimalini azaltır.
- Seans sayısı azaldığı için hekim ve hastaya zaman tasarrufu sağlar.
- Verilerin dijital data olarak arşivlenmesi, tekrarlayan üretim yapılabilmesine olanak sağlar.
- Ölçülerin ve tasarımların dijital ortama transferinin saniyeler içinde gerçekleşmesi başka ülkeden veya şehirden hizmet almayı kolaylaştırır (42).
- Dezenfeksiyona gerek yoktur.
- Renk seçimi kolayca yapılabilir, hastalara tedavi sırasında ve sonrasında öngörülebilir bilgiler verilebilir.
- Restorasyonun birkaç saat içerisinde hazırlanabilmesi sayesinde geçici restorasyon hazırlanmasına gerek yoktur (43).
- Atık malzeme miktarı azalmıştır.
- CAD-CAM ve 3B baskı teknolojisiyle dijital olarak üretilen kronlar, manuel olarak yapılanlara göre daha iyi iç uyum ve kenar uyumu sağlayabilir (34).

2.3.2. CAD/CAM Sistemlerin Dezavantajları

- Ölçü alınırken oral sıvılar, parlak ya da renkli yüzeyler ölçünün doğruluğunu etkileyebilir.
- Gingival marjınların ve andırkatlı bölgelerin ölçüsünün alınması zordur.
- Monokromatik blokların kullanılması sebebiyle renk kısıtlaması olabilir bu da estetik beklentilerin her zaman istenilen gibi olmamasına neden olur.
- Üretim için kurulacak sistem ekstra maliyet gerektirir.
- Sistemi kullanma konusunda alanında uzman iyi eğitilmiş kişilere ihtiyaç vardır.

CAD/CAM sistemleri temel olarak 3 bölümden oluşmaktadır. Bunlar;

- ✓ Preparasyonun intraoral ya da ekstraoral olarak taranarak verilerin toplanması,
- ✓ Restorasyonun bilgisayarda 3 boyutlu olarak planlama ve tasarımının yapılması (CAD),
- ✓ Sanal olarak hazırlanmış restorasyonların üretimi (CAM) (41).

Restorasyonun tasarımının CAD yazılımı ile tamamlanmasının ardından veriler, CAM yazılımına aktarılmaktadır. Bilgisayar destekli üretimin amacı, bilgisayar destekli tasarım tarafından tasarlanan restorasyonu doğru bir uyum ve morfolojide üretmektir. Diş hekimliğinde CAD/CAM, üretim metoduna göre eksiltmeli (kazıma) ve eklemeli (tabakalama) üretim olarak ikiye ayrılır (44).

2.4. Eksiltmeli ve Eklemeli İmalat Teknikleri

Diş hekimliğinde, mevcut CAM sistemlerinin çoğu eksiltmeli üretime dayalı çalışma prensibine sahiptir. Eksiltmeli üretim tekniği, bilgisayar sayısal kontrol (CNC) protokolünü temel alan bir freze makinesi yardımı ile önceden hazırlanmış bir bloğun kazınarak şekillendirilmesi işlemidir. CNC cihazları en az 3 en fazla 5 eksenli frezeleme sistemlerinden oluşmaktadır. Frezeleme sistemiyle metaller, seramikler, zirkonya ve polimer katkılı materyaller kullanılarak kron, köprü, inley, onley, abutment ve çeşitli hibrit altyapıların üretimi yapılabilmektedir (44-46). Eksiltmeli imalat tekniğinde başarılı bir şekilde üretim yapılabilmektedir ancak bazı dezavantajları vardır (Tablo 2.1). Eklemeli imalat yöntemi eksiltmeli imalat yönteminin bu tür sınırlamalarının üstesinden gelme potansiyeline sahiptir (46, 47).

Tablo 2.1 Eklemeli ve eksiltmeli üretim tekniklerinin avantaj ve dezavantajları

Eksiltmeli İmalat	Eklemeli İmalat
- Üretim hassasiyeti, her zaman en küçük frez çapına bağlı olduğu için ince detaylar tam olarak oluşturulamaz.	-Eklemeli üretimin katmanlı doğası, ürünün yüzeyinde merdiven etkisi oluşturmaktadır.
- Frezeleme işleminden sonra bloklardan artan materyalin geri dönüşümü sağlanamamakta ve malzeme kaybı %90'a ulaşabilmektedir, ekonomik olarak oldukça maliyetli olmaktadır.	-Malzeme israfı çok azdır, bu sebeple ekonomiktir.
-Frezeleme takımları (elmas frezler, diskler vb.) ağır aşınmaya maruz kaldığı için kısa çalışma döngüleri halinde kullanılabilirler ve kullanım ömürleri sınırlıdır.	-Eklemeli üretim teknolojisindeki cihazların maliyeti yüksektir ve sistemleri karmaşıktır.
-Derin andırkat varlığında ve karmaşık yüzey morfolojilerinin işlenmesi gereken durumlarda zor ve maliyetli yöntemlerdir.	-Boyutsal karmaşıklığı ve miktarı ne olursa olsun bir nesnenin üretilmesine izin vermektedir. Nesneler yüksek düzeyde doğruluk ve hassasiyete sahiptir.
-Kırılgan malzemelerden üretilen seramik blokların frezelenmesi nedeniyle seramik yüzeylerde mikroskobik çatlaklar oluşabilir.	-Dikey olarak basılan numuneler daha iyi mekanik özellikler sergiler. Yatay olarak basılan numunelerde katmanlar arasında ayrılma ve kayma meydana gelebilir.
-Tek seferde sınırlı sayıda blok frezelenebilir, üretim süresi zaman alır.	-Aynı anda birden fazla nesne üretilir, üretim daha kısa sürede gerçekleştiği için verimlilik daha fazladır.
-Frezenin oluşturduğu baskı ve sürtünmeyle oluşan gürültü, ısı ve yüzey hasarının oluşması.	-Materyal üzerine kuvvet uygulamayan pasif üretim.
-Monoblok yapıda olduğu için tek renktir.	-Bir nesnenin farklı bölgelerinde farklı türde malzeme kullanılabilir.

Eklemeli üretim, CAD tasarımının STL (Standart Mozaikleme Dili) formatına dönüştürülerek, her biri 16-300 mikronluk küçük katmanlara ayrılması ve katmanların üst üste yazdırılarak fiziksel nesnenin oluşturulmasıdır. Nesneleri oluşturmak için gereken süre yazdırılan modellerin sayısından ziyade yazdırılan katmanların sayısına (modelin dikey yüksekliğine) bağlıdır. Eklemeli imalat, hızlı prototipleme (HP) ve 3 boyutlu baskı sistemi olarak da bilinir (48).

3B yazıcılar ile objenin x, y ve z olmak üzere üç ekseninde üretimi yapılmaktadır. Bu eksenlerden x ve y eksenleri yatay düzlemde iki boyutlu görüntüyü, z eksenine ise dikey yönü belirtmektedir. Bir başka ifade ile z eksenine, x ve y eksenlerinin üst üste eklenmesi ile oluşmaktadır. Böylece z eksenine görüntüyü üçüncü boyuta taşımaktadır (49).

Eklemeli üretim teknolojisindeki cihazların maliyeti yüksektir ve sistemleri karmaşıktır. Kullanım için eğitimli personelin olması gerekmektedir. Eklemeli üretimin katman kalınlığı mümkün olan en küçük çözünürlüğe ayarlandığı sürece, ürün yüksek düzeyde doğruluk ve hassasiyete sahiptir, ancak üretim süresi önemli ölçüde artmaktadır. Aksi takdirde katman katman ekleme tekniği, ürün üzerinde bir merdiven etkisi oluşturmaktadır. Katman kalınlığı minimum olacak şekilde ayarlandığında bu sıkıntı çözülebilir (50). Yazıcı hızı ve çözünürlüğü fiziksel özellikleri direkt etkilemektedir. 3 boyutlu baskı teknolojisi hızla gelişmesi, eklemeli üretim için gerekli olan doğruluk veya tekrarlanabilirlikte baskı için umut vericidir (15, 51). Eklemeli üretim yöntemi, eksiltmeli üretim yönteminin dezavantajlarının üstesinden gelme potansiyeline sahiptir (52-54).

2.4.1. Eklemeli Üretim Yöntemleri

3B baskı teknolojilerine ait ilk sınıflama 2010 yılında “Eklemeli Üretim Teknolojilerinde Amerikan Test ve Malzemeler Derneği (ASTM Komitesi) F42” tarafından yapılmıştır. Buna göre 7 temel kategori tanımlanmıştır (55):

- 1- Vat Fotopolimerizasyon; SLA, DLP, LCD, CLIP/CDLP
- 2- Materyal Püskürtme; PolyJet, MultiJet, DOD
- 3- Bağlayıcı Püskürtme
- 4- Malzeme Ekstrüzyonu; FDM ve DIW
- 5- Toz Yatak Füzyon; SLS, DMLS, SLM, EBM ve MJF

6- Saç Laminasyon; LOM, SDL ve UAM

7- Yönlendirilmiş Enerji Biriktirme; DMD, LENS, LMD.

2.4.2. 3B Yazıcılar

3B baskı kavramı ilk olarak 1970'lerin başında, Pierre AL Ciraud'un toz halindeki materyali katmanlar halinde katılaştırmak için yüksek enerjili ışını kullanmayı önermesiyle ortaya çıkmıştır (56). 1984 yılında Chuck Hull, kütleme işlemi için ilk kez ultraviyole ışığı (UV) kullanmıştır. Chuck Hull, 1986 yılında "3D Systems" şirketinin kurucu ortağı olarak "Stereolithography (SLA)" adlı ilk hızlı prototipleme makinesini tanıtmıştır (57, 58).

3B baskı; bir 3B yazıcı kullanılarak bilgisayar destekli tasarım programlarıyla tasarlanmış bir elektronik verinin ölçü, model vb. gerektirmeden yazıcıya aktararak kat kat üretim tekniği ile üç boyutlu imalat yapmaktır. Prototipleme, üretilmeden önce ürünün ön şeklinin oluşturulmasıdır. Bu ön şekil bu ürünün prototipidir. Prototipin kısa sürede jenerik teknoloji ile üretilmesine hızlı prototipleme (RP) denmektedir. Hızlı prototipleme yerine genellikle 3B baskı (3D printing) ifadesi kullanılmaktadır (59).

Bilgisayar destekli tasarımı vurgulamak için elektronik üretim (e-manufacturing) ifadesi de kullanılmaktadır. Ön şekil prototiplemede, materyal seçimi ya da işlem hataları tasarım aşamasına geri dönülerek düzeltme yapılabilir. Prototipler, özel 3B baskı makineleri ile katman katman eklenerek oluşturulur. CAD modelini paralel olarak enine kesitlere dağıtarak 0,03-0,2 mm (20-200 µm) katman kalınlığında tabakalar oluşturularak, önceki kesitin üzerine biriktirilir (59). 3B yazıcıların da bazıları toz, filament ve film formundaki önceden şekillendirilmiş polimerik malzemeleri kullanarak materyal üretirken, bazıları ise ışığa duyarlı rezinlerin aktif polimerizasyonu ile üretim yapmaktadır (60).

2.4.2.1 Stereolitografi (SLA)

Foto kütleme temelli baskı tekniklerinden olan SLA, bilinen en eski 3B baskı tekniğidir ve büyük hacimli modellerin yazdırılmasında kullanılmaktadır. 1986 yılında Charles Hull tarafından patentlenmiştir (61). SLA ile 3B baskı tekniği, sıvı reçinenin lazer ışını ile katmanlar halinde katılaştırılmasıdır. Bunun için, fotopolimer reçine tankının içine, üzerinde modelin oluşturulacağı bir platform indirilir. Lazer ışını modelin xy düzlemindeki enine kesiti boyunca, sınır çizgilerini izleyerek tarama

yapar ve ilk katman k rlenmiş olur. Kürlenen ilk tabakanın bulunduğu platform, daha önce belirlenen katman kalınlığı kadar tekrar rezin dolu tankın içine indirilir. Sıvı reçine ilk katmanın üzerine sıvanır ve kürleme işlemi gerçekleşir. Bu işlem nesne üretilene kadar her katman için tekrarlanır (48, 62).

SLA tekniğinde kullanılan UV ışının dalga boyu 355 nm'dir ve ışının pozlama yönü sistemin üst tarafındadır (19). Kürlenmemiş reçine alkol  z ltisi içeren ultrasonik yıkama ile uzaklaştırılır. Daha sonra model, kürleme cihazına yerleştirilerek belli bir süre ısı ve UV ışını ile sertleştirilir. Böylece materyalin kontraksiyonu ve distorsiyonu  nl nerek fiziksel yapısı iyileştirilir (63). SLA sisteminde genel olarak katyonik ve hibrid fotopolimerizasyon ile sertleşen reçine kullanılmaktadır (64, 65). Bu reçinelerin indüksiyon sürelerinin uzun olması nedeniyle radikal reçineler ile karışımlarından oluşturulan hibrid reçineler kullanılarak işlem hızlandırılmaktadır (19).

SLA tekniği lazer ışınının hareketine bağlı sertleşme oranı nedeniyle düşük baskı hızına sahiptir (22). Bu nedenle büyük boyuttaki nesnelerin basımında, baskı hızı da azalmaktadır. Diş hekimliği, otomotiv, havacılık gibi birçok alanda kullanılan bu teknik, yüksek hassasiyetteki karmaşık geometrideki büyük boyutlu cisimleri basmak için yeterlidir. Ancak, lazer ışının dalga boyuna bağlı olarak diğer foto kürleme temelli baskı tekniklerine göre daha düşük baskı  z n rl ğ ne sahiptir, 50-100  m  z n rl k elde edilir (19).

2.4.2.2. Dijital Işık Işleme (DLP)

DLP, baskı hızı, yüksek hassasiyet ve çalışma kolaylığı sağlayan bir yöntemdir. DLP, SLA'dan sonra en çok kullanılan foto kürleme temelli 3B baskı tekniğidir (48). SLA'dan farklı olarak kürleme işlemi dijital ışık projektörü tarafından sağlanmaktadır. DLP, 25  m hassasiyetinde baskı yapabilen yüksek  z n rl kl  bir baskı tekniğidir. Bu sistemde ışık kaynağı olarak 385 ya da 405 nm dalga boyuna sahip LED lambalar kullanılmaktadır. Kürleme işlemi her reçine katmanının tek seferde pozlanmasıyla gerçekleşir (19, 22). Diğer aşamalar SLA tekniğindekine benzer şekilde gerçekleşir (48, 66). DLP ile üretilecek objenin boyutu, pozlama alanı ile sınırlı olacağından, 100x60 mm ile 190x120 mm arasında değişmektedir. Bu teknik ile yalnızca küçük boyutlu, yüksek  z n rl ğ e sahip, yüzeyi pürüzsüz baskılar elde edilmektedir. Ancak yüksek hassasiyeti üretim boyutu küçüldükçe artar. DLP sisteminde ışık yoğunluğu nedeniyle radikal ışığa duyarlı reçineler

kullanılmaktadır. En çok diş hekimliği ve takı üretimi alanlarında kullanılmaktadır (19). Diş hekimliğinde genellikle kron, model, cerrahi kılavuz, splint ve geçici restorasyon yapımında kullanılmaktadır (48).

2.4.2.3. Sıvı Kristal Ekran (LCD)

SLA'dan DLP'ye ve en son teknoloji LCD'ye, ışıkla polimerizasyon kullanan tüm yöntemler çok benzemekle birlikte, aralarındaki temel fark görüntüleme sistemi ve ışık kaynağıdır (67).

Fotokürleme ile 3B baskı tekniklerinden olan LCD'nin diğer baskı sistemlerinden en büyük farkı ışık kaynağı olarak "sıvı kristal ekran" kullanılmasıdır. Ekran; ışığın, modelin üretildiği alana girmesine olanak veren panellerden oluşur. LCD ekrandaki sıvı kristal yapıdaki moleküler düzen, elektriksel alanın uygulanmasıyla değişir ve projektörün ışığını maskeler (68, 69). Işığın %90'ı, LCD ekran tarafından emildiğinden ışık yoğunluğu düşüktür, düşük ışık yoğunluğu nedeniyle baskı süresi uzundur.

LCD baskının temel özelliği, ışığın düz LCD panellerden doğrudan kürlenmemiş reçineye yansmasıdır. Işığın genişlemesi engellenerek piksel bozulmasının önüne geçilmiş olur. Ayrıca aynı anda tam bir katman açığa çıkarılabilir ve SLA'daki gibi fotopolimerin nokta nokta taranmasına gerek kalmaz. Böylece 3D baskı sürecinin kısalması sağlanır (70). Işık yoğunluğunun farklı olduğu LCD teknolojisiyle baskı yapan sistemlerde, polimerizasyondaki inisiyator miktarı ile pozlama süresinin artırılmasıyla DLP sisteminde kullanılan reçineler kullanılabilir (19, 68, 71). Ekran çözünürlüğü oldukça yüksek olmakla birlikte, moleküler düzeninin değişmesi sırasında bazı sıvı kristal moleküller düzenlenemedi kalır ve ışık sızıntısına sebep olur. Bu durum, baskı hassasiyetinin düşmesine yol açmaktadır. Ayrıca, ışık sızıntısı nedeniyle dipte biriken ışığa duyarlı reçinenin sıvı tankından düzenli aralıklarla temizlenmesi gerekmektedir. Ekran ömrü kısadır, düzenli olarak değiştirilmesi gerekmektedir (19). 3B yazıcının parçaları ve ışık kaynağının maliyeti daha düşük olduğundan SLA, DLP gibi diğer Vat polimerizasyon sistemlerinden daha ekonomiktir (72).

2.4.2.4. Sürekli Sıvı Arayüz Üretimi (CLIP)

Bu tekniğin diğer Vat polimerizasyon sistemlerinden farkı oksijen geçirgen zarın kullanılmasıdır. UV projeksiyonunun ışığa duyarlı reçineyi katılaştırırken,

oksijen geçirgen zar sayesinde tanktaki sıvı reçine stabil olarak kalır (73). DLP’de kullanılan ışığa duyarlı reçineler burada da kullanılabilir. Bu tekniğin avantajı, DLP’den 100 kata kadar daha hızlı olmasıdır. Ancak, hızlı baskı için, düşük viskoziteli sıvı reçinenin üretim alanına hızlı şekilde geçmesi gerekir. Yüksek viskoziteli reçinenin üretim alanına geçişi yavaş olacağından baskı yavaşlar. Baskıda molekül ağırlığı düşük akıcı reçineler tercih edilmesi yapının kırılma olmasına neden olmaktadır (74). Sistemin dezavantajı ise oksijen geçirgen zarının yüksek maliyetli olmasıdır (28).

2.4.2.5 Çoklu Jet (Polyjet-Multijet)

Multijet (MJP) tekniği, nesneleri birçok püskürtme başlığının bir arada çalışmasıyla üreten 3B baskı tekniğidir. 2000 yılında Objet firmasının patentlenerek “Polyjet” olarak da adlandırılmıştır (19). Bu teknoloji ile üretim, sıvı formdaki reçinenin yazıcıya ait bilgisayar programı tarafından xy düzleminde hareket eden enjeksiyon başlıklarına gönderilmesiyle başlamaktadır. Enjeksiyon başlıklarında mikron düzeyinde “nozül” adı verilen çok sayıda püskürtme başlığı yer almaktadır. Tabla üzerine bir katmanı oluşturacak şekilde foto polimer reçine püskürtülür ve UV ışınıyla kürlenerek sertleştirilir (75). Kürlenme işlemi dondurularak veya soğutularak yapılır. İlk katmanın sertleştirilmesi tamamlandıktan sonra tabla aşağı iner ve yeni katmanın üretimi başlar. Tüm model üretilene kadar işlem devam eder. Reçine, püskürtme yoluyla tablaya gönderildiği için düşük viskoziteli olması önemlidir (19). Baskıda farklı fiziksel özellikteki malzemeler kullanılabildiğinden MJP tekniği ile çok renkli modeller basılabilir (76). MJP sistemlerinde ışık dalga boyu sınırsız olduğundan radikal, katyonik veya hibrit fotopolimerizasyona duyarlı reçineler kullanılabilmektedir (19). 14 µm katman kalınlığına kadar baskı yapılabildiğinden üretim hassasiyeti yüksektir (77). Destek yapı kolaylıkla uzaklaştırılabildiğinden desteğin objeye eklendiği kısımlar pürüzsüz kalır. Baskı makinesi ve malzemelerin maliyetinin yüksek olması nedeniyle daha çok işlem hassasiyeti gerektiren durumlarda tercih edilmektedir (19, 78).

Tablo 2.2 Foto-polimerizasyon yöntemini kullanan tekniklerinin karşılaştırılması.

TEKNİK	IŞIK KAYNAĞI	HASSASIYET	BASKI BOYUTU
SLA	355 nm (lazer ışını)	Orta	Sınır yok
LCD	405 nm (LED)	İyi	Sınırlı
MJP	Sınır yok	Mükemmel	Sınır yok
DLP	385-405 nm (LED)	Çok iyi	Sınırlı
CLIP	385-405 nm (LED)	Çok iyi	Sınırlı

2.4.2.6. Bağlayıcı Püskürtme (Binder Jet)

Bağlayıcı püskürtme, basınçlı püskürtme başlıklarından gelen toz tabakaların yapıştırılmasıyla üretimin sağlandığı 3B baskı tekniğidir (79). Püskürtme başlıklarından toz yapıdaki malzeme platforma bir katman olarak yayılır ve polimerik sıvı yapıştırıcı ile birleştirilir. Yapıştırıcının sertleştirilmesi için minimal seviyede ısı kullanılması termal olarak indüklenen gerilim ve bozulmaların oluşmasını önler. Her katmanın üretiminden sonra platform alçalır ve yeni bir toz tabakası oluşturulur (80, 81).

Neredeyse tüm toz materyallerle uyumlu olan sistem geniş malzeme yelpazesine sahiptir (82). Ham madde olarak metal ve cam tozlarının kullanıldığı durumlarda yapıştırıcının yakılması ve istenen mekanik özellikleri elde edebilmek için bitiminde sinterleme işlemi uygulanır. Yapıştırıcı içeriğin fazla olması nedeniyle, üretilen objelerde sinterizasyon büzülmesi ve porozite gözlenebilmektedir. Farklı püskürtme başlıklarının sayesinde renkli objeler üretilebilmektedir. Diş hekimliğinde sadece model üretiminde kullanılmaktadır (48).

2.4.2.7. Birleştirilmiş Yığma Modeli/ Kaynaşmış Filament Üretimi (FDM/FFF)

FDM, 1988 yılında geliştirilmiş en eski, 3B baskı tekniklerinden biridir. Temelde, robotik bir yapıştırıcı olan ekstrüder tabanca ile termoplastik malzemelerden üretilir (83). Materyal belirli bir erime sıcaklığına ulaşana dek ısıtılır. Yazıcının ekstrüde ucu, xy düzleminde ilk tabakayı oluşturmak için ilerler. Bir katmanın oluşturulmasının ardından, platform z ekseninde aşağı yönde hareket eder

ve sonraki katman altındaki katman ile kaynaşır. Üretimden sonraki aşamada yalnızca destek yapı uzaklaştırılır (84). Üretim katman kalınlığı 200 µm olduğundan, diğer tekniklerden daha az hassas çalışır, obje yüzeyleri pürüzlü ve basamaklı yapıdadır (71). Sistemin avantajı, maliyetin düşük ve malzeme kısıtlamasının olmamasıdır. Farklı materyal yapısına sahip ve karmaşık obje üretiminde birden fazla ekstrüder kullanılabilir. Diş hekimliğinde kullanımı daha çok model üretimiyle sınırlıdır (48).

2.4.2.8. Seçici Lazer Sinterleme/Eritme (SLS /SLM)

SLS/SLM baskı tekniğinde objeler, toz halindeki materyalin lazer radyasyon ile eritilmesi veya sinterlenmesiyle üretilmektedir. Her iki teknik de aynı üretim sistemiyle çalışmaktadır. Ancak, SLS tekniğinde katmanlar sinterlenerek kısmi eritme işlemiyle birbirine kaynaştırılırken, SLM tekniğinde ham madde olarak kullanılan toz, doğrudan işlem noktasından eritilir. Lazer ışını yerine elektron ışını kullanıldığında işlem “elektron ışını erimesi” olarak adlandırılır (71, 85). Diş hekimliğinde bu yöntem daha çok, kron ve implant gibi metal içerikli materyallerin üretiminde kullanılır (48, 86).

2.4.2.9. Lamine Nesne Üretimi (LOM)

Büyük tabaka ve malzeme rulusunun katman katman kesilmesi ve birleştirilmesine dayanan üretim yöntemidir. Levhalar tek tek platformun üzerine sarılır, mekanik ya da lazer aracılığıyla hassas bir şekilde kesilir. Platform katman kalınlığı kadar indirilerek sonraki levha öncekinin üzerine yerleştirilerek platform yükselir ve iki levhanın birleştirilmesini sağlayan ısıtılmış silindir basınç uygular. Bu yöntem, metal ve kâğıt gibi levha malzemeleri kullandığından düşük maliyetlidir (81, 85).

2.4.2.10. Yönlendirilmiş Enerji Biriktirme (DED)

Bu yöntem ile 3B baskı daha çok metal malzeme üretiminde, onarılmasında ve koruyucu kaplamalarda kullanılmaktadır. Toz veya tel formundaki materyaller, lazer veya elektron ışını kaynaklı termal enerji ile eritilerek birbirine bağlanır. Uçak, otomobil üretimi gibi makine mühendisliği alanlarında kullanılmaktadır (62, 79).

2.4.3. 3B Yazıcılarda Kullanılan Materyaller

Diş hekimliğinde, eklemeli üretim teknolojisinde metal, seramik ve polimerler olmak üzere üç tür malzeme kullanılmaktadır (58). Eklemeli üretim için kullanılan polimerler, kimyasal yapılarına göre farklı gruplarda sınıflandırılmaktadır (87).

2.4.3.1. Metaller

Metaller ve alaşımlar, üstün mekanik performansları nedeniyle yaygın olarak kullanılmakta olup işlenmesi zor ve pahalıdır (88). Dental uygulamalar için kobalt-krom ve titanyum alaşımları tercih edilir. Toz Yatak Füzyonu (PBF) teknolojileri için kullanılan bu alaşımlar, partikül boyutlarında toz şeklinde kullanılır. Co-Cr ve Ti alaşımları, aşınma ve korozyona direnci, biyouyumluluğun yanı sıra yüksek sertlik ve dayanıklılığa sahip hafif malzemelerdir. Bu özellikleri sebebiyle sabit ve hareketli bölümlü protezlerde tercih edilmektedir (89).

2.4.3.2. Seramikler

Silika, zirkonyum, zirkonyum silikat alümina gibi seramikler de eklemeli üretim tekniğinde kullanılan malzemelerdendir (87). Rezin matriks seramikler, organik matriks içine yüksek oranda seramik tozu infiltre edilerek oluşturulan materyallerdir. Geleneksel seramik tanımı düşünüldüğünde organik matrikse sahip olması, rezin matriks seramikleri sınıflandırmaların dışında bırakır (90) (20, 34). Amerikan Diş Hekimleri Birliği seramikleri ‘çoğunlukla, seramik veya cam seramik, porselen, cam gibi refraktör inorganik bileşikler içeren fırınlanabilir, preslenebilir, frezelenebilir veya cilalanabilir materyaller’ olarak tanımlamaktadır (72). Buradaki tanımlamaya göre rezin seramikler, ağırlık olarak (en az %50) refraktör inorganik bileşenlerden oluştuğundan seramik sınıfına dahil olmuştur (90, 91).

Eklemeli üretim tekniğinde kullanılan reçineler belli oranda seramik de içerebilmektedir. Bu nedenle, seramik bileşenler içermesi dental materyallerin özellikle renk stabilitesi ve aşınma direnci açısından uzun vadede avantaj sağlar (92).

2.4.3.3. Polimerler

a. Vinil Polimerler

Vinil polimerler, örneğin polivinil alkol (PVAL) genelde taşıyıcı olarak kullanılır. Yüksek nemde mekanik özelliklerin bozulur, suda çözünür, biyolojik olarak parçalanabilir ve üretimleri maliyetlidir (87).

b. Stiren Polimerler

Stiren polimerleri arasında polistiren (PS) ve akrilonitril-bütadien-stiren (ABS) bulunur (87). Polistiren (PS), hemen hemen tüm üretim yöntemleri için uygundur ve katkı maddeleriyle özelliklerini değiştirmek mümkündür. Doğal olarak opak fildişi rengindedir, pigmentler veya boyalarla renklendirilebilir, yüzeyi parlaktır. Sertlik, kırılma ve strese dayalı çatlama eğilimi vardır. Yüksek boyutsal stabilite, iyi işlenebilirlik ve düşük su emilimine sahiptir (93).

ABS termoplastiklerde olduğu gibi iyi işlenebilirlik ve yüksek erime noktasına sahiptir. PS'ye kıyasla darbe ve deformasyona karşı daha yüksek absorpsiyon kapasitesi gösterir. ABS, artan kırılma dayanımı, yüksek mekanik ve kimyasal mukavemet, çizilme direnci, yüksek sertlik, ısıya karşı boyutsal stabilite, düşük su emilimi ile bilinir ve işlenmesi kolaydır. Doğal renklerde (sarımsı opak) ve farklı renklerde olabilir (87, 93).

c. Akrilatlar

PMMA (polimetil-metakrilat), diş hekimliğinde dolgu ve geçici malzemesi olarak kullanılmaktadır. PMMA, yüksek sertlik, dayanıklılık, düşük nem ve su emme özellikleri ile karakterizedir. Yüzeyi cilalanabilir, çizilmeye karşı dayanıklıdır ve su kadar parlak bir şeffaflık gösterir. Renk ilavesi yapılabilir. Artık monomer içeriği (%2–6) tipiktir. Isıda yüksek boyutsal stabiliteye sahiptir, kimyasal etkilere karşı direnç gösterir (87).

d. Polyesterler

Polikarbonat (PC), bisfenol A ve fosgenden sentezlenir. Şu anda PC, 30 güne kadar dokular, kan veya diğer vücut sıvılarıyla geçici temas için tıbbi bir cihaz (kapsam ISO 10993-1) olarak kullanılabilir. Amorf yapıdadır ve katkı maddeleri eklenerek özellikleri değiştirilebilir. PC şeffaf ve yarı saydamdır. Yüksek dayanıklılık, sertlik, biyoyumluluk, kolay işlenebilirlik ve düşük su emilimi gösterir. Düşük büzölmeye, iyi boyutsal stabiliteye, yüksek elektriksel yalıtım kapasitesine ve yüksek enerjili radyasyona karşı dirence sahiptir. Malzemenin sararmasını önlemek için katkı maddeleri kullanılabilir (87).

e. Poliamidler

Poliamidler biyolojik olarak uyumludur. Yüksek aşınma direnci, dayanıklılık ve sertlik ile karakterizedir. Isı altında boyutsal stabilite ve çok iyi elektriksel yalıtım özellikleri gösterir. Renk, yapısına göre değişir. Aromatik poliamidler parlak şeffaflığa sahipken, alifatik poliamidler yarı kristal/opaktır. Termoplastik poliamid elastomerler, termoplastiklerin iyi işlenebilirliğini elastomerlerin özellikleriyle kombinlemektedir. Esnek poliamidler, düşük yoğunluk, düşük sıcaklıkta darbe dayanımı ve yarı kristal yapı ile karakterize edilir. Kimyasal olarak dayanıklı, fizyolojik olarak zararsız ve sağlıklıdır. Naylon/PA 66, ısıнын etkisi altında yüksek sertlik, aşınmaya direnç, düşük su emme ve boyutsal kararlılığa sahiptir (87).

f. Polieter-ketonlar

Polieter-eter keton (PEEK), termoplastiklere ait, yüksek performanslı bir polimerdir. Yapısal değişikliklerle biyomekanik ve biyolojik özellikleri iyileştirilebilir. PEEK, düşük erime noktası, yüksek çekme ve eğilme mukavemeti gösterir. Yüksek ısıda boyutsal kararlılık ve üstün aşınma direnci gösterir. PEEK kimyasallara, radyasyona karşı dirence ve yüksek in vitro biyouyumluluğa sahiptir. Doğal radyolüsen özelliği MR incelemelerinde avantaj sağlar. Karbonla güçlendirilmiş PEEK (CFR-PEEK), artan elastikiyet modülü ve azalan elastikiyet ile geliştirilmiş kırılma mukavemeti gösterir. Cam elyaf takviyeli PEEK (GFR-PEEK), kortikal kemiğe yakın bir elastik modülüne sahiptir. PEEK malzemeleri çok yönlüdür ve implantoloji, yüz ve kafatası rekonstrüksiyonlarında veya diş protezlerinde kullanılabilir (87). PEEK, metal alaşımların yerini alabilecek materyal arayışı açısından, diş hekimliği uygulamaları ve özellikle implantoloji ve implant üstü protez üretiminde giderek artan kullanım alanına sahiptir. PEEK, dental implant üretim materyali olarak kullanılmak üzere çalışılmaktadır (94).

Epoksi reçinesi (EP), bisfenol A (fenol ve asetondan) ve epiklorohidrinin (propilen ve klordan) reaksiyonundan üretilir. EP, düşük büzülme ve minimal stres çatlaması gösterir. Havada kurutma ile kürlenir. EP ayrıca yüksek çekme direnci ve yüksek ısıda boyutsal stabilite ile karakterizedir. Sağlığa zararsız ve non toksik olarak sınıflandırılmıştır (87).

2.4.4. 3B Yazıcıların Doğruluğunu Etkileyen Faktörler

2.4.4.1. Modelin Baskı Tablasında Açılandırılması

Modelin baskı tablası üzerindeki konumu baskı öncesinde yazıcı ara yüz programı üzerinde ayarlanmaktadır. Modelin baskı tablasıyla yapacağı aç baskının doğruluğunu, süresini ve tek seferde basılacak model miktarını etkilemektedir (95).

Modelin baskı tablasına 0° açı ile horizontal olarak yerleştirilmesi, tablaya yerleştirilebilecek obje sayısının azalmasına neden olur. Bu nedenle tek seferde üretilebilecek obje sayısı azalır. Öte yandan modelin baskı tablasına 45°, 60° veya 90° açıyla yerleştirilmesi üretim tablası üzerinde tek seferde daha çok üretim yapılmasını sağlar. Objenin daha dik açıyla yerleştirilmesi, üretim tablasından daha uzak mesafede z düzlemleri oluşturur. Z düzlemlerinin sayısının artması, üretim için gereken katman sayısının artmasına neden olmaktadır. Katman sayısı arttıkça ve model tablasından vertikal yönde uzaklaştıkça üretim hatası ihtimali de artmaktadır. Üretilecek restorasyonun üretim platformundaki uygun konumunun tespiti, üretimin doğruluğu ve netliği açısından önemlidir (96-98).

2.4.4.2.Baskı Katman Kalınlığı

Katman kalınlığı, üretim öncesi 3B yazıcı programındaki dilimleme aşamasında, kullanılan cihaza bağlı değişebilen kalınlıklarda, operatör tarafından seçilebilmektedir (99). Katman kalınlığının fazla olduğu durumlarda, özellikle modelin kurvatürlü bölgelerinde “merdiven basamağı” görüntüsünün oluşması netliği azaltır. Daha ince bir katman kalınlığı z eksenini üzerindeki katman sayısının artırarak daha yüksek netlik sağlar. Fakat üretim süresinin ve üretim boyunca oluşabilecek hataların artmasına neden olabilir (100, 101).

Loflin ve ark. araştırmalarında 25, 50 ve 100 µm olmak üzere 3 farklı katman kalınlığında ortodontik model üretmişlerdir. Buna göre, 25 µm için gereken üretim süresi ortalama 19 saat iken, 100 µm için bu süre ortalama 6 saat olarak bulunmuştur. 25 µm için gereken katman sayısının 100 µm için gerekenden yaklaşık 4 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir (102).

2.4.4.3.Model İç Yapı Tasarımı

Boşluksuz katı modellemenin yanı sıra model iç yapısının değiştirilmesiyle, boşluklu iç yapıya sahip modeller tasarlanabilmektedir. İçi boşluklu modeller,

boşluksuz modellere göre daha az hacme sahiptir ve hacmin azaltılması üretimde kullanılan rezin miktarını düşürerek maliyet ve zamandan tasarruf sağlamaktadır. Yeterli duvar kalınlığı olmayan modellerde, kontraksiyon görülmekte ve modelin doğruluğu ve netliği azaltmaktadır. İç yapı dayanımının azalması, şeffaf plak üretiminde olduğu gibi ısı ve basınç gerektiren işlemler altında model yüzeyinde ve plak üzerinde distorsiyonlara neden olmaktadır (23). Baskı sistemleri ve kullanılan malzeme özelliklerinin farklılık göstermesi nedeniyle dental modeller için tüm sistemlerde kabul edilen genel bir iç yapı tasarımı mevcut değildir. Bu nedenle araştırmacılar, farklı baskı sistemlerinde en az reçine ve en az zaman gerektiren dental model tasarımına ait çalışmalar yapmaktadır (103-108).

2.4.4.4.UV Işını ile Kürleme

Üretim sonrası artık reçinenin alkol içeren ultrasonik yıkayıcı ile uzaklaştırılmasının ardından kürleme işlemi yapılmaktadır. İşlem, modelin polimerizasyon derecesini artırarak fiziksel ve mekanik özelliklerini iyileştirip daha sağlam hale gelmesini sağlar (21, 22, 109). UV ışını ile kürleme süresi ve cihazları, farklı baskı sistemlerinde değişiklik göstermektedir. İdeal kürleme baskı firmasının önerdiği sürelerde yapılmalıdır. Yapılan çalışmalar foto-polimer reçineyle 3B baskı yapıldığında, son kürleme süresiyle birlikte gücünün ve mukavemetin de arttığını belirtmişler (110). Ayrıca, daha yüksek sıcaklıklarda yapılan sonradan kürleme, daha kısa kürleşme süresine neden olabilir ve bu da daha yüksek mekanik özelliklerle sonuçlanır. Örneğin, SLA tekniği ile baskı yapan sistemde kürleme süreleri beyaz, gri, siyah ve renkli reçinelerde 30 dakika, şeffaf reçinelerde 15 dakika önerilmektedir. Optimum mekanik özellikler sağlanmak istendiğinde bu süre artmaktadır (111). Yapılan araştırmalarda yetersiz kürleme yapılan modellerin daha az dayanıklı ve daha esnek olduğu görülmüştür (23, 24).

Bir 3D geçici kordon ve köprü reçinesinin biyolojik olarak uyumlu olması ve aynı zamanda büyük okluzal kuvvetlere dayanabilecek mekanik özellikler sergilemesi önemlidir. Bu, ışığa duyarlı reçinenin, yeterli polimerizasyona ve üretici tarafından amaçlandığı gibi malzemenin optimal mekanik performansına ulaşmak için doğru dalga boyunda gerekli UV ışığını aldığı optimal bir polimerizasyon sonrası süreci gerektirir (112). Nihai baskılı reçinenin, biyolojik ve mekanik özelliklerinin yanı sıra polimerizasyon derecesinin, kürleme sonrası süre (24) ve sıcaklık ile arttığı bulunmuştur (113). UV ışık yoğunluğu ve dalga boyu gibi diğer

kürleme sonrası parametreler, reçine malzemesinin bükülme mukavemetini ve hücre canlılığını etkileyebilir (114). Boyutsal doğruluk, kürleme sonrası sıcaklık ve süreye göre değişiklik göstermekte ve daha düşük sıcaklıkta kısa kürleme süresiyle daha yüksek doğruluk elde edilmektedir (113). Ayrıca reçine bileşimi, renk tonu ve pigmentlerle ilgili iç faktörler de polimerizasyonun etkinliğini etkiler (115, 116).

Reçine polimerizasyon derecesi yetersiz olduğunda mekanik özelliklerin bozulduğunu ve biyolojik stabilitenin düşük olduğu bildirilmiştir (24). Gereken süreden daha fazla yapılan kürleme, çok fazla reçine katılaşmasına neden olur. Böylece istenen geometri ve yüzey kalitesinde üretim sağlanamayacaktır. Reçinelerde kürlemeden kaynaklanan form bozuklukları görülebilmektedir (117).

Zhao ve ark., son kürleme sonrasında malzemenin boyutsal değişiklik, maksimum çekme dayanımı, yüzey pürüzlülüğü, sertlik gibi mekanik özelliklerini araştırmışlardır. UV kürleme sayesinde mekanik özelliklerde %70'e varan iyileşme gözlenirken, kürleme işlemi mikrodalga ile yapıldığında %15 oranlarında iyileşme gözlenmiştir (118). Stereolitografik yöntemde kullanılan reçinelerde farklı son kürlemenin etkileri araştırılmıştır. Son kürleme ile homojen çapraz bağlı, mekanik olarak daha iyi özellikte malzemeler üretilmiştir (119). Yapılan bir başka çalışmanın sonuçlarına göre, sertleşme sonrası zaman faktörü açısından, sertleşme sonrası süre arttıkça kırılma yükü önemli ölçüde artmış ve en yüksek kırılma yüküne 120 dakikada ulaşılmıştır (120). Herhangi bir baskı yöneliminde, kürleme sonrası sürenin kırılma direnci üzerinde daha büyük bir etkisi olduğu; bu nedenle kürleme sonrası süreye öncelik verilmesi gerektiği belirtilmiştir (120).

2.4.4.5.Termal Son Kürleme

Uzcategui ve ark., (121) UV kürleme ve termal kürlemenin, SLA baskı sonrası mekanik özellikleri iyileştirmek için kullanılan en yaygın işlem sonrası yöntem olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte, UV kürlemenin, 3B baskılı parçaların iç kısımlarını iyileştirmediğini, bunun da polimerizasyonu tamamlanmış malzemelere kıyasla daha düşük özelliklere neden olduğunu da eklemişlerdir. Bunun nedeni, bir emicinin varlığından kaynaklanan “şeker kabuğu” etkisidir. Sadece dış yüzeydeki ince bir tabaka sertleşir. Yazarlar, tüm malzemenin yüksek dönüşümünü sağlamak için bir termal son kürleme gerçekleştirirken bir termal başlatıcının kullanılmasını önermişlerdir. Katheng ve ark. yapmış olduğu çalışmada, farklı post-

polimerizasyon süreleri ve sıcaklıkları ile SLA için bir fotopolimer reçinesinin boyutsal doğruluğunu ve polimerizasyon derecesini araştırmaktır. Çalışmanın sonucunda polimerizasyon sıcaklığı, polimerizasyon süresinden daha büyük bir etki göstermiş; daha düşük sıcaklıklar, daha iyi uyum ve doku yüzeyi doğruluğuna yol açtığı görülmüştür (122).

2.5. Tersine Mühendislik Yazılımları

Tersine mühendislik fiziksel modellerden geometrik modellerin oluşturularak, nesnenin yeniden tasarlanması ve boyutsal analizinin yapılabilmesi için sistemli bir yaklaşım olarak ifade edilebilir (123). Tersine mühendislikte amaç, herhangi bir CAD modeli yokken dahi, nesnenin sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere başarılı bir şekilde CAD modelini oluşturmaktır (124). Tersine mühendislik işlemlerinde öncelikle nesnenin optik veya lazer cihazıyla taranmasının ardından veriler tarama cihazıyla ortak çalışan bir programa gönderilir. Bu nokta bulutu verileri dijital ortamda düzenlemesinin ardından ürünün modeli oluşturulur. Hızlı prototiplemeyle üretim yapılarak tersine mühendislik işlemleri tamamlanmış olur.

Tersine mühendislik yazılımları diş hekimliği alanında, alınan dijital ölçülerin bilgisayar ortamında üst üste çakıştırılarak bu veriler arasındaki yer değiştirme miktarını belirlemek için kullanılır. Ölçü malzemelerinin dijital tarayıcıların netlik ve doğruluğunun ölçülmesinde ve hassasiyet karşılaştırmalarında bu yazılımlar kullanılmaktadır. Doğruluğu test edilmek istenen objeden elde edilen görüntüler, kontrol grubu olarak belirlenen ve hassasiyeti yüksek bir endüstriyel tarayıcıyla elde edilen görüntüler ile karşılaştırılmaktadır ve bunun sonucunda ortaya çıkan sapma miktarı ile objenin etkinliği değerlendirilebilmektedir (125).

Çözünürlük, kesinlik ve gerçeklik arasındaki ayrımın açıklığa kavuşturulması gerekir. Çözünürlük, her teknolojiye ve yazıcıya özgü, 3B yazıcının yeniden üretebileceği en iyi veya en küçük özelliktir. Bir 3B yazıcının çözünürlüğü, her x, y ve z ekseninde, z ekseninin normalde katman kalınlığına karşılık geldiği μm veya inç başına nokta (dpi) cinsinden tanımlanmalıdır. Tekrarlanabilirlik veya hassasiyet, bir 3B yazıcının aynı özelliklere sahip nesneleri üretebilme yeteneği veya tekrarlanan yazdırılan nesnelerin birbirine ne kadar yakın olduğudur. Doğruluk, yazdırılan nesne ile istenen nesnenin gerçek boyutları arasındaki tutarsızlığı ifade eder (126). 3B baskı ile üretilen modellerin doğruluğu, üretim koşulları, malzeme türü, baskı katmanı

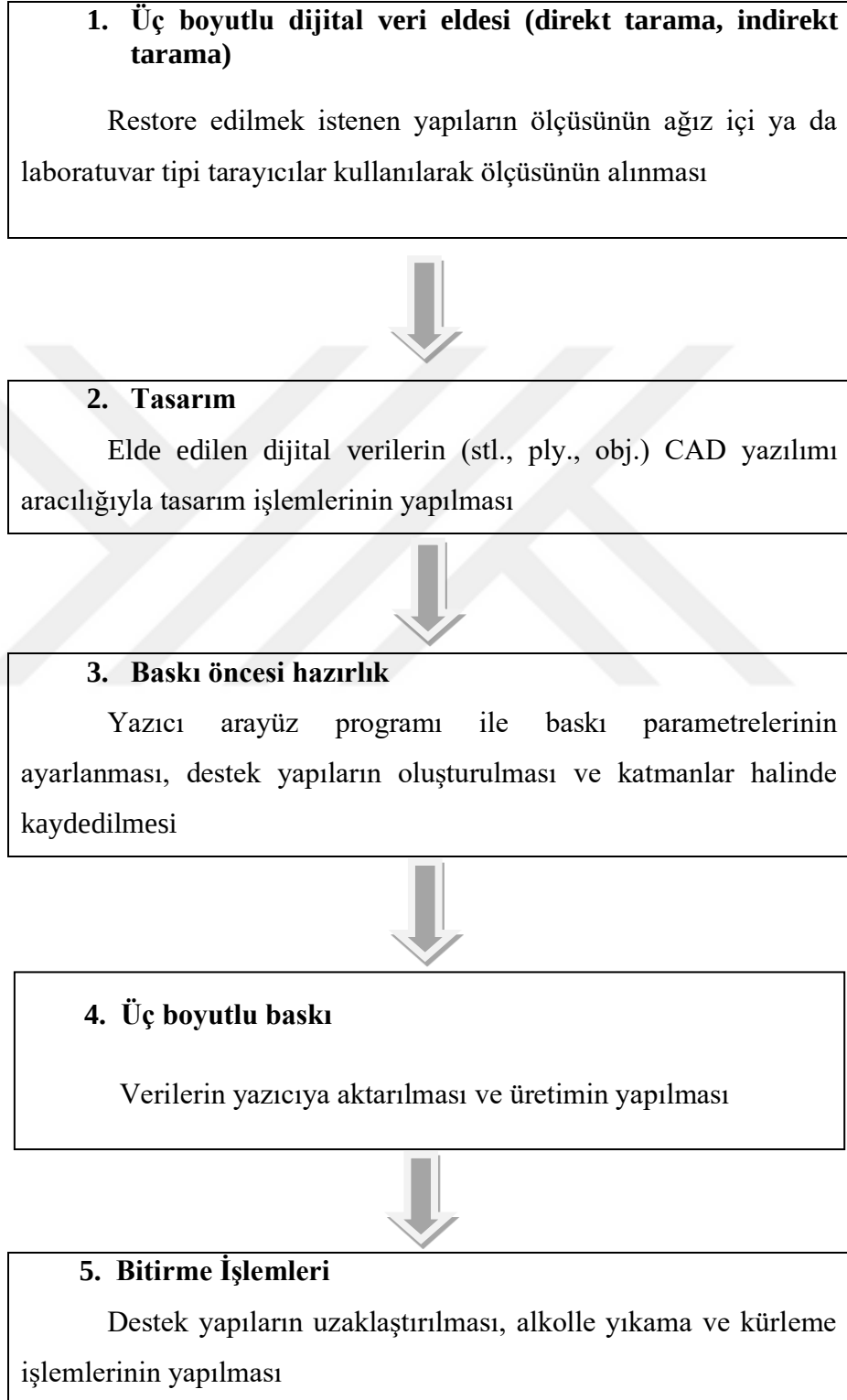
kalınlığı, polimerizasyon büzülme derecesi ve polimerizasyon ünitesinin boyutu ve gücü gibi birçok faktörden etkilenebilir. Fotopolimerizasyon sırasında %6 ila %10 arasında bir büzülme meydana gelebilir ve bu büzülme genel doğruluğu etkileyebilir. Polimerizasyon işlemi sırasında termal genleşme veya büzülme de boyutsal hatalara neden olabilir (127). Lazerle polimerizasyon sırasında lazer ucunun ebatı, katmanlar arası aşırı UV ışığına maruz kalması gibi sebeplerle üretilen modeller özellikler dikey yönde boyutsal doğrulukta sapmalara neden olabilir (128). Bu nedenle yapılacak çalışmalarda üretilen restorasyonun doğruluğunun kontrol edilerek kabul edilebilir sınırlarda olması gerekmektedir.

Ayrıca tersine mühendislik yazılımları yardımıyla, elde edilen görüntülerden kesitler alınıp, her kesitin istenilen bölgesinin kalınlığı tespit edilebilmekte, üç boyutlu olarak incelenebilmektedir.  akıştırma verileri STL, IGES vb. formatlarda dışa aktarılabilmektedir (129). Geomagic Wrap, Rapidform Explorer, GOM-Inspect geometrik model oluşturabilen yazılımlardan bazılarıdır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 İş Akışı

Tablo 3.1 3B yazıcılarla dijital iş akışı



Bu çalışma, CAD/CAM sistemi ile üç farklı daimî kron reçinesi kullanılarak üretilen inley restorasyonların, üç farklı kütleme süresinde gösterdikleri yüzey doğruluk derecelerinin değerlendirilmesi amacıyla tasarlandı.

Araştırma öncesinde Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onay alınmıştır (Karar no:465/03.11.2023 EK1). Tez projemiz Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 23.DUS.007 numaralı proje kapsamında desteklenmektedir.

3.2. Çalışmada Kullanılan Daimî Dental Reçineler

Çalışmamızın planlandığı zaman itibariyle ülkemizde sertifikasyon işlemlerini tamamlamış, satış izni alabilen ve satıcılarına ulaşabildiğimiz tüm daimî dental reçineler çalışmamıza dahil edilmiştir (Şekil 3.1). Bunlar;

- 1- Saremco Print-Crowntec (Saremco, İsviçre)
- 2- Varseo Smile Crown Plus (Bego, Danimarka)
- 3- P-Crown V2 Ceramic (Senertec, Türkiye)



Şekil 3.1 Çalışmada kullanılan daimî dental reçineler

a-) Kimyasal Bileşimleri

Saremco Print Crowntec (kompozit reçine): 4.4'-izopropilfenolün esterifikasyon ürünleri, etoksilenmiş 2-metilprop-2enoik asit, dental cam silika, pirojenik silika, başlatıcılar. İnorganik dolgu maddelerinin toplam içeriği: ağırlıkça %30-50

Varseo Smile Crown Plus (%35 seramik içeren hibrit reçine): 4.4'-izopropilfenol, etoksilatlı ve 2-metilprop-2enoik asit, dental cam silika, metil benzoilformat, difenil (2,4,6-trimetilbenzoil) fosfin oksitin esterifikasyon ürünleri. İnorganik dolgu maddelerinin toplam içeriği: ağırlıkça %30-50

Senertec P-Crown V2 Ceramic (%65 seramik içeren hibrit reçine): Yüksek oranda seramik içeriği bulunması dışında üretim gizliliği sebebiyle detaylı içerik bilgisi elde edilememiştir.

b-) Genel Özellikleri

Tablo 3.1 Daimî dental reçinelerin genel özellikleri

Reçine	Üretici firma	Materyal içeriği	Renk	Eğilme dayanımı	Viskozite
Senertec P-Crown V2 Ceramic	Senertec Türkiye	%65 seramik %35 reçine	A1	260 MPa	3500 MPa
Varseo Smile Crown Plus	Bego, Danimarka	%35 seramik %65 reçine	A1	16-150 MPa	2.500-6.000 MPa
Saremco Print-Crowntec	Saremco, İsviçre	Kompozit	A1	150 MPa	2.500-6.000 MPa

3.3. Güç Analizi

İstatistiksel araştırmalarda örneklem büyüklüğü yapılacak testin türüne, karşılaştırılacak değişkenlerin kategori sayılarına, etki büyüklüğüne ve testin ulaşması istenen güce göre değişkenlik göstermektedir. Araştırmada kullanılacak analiz türlerine göre, test gücünün 0.80 (%80) olabilmesi için gerekli minimum örneklem sayıları “G Power (versiyon 3.1, Kiel, Almanya)” programı ile “A-priori: Compute required sample size” tipi ile hesaplanmıştır. G*Power 3.1.9.7 yazılımı ile yapılan Güç Analizi çalışması sonuçlarına göre 0.30 etki düzeyinde (effect size=0.30) %80 test gücü için minimum gerekli grup içi örnek sayısı n=20 olarak

hesaplanmıştır. 3 çeşit reçine için 3 ayrı kürleme süresi uygulanacağından 20 örnek içeren 9 grup ve 180 örnek sayısı hesaplanmıştır.

3.4. Çalışma Gruplarının Oluşturulması

Restorasyonların yapımında kullanılan 3 farklı daimî dental reçine için 3 farklı kürleme süresi belirlenerek 9 alt grup oluşturuldu (Tablo 3.2).

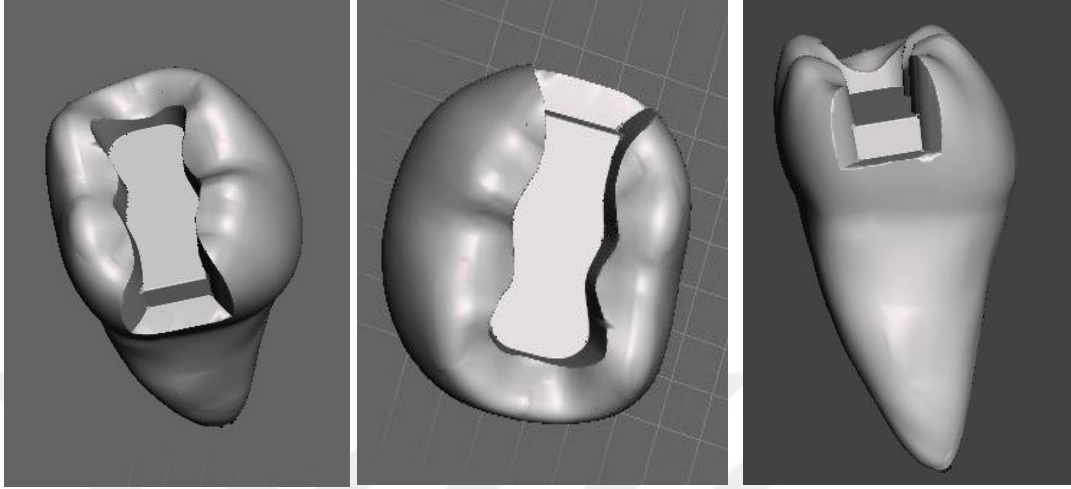
Tablo 3.3 Çalışma grupları

	Reçine	Kürleme Süresi
1.	P-Crown V2 Ceramic (Senertec, Türkiye)	2000 atım
2.	P-Crown V2 Ceramic (Senertec, Türkiye)	4000 atım
3.	P-Crown V2 Ceramic (Senertec, Türkiye)	6000 atım
4.	Varseo Smile Crown Plus (BEGO, Danimarka)	2000 atım
5.	Varseo Smile Crown Plus (BEGO, Danimarka)	4000 atım
6.	Varseo Smile Crown Plus (BEGO, Danimarka)	6000 atım
7.	Saremco Print-Crowntec (Saremco, İsviçre)	2000 atım
8.	Saremco Print-Crowntec (Saremco, İsviçre)	4000 atım
9.	Saremco Print-Crowntec (Saremco, İsviçre)	6000 atım

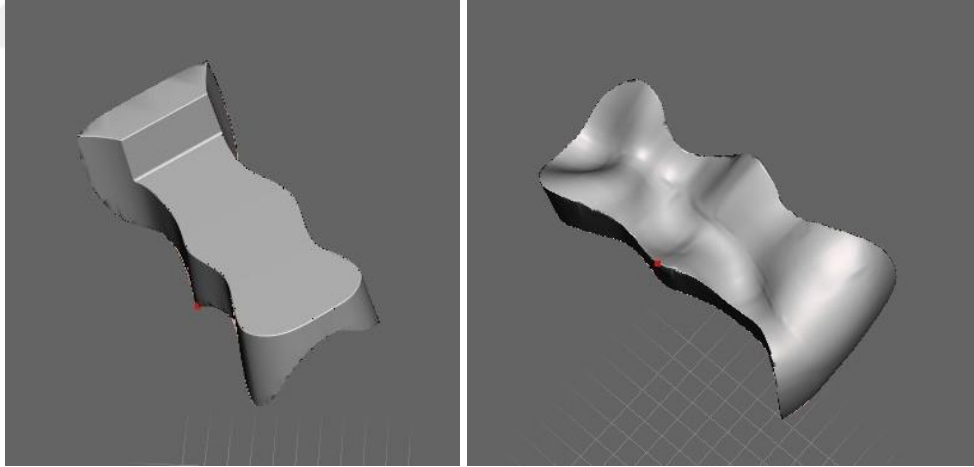
3.5. İnley Kavite ve Restorasyon Dizaynı

İnley kavite ve restorasyon dizaynlarını oluşturmak amacıyla disto-okluzal sınıf II kaviteye sahip mandibular posterior 1. molar fantom diş (ANA-4, Frasco , Almanya) Trios 3 ağız içi tarayıcı (3Shape, Kopenhag, Danimarka) ile tarandı. Fantom dişin dijitalleştirilmiş stl. dosyası üzerinde Ansys Space Claim 2022R1 (Concord, Massachusetts) programıyla disto-okluzal inley kavitesi hazırlandı (Şekil 3.2). Kavite kenarlarında keskin sınırlar oluşturulmamasına dikkat edildi. Diş yapısının korunması ile malzemenin mukavemeti arasında en iyi dengeyi sağlayabilmesi amacıyla preparasyon boyutlarının sahip olması gereken ölçüler araştırıldı. İdealize edilmiş bir inley preparasyon tasarımı oluşturmak amacıyla aksiyal redüksiyon miktarı 1.5 mm, okluzal konverjans açısı 10° olarak planlandı. Kavite derinliği 2 mm, isthmus genişliği de interkaspal genişliğin üçte biri olacak şekilde kavite dizaynı gerçekleştirildi (11). Restorasyonun yerleştirilmesine ve çıkartılmasına engel olacak herhangi bir andırkatın kavite duvarlarında

bulunmamasına dikkat edildi. Düz bir pulpal taban oluşturuldu. Restorasyonun okluzal strese maruz kaldığı bölgelerde malzeme kalınlığını azaltmamak için okluzal bizotaj uygulanmadı. Basıncı dağıtmak amacıyla yalnızca kavitenin iç duvarlarının birleşim açıları yuvarlatıldı (11).



Şekil 3.2 İnley kavite preparasyonunun dijital tasarımı



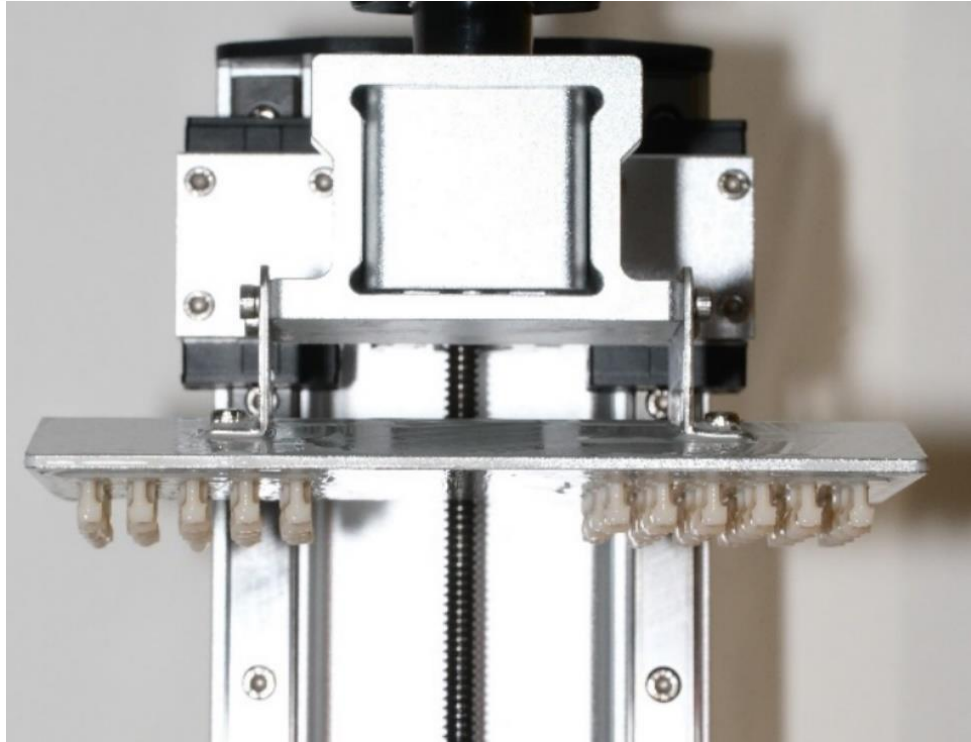
Şekil 3.3 İnley restorasyonun dijital tasarımı

3.6. İnley Restorasyonların Baskıya Hazırlanması

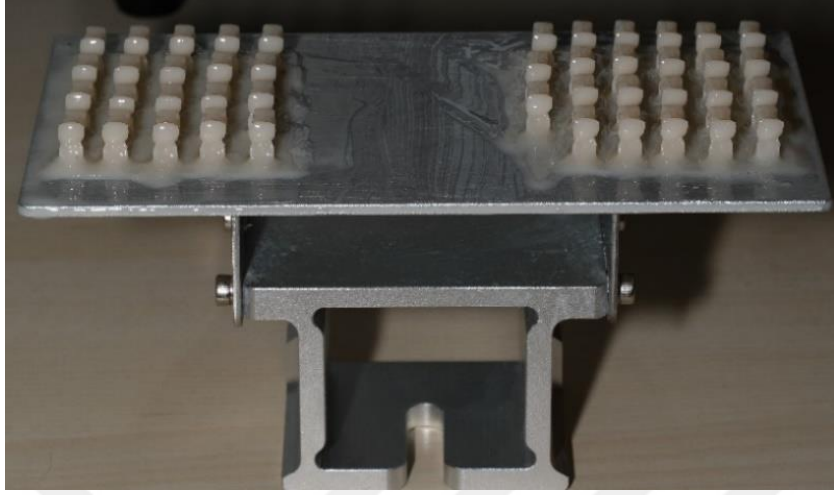
Ansys Space Claim programında tasarımı yapılan inley tasarımı “stl.” dosya formatında kaydedildi (Şekil 3.3). Elde edilen “stl.” dosyası ChituboxPro V1.4.1(CBD-Tech, Çin) dilimleme programı kullanılarak reçine tipine uygun üretim parametreleriyle birlikte destek yapıları da oluşturularak baskıya hazır hale getirildi (Şekil 3.4). Her reçine grubuna uygun yazıcı baskı parametreleri üretici firma



Şekil 3.5 Phrozen Sonic Mini 8K MSLA 3D Printer (Phrozen, Hsinchu, Taiwan)



Şekil 3.6 Phrozen Sonic Mini 8K yazıcı ile restorasyonların üretim aşamaları.



Şekil 3.7 Üretim tablasındaki inley restorasyonlar



Şekil 3.8 Restorasyonların üretim tablasından ayrıldıktan sonraki hali

3.8 Baskı Sonrası İşlemler

Üretilen inleylerin üzerindeki polimerize olmamış reçine artıklarını uzaklaştırmak için Senertec ve Bego gruplarında restorasyonlar ilk olarak bir ultrasonik banyo cihazı ile 3 dakika boyunca izopropil alkol (%99) içerisinde yıkandı (Şekil 3.9). Alkolden çıkarılan restorasyonlar yenilenen taze alkolün içine bir kez daha koyularak ultrasonik yıkama 3 dakika daha tekrarlandı (Şekil 3.6). Yıkama işleminden sonra, inleyler basınçlı hava ve pamuk pelet yardımıyla kurutuldu. SPC grubunda örneklerle uygulanacak yıkama işlemi üretici firma talimatları

doğrultusunda yalnızca spreyci şeklinde alkol uygulanması ile gerçekleştirildi. Spreyci şişesine koyulan izopropil alkol (%99) örneklere uygulandı. Sonrasında örnekler pamuk pelet yardımıyla silinip basınçlı hava ile kurutuldu.



Şekil 3.9 Ultrasonik yıkama cihazı



Şekil 3.10 Ultrasonik yıkama cihazındaki inleyler

3.9. Sonradan Kürleme İşlemi

Alkol ile yıkanıp kurutulan örneklerin tam polimerizasyonlarının sağlanabilmesi amacıyla son-kürleme işlemi nitrojen gazı atmosferindeki (1.5 bar) polimerizasyon cihazı (Otoflash G171; NK Optik) ile yapıldı (şekil 3.11) (şekil 3.12). Her reçineye ait 1. Grup 2000, 2. Grup 4000, 3. Grup 6000 atım süresince krlendi. Kürleme süresinin yarısı tamamlandıktan sonra örnekler ters ęevrildi ve kalan süre tamamlandı (şekil 3.13).



şekil 3. 11 Otoflash G171 NK Optik (Baierbrunn/Germany) kürleme cihazı



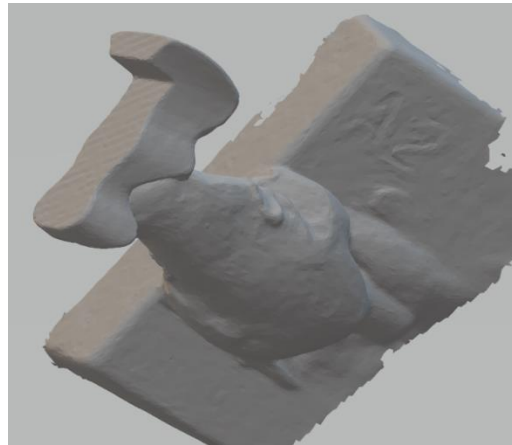
şekil 3. 12 Nitrojen tüpü



Şekil 3. 13 Kürleme cihazındaki inleylerin görünümü

3.9.  retimi Tamamlanan  nleylerin Dijital Ortama Aktarılması

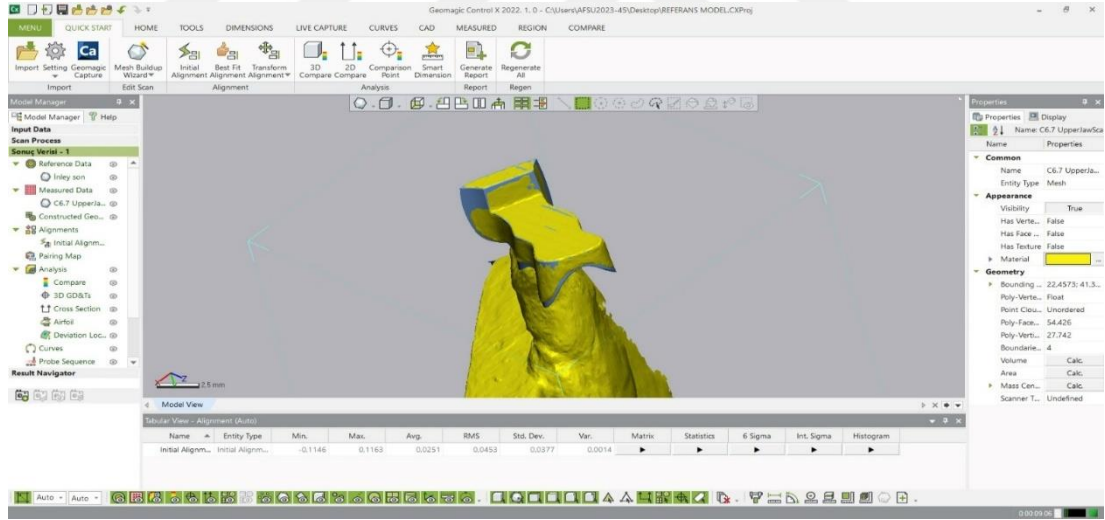
Üç gruba ait toplam 180 restorasyonun referans stl. dosyası ile  akıştırılabilmesi amacıyla, Trios 3 a ız içi tarayıcı (3Shape, Kopenhag, Danimarka) ile tarama işlemleri yapıldı ve dijital dosyalar bilgisayar ortamına aktarıldı ( ekil 3. 14). Tarayıcının algılayabilmesi için plastik bir çubuk üzerine üretilen modeller mum ile sabitlenerek yerleştirildi. Tarama işlemi yazıcıya ait program (Dental System; 3Shape)  zerinden izlendi. Eksik taramanın oluştuğu bölgelerde tarama tekrarlandı.  şlem tamamlandıktan sonra dijital  l  ler STL dosya formatında dışarı aktarıldı.



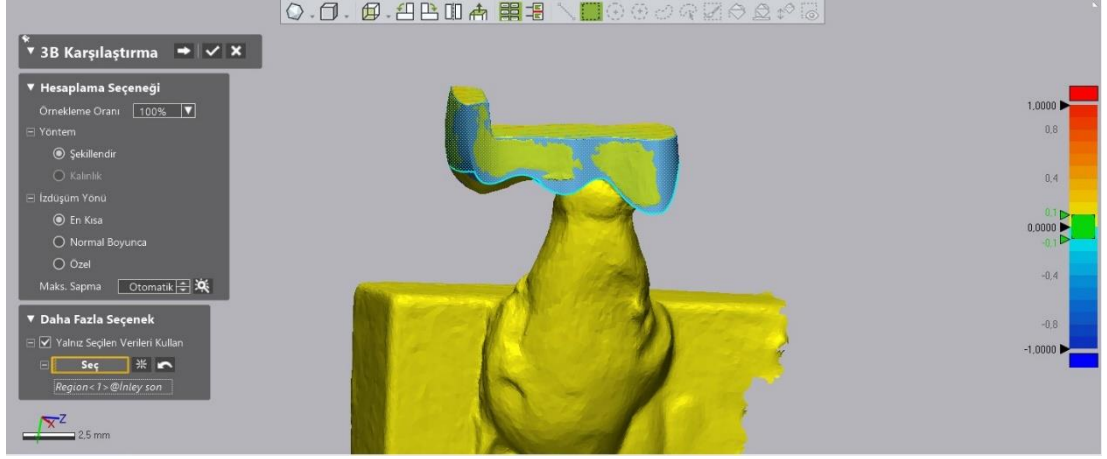
Şekil 3. 14 üretilen restorasyonların a ız içi tarayıcı ile taranması ve dijital ölçülerinin oluşturulması

3.10. Dijital Yazılımda Çakıştırma İşlemlerinin Yapılması

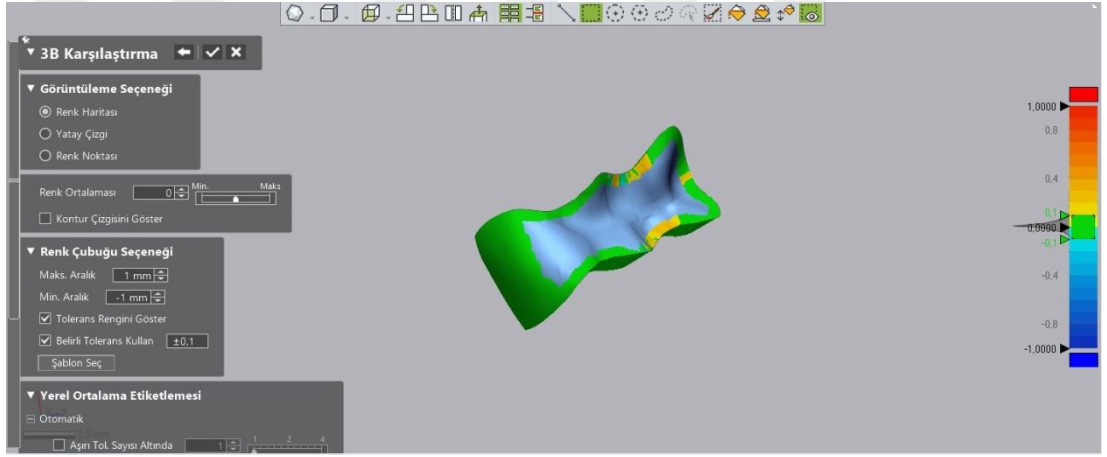
Referans tasarım dosyası ve üretimi yapılan inleylerden ağız içi tarayıcı ile elde edilen STL dosyalarının dijital ortamda çakıştırılması işlemi için tersine mühendislik yazılımı olan Geomagic Control X (3D systems, ABD) programı kullanıldı. (Şekil 3. 15.) Programa referans tasarım dosyası ile karşılaştırılacak bir inley dosyası aktarıldı. Referans tasarım dosyası referans grubu olarak, inley dosyası ise deney grubu olarak atandı. Aktarılan dosyalar nokta bulut verilerine dönüştürüldü. (Şekil 3.16.) Destek tutucuların olduğu okluzal yüzeyler çakıştırmaya dahil edilmedi. Ardından program üzerinde önce “başlangıç hizalaması” aracı ile ilk hizalamaları yapıldı daha sonra “best fit hizalama” aracı ile en iyi hizalama yöntemi yüzey eşleştirmesi sağlandı. (Şekil 3.17.) Kontrol ve deney grubu arasındaki 3B yüzey sapmalarının tespiti için “3B yüzey karşılaştırma yöntemi” kullanıldı iki gruba ait yüzeylerin verileri arasındaki negatif ve pozitif farkların tanımlanmasında karekök ortalama (RMS) değeri kullanıldı.



Şekil 3. 15. Geomagic X programında çakıştırma görüntüsü



Şekil 3.16 Çakıştırılan yüzeylerin sınırları ile birlikte gösterimi



Şekil 3.17 Geomagic X programı kullanılarak dijital çakıştırma işlemlerinin yapılması.

$$x_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}{n}}$$

RMS, çoğunlukla biri referans biri deney grubundan olan tanımlanmış iki nokta arasındaki farkın (hatanın) ortalamasının karekökünü ifade eder. Formüldeki di referans üzerindeki veri noktasını, pi ise deney grubu üzerindeki veri noktasını temsil eder. N ise karşılaştırmadaki noktaların örneklem sayısıdır. RMS değeri arttıkça iki veri arasındaki hatanın büyüklüğü de artmaktadır.

Dental doğruluk çalışmalarında RMS hesaplaması kullanılarak yapılan sapma ölçümleri tercih edilmiştir (130-132). Ancak doğruluk analizi için ortalama sapma, mutlak ortalama veya yüzdelik dilimin kullanılması gibi alternatif yöntemler de gerçekleştirilebilir (133). Bu çalışmada, RMS ölçümleri ile total çakışma oranları verilmiştir (134).

3.11. İstatistiksel Analiz

Gruplarda yer alan verilerin normal dağılım varsayımı Shapiro Wilk testi ile değerlendirildi. Gruplarda normal dağılım sağlandığı için ölçümler arası karşılaştırmalarda Tek Yönlü Anova analizi, post hoc karşılaştırmalarda ise Tukey testi kullanıldı. Elde edilen tarama ve çakıştırma verilerinin güvenilirlik ve tekrarlanabilirliğini test etmek amacıyla örneklerin %10 u rastgele seçilerek tarama ve çakıştırma işlemleri aynı araştırmacı tarafından 2 hafta sonra tekrarlandı. Elde edilen verilerle sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC) hesaplandı. Sonuçların %95 güven aralığında olduğu tespit edildi. Tüm istatistiksel analizlerde SPSS v24.0 (IBM, ABD) yazılımı kullanıldı ve $p < 0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

4.1. Kontrol Restorasyonu ile Test Restorasyonlarının 3B Dijital Yüzey Çakıştırması Sonucu Elde Edilen Bulgular

4.1.1 RMS Değerleri

Tablo 4.1’de RMS değerlerinin karşılaştırılmasına yönelik bulgular yer almaktadır (Tablo 4.1).

Tablo 4.2 RMS değerlerinin karşılaştırılmasına yönelik bulgular

Reçine Kürleme	Senertec Ort. ($\pm$ Ss.)	Bego Ort. ($\pm$ Ss.)	Crowntec Ort. ($\pm$ Ss.)	P
2000	0.120 $\pm$ 0,025 ^{Aa}	0.111 $\pm$ 0.017 ^{Aa}	0.086 $\pm$ 0.020 ^{Ba}	< 0.001 ^{**}
4000	0.116 $\pm$ 0.022 ^{Aa}	0.101 $\pm$ 0.013 ^{Aab}	0.078 $\pm$ 0.014 ^{Ba}	< 0.001 ^{**}
6000	0.118 $\pm$ 0.016 ^{Aa}	0.095 $\pm$ 0.018 ^{Bb}	0.077 $\pm$ 0.020 ^{Ca}	< 0.001 ^{**}
P	0.823 [*]	0.005 [*]	0.329 [*]	

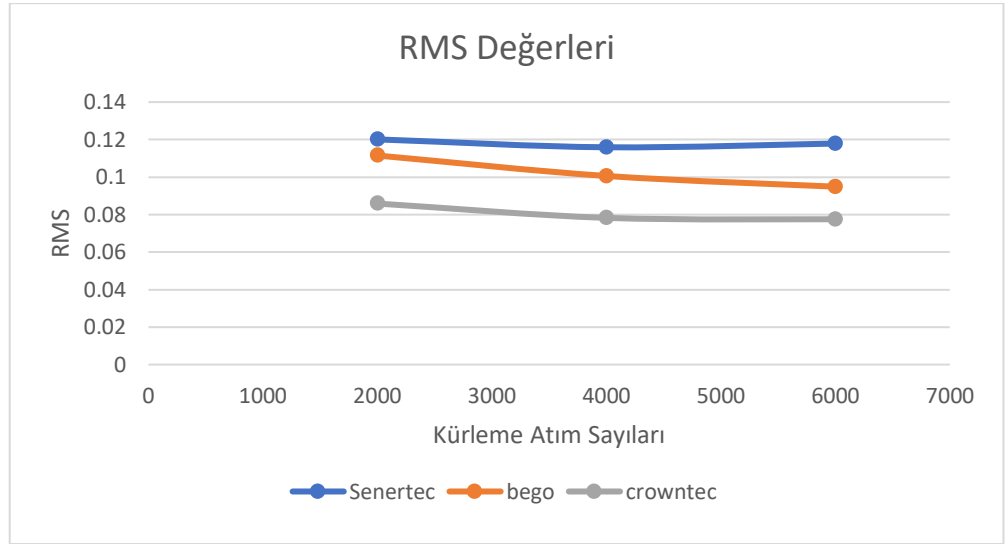
*P= 0.05

**Verilen değer birimi milimetre cinsindendir.

***Alfabetik olarak büyük harfler satır, küçük harfler sütun içi değerlendirme amacıyla kullanılmıştır.

Farklı daimî restorasyon reçineleri arasındaki RMS değer ortalamaları incelendiğinde; Senertec ve crowntec grubunda farklı kütleme süreleri grupları arasında anlamlı fark oluşturmamıştır. Bego grubunda ise 2000 ve 6000 atım arasında istatistiksel olarak anlamlı fark varken 4000 atım ile diğer gruplar arasında anlamlı bir fark yoktur. 2000 ve 4000 atım kütleme yapılan daimî dental reçine gruplarından senertec ve bego arasında anlamlı farklılık yokken crowntec ve diğer gruplar arasında anlamlı farklılık vardır. 6000 atım kütleme yapılan grupların her biri arasında anlamlı farklılık bulunmaktadır. En düşük RMS değerleri crowntec grubunda görülürken, en yüksek RMS değerlerinin ise senertec grubunda bulunduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.3).

Tablo 4.4 RMS değerlerinin karşılaştırılmasına yönelik bulgular



4.1.2. Total Çakışma

Total çakışma oranları; referans tasarım dosyası ile üretilen deney grubuna ait örneklerin stl. dosyalarının karşılaştırılması sonucu birebir örtüşen yüzeylerin oranını yüzde olarak belirtmektedir (Tablo 4.5).

Tablo 4.6 Total çakıştırma değerlerinin karşılaştırılmasına yönelik bulgular

Kürleme	Reçine	Senertek	Bego	Crowntec	P
2000		78.68+7.34 ^{Aab}	90.26+3.44 ^{Ba}	93.38+3.08 ^{Ba}	< 0.001 ^{**}
4000		82.31+4.00 ^{Aa}	91.25+3.98 ^{Ba}	94.41+2.70 ^{Ca}	< 0.001 ^{**}
6000		76.35+7.73 ^{Ab}	88.44+5.86 ^{Ba}	95.19+2.81 ^{Ca}	< 0.001 ^{**}
P		0.013 [*]	0,114 [*]	0.147 [*]	

*P= 0.05

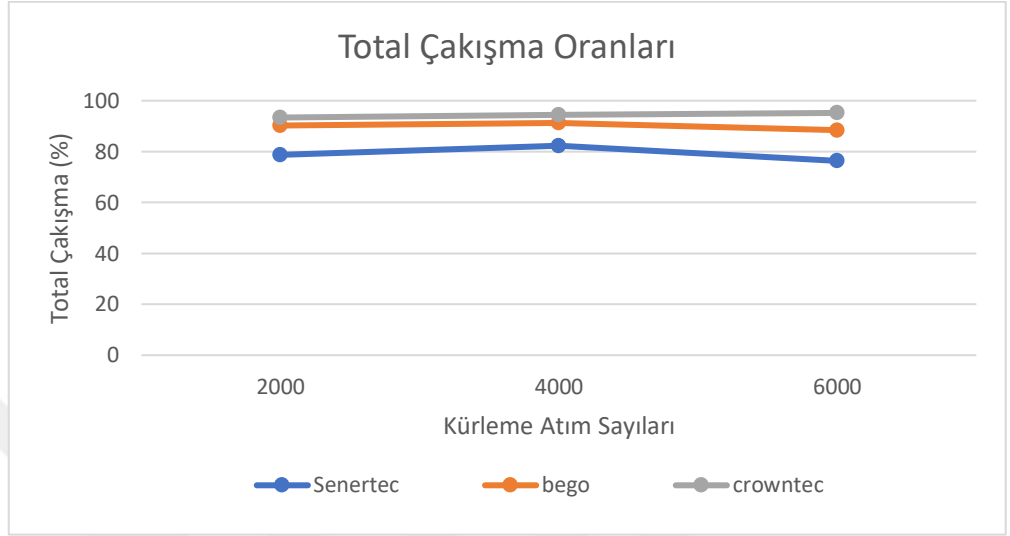
** Verilen değer birimi milimetre cinsindendir.

*** Total çakışma oranları % olarak verilmiştir.

Farklı kürleme sürelerinin total çakışmaya etkisi incelendiğinde yalnızca Senertek grubunda 4000-6000 atım sayıları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmüştür. 2000 atım kürlemede Senertek ile diğer reçineler arasında, 4000 ve 6000 atımda ise her üç reçine grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı oranda total çakışma yüzdelerinin bulunduğu görülmüştür. Tabloya göre referans stl. dosyasına en yakın üretim crowntec grubunda elde edilmiştir. Sonra sırasıyla Bego ve Senertek grupları gelmektedir. Her reçine kendi içerisinde değerlendirildiğinde

Senertek ve Bego reçinelerde 4000, Crowntec de ise 6000 atım kürleme sonucunda referans stl. dosyasına en yakın üretim yapıldığı görülmüştür (Tablo 4.7).

Tablo 4.8 Total akıştırma değerlerinin karşılaştırılmasına yönelik bulgular



5. TARTIŞMA

Hastalar tarafından estetik beklentinin artması ve üretimdeki çeşitlilik, hekimleri estetiği ve fonksiyonu birlikte sağlayan güncel dental materyallere yönlendirmiştir (135). Direkt kompozit restorasyonlar; anatomik formun oluşturulmasındaki zorluklar, polimerizasyon büzülmesine bağlı marjinal uyumsuzluklar, estetiğin ve renk stabilitesinin uzun dönemde korunamaması, çiğneme kuvvetlerine karşı düşük direnç, sekonder çürük gibi klinik ömrünü etkileyen dezavantajlara sahiptir (136-138). Yaklaşık %1,9 ile %3,5 arasında değişen polimerizasyon büzülmesi halen rezin esaslı kompozitlerin en ciddi problemini oluşturmaktadır (139). Orta veya büyük defektler için indirekt restorasyonlarda polimerizasyon büzülmesi, direkt kompozit restorasyonlarla karşılaştırıldığında minimum düzeydedir (140). Günümüz teknolojileriyle geliştirilen birçok yapım tekniği ile materyal sayesinde direk restorasyonların olumsuz yönleri giderilerek diş yapısıyla daha uyumlu materyal kullanımına olanak sağlamıştır (141, 142). Bu materyallerle yapılan çalışmalar sonucunda direkt kompozit rezin uygulamalarında oluşan birçok problemin ortadan kaldırıldığı bildirilmiştir (143, 144).

Minimal invaziv diş hekimliği anlayışının benimsenmesiyle, daha az madde kaybı prensibi benimsenmiş ve materyal seçimi de bu yönde etkilenmiştir. Kavite preparasyonu esnasında gereksiz doku kaybına neden olabildiğinden metal destekli seramikler yerini daha konservatif bir yaklaşım olan inley ve onley restorasyonlara bırakmıştır. İnley ve onley restorasyonlar kuron restorasyonlarının yerini önemli ölçüde doldurmuştur. Bilgisayar destekli tasarlanan ve üretilen kompozit ve tam seramikler diş hekimliğinde en sık kullanılan materyaller arasına girmiştir (135).

Direkt restorasyon teknikleriyle karşılaştırıldığında indirekt restorasyonlar; dişin doğal anatomisine daha yakın anatomide olması, okluzal ve proksimal temas noktalarının daha iyi kontrol edilmesi, özellikle dişeti duvarında daha iyi marjinal bütünlük sağlaması ve minimal polimerizasyon büzülmesinin meydana gelmesiyle ön plana çıkmaktadır. Optimum okluzal ve proksimal anatomi ile zamandan tasarruf sağlayan üretimin yanı sıra, indirekt restorasyonların ıslak, ısı ve basınçla sonradan kürlenmesiyle daha yüksek mekanik özellikler elde edilmiştir (140). Adeziv simantasyon imkanı, daha iyi cilalama ve bitirme olanakları, daha kısa klinik çalışma süresi ve daha az kontaminasyon riski de indirekt restorasyonların avantajları arasındadır (145). İndirekt restorasyonların geleneksel yöntemle yapımları esnasında

ölçü alımı, okluzal kayıt alınması, alçı model hazırlama, mum modelasyonu ile mum atımı ve fırınlama gibi bir dizi işlem gerekmektedir. CAD/CAM sistemleri restorasyonların tek seansta yapılabilmesinin yanında daha pek çok avantaj sağlayarak günümüzde yaygın olarak kullanılır hale gelmiştir (146).

Scheibenbogen-Fuchsbrunner ve ark., (147) 60 adet çekilmiş dişi kullanarak 30 adet direkt, 30 adet indirekt kompozit rezin restorasyon elde etmişlerdir. Bu çalışmada, inleylerin direkt restorasyonlara göre daha iyi anatomik yüzey formu sergilediği sonucuna varılmıştır. Özakar-İlday ve ark. (148) 3 yıllık takibini yaptıkları çalışmanın sonucunda 60 adet direkt ve indirekt kompozit restorasyon arasında, indirekt restorasyonların daha iyi klinik sonuçlara sahip olduğu bildirilmişlerdir. Yapılan bir diğer in vitro çalışmada direkt kompozit restorasyon, indirekt kompozit ve seramik inleylerin kırılma direncini değerlendirmişler ve kavitesi geniş dişlerde, indirekt restorasyonların daha uygun olduğunu sonucuna varmışlardır (149). Yapılan başka çalışmalarda da indirekt restorasyonlarda, direkt kompozit restorasyonlara göre daha az mikrosızıntı olduğu bildirilmiştir (8, 150). Direkt yöntemle yapılan inleyler ile indirekt yöntemle yapılan inleylerin karşılaştırıldığı çalışmalarda, mikrosızıntı ve marjinal aralık değerlerinin indirekt yöntemde daha düşük olduğu saptanmıştır (151-153). Hickel ve Manhart (154), posterior restorasyonların yıllık başarısızlık oranlarını değerlendirmişlerdir. Kompozit inleyler için başarısızlık oranı %0-11.8 iken seramik inleyler de %0-7.5 ve CAD/CAM seramik inleyler için ise %0-4.4 aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Klinik çalışmalar da göstermiştir ki; posterior dişlerde uygulanan indirekt restorasyonlar, direkt restorasyonlara kıyasla daha yüksek başarı göstermektedir. İndirekt restorasyonların mevcut avantajlarından dolayı çalışmamız, disto-okluzal sınıf II kaviteye sahip mandibular posterior 1. molar dişte yapılan indirekt inley restorasyonlar üzerine kurgulanmıştır.

Bir klinik takip çalışmasında, 24 seramik ve 47 kompozit rezin inley restorasyonların seramik inley restorasyonlarda %100, rezin kompozit inley restorasyonlarda ise %89'unun klinik olarak kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir. Özellikle kompozit inley restorasyonlardaki başarısızlığın molar dişlerde premolarlara göre daha fazla olduğunu bulunmuştur. Ayrıca seramik inleylerin restorasyon bütünlüğü ve yüzeysel morfolojiyi daha iyi gösterdiğini belirtmişlerdir. (155) Lange ve ark. (166) yaptıkları 57 aylık klinik çalışmada, 250 seramik inley ile

135 direkt kompozit restorasyonu takip edilmişlerdir. Çalışma sonucunda seramik inleylerin marjinal uyum, marjinal renklenme, renk uyumu, anatomik form olarak direkt kompozitlere göre daha iyi olduğunu bildirmişlerdir (156). Klinik takibe dayalı bir çalışmada 8 yıl boyunca değerlendirilen 32 seramik inleyden sadece 3'ü materyalin kırılması nedeniyle başarısız olmuştur. İnleylerin bitişğinde herhangi bir sekonder çürüğe rastlanmamıştır. İki farklı seramikten işlenen CAD/CAM inleylerin 8 yıllık takip süresi boyunca iyi işlev gördüğü sonucuna varılmıştır (147). Bu faktörler göz önünde bulundurularak restoratif tedavilerde kullanılan kompozit esaslı reçinelerin yanında seramik içerikli reçineler de artan popülaritelerinden dolayı çalışmamıza dahil edilmiştir.

İndirekt restorasyon yaparken materyal seçiminin yanı sıra doğru ölçü yöntemini kullanmak da, üretilecek indirekt restorasyonun diş ile uyumunu etkileyebilmektedir (157). Ölçünün netliği ile dental dokuların doğru kaydı, model doğruluğu açısından çok önemlidir (158). Geleneksel ve dijital ölçü yöntemi kıyaslandığında bitim sınırını hangi ölçü yönteminin daha doğru kaydettiği konusunda fikir birliği yoktur (159). Ancak geleneksel ölçü yerine dijital ölçü kullanımının yaygınlaşmasında; hastaların ölçü alımındaki hasta konforu, tekrarlanabilirlik, verilerin saklanabilmesi, üretimin kolaylığı gibi sebepler yer almaktadır (160, 161). Dijital ölçünün bu avantajları geleneksel ölçüye iyi bir alternatif olduğu düşüncesini kuvvetlendirmektedir (162). Dijital görüntüleme; hekimin aktif olduğu direkt teknik ve teknisyenin aktif olduğu indirekt teknik olarak iki grupta değerlendirilir (163). İndirekt teknikte geleneksel yöntemlerle ölçü alınarak elde edilen ölçü ya da alçı model CAD/CAM sistemi ile tarama yapılır (163). Geleneksel ölçü yönteminde alçı dökülmeden önce, ölçünün taranması ile dijital ortama aktarılması mümkün olsa da önerilmemektedir (164). Direk teknikte restore edilecek dişler ağız içi görüntüleme sistemleri ile taranarak, dijital ortamına aktarılır (165) Almeida Silva ve ark. (163) çalışmalarında dijital ve geleneksel ölçü tekniğini boyutsal doğruluk açısından kıyaslamışlardır. İki tekniğin de klinik olarak kabul edilebilir değerlere sahip olduğu görülmüştür. Dijital ağız içi tarayıcı ile üretilen kronların marjinal uyumlarının geleneksel silikon ölçü ile elde edilenden daha başarılı olduğu görülmüştür. 20 hasta üzerinde yapılan bir diğer çalışmanın sonuçlarına göre intra-oral taramalardan elde edilen kronlar, silikon ölçülerden elde edilen kronlardan önemli ölçüde daha iyi marjinal uyum ortaya çıkarmıştır. İki

grupta da marjinal farklılıklar klinik olarak kabul edilebilir ve iki grubun kronları da oklüzyon açısından eşit derecede iyi performans göstermiştir. İntraoral taramalardan elde edilen kronların, daha iyi interproksimal temas alanı kalitesi gösterme eğiliminde olduğu görülmüştür. (166) Benli ve ark. (167) yaptıkları araştırmada internal ve marjinal uyum açısından, direkt dijital ölçü alınarak üretilen kronların en başarılı sonuçları verdiğini belirtmişlerdir. Bu sonuç, direkt dijital ölçü ve CAD/CAM sistemleri ile klinik olarak başarılı restorasyonlar üretilebileceğini göstermektedir. Yapılan bir çalışmada indirekt ölçü tekniğindeki tarama hassasiyeti 25µm değerlerinde bulunurken, direkt ölçü tekniklerinde 50µm değerlerinde sonuçlar görülmüştür. Bu hassasiyet farkı kısıtlı ağız açıklığı, hastanın tarama esnasında sabit durmaması, nem ve tükürük varlığı ve taramayı yapan kişinin tarama stratejisi dışında gerçekleştirdiği hamleler ile ilişkilendirilmiştir. (168). İndirekt tarayıcı sistemlerin doğruluğu ve hassasiyeti her ne kadar direkt tarayıcı sistemlerden yüksek olsa da ölçünün dökülmesi ve modelin üretim aşamalarında hata yapılma ihtimali bulunmaktadır. Direkt tarayıcı sistemlerin kullanımı sayesinde geleneksel ölçü yöntemlerinde yaşanan üretim hatalarının azaltılması mümkün olmaktadır (169). Literatürdeki çeşitli çalışmalarla, alçı modellerle karşılaştırıldığında ağız içi taramadan elde edilen dijital modellerin doğruluğu kanıtlanmıştır (162, 168, 170). Bu nedenle ağız içi tarayıcılar, indirekt model tarayıcılarına alternatif olarak kullanılabilir. Çalışmamızda üretilen inley restorasyonlar da hem küçük hacimde olmaları hem de ağız içi olumsuz faktörlere maruz kalınmadan standart bir tarama yapılabilmesi nedeniyle indirekt tarayıcılara ihtiyaç duyulmaksızın ağız içi tarayıcı ile taranarak dijitalleştirildi ve yüzey doğrulukları incelendi.

LCD teknolojisine sahip 3B yazıcıların çalışma prensibi, reçinenin ışıkla polimerize edildiği bir fotopolimerizasyon reaksiyonuna dayanır. LCD 3B yazıcıların ışık yoğunluğunun zayıf olmasının nedeni, ışığın sadece %10'unun LCD ekranından geçebilmesi ve ışığın %90'ının LCD tarafından emilmesidir. LCD panelin kullanım ömrü kısa olduğundan ve belirli aralıklarla yenilenmesi gereklidir. Ancak yaygın olarak kullanılmalarının nedeni, LCD panellerin yüksek çözünürlüğe sahip olmaları ve diğer 3B yazıcı teknolojilerine göre çok düşük maliyetli olmalarıdır (171). DLP'den SLA'ya ve son teknoloji LCD'ye kadar ışıkla polimerizasyon tekniği kullanılan tüm yöntemler arasında çok az fark olduğu ve farklı parametrelerin sonuçları etkileyeceği bildirilmiştir (172). Chen ve ark. buna paralel olarak daha

güçlü veya daha uzun kürleme işlemi uygulanması ile LCD yazıcılarla yapılan üretimlerin DLP yazıcılarla yapılanlara benzer mekanik özelliklere sahip olacağını bildirmişlerdir (114). 3B yazıcılarla üretim sürecinin, tasarımdan son kürleme işlemine kadar bir bütün olduğu ve bu süreçte birçok değişkenin rol oynadığı göz önünde bulundurularak son ürün elde edilmesinde tek başına SLA, DLP, LCD gibi yazıcı sistemleri arasında üstünlük kıyaslaması yapmak doğru olmayacaktır. LCD ve DLP yazıcılar arasındaki en büyük fark ışık yoğunluğudur ve DLP yazıcılar, çok daha fazla ışık yoğunluğuna sahiptir. Sertleşme derecesini ve baskı hızını belirleyen foto-polimerizasyon için ışık yoğunluğu önemli bir faktördür. Bu nedenle, sadece ışığa maruz kalma süresi uzatıldığında veya başlatıcı miktarı artırıldığında, DLP cihazlarda kullanılan dental reçineler, LCD yazıcılarda da kullanılabilir (171). Hsuan Chen(114) ve ark. yaptığı çalışmada, DLP de üretim için tasarlanan geçici reçinelerin, LCD de kullanıldığında basılan nesnelerin daha güçlü bir postpolimerizasyon cihazında veya daha uzun süre polimerize edildiğinde LCD yazıcılardan daha başarılı olduğu sonucuna varmışlardır. Çalışmamızda da in-vitro koşullarda LCD teknolojisi ile üretilen inley restorasyonların güçlü bir kürleme cihazı olan Otofash G171 ile nitrojen gaz basıncı altında farklı kürleme süreleri uygulaması sonrasındaki yüzey doğruluğunu araştırmak amaçlanmıştır. Farklı daimî restorasyon reçinelerine ait üretim parametreleri, reçine firmalarının talimatları doğrultusunda ayarlanarak üretim yapılmıştır.

Tsolakis ve ark.(173) farklı maliyet seviyelerine sahip 3 farklı LCD yazıcının doğruluk ve kesinlik açısından değerlendirilmesi amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada giriş seviyesi LCD yazıcıların, 2 kat daha pahalı olan LCD yazıcıya doğruluk ve kesinlik açısından benzer performans gösterdiğini belirtmişlerdir. Tsolakis ve ark.(68) bir diğer çalışmalarında ise dental model üretimi için, LCD ve DLP yazıcıların doğruluğunu karşılaştırmış, DLP yazıcının, dental model baskısı açısından LCD yazıcıya göre daha doğru sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte hem DLP hem de LCD yazıcıların, dental model üretilmesinde güvenilir bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varmışlardır. Moon ve ark. (172) LCD ve DLP yazıcılarını kullanarak ürettikleri iki, üç, beş, altı üyeli geçici restorasyonların özelliklerini araştırmıştır. Her iki yazıcıda da hata miktarının restorasyonun boyutu ile orantılı bir şekilde arttığı görülmüştür. DLP yazıcıda altı üyeli restorasyonlarda belirgin hatalar gözlenmiştir. LCD yazıcıda ise beş üyeli restorasyonlardan itibaren

belirgin hatalar gözlenmeye başlamıştır. Sonuç olarak restorasyon boyutu büyüdüğünde hem LCD hem de DLP baskıda hatalı üretim olduğu sonucuna varılmıştır. LCD ve DLP yazıcıların küçük restorasyonların üretimi için kullanılabileceği, fakat beş ve altı üyeli restorasyonlardan itibaren farklı teknolojilere sahip 3B yazıcıların düşünülmesi gerektiği belirtilmiştir. Literatürde LCD yazıcılar ile daimî restorasyon reçineleri kullanılarak üretilen inley restorasyonların, farklı kürlleme sürelerine maruz bırakılarak doğruluğunu inceleyen çalışmaların mevcut olmadığı gözlenmiştir. Bu nedenle çalışmamız farklı kürlleme sürelerinin daimî dental reçineler üzerindeki olası etkilerini incelemek amacıyla yapmıştır.

Şahin ve ark.(174) çalışmalarında eklemeli ve eksiltmeli üretim yöntemlerinde kullanılan kompozit rezinlerin mekanik özelliklerini değerlendirmişlerdir. Eksiltmeli (Vita Enamic, Cerasmart, Lava Ultimate) ve eklemeli imalat (Varseo Smile Crown plus, Saremco Print Crowntec, Formlabs 3B Permanent Crown) ile üretilen altı kompozit reçine materyaliyle yapılan çalışmanın sonuçlarına göre tüm kompozit reçinelerin eğilme dayanımlarının tek üyeli sabit restorasyonlar için kabul edilebilir olduğu bulunmuştur. Varseo Smile Crown Plus grubunun eğilme dayanımı inley, onlay, veneer restorasyonlar veya tek üyeli anterior restorasyonlar için uygunken, düşük eğilme dayanımı nedeniyle posterior restorasyonlar için uygun bir seçim olmayabileceği sonucuna varmışlardır. Aldahian ve ark. (175), CAD/CAM frezeleme ve 3B baskı yöntemleri kullanılarak üretilen geçici kuronların yüzey pürüzlülüğünü araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada yüzey pürüzlülüğü açısından 3B baskı > Geleneksel yöntem > CAD/CAM sonucuna ulaşmışlardır. Bu farklılığın nedeni olarak kullanılan malzemeler ve yüzey pürüzlülüğü ölçüm yöntemi belirtilmiştir. 3B daimî kompozit kronların marjinal boşluk ve kırılma direncine bakılan başka bir in vitro çalışmada, 3B baskılı daimî reçine 'Crowntec' kullanılarak üretilen implant destekli kronların, benzer kırılma direnci değerleri ile frezelenabilir restoratif malzemelerden üretilenlere göre daha iyi marjinal adaptasyona sahip olduğu sonucuna varılmıştır. 3B baskılı implant destekli kompozit kronlar, klinik olarak kabul edilebilir eşikten daha iyi marjinal boşluk değerleri göstermiştir. Çalışmanın sonucunda, 3B baskılı implant destekli kompozit kronların posterior bölgedeki okluzal kuvvetlere dayanabileceği belirtilmiştir (176). Eksiltmeli imalat yöntemi, eklemeli 3B yazıcı teknolojileri ve geleneksel yöntemler kullanılarak üretilen geçici restorasyonların, ortalama elastik modül, basma

dayanımı, mikrosertlik değerleri gibi mekanik özelliklerinin değerlendirildiği bir başka çalışmanın sonucunda, kullanılan teknoloji ve materyale bağlı olarak mekanik özelliklerin etkilendiği bulunmuştur. Ayrıca 3B yazıcılarda üretilen geçici restorasyon materyallerinin mekanik özelliklerinin geleneksel yöntemden yüksek, hatta eksiltmeli yöntemlerle benzer sonuçlar verdiği görülmüştür (177). Demirel ve ark. (178) eklemeli ve eksiltmeli yöntemlerle üretilen hibrit dayanak kuronların üretim doğruluğunu ve iç uyumunu değerlendirmişlerdir. 3B baskı ile Crowntec ve Bego daimi kron reçineleri, freze yöntemi ile de Brilliant Crios ve Vita Enamic kullanılarak 40 kron üretilmiştir. Restorasyon materyalinin türünün sonuçları etkilediği fakat gruplar arasında minimal düzeyde farklar olduğu görülmüştür. Yazarlar bu farkın klinik olarak dikkate alınmayacak kadar düşük ($21,4\ \mu\text{m}$) olduğunu belirtmişlerdir. Başka bir çalışmada ise daimî 3B baskı reçinesi ile yapılan restorasyonların tamir edilebilirliği araştırılmıştır. Daimî reçine bloklarda yaşlandırma işlemi yapılmış ve yüzey işlemleri uygulandıktan sonra kompozit ile tamir edilerek gerilme dayanımları karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda kompozit rezin ile 3B daimi restorasyonlara onarım yapılabileceği sonucuna varılmıştır (179). Çalışmamız; eksiltmeli imalat yöntemleri ile üretilen hibrit seramikler gibi daimî restorasyonlarla kıyaslandığında birçok açıdan yakın sonuçlar elde edilen ve ağız içi tamirleri de mümkün olan daimî restorasyon reçineleri ile yapılmıştır.

3B baskı teknolojileri ile üretilen tanı ve çalışma modellerinin doğruluğu, modelin baskı tablası üzerindeki pozisyonu, baskı katman kalınlığı, üretim sonrası kütleme koşulları, baskı teknolojisinin çeşidi ve model tasarımı gibi faktörlerden etkilenmektedir (14,82–84). Favero ve ark. (99) SLA teknolojisi ile $25\ \mu\text{m}$, $50\ \mu\text{m}$ ve $100\ \mu\text{m}$ katman kalınlığında üretilen modellerin doğruluğunu değerlendirdikleri araştırmalarında, $100\ \mu\text{m}$ katman kalınlığı ile üretilen modellerde en düşük deviasyonun gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Brown ve ark. (180) da 30 hasta üzerinden DLP ve PolyJet teknolojileri kullanılarak elde edilen dental modelleri karşılaştırdıkları çalışmalarında, DLP yazıcının minimum $50\ \mu\text{m}$ kalınlık, PolyJet yazıcının ise minimum $16\ \mu\text{m}$ kalınlıkta en doğru üretim yaptıklarını belirtmişlerdir. Zhang ve ark. (94) DLP ve SLA teknolojilerini kullanarak farklı katmanlarda elde edilen 3B dental modellerin doğruluklarını karşılaştırdıkları çalışmada tüm yazıcıların baskı doğruluğunun $50\ \mu\text{m}$ 'da daha yüksek olduğu sonucuna varmışlardır.

Bir 3B yazıcının doğruluğu ve yüzey kalitesi, z eksenine art arda eklenen katmanların kalınlığı ile bağlantılıdır ve daha kalın katmanlar daha fazla yanlışlığa yol açar. Bu bağlamda çalışmamızda kullanıcı talimatlarına uyularak ve mevcut çalışmalar referans alınarak 50 µm katman kalınlığında üretim yapılmıştır.

Hada ve ark. (98), SLA teknolojisine sahip yazıcı sistemi ile yaptıkları araştırmalarında üretim tablası ile farklı açılarla konumlandırılarak üretilen dental protezlerin doğruluğunu değerlendirmişlerdir. Bunun için, yazıcı arayüz programında modelleri, tabla ile aralarında 0°, 45° ve 90° olacak şekilde konumlandırmışlardır. Dijital yüzey çakıştırması ile elde ettikleri RMS değeri sonuçlarına göre 45° ile üretilen modellerde en yüksek doğruluk gözlenirken, 0° ile üretilenlerde baskı sırasında oluşan katmanlara bağlı olarak belirgin düzeyde merdiven basamağı görüntüsü oluşmuştur. Ayrıca 45° ile basılan modellerde her baskı katmanı için yüzey alanı azaldığından, modelin rezin tankından uzaklaştırılmasının kolaylaşması ile bunun doğruluğu arttırdığı da çalışmanın sonuçları arasındadır. De Castro ve ark. (181), farklı baskı oryantasyonlarının (0°, 45°, 90°), 3 farklı malzeme ve farklı yazıcı teknolojileri (SLA, DLP, LCD) kullanılarak üretilen çubuk şeklindeki numunelerin üretim doğruluğu üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. SLA grubunda 90 derecelik oryantasyon açısı, uzunluk ve kalınlık açısından en yüksek üretim doğruluğuyla sonuçlanmıştır (181). Benzer şekilde Tahayeri ve ark. (182), farklı baskı oryantasyonlarının (0°, 15°, 45°, 90°), bir SLA yazıcısı (Formlabs) ve geçici bir dental reçine kullanılarak üretilen çubuk şeklindeki numunelerin üretim doğruluğu üzerindeki etkisini değerlendirdi. Çalışmanın sonuçlarına göre, 90 derecelik oryantasyon açısıyla basılan örneklerin en düşük ortalama yüzde hatasına sahip olduğu bildirilmiştir (182). Baskı yönlerine göre (0°, 45°, 90°) üç gruba ayrılarak 3B baskı ile dikdörtgen şeklinde numuneler üretilen ve reçinelerin eğilme dayanımı üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla yapılan bir çalışmada en yüksek eğilme dayanımı değerlerinin 0 derece oryantasyon grubunda olduğu belirtilmiştir.(183). Alkhateeb ve ark. (184) iki farklı DLP yazıcı ve uyumlu reçineleri ile (NextDent C&B, ASIGA DentaTOOTH) farklı oryantasyonlarda (0°, 45°, 90°) ürettikleri 300 adet üç üyeli köprü restorasyonlarını kürlleme süresine (kontrol, 30, 60, 90, 120 dakika) göre farklı gruplara ayırarak örneklerin kırılma dayanımlarını incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda baskı oryantasyonundan bağımsız olarak kürlleme süresi arttıkça kırılma dayanımının arttığını ve en yüksek kırılma dayanımı

değerlerinin 90 ve 120 dakika ile 0° ve 45° oryantasyon ile hazırlanan örneklerde olduğunu belirtmişlerdir. Farag ve ark. DLP ve SLA yazıcılar ile farklı oryantasyonlarda (0°, 45°, 90°) iki farklı daimi restorasyon reçinesinden (NextDent C&B, Formlabs) ürettikleri kronların marjinal uyum değerlerini inceledikleri çalışmalarında 0° grubunun en iyi marjinal uyum değerleri gösterdiğini bunu sırasıyla 45° ve 90° gruplarının takip ettiğini belirtmişlerdir (185). Klinik olarak kavite yüzeyi ile restorasyon iç yüzeyinin en doğru şekilde uyumlanabilmesi ve olası hataları en aza indirebilmek amacıyla tasarım programında destek bağlantılarının okluzal yüzeye yerleştirilmesinin daha doğru olacağı düşünülmüştür. Destek yapılar restorasyondan ayrıldıktan sonra bu alanlarda pürüzlü yüzeyler oluşmakta ve frezle yüzey düzenlemeleri sonrasında cila işlemleri gerekmektedir. Bu durum da yüzey doğruluğunu etkileyebileceğinden destek yapılar okluzal yüzeye yerleştirilerek baskı işlemleri yapılmış ve okluzal yüzeyler çakırtırma işlemine dahil edilmemiştir. Hem baskı yönü ile ilgili yapılan çalışmalar, hem de üretimi yapılan restorasyonların simantasyon sonrası okluzal uyumlamalarının da gerekebileceği klinik uygulamalar göz önüne alınarak çalışmamızdaki inley restorasyonların üretim tablası ile arasındaki açının 0° olmasına karar verilmiştir.

Direk ya da indirekt restorasyonların üretimi sırasında materyalde meydana gelebilen hacimsel değişimler yalnızca üretim yöntemine bağlı değildir ve kullanılan materyale göre de değişkenlik göstermektedir. (186-188) 3B yazıcılarda kullanılan reçinelerin doldurucu oranlarındaki farklılıklar, dönüşüm dereceleri ve kürleme yöntemlerindeki farklılıkların da farklı hacimsel değişikliklerle sonuçlanacağı öngörülmektedir.

Katheng ve ark.(113) yapmış olduğu çalışmada farklı polimerizasyon süreleri ve sıcaklıklarının, SLA tipi 3B yazıcıda üretilen restorasyonların boyutsal doğruluğunu ve polimerizasyon derecesini etkilediği sonucuna varmışlardır. Daha düşük sıcaklıklar uyumun ve yüzeyin doğruluğunu arttırmış ve restorasyonların zamandan etkilenme olasılığını azaltmıştır. Restorasyonların genel doğruluğunu sağlayabilmek için, büzülme ve polimerizasyon dinamikleri dikkate alınarak 3B yazıcı tipine uygun son kürleme şeklinin seçilmesi gerektiğini önermişlerdir. Shin ve ark. (189) yaptıkları çalışmada, 3B baskılı protez kaidesinde son kürleme süresinin boyutsal stabilite üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Üst ve alt çene protez kaideleri üretildikten sonra UV polimerizasyon ünitesi (MP100, Kore) ile farklı

sürelerde (son kütleme yok ve 5, 15, 30, 60 dakika) kütleme maruz bırakılmıştır. Protez kaidesinin boyutsal stabilite değişimi, sertleştirme işleminden sonraki 28 gün boyunca değerlendirilerek analiz edilmiştir. Gerçeklik analizi, mandibular protez kaidesinin maksiller protez kaidesinden daha düşük doğruluğa sahip olduğunu ve kütleme süresi arttıkça boyutsal stabilitenin arttığı belirtilmiştir. Alt çene için son kütleme yapılmayan grupta, hata değeri 28 gün sonra $201,1 \pm 5,5 \mu\text{m}$ (ortalama $\pm$ standart sapma) iken, 60 dakikalık kütlemeden sonraki grupta $125,7 \pm 13,0 \mu\text{m}$ idi. Hem maksilla hem de mandibula için, daha kısa son sertleştirme süreleri, yaşlanma süreci sırasında daha büyük boyutsal değişikliklere neden olmuştur. Çalışmanın sonuçlarına göre en az 30 dakikalık kütleme tavsiye edilmiştir. 3B baskıdan sonraki boyutsal değişikliklerin çoğunlukla 1 gün içerisinde meydana geldiği ve kütleme işleminin 3B baskıdan hemen sonra yapılması gerektiği de vurgulanmıştır. Bu bulgular, boyutsal stabiliteye sahip bir protez kaidesi üretmek için kütleme işleminin önemli olduğunu göstermektedir. Camardella ve ark. (190) nın yaptığı dijital yüzey karşılaştırması sonuçlarına göre, SLA yazıcısında üretilen ve palatal bar bulundurmeyen at nalı şeklinde kaideye sahip modellerle, standart kaide tasarımına sahip modeller arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenmiştir. Yazarlar, SLA ile üretilen modellerdeki büzülmenin, üretim sonrası kütleme işlemi sonucunda meydana geldiğini düşünmektedir. Yapılan çalışmalarda da görüldüğü üzere kütleme süresi ile üretimin doğruluğu arasında önemli bir bağlantı vardır.

Al-Dulaijan ve ark. farklı son kütleme süreleriyle birlikte baskı oryantasyonunun 3B baskılı reçinelerin basma dayanımı üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Toplam 480 dikdörtgen numune üretilerek baskı yönlerine göre (0° , 45° , 90°) üç gruba ayrılmış; her gruba farklı sürelerde (30, 60, 90, 120 dakika) kütleme işlemi uygulanmıştır. Kütleme cihazları Asiga Flaş (ASIGA, Almanya) ve LCD Baskı Kutusu (3B sistemler, Hollanda) olarak seçilmiştir. Çalışmanın sonucunda, 3B baskılı reçinenin (NextDent, ASIGA) en yüksek eğilme dayanımı değerlerinin 0 derece grubunda olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, baskı yönü ne olursa olsun, son kütleme süresi arttığında eğilme dayanımı değerleri de artmış; en yüksek eğilme dayanımı tüm yönlerde kütleme sonrası 120 dakikalık sürede kaydedilmiştir. (183). Fotopolimer reçine kullanılarak yapılan üretim sırasında, kısmen polimerize edilmiş reçine, baskıdan sonra devam eden son kütleme işlemi yoluyla daha da sertleştirilir, bu da basılı

ürünün stabilitesini artırır. Son kürleme süresi yetersizse, son ürünün mekanik özelliklerinin de zayıf olduğu bilinmektedir (184).

Nitrojen atmosferine sahip Otoflash G171 (NK Optik, Baierbrunn, Almanya) ile kürleme, azot atmosferi altında 280-580 nm arasında geniş bir dalga boyu spektrumunda gerçekleştirilmektedir. Otoflash G171, polimerizasyon cihazlarının çoğunda görüldüğü gibi sabit bir ışınlama sağlamaz, ancak optimize edilmiş bir polimerizasyon ve sonuç olarak daha yüksek bir dönüşüm derecesi ve üstün mekanik özellikler ile sonuçlanan artan bir ışık yoğunluğuna yol açabilecek tekrarlanan konsantre flaş ışıkları sağlar. Geniş dalga boyu spektrumu, çok çeşitli başlatıcı sistemler için fotoinitiatör sağlarken, azot atmosferi altında polimerizasyon, oksijen inhibisyon tabakasının oluşumunu önler ve böylece daha iyi bir polimerizasyon sağlar. Son kürlemenin rezin malzemeden yapılmış restorasyonlar üzerindeki etkisini araştıran bir çalışmada, Otoflash G171 kullanılarak kırılma dayanımı değerlerine bakılmıştır. Labolight ve Printbox'ta sonradan kürlenene 3B baskı reçinesi, Otoflash'ta kürlenene kıyasla daha düşük kırılma dayanımı göstermiştir. Araştırmacılar kürleme yönteminin kürlenme derecesi üzerinde önemli bir etkisi olduğu sonucuna varmıştır. (191). Otoflash G171, Bre.Lux Power Unit, Labolight DUO, LC-3DPrint Box, PCU LED kürleme cihazlarıyla yapılan bir başka çalışmada, 3B baskılı reçinelerin kürleme işlemlerinin Otoflash G171 ve Labolight DUO ile yapıldığında; bu cihazların dönüşüm derecesi, martens sertliği ve elastik indentasyon modülü sonuçlarının olumlu yönde artışına neden olduğu görülmüştür (192). Nitrojen gazıyla birlikte yapılan kürleme işleminin 3B baskılı sert okluzal splintlerin yüzey özellikleri üzerindeki etkisini değerlendirmek için yapılan bir çalışmada numunelerin yarısı LCD, diğer yarısı DLP yazıcısıyla basılmıştır. Her grup, kürleme yöntemine göre iki alt gruba ayrılmış ve Otoflash G171 cihazı kullanılarak nitrojen gazı ile ve nitrojen gazı olmadan kürleme işlemi uygulanmıştır. Nitrojen gazı ile sonradan kürlenene numunelerin SEM görüntülerinde nitrojen gazı olmayan numunelere göre daha düzgün yüzeylere sahip olduğu görülmüştür. LCD yazıcı ile üretilen ve nitrojen gazı ile sonradan kürlenene numunelerin en yüksek Vickers sertliğine ve dönüşüm derecesine sahip olduğu belirtilmiştir (193). Çalışmamızda dental reçinelerin kürlenmesinde altın standart olarak kabul edilen Otoflash G171 kürleme cihazı ve azot gazı ile kürleme işlemi uygulaması tercih edilmiştir. Literatürde Otoflash G171

kullanılarak farklı atım sayılarıyla yapılan kürleme işleminin daimi dental reçinelerin doğruluğu üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalara rastlanmamıştır.

3B yazıcılar ile kullanılan dental reçineler genellikle metakrilat monomerleri, inorganik doldurucular, ba latıcılar, silan ve pigmentler içermektedir (194-196). Monomer bileşiklerinin polimerizasyonundan sonra çapraz bağlı a  şeklinde bir organik matris oluşur (197). Ancak ideal polimerizasyon koşullarında dahi monomerlerin polimerlere dönüşümü tam değildir. K rlenmemi  artık monomerlerin toksisitesi, reçinelerin biyoyumlulu uyla ilgili endişe verici bir konudur. Bu nedenle, akrilik bazlı dental reçineler için son işlem olarak adlandırılan, artık monomerlerin uzaklaştırılmasına ve monomerlerden polimerlere dönüşüm derecesinin arttırılmasına yönelik yöntemler mevcuttur. Dönüşüm derecesi, polimerizasyonun boyutunu belirler ve baskı sonrası işlemlerle arttırılabilir (198) Daha yüksek bir dönüşüm derecesi, fotopolimerde daha az miktarda reaksiyona girmemiş monomer kaldığını gösterir (199). Yüzeydeki reaksiyona girmemiş monomerleri elimine etmek için, 3B baskılı nesneye, kısa bir süre boyunca izopropil alkol veya etanol gibi bir solvent içinde yıkama işlemi uygulanır. Kürleme işlemine engel olarak yüzeyde artık monomer kalmasına ve dönüşüm derecesinin de azalmasına neden olabilecek bir başka faktör de materyal yüzeyinde oluşabilecek oksijen inhibisyon tabakasıdır. Yüzeyde oluşabilecek oksijen inhibisyon tabakasını engellemek için ortamdaki oksijenin azotla yer değiştirilmesi ya da üretilen materyalin gliserin içerisinde bekletilerek ortamdaki oksijenle temasının önüne geçilmesi gerekir. (200). Jin ve ark. (198) yaptıkları çalışmada yıkama süresinin; basma dayanımını, mikro sertliğini, dönüşüm derecesini, su emilimini, çözünürlüğünü, hücre canlılığını ve sitotoksisiteyi önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Hücre canlılığı testinin sonuçları, 6 dakikadan uzun yıkama süresinin, sitotoksisiteyi azaltacağını göstermiştir. Ancak 6 dakikadan uzun yıkama süresi, 3B baskılı reçinelerin mekanik özelliklerini azaltmıştır. Yıkama sonrası süre arttıkça eğilme dayanımı azalmış ve vickers sertliği ilk olarak artmış, 6 dakikanın ardından azalmıştır. Yıkama sonrası süre arttıkça su emiliminin önemli ölçüde arttığı da gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, uzun süreli alkolle yıkamadan kaçınılması gerektiğini ve klinik uygulamalar için ultrasonik banyoda 6 dakikaya kadar yıkamanın  nerilebilece ini belirtilmektedir. Ek olarak ultrasonik banyonun, reçine örneklerin detoksifikasyonunda döner yıkayıcıya göre daha etkili olduğu da

gösterilmiştir. Malzemenin dayanıklılığının ve doğruluğunun değerlendirilmesinin yanı sıra, üretim sonrası kütleme işlemleri biyolojik stabiliteyi de etkiler. Artık monomer kalıntıları toksisiteyi arttıracığından dolayı gelecekteki çalışmalar toksisite değerlendirmesiyle de devam etmelidir (114). Üretim kalitesinin klinik olarak kabul edilebilir değerlere ulaştığı (50 mikron) yazıcı sistemleri ile yapılan üretimlerin standardize edildikten sonra yüksek doğrulukta restorasyonlar elde edilebileceği ancak toksisiteyi engelleyebilmek için üretim sonrası işlemlerin özellikle de kütleme işleminin önemli olduğunu ve bu konuda ileri araştırmalar gerektiğini düşünmekteyiz.

3B yazıcı teknolojilerinin karşılaştırıldığı güncel çalışmalarda, genellikle dijital yüzey çakıştırma programlarının tercih edildiği gözlenmiştir (201-204). Ölçüm verisi ile referans model arasındaki ortalama sapma değeri çok küçük olduğunda, çakıştırma işlemi için best-fit algoritma yöntemi tercih edilmektedir. Referans model üzerinde temsil edilmeyen noktalar ve sapma çok olduğu durumlar, çakıştırma esnasında görmezden gelinmektedir. Benzer çalışmalarda da dijital ortamdaki çakıştırma işlemlerinde Best-fit algoritması kullanılmıştır (205-209). Bu yöntemde tersine mühendislik yazılımı baskı model ve referans arasındaki benzeyen noktalar otomatik belirlenmektedir. Yoğunluk oluşturan benzeyen noktalar yüzey oluşturmakta ve sabit olarak görülen benzer yüzeyler üzerinde çakıştırma yapılmaktadır. Çakıştırma işlemlerinin yüksek doğruluk ve güvenilirlikte olması yöntemin klinik kullanılabilirliği açısından önemlidir. (180, 190, 205, 210, 211). Doğruluk, dijital referans verilerinin LCD yazıcıdan elde edilen veriler üzerinde dijital yüzey çakıştırması yapılmasıyla değerlendirilmiştir. Üretilen restorasyonların 3B sapma değerlerini incelemek için yazılımın en uygun hizalama sonrası verdiği RMS değerleri ve 3B karşılaştırma sonrası belirlenen karşılaştırma noktalarının sapma değerleri kullanılmıştır. Rossini ve ark. (202) dijital modellerin ölçüm hassasiyetinin ve teşhis doğruluğunun değerlendirildiği sistematik inceleme çalışmalarında 200 µm'den daha az olan bir ölçüm hatasının klinik olarak kabul edilebilir sınırlarda olduğunu öne sürmüşlerdir. Ancak daimî restorasyonlarda hata payının daha az olması gerekmektedir. Bu durum da göz önünde bulundurularak çalışmamızda üretilen örneklerin doğruluklarının değerlendirilebilmesi için best-fit algoritması kullanılmış ve renk spektrumları için maksimum nominal değer ± 0.01 mm olarak belirlenmiştir.

Çalışmamızda üç ayrı daimî dental reçine ve üç ayrı kürleme süresinin değerlendirildiği karşılaştırma verilerine göre RMS değerleri incelendi. Bütün gruplarda kürleme süreleri arttıkça RMS sapma değerinin azaldığı gözlemlendi. 2000 atım kürleme yapılan grupların tüm reçine tiplerinde diğer kürleme sürelerine göre istatistiksel olarak daha yüksek RMS sapma değeri sergilediği görüldü. En küçük RMS ortalamasına sahip daimî dental reçine Crowntec olarak belirlendi. İkinci olarak Bego grubu ve en yüksek RMS ortalama değerleri Senertec grubunda belirlendi. Total karşılaştırma tablosuna göre referans stl. dosyasına en yakın üretim Crowntec grubunda elde edildi. Sonra sırasıyla Bego ve Senertec grupları gelmektedir. Her reçine kendi içerisinde değerlendirildiğinde Senertec ve Bego reçinelerde 4000, Crowntec de ise 6000 atım kürleme sonucunda referans stl. dosyasına en yakın üretim yapıldığı görüldü. Tüm gruplar da 4000 atım kürleme uygulandığında ideal sonuçlar elde edildiği, yetersiz kürlemenin tüm gruplarda daha düşük doğruluk oranları oluşturduğu, 4000 atımdan fazla kürlemenin de Crowntec dışındaki gruplarda doğruluğu azalttığı görüldü. Seramik içeriğe sahip Senertec ve Bego gruplarında artan kürleme süresinin doğruluğu olumsuz yönde etkilemesi buna karşın rezin içerikli Crowntec grubunda doğruluğu arttırmasının sebebi olarak; artan kürleme süresinin rezin monomerlerin daha çok polimerizasyonuna sebep olarak ideale yaklaştırdığını, fakat seramik içeriği yüksek reçinelerde rezin içeriği düştüğü için yeterli polimerizasyonun gerçekleştiği ve fazla kürlemenin yapıya olumlu katkısı olmadığını düşünmekteyiz. Uzun kürleme esnasında kürleme cihazı içerisinde artan sıcaklığın reçinenin seramik yapısını etkilemiş olabileceği de düşünülmektedir. Kürleme esnasındaki sıcaklık değişimlerinin ölçülememesi ve ısı derecesinin standardize edilememesi çalışmamızın limitasyonları arasındadır ve bu konuda ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmamızın limitasyonları dahilinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

1. Farklı kürlleme sürelerinin daimî dental reçinelerin yüzey doğruluğu üzerinde etkisi bulunmaktadır.

2. 3B yazıcılarla aynı üretim protokolünde üretilen restorasyonların yüzey doğruluk miktarı reçine çeşidine ve yapısına bağlıdır.

3. Tüm reçine gruplarında 4000 atımlık kürlleme süresi ile ilgili reçineye ait yüksek doğruluk oranları elde edilmiştir.

4. Kompozit içerikli daimî dental reçine seramik içerikli olanlara göre daha yüksek yüzey doğruluğu göstermiştir.

5. Üç boyutlu yazıcılarla üretim tekniği çok aşamalı bir üretim süreci olup tüm aşamaları dikkatle yapılmalıdır. Literatürde 3B yazıcılarla daimî restorasyon üretimi ile ilgili görüş birliğine varılan bilgiler kısıtlıdır. 3 boyutlu yazıcıların gelecekte daha da yaygın olarak kullanılacağı tahmin edilmekte ve daimî restorasyonların üretimi ile ilgili çalışmalara yoğunlaşılmaktadır.

6. Klinisyenler düşük maliyetleri, yedek parça ve donanımlarına ulaşım kolaylıkları ve gün geçtikçe geliştirilmeye devam edilmesi sebebiyle 3 boyutlu yazıcıları tercih etmektedirler. Bu nedenle literatürde 3B yazıcı sistemlerin geliştirilmesiyle alakalı daha ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

7. KAYNAKÇA

1. Craig RG, Powers J, Wataha J. Direct Esthetic Restorative Materials. *J Restor Dent* 2000;244-67.
2. Hickel R, Dasch W, Janda R, Tyas M, Anusavice K. New Direct Restorative Materials. *Int J Dent* 1998;48(1):3-16.
3. Dental Amalgam: Update on Safety Concerns. ADA Council on scientific affairs *J Am Dent Assoc* 1998;129(4):494-503.
4. Chin G, Chong J, Kluczevska A, Lau A, Gorjy S, Tennant M. The Environmental Effects of Dental Amalgam. *Aust Dent J* 2000;45(4):246-9.
5. Giachetti L, Russo DS, Bambi C, Grandini R. A Review of Polymerization Shrinkage Stress: Current Techniques for Posterior Direct Resin Restorations. *J Contemp Dent Pract* 2008;7(4):79-88.
6. Karaarslan ES, Usumez A, Ozturk B, Cebe MA. Effect of Cavity Preparation Techniques and Different Preheating Procedures on Microleakage of Class V Resin Restorations. *Eur J Dent* 2012;6(01):087-94.
7. Van Dijken JW. A 6-Year Evaluation of A Direct Composite Resin Inlay/Onlay System and Glass Ionomer Cement-Composite Resin Sandwich Restorations. *Acta Odontol Scand* 1994;52(6):368-76.
8. Sheth PJ, Jensen ME, Sheth JJ. Comparative Evaluation of Three Resin Inlay Techniques: Microleakage Studies. *Quintessence Int* 1989;20(11):831-6.
9. Asmussen E. Clinical Relevance of Physical, Chemical and Bonding Properties of Composite Resins. *Oper Dent* 1985;10:61-73.
10. Yamanel K, Çağlar A, Gülsahi K, Özden UA. Effects of Different Ceramic and Composite Materials on Stress Distribution in Inlay and Onlay Cavities: 3-D Finite Element Analysis. *Dent Mater J* 2009;28(6):661-70.
11. Ferraris F. Posterior Indirect Adhesive Restorations (PIAR): Preparation Designs and Adhesthetics Clinical Protocol. *Int J Esthet Dent* 2017;12(4):482-502.
12. Chabouis HF, Faugeron VS, Attal J-P. Clinical Efficacy of Composite Versus Ceramic Inlays and Onlays: A Systematic Review. *Dent Mater* 2013;29(12):1209-18.
13. Tural Z, Yamaner İŞ, Tuncer E. Dental Seramiklerin Tarihsel Gelişimi. *J Dent Fac Atatürk Univ* 2015;25:157-66.
14. Otto T, De Nisco S. Computer-Aided Direct Ceramic Restorations: A 10-Year Prospective Clinical Study of Cerec Cad/Cam Inlays and Onlays. *Int J Prosthodont* 2002;15(2).
15. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki YJDMj. A Review of Dental Cad/Cam: Current Status and Future Perspectives from 20 Years of Experience. *Dent Mater J* 2009;28(1):44-56.
16. Champagne M. Reliability of Measurements from Photocopies of Study Models. *J Clin Orthod* 1992;26(10):648-50.
17. Astm I. ASTM52900-15 Standard Terminology for Additive Manufacturing—General Principles—Terminology. ASTM International, West Conshohocken, PA 2015;3(4):5.

18. Blatz MB, Conejo J. The Current State of Chairside Digital Dentistry and Materials. *Dental Clinics* 2019;63(2):175-97.
19. Quan H, Zhang T, Xu H, Luo S, Nie J, Zhu X. Photo-Curing 3D Printing Technique and Its Challenges. *Bioact Mater* 2020;5(1):110-5.
20. Aati S, Akram Z, Ngo H, Fawzy AS. Development of 3D Printed Resin Reinforced with Modified ZrO₂ Nanoparticles for Long-Term Provisional Dental Restorations. *Dental Materials* 2021;37(6):e360-e74.
21. Dawood A, Marti BM, Sauret-Jackson V, Darwood A. 3D Printing in Dentistry. *Br Dent J* 2015;219(11):521-9.
22. Tian Y, Chen C, Xu X, Wang J, Hou X, Li K, et al. A Review of 3D Printing in Dentistry: Technologies, Affecting Factors, and Applications. *Scanning* 2021;2021.
23. McCarty MC, Chen SJ, English JD, Kasper F. Effect of Print Orientation and Duration of Ultraviolet Curing on the Dimensional Accuracy of A 3-Dimensionally Printed Orthodontic Clear Aligner Design. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2020;158(6):889-97.
24. Kim D, Shim J-S, Lee D, Shin S-H, Nam N-E, Park K-H, et al. Effects of Post-Curing Time on the Mechanical and Color Properties of Three-Dimensional Printed Crown and Bridge Materials. *Polym J* 2020;12(11):2762.
25. Veneziani M. Posterior Indirect Adhesive Restorations: Updated Indications and The Morphology Driven Preparation Technique. *Int J Esthet Dent* 2017;12(2):204-30.
26. Burke EJ, Qualtrough AJ. Aesthetic Inlays: Composite or Ceramic? *Br Dent J* 1994;176(2):53-60.
27. Pallesen U, Qvist V. Composite Resin Fillings and Inlays. An 11-Year Evaluation. *Clin Oral Investig* 2003;7:71-9.
28. Angeletaki F, Gkogkos A, Papazoglou E, Kloukos D. Direct Versus Indirect Inlay/Onlay Composite Restorations in Posterior Teeth. A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Dent* 2016;53:12-21.
29. Magne P, Stanley K, Schlichting LH. Modeling of Ultrathin Occlusal Veneers. *Dent Mater* 2012;28(7):777-82.
30. Politano G, Van Meerbeek B, Peumans M. Nonretentive Bonded Ceramic Partial Crowns: Concept and Simplified Protocol for Long-Lasting Dental Restorations. *J Adhes Dent* 2018;20(6):495-510.
31. Halaçoğlu M, Tuncer D, Arhun N. İndirek Posterior Restorasyonlar. *J Dent Fac Atatürk Univ* 2015;25:98-103.
32. Ishii S, Ksoll WB, Hicks RE, Sadowsky MJ. Presence and Growth of Naturalized *Escherichia Coli* in Temperate Soils from Lake Superior Watersheds. *Appl Environ Microbiol* 2006;72(1):612-21.
33. Witkowski S. (CAD-)/CAM in Dental Technology. *Quintessence Dent Technol* 2005;28:169-84.
34. Peng M, Li C, Huang C, Liang S. Digital Technologies to Facilitate Minimally Invasive Rehabilitation of A Severely Worn Dentition: A Dental Technique. *J Prosthet Dent* 2021;126(2):167-72.

35. Kaleli N, Çağrı U. What Does Complete Digital Workflow Mean for Dentistry? *Int J Clin Exp Med* 2021;38(3s):175-9.
36. Güth J-F, Runkel C, Beuer F, Stimmelmayer M, Edelhoff D, Keul C. Accuracy of Five Intraoral Scanners Compared to Indirect Digitalization. *Clinical Oral Investigations* 2017;21:1445-55.
37. Henkel GL. A Comparison of Fixed Prostheses Generated from Conventional vs Digitally Scanned Dental Impressions. *Compend Contin Educ Dent* 2007;28(8):422-4, 6.
38. Zimmermann M, Ender A, Mehl A. Local Accuracy of Actual Intraoral Scanning Systems for Single-Tooth Preparations in Vitro. *J Am Dent Assoc* 2020;151(2):127-35.
39. Peşkersoy C, Acar G. Restoratif Diş Hekimliğinde Dijitalleşme. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2022;43.
40. Rawlings R, Wu J, Boccaccini A. Glass-Ceramics: Their Production from Wastes-A Review. *Journal of Materials Science* 2006;41:733-61.
41. Çetindağ Tokgöz M, Ayşef M. Diş Hekimliğinde Kullanılan CAD/CAM (Bilgisayar Destekli Tasarım/Bilgisayar Destekli Üretim) Sistemleri ve Materyaller. *J Dent Fac Ataturk Univ* 2016;26(3):524-33.
42. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM Technology: Options for Practical Implementation. *J Prosthodont Res* 2016;60(2):72-84.
43. Feuerstein P. Can Technology Help Dentists Deliver Better Patient Care? *J Am Dent Assoc* 2004;135:11S-6S.
44. Abduo J, Lyons K, Bennamoun M. Trends in Computer-Aided Manufacturing in Prosthodontics: A Review of the Available Streams. *Int J Dent* 2014;2014.
45. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital Dentistry: An Overview of Recent Developments for CAD/CAM Generated Restorations. *Br Dent J* 2008;204(9):505-11.
46. Strub JR, Rekow ED, Witkowski S. Computer-Aided Design and Fabrication of Dental Restorations: Current Systems and Future Possibilities. *J Am Dent Assoc* 2006;137(9):1289-96.
47. Sun J, Zhang FQRD. The Application of Rapid Prototyping in Prosthodontics. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic* 2012;21(8):641-4.
48. Kessler A, Hickel R, Reymus M. 3D Printing in Dentistry-State of the Art. *Oper Dent* 2020;45(1):30-40.
49. Bakiç H, Kocacikli M, Korkmaz T. Diş Hekimliğinde Güncel Intraoral Tarayıcılar. *J Dent Fac Ataturk Univ* 2021;31(2):289-304.
50. Masood S, Rattanawong W, Iovenitti P. A Generic Algorithm for a Best Part Orientation System for Complex Parts in Rapid Prototyping. *J Mater Process Technol* 2003;139(1-3):110-6.
51. Liu Q, Leu MC, Schmitt SM. Rapid Prototyping in Dentistry: Technology and Application. *J Adv Manuf Technol* 2006;29:317-35.
52. Wang J, Shaw LL. Fabrication of Functionally Graded Materials Via Inkjet Color Printing. *Journal of the American Ceramic Society* 2006;89(10):3285-9.

53. Noguera R, Lejeune M, Chartier T. 3D Fine Scale Ceramic Components Formed by Ink-Jet Prototyping Process. *Journal of the European Ceramic Society* 2005;25(12):2055-9.
54. Tay B, Evans J, Edirisinghe M. Solid Freeform Fabrication of Ceramics. *International Materials Reviews* 2003;48(6):341-70.
55. Standard A. Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies. ASTM International F-12a 2012:1-9.
56. Jain PK, Pandey PM, Rao P. Effect of Delay Time on Part Strength in Selective Laser Sintering. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2009;43:117-26.
57. Hazeveld A, Slater JJH, Ren Y. Accuracy and Reproducibility of Dental Replica Models Reconstructed by Different Rapid Prototyping Techniques. *Dentofacial Orthopedics* 2014;145(1):108-15.
58. Bhargav A, Sanjairaj V, Rosa V, Feng LW, Fuh YH J. Applications of Additive Manufacturing in Dentistry: A Review. *J Biomed Mater Res B* 2018;106(5):2058-64.
59. Yılmaz F, Arar ME, Koç E. 3D Baskı ile Hızlı Prototip ve Son Ürün Üretimi. 2013.
60. Stansbury JW, Idacavage MJ. 3D Printing with Polymers: Challenges among Expanding Options and Opportunities. *Dent Mater* 2016;32(1):54-64.
61. Hull CW. Apparatus for Production of Three-Dimensional Objects by Stereolithography. United States Patent, Appl, No 638905, Filed 1984.
62. Ngo TD, Kashani A, Imbalzano G, Nguyen KT, Hui D. Additive Manufacturing (3d Printing): A Review of Materials, Methods, Applications and Challenges. *Compos Part B-Eng* 2018;143:172-96.
63. Dizon JRC, Gache CCL, Cascolan HMS, Cancino LT, Advincula RC. Post-Processing of 3D-Printed Polymers. *Technol* 2021;9(3):61.
64. Manapat JZ, Chen Q, Ye P, Advincula RC. 3D Printing of Polymer Nanocomposites Via Stereolithography. *Macromolecular Materials* 2017;302(9):1600553.
65. Zhao T, Yu R, Huang W, Zhao W, Wang G. Aliphatic Silicone-Epoxy Based Hybrid Photopolymers Applied in Stereolithography 3D Printing. *Polym Adv Technol* 2021;32(3):980-7.
66. Scribante A, Gallo S, Pascadopoli M, Canzi P, Marconi S, Montasser MA, et al. Properties of CAD/CAM 3D Printing Dental Materials and Their Clinical Applications in Orthodontics: Where Are We Now? *Appl Sci* 2022;12(2):551.
67. Özay M, Sarıdağ S. Diş Hekimliğinde Fotopolimerizasyon ile 3 Boyutlu Üretim Yöntemleri ve Kullanım Alanları. *Selcuk Dental Journal* 2023;10(2):479-85.
68. Tsolakis IA, Papaioannou W, Papadopoulou E, Dalampira M, Tsolakis A. Comparison in Terms of Accuracy between DLP and LCD Printing Technology for Dental Model Printing. *Dent J* 2022;10(10):181.
69. Boca MA, Sover A, Slătineanu L, editors. The Printing Parameters Effects on the Dimensional Accuracy of the Parts Made of Photosensitive Resin. *Macromol Symp*; 2021: Wiley Online Library.

70. Tosto C, Pergolizzi E, Blanco I, Patti A, Holt P, Karmel S, et al. Epoxy Based Blends for Additive Manufacturing by Liquid Crystal Display (LCD) Printing: The Effect of Blending and Dual Curing on Daylight Curable Resins. 2020;12(7):1594.
71. Prabhakar MM, Saravanan A, Lenin AH, Mayandi K, Ramalingam PS. A Short Review on 3D Printing Methods, Process Parameters and Materials. Mater Today Proc 2021;45:6108-14.
72. Xenikakis I, Tsongas K, Tzimtzimis EK, Zacharis CK, Theodoroula N, Kalogianni EP, et al. Fabrication of Hollow Microneedles Using Liquid Crystal Display (LCD) Vat Polymerization 3D Printing Technology for Transdermal Macromolecular Delivery. Int J Pharm 2021;597:120303.
73. Tumbleston JR, Shirvanyants D, Ermoshkin N, Januszewicz R, Johnson AR, Kelly D, et al. Continuous Liquid Interface Production of 3D Objects. Science 2015;347(6228):1349-52.
74. Mendes-Felipe C, Oliveira J, Etxebarria I, Vilas-Vilela JL, Lanceros-Mendez S. State-of-the-Art and Future Challenges of UV Curable Polymer-Based Smart Materials for Printing Technologies. Adv Mater Technol 2019;4(3):1800618.
75. Patzelt SB, Bishti S, Stampf S, Att W. Accuracy of Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing–Generated Dental Casts Based on Intraoral Scanner Data. J Am Dent Assoc 2014;145(11):1133-40.
76. Gaynor AT, Meisel NA, Williams CB, Guest JK. Multiple-Material Topology Optimization of Compliant Mechanisms Created Via Polyjet Three-Dimensional Printing. J Manuf Sci Eng 2014;136(6):061015.
77. Sanders J, Wei X, Pei Z, editors. Experimental Investigation of Stratasys J750 Polyjet Printer: Effects of Orientation and Layer Thickness on Thermal Glass Transition Temperature. International Mechanical Engineering Congress and Exposition: Salt Lake City, UT, USA; 2019.
78. Hong D, Kim H, Kim T, Kim Y-H, Kim N. Development of Patient Specific, Realistic, and Reusable Video Assisted Thoracoscopic Surgery Simulator Using 3D Printing and Pediatric Computed Tomography Images. Sci Rep 2021;11(1):6191.
79. Bourell D, Kruth JP, Leu M, Levy G, Rosen D, Beese AM, et al. Materials for Additive Manufacturing. CIRP Annals 2017;66(2):659-81.
80. Rybicki FJ, Grant GT. 3D Printing in Medicine. Springer Sci Rev 2017.
81. Şahin K, Turan BO. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojilerinin Karşılaştırmalı Analizi. Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi 2018;2(2):97-116.
82. Du W, Ren X, Ma C, Pei Z, editors. Binder Jetting Additive Manufacturing of Ceramics: A Literature Review. ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition; 2017: American Society of Mechanical Engineers.
83. Fan D, Li Y, Wang X, Zhu T, Wang Q, Cai H, et al. Progressive 3D Printing Technology and Its Application in Medical Materials. Front pharmacol 2020;11:122.
84. Baich L, Manogharan G, Marie H. Study of Infill Print Design on Production Cost-Time of 3D Printed ABS Parts. Int J Rapid Manuf 2015;5(3-4):308-19.
85. Özsoy K, Duman B, Industry D. Eklemeli İmalat (3 Boyutlu Baskı) Teknolojilerinin Eğitimde Kullanılabilirliği. Int J Print Technol 2017;1(1):36-48.

86. Andjela L, Abdurahmanovich VM, Vladimirovna SN, Mikhailovna GI, Yurievich DD, Alekseevna MY. A Review on Vat Photopolymerization 3D-Printing Processes for Dental Application. *Dent Mater* 2022.
87. Jockusch J, Özcan M. Additive Manufacturing of Dental Polymers: An Overview on Processes, Materials and Applications. *Dent Mater J* 2020;39(3):345-54.
88. Barazanchi A, Li KC, Al-Amleh B, Lyons K, Waddell JN. Additive Technology: Update on Current Materials and Applications in Dentistry. *J Prosthodont* 2017;26(2):156-63.
89. Lin L, Fang Y, Liao Y, Chen G, Gao C, Zhu P. 3D Printing and Digital Processing Techniques in Dentistry: A Review of Literature. *Adv Eng Mater* 2019;21(6):1801013.
90. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NR, Bonfante EA. A New Classification System for All-Ceramic and Ceramic-Like Restorative Materials. *Int J Prosthodont* 2015;28(3).
91. Ultimate L. CAD/CAM Restorative—Technical Product Profile. St Paul, Minn: 3M ESPE 2011.
92. Alevizakos V, Mitov G, Teichert F, von See C. The Color Stability and Wear Resistance of Provisional Implant Restorations: A Prospective Clinical Study. *Clinical Experimental Dental Research* 2020;6(5):568-75.
93. Kılınç Ö, Toplan N. Amorf Polimerler. *ALKÜ Fen Bilimleri Dergisi*;5(3):131-48.
94. Özden S, Demir H. Polieter Eter Keton (Peek) Diş Hekimliğinde Yükselen Materyal. *NEU Dent J* 2020;2(2):76-85.
95. Arnold C, Monsees D, Hey J, Schweyen R. Surface Quality of 3D-Printed Models as A Function of Various Printing Parameters. *Mater* 2019;12(12):1970.
96. Rubayo DD, Phasuk K, Vickery JM, Morton D, Lin W-S. Influences of Build Angle on The Accuracy, Printing Time, and Material Consumption of Additively Manufactured Surgical Templates. *J Prosthet Dent* 2021;126(5):658-63.
97. Gao H, Yang Z, Lin WS, Tan J, Chen L. The Effect of Build Orientation on the Dimensional Accuracy of 3D-Printed Mandibular Complete Dentures Manufactured with A Multijet 3D Printer. *J Prosthodont* 2021;30(8):684-9.
98. Hada T, Kanazawa M, Iwaki M, Arakida T, Soeda Y, Katheng A, et al. Effect of Printing Direction on the Accuracy of 3D-Printed Dentures using Stereolithography Technology. *Mater* 2020;13(15):3405.
99. Favero CS, English JD, Cozad BE, Wirthlin JO, Short MM, Kasper FK. Effect of Print Layer Height and Printer Type on the Accuracy of 3-Dimensional Printed Orthodontic Models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2017;152(4):557-65.
100. Zhang Z-c, Li P-l, Chu F-t, Shen G. Influence of the Three-Dimensional Printing Technique and Printing Layer Thickness on Model Accuracy. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie* 2019;80(4).
101. You S-M, You S-G, Kang S-Y, Bae S-Y, Kim J-H. Evaluation of the Accuracy (Trueness and Precision) of A Maxillary Trial Denture According to the Layer Thickness: An in Vitro Study. *J Prosthet Dent* 2021;125(1):139-45.

102. Loflin WA, English JD, Borders C, Harris LM, Moon A, Holland JN, et al. Effect of Print Layer Height on the Assessment of 3D-Printed Models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2019;156(2):283-9.
103. Rungrojwittayakul O, Kan JY, Shiozaki K, Swamidass RS, Goodacre BJ, Goodacre CJ, et al. Accuracy of 3D Printed Models Created by Two Technologies of Printers with Different Designs Of Model Base. *J Prosthodont* 2020;29(2):124-8.
104. Revilla-León M, Piedra-Cascón W, Aragonese R, Sadeghpour M, Barmak BA, Zandinejad A, et al. Influence of Base Design on the Manufacturing Accuracy of Vat-Polymerized Diagnostic Casts: An in Vitro Study. *J Prosthet Dent* 2023;129(1):166-73.
105. Shin S-H, Lim J-H, Kang Y-J, Kim J-H, Shim J-S, Kim J-E. Evaluation of the 3D Printing Accuracy of A Dental Model According to Its Internal Structure and Cross-Arch Plate Design: An in Vitro Study. *Mater* 2020;13(23):5433.
106. Belnap B. Effect of Build Angle and Model Body Type (Solid Vs Shell) on Accuracy of 3D-Printed Orthodontic Models Using a DLP Printer: University of Missouri-Kansas City; 2022.
107. Sherman SL, Kadioglu O, Currier GF, Kierl JP, Li J. Accuracy of Digital Light Processing Printing of 3-Dimensional Dental Models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2020;157(3):422-8.
108. Kenning KB. Effect of 3D Printed Dental Model Shell Thickness on the Dimensional Fidelity of Thermoformed Appliances: The University of Texas School of Dentistry at Houston; 2020.
109. Tsolakis IA, Gizani S, Panayi N, Antonopoulos G, Tsolakis A. Three-Dimensional Printing Technology in Orthodontics for Dental Models: A Systematic Review. *Children* 2022;9(8):1106.
110. Jindal P, Juneja M, Bajaj D, Siena FL, Breedon P. Effects of Post-Curing Conditions on Mechanical Properties of 3D Printed Clear Dental Aligners. *Rapid Prototyp J* 2020;26(8):1337-44.
111. Schmitz A, editor Effect of Curing Parameters on Warp in the SLA Printing Process. ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition; 2022: American Society of Mechanical Engineers.
112. Price RB, Labrie D, Whalen JM, Felix CM. Effect of Distance on Irradiance and Beam Homogeneity from 4 Light-Emitting Diode Curing Units. *J Adhes Dent* 2011;77:b9-b.
113. Katheng A, Kanazawa M, Iwaki M, Minakuchi S. Evaluation of Dimensional Accuracy and Degree of Polymerization of Stereolithography Photopolymer Resin under Different Postpolymerization Conditions: An in Vitro Study. *J Prosthet Dent* 2021;125(4):695-702.
114. Chen H, Cheng DH, Huang SC, Lin YM. Comparison of Flexural Properties and Cytotoxicity of Interim Materials Printed from Mono-LCD and DLP 3D Printers. *Prosthet Dent* 2021;126(5):703-8.
115. Leprince JG, Palin WM, Hadis MA, Devaux J, Leloup G. Progress in Dimethacrylate-Based Dental Composite Technology and Curing Efficiency. *Dent Mater* 2013;29(2):139-56.

116. Bayarsaikhan E, Gu H, Hwangbo NK, Lim JH, Shim JS, Lee KW, et al. Influence of Different Postcuring Parameters on Mechanical Properties and Biocompatibility of 3D Printed Crown and Bridge Resin for Temporary Restorations. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials* 2022;128:105127.
117. Kayacan MY, Gören A. Reçine Kırılma Metoduna Dayalı 3B Yazıcılarda Optimum Kırılma Süresinin Belirlenmesi.
118. Zhao J, Yang Y, Li L. A Comprehensive Evaluation for Different Post-Curing Methods Used in Stereolithography Additive Manufacturing. *J Manuf Process* 2020;56:867-77.
119. Mendes-Felipe C, Patrocinio D, Laza JM, Ruiz-Rubio L, Vilas-Vilela JL. Evaluation of Postcuring Process on the Thermal and Mechanical Properties of the Clear02™ Resin Used in Stereolithography. *Polym Test* 2018;72:115-21.
120. Alkhateeb RI, Algaoud HS, Aldamhori RB, Alshubaili RR, Alalawi H, Gad MM. Fracture Load of 3D-Printed Interim Three-Unit Fixed Dental Prostheses: Impact of Printing Orientation and Post-Curing Time. *Polym J* 2023;15(7).
121. Uzategui AC, Muralidharan A, Ferguson VL, Bryant SJ, McLeod RR. Understanding and Improving Mechanical Properties in 3D Printed Parts Using A Dual-Cure Acrylate-Based Resin for Stereolithography. *Adv Eng Mater* 2018;20(12):1800876.
122. Lefever D, Gregor L, Bortolotto T, Krejci I. Supragingival Relocation of Subgingivally Located Margins for Adhesive Inlays/Onlays with Different Materials. *J Adhes Dent* 2012;14(6):561.
123. Eren O, Sezer HK, Börklü HR. Tersine Mühendislik Tasarımı: Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Lisans Öğrencileri İçin Teknik Seçmeli Ders. *Int J Print Technol Digit Ind* 2018;2(3):1-11.
124. Şahin İ, Şahin T, Gökçe H. Hasarlı Dişlilerin Tersine Mühendislik Yaklaşımıyla Yeniden Oluşturulması. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2017;5(2):485-95.
125. Andriessen FS, Rijkens DR, Van Der Meer WJ, Wismeijer DW. Applicability and Accuracy of an Intraoral Scanner for Scanning Multiple Implants In Edentulous Mandibles: A Pilot Study. *J Prosthet Dent* 2014;111(3):186-94.
126. Puebla K, Arcaute K, Quintana R, Wicker RB. Effects of Environmental Conditions, Aging, and Build Orientations on the Mechanical Properties of ASTM Type I Specimens Manufactured Via Stereolithography. *Rapid Prototyp J* 2012;18(5):374-88.
127. Wenbin H, Yong Tsui L, Haiqing G. A Study of The Staircase Effect Induced by Material Shrinkage in Rapid Prototyping. *Rapid Prototyp J* 2005;11(2):82-9.
128. Hong W, Lee YT, Gong H. Thermal Analysis of Layer Formation in A Stepless Rapid Prototyping Process. *Appl Therm Eng* 2004;24(2-3):255-68.
129. Cappella A, Gibelli D, Cellina M, Mazzarelli D, Oliva AG, De Angelis D, et al. Three-Dimensional Analysis of Sphenoid Sinus Uniqueness for Assessing Personal Identification: A Novel Method Based on 3D-3D Superimposition. *Int J Legal Med* 2019;133:1895-901.

130. Çakmak G, Donmez MB, Cuellar AR, Kahveci Ç, Schimmel M, Yilmaz B. Additive or Subtractive Manufacturing of Crown Patterns Used for Pressing or Casting: A Trueness Analysis J Dent 2022;124:104221.
131. Yilmaz B, Marques VR, Donmez MB, Cuellar AR, Lu W-E, Abou-Ayash S, et al. Influence of 3D Analysis Software on Measured Deviations of CAD-CAM Resin Crowns from Virtual Design File: An in-Vitro Study. J Dent 2022;118:103933.
132. Wang W, Yu H, Liu Y, Jiang X, Gao B. Trueness Analysis of Zirconia Crowns Fabricated with 3-Dimensional Printing. J Prosthet Dent 2019;121(2):285-91.
133. Lerner H, Nagy K, Pranno N, Zarone F, Admakin O, Mangano F. Trueness and Precision of 3D-Printed Versus Milled Monolithic Zirconia Crowns: An in Vitro Study. J Dent 2021;113:103792.
134. Donmez MB, Yilmaz B, Yoon H-I, Kahveci Ç, Schimmel M, Çakmak G. Effect of Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing Technique on the Accuracy of Fixed Partial Denture Patterns used for Casting or Pressing. J Dent 2023;130:104434.
135. Kanar ÖE, Tağtekin D. İndirekt Kompozit Ve Seramik Restorasyonlarda Yüzey Hazırlığı. Aydın Dental Journal 2021;7(1):57-75.
136. Uluakay M, Hüseyin İ, Yamanel K, Arhun N. Kompozit Rezinler ve Polimerizasyon Büzülmesi. ADO Klinik Bilimler Dergisi 2011;5(2):895-902.
137. Leinfelder K, Radz G, Nash R. A Report on A New Condensable Composite Resin. Compend Contin Educ Dent 1998;19(3):230-2, 4, 6.
138. Mazer R, Leinfelder K, Russell C. Degradation of Microfilled Posterior Composite. Dent Mater 1992;8(3):185-9.
139. Weinmann W, Thalacker C, Guggenberger R. Siloranes in Dental Composites. Dent Mater 2005;21(1):68-74.
140. Huth KC, Chen HY, Mehl A, Hickel R, Manhart J. Clinical Study of Indirect Composite Resin Inlays in Posterior Stress-Bearing Cavities Placed by Dental Students: Results After 4 Years. J Dent 2011;39(7):478-88.
141. Gianordoli Neto R, Santiago S, Mendonça J, Passos V, Lauris R, Navarro MFdeL. One Year Clinical Evaluation of Two Different Types of Composite Resins in Posterior Teeth. J Contemp Dent Pract 2008:026-33.
142. Çetin AR, Ünlü N. One-Year Clinical Evaluation of Direct Nanofilled and Indirect Composite Restorations in Posterior Teeth. Dent Mater J 2009;28(5):620-6.
143. Dietschi D, Bindi G, Krejci I, Davidson C. Marginal and Internal Adaptation of Stratified Compomer-Composite Class II Restorations. 2002;27(5):500-9.
144. Yamamoto T, Nakamura Y, Nishide A, Kubota Y, Momoi Y. Contraction Stresses in Direct and Indirect Composite Restorations Compared by Crack Analysis. J Adhes Dent 2013;15(1).
145. Borges AFS, Correr GM, Sinhoreti MAC, Consani S, Sobrinho LC, Rontani RMP. Compressive Strength Recovery by Composite Onlays in Primary Teeth: Substrate Treatment and Luting Agent Effects. J Dent 2006;34(7):478-84.

146. Collares K, Corrêa MB, Laske M, Kramer E, Reiss B, Moraes RR, et al. A Practice-Based Research Network on The Survival of Ceramic Inlay/Onlay Restorations. *Dent Mater* 2016;32(5):687-94.
147. Scheibenbogen-Fuchsbrunner A, Manhart J, Kremers L, Kunzelmann K-H, Hickel R. Two-Year Clinical Evaluation of Direct and Indirect Composite Restorations in Posterior Teeth. *J Prosthet Dent* 1999;82(4):391-7.
148. Ozakar-Ilda N, Zorba YO, Yıldız M, Erdem V, Seven N, Demirbuga S. Three-Year Clinical Performance of Two Indirect Composite Inlays Compared to Direct Composite Restorations. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2013;18(3):e521.
149. Dalpino P, Francischone CE, Ishikiriama A, Franco EB. Fracture Resistance of Teeth Directly and Indirectly Restored with Composite Resin and Indirectly Restored with Ceramic Materials. *American Journal of Dentistry* 2002;15(6):389-94.
150. Milleding P. Microleakage of Indirect Composite Inlays: An in Vitro Comparison with The Direct Technique. *Acta Odontol Scand* 1992;50(5):295-301.
151. Peutzfeldt A, Asmussen E. A Comparison of Accuracy in Seating and Gap Formation for Three Inlay/Onlay Techniques. *Tandlaegebladet* 1991;95(6):243-6.
152. Thordrup M, Isidor F, Hörsted-Bindslev P. A One-Year Clinical Study of Indirect and Direct Composite and Ceramic Inlays. *Eur J Oral Sci* 1994;102(3):186-92.
153. Hasanreîarsoğarlu U, Sönmez H, Üçtaşlı S, Wilson H. Microleakage of Direct and Indirect Inlay/Onlay Systems. *J Oral Rehabil* 1996;23(1):66-71.
154. Hickel R, Manhart J. Longevity of Restorations in Posterior Teeth and Reasons for Failure. *J Adhes Dent* 2001;3(1).
155. Manhart J, Chen H, Neuerer P, Scheibenbogen-Fuchsbrunner A, Hickel R. Three-Year Clinical Evaluation of Composite and Ceramic Inlays. *Am J Dent* 2001;14(2):95-9.
156. Lange R-T, Pfeiffer P. Clinical Evaluation of Ceramic Inlays Compared to Composite Restorations. *Oper Dent* 2009;34(3):263-72.
157. Pae A, Lee H-R, Kim H-S. Effect of Temperature on the Rheological Properties of Dental Interocclusal Recording Materials. *Korea-Australia Rheology Journal* 2008;20(4):221-6.
158. McCabe J, Carrick T. Rheological Properties of Elastomers During Setting. *J Dent Res* 1989;68(8):1218-22.
159. Moörmann WH. The Evolution of the CEREC System. *J Am Dent Assoc* 2006;137:7S-13S.
160. Lin W-S, Metz MJ, Pollini A, Ntounis A, Morton D. Digital Data Acquisition for A CAD/CAM-Fabricated Titanium Framework and Zirconium Oxide Restorations for An Implant-Supported Fixed Complete Dental Prosthesis. *J Prosthet Dent* 2014;112(6):1324-9.
161. Christensen GJ. Impressions are Changing: Deciding on Conventional, Digital or Digital Plus in-Office Milling. *J Am Dent Assoc* 2009;140(10):1301-4.
162. Grünheid T, McCarthy SD, Larson BE, Orthopedics D. Clinical Use of A Direct Chairside Oral Scanner: An Assessment of Accuracy, Time, and Patient Acceptance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;146(5):673-82.

163. Almeida e Silva JS, Erdelt K, Edelhoff D, Araújo É, Stimmelmayer M, Vieira LCC, et al. Marginal and Internal Fit of Four-Unit Zirconia Fixed Dental Prostheses Based on Digital and Conventional Impression Techniques. *Clin Oral Investig* 2014;18:515-23.
164. DeLong R, Heinzen M, Hodges JS, Ko C-C, Douglas W. Accuracy of A System for Creating 3D Computer Models of Dental Arches. *J Dent Res* 2003;82(6):438-42.
165. Güth J-F, Keul C, Stimmelmayer M, Beuer F, Edelhoff D. Accuracy of Digital Models Obtained by Direct and Indirect Data Capturing. *Clin Oral Investig* 2013;17:1201-8.
166. Syrek A, Reich G, Ranftl D, Klein C, Cerny B, Brodesser J. Clinical Evaluation of All-Ceramic Crowns Fabricated from Intraoral Digital Impressions Based on the Principle of Active Wavefront Sampling. *J Dent* 2010;38(7):553-9.
167. Benli M, Öngül D, Karataşlı B, Rohlig BG. Dijital ve Konvansiyonel Yolla Üretilen Kron Restorasyonların Uyum Parametrelerinin Karşılaştırılması. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2019;40(2):89-96.
168. Flügge TV, Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of Intraoral Digital Dental Impressions with Itero and Extraoral Digitization with the Itero and A Model Scanner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;144(3):471-8.
169. Christensen GJ. Will Digital Impressions Eliminate the Current Problems with Conventional Impressions? *J Am Dent Assoc* 2008;139(6):761-3.
170. Naidu D, Freer TJ. Validity, Reliability, and Reproducibility of the İOC Intraoral Scanner: A Comparison of Tooth Widths and Bolton Ratios. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;144(2):304-10.
171. Wu L, Zhao L, Jian M, Mao Y, Yu M, Guo X. EHMP-DLP: Multi-Projector DLP with Energy Homogenization for Large-Size 3D Printing. *Rapid Prototyp J* 2018;24(9):1500-10.
172. Moon W, Kim S, Lim B-S, Park Y-S, Kim RJ-Y, Chung SH. Dimensional Accuracy Evaluation of Temporary Dental Restorations with Different 3D Printing Systems. *Mater* 2021;14(6):1487.
173. Tsolakis IA, Lyros I, Christopoulou I, Tsolakis AI, Papadopoulos MA. Comparing the Accuracy of 3 Different Liquid Crystal Display Printers for Dental Model Printing. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2024.
174. Sahin Z, Ozer NE, Yıkıcı C, Kılıçarslan MA. Mechanical Characteristics of Composite Resins Produced by Additive and Subtractive Manufacturing. *The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry* 2023;31(3):278-85.
175. Aldahian N, Khan R, Mustafa M, Vohra F, Alrahlah A. Influence of Conventional, CAD-CAM, and 3D Printing Fabrication Techniques on the Marginal Integrity and Surface Roughness and Wear of Interim Crowns. *Appl Sci* 2021;11(19):8964.
176. Donmez MB, Okutan Y. Marginal Gap and Fracture Resistance of Implant-Supported 3D-Printed Definitive Composite Crowns: An in Vitro Study. *Dent* 2022;124:104216.
177. Uçar Y, Ekren O. Bildiri Özetleri Kitabı.21-2.

178. Demirel M, Türksayar AAD, Donmez MB. Fabrication Trueness and Internal Fit of Hybrid Abutment Crowns Fabricated by Using Additively and Subtractively Manufactured Resins. *J Dent* 2023;136:104621.
179. Sonkaya E, BEK KÜRKLÜ ZG. 3D Daimi Reçinenin Kompozit Rezinle Tamirinde Farklı Yüzey İşlemlerinin Mikrogerilim Bağlanma Dayanımına Etkisi: Bir İn Vitro Çalışma. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci* 2023;29(4).
180. Brown GB, Currier GF, Kadioglu O, Kierl JP. Accuracy of 3-Dimensional Printed Dental Models Reconstructed from Digital Intraoral Impressions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2018;154(5):733-9.
181. De Castro EF, Nima G, Rueggeberg FA, Giannini M. Effect of Build Orientation in Accuracy, Flexural Modulus, Flexural Strength, and Microhardness of 3D-Printed Resins for Provisional Restorations. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials* 2022;136:105479.
182. Tahayeri A, Morgan M, Fugolin AP, Bompolaki D, Athirasala A, Pfeifer CS, et al. 3D Printed Versus Conventionally Cured Provisional Crown and Bridge Dental Materials. *Dental aterials* 2018;34(2):192-200.
183. Al-Dulaijan YA, Alsulaimi L, Alotaibi R, Alboainain A, Akhtar S, Khan SQ, et al. Effect of Printing Orientation and Postcuring Time on the Flexural Strength of 3D-Printed Resins. *Journal of Prosthodontics : Official Journal of the American College of Prosthodontists* 2023;32(S1):45-52.
184. Alkhateeb RI, Algaoud HS, Aldamanhori RB, Alshubaili RR, Alalawi H, Gad MM. Fracture Load of 3D-Printed Interim Three-Unit Fixed Dental Prostheses: Impact of Printing Orientation and Post-Curing Time. *Polymers* 2023;15(7):1737.
185. Farag E, Sabet A, Ebeid K, El Sergany O. Build Angle Effect on 3D-Printed Dental Crowns Marginal Fit Using Digital Light-Processing and Stereo-Lithography Technology: An in Vitro Study. *BMC Oral Health* 2024;24(1):1-6.
186. Labella R, Lambrechts P, Van Meerbeek B, Vanherle G. Polymerization Shrinkage and Elasticity of Flowable Composites and Filled Adhesives. *Dent Mater* 1999;15(2):128-37.
187. Silikas N, Eliades G, Watts D. Light Intensity Effects on Resin-Composite Degree of Conversion and Shrinkage Strain. *Dent Mater* 2000;16(4):292-6.
188. RL S. Reduced Light Energy Density Decreases Pos-Gel Contraction While Maintaining Degree of Conversion in Composites. *Dent Mater* 1998;26:695-700.
189. Shin SH, Doh RM, Lim JH, Kwon JS, Shim JS, Kim JE. Evaluation of Dimensional Changes According to Aging Period and Postcuring Time of 3D-Printed Denture Base Prostheses: An in Vitro Study. *Materials (Basel, Switzerland)* 2021;14(20).
190. Camardella LT, de Vasconcellos Vilella O, Breuning H. Accuracy of Printed Dental Models Made with 2 Prototype Technologies and Different Designs of Model Base. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics* 2017;151(6):1178-87.
191. Reymus M, Fabritius R, Keßler A, Hickel R, Edelhoff D, Stawarczyk B. Fracture Load of 3D-Printed Fixed Dental Prostheses Compared with Milled and Conventionally Fabricated Ones: The Impact of Resin Material, Build Direction,

Post-Curing, and Artificial Aging—an in Vitro Study. *Clin Oral Investig* 2020;24:701-10.

192. Mayinger F, Reymus M, Liebermann A, Richter M, Kubryk P, Großekappenberg H, et al. Impact of Polymerization and Storage on the Degree of Conversion and Mechanical Properties of Veneering Resin Composites. *Dent Mater* 2021;40(2):487-97.

193. Wada J, Wada K, Gibreel M, Wakabayashi N, Iwamoto T, Vallittu PK, et al. 146 - Effect of Nitrogen Post-Curing on Surface Conditions of 3D-Printed Splint. *Dent Mater* 2023;39:e78-e9.

194. Powers J, Sakaguchi R. Restorative Materials—Composites and Polymers. *Craig's Restorative Dental Materials* 2013.

195. Anseth K, Newman S, Bowman C, editors. Polymeric Dental Composites: Properties and Reaction Behavior of Multimethacrylate Dental Restorations. *Biopolymers* 1995; 1995: Springer.

196. Ferracane JL. Current Trends in Dental Composites. *Critical Reviews in Oral Biology Medicine* 1995;6(4):302-18.

197. Obici AC, Sinhoreti MAC, Frollini E, Correr Sobrinho L, Consani S. Degree of Conversion of Z250 Composite Determined by Fourier Transform Infrared Spectroscopy: Comparison of Techniques, Storage Periods and Photo-Activation Methods. *Mater Res* 2004;7:605-10.

198. Jin G, Gu H, Jang M, Bayarsaikhan E, Lim J-H, Shim J-S, et al. Influence of Postwashing Process on the Elution of Residual Monomers, Degree of Conversion, and Mechanical Properties of a 3D Printed Crown and Bridge Materials. *Dent Mater* 2022;38(11):1812-25.

199. Lim J-H, Lee S-Y, Gu H, Jin G, Kim J-E. Evaluating Oxygen Shielding Effect Using Glycerin or Vacuum with Varying Temperature on 3D Printed Photopolymer in Post-Polymerization. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials* 2022;130:105170.

200. Cao J, Liu X, Cameron A, Aarts J, Choi JJE. Influence of Different Post-Processing Methods on the Dimensional Accuracy of 3D-Printed Photopolymers for Dental Crown Applications - A Systematic Review. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials* 2024;150:106314.

201. Lo Giudice A, Ronsivalle V, Rustico L, Aboulazm K, Isola G, Palazzo G. Evaluation of the Accuracy of Orthodontic Models Prototyped with Entry-Level LCD-Based 3D Printers: A Study Using Surface-Based Superimposition and Deviation Analysis. *Clin Oral Investig* 2022;26(1):303-12.

202. Dong T, Wang X, Xia L, Ye N, Yuan L, Fang B. Accuracy of 3D-Printed Dental Models of Different Tooth Surfaces. *BMC Oral Health* 2020.

203. Jang Y, Sim J-Y, Park J-K, Kim W-C, Kim H-Y, Kim J-H. Accuracy of 3-Unit Fixed Dental Prostheses Fabricated on 3D-Printed Casts. *J Prosthet Dent* 2020;123(1):135-42.

204. Madhoo A. A Comparison of Three Types of Orthodontic Study Models. 2020.

205. Jin SJ, Kim DY, Kim JH, Kim WC. Accuracy of Dental Replica Models Using Photopolymer Materials in Additive Manufacturing: In Vitro Three-Dimensional Evaluation. *J Prosthodont* 2019;28(2):e557-e62.
206. Unkovskiy A, Schmidt F, Beuer F, Li P, Spintzyk S, Kraemer Fernandez P. Stereolithography vs. Direct Light Processing for Rapid Manufacturing of Complete Denture Bases: An in Vitro Accuracy Analysis. *J Clin Med* 2021;10(5):1070.
207. Chen H, Wang H, Lv P, Wang Y, Sun Y. Quantitative Evaluation of Tissue Surface Adaption of CAD-Designed and 3D Printed Wax Pattern of Maxillary Complete Denture. *Biomed Res Int* 2015;2015.
208. Bud ES, Bocanet VI, Muntean MH, Vlasa A, Bucur SM, Păcurar M, et al. Accuracy of Three-Dimensional (3D) Printed Dental Digital Models Generated with Three Types of Resin Polymers by Extra-Oral Optical Scanning. *J Clin Med* 2021;10(9):1908.
209. Emir F, Ayyildiz S. Accuracy Evaluation of Complete-Arch Models Manufactured by Three Different 3D Printing Technologies: A Three-Dimensional Analysis. *J Prosthodont Res* 2021;65(3):365-70.
210. Park J-M, Jeon J, Koak J-Y, Kim S-K, Heo S-J. Dimensional Accuracy and Surface Characteristics of 3D-Printed Dental Casts. *J Prosthet Dent* 2021;126(3):427-37.
211. Yoo S-Y, Kim S-K, Heo S-J, Koak J-Y, Kim J-G. Dimensional Accuracy of Dental Models for Three-Unit Prostheses Fabricated by Various 3D Printing Technologies. *Mater* 2021;14(6):1550.

EKLER

EK-1 ETİK KURUL ONAYI



T.C.
AFYONKARAHİSAR SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

Birimi : Tıbbi Etik Kurul Başkanlığı
Kodu : 2011-KAEK-2
Sayı : 2023/465
Konu : Tıbbi Etik Kurul Kararı

03.11.2023

Sayın; Dr. Öğr. Üyesi Latife ALTINOK UYGUN
Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi
AFYONKARAHİSAR

İlgi: Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 03.11.2023 tarih ve 2023/465 sayılı kararı.

Sorumluluğunuzda yürütülecek olan “Üç Boyutlu Yazıcı ile Farklı Dental Reçinelerden Farklı Kütleme Süreleri ile Üretilen İnlay Restorasyonların Doğruluğunun Değerlendirilmesi” başlıklı çalışmanıza ilişkin alınan ilgi sayılı Etik Kurul Kararı ekte gönderilmiştir.

Bilgilerinize ve gereğini rica ederim.

Prof. Dr. Dağıstan Tolga ARIÖZ
Etik Kurul Başkanı

EK:
1-İlgi sayılı karar (1 sayfa)

Ali Çetinkaya kampüsü, Afyon – İzmir Yolu 8.Km 03200 / AFYONKARAHİSAR
Ayrıntılı bilgi için irtibat: Bülent ÜNAL
Telefon: 0. 272.2463301 – 2463304 Faks: 0. 272.2462707
e-posta: klinikarastirmalar@aku.edu.tr

T.C.
AFYONKARAHİSAR SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARARLARI

Toplantı Tarihi	03.11.2023	Toplantı Numarası	2023/11	Toplantı Saati	09:00	Etik Kurul Kodu
						2011-KAEK-2

465- Dr. Öğr. Üyesi Latife ALTINOK UYGUN'un sorumluluğunda yürütülecek olan "**Üç Boyutlu Yazıcı ile Farklı Dental Reçinelerden Farklı Kütleme Süreleri ile Üretilen İnlay Restorasyonların Doğruluğunun Değerlendirilmesi**" konulu **Girişimsel Olmayan** Klinik Araştırmalar için başvuru dosyası incelendi. Araştırma protokolüne uyularak, Sağlık Bakanlığı'nın 13.04.2013 tarih 28617 sayılı Klinik Araştırmalar Hakkındaki Yönetmeliği ve yayımlanan kılavuzlarında belirtilen hususlar dikkate alınarak, sorumluluk araştırmacılara ait olmak üzere araştırmanın yapılmasında etik sakınca olmadığına toplantıya katılan üyelerin **oy birliği** ile karar verildi.



Dr.Öğr. Üyesi Evrim Suna ARIKAN SÖYLEMEZ
Raportör

EK-2 İNTİHAL YAZILIM PROGRAMI RAPORU

turnt.docx

ORJİNALLIK RAPORU

%**3**

BENZERLİK ENDEKSİ

%**3**

İNTERNET KAYNAKLARI

%**1**

YAYINLAR

%**1**

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1

acikbilim.yok.gov.tr
İnternet Kaynağı

%**2**

2

aydindental.aydin.edu.tr
İnternet Kaynağı

<%**1**

3

acikerisim.fsm.edu.tr:8080
İnternet Kaynağı

<%**1**

4

openaccess.hacettepe.edu.tr
İnternet Kaynağı

<%**1**

5

Submitted to Bülent Ecevit Üniversitesi
Öğrenci Ödevi

<%**1**

6

**Submitted to The Scientific & Technological
Research Council of Turkey (TUBITAK)**
Öğrenci Ödevi

<%**1**

7

Sevde Gül BATMAZ, Zehra SÜSGÜN YILDIRIM.
**"The Effect of Home Bleaching Application on
Different Types of Colored Resin Materials on
Color Changes: An In Vitro Study", Türkiye
Klinikleri Journal of Dental Sciences, 2022**
Yayın

<%**1**

- 8 Pham Nhu Hai, Tong Minh Son, Nguyen Viet Anh, Vo Truong Nhu Ngoc, Nguyen Thu Tra. "Effect of Horizontal Resolution of Printer on Trueness of 3D-Printed Provisional Crown: An In Vitro Study", European Journal of General Dentistry, 2023
Yayın <% 1
-
- 9 Felicitas MAYINGER, Marcel REYMUS, Anja LIEBERMANN, Marc RICHTER, Patrick KUBRYK, Henning GROßEKAPPENBERG, Bogna STAWARCZYK. "Impact of polymerization and storage on the degree of conversion and mechanical properties of veneering resin composites", Dental Materials Journal, 2020
Yayın <% 1
-
- 10 Nazire Esra Ozer, Zeynep Sahin, Cansu Yikici, Serhat Duyan, Mehmet Ali Kilicarslan. "Bacterial adhesion to composite resins produced by additive and subtractive manufacturing", Odontology, 2023
Yayın <% 1
-
- 11 www.dentsem.com.tr
İnternet Kaynağı <% 1
-
- 12 dentistry-ataunipress.org
İnternet Kaynağı <% 1
-
- 13 dergipark.org.tr
İnternet Kaynağı <% 1
-

Alıntılarını çıkart

Kapat

Eşleşmeleri çıkar

Kapat

Bibliyografyayı Çıkart

Kapat