

Biomateryallerin Ünlversal Adeziv Sistemlere Bağlanma Dayanımının Karşılaştırılması: İn Vitro Çalışma

Yasemin Yavuz(0000-0001-5961-4996)^α

Selcuk Dent J, 2022; 9: 513-519 (Doi: 10.15311/selcukdentj.1140867)

Başvuru Tarihi: 05 Temmuz 2022
Yayına Kabul Tarihi: 15 Ağustos 2022

ÖZ

Biomateryallerin Ünlversal Adeziv Sistemlere Bağlanma Dayanımının Karşılaştırılması: İn Vitro Çalışma

Amaç: Bu çalışmanın amacı, kalsiyum silikat içerikli biomateryallerin, farklı pH'a sahip Ünlversal adeziv sistemlere, makaslama bağlanma dayanımının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir.

Gereç ve Yöntemler: 20 milimetre (mm) çapında ve 20 mm derinlikte kare kalıplara silindirik boşlukları (4mm çap- 2 mm derinlik) bulunan 63 adet akrilik blok hazırlandı. Dokuz gruba ayrıldı. Üretici firmaların talimatları doğrultusunda her bir biomateryalden (NeoPutty, TheraCal PT, Biodentine) 21 adet olacak şekilde hazırlanan boşluklara yerleştirildi. Biomateryallerin üzerine ünlversal adeziv sistemler; Gluma Bond Universal, Single Bond Universal, G-Premio Bond üretici firma talimatına göre uygulandıktan sonra kompozit rezin polietilenden hazırlanmış 2 mm çapında ve 2 mm yüksekliğinde silindirik plastik tüplere yerleştirildi ve 20 sn LED ışık cihazı ile polimerize edildi. Tüm örneklerin makaslama bağlanma dayanımı ünlversal test cihazında Newton cinsinden ölçüldü. Shapiro-wilk testi sonucuna göre istatistiksel Parametrik testlerden Tek Yönlü (one way ANOVA) Varyans Analizi yöntemi uygulandı. Gruplar kendi aralarında Post hoc Tukey HSD testi ile karşılaştırıldı.

Bulgular: Biodentin ve TheraCal PT grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($P<0.05$). TheraCal PT ve NeoPutty grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($P<0.05$). Biodentin ve NeoPutty grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi ($P>0.05$).

Sonuç: Vital pulpa tedavilerinde kalsiyum silikat esaslı rezin içerikli TheraCal PT'nin Ünlversal adeziv sistemlerle kullanımı tercih edilebilir. Ancak vital pulpa üzerine etkilerini değerlendiren ileri histolojik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. NeoPutty'nin gösterdiği makaslama bağlanma değerleri Biodentin'den düşük olmasına rağmen bu sonuç istatistiksel olarak anlamlı değildi. Kompozit restorasyonlarda adeziv sistemlerin NeoPutty'e bağlanma mekanizmasını anlamak için invivo çalışmalara ihtiyaç olduğu düşünöldü.

ANAHTAR KELİMELER

Ünlversal adeziv sistem, Biomateryal, Makaslama bağlanma dayanımı, Vital pulpa tedavisi.

ABSTRACT

Comparison of Bond Strength of Biomaterials to Universal Adhesive Systems: An In Vitro Study

Background: The aim of this study is to compare the shear bond strength of calcium silicate-containing biomaterials to Universal adhesive systems with different pH.

Methods: 63 acrylic blocks with cylindrical cavities (4 mm diameter - 2 mm depth) were prepared in square molds with a diameter of 20 millimeters (mm) and a depth of 20 mm. It was divided into nine groups. In accordance with the instructions of the manufacturers, 21 pieces of each biomaterial (NeoPutty, TheraCal PT, Biodentine) were placed in the prepared cavities. Universal Adhesive systems on biomaterials; After Gluma Bond Universal, Single Bond Universal, G-Premio Bond were applied according to the manufacturer's instructions, the composite resin was placed in cylindrical plastic tube with a diameter of 2 mm and a height of 2 mm prepared from polyethylene and polymerized with a LED light device for 20 seconds. Shear bond strength of all samples were measured in Newtons using a universal tester. According to the results of Shapiro-wilk test, One Way (One Way ANOVA) Analysis of Variance method, statistical parametric tests, was applied. The groups were compared among themselves with the Post hoc Tukey HSD test.

Results: The difference between Biodentin and TheraCal PT groups was statistically significant ($P<0.05$). The difference between TheraCal PT and NeoPutty groups was statistically significant ($P<0.05$). The difference between Biodentin and NeoPutty groups was not statistically significant ($P>0.05$).

Conclusion: In vital pulp treatments, it can be preferred to use with calcium silicate-based resin-containing TheraCal PT Universal adhesive systems. However, further histological studies are needed to evaluate its effects on vital pulp. Although the shear bond values of NeoPutty were lower than Biodentin, this result was not statistically significant. It was thought that in vivo studies are needed to understand the bonding mechanism of adhesive systems to NeoPutty in composite restorations.

KEYWORDS

Universal adhesive system, Biomaterial, Shear bond strength, Vital pulp treatment.

Restoratif diş hekimliğinde modern tedavi yaklaşımı; minimal sert doku uzaklaştırılması, çürük dentinin remineralizasyonunu ve vital pulpanın korunarak muhafaza edilmesini hedefler. Geleneksel derin çürük tedavisi genellikle pulpanın açığa çıkması durumunda kanal tedavisi ile sonuçlanmıştır. Biyolojik temelli tedavi stratejilerinin desteklenmesi gerekliliği vurgulanarak, tam veya seçici olmayan çürük

temizlemenin artık aşırı tedavi olarak kabul edildiği belirtilmiştir.¹ Dişin ağız boşluğundaki ömrünü uzatmak, pulpa canlılığının korunmasına bağlıdır. Pulpa, karyojenik mikroorganizmaların neden olduğu derin çürük lezyonları, travmatik yaralanmalar, iyatrojenik faktörler sebebiyle ağız ortamına doğrudan açılabilir. Diş pulpasının bakteriyel infiltrasyona ve restoratif diş materyallerinin toksisitesine karşı

^α Harran Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Diş Hastalıkları ve Tedavisi AD, Şanlıurfa, Türkiye

korunması gereklidir. Bu durum pulpa- dentin kompleksinin aktivasyonunu sağlayan uyarıcı bir pulpa kaplama ajanının yerleştirilmesi ile sağlanabilir.² Kalsiyum hidroksit (Ca(OH)₂) bu amaçla yaygın kullanılan en eski malzemedir. Ancak, Ca(OH)₂'nin zamanla çözüdüğü, dentine bağlanmadığı ve biyomateryale bitişik dentin köprülerinde tünel defektlerinin oluşmasına neden olduğu bildirilmiştir.³ Vital pulpa tedavilerinde dentinin yeniden mineralizasyon yeteneğini destekleyen kalsiyum silikat (KS) içerikli biyoaktif indirekt ve direkt pulpa örtüleme materyalleri kullanılmaktadır.⁴ Bu materyaller yapışkan bir yapı oluşturan hidrofilik radyoopak malzemelerdir. Kalsiyum ve hidroksil iyonlarını serbest bırakma yeteneği, pulpa hücre farklılaşması ve doku mineralizasyonu üzerindeki etkisi değerlidir.⁵ KS simanların etki mekanizması kalsiyum silikat hidrat üretimini içerir ve kalsiyum-fosfat minerallerinin çekerdeklemlenmesini, kristalleşmesini indükler.^{6,7} Hidroksil iyonları antimikrobiyal etki sağlar ve pulpal nekroza neden olan doku onarımını tetikler. Kalsiyum iyonlarının ise, diş pulpa hücrelerinin proliferasyonunu uyardığı gösterilmiştir.⁸ KS simanlar, sadece pulpa kaplama materyali olarak değil aynı zamanda dentin ikamesi olarak da kullanılmaktadır.^{6,9}

Endodontik tedaviler için geliştirilen ilk KS siman, mineral triokisit agregat (MTA) idi. MTA başlangıçta kök ucu dolgu malzemesi olarak geliştirilmiş olsa da pulpa kaplama, apeksogenez, pulpotomi, kök perforasyonları, iç ve dış rezorpsiyonların onarımı, kök kanal dolgusu ve apeksifikasyon tedavisi gibi klinik uygulama yelpazesi genişlemiştir.² Ancak vital pulpa tedavilerinde MTA'nın yaklaşık 45 dakika ile 2 saat sertleşme süresi nedeniyle restorasyon tek seansta tamamlanamamaktadır. Biodentin (Septodont, Saint-Maur-des-Foss es, Fransa) MTA'ya alternatif olarak geliştirilmiş başka bir KS siman'dır. Biodentin'e, hızlandırıcı olarak kalsiyum klorür eklenmiş ve sertleşme süresi 12 dakika olarak bildirilmiştir.¹⁰

Kalsiyum silikat esaslı hidrofilik simanların toz-likit ile karıştırılması sırasında heterojen kıvam dezavantajının üstesinden gelmek için önceden karıştırılmış trikalsiyum silikat esaslı simanlar piyasaya sürülmüştür.¹¹ Son zamanlarda, hem Biodentin hem de MTA'nın klinik uygulamalarını paylaşan kullanıma hazır pat halinde yeni biomateryal NeoPutty (NuSmile, Houston, TX, USA) geliştirilmiştir.¹² Doğrudan pulpa teması için tasarlanmış kalın kıvamlı silikat simanlardır. Nemli bir ortama maruz kaldıktan sonra sertleşir.^{13,14} Bu malzeme, dental dokularda kullanıldıktan sonra in vivo olarak uzun sertleşme süreleri gerektirir. Ancak herhangi bir bekleme problemi olmadan üst restorasyon hızlı bir şekilde tamamlanabilir.¹¹ KS simanların biyoaktif arzu edilen özellikleri ile rezinin üstün kullanımını birleştirerek vital pulpa tedavileri için ışıkla sertleşen bir malzeme Theracal LC (ThLC; Bisco Inc, Schamburg, IL) tanıtıldı.¹⁵ Sertleşme reaksiyonunun hemen gerçekleşmesi ve

restorasyonun tek randevuda tamamlanması bir avantajdı. Ancak KS'lara eklenen rezin monomerleri, ışıkla sertleşme sırasında polimerize edilemeyebilir. Serbest monomerler pulpa hücreleri üzerinde zararlı bir etki oluşturabilir. Bu nedenle, kullanımının indirekt pulpa kaplamasıyla sınırlandırılması tavsiye edilmiştir.¹⁶ Son zamanlarda, TheraCal PT (ThPT, Bisco Inc) adı altında yeni bir çift kürlü rezin ile modifiye edilmiş kalsiyum silikat bazlı malzeme piyasaya sürüldü. Üreticisine göre, öncelikle pulpotomiler için, bunun yanında direkt ve indirekt pulpa kaplaması için de kullanımı önerildi.¹⁵ Bu rezin içerikli KS simanlar yüksek fiziksel özellik, düşük çözünürlük ve kolay klinik kullanım gösterse de, ışıkla sertleşme sırasında polimerizasyon büzülmesine bağlı olarak dentin dokusundan ayrılabilirler.¹⁷ KS simanlar ve adeziv sistemler arasında bağlanma gücü, vital pulpa tedavisinin başarısını doğrudan etkiler.¹⁰

Restoratif tedavinin uzun süreli başarısı için biyomateryaller ile restoratif materyal arasındaki bağın kalitesi hayati önem taşımaktadır. KS simanlar ile kompozit rezin arasındaki düzgün stres dağılımı biyomateryal ve kompozit rezinin fizikokimyasal özelliklerine ayrıca ara yüzeyi oluşturan adeziv sistem tipine de bağlıdır. KS simanların kompozit rezine bağlanma dayanımı hakkında bir fikir birliği yoktur.¹⁸ Hem etch and rinse hem de self-etch modlarında uygulanabilen ünsersal adeziv sistemler (ÜA) büyük ilgi görmektedir. Ünsersal adezivlere dahil edilen fonksiyonel monomer 10-metakriloksidil dihidrojen fosfat (MDP), kalsiyum iyonları, alüminyum oksit ve zirkonyum oksitler ile kimyasal bağ oluşturma yeteneği KS simanların kompozit rezine bağlanmasına katkıda bulunabilir.¹⁸

Yapılan taramada, TheraCal PT ve NeoPutty'nin ÜA'lere bağlanma dayanımı hakkında yeterli literatür bulunamadı. Bu in vitro çalışmanın amacı, farklı sertleşme yöntemi olan KS simanların farklı pH'a sahip ünsersal adeziv sistemlere bağlanma dayanımını değerlendirmektir. Kabul edilen boş hipotez, TheraCal PT'nin multi-mod ÜA sistemler ile rezin kompozite makaslama bağlanma dayanımı yüksektir. Biodentin ve NeoPutty'nin multi-mod ünsersal adeziv sistemler ile rezin kompozite makaslama bağlanma dayanımı açısından fark yoktur.

GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmamızda, üç farklı pulpa kaplama materyali, üç farklı ÜA sistemle kullanıldı. Bağlanma dayanım testi için 20 mm çapında ve 20 mm derinlikte kare kalıplara silindirik boşlukları (4mm çap- 2 mm derinlik) bulunan 63 adet akrilik blok hazırlandı. Dokuz gruba ayrıldı. Üretici firmaların talimatları doğrultusunda her bir biyomateryalden (NeoPutty n=21 (NuSmile, Houston, TX, USA), Theracal PT n=21 (ThPT, Bisco Inc), Biodentine n=21 (Septodont, Saint-Maur-des-Foss es, Fransa)) hazırlanan akrilik bloklardaki boşluklara yerleştirildi. Biyomateryallerin fazlası akrilik blok ile aynı seviyede olacak şekilde yüzeyden uzaklaştırıldı. Biodentin uygulandıktan 12 dakika sonra ÜA sistemler uygulandı.

TheraCal PT 20 saniye süreyle LED ışık cihazıyla (Woodpecker Led-G, Çin) polimerize edildi ve ÜA sistemler uygulandı. NeoPutty materyalinde herhangi bir bekleme süresi olmadan üniversal adeziv sistemler uygulandı. Biyomateryallerin üzerine ÜA sistemler; Gluma Bond Universal n=7 (Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Germany), Single Bond Universal n=7 (3M ESPE, St Paul, MN, USA), G-Premio Bond n=7 (GC Corp., Tokyo, Japan) üretici firma talimatına göre uygulandıktan sonra kompozit rezin (G-ænial Universal Injectable A2) polietilenden hazırlanmış 2 mm çapında ve 2 mm yüksekliğinde silindirik plastik tüplere yerleştirildi ve 20 sn LED ışık cihazı ile polimerize edildi. Tüm örnekler bağlanma dayanım testine kadar ağız ortamına benzer koşullar oluşturabilmek için (37 °C'de %100 nemli ortam) etüvde (Nüve Incubator EN 500, Ankara, Türkiye) bekletildi.

Makaslama Bağlanma Dayanımının Değerlendirilmesi

Makaslama bağlanma dayanım değerlerini ölçmek için numuneler üniversal test cihazına (Instron Lloyd Instruments, Leicester, İngiltere) sabitlendi. Kompozit materyalin yüzeyden ayrıldığı andaki kuvvet Newton cinsinden 1 mm/dakika hız olacak şekilde ölçüldü. Her örnek için kopma anındaki yüzey alanına bölünerek MPa cinsinden kaydedildi (1 MPa = 1 N/mm²). Makaslama bağlanma dayanım testi sonrası örnekler stereomikroskop (Olympus SZ60, Tokyo, Japonya) ile X 40 büyütmede aynı uygulayıcı tarafından incelendi. Kırık tipleri adeziv, koheziv ve karma olarak gruplandırıldı.

İstatistiksel Değerlendirme

Verilerin ölçüm değerlerinin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilk testi ile incelendi. Shapiro-wilk testi sonucuna göre veriler normal dağılım gösterdiğinden grupların karşılaştırılmasında Parametrik testlerden Tek Yönlü (one way ANOVA) Varyans Analizi yöntemi uygulandı. Varyans analiz sonucuna göre gruplar arasındaki karşılaştırma istatistiksel olarak önemli bulundu (P<0,05). Grupların kendi aralarında ikişerli karşılaştırmalarında, Post hoc (çoklu karşılaştırma) testlerinden Tukey HSD testi kullanıldı.

BULGULAR

Biodentin, TheraCal PT ve NeoPutty örneklerinin ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri **Tablo 1**'de gösterildi. Bu sonuçlara göre, Biodentin ve TheraCal PT grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu (P<0.05). Theracal PT ve NeoPutty grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu (P<0.05). Biodentin ve NeoPutty grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi (P>0.05).

Tablo 1.

Biyomateryallere Ait Makaslama Bağlanma Değerleri.

Adeziv Ajan	Biomateryal	n	Mean	Std. Deviation	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Gluma Bond Universal	Biodentin	7	5,1914	2,13681	3,2152	7,1676	1,87	7,74
	Theracal	7	23,9386	9,04879	15,5698	32,3073	7,65	36,46
	Neoputty	7	0,8786	0,39612	0,5122	1,2449	0,48	1,44
	Toplam	21	10,0029	11,45397	4,7891	15,2166	0,48	36,46
Single Bond Universal	Biodentin	7	4,6657	3,13773	1,7638	7,5676	0,78	9,24
	Theracal	7	19,5386	5,98178	14,0063	25,0708	12,69	27,56
	Neoputty	7	3,0343	3,96079	-0,6288	6,6974	0,89	11,59
	Toplam	21	9,0795	8,73447	5,1036	13,0554	0,78	27,56
G-Premio Bond	Biodentin	7	3,8657	2,44861	1,6011	6,1303	0,56	7,01
	Theracal	7	13,7443	3,42545	10,5763	16,9123	9,26	18,32
	Neoputty	7	0,6857	0,35893	0,3538	1,0177	0,39	1,44
	Toplam	21	6,0986	6,14956	3,2993	8,8978	0,39	18,32

Kırık tipleri dağılımı **Tablo 2**'de gösterilmiştir. TheraCal PT grubu adeziv başarısızlık sergiledi. Biodentin grubunda çoğunlukla adeziv başarısızlık görüldü. Neoputty grubu ise çoğunlukla biyomateryal koheziv başarısızlık sergiledi.

Tablo 2.

Biyomateryal ve Adeziv Materyal Arasında Gözlenen Kırılma Tipleri.

Biomateryal	Adeziv Ajan	Kırılma Tipleri			
		Adeziv	Koheziv	Karma	Toplam
Biodentin	Gluma	2	1	4	7
	Single Bond Universal	4		3	7
	G-Premio	5	2		7
TheraCal PT	Gluma	7			7
	Single Bond Universal	7			7
	G-Premio	7			7
NeoPUTTY	Gluma		4	3	7
	Single Bond Universal	1	6		7
	G-Premio		7		7

TARTIŞMA

Vital pulpa tedavilerinde, KS simanların biyoaktivitesinin yanı sıra, üst restorasyon materyaline adeziv bağlanma gücü uzun dönem klinik başarı açısından oldukça önemlidir.¹⁸ Biyomateryal ve kompozit arayüzündeki adeziv bağlanma mikrosızıntıyı önleyebilecek adaptasyon sağlayabilir.^{19,20} Bu bağlanmayla ilgili, arayüzde kimyasal bir bağın olup olmadığı aydınlatılmamıştır.²¹ Son zamanlarda, ÜA sistemler klinik koşullara ve klinisyenin tercihlerine bağlı olarak etch-rinse, selfetch veya selektif etch modlarında kullanılmaktadır. Bu tek şişe adezivler, basit uygulama prosedürleri ve kısa uygulama süreleri nedeniyle tercih edilmektedir.²² ÜA sistemler, yapısında bulunan asidik molekül olan fonksiyonel monomerler sayesinde diş yapısı ile etkileşmektedir.^{23,24} Çalışmamızda test edilen

ÜA sistemlerin pH'sı değişmekle birlikte (G-Premio Bond: 1.5; Single Bond Universal: 2.7; Gluma Bond Universal: 1.8), hepsi 10-MDP (10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate) fonksiyonel monomer içerir. Selfetch adezivlerle kısmi demineralize edilen dentinde açığa çıkan kalsiyum (Ca), 10-MDP' nin fonksiyonel grubu ile kimyasal reaksiyona girer. Hibrit tabaka içinde 10-MDP-kalsiyum tabakası oluşturduğu iddia edilir.^{3,22,23,25} Self-etch 10-MDP içerikli adezivler, Ca iyonlarına, Alüminyum ve zirkonyum oksitlere kimyasal bağlanma gösterir. Bifonksiyonel silan molekülü, silika içeren malzemelere kimyasal olarak bağlanır. Rezin ile kimyasal birleşmeye izin veren metakrilat işlevselliğine sahiptir.²⁶

Bu çalışmada biyomateryaller tek randevulu bir klinik prosedürü tasvir etmek amaçlı üretici firma talimatları doğrultusunda gerçekleştirildi. Farklı asiditeye sahip ve 10-MDP fonksiyonel monomer içeren üç farklı ÜA'in biodontine bağlanma dayanımı kendi aralarında karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı. Ancak Biodentin'e en yüksek makaslama bağlanma dayanımı ortalama değerini (5,1914 MPa) Gluma Bond Universal gösterdi. Bu değer önceki çalışmalarla uyumlu idi.²⁸ En düşük makaslama bağlanma dayanımı ortalama değerini (3,8657 MPa) G-Premio Bond gösterdi. Bu önceki çalışmalardan farklı bir sonuçtu.²⁹ Kudva ve ark.²⁹ ÜA sistemlerin Biodentin'e 12 dakika ve 24 saat makaslama bağlanma dayanımını karşılaştırdıkları araştırmalarında en yüksek bağlanma dayanımının G-Premio Bond grubunda olduğunu bildirmiştir (11,3 MPa).²⁹ Biodentin'in Single Bond Universal ortalama bağlanma dayanım değeri (4,6657 MPa) önceki çalışmalarla uyumluuydu.²⁹

Yapısında rezin bulunmayan KS simanlar ile adeziv bağlanmanın interdifüzyon ve mikromekanik kilitlemeden kaynaklandığı düşünülür. Adeziv sistemlerdeki monomerin hidrofilik özellikleri interdifüzyonu kolaylaştırabilir ancak, fosforik asit ve adeziv sistemlerin asitlik derecesi KS simanların alkalitesi tarafından tamponlanabilir.²¹ Biodentin; hızlı sertleşen, yüksek basınç dayanımına sahip dentin yerine geçebilecek bir materyal olarak tanıtıldı. Trikalsiyum silikat, zirkonyum oksit ve kalsiyum karbonat içeren toz; su, kalsiyum klorür ve modifiye edilmiş bir polikarboksilat karışımı sıvı ile karıştırıldığında hızla sertleşir.^{30,31} İyi mekanik özelliklere sahip olmasının yanı sıra mükemmel biyouyumluluk ve biyoaktif davranış sergiler. Ancak en büyük dezavantajı su bazlı olmasıdır. Su bazlı kimyası hem dentin hem de kompozite bağlanmasını etkileyebilir.³² Odabaş ve ark.³³ Biodentin'in etch –rinse, iki aşamalı self etch ve self etch adeziv sistemlerle makaslama bağlanma değerlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, aralarında anlamlı bir fark olmadığını bildirmiştir. Şişmanoğlu ve ark.¹⁸ Etch and rinse adeziv sistemlerle Biodentin ve MTA bazlı simanlar arasında bağlanma dayanımı açısından önemli bir fark gözlenmediğini, self-etch modunda ise Biodentin'in, MTA bazlı simanlara kıyasla

önemli ölçüde daha üstün bir bağlanma değeri sergilediğini rapor etmişlerdir. Tohidkhan ve ark.³⁴ biodontin'in ilk sertleşme (12 dakika) sonrası 15 sn %37 fosforik asit ve Tetric N Bond uyguladıkları çalışmalarında; Biodentin'in daha düşük bağlanma gücü sergilediğini belirtmişlerdir. Asit uygulamasının su bazlı Biodentin'in çözünürlüğünü olumsuz etkilediği ve kompozite düşük bağlanma dayanımına yol açtığı düşünülmektedir.³⁴

Araştırmamızda TheraCal PT grubu üç farklı ÜA sistemde yüksek bağlanma değeri sergiledi. En yüksek bağlanma dayanımı gösteren Gluma Bond Universal'ı (23,9386 MPa) sırayla Single Bond Universal (19,5386 MPa) ve G-Premio Bond takip etti. Özata ve ark.¹⁹ üç farklı KS siman ve self etch adeziv sistem uyguladıkları çalışmalarında, rezin içeren TheraCal LC'nin bağlanma değerlerini NeoPutty ve NeoMTA 2'den daha yüksek olarak bildirmişlerdir.¹⁹ Şişmanoğlu ve ark.¹⁸ TheraCal LC'nin hem etch and rinse hem de self-etch modlarında en yüksek bağlanma değerleri sergilediğini belirtmiştir.¹⁸ Önceki çalışmalarda TheraCal LC bağlanma bulgularıyla uyumlu olarak dual cure sertleşme reaksiyonu gösteren TheraCal PT ile ilgili hipotezimiz kabul edildi. Makaslama bağlanma dayanımındaki üstünlük, içeriğindeki rezin monomerinin adeziv rezin ile kimyasal bağ kurarak güçlü bir arayüz bağlanma oluşturmasıyla açıklanabilir.

NeoPutty, önceden karıştırılmış klinik uygulamaya hazır macun formunda bir paktır. İçeriğinde organik ortamda trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, tantalyum oksit bulunur. İn vivo çevre dokulardaki nem varlığına bağlı olarak sertleşen bir materyaldir.¹⁴ İn vivo nem varlığında sertleşme zamanı 37°C'de yaklaşık 4 saattir.^{14,19} Özata ve ark.¹² TheraCal LC, Neo MTA 2 ve NeoPutty ile yapmış oldukları çalışmada; ortalama bağlanma değerlerini sırasıyla 23.32 Mpa, 12.17 Mpa ve 11.37 Mpa olarak rapor etmişlerdir. İpek ve ark. kök dentinine Biodentin, MTA Repair HP ve NeoPutty'nin bağlanma dayanımını araştırdıkları çalışmalarında NeoPutty materyalinin düşük bağlanma değerleri sergilediğini belirtmiştir.¹² Çalışmamızda da NeoPutty materyalinin makaslama bağlanma dayanımı düşük bulundu. NeoPutty grubunda başlangıç makaslama bağlanma dayanımının düşük olmasının sebebi; akrilik bloklara yerleştirilmesi, dentinin su içeriği ve nem yoksunluğundan kaynaklanabileceği şekilde ifade edilebilir. TheraCal PT ve NeoPutty biyomateryalleri ile ilgili daha fazla *in vitro* ve *in vivo* çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Restoratif materyal ile biyomateryaller arasındaki kırılma tipleri incelendiğinde, TheraCal PT gruplarında adeziv başarısızlık gözlemlendi. Rezin içeren TheraCal PT polimerizasyonu ışık ile tamamlanır. TheraCal PT rezin içermesi ve rezin içerikli adeziv ajanlarla hem mikromekanik kilitleme hem de kimyasal adezyon sebebiyle daha güçlü bağlanma dayanımı gösterdiğini düşünmekteyiz.¹⁸

Araştırmamızda Neoputty grubunda koheziv başarısızlık izlendi. Materyalin koheziv kırılma tipi göstermesi iç direncinin arayüzey adeziv bağlanma direncinden daha düşük olduğunu ifade eder.^{3,35} NeoPutty final sertleşme reaksiyonunu *in vivo* nem varlığında gerçekleştiren bir biyomateryaldir.¹⁴ NeoPutty'de çoğunlukla koheziv kırılma tipi görülmesi ise, final sertleşme reaksiyonunun gerçekleşmemesine bağlanabilir. Araştırmamızda 12 dakika sertleşme süresi beklenen Biodentin grubunda adeziv ve karma kırılma tipi gözlemlendi. Palma ve ark.³ yaptıkları araştırmada başlangıç sertleşmesi için 12 dakika beklenen grupta biyomateryal koheziv başarısızlık, 7 günlük bekleme süreli grupta ise adeziv başarısızlık rapor etmişlerdir. Araştırmamızda hiçbir grupta koheziv kompozit başarısızlık gözlenmedi.

SONUÇ

Çalışma bulgularımıza göre; vital pulpa tedavilerinde kalsiyum silikat esaslı rezin içerikli TheraCal PT yüksek bağlanma dayanımı gösterdiği için üniversal adeziv sistemlerle kullanımı önerilebilir. Ancak vital pulpa üzerine etkilerini değerlendiren ileri histolojik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. NeoPutty'nin gösterdiği makaslama bağlanma değerleri Biodentin'den düşük olmasına rağmen, bu sonuç istatistiksel olarak anlamlı değildi. Kompozit restorasyonlarda adeziv sistemlerin NeoPutty'e bağlanma mekanizmasını anlamak için *in vivo* şartlarda çalışmalara ihtiyaç olduğu düşünüldü.

KAYNAKLAR

1. Kunert M, Lukomska-Szymanska M. Bio-inductive materials in direct and indirect pulp capping—a review article. *Materials* 2020; 13:5: 1204.
2. Andrei M, Vacaru RP, Coricovac A, Ilinca R, Didilescu AC, Demetrescu I. The effect of calcium-silicate cements on reparative dentinogenesis following direct pulp capping on animal models. *Molecules* 2021; 26:9: 2725.
3. Palma PJ, Marques JA, Antunes M, Falacho RI, Sequeira D, Roseiro L, et al. Effect of restorative timing on shear bond strength of composite resin/calcium silicate-based cements adhesive interfaces. *Clinical Oral Investigations* 2021; 25:5: 3131-3139.
4. Fathy SM. Remineralization ability of two hydraulic calcium-silicate based dental pulp capping materials: Cell-independent model. *Journal of clinical and experimental dentistry* 2019; 11:4: e360.
5. Gandolfi MG, Siboni F, Botero T, Bossù M, Riccitiello F, Prati C. Calcium silicate and calcium hydroxide materials for pulp capping: biointeractivity, porosity, solubility and bioactivity of current formulations. *Journal of applied biomaterials & functional materials* 2015; 13:1: 43-60.
6. Li X, Yoshihara K, De Munck J, Cokic S, Pongprueksa P, Putzeys E, et al. Modified tricalcium silicate cement formulations with added zirconium oxide. *Clinical oral investigations* 2017; 21:3:895-905.
7. Daneshpoor N, Pishevar L. Comparative evaluation of bioactive cements on biomimetic remineralization of dentin. *Journal of clinical and experimental dentistry* 2020;12:3: e291.
8. Natale LC, Rodrigues MC, Xavier TA, Simões A, De Souza DN, Braga RR. Ion release and mechanical properties of calcium silicate and calcium hydroxide materials used for pulp capping. *International endodontic journal* 2015; 48:1:89-94.
9. Primus C, Gutmann JL, Tay FR, Fuks AB. Calcium silicate and calcium aluminate cements for dentistry reviewed. *Journal of the American Ceramic Society* 2022;105:3:1841-1863.
10. Mutluay AT, Mutluay M. Characterisation of the calcium silicate-based cement-composite interface and the bonding strength with total-etch or single/two-stage self-etch adhesive systems. *Australian Endodontic Journal* 2021; doi: 10.1111/aej.12600.
11. Sun Q, Meng M, Steed JN, Sidow SJ, Bergeron BE, Niu LN. Manoeuvrability and biocompatibility of endodontic tricalcium silicate-based putties. *Journal of Dentistry* 2021; 104: 103530
12. İpek İ, Ünal M, Güner A, Candan M. Push-out bond strength of Biodentine, MTA repair HP, and a new pre-mixed NeoPutty bioactive cement: scanning electron microscopy energy dispersive X-ray spectroscopy analysis. *Journal of the Australian Ceramic Society* 2022; 58:1: 171-179.
13. Sun Q, Gustin JW, Tian FC, Sidow SJ, Bergeron BE, Ma JZ, et al. Effects of pre-mixed hydraulic calcium silicate putties on osteogenic differentiation of human dental pulp stem cells in vitro. *Journal of Dentistry* 2021; 108: 103653.
14. NuSmile. Available at: <https://www.nusmile.com/NeoPutty/Technical-Support>. Son erişim: 01 Ekim 2021.
15. Sanz JL, Soler-Doria A, López-García S, García-Bernal D, Rodríguez-Lozano FJ, Lozano A, et al. Comparative Biological Properties and Mineralization Potential of 3 Endodontic Materials for Vital Pulp Therapy: Theracal PT, Theracal LC, and Biodentine on Human Dental Pulp Stem Cells. *Journal of Endodontics* 2021; 47:12: 1896-1906.
16. Nam OH, Kim JH, Choi SC, Kim Y. Time-dependent response of human deciduous tooth-derived dental pulp cells treated with TheraCal LC: functional analysis of gene interactions compared to MTA. *Journal of clinical medicine* 2020; 9:2: 531.
17. Karadas M, Atıcı MG. Bond strength and adaptation of pulp capping materials to dentin. *Microscopy Research and Technique* 2020; 83:5: 514-522.
18. Sismanoglu S, Yildirim-Bilmez Z, Gurcan AT, Gumustas B. Influence of application mode of universal adhesive on the surface morphology, elemental composition and bond strength of calcium silicate-based cements to composite resin: a SEM-EDX microanalysis study. *Journal of Adhesion Science and Technology* 2021;1-14. <https://doi.org/10.1080/01694243.2021.1992979>
19. Özata MY, Falakaloğlu S, Plotino G, Adıgüzel Ö. The micro-shear bond strength of new endodontic tricalcium silicate-based putty: An in vitro study. *Australian Endodontic Journal* 2022; <https://doi.org/10.1111/aej.12631>
20. Shafiei F, Doozandeh M, Gharibpour F, Adl A. Effect of reducing acid-etching duration time on compressive strength and bonding of a universal adhesive to calcium silicate cements. *International Endodontic Journal* 2019;52:4: 530-539.
21. Xavier MT, Costa AL, Caramelo FJ, Palma PJ, Ramos JC. Evaluation of the Interfaces between Restorative and Regenerative Biomaterials Used in Vital Pulp Therapy. *Materials* 2021; 14:17: 5055.
22. Kalyoncuoğlu E, Keskin C, Acar DH, Gonulol N. The bond strength of universal adhesives with different acidities to calcium silicate-based materials. *Clinical and Experimental Health Sciences* 2021; 11:1: 170-174.
23. Yamauchi K, Tsujimoto A, Jurado CA, Shimatani Y, Nagura Y, Takamizawa T, et al. Etch-and-rinse vs self-etch mode for dentin bonding effectiveness of universal adhesives. *Journal of oral science* 2019; 18-0433.

24. Carrilho E, Cardoso M, Marques Ferreira M, Marto CM, Paula A, Coelho AS. (2019). 10-MDP based dental adhesives: adhesive interface characterization and adhesive stability—a systematic review. *Materials* 2019; 12:5: 790.
25. Cetin AR, Dinc H. Effects of artificial aging on the bond strengths of universal dental adhesives. *Nigerian Journal of Clinical Practice* 2020; 23:8: 1148-1154.
26. Choi AN, Lee JH, Son S, Jung KH, Kwon YH, Park JK. Effect of dentin wetness on the bond strength of universal adhesives. *Materials* 2017;10:11: 1224.
27. Deepa VL, Dhamaraju B, Bollu IP, Balaji TS. Shear bond strength evaluation of resin composite bonded to three different liners: TheraCal LC, Biodentine, and resin-modified glass ionomer cement using universal adhesive: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry: JCD* 2016; 19:2: 166-170.
28. Akbiyik SY, Bakir EP, Bakir SE. Evaluation of the bond strength of different pulp capping materials to dental adhesive systems: an in vitro study. *Journal of Advanced Oral Research* 2021; 12:2: 286-295.
29. Kudva A, Raghunath A, Nair PM, Shetty HK, D'Costa VF, Jayaprakash K. Comparative evaluation of shear bond strength of a bioactive material to composite resin using three different universal bonding agents: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry: JCD* 2022; 25:1: 54-57.
30. Ashofteh Yazdi K, Ghabraei S, Bolhari B, Kafili M, Meraji N, Nekoofar MH, et al. Microstructure and chemical analysis of four calcium silicate-based cements in different environmental conditions. *Clinical oral investigations* 2019; 23:1:43-52.
31. Laurent P, Camps J, About I. Biodentine™ induces TGF-β1 release from human pulp cells and early dental pulp mineralization. *International endodontic journal* 2012; 45:5: 439-448.
32. Rendžova V, Apostolska S, Kostadinovska E, Antanasova M, Eftimoska M, Petkov M, et al. Evaluation of bond strength of one step and two steps self-etch adhesive agents with two different pulp-capping materials. *Stomatoloski glasnik Srbije* 2020; 67: 2: 75-82.
33. Odabaş ME, Bani M, Tirali RE. Shear bond strengths of different adhesive systems to biodentine. *The Scientific World Journal* 2013; <http://dx.doi.org/10.1155/2013/626103>
34. Tohidkhah S, Ahmadi E, Abbasi M, Morvaridi Farimani R, Ranjbar Omrani L. Effect of Bioinductive Cavity Liners on Shear Bond Strength of Dental Composite to Dentin. *BioMed Research International* 2022; <https://doi.org/10.1155/2022/3283211>
35. Aksoy S, Ünal M. Shear bond strength of universal adhesive systems to a bioactive dentin substitute (Biodentine®) at different time intervals. *Stomatological Disease and Science* 2017; 1: 116-122.

Yazışma Adresi:

Yasemin YAVUZ

Harran Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Tedavisi AD, Şanlıurfa, Türkiye

E Posta: yyavuz-21@hotmail.com