

Özgün araştırma makalesi

Farklı mekanik yüzey işlemleri ile tamir edilen akrilik kaide rezininin transvers dayanımı

Sabit Melih Ateş,^{1*} İpek Çağlar,¹ Fatih Mehmet Korkmaz,² Firas Süleyman,³ Zeynep Yeşil Duymuş¹

¹Protetik Diş Tedavisi AD, Diş Hekimliği Fakültesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize, ²Protetik Diş Tedavisi AD, Diş Hekimliği Fakültesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, ³Protetik Diş Tedavisi AD, Diş Hekimliği Fakültesi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

ÖZET

AMAÇ: Bu çalışmanın amacı geleneksel ısı ile polimerize olan akrilik rezinin tamirinde, tamir yüzeylerine uygulanan farklı mekanik yüzey işlemlerinin akrilik rezinin transvers dayanımına etkisini araştırmaktır.

GEREÇ VE YÖNTEM: Özel bir kalıp yardımıyla dikdörtgenler prizması şeklinde 160 adet akrilik rezin örnek hazırlandı ve tamir yüzeylerine farklı işlemler uygulamak üzere 4 farklı gruba ayrıldı; Grup 1 işlem uygulanmayan kontrol grubunu, Grup 2 kumlama uygulanan grubu, Grup 3 plazma uygulanan grubu ve Grup 4 Er:YAG lazer uygulanan grubu temsil etmektedir. Yüzey işlemlerini takiben tamir yüzeyleri taramalı elektron mikroskopu (SEM) ve enerji dağılımı spektroskopisi (EDS) kullanılarak incelendi. Daha sonra örnekler otopolimerizan akrilik ile tamir edilerek yine dikdörtgenler prizması şeklinde (65x10x3.3 mm) toplam 80 adet örnek (n=20/grup) elde edildi. Tamir edilen örneklerin transvers dayanımı ısısal döngü uygulandıktan sonra üç nokta bükme testi ile üniversal test cihazı kullanılarak ölçüldü. Sonuçların istatistiksel analizi tek yönlü ANOVA ile yapıldı ve sonrasında Tukey HSD testi kullanılarak gruplara ait ortalamalar karşılaştırıldı. Sonuçlar $\alpha=0.05$ için anlamlı kabul edildi.

BULGULAR: Grup 2 (27.06 ± 5.02 MPa) ve Grup 4 (26.06 ± 3.44 MPa), kontrol grubuna (Grup 1; 18.26 ± 5.27 MPa) ve Grup 3'e (11.19 ± 2.73 MPa) göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek transvers dayanıklılık değerleri gösterdi ($p<0.05$), Grup 3 (11.19 ± 2.73 MPa) tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha düşük transvers dayanıklılık değerleri gösterdi ($p<0.05$).

SONUÇ: Geleneksel ısı ile polimerize olan akrilik rezinin otopolimerizan akrilik rezin ile tamirinde, tamir yüzeylerine kumlama veya Er:YAG lazer uygulaması akrilik rezinin transvers dayanımını artırırken, plazma uygulaması transvers dayanımı azalttı.

Makale gönderiliş tarihi: 11 Eylül 2017; Yayına kabul tarihi: 18 Aralık 2017
*İletişim: Dr. Sabit Melih Ateş, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Rize, Türkiye; E-posta: melih_ates@hotmail.com

ANAHTAR KELİMELER: Akrilik rezinleri; Er:YAG lazerleri; protez tamiri; yüzey özellikleri

KAYNAK GÖSTERMEK İÇİN: Ateş SM, Çağlar İ, Korkmaz FM, Süleyman F, Yeşil Duymuş Z. Farklı mekanik yüzey işlemleri ile tamir edilen akrilik kaide rezininin transvers dayanımı. Acta Odontol Turc 2018;35(2):49-55

EDITÖR: Seçil Karakoca Nemli, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

YAYIN HAKKI: © 2018 Ateş ve ark. Bu eserin yayın hakkı [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) ile ruhsatlandırılmıştır. Sınırsız kullanım, dağıtım ve her türlü ortamda çoğaltım, yazarlar ve kaynağın belirtilmesi kaydıyla serbesttir.

FINANSAL DESTEK: Bulunmamaktadır

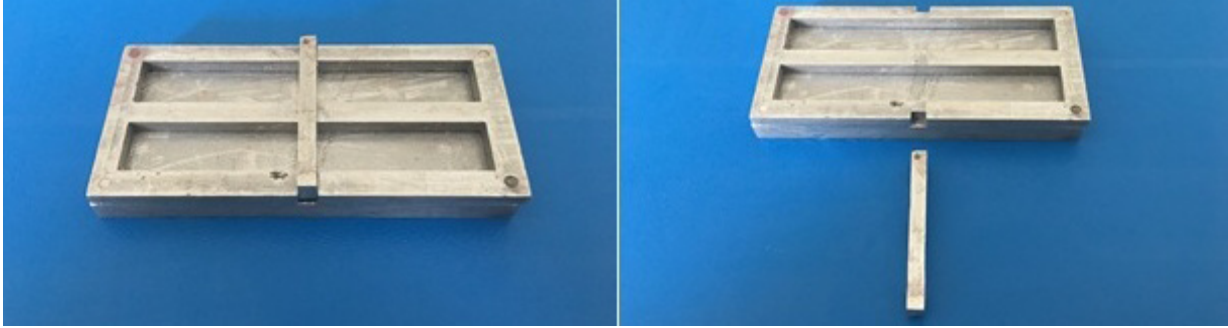
ÇIKAR ÇATIŞMASI: Bulunmamaktadır

[Abstract in English is at the end of the manuscript]

GİRİŞ

Isı ile polimerize edilen akrilik rezinler 60 yılı aşkın süredir en popüler protez kaide maddesi olarak kullanılmaya rağmen, akrilik rezinin uzun dönemdeki mekanik dayanımı protezlerin klinik performansı için yeterli olmamakta ve bu nedenle oluşan protez kırıkları protetik diş hekimliğinde sık karşılaşılan bir problem olarak ortaya çıkmaktadır.¹⁻³ Bu kırıklar genellikle üretim sırasında yapılan hatalar, uygun olmayan oklüzyon, kaide uyumunun bozulması, klinik kullanım süresince kaide rezini üzerinde oluşan stres ve ağız dışında protezin uğrayabileceği kazalar sonucunda meydana gelmektedir.^{3,4} Bu gibi durumlarda hastalar için yeni bir protez yapımı zaman alıcı ve maliyetli olacağından, uygun yöntemler kullanılarak protezlerin tamir edilmesi gerekmektedir. Tamir edilmiş protezler yeterli mekanik dayanımı göstermeli, bununla birlikte uygulanacak tamir yöntemi de ucuz ve kolay uygulanabilir olmalıdır.^{2,5} Otopolimerizan akrilik rezinler karmaşık laboratuvar aşamaları içermediği ve hastaların ihtiyacını hızlı bir şekilde karşıladığı için protez kırıklarının tamirinde sıklıkla kullanılmaktadır.^{4,6} Ancak otopolimerizan akrilik rezin ile tamir edilmiş protezlerde mekanik dayanım yeterli düzeyde olmamakta ve tekrarlayan protez kırıkları ortaya çıkabilmektedir.^{4,5}

Literatürde protez kaide rezininin tamir başarısının otopolimerizan akriliğin kaide rezinine bağlantısına bağlı olduğu gösterilmiştir.^{4,7} Bu doğrultuda yapılan ça-



Resim 1. Deney örneklerinin hazırlanması için paslanmaz çelikten yapılmış özel kalıp

İşmalarda protez kaide rezini ile otopolimerizan akriliğin bağlantı dayanımını artırmak için kırık yüzeylerine çeşitli mekanik veya kimyasal işlemlerin uygulanması önerilmektedir.^{1,4,6-11} Bu amaçla bağlantı yüzeyinin metil metakrilat, kloroform, metilen klorid ve aseton gibi kimyasal ajanlarla ıslatılması tamir materyali ile kaide rezini arasındaki bağlantıyı daha güçlü bir hale getirebilmektedir.^{4,6-8} Bu kimyasal ajanlar rezin yüzeyinin morfolojisini ve kimyasal yapısını değiştirerek tamir materyalinin rezin içerisine penetrasyonuna olanak sağlamakta ve bağlantıyı daha başarılı hale getirmektedir.⁴ Mekanik yüzey işlemleri ile bağlantı yüzeyinin genişletilmesi de tamir materyali ile kaide rezini arasındaki mekanik kilitlemeye katkı sağlamaktadır.^{4,7,9} Kaide rezini ile tamir materyali arasındaki bağlantının artırılmasına yönelik yapılan çalışmalarda kumlama, frezleme, lazer ve plazma uygulamaları kullanılmıştır.^{7,9-11}

Kumlama, akrilik rezin gibi polimerik materyallerin yüzey alanının genişletilmesi ve yüzeyin temizlenerek aktive edilmesi için en sık kullanılan yöntemdir.^{7,12-14} Lazer teknolojisinin diş hekimliğinde yaygınlaşması ile beraber lazerler, farklı dental materyallerin yüzey özelliklerinin modifiye edilmesi amacıyla da kullanılmaya başlamıştır.^{7,13,15} Özellikle Er:YAG lazerler bu amaçla en sık kullanılan lazer sistemi olmasına rağmen literatürde halen ideal lazer sistemi ve parametresi hakkında bir görüş birliği yoktur. Plazma uygulamaları ile materyalin yüzey enerjisi artırılarak bağlantı özellikleri iyileştirilebilmektedir.¹⁰ Plazma uygulaması için eşit yoğunlukta pozitif ve negatif elektrik yüklerine sahip bir iyonize gazdan faydalanılır. Basınçlı iyonize gaz, uyarılmış elektrotlar arasında geçirilir ve çok yüksek sıcaklığa ulaşan gaz, plazma formuna dönüşür. Oluşan yüksek sıcaklık nedeni ile gaz hacminde büyük bir artış olur ve gaz yüksek hızlarda uygulama ucundan çıkarak plazma uygulanacak yüzey ile etkileşime girer. Polimer yüzeyler için kullanılan iyonize gazlar genellikle oksijen, nitrojen, helyum, argon veya amonyaktır. Plazma çok geniş bir ısı ve basınç yelpazesinde oluşturulabilir; ancak yüksek sıcaklığa rağmen plazma uygulanan yüzey çok ısıya maruz kalmaz ve ana yapıda herhangi bir değişim oluşmaz. Yüksek plazma sıcaklığını esas alan plazma sprey kaplama yöntemiyle bilinen tüm malzemeler kaplanabilmektedir.^{16,17}

Literatüre bakıldığında, akrilik rezinin yüzeyinin pü-

rüzlendirmesinde lazerin kullanıldığı birçok çalışma olmasına rağmen, akrilik rezin tamirinde lazer ve plazma uygulamasının karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği herhangi bir çalışma yoktur. Bu çalışmanın amacı, tamir yüzeylerine uygulanan kumlama, lazer ve plazma gibi farklı yüzey işlemlerinin, otopolimerizan akrilik ile tamir edilen akrilik rezinin transvers dayanımına etkisini incelemektir. Çalışmanın sıfır hipotezi; otopolimerizan akrilik rezinle yapılacak tamir işlemleri sırasında uygulanacak farklı mekanik yüzey işlemleri akrilik rezinin transvers dayanımını etkilemeyeceğidir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Örneklerin hazırlanması

Çalışmamızda, ısıyla polimerize olan akrilik kaide materyali (QC-20, Dentsply Ltd, Addlestone, İngiltere) ve tamir materyali olarak otopolimerizan akrilik rezin (Vertex Tamir Akriliği, Vertex Dental, Zeist, Hollanda) kullanıldı.

Çalışmamızda kırık yüzeylerini standardize edebilmek ve akrilik tepilmesini kolaylaştırmak için iç alanı 65x10x3.3 mm ebatlarında (ISO 20795-1:2013)¹⁸ olan paslanmaz çelikten yapılmış özel kalıp kullanıldı. Kalıbın ortasında bulunan ve çıkarılabilir şekilde hazırlanan 3 mm genişliğindeki metal çubuk kırık hattını temsil etmek üzere tasarlandı (Resim 1). İlk önce akriliğe dönüştürülecek olan 160 adet mum örnek bu kalıp yardımıyla tamir edilecek iki ayrı parçayı temsil edecek şekilde hazırlandı. Daha sonra kalıp yardımıyla oluşturulan mum örnekler muflaya alındı. Muflalama işlemini takiben, ısıyla polimerize olan akrilik rezin, üreticinin talimatları doğrultusunda tepilerek akrilik örnekler hazırlandı. Mufladan çıkartılan örneklerin tamir yüzeyleri, standardizasyonun sağlanması amacıyla 600 ve 800 grit su zımparası ile akan su altında düzeltildi ve kırık hattı olarak planlanan yüzeyleri 'butt-joint' bitim şeklinde yuvarlatıldı. Bitirme işlemleri tamamlandıktan sonra örnekler artık monomer eliminasyonu için 37 °C'de su içerisinde 28 gün bekletildi. Daha sonra örnekler ultrasonik banyoda (Eurosonic E4D, Euronda, Vicenza, İtalya) 20 dakika distile su ile temizlendi. Temizlenen örnekler 4 gruba ayrıldı;

Grup 1 (kontrol grubu): Örneklerin tamir yüzeyine hiçbir işlem yapılmadı.

Tablo 1. Test gruplarının transvers dayanıklılık değerleri (MPa)

Gruplar	Ortalama ± Standart sapma
Grup 1 (kontrol) ^b	18.26 ± 5.27
Grup 2 (kumlama) ^a	27.06 ± 5.02
Grup 3 (plazma) ^c	11.19 ± 2.73
Grup 4 (Er:YAG lazer) ^a	26.06 ± 3.44

Farklı üstsimgeler harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları ifade etmektedir ($p<0.05$)

Grup 2 (kumlama): Örneklerin tamir yüzeyi dental kumlama cihazı kullanılarak (Basic Classic, Renfert GmbH, Hilzingen, Almanya) 110 µm Al₂O₃ kumu (Cobra, Renfert GmbH) ile 15 sn boyunca 2.7 atm basınçla 10 mm mesafeden olacak şekilde tek bir uygulayıcı tarafından kumlandı.

Grup 3 (plazma uygulaması): Örneklerin tamir yüzeyine, vakum plazma düzeneği kullanılarak plazma kaplama işlemi yapıldı. Sistem; 40 kW'lık bir güç ünitesi, argon gazı içeren bir gaz besleme ünitesi ve iki paralel çelik plakadan (anot-katot) oluşmaktadır. Anot ve katot arasına yerleştirilen akrilik örnekler 5 milibarlık vakum şartları altında argon atmosferinde 5 dakika süresince plazma işlemine tabi tutuldu. Plazma işlemi sırasında örneklerin kaplanması istenmeyen kısımları ısıya dayanıklı bir bant ve koruyucu boya ile izole edildi.

Grup 4 (Er:YAG lazer uygulaması): Örneklerin tamir yüzeyi 2,940 nm dalga boyuna sahip Er:YAG lazer (Lightwalker AT, Fotona, Ljubljana, Slovenya) kullanılarak pürüzlendirildi. Lazer parametreleri; atım enerjisi 3 W (300 mJ/atım), atım sıklığı 10 Hz ve atım süresi 5x50 µsec (QSP mod) olacak şekilde ayarlandı. Lazer enerjisi tamir yüzeyine dik olacak şekilde 20 sn boyunca 10 mm mesafeden non-kontakt el aleti (H02-N, 0.9 mm spot genişliği) kullanılarak hava-su soğutması altında uygulandı.

Yüzey işlemlerinden sonra örnekler tekrar metal kalıbın içine yerleştirildi. Aradaki metal çubuk çıkartılarak tamir materyaline 3 mm yer açıldı. Tamir materyali uygulanmadan önce bağlantı yüzeyleri 180 sn boyunca metil metakrilat monomeri ile ıslatıldı. Daha sonra otopolimerizan akril üreticinin talimatları doğrultusunda hazırlandı, polimerizasyon bütülmesini kompanse etmek için bir miktar fazla olacak şekilde boşluğa yerleştirildi ve polimerizasyon tamamlanana kadar beklendi. Örnekler metal kalıptan çıkartılarak 600 grit su zımparası ile düzeltildi. Hazırlanan tüm örnekler 37 °C distile suda bir hafta bekletildikten sonra 5-55 °C arasında (döngü süresi 20 sn olacak şekilde) 5,000 kez ısıl döngüye tabi tutuldu.

Bükme testi

Transvers dayanıklılığın tespit edilmesi için üç nokta bükme testi yapıldı. Transvers dayanıklılık testi üniversal test cihazında (3340, Instron Corp., Wycombe, İngiltere) gerçekleştirilirken, testin yapıldığı cihazda

örnek yerleştirilecek olan metal destekler arası uzaklık 50 mm, kırma hızı 1 mm/dk olacak şekilde ayarlanıp örneğin tam ortasına dik yönlü kuvvet uygulandı. Kırılma değerleri cihazın bilgisayar sistemine otomatik olarak Newton cinsinden kaydedildi ve transvers dayanıklılık değerleri de aşağıdaki formüle göre hesaplandı;

$$S=3FL/2bd^2$$

S: Transvers dayanıklılık (N/mm²)

F: Kırılma anındaki yük (N)

L: Destekler arası uzaklık (mm)

b: Örnek genişliği (mm)

d: Örnek kalınlığı (mm)

Yüzey analizi

Yüzey işlemi uygulanan örneklerin topografik ve elementer yüzey değerlendirmeleri amacı ile her bir grup için ilave 1 adet örnek hazırlandı, SEM (JSM-6010LA, Jeol Ltd, Tokyo, Japonya) ve EDS (JSM-6010LA, Jeol Ltd, Tokyo, Japonya) ile analizleri yapıldı.

İstatistiksel analiz

Çalışmadan elde edilen verilerin istatistiksel analizi istatistik paket programı (SPSS v.17, IBM, Chicago, IL, ABD) kullanılarak tek yönlü ANOVA ile yapıldı ve sonrasında Tukey HSD testi kullanılarak gruplara ait ortalamalar karşılaştırıldı. Sonuçlar $\alpha=0.05$ için anlamlı kabul edildi.

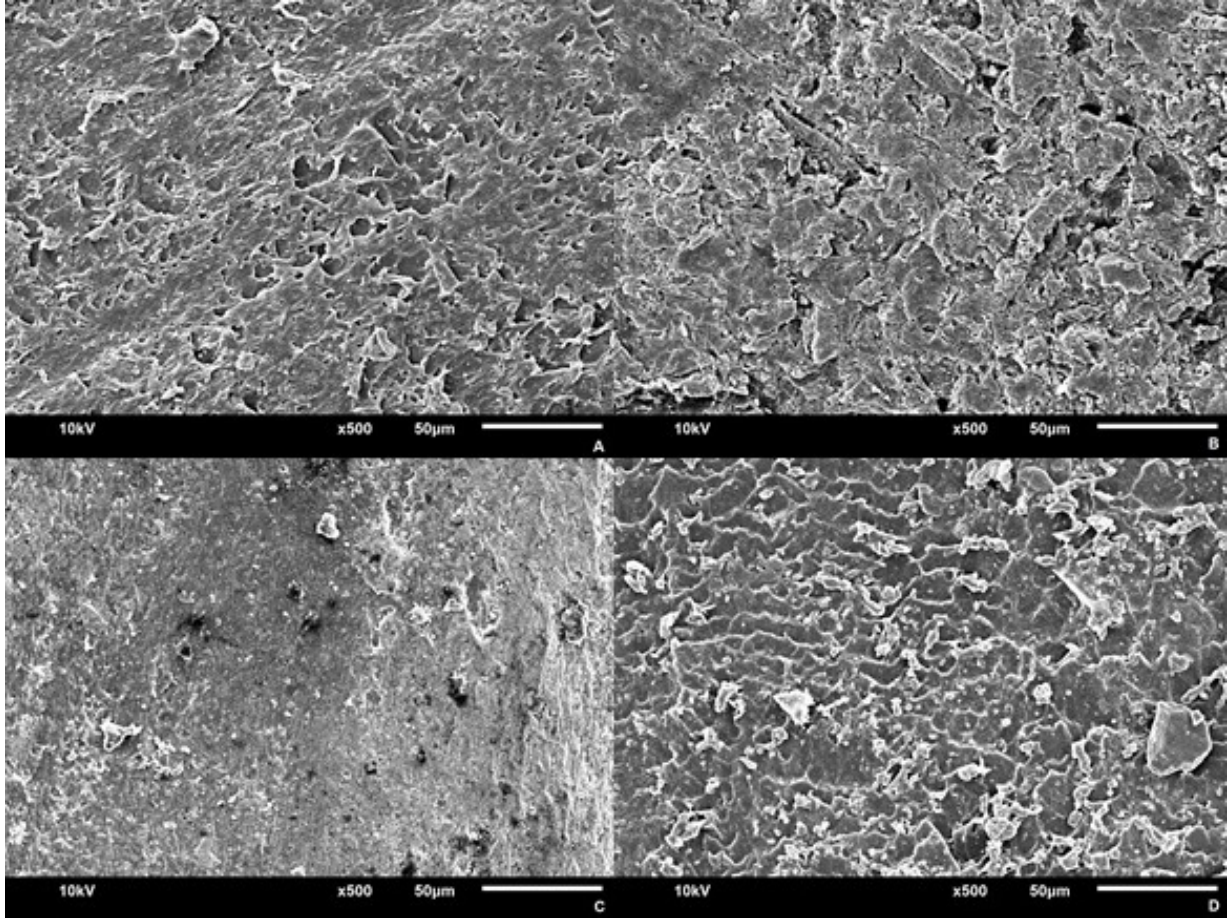
BULGULAR

Bükme testi

Transvers dayanıklılıkla ilgili her bir gruba ait ortalama değer ve standart sapmalar Tablo 1'de gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre en yüksek transvers dayanıklılık değerleri kumlama (Grup 2) ve Er:YAG lazer (Grup 4) uygulanan gruplarda tespit edilirken, en düşük değer ise plazma (Grup 3) uygulanan grupta tespit edildi. Grup 2 ve Grup 4 tüm diğer gruplardan istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek transvers dayanıklılık değerleri gösterirken ($p<0.05$), Grup 3 diğer tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha düşük transvers dayanıklılık değerleri gösterdi ($p<0.05$).

Yüzey analizi

Her bir gruba ait örneğin SEM ve EDS incelemeleri Resim 2-3'de gösterilmektedir. SEM görüntülerinde kumlanmış ve Er:YAG lazer uygulanmış örnek yüzeylerinin diğer gruplara göre daha pürüzlü bir yapıda olduğu, özellikle kumlanmış yüzeyde geniş ve vadi şeklinde boşlukların olduğu, bu yapının da tamir materyalinin adezyonuna oldukça elverişli olduğu görüldü. Plazma uygulanan yüzeyin SEM görüntüsü ise, diğer gruplara



Resim 2. Test gruplarına ait SEM görüntüleri; (A) kontrol, (B) kumlama, (C) plazma, (D) lazer

oranla daha az pürüzlü ve daha karmaşık bir yapı ortaya koydu (Resim 2).

Yüzey işlemlerinin akrilik resin yüzeyindeki elementer kompozisyon üzerine etkisi EDS ile değerlendirildiğinde; plazma uygulanan grup hariç diğer tüm grupların benzer bir yapı gösterdiği, dolayısıyla bu gruplarda tamir yüzeyine uygulanan işlemlerin akrilik resin yapısında olumsuz bir etki oluşturmadığı görüldü. Buna karşın, diğer gruplarla karşılaştırıldığında plazma uygulamasının akrilik resin yüzeyinde oluşturduğu ısının, yapıdaki karbon oranında önemli bir artışa neden olduğu görüldü (Resim 3).

TARTIŞMA

Bu çalışmada, çeşitli mekanik yüzey işlemlerinin otopolimerizan akrilik resin ile tamir edilmiş akrilik kaide resininin tamir dayanımı üzerine olan etkisi araştırıldı. Çalışma sonucunda, değişik mekanik yüzey işlemlerinin akrilik kaide resininin dayanımını etkilediği tespit edildi. Bu nedenle çalışmanın sıfır hipotezi reddedildi.

Otopolimerizan akrilik resin, akrilik kaide resinin tamirinde sıklıkla kullanılmıştır.^{4,6,19,20} Bazı çalışmalarda otopolimerizan akrilik ile tamir edilen kaide resinin transvers dayanımının geleneksel ısı ile polimerize akrilik resinle tamir edilene göre daha düşük olduğu,^{21,22}

bazı çalışmalarda ise her iki yöntemin benzer sonuç verdiği gösterilmiştir.^{20,23,24} Yapılan bu çalışmada da, ucuz olması, kolay uygulanabilmesi, polimerizasyon için ısıya gereksinim duymaması ve protez kaide resinini distorsiyona uğratmaması sebebiyle otopolimerizan akrilik ile tamir yöntemi tercih edildi.

Protez tamirinde başarı tamir materyali ile kaide resinini arasındaki adezyona bağlıdır; çünkü tekrarlayan protez kırıkları çoğunlukla bu tamir bölgesinde oluşmaktadır.^{6,19} Bu nedenle tamir materyalinin kırık yüzeylerine adezyonunun yeterli düzeyde olması tamir edilen protez kaidesinin de dayanımını olumlu yönde etkilemektedir.²⁵ Kaide materyaline olan bağlantıyı artırabilmek için çeşitli kimyasal ajanların tamir yüzeyine uygulanması önerilmiştir. Literatürde tamir işlemleri sırasında 180 sn metil metakrilat uygulamasının kaide materyalinin transvers dayanımını artırdığını gösteren birçok çalışma mevcuttur.^{4,6,7,21,26} Metil metakrilat bağlantı yüzeyinin morfolojisini ve kimyasal özelliklerini değiştirerek tamir materyali ile olan bağlantıyı güçlendirir, özellikle akrilik kaide resininin yüzeyini yumuşatarak tamir materyalinin bağlanmasına olanak sağlayan pit ve fissürlerin oluşmasını sağlar.^{6,21,26} Bu nedenle yapılan bu çalışmada da metil metakrilat uygulaması her bir grup için standart olarak uygulandı.

Tamir yüzeyinin frezlenmesi, oluk açılması veya

kumlanması gibi mekanik yöntemlerle modifiye edilmesi tamir dayanımının artırılması için kullanılır.^{6,21,27} Bu çalışmada da tüm örnek yüzeylerine, daha az preparasyon gerektirmesi ve daha homojen bir yüzey oluşturması nedeniyle 'butt-joint' (künt kenar) bitim şekli kullanıldı.

Kumlama ve lazer uygulaması akrilik rezinin yüzey alanını arttırmak ve mekanik kilitlenmeye katkı sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Teorik olarak yüzey alanının artması ve mekanik kilitlenme adezyon için önemlidir.^{14,15} Literatürde akrilik kaide rezininin tamirinde kumlama veya lazer uygulamalarının kullanıldığı kısıtlı sayıda çalışma mevcuttur. Storer ve ark.²⁸ ile Üşümez ve ark.²⁹ akrilik resin yüzeyinin kumlanması yüzeyde hafif düzeyde düzensizlik yaratarak silikon esaslı yumuşak astar materyalinin akrilik rezine bağlantısını arttırdığını bildirmişlerdir. Buna ilave olarak Akın ve ark.¹² akrilik resin ile silikon esaslı yumuşak astar materyali arasında bağlantının artırılmasında 120 µm Al₂O₃ partiküllerinin en ideal boyut olduğunu bildirmiştir. Buna karşın Amin ve ark.³⁰ ile Jacobsen ve ark.¹³ silikon veya akrilik esaslı yumuşak astar materyali uygulanmadan önce kumlama yapılmasının bağlantı üzerinde zayıflatıcı bir etkisi olduğunu bildirmişlerdir. Tugut ve ark.¹⁵ yaptıkları çalışmada akrilik resin yüzeyine 10 Hz, 3 W ve 300 mJ uzun atımlı (700 µs) Er:YAG lazer uygulamasının silikon esaslı yumuşak astar materyali ile kaide rezini arasındaki bağlantıyı arttırdığını bildirmişlerdir. Turgut ve ark.⁷ yaptıkları çalışmada ise akrilik resin yüzeyine tek başına Er;Cr;YSGG lazer uygulamasının tamir dayanımını arttırmadığını, hatta azaltabildiğini bildirmişlerdir. Yapılan bu çalışmada da SEM görüntülerinden de anlaşılacağı üzere 110 µm Al₂O₃ ve Er:YAG lazer uygulanan gruplarda akrilik rezinin yüzey alanının arttığı ve tamir materyalinin penetrasyonuna uygun hale geldiği, dolayısıyla en yüksek transvers dayanım değerlerinin oluştuğu görülmektedir. Farklı tip lazerlerin farklı parametreler kullanılarak akrilik resin yüzeyine uygulanmasının da farklı sonuçlar ortaya çıkarabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada, Er:YAG lazer teknolojisine yeni olarak sunulan QSP (Quantum-square pulse) modu, atım enerjisi 3 W ve atım sıklığı 10 Hz olarak kullanıldı. Bu modda her atış, birbirini ideal hızda takip eden birkaç küçük atışa (5x50 µs) bölünmektedir. Bu yolla lazer enerjisinin, işlem sırasında oluşan debris bulutu tarafından emiliminin ve istenmeyen saçılımının önüne geçilerek düzenli yüzey morfolojisi elde edilebilmektedir.³¹ Yapılan bu çalışmada, Er:YAG lazer uygulanan test gruplarında transvers dayanım değerlerinin yüksek bulunmasında literatürde akrilik tamir çalışmalarında daha önce kullanılmamış olan QSP modunun da etkisi olduğu düşünülmektedir. Tugut ve ark.¹⁵ farklı atım süreleri ve enerji parametrelerinin (100 mJ 1 W, 200 mJ 2 W, 300 mJ 3 W ve 400 mJ 4 W) silikon esaslı yumuşak astar materyalinin akrilik rezine bağlantısını inceledikleri çalışmalarında en yüksek bağlantı dayanımı değerinin 300 mJ, 3 W lazer uygulanan grupta tespit edildiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada da Tugut ve arkadaşlarının¹⁵

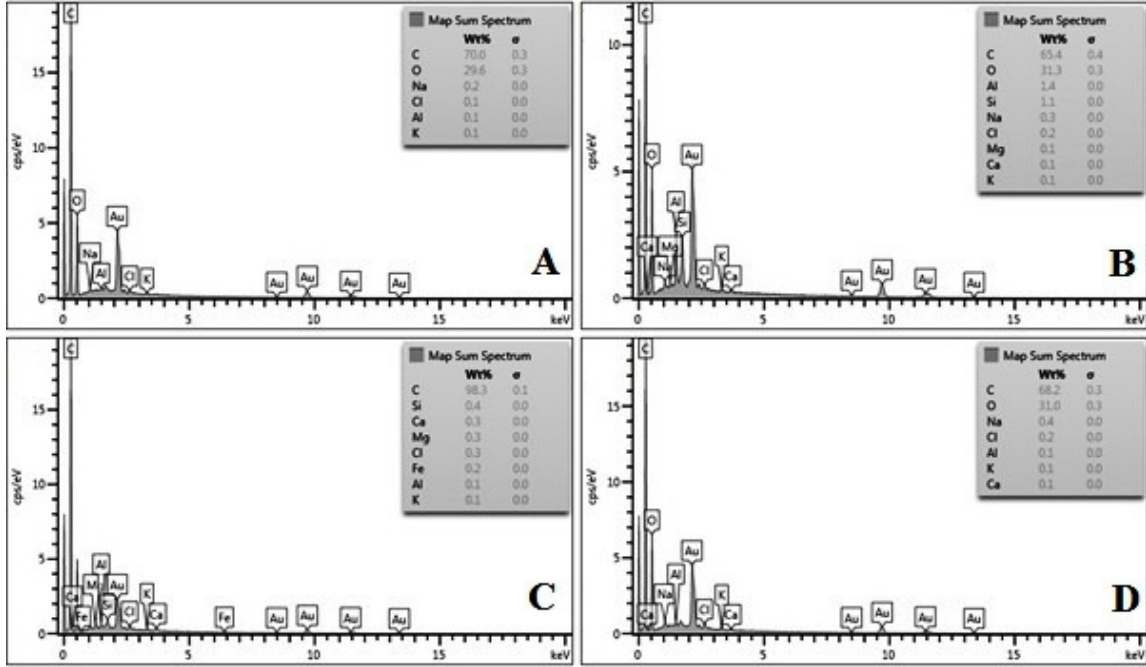
göstermiş oldukları sonuçlar doğrultusunda, lazer parametresi olarak atım enerjisi 3 W (300 mJ/atım) ve atım sıklığı 10 Hz seçilmiştir.

Nishigawa ve ark.¹⁰ plazma uygulamasının otopolimerizan akrilik rezinin ısı ile polimerize edilen akrilik rezine olan makaslama bağlantı dayanımına etkisini inceledikleri çalışmada plazma uygulamasının bağlantıyı geliştirdiğini bildirmişlerdir. Liebermann ve ark.³² yaptıkları çalışmada polimetilmetakrilat yüzeyinde düşük yoğunluklu soğuk argon plazma uygulamasının etkisini incelemişler ve plazma uygulamasının yüzey enerjisini arttırmasına rağmen polimetilmetakrilat-rezin bağlantısına etkisi olmadığını göstermişlerdir. Yapılan bu çalışmada, diğer akrilik tamir çalışmalarından farklı olarak yüzeyde ısı oluşturan bir plazma türü (Argon plazma) kullanılmıştır. Bu sistemle sadece plazma ortamı oluşturulur ve verilen soy gazlar ile yüzeyde plazma difüzyon işlemi söz konusudur.³³ Bu çalışmada polimerlerin yüzeyinin soy gaz olan Argon ile reaksiyon vermeyeceği düşünülerek Argon plazması oluşturmak amacıyla Argon gazı seçilmiştir. Böylece, plazma ortamından kaynaklanan yüksek plazma kinetikleri kullanılarak akrilik resin yüzeyine Argon atomlarının çarptırılması ile yüzey pürüzlülüğü oluşturulması ve bu etkinin, ısının olabildiğince az oluştuğu yüzey ve yüzey-altı bölgede gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir.³³ EDS sonuçlarından da anlaşılacağı üzere plazma uygulaması sırasında akrilik yüzeyinde oluşan ısı, yapıdaki karbon oranını diğer yüzey işlemlerine göre daha fazla arttırmıştır (Resim 3). Plazma uygulaması sonrası ısıya bağlı olarak oluşan akrilik yüzeyinin otopolimerizan akrilik rezinin penetrasyonu için uygun olmadığı ve bu nedenle tamir işlemi sonrası düşük transvers dayanım değerlerinin ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Yapılan bu çalışmada kimyasal yüzey işlemi olarak metil metakrilat uygulaması tüm test grupları için standart olarak uygulanmış, buna ilave olarak kumlama, lazerle pürüzlendirme ve plazma uygulaması gibi mekanik yüzey işlemleri ile akrilik resin ile tamir materyalinin bağlantısının geliştirilmesi ve bu şekilde tamir edilen kaide rezininin transvers dayanımının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında genellikle mekanik ve kimyasal yüzey işlemlerinin birlikte değerlendirildiği veya farklı takviye edici malzemelerin kullanıldığı görülmekte,^{1,2,4,20,21} bu çalışmada kullanılan mekanik yüzey işlemlerinin karşılaştırmalı olarak kullanıldığı çalışmaya rastlanmamaktadır. Bu nedenle çalışma sonuçlarının literatürle karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi mümkün olmamıştır.

Çekme ve basma kuvvetlerinin kombinasyonu olan transvers dayanıklılık özelliği, akrilik kaide rezinlerinin klinik ortamda maruz kaldığı çiğneme kuvvetlerini iyi şekilde yansıtmaktadır. Bu nedenle yapılan bu çalışmada transvers dayanımını tespit etmek için üç nokta bükme testi literatürdeki diğer çalışmalara benzer şekilde universal test cihazında gerçekleştirilmiştir.^{4,7,14,15,22}

Isısal döngü uygulaması ile ilgili olarak yapılan bir çalışmada 10,000 ısısal döngü uygulamasının yakla-



Resim 3. Test gruplarına ait EDS test sonuçları; (A) kontrol, (B) kumlama, (C) plazma, (D) lazer

şik olarak 1 yıla denk geldiği belirtilmektedir.³³ Bu çalışmada ısıl yaşlandırma işlemi ısıl döngü cihazı ile örnekler 5,000 ısıl döngüye (5 °C – 55 °C; döngü süresi, 20 sn) tabi tutularak yapılmıştır. Bu uygulama ile ağız içi ısıl değişimler kolaylıkla örnekler üzerine yansıtılabilir ve yaklaşık olarak 6 aylık kullanıma karşılık gelen ısıl yaşlandırma yapılmış olur.³⁴ Bu şekilde tüm örnekler standardize ve tekrar edilebilir ısıl strese tabi tutulmuş olur, ancak literatürde örneklerin ısıl döngüye tabi tutulması ile ilgili bir standart yoktur.

Bu in vitro çalışma ile farklı tamir yöntemlerinin ısıl döngü sonrası akrilik kaide rezininin transvers dayanımına etkisi değerlendirilmiştir. Yapılan bu çalışmada ağız içi koşullarında oluşan dinamik yüklemelerin ve pH değişikliklerinin göz ardı edilmiş olması çalışmanın sınırlamaları olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca test örneği olarak kullanılan akrilik resin de gerçek bir protez dizaynını yansıtmamaktadır. Bu parametrelerin yapılacak farklı klinik çalışmalarda uzun dönemde incelenmesi gerekmektedir.

SONUÇ

Çalışmamızın sınırları dâhilinde elde edilen sonuçlara göre; geleneksel ısı ile polimerize olan akrilik rezinin tamirinde, tamir yüzeyine 3 W (300 mJ/atım) 10 Hz Er:YAG lazer veya 110 µm Al₂O₃ kumlama uygulaması akrilik rezinin transvers dayanımını artırırken, plazma uygulaması akrilik rezinin transvers dayanımını azaltmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Minami H, Suzuki S, Kurashige H, Minesaki Y, Tanaka T. Flexural strengths of denture base resin repaired with autopolymerizing resin

and reinforcements after thermocycle stressing. J Prosthodont 2005;14:12-8.

2. Heidari B, Firouz F, Izadi A, Ahmadvand S, Radan P. Flexural strength of cold and heat cure acrylic resins reinforced with different materials. J Dent (Tehran) 2015;12:316-23.

3. Beyli MS, von Fraunhofer JA. An analysis of causes of fracture of acrylic resin denture. J Prosthet Dent 1981;46:238-41.

4. Pereira Rde P, Delfino CS, Butignon LE, Vaz MA, Arioli-Filho JN. Influence of surface treatments on the flexural strength of denture base repair. Gerodontology 2012;29:234-8.

5. Polyzois GL, Tarantili PA, Frangou MJ, Andreopoulos AG. Fracture force, deflection at fracture, and toughness of repaired denture resin subjected to microwave polymerization or reinforced with wire or glass fiber. J Prosthet Dent 2001;86:613-9.

6. Sarac YS, Sarac D, Kulunk T, Kulunk S. The effect of chemical surface treatments of different denture base resins on the shear bond strength of denture repair. J Prosthet Dent 2005;94:259-66.

7. Turgut S, Korkmaz FM, Bağış B, Ayaz EA, Ateş SM. Çeşitli yüzey işlemlerinin akrilik kaide rezinin transvers dayanımı üzerine etkisi. Türkiye Klinikleri J Dental Sci 2014;20:93-9.

8. Thunyakitpisal N, Thunyakitpisal P, Wiwatwarapan C. The effect of chemical surface treatments on the flexural strength of repaired acrylic denture base resin. J Prosthodont 2011;20:195-9.

9. Elhadiry SS, Yunus N, Ariffin YT. Effect of cavity preparation on the flexural strengths of acrylic resin repairs. J Appl Oral Sci 2010;18:546-50.

10. Nishigawa G, Maruo Y, Oka M, Okamoto M, Minagi S, Irie M, et al. Effect of plasma treatment on adhesion of self-curing repair resin to acrylic denture base. Dent Mater J 2004;23:545-9.

11. Nishigawa G, Maruo Y, Oka M, Oki K, Minagi S, Okamoto M. Plasma treatment increased shear bond strength between heat cured acrylic resin and self-curing acrylic resin. J Oral Rehabil 2003;30:1081-4.

12. Akin H, Tugut F, Mutaf B, Güney U, Özdemir AK. Effect of sandblasting with different size of aluminum oxide particles on tensile bond strength of resilient liner to denture base. Cumhuriyet Dent J 2011;14:5-11.

13. Jacobsen NL, Mitchell DL, Johnson DL, Holt RA. Lased and sandblasted denture base surface preparations affecting resilient liner bonding. J Prosthet Dent 1997;78:153-8.

14. Akin H, Tugut F, Guney U, Akar T. Shear bond strength of denture teeth to two chemically different denture base resins after various surface treatments. *J Prosthodont* 2014;23:152-6.
15. Tugut F, Akin H, Mutaf B, Akin GE, Ozdemir AK. Strength of the bond between a silicone lining material and denture resin after Er:YAG laser treatments with different pulse durations and levels of energy. *Lasers Med Sci* 2012;27:281-5.
16. Liston EM. Plasma treatment for improved bonding: A review. *The Journal of Adhesion* 1989;30:199-218.
17. Dorfman MR. Handbook of Environmental Degradation of Materials. 19-Thermal Spray Coatings, William Andrew Publishing, 2012. p. 569-596.
18. ISO 20795-1:2013. Dentistry - Base Polymers - Part 1: Denture Base Polymers, International Standards Organization (ISO), Geneva, Switzerland, 2013.
19. Seo RS, Neppelenbroek KH, Filho JN. Factors affecting the strength of denture repairs. *J Prosthodont* 2007;16:302-10.
20. Ellakwa AE, El-Sheikh AM. Effect of chemical disinfectants and repair materials on the transverse strength of repaired heat-polymerized acrylic resin. *J Prosthodont* 2006;15:300-5.
21. Siddesh CS, Aras MA. In vitro evaluation of transverse strength of repaired heat cured denture base resins with and without surface chemical treatment. *J Indian Prosthodont Soc* 2008;8:87-93.
22. Faot F, Silva WJ, Rosa RST, Del Bel Cury AA, Garcia RC. Strength of denture base resins repaired with auto- and visible light-polymerized materials. *J Prosthodont* 2009;18:496-502.
23. Agarwal M, Nayak A, Hallikerimath RB. A study to evaluate the transverse strength of repaired acrylic denture resins with conventional heat-cured, autopolymerizing and microwave-cured resins: an in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc* 2008;8:36-41.
24. Rached RN, Powers JM, Del Bel Cury AA. Repair strength of autopolymerizing, microwave and conventional heat-polymerized acrylic resins. *J Prosthet Dent* 2004;92:79-82.
25. Sarac D, Sarac YS, Külünk Ş, Külünk T, Ural Ç. The effect of methylene chloride application for different time periods on the bond strength of autopolymerizing acrylic resin to denture base resin. *GÜ Diş Hek Fak Derg* 2005;22:157-61.
26. Vojdani M, Rezaei S, Zareeian L. Effect of chemical surface treatments and repair material on transverse strength of repaired acrylic denture resin. *Indian J Dent Res* 2008;19:2-5.
27. Minami H, Suzuki S, Minesaki Y, Kurashige H, Tanaka T. In vitro evaluation of the influence of repairing condition of denture base resin on the bonding of autopolymerizing resins. *J Prosthet Dent* 2004;91:164-70.
28. Storer R. Resilient denture base materials. Part 1, Introduction and laboratory evaluation. *Br Dent J* 1962;113:195-203.
29. Usümez A, Inan O, Aykent F. Bond strength of a silicone lining material to alumina-abraded and lased denture resin. *J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater* 2004;71:196-200.
30. Amin WM, Fletcher AM, Ritchie GM. The nature of the interface between polymethyl methacrylate denture base materials and soft lining materials. *J Dent* 1981;9:336-46.
31. Lukac M, Primc NM, Pirnat S. Quantum square pulse Er:YAG lasers for fast and precise hard dental tissue preparation. *Journal of the Laser and Health Academy* 2012;1:14-21.

32. Liebermann A, Keul C, Bähr N, Edelhoff D, Eichberger M, Roos M, *et al.* Impact of plasma treatment of PMMA-based CAD/CAM blanks on surface properties as well as on adhesion to self-adhesive resin composite cements. *Dent Mater* 2013;29:935-44.

33. Yeşildal R, Günay YZ. Plazma sprej yöntemi ile kaplama ve sprej karakteristiklerinin incelenmesi. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi* 2007;9:59-76.

34. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent* 1999;27:89-99.

Transverse strength of acrylic denture base resin repaired with different mechanical surface treatment methods

ABSTRACT

OBJECTIVE: The aim of this study was to investigate the effects of different mechanical surface treatment methods on the transverse strength of a repaired conventional heat-polymerized acrylic resin.

MATERIALS AND METHOD: One hundred and sixty rectangular-shaped acrylic resin specimens were prepared using a custom mold, and divided into 4 groups according to different surface treatment methods; Group 1 (control): no treatment, Group 2: air-borne particle abrasion, Group 3: plasma application, and Group 4: Er:YAG laser application. Following the surface treatments, the repaired surfaces were examined using Scanning Electron Microscopy (SEM) and Energy Dispersion Spectroscopy (EDS). Then, the specimens were repaired with autopolymerizing acrylic resin to form a total of 80 (n=20/group) rectangular-shaped (65×10×3.3 mm) test specimens. The repaired specimens were subjected to thermal cycling. Then, the transverse strength was measured by a three-point bending test using a universal testing machine. The data were analyzed by using one-way ANOVA and Tukey HSD tests. The results were considered significant for $\alpha=0.05$.

RESULTS: Group 2 (27.06 ± 5.02 MPa) and Group 4 (26.06 ± 3.44 MPa) revealed significantly greater transverse strength values compared to the control (Group 1; 18.26 ± 5.27 MPa), and Group 3 (11.19 ± 2.73 MPa) (p<0.05), Group 3 revealed significantly lower transverse strength values compared to all other groups (p<0.05).

CONCLUSION: Air-borne particle abrasion or Er:YAG laser application increased the transverse strength of heat-cure acrylic resin repaired with autopolymerizing acrylic resin; however, the plasma treatment decreased the transverse strength.

KEYWORDS: Acrylic resins; Er:YAG lasers; denture repair; surface properties