

ARAŞTIRMA

Mineral Trioksit Agregat'a Hızlandırıcı Ekleme Makaslama Bağlanma Dayanımını Etkiler mi?

Abidin Talha Mutluay(0000-0001-6825-1277)^α

Selcuk Dent J, 2022; 9: 501-508 (Doi: 10.15311/selcukdentj.973299)

Başvuru Tarihi: 19 Temmuz 2021
Yayına Kabul Tarihi: 20 Aralık 2021

ÖZ

Mineral Trioksit Agregat'a Hızlandırıcı Ekleme Makaslama Bağlanma Dayanımını Etkiler mi?

Amaç: Bu *in-vitro* çalışmanın amacı, farklı hızlandırıcılar ilave edilen Mineral Trioksit Agregat'ın (MTA) farklı sertleşme sürelerinde kompozit rezine makaslama bağlanma dayanımının (MBD) değerlendirilmesidir.

Gereç ve Yöntemler: Merkezi boşluklara sahip 120 adet akrilik blok 4 ana gruba ayrıldı. 1. grup (kontrol); sadece MTA Angelus™, 2, 3 ve 4. gruplar ise sırasıyla %10 kalsiyum klorür (CaCl₂), %23,1 kalsiyum laktat glukonat (CLG) ve %15 disodyum hidrojen fosfat (Na₂HPO₄) ile karıştırılmış MTA Angelus™ olarak dizayn edildi. Daha sonra, her grup 2 saat 45 dakika, 24 saat ve 96 saatlik sertleşme periyotlarına göre 3 alt gruba ayrıldı. Sertleşme periyotları tamamlandıktan sonra, adeziv sistem (Clearfil SE Bond, Kuraray) ve kompozit rezin (Clearfil Majesty, Kuraray) uygulama prosedürleri tamamlanan tüm örnekler universal test cihazıyla MBD testi uygulandı. Elde edilen verilerinin karşılaştırması, tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey post hoc testleri kullanılarak yapıldı.

Bulgular: Ana gruplar kıyaslandığında hızlandırıcı içermeyen MTA grubu en yüksek, CLG ilave edilen MTA grubu ise en düşük ortalama MBD değeri sergiledi ve aralarındaki fark anlamlı bulundu ($p < 0,0001$). Başlangıç sertleşme süresinde alt gruplar arasında anlamlı fark yokken ($p > 0,05$), diğer sertleşme sürelerinde ise anlamlı farklar bulundu ($p < 0,05$). CaCl₂ ilave edilen MTA'nın 96. saatteki MBD değerinin diğer alt gruplara göre anlamlı olarak daha yüksek olduğu gözlemlendi ($p < 0,05$).

Sonuç: Hızlandırıcı olarak Na₂HPO₄ veya CLG ilave edilen MTA'nın sertleşme süresi arttıkça MBD değeri azalmaktadır. Ancak MTA'ya hızlandırıcı olarak %10 CaCl₂ ilavesi 96 saatlik periyotta yapılacak restoratif işlemlerde hızlandırıcı içermeyen MTA'ya göre pozitif bağlantı sonuçları ortaya çıkarabilir.

ANAHTAR KELİMELER

Adeziv Strateji, Hızlandırıcı, Mineral Trioksit Agregat, Makaslama Bağlanma Dayanımı

ABSTRACT

Does adding accelerators to Mineral Trioxide Aggregate affect the shear bond strength?

Background: This *in-vitro* study aimed to evaluate the shear bond strength (SBS) of mineral trioxide aggregate (MTA) with different accelerators to the composite resin at different setting times.

Methods: 120 acrylic blocks with central cavities were divided into 4 main groups. Group 1 (control) contains only MTA Angelus™ and groups 2, 3, and 4 contain MTA Angelus™ mixed with 10% calcium chloride (CaCl₂), 23.1% calcium lactate gluconate (CLG) and 15% disodium hydrogen phosphate (Na₂HPO₄), respectively. Then, each group was divided into 3 subgroups according to the setting times: 2h 45min, 24h, and 96h. After the setting periods were completed, the SBS test was applied using the universal testing machine to all samples whose adhesive system (Clearfil SE Bond) and composite resin (Clearfil Majesty) application were completed. Data were compared using one-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey's post hoc tests.

Results: When the main groups were compared, MTA group without the accelerator showed the highest, MTA group with CLG added the lowest mean MBD value, and the difference between them was found to be significant ($p < 0,0001$). While there were no statistically significant differences between the subgroups in the initial setting time ($p > 0,05$), significant differences were found in the other setting times ($p < 0,05$). The addition of CaCl₂ significantly increased the SBS value than the other subgroups at 96 hours.

Conclusion: As the setting time increases, adding Na₂HPO₄ or CLG as an accelerator to the MTA reduces the SBS value. However, the addition of 10% CaCl₂ as accelerator to MTA may reveal positive bonding results compared to MTA without an accelerator in restorative procedures performed at 96 hours period.

KEYWORDS

Accelerator, Adhesive Strategy, Mineral Trioxide Aggregate, Shear Bond Strength

GİRİŞ

Mineral Trioksit Agregat (MTA), trikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat, trikalsiyum oksit, silikat oksit, tetra-kalsiyum alümina ferrit ve bizmut oksitten oluşan hidrofilik bir materyaldir.¹ Toz ve likit karıştırıldığında materyalin hidrasyon reaksiyonu başlamaktadır.² Klinikte kuafaj materyali olarak kullanımının yanı sıra apeksifikasyon, pulpotomi, kök ucu ve kanal dolgu malzemesi, kök veya furkasyon perforasyonunda onarım materyali olarak tercih edilmektedir.³ Yüksek

biyoyumluluğa ve antibakteriyel özelliğe sahip olmasının yanında, sert doku oluşumu indüklemeye kapasitesi sayesinde kuafaj işlemlerinde pulpal bütünlüğü korumaktadır.⁴ MTA endodontik prosedürlerde vazgeçilmez bir biyomateryal olarak düşünülmeye rağmen, materyalin yaklaşık 2 saat 45 dakikalık uzun sertleşme süresi büyük bir dezavantaj oluşturur.³ Kuafaj işlemleri sırasında ağız sıvılarıyla kontaminasyon riskini artıran uzun sertleşme süresi sorununu aşmak için karmaşık klinik prosedürlerin uygulanma gerekliliği ortaya çıkmaktadır.⁵ Bu

^α Kırıkkale Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Ağız ve Diş Sağlığı Programı, Kırıkkale, Türkiye

prosedürlerle tedavinin tamamlanması için birden fazla seansa ihtiyaç duyulmaktadır.⁶

Farklı kimyasal özelliklere ve konsantrasyonlara sahip hızlandırıcıların kullanımı, MTA'nın hidrasyon reaksiyonunu hızlandırarak uzun sertleşme süresinin üstesinden gelinmesi amacıyla önerilmektedir. Materyal içerisinde Ca^{+2} iyon desteği sağlamak için kullanılan kalsiyum bileşikleri (Kalsiyum klorür, kalsiyum nitrit/nitrat, kalsiyum format) sıklıkla tercih edilen kimyasallardır.⁷ Yaygın olarak kullanılan bir hızlandırıcı olan kalsiyum klorür ($CaCl_2$) MTA'nın başlangıç sertleşme süresinde önemli bir azalma (%50) sağlar.⁸ $CaCl_2$, silikatların kristalleşmesini hızlandırarak ve partiküllerin hidrasyonunu artırarak MTA'nın sızdırmazlık yeteneğini geliştirir.⁹ MTA'nın gözeneklerinde bulunan $CaCl_2$ 'nin sızdırmazlık kabiliyetini artırdığı, silikatların hidrasyonunu ve kristalleşmesini hızlandırarak sertleşme süresini kısalttığı,⁸ çözünürlüğünü azalttığı ve fizikokimyasal özelliklerini artırdığı belirtilmektedir.⁷ Ayrıca MTA'ya $CaCl_2$ eklenmesinin, dental pulpa kök hücrelerinde beyaz MTA'nın dentinojenik farklılaşma potansiyelini artırdığı gösterilmiştir.¹⁰

Bir fosforik asit tuzu olan disodyum hidrojen fosfat (Na_2HPO_4), higroskopik ve suda çözünebilir bir bileşiktir.¹¹ MTA'nın sertleşme süresini kısaltmak için MTA tozu ile farklı oranlarda hazırlanan solüsyon karıştırılarak kullanılır.^{11,12} Na_2HPO_4 'ün %15'lik solüsyonları ile karıştırılmış MTA'nın, %5'lik ve %10'luk solüsyonlarına göre daha kısa sertleşme süresi oluşturduğu bildirilmektedir. Ayrıca, farklı oranlarda Na_2HPO_4 ilave edilen MTA'nın biyouyumluluğu değerlendirildiğinde, en yüksek hücre canlılığı %15 Na_2HPO_4 eklenen MTA'da gözlenmiştir.⁹

Kalsiyum laktat glukonat (CLG), genellikle efervesan kalsiyum tabletlerinde kullanılan çözünür bir kalsiyum, laktik asit ve glukonik asit tuzudur. CLG çözünebilirliği ve nötr tadı sayesinde gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılır. CLG solüsyonu hidrasyon süresini uzatma özelliğine sahip kalsiyum glukonattan ve hızlandırıcı etkiye sahip laktik asitten oluşmaktadır.¹³ MTA'nın, distile su yerine kalsiyum laktat glukonat solüsyonu ile karıştırılması sertleşme süresini kısalttığı için önerilmektedir.^{11,13} Ayrıca, MTA'nın CLG solüsyonu ile karıştırılması, materyalin viskozitesini ve dağılma direncini de artırdığı düşünülmektedir.¹⁴

Literatürde kalsiyum silikat esaslı bir siman (KSS) olan MTA ile pulpa kuafajını takiben adeziv ve restoratif materyalin uygulanma süresi ve ideal seans sayısı açık değildir. KSS'nin final sertleşme süresini tamamlamasının, daimi restorasyonun bağlanma dayanımı ve dayanıklılık gibi mekanik özelliklerini etkilediği bilinmekte,¹⁵ ve tek seansta uygulanan prosedürlerde restorasyonun dayanıklılığının ve kalitesinin daha üstün olduğu belirtilmektedir.¹⁶ Bu nedenle sertleşme süresi daha kısa olan KSS kullanılması¹⁶ ya da KSS içerisinde hızlandırıcıların ilave

edilmesi önerilmektedir.¹⁵ Çok seanslı prosedürlerde ise, KSS'nin ağız sıvıları ile kontamine olması ve bütünlüğünün bozulması ya da tekrarlanan kavite preparasyonu nedeniyle pulpa dokusunun strese maruz kalması riski mevcuttur.^{5,17} Bazı *in-vitro* çalışmalarda, MTA ile pulpa kuafajını takiben rezin restorasyonun, uzun sertleşme süresi nedeniyle sonraki seansta yapılması gerektiğini savunulurken,^{18,19} bazı çalışmalarda ise tek seansta MTA hazırlandıktan hemen veya 15-45 dakika sonra²⁰⁻²² veya hızlandırıcı ilavesi ile 20-25 dakika sonra daimi restorasyon uygulanmasının mümkün olduğu belirtilmektedir.¹⁵

Literatürde MTA'ya ilave edilen farklı hızlandırıcıların simanın pH'sı, sertleşme süresi ve çözünürlüğü üzerine etkilerinin bildirildiği çalışmalar mevcuttur.^{7,8,15} Ancak hızlandırıcılar ilave edildikten sonra farklı sertleşme sürelerinde MTA'nın kompozit rezine makaslama bağlanma dayanımını kıyaslayan çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı, farklı hızlandırıcı ilave edilen MTA'nın farklı sürelerde kompozit rezine makaslama bağlanma dayanımının (MBD) değerlendirilmesidir. Çalışmanın H_0 hipotezi; "MTA'ya eklenen hızlandırıcılar materyalin farklı sertleşme sürelerinde makaslama bağlanma dayanımını etkilemez." şeklinde kurulmuştur.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmada kullanılan malzemeler ve bileşimleri, uygulama aşamaları ve üretici bilgileri Tablo 1'de ayrıntılı olarak gösterilmektedir.

Tablo 1.

Çalışmada kullanılan malzemeler ve uygulama yöntemleri

Materyal	Ürün açıklaması	Bileşim	Üretici	Uygulama basamakları
MTA Angelus™	Mineral trioksit agregat	Trikalsiyum silikat, bizmut oksit, dikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat, kalsiyum sülfat dehidrat veya alçıtışı	Angelus, Industria de Produtos Odontologicos, Londrino, Brezilya	- Toz ve likit 1/3 oranında karıştırılır.
Clearfil SE Bond	İki aşamalı self-etch adeziv sistem	Primer: 10-MDP, HEMA, hidrofilik dimetakrilat, N, N-dietanol-p-toluidin, kamfokinon, su Bond: 10-MDP, HEMA, Bis-GMA, hidrofilik dimetakrilat, N, N-dietanol-p-toluidin, kamfokinon, kolloidal silika, dietanol	Kuraray Dental, Tokyo, Japonya	- 20 saniye primer uygulanır. - 5 saniye boyunca hafif hava ile kurutulur. - 10 saniye bond uygulanır. - Hafif hava ile kurutulur. - 10 saniye ışık ile polimerize edilir.
Clearfil Majesty	Kompozit rezin	Silanlanmış baryum cam doldurucu, 5n polimerizasyonu yapılmış organik doldurucu, Bis-GMA, hidroforik aromatik dimetakrilat, di-kamfokinon	Kuraray Dental, Tokyo, Japonya	- Işık ile 20 saniye polimerize edilir.

1. Örneklerin hazırlanması

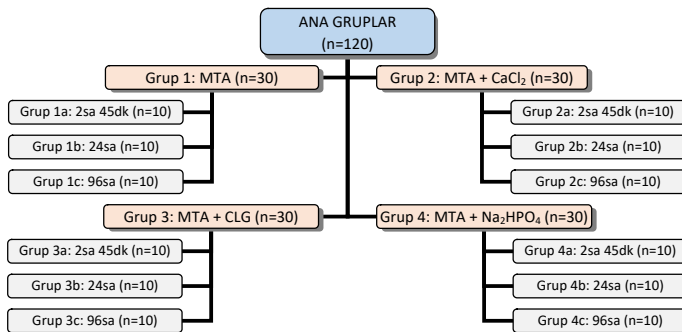
Çalışma için 15 mm uzunluğunda ve 10 mm çapında 120 adet silindirik akrilik blok hazırlandı. Her bloğun ortasına 2 mm derinliğinde 4 mm çapında kavite açıldı. Çalışmada MTA'nın (Angelus, Industria de Produtos Odontologicos, Londrino, Brezilya) herhangi bir hızlandırıcı eklenmemesi veya kalsiyum klorür ($CaCl_2$), disodyum hidrojen fosfat (Na_2HPO_4) ve kalsiyum laktat glukonat'tan (CLG) sadece birinin eklenmesi durumuna göre 4 ana grup (her bir grup, n=30) oluşturuldu (Tablo 2).

Tablo 2.**Ana grupların materyal bileşimi ve toz/likit oranları**

Gruplar	Materyalin toz ve likit içeriği	Toz/likit oranı
Grup 1	MTA (n=30)	3:1
Grup 2	MTA + %10 kalsiyum klorür (n=30)	3:1
Grup 3	MTA + %23,1 kalsiyum laktat glokonat (n=30)	3:1
Grup 4	MTA + %15 disodyum hidrojen fosfat (n=30)	3:1

Hızlandırıcıların hazırlanmasında Altan ve ark.'nın¹¹ çalışmasında kullandığı formül esas alındı. Buna göre; %10 CaCl₂ çözeltisi hazırlanabilmesi için 13,76 gr ağırlığındaki CaCl₂ tozu kullanıldı. %15 Na₂HPO₄ çözeltisi hazırlanabilmesi için 22,5 gr ağırlığındaki Na₂HPO₄ tozu kullanıldı. %23,1 CLG çözeltisi hazırlanabilmesi için ise 27,0 gr laktik asit ve 15,28 gr kalsiyum oksit üzerine 35,6 gr gulukono delta lakton yavaşça ilave edildi. Daha sonra üç ayrı cam behere konulan hızlandırıcıların üzerlerine 100 ml hacme sahip olacak şekilde distile su eklendi.

MTA tozu, hızlandırıcı içeren solüsyonlar ve distile su hassas terazi kullanılarak ölçüldü. Her grupta 3:1 toz/likit oranıyla homojen kıvam sağlanana kadar karıştırılan MTA, daha sonra akrilik blokların orta boşluğuna yerleştirildi ve tepici ile iyice kondanse edildi. Daha sonra, başlangıç (2 saat 45 dakika), orta (24 saat) ya da uzun (96 saat) sertleşme periyotlarına göre alt gruplar (her bir grup, n=10) oluşturuldu (Şekil 1). Alt gruplardaki örnekler, sertleşme periyotları tamamlanincaya kadar inkübatörde 37°C sıcaklıkta %100 nemde bekletildi.

**Şekil 1.**

Materyallerin ve sertleşme periyotlarının ana ve alt gruplara göre dağılımı

2. Adeziv sistem ve kompozit rezinin uygulanması

Sertleşme periyotlarını tamamlayan örnekler kendinden-asitli adeziv sistem (Clearfil SE Bond, Kuraray, Tokyo, Japonya) üreticinin talimatlarına göre uygulanarak 1200 mW / cm² ışık yoğunluğuna sahip LED ışık cihazı (DB-LED Curing Lights, Çin) ile polimerize edildi. Daha sonra, iç çapı 3,5 mm ve yüksekliği 5 mm silindirik metal kalıplara sahip bir makaslama bağlanma dayanımı aleti (SDI Ltd, Bayswater, Victoria, Avustralya) örneklerin üzerine yerleştirildi. Metal kalıpların içerisine 3 tabaka olarak kompozit rezin (Clearfil Majesty, Kuraray, Tokyo, Japonya) uygulandı. Her bir kompozit rezin tabakası, 1200 mW / cm² ışık yoğunluğuna sahip LED ışık cihazı ile polimerize edildi

ve örnekler inkübatörde 37 °C'de ve %100 nemde 48 saat boyunca bekletildi.

3. Makaslama bağlanma dayanımı testi ve istatistiksel analiz

Örnekler, üniversal test cihazına (LF Plus, Lloyd Instruments, Ametec Inc., İngiltere) yerleştirildikten sonra 1 mm / dakika kırma hızı ile MBD testine tabi tutulmuş ve örneklerin kırıldıkları andaki MBD değerleri Newton (N) cinsinden kaydedilmiştir. MBD değeri MPa olarak hesaplandı. Örneklerin kırılma tipleri bir stereo mikroskopta (Carl Zeiss-Jena, Almanya) X40 büyütme altında değerlendirildi. Adeziv ile kompozit rezin arasında meydana gelen kırılma “adeziv kırılma”, KSS içinde veya kompozit rezin içinde meydana gelen kırılma “koheziv kırılma”, hem adeziv hem de KSS içinde meydana gelen kırılma ise “karışık kırılma” olarak sınıflandırılmaktadır.^{19,23} Mevcut çalışmada kırılma tipleri, yukarıdaki sınıflama esas alınarak kaydedildi.

Veriler, Windows için SPSS 22 yazılımı (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) kullanılarak %5'lik anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak analiz edildi. Ana grupların ve alt grupların MBD verilerinin karşılaştırması, tek yönlü ANOVA ve Tukey HSD testleri kullanılarak yapıldı.

BULGULAR

Hızlandırıcı ilave edilen ve edilmeyen MTA örneklerinin ortalama MBD değerleri Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3.**Ana gruplara ait ortalama makaslama bağlanma dayanımı ve standart sapma değerleri (Mpa ± SS)**

Gruplar	n	Ortalama ± SS
Grup 1	30	6,14 ± 0,28 ^a
Grup 2	30	5,62 ± 0,55 ^a
Grup 3	30	3,53 ± 0,17 ^b
Grup 4	30	4,06 ± 0,28 ^b

* Tek yönlü ANOVA – Tukey testi,

SS: Standart sapma, Farklı üst simge harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermektedir (p < 0,05).

Ortalama MBD değerleri en yüksek olan grubun, hızlandırıcı eklenmeyen MTA (6,14 ± 0,28 Mpa) grubu (Grup 1), en düşük olan grubun ise hızlandırıcı olarak CLG eklenen MTA (3,53 ± 0,17 Mpa) grubunun (Grup 3) olduğu tespit edildi ve aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu (p<0,0001). Ayrıca hızlandırıcı eklenmeyen MTA grubunun (Grup 1), hızlandırıcı olarak Na₂HPO₄ eklenen MTA grubu (Grup 4) ile kıyaslanmasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark gözlemlendi (p<0,0001). Hızlandırıcı ilave edilen gruplar birbirleriyle kıyaslandığında; CaCl₂ eklenen grup (Grup 2) ile CLG (Grup 3) ve Na₂HPO₄ eklenen grup (Grup 4)

arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlemlendi (sırasıyla $p < 0,0001$ ve $p = 0,01$).

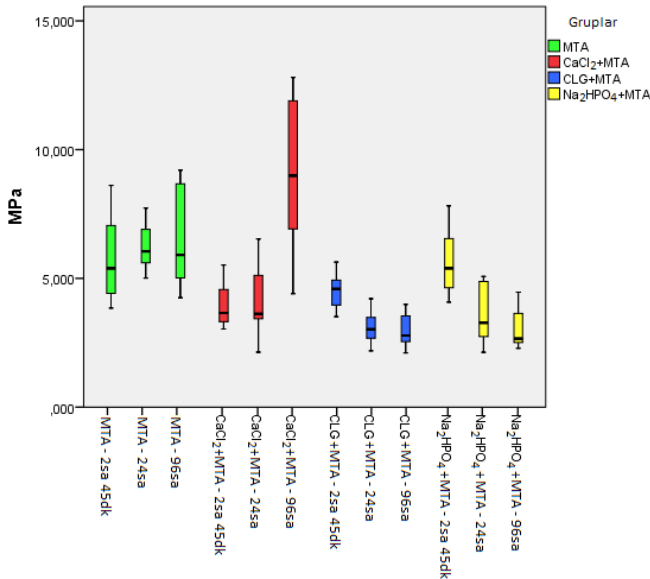
Farklı sertleşme periyotlarında hızlandırıcı ilave edilen ve edilmeyen MTA örneklerinin ortalama MBD değerleri ise Tablo 4'te sunulmuştur. Ayrıca, MBD değerlerinin alt gruplara göre dağılımları Şekil 2'de gösterilmiştir.

Tablo 4.

Alt gruplara ait ortalama bağlanma dayanımı ve standart sapma değerleri (Mpa ± SS)

Ana gruplar	Alt gruplar	n	Ortalama ± SS
Grup 1: MTA	Grup 1a: MTA – 2 sa 45 dk	10	5,68 ± 1,61 ^{a,b}
	Grup 1b: MTA – 24 sa	10	6,26 ± 0,87 ^a
	Grup 1c: MTA – 96 sa	10	6,47 ± 1,90 ^a
Grup 2: MTA+CaCl ₂	Grup 2a: MTA+CaCl ₂ – 2 sa 45 dk	10	3,88 ± 0,81 ^{b,c}
	Grup 2b: MTA+CaCl ₂ – 24 sa	10	4,07 ± 1,25 ^{b,c}
	Grup 2c: MTA+CaCl ₂ – 96 sa	10	8,92 ± 2,93 ^d
Grup 3: MTA+CLG	Grup 3a: MTA+CLG – 2 sa 45 dk	10	4,55 ± 0,63 ^{a,c}
	Grup 3b: MTA+CLG – 24 sa	10	3,08 ± 0,60 ^c
	Grup 3c: MTA+CLG – 96 sa	10	2,95 ± 0,60 ^c
Grup 4: MTA+Na ₂ HPO ₄	Grup 4a: MTA+Na ₂ HPO ₄ – 2 sa 45 dk	10	5,58 ± 1,26 ^{a,b,e}
	Grup 4b: MTA+Na ₂ HPO ₄ – 24 sa	10	3,57 ± 1,10 ^{c,e}
	Grup 4c: MTA+Na ₂ HPO ₄ – 96 sa	10	3,02 ± 0,77 ^c

* Tek yönlü ANOVA – Tukey testi, SS: Standart sapma, Farklı üst simge harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir ($p < 0,05$).



Şekil 2.

Makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin alt gruplara göre dağılımı

Ortalama MBD değerleri en yüksek olan alt grubun MTA + CaCl₂ (8,92 ± 2,93 Mpa) grubunda (Grup 2c) en düşük ise MTA + CLG (2,95 ± 0,60 Mpa) grubunda (Grup 3c) olduğu gözlemlendi. Sertleşme süresi 2 saat 45 dakika olan alt gruplarda en yüksek MBD değeri hızlandırıcı eklenmeyen MTA (5,68 ± 1,61) alt grubunda (Grup 1a), sertleşme süresi 24 saat olan alt gruplarda en yüksek MBD değeri hızlandırıcı eklenmeyen MTA (6,26 ± 0,87) alt grubunda (Grup 1b) ve sertleşme süresi 96 saat olan alt gruplarda en yüksek MBD değeri ise MTA'ya hızlandırıcı olarak CaCl₂

eklenen alt grupta (Grup 2c) olduğu (8,92 ± 2,93) gözlemlendi.

Alt grupların karşılaştırılmasının istatistiksel analiz sonuçları Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5.

Alt grupların farklı sertleşme periyotlarına göre karşılaştırılmasının istatistiksel analiz sonuçları

	Başlangıç sertleşme süresi (2 sa 45 dk)	Orta sertleşme süresi (24 sa)	Son sertleşme süresi (96 sa)
	P	p	p
MTA & MTA+CaCl ₂	0,135	0,024*	0,006*
MTA & MTA+CLG	0,785	<0,0001*	<0,0001*
MTA & MTA+Na ₂ HPO ₄	1	0,001*	<0,0001*
MTA+CaCl ₂ & MTA+CLG	0,994	0,894	<0,0001*
MTA+CaCl ₂ & MTA+Na ₂ HPO ₄	0,196	1,0	<0,0001*
MTA+CLG & MTA+Na ₂ HPO ₄	0,343	1,0	1,0

* Tek yönlü ANOVA – Tukey testi, istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir ($p < 0,05$).

Başlangıç sertleşme süresinde (2 saat 45 dakika) alt grupların birbiriyle karşılaştırılması sonucunda gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadı ($p > 0,05$). Orta sertleşme süresinde (24 saat), hızlandırıcı eklenmeyen alt grubun sırasıyla CaCl₂, CLG ve Na₂HPO₄ hızlandırıcıları eklenen alt gruplarla karşılaştırılması sonucunda istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlemlendi (sırasıyla, $p = 0,024$, $p < 0,0001$ ve $p = 0,001$). Uzun sertleşme süresinde (96 saat) ise sadece hızlandırıcı olarak CLG eklenen MTA ile Na₂HPO₄ eklenen MTA kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p = 1,00$), diğer tüm alt gruplar arasında ise istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edildi ($p < 0,05$).

Hızlandırıcı ilave edilen ve edilmeyen MTA ile kompozit rezin arasındaki kırılma tipleri incelendiğinde tüm gruplarda en çok KSS içerisinde koheziv kırılma gözlemlendi (Tablo 6).

Tablo 6.

Makaslama bağlanma dayanımı testleri sonucunda oluşan kırılma tiplerinin ana gruplara göre dağılımı

Kırılma Tipleri	MTA			MTA + CaCl ₂			MTA + CLG			MTA + Na ₂ HPO ₄		
	2sa 45dk	24sa	96sa	2sa 45dk	24sa	96sa	2sa 45dk	24sa	96sa	2sa 45dk	24sa	96sa
Adeziv kırılma	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Karışık kırılma	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Koheziv kırılma (KSS)	8	10	10	10	10	10	9	10	10	10	10	10
Koheziv kırılma (Kompozit rezin)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MTA + CaCl₂ grubunun ve MTA + Na₂HPO₄ gruplarının tamamında (%100) koheziv kırılma gözlemlendi. MTA grubunun 28 örneğinde koheziv (%93,3), 2 örneğinde karışık kırılma (%6,7) gözlemlendi. MTA + CLG grubunda ise 29 örnekte koheziv (%96,7), 1 örnekte ise karışık kırılma (%3,3) tespit edildi.

TARTIŞMA

Vital pulpa ve kök kanal tedavilerinin uzun dönem başarısı için öncelikle koronal mikrosızıntı önlenmelidir.²⁴ Bu nedenle, Amerikan Endodonti Derneği kuafaj materyalleri üzerine 3-4 mm kalınlığında cam iyonomer siman yapılmasını önermektedir.²⁵ Ancak, son zamanlarda adeziv sistemlerde meydana gelen teknolojik gelişmeler sayesinde, materyal üzerine direkt uygulamalarla bağlantının sağlanabileceği gösterilmiştir.^{19,26} Bağlanma için en uygun sürenin ortaya konması kuafaj tedavilerinin prognozu açısından önemli bir yere sahiptir.^{19-21,26} İki materyalin arayüzünde oluşan MBD değerlerinin yüksek olması, adezyon ve tutuculuğun istenen düzeyde olduğuna işaret etmektedir.²⁷ KSS yapıldıktan sonra en uygun süre kadar beklenmesi, en yüksek bağlanma dayanımı elde etmek için kritik öneme sahiptir.¹⁵ Ancak, restoratif materyallerin KSS üzerine uygulanması ile ilgili olarak, tercih edilmesi gereken adeziv strateji ve daimi restorasyon için uygun zamanlamanın tanımı hala bir endişe kaynağı olmaya devam etmektedir.^{3,28}

MTA'nın sahip üstün fizikokimyasal özelliklerine ve biyouyumluluğa rağmen, nispeten uzun sertleşme süresi, klinisyeni daimi restorasyonu ikinci seansta yapmaya zorlamaktadır.^{15,19} Hızlandırıcı ilavesi MTA'nın sertleşme süresinin kısalmasına ve tedavi prosedürünün tek seansta tamamlanmasına olanak sağlamaktadır.¹⁵ Ancak, literatürde MTA üzerine adeziv stratejinin uygulanması için gereken süre hakkında genel bir fikir birliği ortaya konmamıştır. MTA'ya hızlandırıcı ilavesiyle materyalin farklı sertleşme sürelerinde makaslama bağlanma dayanımının değerlendirildiği çalışma bulunmamaktadır. Bu *in-vitro* çalışma, farklı hızlandırıcı ilave edilen MTA'nın farklı sürelerde kompozit rezine makaslama bağlanma dayanımını belirlemek için tasarlanmıştır.

MTA'ya hızlandırıcı olarak ilave edilen kalsiyum klorür ve kalsiyum nitrit/nitrat gibi çeşitli tuzlar hidrasyon reaksiyonunu hızlandırarak, MTA'nın sertleşme süresini kısaltmaktadır. Bununla birlikte sertleşme reaksiyonu boyunca materyalin fiziksel özellikleri, partikül boyutu, toz-sıvı oranı, ortam sıcaklığı ve hızlandırıcı tipi gibi diğer faktörlerden etkilenebilir.^{1,29} Bu çalışmada, ağırlıkça %15 Na₂HPO₄ ve %23,1 CLG, MTA'nın makaslama bağlanma dayanımını istatistiksel olarak anlamlı derecede azaltmıştır. %10 CaCl₂ ise MTA'nın makaslama bağlanma dayanımını azaltmış olsa da hızlandırıcı eklenmeyen MTA ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmemiştir. Bu nedenle mevcut çalışmanın farklı hızlandırıcıların MTA'nın kompozit rezine makaslama bağlanma dayanımını etkilemeyeceğine dair H₀ hipotezi reddedilmiştir.

Mevcut çalışmada, MTA'ya eklenen hızlandırıcılar başlangıç ve orta sertleşme süresinde MBD değerinde azalmaya yol açmış olsa da, gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildi. Uzun sertleşme

süresinde ise en yüksek değer CaCl₂ eklenen grupta (Grup 2c) elde edildi. MTA 'ya CaCl₂ ilavesi, materyalin hidrasyon reaksiyonunun hızlanmasını ve ilerleyen sürelerde malzemenin mikro-mekanik özelliklerini iyileştirerek yüksek yapışma mukavemeti sağlamış olabilir. Bu sonuçlarla uyumlu olarak, KSS'lerin erken sertleşme fazını tamamlamadan daimi restorasyonun yapılmaması ve uzun sertleşme süresinin tercih edilmesi önerilmektedir.³⁰ Bu çalışmada yalnızca, MTA (Grup 1) ve MTA + CaCl₂ (Grup 2) alt grupları için sertleşme süresi arttıkça MBD değerlerinin arttığı gözlemlendi. Bu sonuca göre, adeziv stratejinin uygulama süresinin uzatılması halinde KSS - daimi restorasyon arasındaki bağlanma kuvvetinin artabileceği önerisi hızlandırıcı olarak CaCl₂ kullanılan veya hiç hızlandırıcı kullanılmayan durumlarda desteklenmektedir. Ayrıca CaCl₂ ilave edilen MTA'nın bağlanma dayanımının 96 saatte en yüksek seviyeye ulaşması nedeniyle, bağlanma dayanımını artırmak için MTA'ya CaCl₂ ilavesi ve 96 saat sonra adeziv stratejinin uygulanması tercih edilebilir. Bu bulgu, Krawczyk-Stuss ve ark.'nın,³¹ KSS'nin MBD değerinin adeziv stratejinin uygulama süresine bağlı olduğunu gösteren çalışmasıyla uyumludur. Benzer şekilde Kayahan ve ark.³² KSS'lerin bir adezivle kapatma süresi daha uzun olduğunda, optimum fiziksel özelliklerin elde edilebileceğini bildirmektedir. Farklı olarak, Schmidt ve ark.²⁰ KSS'lerin karıştırılması ile restorasyon uygulamasına kadar geçen sürenin sertleşme reaksiyonunu etkilemediğini göstermiştir.

Mevcut bulgulara göre; 96 saatlik (Grup 1c) periyotta MTA örnekleri ile 24 saat (Grup 1b) ve 2 saat 45 dakikalık (Grup 1a) periyotlardaki ortalama MBD değeri aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı. Bu sonuç, MTA'nın MBD verisinin 45 dakikada 72 saate kıyasla farklı olmadığını ve MTA'nın üzerine tek seanslı prosedürler için 45 dakika sonra daimi restorasyon yapılabileceğini bildiren Yeşilyurt ve ark.'nın²¹ sonuçlarıyla uyumludur. Kaup ve ark.¹⁸ sertleşme süresi arttıkça KSS'lerin dentine olan MBD değerlerinde önemli bir artış gözlemlemiştir. Atabek ve ark.¹⁹ ise değişen zaman aralıklarından (4, 24, 48, 72 ve 96 saat) sonra beyaz MTA'nın MBD'lerini karşılaştırmış ve MTA yerleştirildikten 96 saat sonra kompozit rezin restorasyonun yapılmasını önermiştir. Farklı olarak, Neelakantan ve ark.²² dentin adezivlerinin MTA yüzeyine MTA yerleştirildikten hemen veya 45 dakika sonra yapılacak adeziv işlemlerin 24 saatteğine göre daha iyi nüfuz ettiğini ve daha yüksek bağlanma kuvveti gösterdiğini iddia etmektedir.

Literatürdeki çalışmalar, MTA ve %10 CaCl₂ kombinasyonunun daha kolay hazırlanma, daha iyi sızdırmazlık ve karıştırma işlemi sırasında toz/likit oranda azalma sağladığını göstermektedir.^{7,15} Bortoluzzi ve ark.⁷ tarafından yürütülen çalışmada, %10 CaCl₂ ilavesinin hidrasyon reaksiyonunun başlangıç döneminde MTA'nın pH'sını artırdığını, sertleşme

süresini ve çözünürlüğünü ise azalttığını göstermiştir. Kogan ve ark.¹⁵ tarafından yürütülen çalışmada ise, CaCl₂'nin MTA'nın sertleşme süresini 20 ila 25 dakikaya düşürdüğü gösterilmiştir. Mevcut çalışmada, MTA ve CaCl₂'nin karıştırıldıktan 96 saat (Grup 2c) sonraki ortalama MBD değeri, 24 saat (Grup 2b) ve 2 saat 45 dakika (Grup 2a) sonraki değerlerden anlamlı olarak daha yüksek bulundu. Ancak 24 saat ve 2 saat 45 dakika sonraki değerler arasında anlamlı bir fark gözlenmedi. Önceki çalışmalardan farklı olarak bu sonuç, CaCl₂'nin MTA'ya ilavesinin başlangıç ve orta sertleşme süresinde malzemenin bağlanma dayanımını artırmadığını göstermektedir. Hızlandırıcılar MTA'nın sertleşme süresini iyileştirse de, MTA'nın mevcut avantajlarını bozmadan bağlanma dayanımını iyileştirmek için daha farklı hızlandırıcılara ihtiyaç duyulduğu söylenebilir.¹³

Laboratuvar bağlantı testleri, klinik çalışmalardan önce adeziv stratejilerin dentine bağlanma gücünün belirlenmesini ve diş-restorasyon arayüzünde mikrosızıntının değerlendirilmesini amaçlar.³³ Herhangi bir mekanik test yöntemi tüm ağız içi klinik değişkenleri taklit edemese de, dental materyallerin davranışının değerlendirilmesini sağlayabilir ve klinik uygulama için rehberlik sağlayabilir.³⁴ Makaslama bağlanma testleri kolay uygulanması nedeniyle hala en çok kullanılan testlerdir.³⁴ Adeziv sistemlerin makaslama kuvvetlerine karşı bağlanma dayanımını ölçmek için, tabanı bir silindir içerisine gömülü olan örneğe kuvvet uygulanır ve kırılmanın gerçekleştiği yük kaydedilir.³³ İki malzemenin arayüzünde meydana gelen kırılma tipi adeziv, materyal içindeki ise koheziv olarak adlandırılır. Hem arayüzde hem de malzemenin birinde meydana gelirse, karışık olarak adlandırılır.²³ Bu çalışmada, KSS-kompozit rezin arasındaki kırılma tipleri incelendiğinde, önceki çalışmalarla uyumlu olarak tüm gruplarda en çok KSS içinde koheziv kırılma görülmüştür.^{19,26,30} Karışık kırılma sadece MTA + CLG grubundaki 1 örnekte ve MTA grubundaki 2 örnekte tespit edilmiştir. Literatüre göre, makaslama bağlanma testlerinde birçok koheziv kırılma meydana gelmesi, adeziv sistemlerin bağlanma mukavemetindeki artışa ve adeziv sistemlerdeki ilerlemelere bağlı olarak substrat üzerindeki kuvvet yoğunluğuna bağlanmıştır.²³ Armstrong ve ark.'na göre, örneklerdeki çok sayıdaki koheziv başarısızlık, makaslama bağlanma testlerinde gerilme kuvvetinin non-uniform dağılmasının ve substrat üzerindeki kuvvet yoğunlaşmasının doğal bir sonucudur.³⁵

Hidrofilik partiküller içermesi nedeniyle, MTA'nın sertleşmesi reaksiyonu boyunca ortamda su bulunması gereklidir.² Suyun varlığı, kristal büyümesi ve hidrasyon ürünlerinin ekspansiyonuna yol açtığı için, MTA sertleşme reaksiyonu sırasında genişler.³⁶ Öte yandan, hızlandırıcı ilavesinin (kalsiyum klorit, kalsiyum nitrit / nitrat ve kalsiyum format) MTA'nın genişleme oranını istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir şekilde değiştirdiği gösterilmiştir.³⁷ İlker ve ark.³⁸ hızlandırıcılar nedeniyle MTA'nın genişleme oranındaki değişikliğin, MTA'nın kök dentine push-out bağ kuvvetini

etkileyebileceğini bildirmiştir. Benzer şekilde, bu çalışmadaki MBD değerlerindeki düşüşe, hızlandırıcı ilavesinin materyalin genişleme miktarındaki muhtemel değişiklik neden olmuş olabilir.

Çalışma bulgularına göre, hızlandırıcı ilave edilmeyen MTA'nın 2 saat 45 dakikadaki MBD değerlerinin, hızlandırıcı ilave edilen MTA değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu sonuca göre, mevcut hızlandırıcıların MTA üzerine daimi restorasyon yapılması için gereken sertleşme süresini kısaltmadığı söylenebilir. Dolayısıyla, daimi restorasyon için en erken 2 saat 45 dakikalık sertleşme süresinde MTA'nın üzerinin cam iyonomer siman gibi bir geçici materyalle kapatılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.²⁵ Cam iyonomer simanın MTA ile bağlantısının değerlendirildiği çalışmalarda bildirilen MBD değerlerinin mevcut çalışmadaki verilere benzer olduğu gözlenmiştir.^{21,39} Cam iyonomer siman, herhangi bir zararlı etki olmaksızın tedaviyi tek seansta tamamlamak için 45 dakika sonra sertleşme reaksiyonu kısmen tamamlanmış MTA üzerine yerleştirilebilir.⁴⁰ Öte yandan, ikinci seansta tamamlanması planlanan tedavilerde ise daimi restorasyon uygulanırken ilk seansta MTA üzerine yerleştirilmiş cam iyonomer simanın kısmen ya da tamamen kaldırılıp kaldırılmaması hakkında kesin bir görüş bulunmamaktadır. Bu noktada, kompozit rezin ile MTA bağlantısını arttıracak ve daimi restorasyonun uygulama süresini kısaltabilecek hızlandırıcıları keşfetme çabalarının yanı sıra, hızlandırıcı ilave edilen MTA'nın cam iyonomer siman ile olan bağlantı ve sızıntısının ileri çalışmalarla ortaya konması, kuafaj tedavi prosedürleri için olumlu katkı sunabilir.

Mevcut çalışma bazı sınırlılıkları içermektedir. Çalışmada sınırlı sayıda hızlandırıcı belirli zaman dilimlerinde test edilmiştir. Daimi restorasyonların başlangıç sertleşme süresinden daha erken sürelerde uygulanması farklı veriler ortaya çıkarabilir. Ayrıca, çalışmada adeziv sistem olarak kullanılan iki aşamalı kendinden-asitli adeziv sistemden başka, asitle-yıka ya da tek aşamalı kendinden-asitli adeziv sistem olan üniversal adeziv sistemin kullanımı sonuçlar açısından farklılık oluşturabilir. İleri çalışmalarda klinik kullanımda yol gösterici olunması açısından, farklı kimyasal özelliklere sahip hızlandırıcılar ilave edilen MTA örneklerinin diş dokuları üzerinde fiziksel ve mekanik özelliklerinin değerlendirilmesi faydalı olacaktır.

SONUÇ

Bu çalışmada, hızlandırıcı eklenmeyen MTA anlamlı olarak en yüksek ortalama bağlanma dayanımı değerleri göstermiştir. Bu nedenle daha güçlü bir arayüz bağlantısı için, MTA ile pulpa kuafajını takiben adeziv strateji ve daimi restorasyon hızlandırıcı eklenmeyen MTA üzerine tek seansta uygulanabilir. MTA'ya CaCl₂ ilavesi 96 saatlik periyotta bağlanma dayanımı en yüksek seviyeye ulaştırdığı için, iki seanslı tedavilerde hızlandırıcı olarak CaCl₂ kullanımı önerilebilir.

KAYNAKLAR

1. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod* 1995;21:349-53.
2. Camilleri J. Hydration mechanisms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2007;40:462-70.
3. Tsujimoto M, Tsujimoto Y, Ookubo A, Shiraishi T, Watanabe I, Yamada S, et al. Timing for composite resin placement on mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2013;39:1167-70.
4. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 1999;25:197-205.
5. Zapf AM, Chedella SC, Berzins DW. Effect of additives on mineral trioxide aggregate setting reaction product formation. *J Endod* 2015;41:88-91.
6. Tyagi N, Chaman C, Tyagi SP, Singh UP, Sharma A. The shear bond strength of MTA with three different types of adhesive systems: An in vitro study. *J Conserv Dent* 2016;19:130-3.
7. Bortoluzzi EA, Broon NJ, Bramante CM, Felipe WT, Tanomaru Filho M, Esberard RM. The influence of calcium chloride on the setting time, solubility, disintegration, and pH of mineral trioxide aggregate and white Portland cement with a radiopacifier. *J Endod* 2009;35:550-4.
8. Bortoluzzi EA, Broon NJ, Duarte MAH, de Oliveira Demarchi ACC, Bramante CM. The use of a setting accelerator and its effect on pH and calcium ion release of mineral trioxide aggregate and white Portland cement. *J Endod* 2006;32:1194-7.
9. Ding SJ, Kao CT, Shie MY, Hung C, Jr., Huang TH. The physical and cytological properties of white MTA mixed with Na₂HPO₄ as an accelerant. *J Endod* 2008;34:748-51.
10. Ahmed HMA, Luddin N, Kannan TP, Mokhtar KI, Ahmad A. Calcium chloride dihydrate affects the biological properties of white mineral trioxide aggregate on dental pulp stem cells: An in vitro study. *Saudi Endod J* 2018;8:25-33.
11. Altan H, Tosun G, Kus M. Effects of different accelerators on the setting time and physico-chemical properties of mineral trioxide aggregate. *Biointerface Res Appl Chem* 2016;6:1272-5.
12. Huang TH, Shie MY, Kao CT, Ding SJ. The effect of setting accelerator on properties of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2008;34:590-3.
13. Lee BN, Hwang YC, Jang JH, Chang HS, Hwang IN, Yang SY, et al. Improvement of the properties of mineral trioxide aggregate by mixing with hydration accelerators. *J Endod* 2011;37:1433-6.
14. Hsieh SC, Teng NC, Lin YC, Lee PY, Ji DY, Chen CC, et al. A novel accelerator for improving the handling properties of dental filling materials. *J Endod* 2009;35:1292-5.
15. Kogan P, He J, Glickman GN, Watanabe I. The effects of various additives on setting properties of MTA. *J Endod* 2006;32:569-72.
16. Dammaschke T, Leidinger J, Schafer E. Long-term evaluation of direct pulp capping--treatment outcomes over an average period of 6.1 years. *Clin Oral Investig* 2010;14:559-67.
17. Dammaschke T. A new bioactive cement for direct pulp capping. *Int Dent* 2012;7:52-8.
18. Kaup M, Dammann CH, Schafer E, Dammaschke T. Shear bond strength of Biodentine, ProRoot MTA, glass ionomer cement and composite resin on human dentine ex vivo. *Head Face Med* 2015;11:14.
19. Atabek D, Sillelioglu H, Olmez A. Bond strength of adhesive systems to mineral trioxide aggregate with different time intervals. *J Endod* 2012;38:1288-92.
20. Schmidt A, Schäfer E, Dammaschke T. Shear bond strength of lining materials to calcium-silicate cements at different time intervals. *J Adhes Dent* 2017;19:129-35.
21. Yesilyurt C, Yildirim T, Tasdemir T, Kusgoz A. Shear bond strength of conventional glass ionomer cements bound to mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2009;35:1381-3.
22. Neelakantan P, Grotra D, Subbarao CV, Garcia-Godoy F. The shear bond strength of resin-based composite to white mineral trioxide aggregate. *J Am Dent Assoc* 2012;143:e40-5.
23. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, et al. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater* 2010;26:e100-e21.
24. Palma PJ, Marques JA, Falacho RI, Vinagre A, Santos JM, Ramos JC. Does delayed restoration improve shear bond strength of different restorative protocols to calcium silicate-based cements? *Materials* 2018;11:2216.
25. American Association of Endodontists. AAE Clinical Considerations for a Regenerative Procedure. [Erişim: <https://www.aae.org/specialty/wp-content/uploads/sites/2/2017/06/currentregenerativeendodonticconsiderations.pdf>]. Erişim tarihi: 12 Temmuz 2021.
26. Odabas ME, Bani M, Tirali RE. Shear bond strengths of different adhesive systems to biodentine. *ScientificWorldJournal* 2013;2013:626103.
27. Suresh K, Nagarathna J. Evaluation of shear bond strengths of fuji II and fuji IX with and without salivary contamination on deciduous molars-an In vitro study. *AOSR* 2011;1:139-45.
28. 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;35:881-7.

29. De Almeida J, Felipe MS, Bortoluzzi E, Teixeira C, Felipe W. Influence of the exposure of MTA with and without calcium chloride to phosphate-buffered saline on the push-out bond strength to dentine. *Int Endod J* 2014;47:449-53.
30. Hashem DF, Foxton R, Manoharan A, Watson TF, Banerjee A. The physical characteristics of resin composite-calcium silicate interface as part of a layered/laminate adhesive restoration. *Dent Mater* 2014;30:343-9.
31. Krawczyk-Stuss M, Nowak J, Bołtacz-Rzepkowska E. Bond strength of Biodentine to a resin-based composite at various acid etching times and with different adhesive strategies. *Dent Med Probl* 2019;56:39-44.
32. Kayahan MB, Nekoofar MH, Kazandag M, Canpolat C, Malkondu O, Kaptan F, et al. Effect of acid-etching procedure on selected physical properties of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2009;42:1004-14.
33. Retief DH. Standardizing laboratory adhesion tests. *Am J Dent* 1991;4:231-6.
34. Fernandes V, Oliani M, Nogueira L, Silva J, Araujo R. Analysis and comparison of different bond strength tests. *JSM Dent* 2016;4:1076.
35. Armstrong S, Geraldeli S, Maia R, Raposo LHA, Soares CJ, Yamagawa J. Adhesion to tooth structure: a critical review of "micro" bond strength test methods. *Dent Mater* 2010;26:e50-e62.
36. Hawley M, Webb TD, Goodell GG. Effect of varying water-to-powder ratios on the setting expansion of white and gray mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2010;36:1377-9.
37. Wiltbank KB, Schwartz SA, Schindler WG. Effect of selected accelerants on the physical properties of mineral trioxide aggregate and Portland cement. *J Endod* 2007;33:1235-8.
38. Ilker A, Sarıyılmaz E, Cakici F. Does Adding Various Accelerators to Mineral Trioxide Aggregate Have a Negatively Effect on Push-Out Bond Strength? *Med Princ Pract* 2019;28:36-40.
39. 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®). *J Appl Oral Sci* 2014;22:302-6.
40. Ballal S, Venkateshbabu N, Nandini S, Kandaswamy D. An in vitro study to assess the setting and surface crazing of conventional glass ionomer cement when layered over partially set mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2008;34:478-80.

Yazışma Adresi:

Abidin Talha MUTLUAY
Kırıkkale Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek
Okulu Ağız ve Diş Sağlığı Programı
Kırıkkale, Türkiye
E Posta: abidintalhamutluay@kku.edu.tr