

Özgün araştırma makalesi

Kan kontaminasyonunun farklı kök ucu dolgu materyallerinin dentine bağlanma dayanımına etkisi

Şeyma Nur Gerçekcioğlu^{1*}, Hüda Melike Bayram,²
Emre Bayram³

¹Özel Klinik, Kayseri, ²Endodonti Anabilim Dalı, Diş Hekimliği Fakültesi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi (Gülhane), Ankara,

³Endodonti Anabilim Dalı, Diş Hekimliği Fakültesi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye

ÖZET

AMAÇ: Bu *in vitro* çalışmanın amacı, kan kontaminasyonunun farklı kök ucu dolgu materyallerinin dentine bağlanma dayanımına etkisinin değerlendirilmesiydi.

GEREÇ VE YÖNTEM: Bu çalışmada tek köklü 90 adet maksiler santral diş kullanıldı. Dişlere endodontik tedavi uygulandıktan sonra kök uçları rezeke edildi ve kök ucu kavileri hazırlandı. Öncelikle örnekler, kavilerin kanla kontaminasyonuna göre (+/-) 2 gruba ayrıldı. Daha sonra kök ucu dolgu malzemelerine göre üç alt gruba ayrıldı: MTA Repair HP, RetroMTA, MTA Flow (n=15). Bu malzemeler üreticinin talimatları doğrultusunda kaviteye yerleştirildi. Örnekler 21 gün boyunca 37 °C'de %100 nemli ortamda bekletildi. 1.0±0.1 mm kesitler elde edildikten sonra itme-bağlanma dayanımı testi gerçekleştirildi. Başarısızlık tipini değerlendirmek için her kesit stereomikroskop altında incelendi. Veriler tek yönlü varyans analizi ve bağımsız örneklem t-testi kullanılarak analiz edildi.

BULGULAR: Bağlanma dayanımı, kan kontaminasyonunun varlığından önemli ölçüde olumsuz yönde etkilendi ($p<0.05$). En yüksek bağlanma dayanımı MTA Flow (-) grubunda, en düşük bağlanma dayanımı ise MTA Repair HP (+) grubunda gözlemlendi ($p<0.05$). Hem kanla kontamine olan grupta hem de kanla kontamine olmayan grupta MTA Repair HP en düşük bağlanma dayanımını gösterirken ($p<0.001$), MTA Flow ve RetroMTA arasında anlamlı farklılık bulunmadı ($p>0.05$).

SONUÇ: Kan kontaminasyonu dentine bağlanma dayanımını azalttı. Materyaller arasında en yüksek bağlanma dayanımını MTA Flow gösterdi.

ANAHTAR KELİMELEER: apikoektomi; endodonti; kalsiyum silikat; kan; mineral trioksit agregat

Makale gönderiliş tarihi: 15 Eylül 2021; Yayına kabul tarihi: 21 Şubat 2022
*İletişim: Dr. Şeyma Nur Gerçekcioğlu, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, 60100, Tokat, Türkiye;
E-posta: gercekciogluseyma@gmail.com

KAYNAK GÖSTERMEK İÇİN: Gerçekcioğlu ŞN, Bayram HM, Bayram E. Kan kontaminasyonunun farklı kök ucu dolgu materyallerinin dentine bağlanma dayanımına etkisi. Acta Odontol Turc 2023;40(1):9-16

EDİTÖR: Güven Kayaoğlu, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

YAYIN HAKKI: © 2023 Gerçekcioğlu ve ark. Bu eserin yayın hakkı [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) ile ruhsatlandırılmıştır. Sınırsız kullanım, dağıtım ve her türlü ortamda çoğaltım, yazarlar ve kaynağın belirtilmesi kaydıyla serbesttir.

FINANSAL DESTEK: 2019/68 proje numarası ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI: Bulunmamaktadır.

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

GİRİŞ

Endodontik cerrahi genellikle kök ucu rezeksiyonunu takiben kök ucunun prepare edilip mineral trioksit agregat (MTA) gibi doku dostu bir materyalle doldurulması işlemlerini içerir.¹ MTA; sert doku oluşumunu indükleyen, antimikrobiyal ve üstün sızdırmazlık kabiliyeti olan, nem varlığında sertleşen, biyoyumlu bir materyaldir.² Ancak MTA'nın uzun sertleşme süresi, zor manipülasyon özellikleri ve renk değişikliği potansiyeli gibi dezavantajları da bulunmaktadır.³ Bu dezavantajları ortadan kaldırmak için yeni kalsiyum silikat esaslı materyaller geliştirilmiştir.³

MTA Flow (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, ABD); di-trikalsiyum silikat, radyopaklaştırıcı olarak bizmut oksit içeren son derece ince, gri renkli bir toz ve su bazlı bir jelden oluşan sıvının bileşimidir.⁴ Üretici tarafından, MTA Flow'un farklı toz/jel oranlarında manipüle edilebileceği, içeriğindeki özel jel ve ince taneli toz sayesinde kolayca karıştırılıp pürüzsüz bir kıvama ulaşılabileceği, sıvı ortamda çözünmeye karşı daha dirençli olduğu belirtilir.⁴ RetroMTA (BioMTA, Seul, Kore), kalsiyum karbonat (ağırlıkça %60-80), kalsiyum zirkonya kompleksi (ağırlıkça %20-30), alüminyum oksit (ağırlıkça %5-10) ve silikon dioksitten (ağırlıkça %5-15) oluşan hızlı sertleşen bir kalsiyum silikat simandır.⁵ Son zamanlarda yeni çıkan başka bir MTA çeşidi de MTA Repair

HP'dir (Angelus Indústria de Produtos Odontológicos S/A, Londrina, PR, Brezilya). Üretici bu materyalin daha kolay hazırlanıp uygulandığını, bizmut içermemesi sayesinde renklemeye neden olmadığını, kalsiyum salınımı sayesinde biyomineralizasyonu indüklediğini, yüksek alkaliliği sayesinde bakteri çoğalmasını engellediğini iddia etmektedir.⁶ Tozunda trikalsiyum silikat (Ca_3SiO_5), dikalsiyum silikat (Ca_2SiO_4), trikalsiyum alüminat ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$), kalsiyum oksit (CaO), kalsiyum karbonat (CaCO_3) ve radyopaklaştırıcı olarak kalsiyum tungstat (CaWO_4), sıvısında ise; su ve polimer plastikleştirici bulunur.⁷

MTA'nın dentine bağlanma dayanımı; çeşitli karıştırma teknikleri, asidik ve alkalın ortam, fosfat tamponlu salın, kanla kontaminasyon, su/toz oranı, sıcaklık, nem, karışımda hapsolmuş hava miktarı ve partikül boyutu gibi birçok faktörden etkilenebilir.⁸⁻¹⁰ Apikal cerrahi sırasında operasyon bölgesindeki kan varlığının, kullanılan kök ucu dolgu materyallerinin dentine bağlanma dayanımını olumsuz yönde etkilediğine dair çalışmalar bulunmaktadır.^{9,11}

Bu çalışmanın amacı; kan kontaminasyonu varlığında veya yokluğunda kök ucuna yerleştirilen farklı dolgu materyallerinin dentine bağlanma dayanımlarının

değerlendirilmesiydi. İlk sıfır hipotezi; kullanılan kök ucu dolgu materyallerinin dentine bağlanma dayanımları arasında istatistiksel olarak fark olmadığıdır. İkinci sıfır hipotezi ise kan varlığının kullanılan materyallerin dentine bağlanma dayanımını etkilemediğidir.

GEREÇ VE YÖNTEM

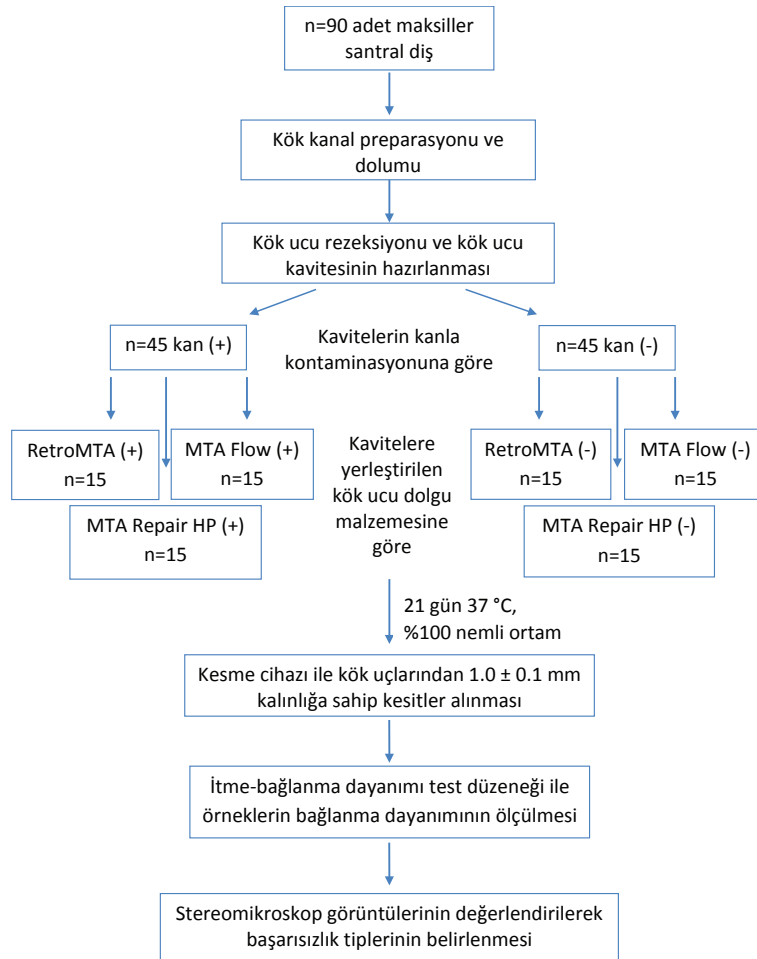
Bu çalışma 19.02.2019 tarihinde, 19-KAEK-059 kayıt numarasıyla Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylandı.

Örneklerin hazırlanması

Çalışmada kullanılacak örnek sayısını belirlemek için G-Power 3.1.9.2 programı kullanıldı. 0.40 etki büyüklüğünü¹² %80 güç ile belirleyebilmek için $\alpha=0.05$ tip I hata düzeyinde, her bir grup için en az 11 örneğe ihtiyaç olduğu belirlendi. Çalışmanın gücünün düşmesini engelleyebilmek ve daha reel sonuçlar elde edebilmek için her grup 15'e tamamlanarak çalışma gerçekleştirildi. Çalışmanın metodolojisi Şekil 1'de şematize edilmiştir.

Kök kanallarının preparasyonu ve doldurulması

Bu çalışmada 90 adet maksiller santral insan dişi kullanıldı. Tüm dişler çalışma başlangıcına kadar distile su içerisinde bekletildi. Yeterli genişlikte bir koronal giriş



Şekil 1. Çalışma şeması

kavitesi preparasyonu yapıldı. Kök kanal uzunluğu, 15# K-tipi el eğesi (VDW, Münih, Almanya) ile eğenin ucu apikalden görünene kadar kanal içerisinde ilerletilerek belirlendi. Çalışma uzunluğu, kanal uzunluğundan 1 mm çıkarılarak hesaplandı. Kök kanal preparasyonu R25 ve R40 (boyut 25 ve 40, 0.06 taperli) (VDW, Münih, Almanya) döner aletleriyle tamamlandı. Kök kanalları, alet değişiklikleri arasında 2 mL %2,5'lik sodyum hipoklorit (NaOCl) (Werax, İzmir, Türkiye) ile irrig edildi. Smear tabakasını uzaklaştırmak için 1 dakika boyunca 5 mL %17 etilen diamin tetra asetik asit (EDTA; Werax, İzmir, Türkiye) ile irrigasyon yapıldı. Bunu, 1 dk boyunca 5 mL %2.5 NaOCl ve daha sonra 5 mL distile su ile irrigasyon takip etti. Kanallar daha sonra R40 (VDW, Münih, Almanya) kağıt konlarla kurutuldu; tek kon guta perka-R40 (VDW, Münih, Almanya) ve epoksi rezin esaslı 2 Seal patı (VDW, Münih, Almanya) ile dolduruldu. Kök kanalları doldurulduktan sonra koronal giriş, geçici dolgu materyali (Cavit, 3M, ESPE, St. Paul, MN, ABD) ile kapatıldı ve örnekler 1 hafta boyunca %100 nemde ve 37 °C'de tutuldu.

Kök ucu rezeksiyonu ve kök ucu kavitesinin hazırlanıp doldurulması

Kökler, su soğutması altında elmas frez kullanılarak, dişin uzun eksenine 90° bir açıyla, kök ucunun 3 mm üzerinden rezeke edildi. Sabit su püskürtme irrigasyonu altında ultrasonik sistem (Acteon Satelec, Merignac, Fransa) kullanılarak 1.3 mm çapa sahip silindirik elmas kaplı ultrasonik retro-uç (Acteon Satelec PM2 uç) ile 3 mm derinliğinde kök ucu preparasyonu yapıldı. Öncelikle kavite, kanla kontamine olan (+) veya kontamine olmayan (-) şeklinde 2 gruba ayrıldı (n=45). Kök ucu kavitesine yerleştirilmek için gerekli kan, gönüllü bir araştırmacıdan alındı ve pıhtılaşmayı önleyici kan tüpünün (Ayset Tıbbi Ürünler San. A.Ş., Adana, Türkiye) içerisinde saklandı. Elde edildikten hemen sonra kavitelere 27G bir şırınga ile enjekte edildi. Fazla kan, dentin duvarlarına dokunmadan R40 kağıt konlarla (VDW, Münih, Almanya) uzaklaştırıldı. Kanla kontamine olmayan grupta kavite içerisine salın enjekte edildi ve fazla salın, dentin duvarlarına dokunmadan R40 kağıt konlarla (VDW, Münih, Almanya) uzaklaştırıldı. Her grup kullanılan farklı kök ucu dolgusu malzemesine göre 3 alt gruba daha ayrıldı (n=15).

1. Grup; MTA Repair HP (+): Kanla kontamine edilen kavitelere, MTA Repair HP'nin tek ambalajdaki tozu (0.085 gr) ve 2 damla likiti cam üzerinde 40 sn boyunca karıştırılıp uygulandı.

2. Grup; MTA Flow (+): Kanla kontamine edilen kavitelere, MTA Flow'un 0.19 gr tozu ve 1 damla likiti cam üzerinde 40 sn boyunca karıştırılıp uygulandı.

3. Grup; RetroMTA (+): RetroMTA'nın 0.3 g tozu ve 3 damla likiti cam üzerinde 40 sn boyunca hafifçe ısıtılıp parlak yüzey kaybolana kadar beklendi. Ardından karışım, kanla kontamine edilen kavitelere yerleştirildi.

4. Grup; MTA Repair HP (-): Kanla kontamine edilmeyen kavitelere, MTA Repair HP'nin tek ambalajdaki

tozu (0.085 gr) ve 2 damla likiti cam üzerinde 40 sn boyunca karıştırılıp uygulandı.

5. Grup; MTA Flow (-): Kanla kontamine edilmeyen kavitelere, MTA Flow'un 0.19 gr tozu ve 1 damla likiti cam üzerinde 40 sn boyunca karıştırılıp uygulandı.

6. Grup; RetroMTA (-): RetroMTA'nın 0.3 g tozu ve 3 damla likiti cam üzerinde 40 sn boyunca hafifçe ısıtılıp parlak yüzey kaybolana kadar beklendi. Ardından karışım, kanla kontamine edilmeyen kavitelere yerleştirildi.

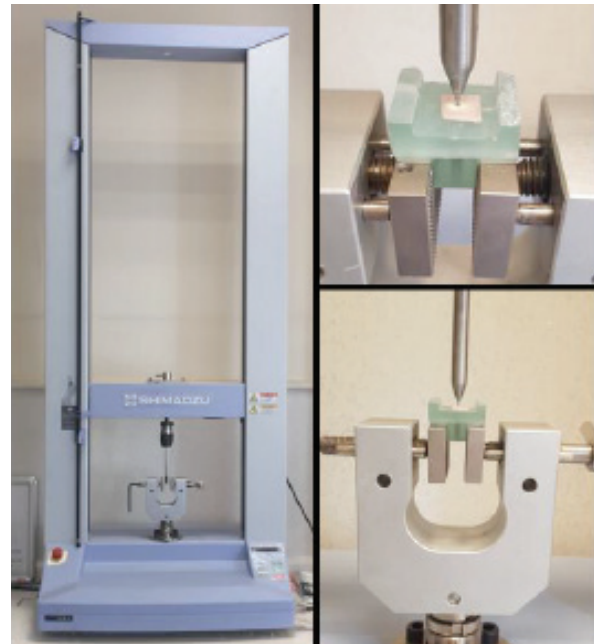
Elde edilen bu toz/sıvı karışımlarının kaviteye yerleştirme işlemi amalgam tabancasıyla, kondensasyon işlemi ise uygun genişlikte bir fulvarla gerçekleştirildi. Her dişte dolgu materyalinin üzerine salınle ısıtılmış pamuk peletler yerleştirildi. Tüm numuneler 21 gün boyunca 37 °C'de %100 nemli ortamda bekletildi.

Kesme cihazı ile kök uçlarından kesit alınması

Mum kalıplar hazırlanıp dişlerin kök uçları otopolimerizan akrilik rezinle aynı seviyede ve açıkta kalacak şekilde akril içerisine gömüldü. Daha sonra akrile gömülü bu dişlerin kök ucundan, Struers-minitom (Struers, Copenhagen, Danimarka) kesme cihazı ile kesitler alındı. Kesme işlemi devamlı su soğutması altında, 250 rpm'de 0.5 mm kalınlığa sahip diskler kullanılarak yapıldı. Her dişten 1 adet olmak üzere toplamda 90 adet, 1.0 ± 0.1 mm kalınlığa sahip kesitler elde edildi.

İtme-bağlanma dayanımı test düzeneği ile örneklerin bağlanma dayanımının ölçülmesi ve stereomikroskop görüntülerinin değerlendirilmesi

İtme-bağlanma dayanımı testi, her numunede, 0.5 mm/dak bir başlık hızında 1.1 mm çapında bir silindirik paslanmaz çelik uç kullanılarak universal test cihazı (AGS-X; Shimadzu Corporation, Tokyo, Japonya) ile yapıldı. Silindirik uç test materyalinin üzerine konumlandırıldı ve materyalin yüzeyine dik olacak şekilde



Resim 1. Universal test cihazı ile itme-bağlanma dayanımının ölçülmesi

yüklemeye yapıldı (Resim 1). Dolgu materyalini uzaklaştırmak için uygulanan maksimum yük Newton cinsinden kaydedildi. Elde edilen bu değer daha sonra bağlı yüzey alanına bölünerek MPa'a çevrildi. Materyal ile dentin arasındaki başarısızlık tiplerini değerlendirmek için $\times 12.5$ büyütme altında stereomikroskop (AxioCam ERc 5s kameraya sahip Zeiss Mikroskobu, Göttingen, Almanya) kullanıldı. Başarısızlık tipleri ise şu şekilde tanımlandı:

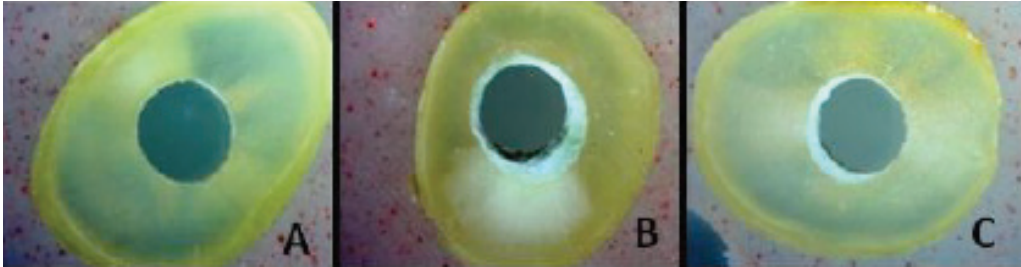
Adeziv başarısızlık: dolgu materyali ile dentin yüzeyi arasındaki kopma

Koheziv başarısızlık: dolgu materyali veya dentin içindeki kopma

Karışık başarısızlık: adeziv ve koheziv kopmanın bir arada olması

İstatistiksel analiz

Çalışma gruplarının genel özellikleri hakkında bilgi vermek amacı ile tanımlayıcı analizler yapıldı. Veriler Ortalama \pm Standart Sapma şeklinde verildi. Değişkenlere ilişkin normallik değerlendirmesi Shapiro-Wilk testi ile yapıldı. Gruplar arası farklar Bağımsız Örneklem T Testi veya Tek Yönlü Varyans Analizi (Anova) ile incelendi. Varyansların homojenliğini incelemek için Levene testi uygulandı. Çoklu karşılaştırmalar için ise Post Hoc Tukey HSD kullanılmıştır. P değerleri 0.05'ten küçük hesaplandığında istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Hesaplamalarda istatistik yazılımı (IBM SPSS Statistics 19, SPSS Inc., Somers, NY, ABD) kullanıldı.



Resim 2. Başarısızlık tiplerine ait stereomikroskop görüntüleri; (A) Adeziv tip başarısızlık-MTA Repair HP (-) grubu, (B) Koheziv tip başarısızlık-RetroMTA(+) grubu, (C) Karışık başarısızlık-MTA Repair HP (-) grubu

BULGULAR

İtme-bağlanma dayanımı testi

Kök ucu dolgu materyali olarak kullanılan MTA Repair HP, MTA Flow ve RetroMTA'nın tüm durumlarda dentine bağlanma dayanımı değerleri incelendi. Ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 1'de gösterildi. Yapılan incelemede MTA Flow, RetroMTA ve MTA Repair HP grupları arasında anlamlı derecede farklılık gözlemlendi ($p < 0,001$). Ortalama bağlanma dayanımı en yüksek MTA Flow, en düşük olarak da MTA Repair HP bulundu ($p < 0,001$).

Kullanılan materyallerin kanla kontamine olan ve olmayan alt gruplarına ait ortalama bağlanma dayanımı değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir. En yüksek ortalama

Tablo 1. Dolgu materyallerinin her iki ortamdaki (kanla kontamine olan ve olmayan) toplam itme-bağlanma dayanımı deney değerleri (her bir grup için $n=30$; MPa; ortalama \pm standart sapma)

MTA Flow	MTA Repair HP	RetroMTA	P
15.43 \pm 2.74 ^a	7.81 \pm 3.00 ^b	13.68 \pm 2.24 ^c	<0.001

Tek yönlü varyans analizi (ANOVA); farklı üstsimge harfler ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır.

Tablo 2. Kullanılan materyallerin kanla kontamine olan ve olmayan alt gruplarına ait itme-bağlanma dayanımı değerleri (MPa; ortalama \pm standart sapma)

	Kanla kontamine olan (+) grup	Kanla kontamine olmayan (-) grup	P
MTA Flow	14.07 \pm 2.49 ^a	16.80 \pm 2.32 ^a	0.004
RetroMTA	12.41 \pm 1.29 ^a	14.94 \pm 2.30 ^a	0.001
MTA Repair HP	6.09 \pm 2.14 ^b	9.53 \pm 2.77 ^b	0.001
P	<0.001	<0.001	

Sütun içindeki farklı üstsimge harfler ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır

Tablo 3. Kök ucu dolgu materyalleri ile dentin yüzeyi arasında gözlenen başarısızlık tipi dağılımları (her bir grup için $n=15$)

	Adeziv başarısızlık	Koheziv başarısızlık	Karışık başarısızlık
MTA Flow (+)	2 (%13.3)	3 (%20)	10 (%66.6)
MTA Flow (-)	0	9 (%60)	6 (%40)
MTA Repair HP (+)	4 (%26.6)	3 (%20)	8 (%53.3)
MTA Repair HP (-)	5 (%33.3)	2 (%13.3)	8 (%53.3)
RetroMTA (+)	0	7 (%46.6)	8 (%53.3)
RetroMTA (-)	0	4 (%26.6)	11 (%73.3)

bağlanma dayanımı değeri MTA Flow (-) grubunda (16.80 MPa), en düşük ortalama bağlanma değeri ise MTA Repair HP (+) grubunda (6.09 MPa) gözlemlendi. Kullanılan 3 materyalin de kendi alt grupları içerisinde kanla kontamine olan grubu, kanla kontamine olmayan grubundan anlamlı derecede daha düşük bağlanma dayanımı değerlerine sahipti ($p < 0.05$).

Kanla kontamine olmayan gruplar arasında; MTA Flow (-) ve RetroMTA (-) arasında anlamlı bir farklılık olmamasına karşın ($p > 0.05$); MTA Repair HP (-) diğerlerine göre anlamlı derecede daha düşük bağlanma dayanımı değerleri sergiledi ($p < 0.05$). Kanla kontami-

ne olan gruplar arasında; MTA Flow (+) ve RetroMTA (+) arasında istatistiksel olarak bir fark görülmezken ($p>0.05$); MTA Repair HP (+) diğerlerine göre anlamlı derecede daha düşük bağlanma dayanımı değerleri sergiledi ($p<0.05$; Tablo 2).

Stereomikroskop analizi

İtme-bağlanma dayanımı testi sonucunda, kök ucu dolgu materyalleri ile dentin yüzeyinde gözlenen başarısızlık tipleri Resim 2'de, başarısızlık tipleri dağılımları ise Tablo 3'te gösterilmiştir. Gruplara genel olarak bakıldığında en fazla gözlenen başarısızlık tipi karışık başarısızlıktı.

TARTIŞMA

Kan kontaminasyonu varlığında veya yokluğunda kök ucuna yerleştirilen farklı endodontik dolgu materyallerinin dentine bağlanma dayanımlarının değerlendirildiği bu çalışmada ilk sıfır hipotezi, kullanılan kök ucu dolgu materyallerinin dentine bağlanma dayanımları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunduğu için reddedilmiştir. İkinci sıfır hipotezi de kan varlığından kullanılan materyallerin dentine bağlanma dayanımı olumsuz yönde etkilendiği için reddedilmiştir.

Kalsiyum silikat esaslı materyallerin uzun sertleşme süresi, çevredeki ortamdan daha kolay etkilenmelerine,¹³ sıvı ortamda çözünme riskinin artmasına daha yatkın hale gelmelerine¹⁴ neden olabileceğinden çalışmamızda son yıllarda geliştirilmiş, geleneksel MTA'lara kıyasla daha kısa sürede sertleştiği iddia edilen 3 çeşit yeni kalsiyum silikat esaslı materyal (MTA Flow, RetroMTA ve MTA Repair HP) kullanılmıştır.

İtme-bağlanma dayanımı testi, malzemenin yüzeye ne kadar bağlandığı hakkında bilgi verir. Daha homojen bir stres dağılımı yarattığı,¹⁵ pratik ve güvenilir bir yöntem olduğu için¹⁶ bu çalışmada materyallerin dentine bağlantısı ölçülürken itme-bağlanma dayanımı testi kullanılmıştır. Bağlanma ara yüzeyinde yoğun ve düzensiz streslerin gelişmemesi ve artan sürtünme alanı nedeniyle bağlanma dayanımının, değerinden fazla hesaplanmasının önlenmesi için itme-bağlanma dayanımı testinde kullanılan dentin kesitleri 1 mm kalınlığında elde edilmiştir.

Kalsiyum silikat esaslı materyallerde üreticilerin tavsiye ettiği bir toz/su oranı bulunsa da, klinisyenler genellikle MTA'yı kendi istedikleri kıvamda karıştırmaktadırlar. Ancak orandaki bu farklılık materyalin fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirebilir.¹⁷ Çözünürlük; kanala veya kök ucu kavitesine yerleştirilen materyallerde hermetik bir sızdırmazlık için istenmeyen bir özelliktir.¹⁸ Ancak kalsiyum silikat esaslı materyallerin biyoaktif potansiyeli, sertleştikten sonra bile bu malzemelerin hafif çözünürlüğünün bir sonucudur. Yani bu materyallerin biyolojik etki gösterebilmesi için bir dereceye kadar çözünmesi gerekir.¹⁹ ISO 6876 standardı, çözünürlük testi için kabul edilebilir ağırlık kaybı sınırını %3 olarak belirlemiştir.²⁰ Cavenago ve ark.²¹ materyaldeki su oranı arttığında; simanın çözünürlüğünün arttığını ve daha fazla

hacim kaybı gözlemlendiğini bildirmişlerdir.²¹ Türker ve Uzunoğlu¹⁷ farklı toz/su oranları kullanarak yaptıkları çalışmada toz oranı arttıkça bağlanma dayanımının da arttığını bulmuşlardır. MTA karışımında su miktarındaki artışın, siman partikülleri arasındaki koheziv kuvveti azaltarak bağlanma dayanımını olumsuz yönde etkilediği iddia edilmektedir.¹⁷ MTA Repair HP materyali hazırlanırken, 2 damla likide 0.085 gr toz ilave edilerek karıştırılır. Yani kullanılan diğer materyallere göre toz oranı oldukça azdır. Bu durum sunulan çalışmada MTA Repair HP'nin bağlanma dayanımının azalmasına, çözünürlüğün artmasına (dolayısıyla hacim kaybı artışına) neden olmuş olabilir. Bununla birlikte materyaller hazırlanırken toz/su oranında minimum düzeyde sapmalar meydana gelebilir. Bu farklılık da kullandığımız materyallerin dentine bağlanma dayanımında değişiklikler oluşturabilir.

Kalsiyum-silikat esaslı materyaller temelde hidrofilik partiküllerden oluştuğu için kan veya diğer sıvıların varlığında su absorbe ederek sertleşmeye başlarlar ve sertleşme sırasında materyallerde bir miktar genişleme meydana gelir.²² Kalsiyum silikat esaslı materyallerdeki bu genişlemenin, dentine olan marjinal adaptasyon ve sızdırmazlık üzerinde olumlu bir rol oynayabileceği söylenmektedir.^{22,23} Ancak yapılan çalışmalarda kalsiyum silikat esaslı materyallerin her zaman hacimsel artış göstermediği, bazı çalışmalarda hacimsel kayba uğradığı gösterilmiştir.²⁴ Araştırmacılar bunun, materyallerin içeriğindeki radyoopaklaştırıcılardaki ve materyallerin kıvamındaki farklılıklardan kaynaklandığını öne sürmüşlerdir.²⁴ Bu çalışmada da farklı toz/su oranı, partikül boyutları ve içerikler (radyoopaklaştırıcı, plastikleştirici vs.); materyallerin farklı miktarda genişlemesine ya da hacimsel kaybına neden olmuş olabilir. Bu da materyallerin farklı bağlanma değerlerini açıklayabilir.

MTA'lara eklenen çeşitli radyoopaklaştırıcı maddeler, bu materyallerin sertleşme kimyasını, fiziksel ve mekanik özelliklerini değiştirebilmektedir.^{25,26} Birçok çalışmada bizmut oksit uygun çözünürlük, sertleşme süresi, pH ve kalsiyum iyon salınımı değerleri gösterse de¹⁸ yapılan bazı çalışmalarda bizmut oksitin MTA hidrasyonuna müdahale ettiği, mekanik özelliklerde olumsuz etkilere yol açtığı, insan diş pulpası hücre kültürlerinde ilk dönemlerde sitotoksiteyi artırdığı, sertleşme süresini önemli ölçüde uzattığı ve dentindeki kollojenle reaksiyona girerek renklenmeye neden olduğu bildirilmiştir.²⁵⁻²⁸ Bu yüzden bizmut oksite alternatif olarak, MTA esaslı materyallere zirkonyum oksit, kalsiyum tungstat gibi radyoopaklaştırıcı ajanlar ilave edilmiştir.²⁶ Amoroso-Silva ve arkadaşlarının²⁹ kalsiyum silikat esaslı materyaller kullanarak yaptıkları bir çalışmada itme-bağlanma dayanımı açısından bizmut oksit ile zirkonyum oksit grubu arasında anlamlı farklılık görülmemekle birlikte, en düşük değer kalsiyum tungstat grubunda gözlemlenmiştir. Bu çalışmada kalsiyum tungstat ilavesinin, dentin duvarlarına bağlanma dayanımını olumsuz yönde etkilediği düşünülmüştür.²⁹ Bizim çalışmamızda da kanla kontamine olmayan gruplar arasında, bu çalışmaya uyumlu olarak en az push-out

bağlanma dayanımı kalsiyum tungstat içeren MTA Repair HP grubunda görülürken; zirkonyum oksit içeren RetroMTA'yla bizmut oksit içeren MTA Flow arasında anlamlı farklılık görülmemiştir. Silva ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada da bizmut oksit içeren grup istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmasa da zirkonyum oksit içeren gruptan daha fazla bağlanma dayanımı değerleri göstermiştir.³⁰ Bizim çalışmamız da bu çalışmaya uyumlu olarak, kanla kontamine olmayan gruplar arasında bizmut oksit içeren MTA Flow grubu, zirkonyum oksit içeren RetroMTA grubundan biraz daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri göstermiş ancak; aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Ochoa-Rodriguez ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada Biodentine ve zirkonyum oksit ilaveli Biodentine düşük çözünürlük gösterirken kalsiyum tungstat ilaveli Biodentine yüksek çözünürlük göstermiştir.³¹ Bir kök kanal dolgu materyalinin yüksek çözünürlüğü, materyalin yapı kaybına ve bütünlüğünün bozulmasına neden olabilir.³² Bizim çalışmamızda da MTA Repair HP, kalsiyum tungstat içerdiğinden dentine düşük bağlanma dayanımı göstermiş olabilir.

Kalsiyum silikat esaslı materyallere sıvı ortamda çözünmeyi önlemek, manipülasyonu kolaylaştırmak amacıyla çeşitli jeller ilave edilmektedir.^{33,34} Bununla birlikte; Formosa ve arkadaşlarının sıvı ortamda çözünmeyi önleyici jelin bağlanma dayanımına etkisini değerlendirmek için yaptıkları çalışmada, MTA Plus içerisine su yerine bu jel kullanıldığında itme-bağlanma dayanımı değerinin belirgin oranda düştüğünü rapor etmişlerdir.³⁵ Bu sonucu jel ilavesine bağlı viskozite artışından kaynaklanabileceğini ve marjinal adaptasyonu etkileyebileceğini savunmuşlardır.³⁵ MTA Flow, sıvı ortamda çözünmeye dirençli olması için suda çözünen silikon bazlı bir jel içerir. Bu jel materyale yüksek plastisite sağlayarak manipülasyonu kolaylaştırır.³³ MTA Repair HP'nin karıştırma sıvısına da manipülasyonu ve kaviteye yerleştirmeyi kolaylaştırmak amacıyla plastikleştirici bir ajan ilave edilmiştir.³⁴ Bizim çalışmamızda da MTA Repair HP'nin, MTA Flow ve RetroMTA'ya göre anlamlı derecede dentine daha düşük bağlanma dayanımı değeri göstermesinin nedeni; manipülasyonu kolaylaştırmak için materyale ilave edilmiş olan plastikleştiriciden kaynaklanmış olabilir.

Klinik kullanımlarda MTA, yerleştirme sırasında veya sonrasında doğrudan kanla temas edebilir, hatta kanla karışabilir. MTA'nın kan varlığında da sertleşme kabiliyeti vardır.⁹ Ancak yapılan boya sızıntısı, mikrosertlik ve itme-bağlanma dayanımı gibi çalışmalarda kanın; materyallerin fiziksel özelliklerini, bağlanma dayanımlarını ve marjinal adaptasyonlarını etkileyebileceği gösterilmiştir.^{11,36,37} Adl ve ark.¹¹ yaptıkları çalışmada kan varlığında bağlanma dayanımının azaldığını bulmuşlardır. Bunun sebebinin; kanın içerdiği farklı hücre ve albumin gibi proteinlerin varlığından kaynaklandığını düşünmüşlerdir.¹¹ Nekoofar ve ark.³⁷ ise kan varlığının materyalin hidrasyon sürecini engellediğini ve fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Vanderweel ve ark.⁹ kan varlığında perfore furkal bölge-

ye yerleştirilen MTA'nın dentine retansiyonunun azaldığını rapor etmişlerdir. Yaptığımız bu çalışmada da kullanılan bütün MTA gruplarında, kanla kontaminasyon bağlanma dayanımını olumsuz etkilemiş ve kanla kontamine olan gruplar anlamlı derecede daha düşük bağlanma dayanımı değerleri göstermiştir. Bunun sebebinin; kanda bulunan farklı protein ve hücrelerin dentin tübüllerini tıkayarak dentin-materyal arasında blokaja neden olması ve apatit kristallerinin büyümesinin engellenmesi olduğunu düşünmekteyiz. Bizim çalışmamızın aksine kalsiyum silikat esaslı materyallerin kan varlığından olumsuz yönde etkilenmediğini gösteren çalışmalar da vardır.^{12,38} Ancak bu çalışmaların, bizim çalışmamızın sonuçları ile uyumluluk göstermemesinin nedeninin materyallerin (yetersiz) bekletme süresi ve kanla kontaminasyon şekli gibi kullanılan metodolojik farklılıklardan kaynaklanmış olduğunu düşünmekteyiz. Çalışmamızı yaparken biz kavite içerisini kanla kontamine ettikten sonra kök ucu dolgu materyallerimizi yerleştirdik. Ancak Bolhari ve ark.¹² kavitelere materyalleri yerleştirdikten sonra örnekleri kanla kontaminasyona tabi tutmuşlardır. Saklama süresi olarak da, biz numunelerimizi 21 gün nemli ortamda bekletirken Bolhari ve ark.¹² 4 gün, Üstün ve ark.³⁸ 14 gün bekletmişlerdir.

Koheziv başarısızlık tipi, materyalin dentine tutunmasını iyileştiren tübül penetrasyonu ve mikromekanik ankraj sayesinde gerçekleşir.³⁹ Ayrıca kalsiyum silikat esaslı materyallerin dentine bağlanma gücünün, materyallerin kendi iç koheziv direncinden daha güçlü olduğunu gösterir.⁴⁰ Bu çalışmada MTA Flow (-) grubunda en çok koheziv başarısızlık tipi gözlemlenmiştir. Yani bu gruptaki materyallerin dentine mikromekanik ankrajının iyi olduğu söylenebilir. Diğer gruplara ve çalışmanın geneline bakıldığında ise en çok karışık başarısızlık tipi, en az adeziv başarısızlık tipi gözlemlenmiştir. Bu da çalışmada kullanılan materyallerin dentine bağlanmasındaki başarıyı gösterir. Çalışmamızda daha çok karışık başarısızlık gözlemlenmesi daha önceki çalışmalarla da uyumludur.^{11,35}

Çalışmamızın limitasyonları; çalışmanın *in vitro* koşullarda gerçekleştirilmiş olması ve kan kontaminasyonu dışında kalsiyum silikat esaslı materyallerin dentine bağlanma dayanımını etkileyen birçok faktörün olmasıdır. Ayrıca; her ne kadar kullandığımız universal test cihazına bağlı silindirik uç çapı ile numune çapı arasındaki farkı ve numunenin kalınlığını en aza indirerek itme-bağlanma dayanımı testinin hassasiyetini artırmaya çalışsak da diğer mekanik testler gibi bu testin de kendi içerisinde limitasyonları vardır. Bu nedenle kan kontaminasyonunun bağlanma dayanımına etkisinin tam olarak anlaşılabilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

SONUÇ

Apikal cerrahi sonrası kök ucu dolgu materyali olarak kullanılmak istendiğinde bağlanma dayanımı açısından RetroMTA ve MTA Repair HP yerine öncelikli olarak MTA Flow tercih edilebilir. Ayrıca bu materyaller kök

ucu kavitesine yerleştirilirken mümkün olduğunca kandan uzak tutulmalıdır.

TEŞEKKÜR VE ANMA

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi için gerekli maddi desteği sağlayan Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederiz (2019/68 proje numarası)

KAYNAKLAR

- Abusrewil SM, McLean W, Scott JA. The use of Bioceramics as root-end filling materials in periradicular surgery: A literature review. *Saudi Dent J* 2018;30:273-82.
- Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: A comprehensive literature review-Part I: Chemical, physical, and antibacterial properties. *J Endod* 2010;36:16-27.
- Jain P, Nanda Z, Deore R, Gandhi A. Effect of acidic environment and intracanal medicament on push-out bond strength of biodentine and mineral trioxide aggregate plus: an *in vitro* study. *Med Pharm Rep* 2019;92:277-81.
- ultradent.com [Internet]. South Jordan, UT: Endo-Eze MTAFlow; c2020 [cited: 2020 Sept 13]. Available from: <https://www.ultradent.com/products/categories/endodontics/mta-repair/mta-fow>
- 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;41:1317-24.
- angelusdental.com [Internet]. Brezilya: MTA Repair HP; c2020 [cited: 2020 Aug 14]. Available from: <https://www.angelusdental.com/products/details/id/207>
- Tomás-Catalá CJ, Collado-González M, García-Bernal D, Oñate-Sánchez RE, Forner L, Llana A, *et al*. Comparative analysis of the biological effects of the endodontic bioactive cements MTA-Angelus, MTA Repair HP and NeoMTA Plus on human dental pulp stem cells. *Int Endod J* 2017;50:e63-72.
- Shokouhinejad N, Nekoofar MH, Iravani A, Kharrazifard MJ, Dummer PM. Effect of acidic environment on the push-out bond strength of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2010;36:871-4.
- VanderWeele RA, Schwartz SA, Beeson TJ. Effect of blood contamination on retention characteristics of MTA when mixed with different liquids. *J Endod* 2006;32:421-4.
- Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod* 1993;19:591-5.
- Adl A, Sadat Shojaaee N, Pourhatami N. Evaluation of the dislodgement resistance of a new pozzolan-based cement (EndoSeal MTA) compared to ProRoot MTA and Biodentine in the presence and absence of blood. *Scanning* 2019;2019:3863069
- Bolhari B, Yazdi KA, Sharifi F, Pirmoazen S. Comparative scanning electron microscopic study of the marginal adaptation of four root-end filling materials in presence and absence of blood. *J Dent (Tehran)* 2015;12:226-34.
- Song M, Yue W, Kim S, Kim W, Kim Y, Kim JW, *et al*. The effect of human blood on the setting and surface micro-hardness of calcium silicate cements. *Clin Oral Invest* 2016;20:1997-2005.
- Gandolfi MG, Taddei P, Siboni F, Modena E, Ciapetti G, Prati C. Development of the foremost light-curable calcium-silicate MTA cement as root-end in oral surgery. Chemical-physical properties, bioactivity and biological behavior. *Dent Mater* 2011;27:e134-57.
- Soares CJ, Santana FR, Castro CG, Santos-Filho PC, Soares PV, Qian F, *et al*. Finite element analysis and bond strength of a glass post to intraradicular dentin: comparison between microtensile and push-out tests. *Dent Mater* 2008;24:1405-11
- Nagas E, Kucukkaya S, Eymirli A, Uyanik MO, Cehreli ZC. Effect of laser-activated irrigation on the push-out bond strength of ProRoot Mineral Trioxide Aggregate and Biodentine in furcal perforations. *Photomed Laser Surg* 2017;35:231-5.

- Türker SA, Uzunoğlu E. Effect of powder-to-water ratio on the push-out bond strength of white mineral trioxide aggregate. *Dent Traumatol* 2016; 32: 153-5.
- Vivan RR, Zapata RO, Zeferino MA, Bramante CM, Bernardini N, Garcia RB, *et al*. Evaluation of the physical and chemical properties of two commercial and three experimental root-end filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;110:250-6.
- Donnermeyer D, Bürklein S, Dammascchke T, Schäfer E. Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology* 2019;107:421-36
- International Standards Organization. Specification for dental root canal sealing materials. ISO 6876. International Standards Organization, Geneva, Switzerland; 2012.
- Cavenago BC, Pereira TC, Duarte MAH, Ordinola-Zapata R, Marciano MA, Bramante CM, *et al*. Influence of powder-to-water ratio on radiopacity, setting time, pH, calcium ion release and a micro-CT volumetric solubility of white mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2014;47:120-6.
- Gandolfi MG, Iacono F, Agee K, Siboni F, Tay F, Pashley DH, *et al*. Setting time and expansion in different soaking media of experimental accelerated calcium-silicate cements and ProRoot MTA. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:e39-45.
- Shipper G, Grossman ES, Botha AJ, Cleaton-Jones PE. Marginal adaptation of mineral trioxide aggregate (MTA) compared with amalgam as a root-end filling material: a low-vacuum (LV) versus high-vacuum (HV) SEM study. *Int Endod J* 2004;37:325-36.
- Pelepenko LE, Saavedra F, Antunes TBM, Bombarda GF, Gomes BPFA, Zaia AA, *et al*. Physicochemical, antimicrobial, and biological properties of White-MTAFlow. *Clin Oral Invest* 2021;25:663-72.
- Coomaraswamy KS, Lumley PJ, Hofmann MP. Effect of bismuth oxide radiopacifier content on the material properties of an endodontic Portland cement-based (MTA-like) system. *J Endod* 2007;33:295-8.
- Duarte MA, Minotti PG, Rodrigues CT, Zapata RO, Bramante CM, Tanomaru Filho M, *et al*. Effect of different radiopacifying agents on the physicochemical properties of white Portland cement and white mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2012;38:394-7.
- Camilleri J. Hydration mechanisms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2007;40:462-70.
- Marciano MA, Duarte MA, Camilleri J. Dental discoloration caused by bismuth oxide in MTA in the presence of sodium hypochlorite. *Clin Oral Invest* 2015;19:2201-9.
- Amoroso-Silva PA, Marciano MA, Guimaraes BM, Duarte MAH, Sanson AF, Moraes IGD. Apical adaptation, sealing ability and push-out bond strength of five root-end filling materials. *Braz Oral Res* 2014;28:1-6.
- Silva EJNL, Carvalho NK, Guberman MRDCL, Prado M, Senna PM, Souza EM, De-Deus G. Push-out bond strength of fast-setting mineral trioxide aggregate and pozzolan-based cements: ENDOCEM MTA and ENDOCEM Zr. *J Endod* 2017;43:801-4.
- Ochoa-Rodríguez VM, Tanomaru-Filho M, Rodrigues EM, Guerreiro-Tanomaru JM, Spin-Neto R, Faria G. Addition of zirconium oxide to Biodentine increases radiopacity and does not alter its physicochemical and biological properties. *J Appl Oral Sci* 2019;27:e20180429
- Williamson AE, Dawson DV, Drake DR, Walton RE, Rivera EM. Effect of root canal filling/sealer systems on apical endotoxin penetration: a coronal leakage evaluation. *J Endod* 2005;31:599-604.
- Guimaraes BM, Vivan RR, Piazza B, Alcalde MP, Bramante CM, Duarte MAH. Chemical-physical properties and apatite-forming ability of mineral trioxide aggregate flow. *J Endod* 2017;43:1692-6.
- Guimaraes BM, Prati C, Duarte MAH, Bramante CM, Gandolfi MG. Physicochemical properties of calcium silicate-based formulations MTA Repair HP and MTA Vitalcem. *J Appl Oral Sci* 2018;26:e2017115
- Formosa LM, Mallia B, Camilleri J. Push-out bond strength of MTA with antiwashout gel or resins. *Int Endod J* 2014;47:454-462.
- Nekoofar MH, Davies TE, Stone D, Basturk FB, Dummer PMH. Microstructure and chemical analysis of blood-contaminated mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2011;44:1011-8.
- Nekoofar MH, Oloomi K, Sheykhrezae MS, Tabor R, Stone DF, Dummer PMH. An evaluation of the effect of blood and human serum on the surface microhardness and surface microstructure of mineral

trioxide aggregate. Int Endod J 2010;43:849-58.

38. Üstün Y, Topçuoğlu HS, Akpek F, Aslan T. The effect of blood contamination on dislocation resistance of different endodontic reparative materials. J Oral Sci 2015;57:185-90.

39. Saghiri MA, Garcia-Godoy F, Gutmann JL, Lotfi M, Asatourian A, Ahmadi H. Push-out bond strength of a nano-modified mineral trioxide aggregate. Dent Traumatol 2013;29:323-7.

40. Akbulut MB, Bozkurt DA, Terlemez A, Akman M. The push-out bond strength of BIOfactor mineral trioxide aggregate, a novel root repair material. Restor Dent Endod 2019;44:e5

Effect of blood contamination on bond strength of different root-end filling materials to dentin

ABSTRACT

OBJECTIVE: The aim of this *in vitro* study was to evaluate the effect of blood contamination on bond strength of different root-end filling materials to dentin.

MATERIALS AND METHOD: Ninety single-rooted maxillary central teeth were used. After endodontic treatment was performed, the root-ends were resected and retrograde cavi-

ties were prepared. First, the specimens were divided into 2 groups (+/-) according to the blood contamination of the cavities. Then, the specimens were divided into three subgroups (n=15) according to the root-end filling materials: MTA Repair HP, RetroMTA, MTA Flow. These materials were prepared according to the manufacturer's instructions. The specimens were kept at 37 °C in a 100% humid environment for 21 days. After obtaining 1.0±0.1 mm slices, push-out bond strength analysis was performed. Each slice was examined under a stereomicroscope to evaluate the failure mode. The data were analyzed using one-way analysis of variance and independent sample t-test.

RESULTS: The bond strength was negatively affected by blood contamination ($p<0.05$). The highest bond strength was observed in the MTA Flow (-) group and the lowest was observed in the MTA Repair HP (+) group ($p<0.05$). No significant difference was found between MTA Flow and RetroMTA ($p>0.05$), while MTA Repair HP showed the lowest bond strength in both the blood contaminated and the non-blood contaminated groups ($p<0.001$).

CONCLUSION: Blood contamination reduced the bond strength to dentin. MTA Flow showed the highest bond strength among the materials.

KEYWORDS: apicoectomy; blood; calcium silicate; endodontics; mineral trioxide aggregate