

ORJİNAL ARAŞTIRMA ORIGINAL RESEARCH

DOI: 10.5336/dentalsci.2023-100460

3D Yazıcıda Üretilen Restorasyonların Temizleme Prosedürlerinin Mikrosertlik ve Makaslama Bağ Dayanımı Üzerine Etkisinin İncelenmesi: *in vitro* Çalışma

Investigation of the Effect of Cleaning Procedures on Microhardness and Shear Bond Strength of Restorations Produced by 3D Printer: *in vitro* Study

^{1b} Burcu KUŞ^a, ^{1b} Numan AYDIN^a, ^{1b} Serpil KARAOĞLANOĞLU^a, ^{1b} Elif Aybala OKTAY^a, ^{1b} Bilge ERSÖZ^a

^aSağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD, Ankara, Türkiye

Bu çalışma, Türk Dişhekimleri Birliği 27. Uluslararası Dişhekimliği Kongresi'nde (26-29 Ekim 2023, Ankara) sözlü olarak sunulmuştur.

ÖZET Amaç: Son yıllarda 3D yazıcı kullanılarak geçici ve daimi dental restorasyonlar üretilmektedir. Bu çalışmadaki amacımız; 3D yazıcıda daimi rezinlerinden üretilen örnekler farklı yüzey temizliği uygulamasının mikrosertlik ve adeziv siman ile makaslama bağ dayanımı etkisini incelemektir. **Gereç ve Yöntemler:** Çalışmada SLA ve DLP baskı özelliklerine sahip 3D yazıcılar kullanıldı. 3D yazıcı daimi restorasyon rezinlerinden (Crowntec, Saremco ve Permanent Crown, Formlabs) 44 adet örnek üretildi. Üretimden sonra örneklerin yarısı 3 dk izopropil alkol (%99) batırılarak temizlenirken, diğer yarısı 1 dk izopropil alkol (%99) gazlı bez ile temizlendi. Örneklerin postpolimerizasyon işlemi üretici önerileri doğrultusunda gerçekleştirildi. Hazırlanan örneklerin mikrosertlik değerleri ölçüldü. Örneklerin yüzeyine kumlama uygulanarak yüzey hazırlıkları yapıldıktan sonra ISO 29022:2013 standartlarında belirtildiği gibi (2,38 mm çapında) şeffaf bir kalıp içerisinde self-adeziv rezin siman (G-CEM ONE, GC) yapıştırıldı. Yapıştırma simanı ile 3D rezin arasındaki yapışma kalitesini belirlemek için makaslama bağ dayanımı testi yapıldı. Çalışmada veriler iki yönlü varyans analizi ve Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılarak değerlendirildi ($p<0,05$). **Bulgular:** 3D yazıcıda daimi rezinlerden hazırlanan örneklerin yüzeyi gazlı bez ile temizlendiğinde istatistiksel olarak daha fazla mikrosertlik ve makaslama bağ dayanımı değeri gösterdi ($p<0,05$). SLA ve DLP 3D yazıcıda hazırlanan örneklerin mikrosertlik ve makaslama bağ dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktu ($p>0,05$). SEM analizinde 3 dk alkolde bekletilen örneklerin yüzeyinde daha fazla boşluk görüldü. **Sonuç:** 3D yazıcıda üretilen restorasyonların yüzey temizlik prosedürleri mikrosertlik ve makaslama bağ dayanımı değeri üzerinde etkilidir.

ABSTRACT Objective: In recent years, temporary and permanent dental restoration materials have been produced using 3D printers. Our aim in this study is to examine the effects on microhardness and shear bond strength with adhesive cement after applying different surface cleanings to samples produced from permanent restoration resins in 3D printers. **Material and Methods:** 3D SLA and DLP printing features was used in the study. 3D-printed permanent resins (Crowntec, Saremco ve Permanent Crown, Formlabs) were produced 44 samples. After production, half of the samples were cleaned by dipping in isopropyl alcohol (99%) for 3 minutes, while the other half was cleaned with isopropyl alcohol (99%) gauze for 1 minute. Post-polymerization of the samples was carried out in accordance with the manufacturer's recommendations. The microhardness values of the prepared samples were measured. After surface preparations were made by sandblasting the surface of the samples, self-adhesive resin cement (G-CEM ONE, GC) was adhered in a transparent mold (2.38 mm in diameter) as specified in ISO 29022:2013 standards. Shear bond strength test was performed to determine the adhesion quality between luting cement and 3D resin. The data in the study were evaluated using the two-way analysis of variance and Tukey post hoc test ($p<0.05$). **Results:** When the surface of the samples prepared from permanent resin in the 3D printer was cleaned with gauze, they showed statistically higher microhardness and shear bond strength values ($p<0.05$). There was no statistically significant difference between the microhardness and shear bond strength values of the samples prepared in SLA and DLP 3D printers ($p>0.05$). In the SEM analysis, more voids were seen on the surface of the samples that were kept in alcohol for 3 minutes. **Conclusion:** The surface cleaning procedures of the samples produced by the 3D printer are effective on the microhardness and shear bond strength values.

Anahtar Kelimeler: 3D baskı; 3D daimi rezin; makaslama bağ dayanımı; mikrosertlik

Keywords: 3D printing; 3D-printed resin; shear bond strength; microhardness

Correspondence: Burcu KUŞ
Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD, Ankara, Türkiye
E-mail: aburcuburcu@msn.com



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences.

Received: 27 Nov 2023

Received in revised form: 15 Jan 2024

Accepted: 19 Feb 2024

Available online: 25 Mar 2024

2146-8966 / Copyright © 2024 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Bilgisayar destekli tasarım ve üretim teknolojisi optik tarayıcılar aracılığıyla toplanan verilerin bilgisayar yazılımları kullanılarak üç boyutlu tasarımlara dönüştürülmesi esasına dayanır. Üretim aşaması; bilgisayar programı kontrolünde materyal bloğunun mekanik olarak yontularak istenilen geometrinin verilmesi ile gerçekleştirilir. Bloğun eksiltilmesi esasına dayandığı için bu yöntem “eksiltme yöntemi” denir. Bu yöntemde planlanan restorasyona kıyasla çok daha fazla materyal harcanmasına neden olduğu için yüksek maliyete sahiptir.^{1,2}

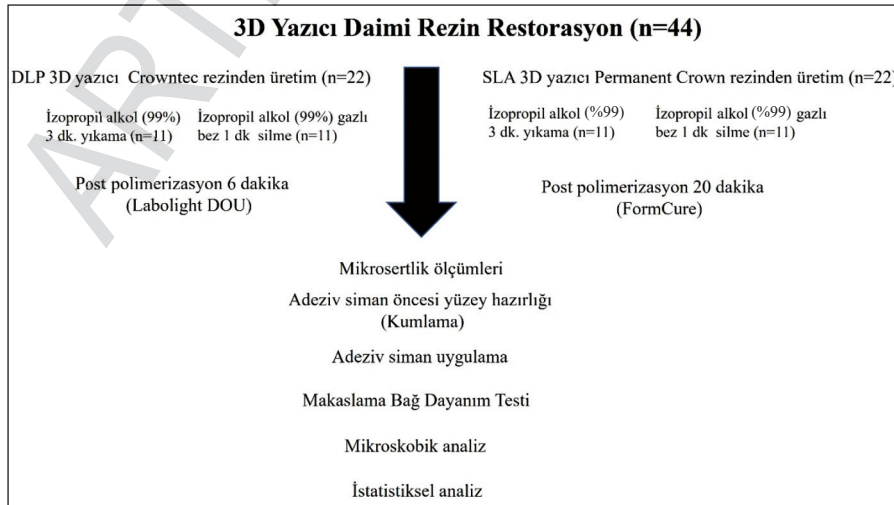
Günümüzde maliyeti düşürme ihtiyacı, 3D baskı olarak bilinen “ekleme yönteminin” diş hekimliği alanında kullanımını artırmıştır. Bu yöntemde, üç boyutlu bilgisayar datasından kesitsel dilimler oluşturulur ve her dilim bir diğeri üzerine işlenerek üç boyutlu obje elde edilir.^{3,4} Üç boyutlu yazıcılarla üretilen çalışma modelleri iş gücünden ve zamandan tasarruf, düşük maliyet gibi avantajlarıyla geleneksel yöntemlere iyi bir alternatif olmuştur.⁵ Restoratif diş hekimliğinde Dijital Işık Projeksiyonu [Digital Light Processing (DLP)] ve Stereolitografi (SLA) 3D yazıcılar ile epoksi rezin bazlı materyaller kullanılarak farklı restorasyon ve modeller üretilmektedir. Her iki yöntemdeki temel faktör; restorasyonun bütünü oluşturmak için fotopolimer bir rezinden parça katmanlarının tabaka tabaka ultraviyole lazer veya LED kullanarak birbirlerine eklenmesi, üretim sonrası polimerize olmamış reçinenin temizlenmesi ve postpolimerizasyon işleminden oluşmaktadır.^{6,7}

Baskı işleminden sonra objelerin kürlenmemiş reçine artıklarından arındırılması gerekir. Literatürde çeşitli temizleme yöntemleri önerilmesine rağmen rezin üreticileri izopropanol gibi bir organik çözücüde ultrasonik banyoyu önermektedir.^{8,9} Bu önerinin sorgulanması gerekmektedir; çünkü alkolün polimer matrisine saldırarak doğrusal polimer zincirlerini ayırıp çözdüğü ve basılı nesnenin yüzey yapısında değişikliklere yol açtığı görülmüştür.⁹

Son yıllarda restoratif diş hekimliğinde 3D yazıcılarda üretilen rezin esaslı materyaller rutin olarak kullanılmaktadır.^{10,11} 3D daimi baskı rezinleri ile üretilen daimi restorasyonların temizleme prosedürlerine ilişkin literatür sınırlıdır. Bu nedenle bu çalışma, 3D daimi baskı rezinlerinin farklı yüzey temizleme prosedürlerinin mikrosertlik ve makaslama bağ dayanımına etkisini karşılaştırmayı amaçlamıştır. Çalışmanın sıfır hipotezi; farklı yüzey temizleme prosedürlerinin 3D daimi baskı rezinlerinin mikrosertlik ve makaslama bağ dayanımını etkilemeyeceğidir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışma, Helsinki Deklarasyonu prensiplerinin en son yönergelerine uygun olarak yürütülmüştür. Bu çalışmada, SLA (Form 3B+, Formlabs, ABD) ve DLP (Asiga MAX UV, Asiga, Avustralya) 3D yazıcılar kullanılarak daimi restorasyon rezinlerinden (Crowntec; Saremco Dental AG, İsviçre ve Permanent Crown; Formlabs, ABD) örnekler hazırlandı.



ŞEKİL 1: Çalışmanın akış şeması.

Her bir materyalden 22 adet olmak üzere toplamda 44 örnek planlandı. Çalışmada örneklem büyüklüğü G power 3.1 analiz programı kullanılarak %95 güven aralığı, %70 test gücü (1-β) ve geniş etki büyüklüğünde hesaplanmıştır. Çalışmanın akış şeması Şekil 1’de gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan rezinlerin içeriklerine ait bilgiler Tablo 1’de gösterilmiştir.

Çalışmada, fantom diş çene modeli (F32JAW, Fuji Dental, Türkiye) kullanılarak 36 numaralı diş dental aeratör ile tüberkül tepelerinden 4 mm aşındırılarak düz yüzey elde edildi. Daha sonra ağız içi tarayıcı (Trios 4, 3Shape, Danimarka) kullanılarak tüm fantom modelin dijital ölçüsü alındı. Dijital ölçü üzerinden işlem yapılan 36 numaralı dişin restorasyonu ağız içi tarayıcının kendi dental yazılım programı kullanılarak tasarlandı. Hazırlanan restorasyon dosyası (STL) iki farklı 3D yazıcıda daimi rezinden üretildi.

DLP 3D yazıcıda Crowntec rezin (Saremco Dental AG, İsviçre) kullanılarak 0 derece baskı açısı ve 50 µm tabaka kalınlığında 22 adet restorasyon üretildi. Üretilen örnekler 2 alt gruba (n=11) ayrıldı. Birinci grup üretici firma (Saremco Dental AG, İsviçre) önerileri doğrultusunda %99’luk izopropil alkol emdirilmiş gazlı bez ile 1 dk temizlendi. İkinci grup üretici firma (Formlabs, ABD) önerileri doğrultusunda 3 dk boyunca içerisinde %99’luk izopropil alkol bulunan FormWash (Formlabs, MA, ABD) otomatik yıkama makinesinde temizlendi. Daha sonra tüm örneklerin postpolimerizasyon işlemi (Lalolight DOU, GC, Japonya) içerisinde 6 dk boyunca gerçekleştirildi.

SLA 3D yazıcıda Permanent Crown rezin (Formlabs, ABD) kullanılarak 0 derece baskı açısı 50 µm tabaka kalınlığında 22 adet restorasyon üretildi. Üretilen örnekler 2 alt gruba (n=11) ayrıldı. Birinci grup üretici firma (Saremco Dental AG, İsviçre) önerileri doğrultusunda %99’luk izopropil alkol emdirilmiş gazlı bez ile 1 dk temizlendi. İkinci grup üretici firma (Formlabs, ABD) önerileri doğrultusunda 3 dk boyunca içerisinde %99’luk izopropil alkol bulunan FormWash otomatik yıkama makinesinde temizlendi. Örneklerin postpolimerizasyon işlemi üreticinin önerdiği şekilde 20 dk boyunca 60 °C’de FormCure (Formlabs, MA, ABD) cihazı ile yapıldı.

Postpolimerizasyon işleminden sonra örneklerin mikrosertlik ölçümünde Vickers sertlik test cihazı (HMV-G, Shimadzu, Japonya) kullanıldı. Mikrosertlik ölçümleri örneklerin orta noktasından 15 sn boyunca 490,6 mN kuvvet uygulanarak belirlendi. Mikrosertlik ölçümleri aynı örneğin merkezindeki 3 noktadan ölçüm yapılarak hesaplandı.

Hazırlanan örnekler adeziv simanla arasındaki makaslama bağ dayanımı testi için akrilik bloklara yerleştirildi.¹² Daha sonra örneklerin yüzeyine kumlama yapıldı. Kumlama işlemi 1,5 Mpa basınç altında 50 µm alüminyum oksit kum (Korox, Bego, Almanya) kullanılarak 10 sn 10 mm mesafeden uygulandı. Yüzey hazırlık işlemleri yapıldıktan sonra adeziv siman ile yapıştırma prosedürü uygulandı. İlk önce örneklerin yüzeyine adeziv simanın primeri (G-multi primer; GC, ABD) uygulanıp hafif hava sıkılarak tüm yüzeye yayıldı. Daha sonra ISO 29022:2013 standartlarında belirtildiği gibi şeffaf bir kalıp (çap 2,38 mm) örneğin yüzeyinin ortasına yerleştirildi. Yapıştırma simanı (G-CEM ONE; GC, ABD) karıştırma ucundan silikon kalıbın içine doğru uygu-

TABLO 1: Kullanılan 3D yazıcı rezinleri.

TABLO 1: Kullanılan 3D yazıcı rezinleri.				
Marka	Materyal	Kompozisyon		Lot numarası
		Doldurucu (wt)	Polimer	
Crowntec (Saremco Dental AG, İsviçre)	DLP tip 3D yazıcı daimi restorasyon rezin	İnorganik doldurucu içeriği (parçacık boyutu 0,7 µm) kütlece %30-50'dir.	4,4'-izopropilfenol, etoksillenmiş ve 2-metilprop-2 enolik asit, silanize cam, pirojenik silika, başlatıcılar	E175
Permanent Crown (Formlabs, ABD)	SLA tip 3D yazıcı daimi restorasyon rezin	İnorganik doldurucu içeriği (parçacık boyutu 0,7 µm) kütlece %30-50'dir.	4,4'-izopropilfenol, etoksillenmiş ve 2-metilprop-2 enolik asit, silanize cam, metil benzoilformat, difenil (2,4,6-trimetil benzoil) fosfin oksit	600394

landı. Fazla simanı uzaklaştırdıktan sonra, örnekler DTE O-Light (Woodpaker, Çin) kullanılarak kalıbın üst yüzeyinden 20 sn boyunca ışıqla polimerize edildi. Polimerizasyon işleminden sonra silikon kalıp dikkatlice çıkarıldı. Tüm örnekler test edilmeden önce 24 saat suda (37 °C) saklandı. Yapıştırma simanı ile 3D rezinler arasındaki yapışma kalitesini belirlemek için makaslama bağ dayanımı testi yapıldı.

Makaslama bağ dayanımı testi için üniversal test cihazı (H5KS Redhill, İngiltere) kullanıldı. İlk olarak, örnekler makaslama bağ dayanımı test cihazının tutucu kısmına monte edildi. Daha sonra, 3D rezin örnek ve yapıştırma simanı arasındaki ara yüze paralel ve karşı bir kesme çubuğu yerleştirildi. Kesme çubuğu 0,5 mm/dk hızında, tüm örneklerin bağlantısı kopana kadar uygulandı. Bağ mukavemeti, kopma durumundaki maksimum yükün (N) yapışma alanına (mm²) bölünmesiyle hesaplandı. Sonuçlar megapascal (MPa) cinsinden kaydedildi.

Her gruptan birer örnek taramalı elektron mikroskobu (ZEISS EVO40) kullanılarak 20 kv hızında ve 5000 büyütmede incelendi. Örneklerin makaslama bağ dayanımı testinden sonra yüzeyindeki kırılmalar, 40x büyütmede (Olympus DF, Planapo IX, Tokyo, Japonya) optik mikroskop kullanılarak incelendi. Kırık tipleri materyal ile rezin siman arasında ise adeziv hem materyal hem adeziv simanda ise miks, sadece materyalde ise koheziv kopma olarak sınıflandırıldı.

Bu çalışmanın bulgularının istatistiksel olarak değerlendirilmesinde IBM SPSS 22 yazılım programı (SPSS 22 for Windows/SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) kullanılmıştır. Çalışmanın analizinde verilerin dağılımına göre grupların karşılaştırılmasında iki yönlü varyans analizi testi kullanılmıştır. Gruplar arası farklılık Tukey çoklu karşılaştırma testi ile incelenmiştir. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak alınmıştır.

BULGULAR

Çalışmamızda 3D yazıcıda üretilen restorasyonların temizleme prosedürlerinin mikrosertlik ve makaslama bağ dayanımı üzerine etkisi incelendi ve ortalama değerler tüm gruplar için karşılaştırıldı. Daimi rezinden hazırlanan örneklerin makaslama bağ dayanımının ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 2’de görülmektedir.

SLA ve DLP 3D yazıcıda hazırlanan örneklerin makaslama bağ dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktu ($p > 0,05$). Yüzeyi gazlı bez ile 1 dk temizlenen örnekler, izopropil alkolde 3 dk bekletilen örneklerle göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstererek daha fazla makaslama bağ dayanımı değeri gösterdi ($p < 0,05$). Örneklerin kırık hatları incelendiğinde, SLA ve DLP 3D yazıcılarda üretilen restorasyonların her iki temizleme yönteminde de adeziv kırık görüldü (Resim 2).

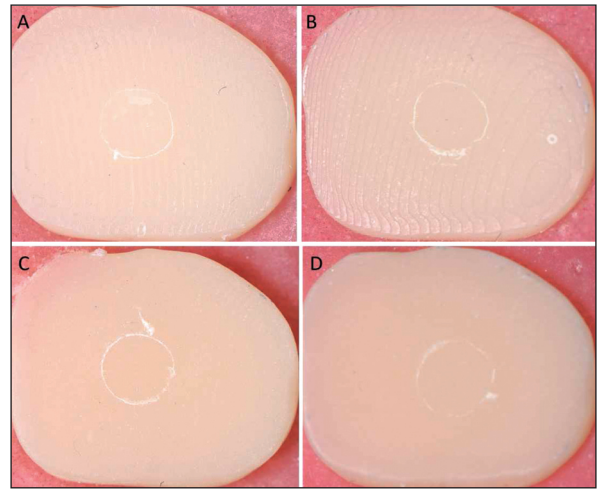
Daimi rezinden hazırlanan örneklerin mikrosertlik değerlerinin ortalama ve standart sapma sonuçları Tablo 3’te görülmektedir.

Örneklerin mikrosertlik değerleri incelendiğinde; yüzeyi gazlı bez ile 1 dk temizlenen örnekler, izopropil alkolde 3 dk bekletilen örneklerle göre istatistiksel olarak daha fazla mikrosertlik değeri gösterdi ($p < 0,05$).

TABLO 2: Makaslama bağ dayanımı değerlerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

Materyal	İzopropil alkol 3 dk	Gazlı bez 1 dk
Crowntec (DLP 3D yazıcı)	4,97±0,9 ^{aA}	7,28±1,55 ^{bB}
Permanent Crown (SLA 3D yazıcı)	4,1±0,8 ^{aA}	6,1±0,6 ^{bB}

İki yönlü varyans analizi ve Tukey çoklu karşılaştırma testine göre a-b satırlar, A-B sütunlar arasındaki istatistiksel anlamlılık farkını göstermektedir ($p < 0,05$).

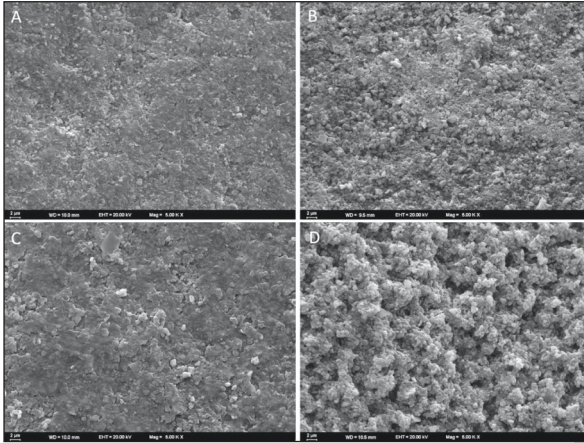


RESİM 1: Test edilen materyallerin kırık hatlarının incelenmesi A) DLP yazıcı Crowntec rezin gazlı bez 1 dk, B) DLP yazıcı Crowntec rezin alkol 3 dk, C) SLA yazıcı Permanent Crown rezin gazlı bez 1 dk, D) SLA yazıcı Permanent Crown rezin alkol 3 dk.

TABLO 3: Mikrosertlik değerlerinin iki yönlü varyans analizi sonuçları.

Materyal	İzopropil alkol 3 dk	Gazlı bez 1 dk
Crowntec (DLP 3D yazıcı)	30,7±2,2 ^{aA}	33,5±2,0 ^{bB}
Permanent Crown (SLA 3D yazıcı)	28,3±2,8 ^{aA}	31,6±1,4 ^{bB}

İki yönlü varyans analizi ve Tukey çoklu karşılaştırma testine göre a-b satırlar, A-B sütunlar arasındaki istatistiksel anlamlılık farkını göstermektedir (p<0,05).



RESİM 2: Test edilen materyallerin temizleme prosedürü uygulanan yüzeylerinin SEM analizi **A)** DLP yazıcı Crowntec resin gazlı bez 1 dk, **B)** DLP yazıcı Crowntec resin alkol 3 dk, **C)** SLA yazıcı Permanent Crown resin gazlı bez 1 dk, **D)** SLA yazıcı Permanent Crown resin alkol 3 dk.

Temizleme prosedürlerinin SEM analizinde; her iki tip 3D yazıcıda da 3 dk alkolde bekletilen örneklerin yüzeyinde, 1 dk gazlı bezle temizlenen örneklerle göre daha fazla mikro boşluk olduğu gözlemlendi (Resim 3B, Resim 3D).

TARTIŞMA

Günümüzde 3D yazıcılarda üretilen restorasyonların temizleme prosedürü basit bir işlem olarak görülmekte ve önemi gözden kaçırılmaktadır. 3D baskılı resinlerin biyoyoumluluğunu ve mekanik özelliklerini, temizleme süreleri ve kullanılan temizleme solüsyonlarına göre kapsamlı bir şekilde araştıran çalışma eksikliği bulunmaktadır. Her 3D baskılı resin üreticisinin önerdiği temizleme süresi, klinisyenlerin sahip olduğu temizleme ekipmanı ve solüsyonları farklılık gösterirken mevcut öneriler yetersizdir.

Bu çalışmada günümüzde üretici firmaların en çok önerdiği temizleme prosedürlerinden olan izop-

ropil alkole (%99) batırılarak ve izopropil alkollü (%99) gazlı bez ile temizleme yöntemleri değerlendirildi. Çalışmada uygulanan temizleme yöntemleri, 3D baskılı diş restorasyonlarının mikrosertlik ve makaslama bağ dayanımı üzerinde etkili olduğundan sıfır hipotezimiz reddedildi.

Literatürde dental resinlerin artık monomerleri üzerine birçok çalışma rapor edilmiştir.^{13,14} Özellikle dayanıklılık ve sitotoksitesite açısından birçok klinisyen artık monomerlerden endişe duymakta ve insan vücuduna zararsız maddeler geliştirme çabalarının yanı sıra, yıkamanın önemi konusunda da çalışmalar yapılmaktadır. Ayrıca klinik uygulamada polimerize artık monomer miktarının geçici kronun marjinal adaptasyonu üzerinde olumsuz etkisi olduğu da rapor edilmiştir.^{15,16}

Hwangbo ve ark., izopropil alkol ve tripropilen glikol monometil eter yıkama solüsyonu kullanarak 3D baskılı resinler ile yaptığı çalışmada, bu yıkama solüsyonlarının her ikisinin de malzemenin mekanik özelliklerini önemli ölçüde bozmadan biyoyoumluluğunu artırdığı görülmüştür.¹⁷ Mayer ve ark. tarafından yapılan çalışmada, 3D baskılı resin içerikli sabit köprüleri temizlemek için izopropanol kullanımının, Yellow Magic 7 solüsyonu ve santrifüjleme ile temizlemeye kıyasla kırılma mukavemetini azalttığı görülmüştür.¹⁸

Son işlemlerin kırılma yükü değerleri üzerindeki etkisine bakıldığında izopropanol, test edilen diğer temizleme yöntemlerine göre olumsuz bir etki göstermiştir.¹⁹⁻²¹ Bu bulgular, alkollerin kompozit restorasyonlar üzerindeki yumuşatıcı etkisini açıklayan önceki çalışmalarla uyumludur.¹⁹ Alkolün polimer matrisine saldırarak doğrusal polimer zincirlerini ayırıp çözdüğü rapor edilmiştir.²⁰

Jin ve ark. yaptığı çalışmada, DLP 3D baskı resinlerinden üretilen numuneler, ultrasonik banyo ve döner yıkayıcı kullanılarak tripropilen glikol monometil eter ile 3 dk, 6 dk, 10 dk, 20 dk boyunca ayrı ayrı yıkanmıştır. Ultrasonik banyo ile yıkamanın artık monomerleri uzaklaştırmada daha etkili olduğu ve sitotoksitesitenin yıkama süresinin artmasıyla önemli ölçüde azaldığı görülmüştür.²²

Sonkaya ve Bek Kürklü'nün yaptığı *in vitro* çalışmada, daimi 3D baskılı resinin bis-GMA içerikli kompozit resinle tamirinde uygulanan fosforik asit,

hidroflorik asit, kumlama, lazer ve frezle pürüzlendirme gibi farklı yüzey işlemlerinin, mikrogerilim bağlanma dayanımına etkisi araştırılmış ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir.²³

Lankes ve ark., izopropanol, butil glikol bazlı solüsyon ve santrifüjleme gibi farklı temizleme yöntemlerinin ve air-abrazyon parametrelerinin kompozit rezin ile 3D baskılı rezinin makaslama bağlanma dayanımı ve çekme bağ dayanımı üzerine etkisini incelemiş; santrifüjlemenin izopropanol ve butil glikol bazlı solüsyona göre bağlanma dayanımını daha iyi bulmuştur.²⁴

Bu çalışmada da literatürle uyumlu olarak, 3D yazıcıda üretilen rezin içerikli örneklerden 3 dk izopropil alkole (%99) batırılarak temizlenenlerin, 1 dk izopropil alkollü (%99) gazlı bez ile temizlenenlere göre mikrosertlik ve makaslama bağ dayanımı değeri daha düşük bulundu. Ayrıca izopropil alkole batırılarak temizlenen örneklerin SEM analizde daha fazla mikro boşluk olduğu görüldü.

Bu çalışmanın kısıtlılığı; deney *in vitro* ortamda gerçekleştirildiği için ağız ortamındaki birçok değişkeni taklit edememiş olmasıdır. Ayrıca tek tip temizleme solüsyonu kullanılmıştır. İlerleyen çalışmalarda farklı temizleme solüsyonu ve sürelerinin 3D baskılı restorasyonların mekanik özellikleri üzerindeki etkisi incelenebilir.

SONUÇ

Bu *in vitro* çalışmanın sınırları dâhilinde; SLA ve DLP tip yazıcıda üretilen restorasyonlara uygulanan

farklı yüzey temizleme prosedürlerinin, mikrosertlik ve makaslama bağ dayanımı üzerinde etkili olduğu görüldü. Yüzeyi gazlı bez ile temizlenen örnekler, izopropil alkolde bekletilen örneklerle göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla mikrosertlik ve makaslama bağ dayanımı değeri gösterdi. 3D yazıcıda üretilen daimi restorasyonların yüzey temizliğinin gazlı bez ile yapılmasının mekanik özellikler açısından daha iyi performans sağladığı görülmektedir.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Burcu Kuş, Numan Aydın; **Tasarım:** Burcu Kuş, Numan Aydın; **Denetleme/Danışmanlık:** Serpil Karaoğlu; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Burcu Kuş; **Analiz ve/veya Yorum:** Bilge Ersöz; **Kaynak Taraması:** Burcu Kuş; **Makalenin Yazımı:** Burcu Kuş; **Eleştirel İnceleme:** Elif Aybala Oktay; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** Numan Aydın; **Malzemeler:** Numan Aydın.

KAYNAKLAR

1. Giordano R. Materials for chairside CAD/CAM-produced restorations. J Am Dent Assoc. 2006;137 Suppl:14S-21S. PMID: 16950933.
2. Schweiger J, Edelhoff D, Güth JF. 3D printing in digital prosthetic dentistry: an overview of recent developments in additive manufacturing. J Clin Med. 2021;10(9):2010. PMID: 34067212; PMCID: PMC8125828.
3. Sampaio CS, Niemann KD, Schweitzer DD, Hirata R, Atria PJ. Microcomputed tomography evaluation of cement film thickness of veneers and crowns made with conventional and 3D printed provisional materials. J Esthet Restor Dent. 2021;33(3):487-95. PMID: 32937028.
4. Peng CC, Chung KH, Yau HT, Ramos V Jr. Assessment of the internal fit and marginal integrity of interim crowns made by different manufacturing methods. J Prosthet Dent. 2020;123(3):514-22. PMID: 31353116.
5. Reepomaha T, Angwaravong O, Angwarawong T. Comparison of fracture strength after thermo-mechanical aging between provisional crowns made with CAD/CAM and conventional method. J Adv Prosthodont. 2020;12(4):218-24. PMID: 32879712; PMCID: PMC7449821.
6. Tahayeri A, Morgan M, Fugolin AP, Bompalaki D, Athirasala A, Pfeifer CS, Ferracane JL, Bertassoni LE. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. Dent Mater. 2018;34(2):192-200. PMID: 29110921; PMCID: PMC5801146.
7. Taormina G, Sciancalepore C, Messori M, Bondioli F. 3D printing processes for photocurable polymeric materials: technologies, materials, and future trends. J Appl Biomater Funct Mater. 2018;16(3):151-60. PMID: 29609487.
8. Mayer J, Reymus M, Wiedenmann F, Edelhoff D, Hickel R, Stawarczyk B. Temporary 3D printed fixed dental prosthesis materials: Impact of post printing cleaning methods on degree of conversion as well as surface and mechanical properties. Int J Prosthodont. 2021;34(6):784-95. PMID: 33616559.

9. Reymus M, Lümekmann N, Stawarczyk B. 3D-printed material for temporary restorations: impact of print layer thickness and post-curing method on degree of conversion. *Int J Comput Dent*. 2019;22(3):231-7. PMID: 31463487.
10. Loomans BA, Mesko ME, Moraes RR, Ruben J, Bronkhorst EM, Pereira-Cenci T, et al. Effect of different surface treatment techniques on the repair strength of indirect composites. *J Dent*. 2017;59:18-25. PMID: 28174053.
11. Güngör MB, Nemli SK, Bal BT, Ünver S, Doğan A. Effect of surface treatments on shear bond strength of resin composite bonded to CAD/CAM resin-ceramic hybrid materials. *J Adv Prosthodont*. 2016;8(4):259-66. PMID: 27555894; PMCID: PMC4993838.
12. Park SJ, Lee JS. Effect of surface treatment on shear bond strength of relining material and 3D-printed denture base. *J Adv Prosthodont*. 2022;14(4):262-72. PMID: 36105879; PMCID: PMC9444486.
13. Araújo PHH, Sayer C, Giudici R, Poço JGR. Techniques for reducing residual monomer content in polymers: a review. *Polym. Eng. Sci.* 2004; 42(7): 1442-68. <https://4spepublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pen.11043>
14. Leber AP. Human exposures to monomers resulting from consumer contact with polymers. *Chem Biol Interact*. 2001;135-136:215-20. PMID: 11397392.
15. Ponting DJ, Ortega MA, Niklasson IB, Karlsson I, Seifert T, Stéen J, et al. Development of new epoxy resin monomers - a delicate balance between skin allergy and polymerization properties. *Chem Res Toxicol*. 2019;32(1):57-66. PMID: 30543284.
16. Görükmez E, Sen Yılmaz B, Ramoglu SI. Is a single rinse effective on evacuating the residual monomers after orthodontic bonding? An in vivo study. *Bezmiâlem Sci*. 2021;9(2):127-33. https://cms.bezmialemscience.org/Uploads/Article_47232/Bezmi AlemScience-9-127-En.pdf
17. Hwangbo NK, Nam NE, Choi JH, Kim JE. Effects of the washing time and washing solution on the biocompatibility and mechanical properties of 3D printed dental resin materials. *Polymers (Basel)*. 2021;13(24):4410. PMID: 34960960; PMCID: PMC8705711.
18. Mayer J, Stawarczyk B, Vogt K, Hickel R, Edelhoff D, Reymus M. Influence of cleaning methods after 3D printing on two-body wear and fracture load of resin-based temporary crown and bridge material. *Clin Oral Investig*. 2021;25(10):5987-96. PMID: 33811531.
19. Alshali RZ, Salim NA, Satterthwaite JD, Silikas N. Post-irradiation hardness development, chemical softening, and thermal stability of bulk-fill and conventional resin-composites. *J Dent*. 2015;43(2):209-18. PMID: 25511301.
20. Deepa CS, Krishnan VK. Effect of resin matrix ratio, storage medium, and time upon the physical properties of a radiopaque dental composite. *J Biomater Appl*. 2000;14(3):296-315. PMID: 10656545.
21. Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of pulse-delay curing on softening of polymer structures. *J Dent Res*. 2001;80(6):1570-3. PMID: 11499515.
22. Jin G, Gu H, Jang M, Bayarsaikhan E, Lim JH, Shim JS, Lee KW, Kim JE. 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. PMID: 36192277.
23. Sonkaya E, Bek Kürklü ZG. Effect of different surface treatments on tensile bond strength to repair of 3D permanent resin with composite: in vitro study. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci*. 2023;29(4):589-56. doi: 10.5336/dentalsci.2023-97048
24. Lankes V, Reymus M, Liebermann A, Stawarczyk B. Bond strength between temporary 3D printable resin and conventional resin composite: influence of cleaning methods and air-abrasion parameters. *Clin Oral Investig*. 2023;27(1):31-43. PMID: 36441267; PMCID: PMC9877060.