

ARAŞTIRMA

Vital pulpa tedavisinde kullanılan kalsiyum silikat içerikli biyomateryallerin restoratif materyallere bağlanma dayanımının değerlendirilmesi*

Hüseyin Biçer(0000-0002-2354-4110)^α, Şule Bayrak(0000-0001-7023-2358)^α

Selcuk Dent J, 2019; 6: 271-279 (Doi: 10.15311/selcukdentj.434762)

Başvuru Tarihi: 19 Haziran 2018
Yayına Kabul Tarihi: 24 Ocak 2019

ÖZ

Vital pulpa tedavisinde kullanılan kalsiyum silikat içerikli biyomateryallerin restoratif materyallere bağlanma dayanımının değerlendirilmesi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, vital pulpa tedavilerinde kullanılan kalsiyum silikat içerikli biyomateryallerin rezin modifiye cam iyonomer siman ve kompozit rezine makaslama bağlanma dayanımlarının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir.

Gereç ve Yöntemler: 4 mm çapında ve 2 mm derinlikte boşlukları bulunan 78 adet akrilik blok hazırlandı. Üretici firmaların talimatları doğrultusunda hazırlanan kalsiyum silikat içerikli biyomateryaller (ProRoot MTA, BioAggregate ve Biodentine) akrilik bloklardaki boşluklara yerleştirildi ve sertleşmeleri için önerilen sürelerde bekletildi. Biyomateryal örnekleri, rezin modifiye cam iyonomer siman ve kompozit rezin olarak 2 gruba ayrıldı. Adeziv işlemlerin ardından biyomateryallerin üzerine 2 mm çapında ve 2 mm yüksekliğinde silindirik kalıplar yardımıyla restoratif materyaller uygulandı. Tüm örnekler 24 saat 37°C'lik etüvde bekletildikten sonra makaslama bağlanma dayanım değerleri universal test cihazı kullanılarak ölçüldü. Elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi (One-way-ANOVA) ve Tukey testleri kullanıldı.

Bulgular: Tüm biyomateryallerde (ProRoot MTA, BioAggregate ve Biodentine) kompozit rezinin makaslama bağlanma dayanım değeri, rezin modifiye cam iyonomer simandan yüksek bulundu. Biyomateryaller karşılaştırıldığında ise, Biodentine'nin hem rezin modifiye cam iyonomer siman hem de kompozit rezine bağlanma dayanımının ProRoot MTA ve BioAggregate'den anlamlı olarak yüksek olduğu saptandı ($p < 0.05$).

Sonuç: : Sonuç olarak vital pulpa tedavilerinde kullanılan kalsiyum silikat içerikli biyomateryallerin üzerine restoratif materyal olarak kompozit rezin tercih edilebilir. Ayrıca Biodentine, hem bağlanma dayanımı açısından daha iyi değerler sergilemesi, hem de sertleşme süresinin daha kısa olması, manipülasyonunun daha kolay olması ve daha ucuz olması nedeniyle MTA ve BioAggregate'e iyi bir alternatif olabilir.

ANAHTAR KELİMELER

Biyomateryal, makaslama bağlanma dayanımı, vital pulpa tedavisi

ABSTRACT

Evaluation of bond strength of restorative materials to calcium silicate-based biomaterials in vital pulp treatment

Background: The purpose of this study was to provide a comparative evaluation of the shear bond strengths of calcium silicate based biomaterials used in vital pulp treatment to resin modified glass ionomer cement and composite resin.

Methods: 78 acrylic blocks with a hole measuring 4 mm diameter and 2 mm height were prepared. Calcium silicate based biomaterials (ProRoot MTA, BioAggregate, Biodentine) were prepared in line with the manufacturers' instructions, inserted into hole and waited the recommended time for the setting. The biomaterials specimens were divided into resin modified glass ionomer cement and composite resin. After adhesive procedures, restorative materials were applied over the biomaterials with the help of cylindrical mold (2 mm in diameter and 2 mm in height). All specimens were stored at 37°C for 24 h and shear bond strength was then measured by universal testing machine. Data were analyzed using one-way ANOVA and Tukey tests.

Results: The shear bond strength value of the composite resin was found to be higher than that of the resin modified glass ionomer in all biomaterials (ProRoot MTA, BioAggregate and Biodentine). When biomaterials were compared, it was found that both resin-modified glass ionomer cement and composite resin bond strength of Biodentine were significantly higher than ProRoot MTA and BioAggregate ($p < 0.05$).

Conclusion: In conclusion, composite resin could be preferred as a restorative material upon the calcium silicate-based biomaterials used in vital pulp treatment. In addition, biodentine may be a good alternative to MTA and BioAggregate because it exhibits both better binding strength values, shorter curing times, easier manipulation and lower cost.

KEYWORDS

Biomaterial, shear bond strength, vital pulp treatment

Pulpa tedavilerinin başlıca amacı diş ve çevre destek dokuların sağlığını ve bütünlüğünü korumaktır.¹ Vital pulpa tedavisi, geri dönüşümlü pulpa yaralanmalarında pulpanın vitalitesini korumak ve fonksiyonunu sağlamak amacıyla uygulanan koruyucu bir pulpa tedavisidir.²

Vital pulpa tedavisinde lokal iritanlar uzaklaştırıldıktan sonra pulpa üzerine koruyucu bir materyal yerleştirilmektedir.² Pulpa üzerine yerleştirilecek olan materyal, pulpanın vitalitesini sürdürebilecek, bakteriyel sızıntıyı önleyebilecek,

* Bu çalışma, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından 2017-45A201 proje numarası ile desteklenmiştir.

^α Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı, Eskişehir

restorasyonun yerleştirilmesi ve fonksiyon sırasındaki kuvvetlere dirençli olabilecek ve dentin köprüsü oluşumunu sağlayabilecek özelliklere sahip biyouyumlu bir materyal olmalıdır.³⁻⁶

Kalsiyum hidroksit, vital pulpa tedavilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.^{7,8} İçeriğindeki hidroksil iyonlarından dolayı sahip olduğu yüksek alkalin pH'sı pulpada bir yaralanma meydana getirmekte, yüzeyde ise koagülasyon nekrozu ve orta derece enflamasyon oluşmaktadır. Bu nekroz alan, distorfik kalsifikasyonla yerini tamir dentinine bırakarak dentin köprüsü oluşumunu sağlamaktadır.⁹ Ancak kalsiyum hidroksit kullanılan vital pulpa tedavilerinde oluşan distorfik kalsifikasyonların, pulpa kanlanmasını bozarak pulpa nekrozuna sebep olabileceğini gösteren çalışmalar da mevcuttur.^{10,11} Ayrıca kalsiyum hidroksit, dentine bağlantısının zayıf olması, mikrosızıntıya karşı uzun süren dayanıklılık gösterememesi, nem varlığında çözünmesi ve dentin köprüsünde poröziteye (tünel defektleri) neden olmasından dolayı vital pulpa tedavilerinde başarısızlığa neden olmaktadır.^{8,12} Bu nedenlerden dolayı günümüzde vital pulpa tedavilerinde Mineral Trioksit Aggregate (MTA), Biodentine, BioAggregate gibi hidrasyonu kalsiyum hidroksit formasyonu ile sonuçlanan¹³ kalsiyum silikat içerikli biyoseramik materyaller daha popüler hale gelmiştir.¹⁴⁻¹⁶

Vital pulpa tedavisinin başarısı için iyi bir örtücülük sağlanması ve bunun sürdürülmesi için tedaviden hemen sonra daimi restorasyonun yerleştirilmesi gerekmektedir.¹⁷ Bunun yanısıra bakteriyel mikrosızıntının azaltılmasında, vital pulpa tedavisinin uzun dönem başarısında, pulpa kaplama materyali ile restoratif materyal arasındaki bağlanma kuvvetinin de yüksek olması gerekmektedir.¹⁸ Bu nedenle, bu çalışmada, vital pulpa tedavilerinde kullanılan kalsiyum silikat içerikli biyomateryallerin farklı restoratif materyallere makaslama bağlanma dayanımlarının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlandı. Araştırmamızın hipotezi; Her bir biyomateryalin, rezin modifiye cam iyonomer siman ve kompozit rezinlere bağlanma dayanımları farklıdır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmada Kullanılan Materyaller

Araştırmamızda, 3 farklı biyomateryal (ProRoot MTA, BioAggregate ve Biodentine), 2 farklı restoratif materyal (rezin modifiye cam iyonomer siman ve kompozit rezin) ve bir adet self-etch adeziv materyal kullanıldı (Tablo 1).

Tablo 1.

Araştırmada kullanılan materyaller

Materyal	Tipi	İçeriği	Lot Numarası	Üretici Firma
ProRoot MTA	Kök kanal tamir materyali	Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, trikalsiyum aluminat, kalsiyum sülfat dihidrat, bizmut oksit	0000154618	Dentsply, Tulsa Dental, OK, USA
BioAggregate	Kök kanal tamir dolgu materyali	Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, tantalum pentoksit, kalsiyum fosfat monobazik, amorf silikon oksit	1201BA	Innovative BioCerami x, Vancouver, Canada
Biodentine	Biyoaktif dentin materyali (Trikalsiyum silikat siman)	Tozu: Trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, kalsiyum karbonat ve oksit, zirkonyum oksit, demir oksit Likiti: kalsiyum klorit, suda çözünbilir polimer	B20212	Septodont, Saint Maur des Fossés, France
Clearfil SE	Self-etch adeziv	Primer: 10-MDP, HEMA, hidrofilik dimetakrilat, CQ, N,N-dietanol-p-tolidin, su Adheziv: 10-MDP, HEMA, Bis-GMA, hidrofobik dimetakrilat, CQ, N-dietanol-p-tolidin, silika	000242	Kuraray Corp., Osaka, Japan
Fuji II LC	Rezin modifiye cam iyonomer siman	Tozu: Floroalümina silikat cam Likiti: Poliakrilik asit, HEMA, dimetakrilat, CQ, distile su	1606061	GC Corp., Tokyo, Japan
Filtek Z550	Nano hibrit universal kompozit rezin	Silanlanmış seramik, silanlanmış silika, UDMA, Bis-GMA, TEGDMA, Bisfenol A polietilen glikol dieter dimetakrilat	N917719	3M/ESPE, St. Paul, MN, USA

Bis-GMA: Bisfenol A-Glisidil Dimetakrilat; CQ: Kamforokinon; HEMA: Hidroksietil Metakrilat; MDP: Metakrililoksidodesil Dihidrojen Fosfat; TEGDMA: Trietilen Glikol Dimetakrilat; UDMA: Üretan Dimetakrilat.

Örneklerin hazırlanması

Bağlanma dayanım testi için 4 milimetre (mm) çapında ve 2 mm derinlikte silindirik boşlukları bulunan 78 adet akrilik blok hazırlandı. Her bir biyomateryalden 26 adet olacak şekilde, üretici firmaların talimatları doğrultusunda hazırlanan biyomateryaller (ProRoot MTA, BioAggregate, Biodentine) akrilik bloklardaki boşluklara yerleştirildi. Akrilik blok seviyesi ile aynı seviyede olacak şekilde biyomateryallerin fazlası yüzeyden uzaklaştırıldıktan sonra üzerlerine nemli pamuk pelet konuldu ve geçici dolgu maddesi (Cavit, 3M ESPE, America Inc., Norristown, PA,

USA) ile kapatıldı. Ardından ProRoot MTA ve BioAggregate örnekleri 4 saat, Biodentine örnekleri ise 12 dakika 37°C'lik etüvde (Nüve ES 252, Nüve Sanayi Malzemeleri İmalat ve Ticaret A.Ş., Ankara, Türkiye) distile su içerisinde bekletildi. Etüvden çıkarılan örneklerin üzerindeki geçici dolgu maddesi ve pamuk peletler kaldırıldı. Ardından biyomateryallerin yüzey polisajları alüminyum oksit diskler (Soflex; 3M/ESPE, St. Paul, MN, USA) kullanılarak gerçekleştirildi.

Biyomateryallerin üzerine uygulanacak restoratif materyalleri yerleştirmek için polietilenden hazırlanmış 2 mm çapında ve 2 mm yüksekliğinde silindirik bir kalıp kullanıldı. Her bir biyomateryal örnekleri uygulanacak restoratif materyale göre her grupta 13 adet örnek olacak şekilde rastgele 2 gruba ayrıldı;

Biyomateryal + Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman: Biyomateryallerin üzerine üretici firmanın önerileri doğrultusunda hazırlanan rezin modifiye cam iyonomer siman (Fuji II LC) uygulandı ve 20 sn LED ışık cihazı ile polimerize edildi.

Biyomateryal + Kompozit Rezin: Biyomateryallerin üzerine Clearfil SE bond üretici firma talimatına göre uygulandıktan sonra kompozit rezin (Filtek Z550) yerleştirildi ve 20 sn LED ışık cihazı ile polimerize edildi.

Makaslama bağlanma dayanımının değerlendirilmesi

Tüm örnekler 24 saat 37°C'lik etüvde distile su içerisinde bekletildikten sonra, makaslama bağlanma dayanım değerlerini ölçmek için universal test cihazına (MOD Dental MIC-101, Esetron Smart Robotechnologies, Ankara, Türkiye) sabitlendi. Ardından 1 mm/dakika hız olacak şekilde kopma meydana gelene kadar bağlanma alanının uzun eksenine paralel olacak şekilde kuvvet uygulanarak her bir örneğin kopma değeri Newton cinsinden ölçüldü. Daha sonra her bir örnek için kopma değeri, kuvvetin yüzey alanına bölümü sonucu hesaplanarak MPa cinsinden kaydedildi.

Koparılan örnekler stereomikroskop (Leica MZ16, Leica Microsystems Ltd., Heerbrugg, Germany) altında x40 büyütmede değerlendirilerek kırılma tiplerine göre aşağıdaki gibi tanımlandı:

Adeziv: Biyomateryal ve restoratif materyal arasında,
Koheziv: Biyomateryal veya restoratif materyal içinde,
Karışık (miks): koheziv ve adeziv kopmanın birarada olmasıdır.

İstatistiksel değerlendirme

Araştırmamızda elde edilen verilerin istatistiksel analizleri "Statistical Package for the Social Sciences" yazılımı (SPSS 21 for Windows, SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) kullanılarak gerçekleştirildi.

Elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi (One-way-ANOVA) kullanıldı. Eğer farklılık mevcut ise, hangi gruplar arasında farklılık olduğunu tespit etmek için ise Tukey testi uygulandı.

Analizlerde istatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edildi.

BULGULAR

ProRoot MTA, BioAggregate ve Biodentine örneklerinin ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri **Tablo 2'**de gösterildi.

Tablo 2.

ProRoot MTA, BioAggregate ve Biodentine örneklerinin ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri

Biyomateryaller	Ortalama ± Standart Sapma (MPa)	
	Rezin modifiye cam iyonomer	Kompozit rezin
ProRoot MTA	6.22 ± 0.84 ^{2,b}	7.76 ± 1.68 ^{2,a}
BioAggregate	6.27 ± 0.55 ^{2,a}	7.12 ± 0.63 ^{2,a}
Biodentine	7.58 ± 1.30 ^{1,b}	10.10 ± 1.94 ^{1,a}

*Farklı sayılar sütunlardaki, farklı harfler satırlardaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

ProRoot MTA ve Biodentine örneklerinde kompozit rezin grubu rezin modifiye cam iyonomer siman grubundan anlamlı olarak daha yüksek ortalama makaslama bağlanma dayanım değeri sergiledi ($p < 0.05$) (**Tablo 2**). BioAggregate örneklerinde ise rezin modifiye cam iyonomer siman ve kompozit rezin grupları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmedi de kompozit rezinin daha yüksek bağlanma dayanım değerine sahip olduğu saptandı ($p > 0.05$) (**Tablo 2**).

Biyomateryaller karşılaştırıldığında, hem rezin modifiye cam iyonomer siman hem de kompozit rezin gruplarında Biodentine örneklerinin ortalama bağlanma dayanımı değerinin, ProRoot MTA ve BioAggregate'ye göre daha yüksek olduğu gözlemlendi ($p < 0.05$) (**Tablo 2**).

Biyomateryal-restoratif materyal arasındaki kırılma tipleri incelendiğinde, tüm gruplarda en fazla adeziv başarısızlık gözlemlendi (**Tablo 3**).

Tablo 3.**Biyomateryal-restoratif materyal arasında gözlenen kırılma tipleri**

Biyomateryaller	Kırılma Tipleri		
	Adeziv	Koheziv	Karışık
ProRoot MTA	14	8	4
BioAggregate	13	5	8
Biodentine	12	7	7

TARTIŞMA

Başarılı bir vital pulpa tedavisinin, mevcut odontoblastlardaki hasarı ortadan kaldırmak ve yeni odontoblastların farklılaşmasını sağlamak gibi iki ana stratejisi vardır.¹⁹ Tedavinin başarısında, pulpa hasarının derecesi, uygulanan kaplama materyali ve bakteriyel sızıntının etkisi önemlidir.²⁰ Vital pulpa tedavisinde kullanılacak materyalin, bakterileri öldürme, mineralizasyonu sağlama ve iyi bir bakteriyel örtücülük oluşturma özelliğine sahip olması gerekmektedir. İdeal pulpa kaplama materyali, uzun süreli bakteriyel sızıntıya karşı koyabilmeli ve kalan pulpa dokusunu sağlıklı bir duruma döndürerek dentin oluşumunu teşvik etmelidir.²¹

Vital pulpa tedavisinde yaygın kullanılan materyal kalsiyum hidroksitin^{7,8} dezavantajları nedeniyle^{8,10-12} ideal bir materyal olmadığı bildirilmektedir.^{8,10,12} Bu nedenle günümüzde kalsiyum silikat içerikli biyomateryallerin kullanımı daha popüler hale gelmiştir.¹⁴⁻¹⁶

Diş hekimliği alanında kullanılan ilk kalsiyum silikat içerikli siman olan MTA²², mükemmel sızdırmazlık özelliğine sahip, sert doku oluşumunu uyaran, yüksek alkalin yapıda, antibakteriyel etkinlik ve düşük çözünürlük gösteren biyoyumlu bir materyaldir.²³⁻²⁵ MTA'nın yüksek örtücülük kapasitesi vital pulpa tedavilerinin başarısında önemli bir rol oynamaktadır.²⁶ Ancak, MTA'nın sertleşme süresinin uzun olması, uygulanmasının zor olması, maliyetinin yüksek olması ve renklenmeye neden olması gibi dezavantajları bulunmaktadır.²⁷ Ayrıca materyalin henüz herhangi bir çözücüsünün olmaması²⁸, uygulandıktan

ve sertleştikten sonra uzaklaştırılmasının zor olması²⁹, rezin restorasyonların bağlantı kuvvetini artırmak için uygulanan asitleme işleminin MTA'nın bağlanma kuvvetini düşürmesi³⁰ MTA'ya alternatif materyal arayışlarının sürmesine neden olmuştur.

Kalsiyum-silikat-fosfat içerikli bir biyoseramik olan BioAggregate³¹, MTA'nın modifiye edilmiş halidir.³² MTA'dan farklı olarak BioAggregate yapısında alüminyum bileşenleri içermemektedir.^{32,33} MTA'nın radyopak özelliğini bizmut oksit sağlarken, BioAggregate'de bizmut oksit yerine tantalyum oksit bulunmaktadır.^{32,34}

Biodentine ise özellikle "biyoaktif dentin muadili" olarak piyasaya sürülen ve pulpa kaplamasında kullanılan, hızlı sertleşen trikalsiyum silikat içerikli bir simandır.³⁵ Kapsül şeklinde olup sertleşme süresi diğer kalsiyum silikat içerikli simanlara göre daha az olan (12 dakika)^{15,35,36} ve yüksek biyoyumluluğa sahip olan Biodentine³⁶ çocuk diş hekimliği gibi özellikle tek seansta tedavinin gerekli olduğu durumlarda önemli bir avantaj sağlamaktadır.¹⁵

Vital pulpa tedavilerinde pulpa kaplama materyali ile restoratif materyal arasındaki bağlanma oldukça önemlidir. Eğer iyi bir örtücülük sağlanamazsa bakteriler pulpaya nüfuz olarak tedavinin başarısız olmasına neden olabilir.¹⁸ Bu yüzden kalsiyum silikat içerikli simanların restoratif materyallere bağlanma dayanımı önemli bir klinik faktördür.³⁷ Pulpa kaplamasından sonra dişe uygun bir restoratif materyal seçiminde ve özellikle estetiğin önemli olduğu bölgelerde kompozit rezinler ilk seçenektir. Ancak minede yeterli preparasyonun yapılamadığı vakalarda rezin modifiye cam iyonomer simanlar da tercih edilebilmektedir.³⁸ Ayrıca her iki restoratif materyal yerleştirilmesi sırasında düşük kondenzasyon kuvveti gerektirdiğinden pulpa kaplama materyalinin üzerine uygulanacak uygun restoratif materyallerdir.^{39,40}

Kalsiyum silikat içerikli materyallerin makaslama bağlanma dayanımı ile ilgili literatür incelendiğinde, çalışmaların büyük kısmının MTA ve Biodentine hakkında olduğu^{17,38,40-46} ve BioAggregate hakkında ise sınırlı sayıda çalışma olduğu tespit edildi.^{47,48} Ayrıca yapılan çalışmaların genellikle kalsiyum silikat içerikli materyallerin kompozit rezine bağlanma dayanımına odaklandığı^{17,37-45,47,49-51} ve rezin modifiye cam iyonomer simana bağlanma dayanımı hakkında ise daha az sayıda çalışma olduğu gözlemlendi.^{38,40,46} Bu nedenlerden dolayı, bu çalışmada, vital pulpa tedavilerinde kullanılan kalsiyum silikat içerikli biyomateryaller olan MTA, BioAggregate ve Biodentine'in rezin modifiye cam iyonomer siman ve kompozit rezine olan makaslama bağlanma dayanımlarının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlandı.

Materyallerin adeziv özelliklerinin değerlendirilmesinde en yaygın kullanılan yöntem, bağlanma dayanımlarının değerlendirilmesidir.⁵¹ Materyallerin bağlanma dayanımı hakkındaki *in vitro* testler araştırmacılara objektif bilgiler sunmaktadır.⁵² Ajami ve ark.⁵⁰ MTA'nın kırılma bir materyal olduğunu, bu nedenle gerilim bağlanma dayanımı testi için uygun bir materyal olmadığını rapor etmişlerdir. Bu nedenlerden dolayı araştırmamızda, kalsiyum silikat içerikli biyomateryallerin farklı restoratif materyallere adezyonunu değerlendirmede makaslama bağlanma dayanım testi kullanıldı.

ProRoot MTA'nın kompozit rezine bağlanma dayanımı Savadi Oskoe ve ark.¹⁷ tarafından 48 saat sonunda 3.08 MPa, Jaber-Ansari ve ark.³⁹ tarafından 4.52 MPa, Alzraikat ve ark.⁵³ tarafından 4.61 MPa olarak saptanırken, Cantekin & Avcı⁴⁹ 96 saat sonra 8.5 ve 8.9 MPa olarak saptamışlardır. Shin ve ark.⁴², sertleşme süresi olarak bir hafta bekletilen ProRoot MTA'nın, Clearfil SE Bond kullanılarak kompozit rezine bağlanma dayanımını değerlendirdikleri çalışmalarında, ortalama bağlanma dayanımının 5.29 MPa olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmamızda ProRoot MTA'nın kompozit rezine makaslama bağlanma dayanım değeri Cantekin & Avcı⁴⁹ ve Cantekin'in⁵⁴ yaptığı çalışmalara yakın değerlerde bulunmuştur. Elde edilen araştırmaya sonuçlarımıza göre ProRoot MTA'nın rezin modifiye cam iyonomer simanlara bağlanma dayanım değerinin (6.22 MPa) ise diğer çalışmalardan^{38,40,46} (2.25-3.24 MPa arasında) daha yüksek olduğu saptandı. Çalışmalarda farklı bağlanma dayanım değerlerinin gözlenmesinin nedeni, kullanılan yöntem, adeziv tipi, içerdiği asidik monomerin pH'sı, solven tipi, doldurucu içeriği ve MTA'nın sertleşme süresi olarak farklı zamanların kullanılması ile ilişkili olabilir.⁵⁵ Diğer çalışmalara^{38,40,46} benzer şekilde araştırmamızda da rezin modifiye cam iyonomer simana bağlanma dayanımının, kompozit rezinden anlamlı olarak daha düşük olduğu gözlemlendi ($p < 0.05$). Bu çerçevede ProRoot MTA için araştırma hipotezimiz kabul edildi. ProRoot MTA'nın kompozit rezinde makaslama bağlanma dayanımının daha yüksek olmasının, kompozit rezinde kullanılan adeziv ajanın dolaylı olarak olabileceğini düşünmekteyiz. Araştırmamızda da kullandığımız Clearfil SE adeziv 10-MDP fonksiyonel monomer içermektedir. Bu monomer, kalsiyum silikat içerikli materyallerdeki kalsiyum ile kimyasal olarak bağlandığından mikromekanik bağlanmaya ilaveten kimyasal adezyonu da sağlamaktadır.⁵⁶

Literatürde BioAggregate'in restoratif materyallere makaslama bağlanma dayanımı ile ilgili çalışmalar incelendiğinde yalnızca Yesilyurt ve ark.'nın⁴⁸ çalışmasının olduğu tespit edildi. Bu çalışmada araştırmacılar 24 ve 72 saatlik sertleşme süresinden sonra BioAggregate'in farklı akışkan kompozit rezinlere bağlanma etkinliğini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda, BioAggregate'in 24 saatlik sertleşme süreci sonucunda Clearfil SE kullanılarak akışkan kompozit rezine makaslama bağlanma dayanımının ortalama 3.31 MPa olduğunu bildirilmişlerdir. Araştırmamızda ise BioAggregate'in kompozit rezine makaslama bağlanma dayanımının Yesilyurt ve ark.'nın⁴⁸ çalışmalarından daha yüksek olduğu bulundu (7.12 MPa). Ayrıca araştırmamızda BioAggregate'in rezin modifiye cam iyonomer siman ve kompozit rezine bağlanma dayanımı

arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığından ($p > 0.05$), BioAggregate için hipotez reddedildi. Literatürde BioAggregate'in rezin modifiye cam iyonomer simana makaslama bağlanma dayanımı hakkında herhangi bir çalışma olmaması nedeni ile bu bulgumuz diğer araştırmalar ile karşılaştırılmadı.

Çolak ve ark.⁴⁴ Biodentine'nin 9 dakika ve 48 saat sertleşmesinden sonra farklı adezivlerle kompozit rezine makaslama bağlanma dayanımını değerlendirdikleri çalışmalarında, sertleşme zamanının bir önemini olmadığını göstermişlerdir. Ancak her iki zamanda da iki farklı self-etch adeziv karşılaştırıldığında 10-MDP içeren Clearfil S3 (9 dakikada 13.32 MPa, 48 saatte 15.09 MPa), Adper Prompt L Pop'tan (9 dakikada 9.82 MPa, 48 saatte 9.82 MPa) daha yüksek bağlanma dayanımı sergilediğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde Odabaş ve ark.'nın⁴⁵ yaptığı çalışma sonucunda da, farklı sertleşme süresinin (12 dakika ve 24 saat) Biodentine'nin bağlanma dayanımını etkilemediği ve iki aşamalı self-etch adeziv olan Clearfil SE Bond'un en yüksek bağlanma dayanımına sahip olduğunu bildirilmiştir (12 dakikada 16.90 MPa, 24 saatte 19.559 MPa). Biodentine'nin kompozit rezine bağlanma dayanımı hakkında yapılan çalışmalarda 1.69-17.7 MPa arasında değişen değerlere sahip olduğu bulunmuştur.^{37,43,46,49} Araştırmamızda Biodentine örneklerinde en yüksek ortalama makaslama bağlanma dayanım değeri kompozit rezin grubunda (10.10 MPa) gözlemlendi. Yapılan diğer çalışmalarla^{46,49} uyumlu olarak araştırmamızda da Biodentine'nin kompozit rezine bağlanma dayanımının rezin modifiye cam iyonomer simandan daha yüksek olduğu saptandı. Dolayısıyla Biodentine için araştırma hipotezimiz kabul edildi.

Kalsiyum silikat içerikli biyomateryallerin bağlanma dayanımlarının karşılaştırıldığı çalışmalar incelendiğinde, MTA ve Biodentine'nin bağlanma dayanımını değerlendirildiği çalışma sonuçlarının çelişkili olduğu görülmektedir. Tulumbacı ve ark.'nın⁴⁶ ProRoot MTA ve Biodentine'nin farklı restoratif materyallere makaslama bağlanma dayanımını karşılaştırdıkları çalışmanın sonucuna göre, ProRoot MTA kompozit rezine Biodentine'den daha yüksek bağlanma dayanımı gösterirken, rezin modifiye cam iyonomer simana bağlanmada ProRoot MTA ve Biodentine arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Araştırmamızda ProRoot MTA, BioAggregate ve Biodentine karşılaştırıldığında hem rezin modifiye cam iyonomer siman hem de kompozit rezin gruplarında Biodentine'nin makaslama bağlanma dayanımının ProRoot MTA ve BioAggregate'den daha yüksek olduğu saptandı.

Biyomateryal-restoratif materyal arasındaki kırılma tipleri incelendiğinde, yapılan diğer çalışmalar^{40,54,57} ile uyumlu olarak tüm gruplarda daha çok adeziv başarısızlık gözlemlendi. Bu da biyomateryal ile restoratif materyaller arasında güçlü bir bağlanma olmadığını göstermektedir. Alzariat ve ark.⁵³ MTA'nın yapısındaki su içeriğinin self-etch adezivlerin polimerizasyonuna etki edebileceğini ve

MTA-adeziv arasındaki bağlantı kuvvetini düşürebileceğini ifade etmişlerdir.

SONUÇ

Araştırmamızdan elde ettiğimiz bulgular ışığında, vital pulpa tedavilerinde kullanılan kalsiyum silikat içerikli biyomateryallerin üzerine kompozit rezinin final restorasyon olarak kullanılmasının uygun olacağı kanısındayız. Ayrıca Biodentine'nin, hem bağlanma dayanımı açısından daha iyi değerler sergilemesi, hem de sertleşme süresinin daha kısa olması, manipülasyonunun daha kolay olması ve daha ucuz olması nedeniyle MTA ve BioAggregate'e iyi bir alternatif olabileceği görüşündeyiz.

KAYNAKLAR

- Guideline on pulp therapy for primary and immature permanent teeth. *Pediatr Dent* 2016; 38(6): 280-8.
- Hargreaves KM, Cohen S, Berman LH. Cohen's pathways of the pulp. Baski. St. Louis, Mo.: Mosby Elsevier; 2011.
- Cohen BD, Combe EC. Development of new adhesive pulp capping materials. *Dent Update* 1994; 21(2): 57-62.
- Modena KC, Casas-Apayco LC, Atta MT, Costa CA, Hebling J, Sipert CR, Navarro MF, Santos CF. Cytotoxicity and biocompatibility of direct and indirect pulp capping materials. *J Appl Oral Sci* 2009; 17(6): 544-54.
- Queiroz AM, Assed S, Leonardo MR, Nelson-Filho P, Silva LA. Mta and calcium hydroxide for pulp capping. *J Appl Oral Sci* 2005; 13(2): 126-30.
- Lee H, Shin Y, Kim SO, Lee HS, Choi HJ, Song JS. Comparative study of pulpal responses to pulpotomy with proroot mta, retromta, and theracal in dogs' teeth. *J Endod* 2015; 41(8): 1317-24.
- Hilley LCJ, McNally CK. Bioceramics in endodontics. *Clin Update* 2013; 35(4).
- Zhu L, Yang J, Zhang J, Peng B. A comparative study of bioaggregate and proroot mta on adhesion, migration, and attachment of human dental pulp cells. *J Endod* 2014; 40(8): 1118-23.
- Briso AL, Rahal V, Mestreneur SR, Dezan Junior E. Biological response of pulps submitted to different capping materials. *Braz Oral Res* 2006; 20(3): 219-25.
- Fuks AB. Pulp therapy for the primary and young permanent dentitions. *Dent Clin North Am* 2000; 44(3): 571-96, vii.
- Bakland LK. Revisiting traumatic pulpal exposure: Materials, management principles, and techniques. *Dent Clin North Am* 2009; 53(4): 661-73, v-vi.
- Asgary S, Eghbal MJ, Parirokh M, Ghanavati F, Rahimi H. A comparative study of histologic response to different pulp capping materials and a novel endodontic cement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008; 106(4): 609-14.
- Nekoofar MH, Davies TE, Stone D, Basturk FB, Dummer PM. Microstructure and chemical analysis of blood-contaminated mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2011; 44(11): 1011-8.
- Parirokh M, Torabinejad M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: An updated overview - part i: Vital pulp therapy. *Int Endod J* 2018; 51(2): 177-205.
- Dawood AE, Parashos P, Wong RHK, Reynolds EC, Manton DJ. Calcium silicate-based cements: Composition, properties, and clinical applications. *J Investig Clin Dent* 2017; 8(2).
- Cho SY, Seo DG, Lee SJ, Lee J, Lee SJ, Jung IY. Prognostic factors for clinical outcomes according to time after direct pulp capping. *J Endod* 2013; 39(3): 327-31.
- Savadi Oskoe S, Bahari M, Kimyai S, Motahhari P, Eghbal MJ, Asgary S. Shear bond strength of calcium enriched mixture cement and mineral trioxide aggregate to composite resin with two different adhesive systems. *J Dent (Tehran)* 2014; 11(6): 665-71.
- Tziafas D, Smith AJ, Lesot H. Designing new treatment strategies in vital pulp therapy. *J Dent* 2000; 28(2): 77-92.
- Zhang W, Yelick PC. Vital pulp therapy-current progress of dental pulp regeneration and revascularization. *Int J Dent* 2010; 2010856087.
- Tziafas D, Belibasakis G, Veis A, Papadimitriou S. Dentin regeneration in vital pulp therapy: Design principles. *Adv Dent Res* 2001; 1596-100.
- Witherspoon DE. Vital pulp therapy with new materials: New directions and treatment perspectives—permanent teeth. *Journal of endodontics* 2008; 34(7): S25-S8.
- Jefferies S. Bioactive and biomimetic restorative materials: A comprehensive review. Part ii. *J Esthet Restor Dent* 2014; 26(1): 27-39.
- Asgary S, Kamrani FA, Taheri S. Evaluation of antimicrobial effect of mta, calcium hydroxide, and cem cement. *Iranian endodontic journal* 2007; 2(3): 105.
- Camilleri J, Laurent P. Hydration of biodentine, theracal lc, and a prototype tricalcium silicate-based dentin replacement material after pulp capping in entire tooth cultures. *J Endod* 2014; 40(11): 1846-54.
- Tziafa C, Koliniotou-Koumpia E, Papadimitriou S, Tziafas D. Dentinogenic responses after direct pulp capping of miniature swine teeth with biodentine. *J Endod* 2014; 40(12): 1967-71.
- Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Pitt Ford TR. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endod* 1995; 21(6): 295-9.
- Makkar S, Vashisht R, Kalsi A, Gupta P. The effect of altered ph on push-out bond strength of biodentin, glass ionomer cement, mineral trioxide aggregate and theracal. *Serbian Dental Journal* 2015; 62(1): 7-13.
- Macwan C, Deshpande A. Mineral trioxide aggregate (mta) in dentistry: A review of literature. *Journal of Oral Research and Review* 2014; 6(2): 71.

29. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: A comprehensive literature review--part iii: Clinical applications, drawbacks, and mechanism of action. *J Endod* 2010;36(3):400-13.
30. Kayahan MB, Nekoofar MH, McCann A, Sunay H, Kaptan RF, Meraji N, Dummer PM. Effect of acid etching procedures on the compressive strength of 4 calcium silicate-based endodontic cements. *J Endod* 2013;39(12):1646-8.
31. Yan P, Yuan Z, Jiang H, Peng B, Bian Z. Effect of bioaggregate on differentiation of human periodontal ligament fibroblasts. *Int Endod J* 2010;43(12):1116-21.
32. Park JW, Hong SH, Kim JH, Lee SJ, Shin SJ. X-ray diffraction analysis of white proroot mta and diadent bioaggregate. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;109(1):155-8.
33. Diaroot bioaggregate. <http://www.diaroot.com>. 2011.
34. Zhang H, Pappen FG, Haapasalo M. Dentin enhances the antibacterial effect of mineral trioxide aggregate and bioaggregate. *J Endod* 2009;35(2):221-4.
35. Biodentine scientific file active biosilicate technology, septodont. Saint-maur-des-fosse's cedex, france: R&d department. 2010.
36. Camilleri J, Sorrentino F, Damidot D. Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, biodentine and mta angelus. *Dent Mater* 2013;29(5):580-93.
37. Schmidt A, Schafer E, Dammaschke T. Shear bond strength of lining materials to calcium-silicate cements at different time intervals. *J Adhes Dent* 2017;19(2):129-35.
38. Ajami AA, Jafari Navimipour E, Savadi Oskoee S, Abed Kahn moui M, Lotfi M, Daneshpoooy M. Comparison of shear bond strength of resin-modified glass ionomer and composite resin to three pulp capping agents. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2013;7(3):164-8.
39. Jaberi-Ansari Z, Mahdilou M, Ahmadyar M, Asgary S. Bond strength of composite resin to pulp capping biomaterials after application of three different bonding systems. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2013;7(3):152-6.
40. Doozaneh M, Koohepeima F, Firouzmandi M, Abbasiyan F. Shear bond strength of self-adhering flowable composite and resin-modified glass ionomer to two pulp capping materials. *Iran Endod J* 2017;12(1):103-7.
41. Oskoee SS, Kimyai S, Bahari M, Motahari P, Eghbal MJ, Asgary S. Comparison of shear bond strength of calcium-enriched mixture cement and mineral trioxide aggregate to composite resin. *J Contemp Dent Pract* 2011; 12(6): 457-62.
42. Shin JH, Jang JH, Park SH, Kim E. Effect of mineral trioxide aggregate surface treatments on morphology and bond strength to composite resin. *J Endod* 2014; 40(8): 1210-6.
43. Altunsoy M, Tanriver M, Ok E, Kucukyilmaz E. Shear bond strength of a self-adhering flowable composite and a flowable base composite to mineral trioxide aggregate, calcium-enriched mixture cement, and biodentine. *J Endod* 2015; 41(10): 1691-5.
44. Colak H, Tokay U, Uzgur R, Uzgur Z, Ercan E, Hamidi MM. The effect of different adhesives and setting times on bond strength between biodentine and composite. *J Appl Biomater Funct Mater* 2016; 14(2): e217-22.
45. Odabas ME, Bani M, Tirali RE. Shear bond strengths of different adhesive systems to biodentine. *ScientificWorldJournal* 2013; 2013626103.
46. Tulumbaci F, Almaz ME, Arikan V, Mutluay MS. Shear bond strength of different restorative materials to mineral trioxide aggregate and biodentine. *J Conserv Dent* 2017; 20(5): 292-6.
47. Atabek D, Sillelioglu H, Olmez A. Bond strength of adhesive systems to mineral trioxide aggregate with different time intervals. *J Endod* 2012; 38(9): 1288-92.
48. Yesilyurt C, Ceyhanli KT, Kedici Alp C, Yildirim T, Tasmemir T. In vitro bonding effectiveness of new self-adhering flowable composite to calcium silicate-based material. *Dent Mater J* 2014; 33(3): 319-24.
49. Cantekin K, Avci S. Evaluation of shear bond strength of two resin-based composites and glass ionomer cement to pure tricalcium silicate-based cement (biodentine(r)). *J Appl Oral Sci* 2014; 22(4): 302-6.
50. Ajami AA, Bahari M, Hassanpour-Kashani A, Abed-Kahn moui M, Savadi-Oskoee A, Azadi-Oskoee F. Shear bond strengths of composite resin and giomer to mineral trioxide aggregate at different time intervals. *J Clin Exp Dent* 2017; 9(7): e906-e11.
51. Tunc ES, Sonmez IS, Bayrak S, Egilmez T. The evaluation of bond strength of a composite and a compomer to white mineral trioxide aggregate with two different bonding systems. *J Endod* 2008; 34(5): 603-5.
52. Orhan DAI, Öz FT. Sık kullanılan bağlanma dayanım test metotları: Derleme çalışması. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences Special Topics* 2011; 2(2): 31-40.
53. Alzraikat H, Taha NA, Qasrawi D, Burrow MF. Shear bond strength of a novel light cured calcium silicate based-cement to resin composite using different adhesive systems. *Dent Mater J* 2016; 35(6): 881-7.

54. Cantekin K. Bond strength of different restorative materials to light-curable mineral trioxide aggregate. *J Clin Pediatr Dent* 2015; 39(2): 143-8.
55. Saghiri MA, Lotfi M, Saghiri AM, Vosoughhosseini S, Aeinehchi M, Ranjkesh B. Scanning electron micrograph and surface hardness of mineral trioxide aggregate in the presence of alkaline ph. *J Endod* 2009; 35(5): 706-10.
56. Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H, Inoue S, Tagawa Y, Suzuki K, De Munck J, Van Meerbeek B. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res* 2004; 83(6): 454-8.
57. Bayrak S, Tunc ES, Saroglu I, Egilmez T. Shear bond strengths of different adhesive systems to white mineral trioxide aggregate. *Dent Mater J* 2009; 28(1): 62-7.

Yazışma Adresi:

Arş. Gör. Hüseyin BİÇER
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi
Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı
Meşelik Kampüsü, Eskişehir, Türkiye
Tel : +90 222 239 37 50 / 1485
Faks : +90 222 239 12 73
e-Posta : h.bicer89@gmail.com