ORİJİNAL ARAŞTIRMA ORIGINAL RESEARCH

DOI: 10.5336/dentalsci.2016-52942

İki Farklı Bağlayıcı Ajan ve Termal Siklus Uygulamasının Kobalt-Krom Alaşımı-Akrilik Rezin Makaslama Bağlantı Dayanımına Etkisinin İncelenmesi

The Effect of Two Different Bonding Agents and Thermal Cycling on the Shear Bond Strength of Autopolymerizing Acrylic Resin to Cobalt-Chromium Alloy

İpek ÇAĞLAR,[a]
Sabit Melih ATEŞ,[a]
Zeynep YEŞİL DUYMUŞ,[a]
Tugay ŞİŞCİ[a]

[a]Protetik Diş Tedavisi AD,
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi, Rize

Geliş Tarihi/*Received:* 22.08.2016
Kabul Tarihi/*Accepted:* 02.12.2016

Yazışma Adresi/*Correspondence:*
Sabit Melih ATEŞ
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi AD, Rize,
TÜRKİYE/TURKEY
melih_ates@hotmail.com

ÖZET Amaç: İki farklı bağlayıcı ajan ve termal siklus uygulamasının iskelet protezlerin üretiminde kullanılan kobalt-krom (Co-Cr) alaşımı ile otopolimerizan akrilik rezinin makaslama bağlantı dayanımına etkisini incelemektir. **Gereç ve Yöntemler:** Altmış adet disk şeklindeki Co-Cr metal alaşımından örnekler hazırlanan farklı tamir işlemleri için 3 gruba [(n=20): Grup 1; sadece kumlama (kontrol grubu), Grup 2; kumlama ve Alloy Primer uygulama, Grup 3; kumlama ve Gluma Bond uygulama] ayrıldı. Her bir gruptaki örnekler üzerine otopolimerizan soğuk akrilik 3 mm yüksekliğinde ve 6 mm çapında olacak şekilde uygulandı. Makaslama bağlantı dayanımı testi her bir gruptaki örneklerin yarısına otopolimerize akrilik uygulamasından 24 saat sonra, diğer yarısına da termal siklus uygulandıktan sonra Universal Test Cihazı ile 0,5 mm/dk makaslama hızı kullanılarak yapıldı. Bu testten elde edilen veriler iki yönlü ANOVA testi ve eşleştirilmiş örneklem t-testleri kullanılarak yapıldı ($p<0,05$). **Bulgular:** Bağlantı ajanlarının makaslama bağlantı dayanımı üzerine etkisi olduğu ($p<0,05$), termal siklus uygulamasının ise Grup 2 ($p>0,05$) hariç diğer gruplar üzerinde etkisi olduğu bulundu ($p<0,05$). En yüksek bağlantı dayanımı termal siklusa tabi tutulmayan Grup 3 örneklerde (12.00 MPa) saptanırken en düşük değerler ise termal siklus sonrası kontrol grubunda (1,41 MPa) tespit edilmiştir ($p<0,05$). **Sonuç:** Bu çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda, her iki bağlantı ajanının Co-Cr alaşımı-akrilik rezin makaslama bağlantı dayanımını arttırdığı görülmüş ve termal siklusun etkisinden dolayı Alloy Primer uygulamasının Co-Cr alaşımı-akrilik rezin bağlantısının uzun dönemdeki başarısında daha faydalı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Alloy primer; krom alaşımları; akrilik rezinleri; kayma mukavemeti

ABSTRACT Objective: The aim of this study was to evaluate the effect of two different bonding agents and thermal cycling on the shear bond strength of autopolymerizing acrylic resin to cobalt-chromium (Co-Cr) alloy. **Material and Methods:** A total number of 60 disc shaped metal samples were produced from a Co-Cr alloy and divided into 3 groups [(n=20) depending on the repair treatment received: Group 1; only sandblasting (control group), Grup 2; sandblasting and Alloy Primer application, Group 3; sandblasting and Gluma Bond application]. After repair treatments, autopolymerizing acrylic resin with 3 mm in height and 6 mm in diameter were applied on to the metal samples. Shear bond strength tests were applied to the half of the samples from every group after 24 h of acrylic resin application and other half of the samples were tested after thermal cycling using Universal Testing Machine at a crosshead speed of 0.5 mm/min. Data were analyzed using two-way analysis of variance (ANOVA) and paired-t-tests were applied ($p<0.05$). **Results:** Bonding agents exhibited a significant effect on the shear bond strength ($p<0.05$), thermal cycling significantly also affected the groups ($p<0.05$), except for Group 2 ($p>0.05$). The highest shear bond strength was observed in Group 3 without thermal cycling (12.00 MPa) and the lowest shear bond strength was observed in control group after thermal cycling (1.41 MPa) ($p<0.05$). **Conclusion:** It could be concluded that the observed bonding agents significantly improve the shear bond strength of acrylic resin to the Co-Cr alloy, and the effect of thermal cycling demonstrated that Alloy Primer is more favourable for the long-term success of Co-Cr alloy-acrylic resin bond.

Copyright © 2017 by Türkiye Klinikleri

Keywords: Alloy primer; chromium alloys; acrylic resins; shear strength

Hareketli bölümlü protezlerin metal altyapılarının üretiminde kobalt-krom (Co-Cr), titanyum ve değerli metal alaşımları kullanılmaktadır.[1-3] Bunlar arasında özellikle Co-Cr alaşımları, kıymetli metal alaşımlarına oranla daha rijit ve ucuz olduklarından en sık kullanılan altyapı materyalleridir.[1,4] Akrilik rezinler, ağız içi dokularına benzerlikleri ve kolay manipülasyonları nedeni ile protez kaide materyali olarak sıklıkla tercih edilmektedir.[1] Hareketli bölümlü protezlerin uzun dönemde başarılı olabilmesi için gerekli olan en önemli faktörlerden biri metal altyapı ile akrilik rezin arasında güçlü bir bağlantının oluşmasıdır.[5] Bu tip protezlerde kırık veya çatlağa bağlı olarak tamir gerektiğinde; otopolimerizan akrilik rezinler hızlı ve ekonomik tamir materyali alternatifi olarak karşımıza çıkmaktadır. Akrilik rezin ve metalin termal genleşme katsayılarının farklı olması ve akrilik rezindeki polimerizasyon büzülmesi, bu materyaller arasında mikroskobik boşlukların oluşmasına neden olmaktadır.[1] Rezin-metal ara yüzündeki bağlantı dayanımı, tamir edilen protezlerin uzun dönemdeki başarısı için kritik rol oynamaktadır.[5]

Akrilik rezin ile hareketli bölümlü protezlerin metal altyapısı arasındaki bağlantı dayanımını artırmak için kumlama, silika kaplama, asitle dağlama ve bağlayıcı ajan kullanımı gibi farklı teknikler kullanılmaktadır.[5-8] Bu sistemler arasında en etkin yöntemin, metal-rezin bağlantısını kimyasal olarak geliştiren bağlayıcı ajanların kullanılmasının olduğu ifade edilmiştir.[9-11] Yapılan çalışmalarda metal ile akrilik rezin arasında oluşan güçlü adezyonun bağlantı dayanımını artırdığı ve mikrosızıntıyı azalttığı bildirilmiştir.[5,12] Bağlayıcı ajanların içeriğine kimyasal bağlantıyı elde etmek için ilave edilen 4-methacryloxyethyl trimellitate anhydride (4-META) ve 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (MDP) gibi fonksiyonel monomerler metal ile akrilik rezin arasındaki bağlantıyı artıran en önemli faktörlerdir.[13-15] Metal yüzeyinin Al_2O_3 ile kumlanmasının yüzey topografisini değiştirerek mikromekanik kilitlenmeyi artırdığı ve kimyasal bağlantıyı geliştirdiği gösterilmiştir.[16-19] Rocatec veya Silicoater gibi sistemlerin de bağlantının güçlü olmasına katkı sağlayabileceği, ancak potansiyel koroziv etkilerinin yanı sıra pahalı oldukları bildirilmiştir.[5] Metal ve akrilik rezin arasındaki zayıf kimyasal bağlantı, tamir işlemlerinin başarısızlıkla sonuçlanmasına ve protezlerin yenilenme gerekliliğinin ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir.

Bu çalışmanın amacı, iki farklı bağlayıcı ajanının metal ile akrilik rezin arasındaki makaslama bağlantı dayanımına etkisini termal siklus öncesinde ve sonrasında karşılaştırmaktır. Bu doğrultuda çalışmanın hipotezleri; (1) Farklı bağlayıcı ajan uygulamalarının metal alt yapıların akrilik rezine olan bağlantı dayanımına etkisi yoktur, (2) Farklı bağlayıcı ajan uygulanarak gerçekleştirilen metal-akrilik rezin bağlantı dayanımı termal siklus uygulamasından etkilenmeyecektir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmada kullanılan materyaller Tablo 1'de görülmektedir. İskelet protez dökümünde kullanılan Co-Cr metal alaşımından 10x10x2 mm boyutlarında

TABLO 1: Çalışmada kullanılan materyaller.

Materyal	İçeriği	Üretici
Wironium Kıymetsiz Metal Alaşımı	%63 Co, %29,5 Cr, %5 Mo, %1 Si, Mn, Fe, N, C <%1	Bego GmbH & Co. KG, Bremen, Almanya
Otopolimerizan Akrilik	Toz: Polimetilmetakrilat Likit: Metilmetakrilat	IMICRYL Dental, Konya, Türkiye
Gluma® Bond	Etanol, gluteraldehit, hidroksietil metakrilat, 4-META	Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Almanya
Alloy Primer	MDP, aseton	Kuraray Dental, Tokyo Japonya

Co: Kobalt; Cr: Krom; Mo: Molibden; Si: Silisyum; Mn: Manganez; Fe: Demir; N: Nitrojen (azot); C: Karbon;
4-META: 4-Methacryloxyethyl trimellitic anhydride; MDP: 10-methacryloyloxydecyl.

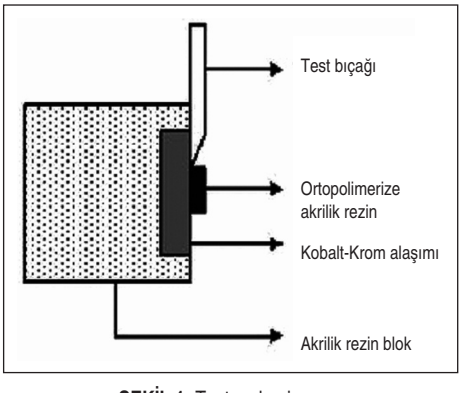
toplam 60 adet örnek elde edildi. Hazırlanan örnekler 110 µm boyutlarındaki Al_2O_3 tozuyla 6 atm basınç altında 10 saniye boyunca 45° derece açıyla kumlandı ve 5 dk boyunca ultrasonik temizleyicide (Ultra 3, Tecno-Gaz S.p.A, Parma, İtalya) temizlendi. Kumlanmış metal örnekler uygulanacak tamir işlemlerine göre 3 gruba (n=20) ayrıldı;

Grup 1: Kontrol grubu, metal yüzeyler 110 µm Al_2O_3 ile kumlandı, ilave bir bağlayıcı ajan uygulanmadı.

Grup 2: Kumlanmış metal yüzeyleri üzerine üretici firmanın önerileri doğrultusunda Alloy Primer (Kuraray Dental, Tokyo, Japonya) uygulaması yapıldı.

Grup 3: Kumlanmış metal yüzeyleri üzerine üretici firmanın önerileri doğrultusunda Gluma Bond (Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Almanya) uygulaması yapıldı.

Örnekler üzerine otopolimerizan akrilik rezin (IMICRYL Dental, Konya, Türkiye) 3 mm yüksekliğinde, 6 mm çapında bir metal kalıp yardımı ile yerleştirilerek polimerize edildi. Makaslama bağlantı dayanımı testi örneklerin yarısına (n=10) otopolimerizan akrilik rezin uygulandıktan 24 saat sonra uygulandı. Bu süre içerisinde örnekler 37 °C'de distile suda bekletildi. Örneklerin diğer yarısına (n=10) ise 5-55 °C arasında her sıcaklık için 30 saniye döngü süresi olacak şekilde 10.000 termal siklus işlemi uygulandı. Otopolimerizan akrilik rezin uygulanan metal örnekler makaslama bağlantı dayanımı testi için 10x20x20 mm boyutlarındaki akrilik bloklar içerisine gömüldü (Şekil 1).



ŞEKİL 1: Test mekanizması.

TABLO 2: Örneklerin bağlantı dayanımı değerleri (MPa).

Grup	Termal siklus	Ortalama	Standart sapma
Grup 1 (Kontrol)	Önce	$4,30^{Aa}$	1.24
	Sonra	$1,41^{Bx}$	0.40
Grup 2	Önce	$10,46^{Cb}$	1.90
	Sonra	$8,30^{Cy}$	2.84
Grup 3	Önce	$12,00^{Db}$	1.40
	Sonra	$7,04^{Ey}$	2.93

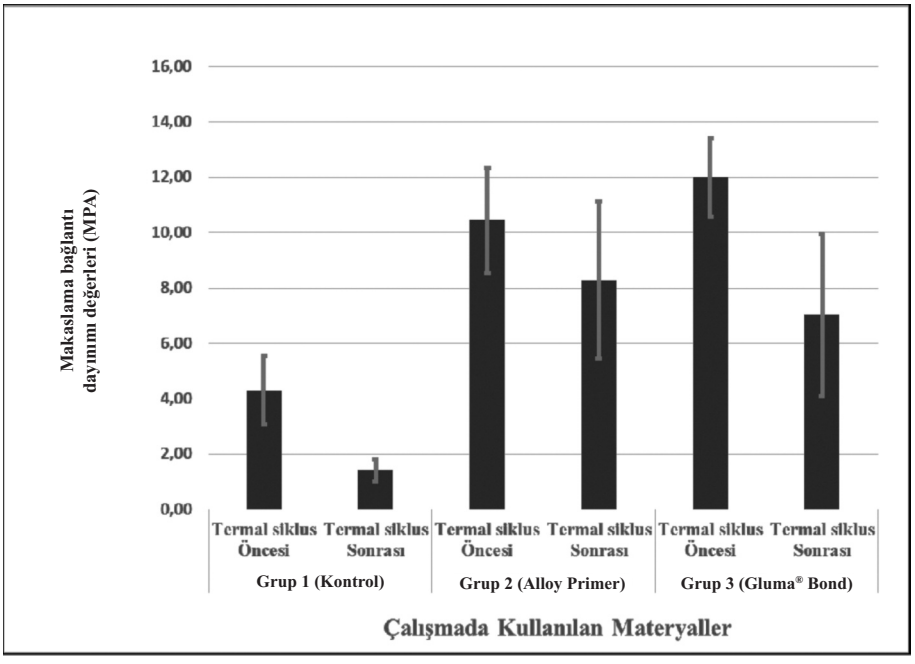
Makaslama bağlantı dayanımı testi Universal Test Cihazında (Instron 3340, Wycombe, Birleşik Krallık) 0,5 mm/dk kafa hızıyla uygulandı ve değerler Newton olarak elde edildi. Sonuçlar *F=N/A* (N: Newton, A: Yüzey alanı) formülü kullanılarak MPa cinsine çevrildi.

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Elde edilen veriler SPPS 15.0 programı kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirildi. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile analiz edildi. Değerler normal dağılıma uyduğu için iki yönlü ANOVA testi ve eşleştirilmiş örneklem t-testleri saptandı. $p<0,05$ düzeyi anlamlı olarak kabul edildi. Bağlantı başarısızlığını değerlendirmek için örneklerin kırılma testi sonrasında taramalı elektron mikroskop (TEM) görüntüleri alındı.

BULGULAR

Örneklerin bağlantı dayanımı değerlerinin ortalama ve standart sapma sonuçları Tablo 2 ve Şekil 2'de görülmektedir. Bağlayıcı ajanların makaslama bağlantı dayanımı üzerine etkisi olduğu saptandı ($p<0,05$). Termal siklus uygulamasının ise Grup 2 hariç ($p>0,05$) diğer gruplar üzerinde etkisi olduğu bulundu ($p<0,05$). En yüksek bağlantı dayanımı değerleri termal siklusa tabi tutulmayan Grup 3'teki örneklerde (12,00 MPa), en düşük değerler ise termal siklus uygulanan kontrol grubundaki örneklerde (1,41 MPa) tespit edildi. Termal siklus uygulanmayan 2. ve 3. gruptaki örneklerin bağlantı dayanımı değerleri arasındaki farkın anlamlı (p=0,8942) olmadığı, bu iki grubun kontrol grubundaki (Grup 1) örneklerden ise farklı ($p<0,001$) bağlantı dayanımı değerleri gös-



ŞEKİL 2: Örneklerin termal siklus öncesi ve sonrası makaslama bağlantı dayanımı değerleri (MPa) dağılımı.

terdiği istatistiksel olarak saptandı. Termal siklus uygulanan 2. ve 3. gruptaki örneklerin bağlantı dayanımı değerleri, kontrol grubundaki örneklerin bağlantı dayanımı değerlerinden anlamlı şekilde yüksek bulunurken ($p<0,001$), 2. ve 3. gruptaki örneklerin bağlantı dayanımı değerleri arasındaki farkın ($p=0,894$) anlamlı olmadığı istatistiksel olarak saptandı.

Termal siklus uygulamasının her bir grup için etkisi incelendiğinde; Grup 1 (kontrol) ve 3'teki örneklerin termal siklus öncesindeki bağlantı dayanımı değerlerinin istatistiksel olarak fark yaratacak şekilde yüksek olduğu ($p<0.001$), Grup 2'deki örneklerde ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark ($p=0.058$) oluşturmadığı görüldü.

Örneklerin bağlantı başarısızlığı analizi sonucunda bağlantı değerlerinin yüksek olmamasından dolayı çoğunlukla adeziv ve karma tip kırılmaların olduğu gözlendi (Tablo 3).

TABLO 3: Örneklerin bağlantı başarısızlığı analizi sonuçları.

Grup	Termal siklus	Kırılma tipi			
		Adeziv	Koheziv	Karma	Toplam
Grup 1 (Kontrol)	Önce	8	0	2	10
	Sonra	10	0	0	10
Grup 2	Önce	6	0	4	10
	Sonra	7	0	3	10
Grup 3	Önce	5	0	5	10
	Sonra	4	0	6	10
Toplam		40	0	20	60

TARTIŞMA

Bu çalışmada, iki farklı bağlayıcı ajanının metal-akrilik rezin arasındaki makaslama bağlantı dayanımına etkisi termal siklus uygulanmadan önce ve sonra değerlendirilmiştir. Makaslama bağlantı dayanımı değerleri bağlayıcı ajanların uygulanması ile arttığından çalışmanın 1. hipotezi reddedilmiştir. Bununla birlikte termal siklus uygulamasının Grup 2 hariç diğer gruplarda makaslama bağlantı dayanımı değerlerini düşürdüğü saptandığından çalışmanın 2. hipotezi ise kısmen reddedilmiştir.

Akrilik rezinlerin darbe dayanımının düşük olması nedeni ile akrilik rezinin kullanıldığı hareketli protezlerde kırık ve çatlaklar oluşabilmektedir.[20] Özellikle metal alaşımlarıyla birlikte akrilik rezinin kullanıldığı iskelet bölümlü protezlerde kırık ve çatlaklar nedeni ile tamir yapılması gerek-

tiğinde kırığın genişliğine bağlı olarak metal ile akrilik rezin arasındaki bağlantı ve bu bağlantının uzun dönemdeki başarısı önem kazanmaktadır.

Akrilik rezin ile metal alaşımları arasındaki bağlantı mekanizmasının kimyasal, mikromekanik veya bunların kombinasyonu şeklinde gerçekleştiği bilinmektedir.[21] Bu çalışmada yüzey pürüzlülüğünün sağlanması için Co-Cr alaşımından hazırlanan örnekler 110 μm Al_2O_3 ile kumlanmıştır. Al_2O_3 partikülleri ile örnek yüzeyindeki kontamine olmuş partiküller uzaklaştırılmış, akrilik rezinin mekanik bağlantısı için yüzey alanı sağlanmış ve metal yüzeyin ıslanabilirliği artırılmıştır. Yapılan çalışmalarda Al_2O_3 ile kumlama işleminden sonra metal yüzeyinde kalan Al taneciklerinin farklı bağlayıcı ajanların içeriğinde bulunan fonksiyonel monomerler ve fosforik asit türevleri ile olan bağlantıda kritik bir rol oynadığı gösterilmiştir.[22,23] Yoshida ve ark. ile Ohno ve ark. yaptıkları çalışmalarda Al_2O_3 ile kumlama işleminden sonra metal yüzeyinde krom-oksit tabakasının oluştuğunu göstermişlerdir.[7,24] Bağlayıcı ajanların içeriğinde bulunan monomerlerin bu tabakaya olan afinitesi kimyasal bağlantının geliştirilmesi için önemlidir. Akrilik rezinle metal yüzeyi arasında dayanıklı bir bağlantının oluşması için mekanik ve kimyasal yöntemlerin bir arada düşünülmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, kontrol grubundaki metal örnekler sadece kumlanmış ve bağlayıcı ajan uygulanmamıştır. Bu gruptaki örnekler termal siklus öncesinde 4,30±1,24 MPa, sonrasında ise 1,41±0,40 MPa bağlantı dayanımı değerleri göstermiştir. Bu değerler ISO 10477[25] standartlarında belirtilen minimum bağlantı değeri olan 5 MPa'nın altında bulunmuştur. Ayrıca çalışmamızda kontrol grubu için bulunan bu değerler Matsumura ve ark. tarafından tanımlanan 10 MPa minimum klinik rezin-metal bağlantı değerinin de altındadır.[26]

Yapılan çalışmalarda tek başına mekanik tekniklerin kullanılmasının rezin-metal bağlantısının makaslama dayanımını kimyasal ve mekanik tekniklerin bir arada kullanıldığı yöntemler kadar arttıramadığı gösterilmiştir.[6,27] Kimyasal yöntemler için kullanılan bağlayıcı ajanlardan özellikle MDP monomeri içerenlerin Co-Cr alaşımı yüzeyindeki krom oksit (Cr_2O_3) tabakasına bağlantısının 4-META içeren bağlayıcı ajanlardan daha iyi olduğu gösterilmiştir.[7] Bu çalışmada da MDP monomeri içeren bağlayıcı ajanın kullanıldığı grupta en yüksek bağlantı değerleri (12,00±1,40 MPa) bulunmuş, bunu 4-META içeren bağlayıcı ajanın kullanıldığı grubun bağlantı değeri (10,46±1,90 MPa) takip etmiştir. Her iki değer de ISO 10477 standartlarını ve Matsumura ve ark. tarafından tanımlanan minimum bağlantı değerlerini karşılamaktadır.[25,26]

Termal siklus uygulamasının bağlantı dayanımı üzerindeki etkisi incelendiğinde termal siklus uygulandıktan sonra Grup 2 hariç diğer gruplarda bağlantı değerlerinin anlamlı derecede düştüğü görülmüştür. Yapılan bu çalışmada da görüldüğü gibi, örneklerin termal siklusa tabi tutulması suyun rezin ile metal arasına difüzyonunu hızlandırabilmekte ve bağlantı dayanımını düşürebilmektedir; ancak bu durum da ağız içi ortamındaki şartları tam anlamıyla yansıtamamaktadır.[28] Shimizu ve ark. yaptıkları çalışmada değişik metal "primer"ların otopolimerizan akrilik rezinin hareketli protezlerde kullanılan döküm alaşımlarına olan bağlantı dayanımına etkisini incelemiş ve termal siklus uygulamasından sonra bağlantı dayanımının anlamlı derecede azaldığını göstermişlerdir.[29] Kim ve ark. çalışmalarında termal siklus uygulamasının rezin-Co-Cr alaşımı bağlantı dayanımını olumsuz yönde etkilediğini göstermişlerdir.[30] Kesim ve ark. yaptıkları çalışmada değişik metal "primer"ların 3 farklı metal tipi için metal-akrilik rezin bağlantısına etkisini incelemişler ve en yüksek akrilik bağlantı değerini temel metal alaşımları ile Alloy Primer kullanılan grupta bulmuşlardır.[1] Bu sonuçlar, çalışmamızın sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Yapılan literatür taramasında son yıllarda farklı bağlayıcı ajanların metal-akrilik bağlantısına etkisini inceleyen çalışmaların mevcut olduğu, ancak bu çalışmaların farklı materyaller ve metodoloji kullanılarak yapıldığı saptanmıştır. Bu nedenle çalışmamızın sonuçlarının literatürdeki farklı çalışmalarla karşılaştırılması tam anlamıyla mümkün olmamaktadır.

Bu çalışmada örneklerde metal-rezin ara yüzünde çoğunlukla adeziv ve karma başarısızlık oluştuğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeninin bağlantı değerlerinin akrilik rezinin koheziv direncinin üzerine çıkamaması olduğu düşünülmektedir (Resim 1).

Makaslama bağlantı dayanımı rezin-metal bağlantı dayanımının stabilitesinin değerlendirilmesinde tek başına etkili bir faktör değildir. Yapılan bu çalışmada ağız içi koşullarında oluşan dinamik yüklemelerin ve pH değişikliklerinin göz ardı edilmiş olması çalışmanın limitasyonu olarak değerlendirilmiştir. Bu parametrelerin yapılacak değişik klinik çalışmalarda uzun dönemde incelenmesi gerekmektedir.

SONUÇ

Tüm bağlayıcı ajanlar bağlantı dayanımını anlamlı derecede artırmıştır. Alloy Primer uygulanan örnekler (Grup 2) en yüksek bağlantı dayanımı değerlerini göstermiştir.

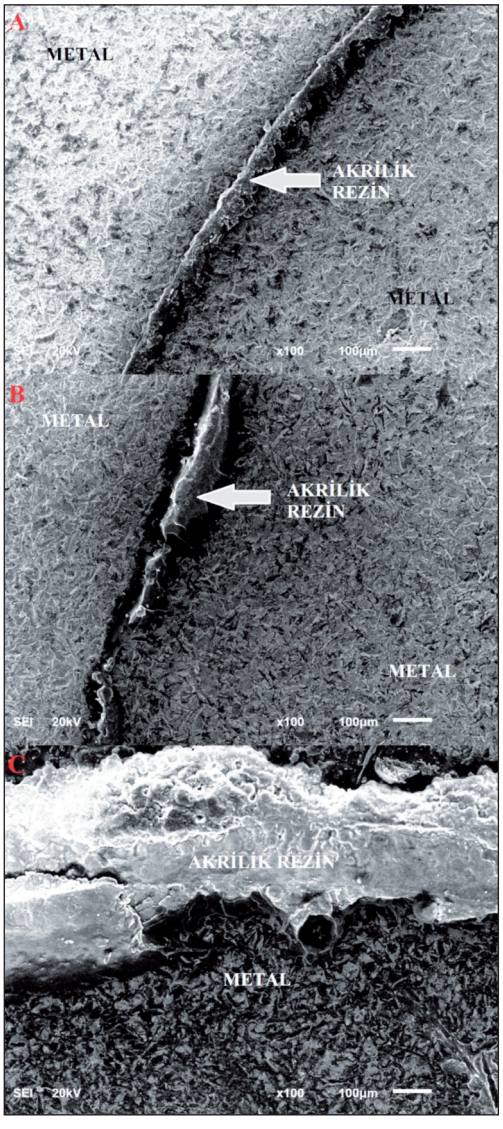
Termal siklus uygulaması, Grup 2 hariç diğer gruplar için bağlantı dayanımı değerlerini anlamlı derecede düşürmüş; Grup 2'deki örneklerde ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması veya finansal destek bildirmemiştir.

Yazar Katkıları

Bu çalışmaya tüm yazarlar eşit katkıda bulunmuşlardır.



RESİM 1: Test gruplarına ait makaslama bağlantı dayanımı testi sonrası taramalı elektron mikroskobu görüntüleri (**A;** Kontrol grubu, **B;** Alloy Primer, **C;** Gluma® Bond grubuna ait örneklerin kırılma görüntüleri-karma başarısızlık).

KAYNAKLAR

1. Bulbul M, Kesim B. The effect of primers on shear bond strength of acrylic resins to different types of metals. J Prosthet Dent 2010;103(5):303-8.
2. Mahmoud AA, Wakabayashi N, Takahashi H. Prediction of permanent deformation in cast clasps for denture prostheses using a validated nonlinear finite element model. Dent Mater 2007;23(3):317-24.
3. Imbery TA, Evans DB, Koeppen RG. A new method of attaching cast gold occlusal surfaces to acrylic resin denture teeth. Quintessence Int 1993;24(1):29-33.
4. Powers JM, Sakaguchi RL. Noble dental alloys and solders. Craig's Restorative Dental Materials. 12th ed. St. Louis: Elsevier; 2006. p. 360, 375, 468.
5. Banerjee S, Engelmeier RL, O'Keefe KL, Powers JM. In vitro tensile bond strength of denture repair acrylic resins to primed base metal alloys using two different processing techniques. J Prosthodont 2009;18(8):676-83.
6. NaBadalung DP, Powers JM. Effectiveness of adhesive systems for a Co-Cr removable partial denture alloy. J Prosthodont 1998;7(1):17-25.
7. Yoshida K, Taira Y, Matsumura H, Atsuta M. Effects of adhesive metal primers on bonding a prosthetic composite resin to metals. J Prosthet Dent 1993;69(4):357-62.
8. Kourtis SG. Bond strengths of resin-to-metal bonding systems. J Prosthet Dent 1997; 78(2):136-45.

9. Mazurat RD, Pesun S. Resin-metal bonding systems: a review of the Silicoating and Kevloc systems. J Can Dent Assoc 1998; 64(7):503-7.
10. Rothfuss LG, Hokett SD, Hondrum SO, Elrod CW. Resin to metal bond strengths using two commercial systems. J Prosthet Dent 1998; 79(3):270-2.
11. Al Jabbari YS, Zinelis S, Al Taweel SM, Nagy WW. The effect of artificial aging on the bond strength of heat-activated acrylic resin to surface-treated nickel-chromium-beryllium Alloy. Open Dent J 2016;30(10):124-30.
12. Matsuda Y, Yanagida H, Ide T, Matsumura H, Tanoue N. Bond strength of poly(methyl methacrylate) denture base material to cast titanium and cobalt-chromium alloy. J Adhes Dent 2010;12(3):223-9.
13. Tulunoğlu IF, Oktemer M. Tensile strength and microleakage of the bond between a nickel-chromium alloy and a visible light-cured resin composite: effect of 4-META, silicoating, and bead retention. Quintessence Int 1997; 28(7):447-51.
14. Kawaguchi T, Shimizu H, Lassila LV, Vallittu PK, Takahashi Y. Effect of surface preparation on the bond strength of heat-polymerized denture base resin to commercially pure titanium and cobalt-chromium alloy. Dent Mater J 2011;30(2):143-50.
15. Ohkubo C, Watanabe I, Hosoi T, Okabe T. Shear bond strengths of polymethyl methacrylate to cast titanium and cobalt-chromium frameworks using five metal primers. J Prosthet Dent 2000;83(1):50-7.
16. Papadopoulos T, Tsetsekou A, Eliades G. Effect of aluminum oxide sandblasting on cast commercially pure titanium surfaces. Eur J Prosthodont Rest Dent 1999;7(1):15-21.
17. Mukai M, Fukui H, Hasegawa I. Relationship between sandblasting and composite resin-alloy bond strength by a silica coating. J Prosthet Dent 1995;74(2):151-5.
18. Kern M, Thompson VP. Sandblasting and silica-coating of dental alloys: volume loss, morphology and changes in the surface composition. Dent Mater 1993;9(3):155-61.
19. Petridis H, Garefis P, Hirayama H, Kafantaris NM, Koidis PT. Bonding indirect resin composites to metal: part 2. Effect of alloy surface treatment on elemental composition of alloy and bond strength. Int J Prosthodont 2004;17(1):77-82.
20. Faot F, Costa MA, Del Bel Cury AA, Rodrigues Garcia RC. Impact strength and fracture morphology of denture acrylic resins. J Prosthet Dent 2006;96(5):367-73.
21. Kalra S, Kharsan V, Kalra NM. Comparative evaluation of effect of metal primer and sandblasting on the shear bond strength between heat cured acrylic denture base resin and cobalt-chromium alloy: An in vitro study. Contemp Clin Dent 2015;6(3):386-91.
22. Kern M, Thompson VP. Sandblasting and silica-coating of dental alloys: volume loss, morphology and changes in the surface composition. Dent Mater 1993;9(3):155-61.
23. Papadopoulos T, Tsetsekou A, Eliades G. Effect of aluminum oxide sandblasting on cast commercially pure titanium surfaces. Eur J Prosthodont Restor Dent 1999;7(1):15-21.
24. Ohno H, Araki Y, Sagara M, Yamane Y. The adhesion mechanism of dental adhesive resin to the alloy. Experimental evidence of the deterioration of bonding ability due to adsorbed water on the oxide layer. Dent Mater J 1986;5(2):211-6.
25. International Standardization Organization (ISO). Dentistry-polymer-based crown and bridge materials. Standart Number: BS EN ISO 10477. Geneva, İsviçre: BSI; 1996. p.18.
26. Matsumura H, Yanagida H, Tanoue N, Atsuta M, Shimoe S. Shear bond strength of resin composite veneering material to gold alloy with varying metal surface preparations. J Prosthet Dent 2001;86(3):315-9.
27. Ishii T, Koizumi H, Tanoue N, Naito K, Yamashita M, Matsumura H. Effect of alumina air-abrasion on mechanical bonding between an acrylic resin and casting alloys. J Oral Sci 2009;51(2):161-6.
28. Lino Carracho AJ, Chappell RP, Glaros AG, Purk JH, Eick JD. The effect of storage and thermocycling on the shear bond strength of three dentinal adhesives. Quintessence Int 1991;22(9):745-52.
29. Shimizu H, Kurtz KS, Tachii Y, Takahashi Y. Use of metal conditioners to improve bond strengths of autopolymerizing denture base resin to cast Ti-6Al-7Nb and Co-Cr. J Dent 2006;34(2):117-22.
30. Kim JY, Pfeiffer P, Niedermeier W. Effect of laboratory procedures and thermocycling on the shear bond strength of resin-metal bonding systems. J Prosthet Dent 2003;90(2):184-9.