

Özgün araştırma makalesi

İnternal matriks ile birlikte kullanılan MTA'nın ortograd ve retrograd uygulanmasının farklı apikal açıklığa sahip dişler üzerindeki güçlendirme etkisinin değerlendirilmesi

Emre Bayram,¹ Hüda Melike Bayram,^{1*}
Hakan Eren²

¹Endodonti Anabilim Dalı, Diş Hekimliği Fakültesi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, ²Ağız Diş Çene Radyolojisi Anabilim Dalı, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ankara, Türkiye

ÖZET

AMAÇ: Bu çalışmada apikal foramen çapının ve farklı uygulama yöntemlerinin Mineral Trioksit Agregat'ın (MTA) simüle edilmiş immatür dişler üzerine olan kırılma dayanımına etkisinin Universal Test Cihazı kullanılarak belirlenmesi amaçlandı.

GEREÇ VE YÖNTEM: Çalışmada 90 adet çekilmiş üst çene kesici insan dişi kullanıldı. Çalışmada, açık apekse sahip immatür dişleri simüle etmek amacıyla apikal foramen, çapı 1.0 veya 1.4 mm olacak şekilde hazırlandı. Üretici firmanın talimatları doğrultusunda karıştırılan MTA dört farklı yolla (retrograd, ortograd, 2 aşamalı ortograd ve internal matriks destekli ortograd yolla) farklı apikal foramen çapa sahip dişlerin kök kanallarının içine yerleştirildi. Negatif kontrol grubu olarak seçilmiş 5 adet diş hiçbir işlem yapılmadan deney süresine kadar salin solüsyonu içerisinde bekletildi. Pozitif kontrol grubu olarak preparasyonu yapılmış rastgele 5 adet diş seçildi; ancak kanal dolguları yapılmadı. Hazırlanan kökler silindir kalıplar kullanılarak mine-sement sınırının 2 mm apikalinden şeffaf akrilik rezin içerisine gömüldü. Örneklere, dişe dik gelecek şekilde, 5 mm/dk hızda dikey kuvvet uygulandı. Her bir örneğe uygulanan dikey kuvvetler karşısında dişlerin maksimum kırılma dirençleri Newton cinsinden belirlendi. Verilerin istatistiksel analizi bir software kullanılarak yapıldı. Elde edilen veriler tek yönlü ANOVA ve post-hoc Tukey testleri kullanılarak analiz edildi.

BULGULAR: Deney gruplarının birbiri arasında istatistiksel olarak fark bulunmazken ($p>0.05$), pozitif ve negatif kontrol grupları ile aralarında istatistiksel fark bulundu ($p<0.05$).

SONUÇ: Farklı yollarla yerleştirilen MTA'nın dikey kuvvetler karşısında dişlerin kırılma dayanımları üzerine anlamlı bir etkisi olmadığı saptandı.

ANAHTAR KELİMELER: Diş apeksi; diş kırıkları, mineral trioksit agregat

KAYNAK GÖSTERMEK İÇİN: Bayram E, Bayram HM, Eren H. İnternal matriks ile birlikte kullanılan MTA'nın ortograd ve retrograd uygulanmasının farklı apikal açıklığa sahip dişler üzerindeki güçlendirme etkisinin değerlendirilmesi. *Acta Odontol Turc* 2016;33(1):6-11

EDİTÖR: Güven Kayaoğlu, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

YAYIN HAKKI: © 2016 Bayram ve ark. Bu eserin yayını hakkı [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) ile ruhsatlandırılmıştır. Sınırsız kullanım, dağıtım ve her türlü ortamda çoğaltım, yazılar ve kaynağın belirtilmesi kaydıyla serbesttir.

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

GİRİŞ

Dişlerin kırılmaya karşı direncini belirleyen en önemli faktörlerin başında dentin kalınlığı gelmektedir. Diş dokularındaki kayıp, dentinin oklüzal veya travmatik kuvvetler karşısındaki elastikiyetini ve direncini etkileyerek dişin kırılma direncini azaltır.¹ Açık apeks, kök gelişimini tamamlamamış daimi bir dişte enfeksiyon ya da travmaya bağlı olarak; gelişimini tamamlamış daimi bir dişte ise enfeksiyon sonucunda apikal sement ve dentinin rezorbe olması ile oluşabilmektedir.²

Apeksifikasyon, açık olan apeksin sert doku engeli ile tamirini hedef alan bir tedavi yöntemidir. Bu işlem, kanalların biyomekanik temizliğini takiben apikal engel oluşmasını ve apikal iyileşmeyi uyarmak veya yardımcı olmak için kanal içi ilaç kullanılmasını gerektirir. Kanal içi ilaç olarak bugüne kadar en sık kalsiyum hidroksit [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] kullanılmış ve yapılan çalışmalarda oldukça başarılı bulunmuştur.^{3,4}

Kalsiyum hidroksit ile apeksifikasyon tekniğinin klinik başarısına rağmen, tedavi süresinin değişkenliği, randevu ve alınan radyografi sayısının çokluğu, hasta takibinin güç olması, ertelenen tedaviler ve uzun süre

Makale gönderiliş tarihi: 14 Ocak 2015; Yayına kabul tarihi: 10 Haziran 2015
*İletişim: Hüda Melike Bayram, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Ali Sevki Erek Yerleşkesi, Tokat, Türkiye; e-posta: melikealaca@yahoo.com

Ca(OH)₂ kullanılmasına bağlı olarak gelişen kök kırığı riskinin ve koronal mikrosızıntının artması gibi pek çok dezavantajı da bulunmaktadır.^{5,6} Bu dezavantajlar açısından değerlendirildiğinde Ca(OH)₂'ye alternatif olarak önerilen en umut verici materyalin Mineral Trioksit Agregat (MTA) olduğu belirtilmektedir.⁷ MTA, apikal bölgede güçlü fiziksel, kimyasal ve klinik özellikler sergilemesi, bakteriyostatik olması, iyi bir tıkaç oluşturması, boyutsal stabilite, radyoopasite, biyouyumluluk ve sızdırmazlık gibi özellikleri nedeniyle tek seanslı apeksifikasyon tekniğinde en çok tercih edilen materyaldir.^{7,8}

MTA'nın birçok avantajına rağmen reolojik özellikleri klinik uygulamasını zorlaştırmakta ve yaygın kullanımını sınırlamaktadır.⁹ MTA'nın uygulama esnasında periapikal dokulara taşması düşük derecede reaksiyona neden olsa bile kontrollü bir şekilde kullanımı önerilmektedir.¹⁰ İnternal matriks kullanımıyla MTA'nın periapikal bölgeye taşması engellenir, tamir materyalinin sızıntısı azaltmakta ve periodontal dokular korunmuş olmaktadır.¹¹

Bu çalışmada, farklı apikal çaplara sahip (1.0 mm ve 1.4 mm) dişlere ortograd veya retrograd yollarla ve farklı uygulama teknikleri ile yerleştirdiğimiz MTA'nın dişlerin kırılma risklerine olan etkisinin Universal test cihazı kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Kuvvet analizi sonucunda, %91 güç için her bir grupta 10 adet ve kontrol gruplarında 5'er adet diş kullanıldı. Bu sonuç doğrultusunda kırık, çatlak, çürük ve eksternal rezorpsiyon göstermeyen ve kök oluşumu tamamlanmış üst çene kesici dişleri seçildi (n=90). Standardizasyonu sağlamak için diş boyu 22-24 mm olan dişler seçildi. Kullanılan dişler dezenfeksiyon için %5 NaOCl (Sultan Health-care Inc., Englewood, NJ, ABD) içeren solüsyon içerisinde 1 saat boyunca bekletildikten sonra deney süresine kadar distile su içeren solüsyona aktarıldı.

Standart giriş kavitesi hazırlanan ve kanal girişleri ortaya çıkarılan dişlerin kuronları mine-sement hizasından elmas frezler yardımıyla uzaklaştırıldı. Gerçek kök kanal uzunluğu, 15 numara bir K-tipi kanal eğesinin kök ucundan görünene kadar ilerletilmesi ile belirlendi. Çalışma uzunluğu kök kanal uzunluğundan 1 mm kısa olacak şekilde belirlendi. Her alet değişiminden sonra %1'lik sodyum hipoklorit solüsyonuyla irrigasyonu yapılan kanalların preparasyonu Gates-Glidden frezleri 6-1 numara sırasıyla kullanılarak crown-down tekniğiyle, 1 numaralı frez apikal foramenin çıkana kadar yapıldı. Preparasyonu biten dişlerin kök kanalları son olarak serum fizyolojik solüsyonuyla yıkayıp #80 kağıt koni kurulandı. Daha sonra apikal deltaların uzaklaştırılması ve kök uzunluğunu standardize etmek için apikal 3 mm'lik kök ucu kısmı elmas frez yardımıyla kesilerek standart boyutlarda diş kökleri elde edildi. Örnekler, kırılma de-

neyi için rastgele bir şekilde 2 deney grubuna ayrıldı (n=40). Örnekler, Tuna ve arkadaşlarının¹² hazırladığı deney düzeneği esas alınarak hazırlandı:

Grup 1'de açık apeksli bir dişi simüle etmek amacıyla apikal foramen çapı 1.0 mm olacak şekilde 0.10 taper'li 40 numara Race Ni-Ti (FKG, La-Chaux De Fonds, İsviçre) aletleriyle kesme boyutunda kök apeksi retrograd olarak genişletildi. Apikal genişliğin 1.0 mm olmasını sağlamak için eğenin çalışma uzunluğu 6 mm olarak sabitlendi (D=6 mm). Bu gruptaki 40 adet diş her biri 10 adet dişten oluşacak şekilde 4 alt gruba daha ayrıldı (Grup 1A, 1B, 1C ve 1D).

Grup 1A'da üretici firmanın talimatları doğrultusunda karıştırılan MTA (MTA Angelus, Angelus, Londrina, Brezilya) apikalde tam bir kapatma sağlayacak şekilde MAP (Micro Apical Placement; MTA yerleştirmek için kullanılan sistem; Dentsply De Trey, Konstanz, Almanya) sistemi aracılığıyla apikal 4 mm alana ortograd olarak yerleştirildi. MTA 4 mm kalınlığında olana kadar Schilder tepiciler aracılığıyla kondanse edildi. Salin solüsyonuyla ıslatılmış kağıt koniler MTA'nın sertleşmesini sağlamak amacıyla 24 saat süreyle kanal içinde bekletildi. Kanal ağızları kağıt konilerin yerleştirilmesini takiben geçici dolgu maddesi (Kavit, 3M ESPE, Seefeld, Almanya) ile kapatıldı.

Grup 1B'de, Grup 1A'da anlatıldığı gibi MTA 2 mm kalınlığında ortograd olarak yerleştirildi. Salin solüsyonuyla ıslatılmış kağıt koniler MTA'nın sertleşmesini sağlamak amacıyla 24 saat süreyle bekletildi. Kanal ağızları kağıt konilerin yerleştirilmesini takiben geçici dolgu maddesi ile kapatıldı. Materyalin sertleşmesini takiben 2 mm kalınlığındaki MTA üzerine önceden anlatıldığı gibi 2 mm kalınlığında tekrar MTA yerleştirildi. Islatılmış kağıt koniler 24 saat süreyle kanal içerisinde bekletildi ve kanal girişleri geçici dolgu maddesi ile kapatıldı.

Grup 1C'de internal matriks olarak sentetik kemik grefti (Suprabone, BMT Calsis Sağlık Teknolojileri, Ankara, Türkiye) üretici firmanın talimatları doğrultusunda karıştırılıp kendi enjektörü aracılığıyla kök apeksinden taşmayacak şekilde ortograd olarak yerleştirildi. Daha sonra macun formuna gelmeden el tepicisi aracılığıyla apikal açıklığı tamamen kapatmak ve MTA için yeterli direnç elde edilmesi için kondanse edildi. MTA'nın internal matriks üzerine uygulanması Grup1A'da anlatıldığı gibi gerçekleştirildi.

Grup 1D'de apikal bölgeye yerleştirilecek MTA'ya bariyer oluşturmak amacıyla kanallar termoplastize edilmiş güta-perka (Bee-Fill, VDW, Münih, Almanya) ile dolduruldu, daha sonra apikal 4 mm alandaki güta perka ısıtılmış ekskavator aracılığıyla kanaldan uzaklaştırıldı. MTA, apikal 4 mm alana retrograd olarak yerleştirildi.

Grup 2'de açık apeksli bir dişi simüle etmek amacıyla 40 adet diş apikal foramen çapı 1.4 mm olacak şekilde 0.10 taper'li 40 numara Race Ni-Ti aletleriyle kök

apeksi retrograd olarak genişletildi. Apikal genişliğin 1.4 mm olmasını sağlamak için eğenin çalışma uzunluğu 10 mm olarak sabitlendi (D=10 mm). Onar adet diş içeren 4 alt grup (2A, 2B, 2C ve 2D), Grup 1'in alt gruplarındaki aynı prosedürler uygulanarak hazırlandı.

Grup 1D ve Grup 2D dışındaki tüm gruplarda MTA'nın sertleştiği teyit edildikten sonra kanallar ortograd olarak termoplastik gütaperka ve AH Plus (Dentsply De Trey) kanal patıyla doldurulup kanal girişleri geçici dolgu maddesi ile kapatıldı.

Negatif kontrol grubu

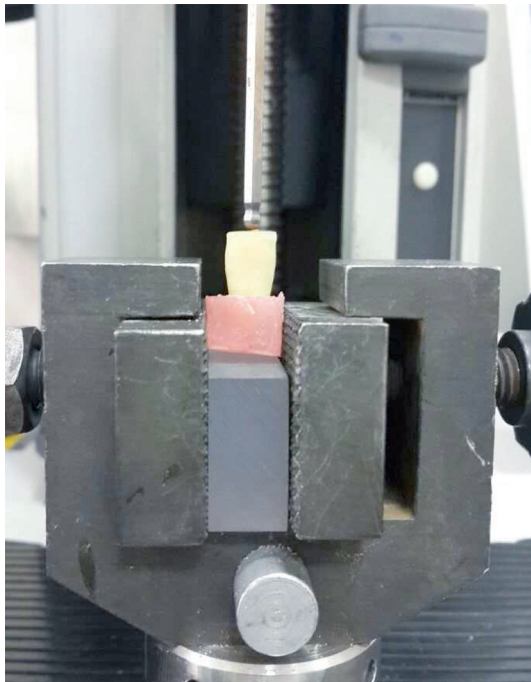
Çalışmanın başlangıç aşamasında rastgele seçilen 5 adet diş hiçbir işlem yapılmadan kırılma testine kadar salin solüsyonu içerisinde bekletildi.

Pozitif kontrol grubu

Preparasyonu yapılmış rastgele seçilen 5 adet diş örneğinin kanal dolgusu yapılmadı. Her örnekte boş olarak bırakılan kanal dolgu sisteminin kanal ağzına pamuk pelet yerleştirildikten sonra dişler geçici dolgu maddesi ile kapatıldı.

Grupların oluşturulmasından sonra örneklerin hepsi 37 °C, %100 nemli ortamda 7 gün boyunca bekletildi. Hazırlanan örnekler silindirik kalıplar kullanılarak mine-sement sınırınının 2 mm apikalinden akrilik rezin içerisine gömüldü.

Kırılma testi için Universal Test Cihazı (UTC; Instron Universal Test Machine, Norwood, MA, ABD) kullanıldı. Hazırlanan örnekler UTC'nin alt tablasına, dik olarak yerleştirildi (Resim 1). Kırılma testi için 1 mm genişliğinde bir



Resim 1. Universal Test Cihazına yerleştirilen örneğin görüntüsü

Tablo 1. Deney ve kontrol grupları için ortalama, standart sapma (SD), minimum ve maksimum kırılma direnci değerleri (Newton)

Gruplar	Ort.	SD	Minimum	Maksimum
Grup 1A	274.2 ^a	68.5	196.4	430.4
Grup 1B	369.0 ^a	120.3	245.6	574.0
Grup 1C	302.5 ^a	58.5	201.1	380.6
Grup 1D	303.4 ^a	74.5	189.4	406.0
Grup 2A	290.8 ^a	94.7	184.0	450.1
Grup 2B	316.7 ^a	87.8	204.3	455.7
Grup 2C	282.5 ^a	62.0	190.5	407.7
Grup 2D	322.4 ^a	104.0	196.5	509.9
Pozitif Kontrol	233.2 ^b	67.7	153.8	317.5
Negatif Kontrol	423.1 ^c	84.1	310.4	518.2

Farklı üst simge harfler " (a-c) " gruplar arasında istatistiksel farkın olduğunu ($p < 0.05$), aynı üst simge harfler ise gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir ($p > 0.05$)

uç kullanıldı ve ucun dişe temas noktası dolgu materyali ile dişin birleşme yeri olarak belirlendi. Örneklere verilen kuvvetin doğrultusu dişe vertikal yönde olacak şekilde ayarlandı. Kuvvetin hızı 5 mm/dak olarak belirlendi. UTC'nin uyguladığı kuvvet değerleri dijital ortamda Newton (N) değeriyle gösterildi. Kırılma anında grafikte en tepe nokta olarak gösterilen N değeri her örnek için maksimum kırılma direnci noktası olarak kabul edilip kaydedildi. Bütün örnekler için kırılma direnci testinin tamamlanmasının ardından elde edilen verilerin istatistiksel analizi SPSS 20 programında (SPSS Inc, Chicago, IL) ANOVA ve post hoc analizi kullanılarak yapıldı.

BULGULAR

Kırılma deneyine ait bulgular Tablo 1'de gösterilmiştir. Negatif kontrol grubu ve deney grupları arasında istatistiksel bir fark bulundu ($p < 0.05$). Deney grupları kendi aralarında gruplararası karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı ($p > 0.05$). Pozitif kontrol grubu ve deney grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanamadı ($p > 0.05$).

TARTIŞMA

Revaskülarizasyon tedavisi, kök oluşumunu tamamlamamış dişlerde kullanılan alternatif bir tedavi yöntemidir. Amaç, canlı hücrelerin stimüle edilerek apikal açıklığın kapanması ve kök dentin kalınlığının artırılmasıdır.^{13,14} Ancak bu tedavi yöntemi kuronlarda renklenme, dirençli bakterilerin gelişmesi ve kanal içi medikamanlara bağlı alerjik reaksiyonlar gibi bir takım klinik ve biyolojik komplikasyonlara neden olabilir.^{15,16} Ayrıca pulpanın revaskülarizasyon mekanizması, kök kanalında gelişen dokunun türü ve uzun dönem klinik sonuçların belirsizliğinden dolayı günümüzde hala immatür dişlerin tedavisinde yaygın şekilde apeksifikasyon tedavisi uygulanmaktadır.¹⁷

Kalsiyum hidroksit, apeksifikasyon tedavisinde ilk akla gelen materyaldir.¹⁸ Ancak, MTA'nın endodonti alanında kullanımının artmasıyla, Ca(OH)₂'de yerini MTA'ya bırakmaktadır.^{11,19} MTA, nem varlığında sertleşebilmekte ve apikal bariyer olarak kullanıldığında hücrelerin sert doku oluşturan hücrelere diferansiyasyonunu sitümlü ederek sert doku matriksinin oluşumunu sağlamaktadır.²⁰ Giuliani ve ark.²¹ apeksifikasyon tedavisinde en az MTA yerleştirme kalınlığının 4 mm olması gerektiğini önermişlerdir. Bu nedenle, bu çalışmada da klinik koşulları taklit edebilmek amacı ile apikal dolgu malzemesi olarak 4 mm kalınlığında MTA kullanılmıştır.

Mente ve ark.²² açık apeksli dişlerin başarı oranlarını rapor ettikleri tarihsel kohort çalışma sonuçlarına dayanarak, açık apeksli dişler için en uygun tedavi seçeneği olarak apikal tıkaç oluşturmak için MTA'nın ortognatik yolla gönderilmesini önermektedirler. Al Fouzan ve arkadaşlarının²³ MTA'nın dentine adaptasyonunun değerlendirdikleri bir çalışmada, MTA'nın ortograd veya retrograd uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark olmadığı sonucuna varmışlardır. Sunulan bu çalışmada, MTA'nın retrograd veya ortograd uygulamasının simüle immatür dişlerin kırılma dayanımına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

İmmatür dişlerde sıklıkla ısırma veya çiğneme sırasında kırılma meydana gelebilir.¹² Kırılma direnci çalışmalarında araştırmacılar, dişlere farklı yönlerden ve farklı açılardan kuvvet uygulayarak değerlendirme yapmışlardır.^{12,24,25} Bu çalışmalarda kuvvetler, labiolingual, linguolabialveya vertikal yönlerden uygulanmıştır.^{12,24,25} Bu çalışmada da Nagas ve arkadaşlarının²⁵ çalışmasına paralel olarak vertikal yönden kuvvet uygulaması yapılmıştır.

Açık apekse sahip dişlerde, geniş apikal foramenin tam olarak kapatılması için fazla miktarda tamir materyali gerekli olmakta ve bu durum fazla materyalin taşarak periapikal bölgede yabancı doku reaksiyonu başlatmasına neden olabilmektedir.¹⁸ MTA gibi tamir materyallerinin apikalden taşmasını engellemek için ilk defa Lemon²⁶ tarafından "internal matrix konsepti" tanımlanmıştır. İnternal matriks için kullanılan malzemelerin amalgam gibi kondensasyon kuvveti gerektirmeyen MTA ve IRM gibi materyallerle birlikte kullanılması uygun görülmektedir.²⁶ Kalsiyum sülfat, trikalsiyum fosfat, kollajen, dondurulmuş-kurutulmuş demineralize kemik ya da hidroksiapatit gibi rezorbe olabilen bariyerlerin kullanılması MTA'nın yerleştirme zorluğunun giderilmesinde ve taşkın dolgunun önlenmesinde yardımcı olabilmektedir.^{27,28} Bu çalışmada da trikalsiyum fosfat içerikli macun formunda sertleşmeyen, rezorbe olabilen kemik greftini, MTA uygulamalarında apikal ekstrüzyonu önlemek için bariyer olarak kullanılmıştır.

Çalışmada farklı apikal çaplara sahip (1.0 mm ve 1.4 mm) simüle immatüre dişlere ortograd ve retrograd yol-

larla, farklı uygulama teknikleri ile yerleştirdiğimiz MTA'nın dişlerin kırılma direncine etkisi incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre; MTA'ya yeterli kondensasyon kuvvetini uygulayabildiğimiz retrograd ve 2 aşamalı ortograd gruplarında diğer gruplara nazaran daha yüksek kırılma direnci görülmüş olmasına rağmen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Bu sonucun, MTA'nın karıştırılmasından sonra çamur benzeri kıvamının, amalgam ve benzeri materyaller gibi kondanse edilememesinden kaynaklı olabileceğini düşünmekteyiz.

İmmatür dişlerin tedavisi sırasında MTA'nın yerleştirilmesi her zaman retrograd yolla yapılamayabilmektedir. Cerrahi ihtiyacı duymadan apikal stop oluşturmak hem hasta hem de hekim için tercih edilebilir bir yöntemdir. Yassen'in²⁹ yaptığı bir klinik çalışmada, çeşitli nedenlerle apikal açıklığa sahip 242 dişte ortograd yolla MTA yerleştirilerek kanal dolgusu yapılmış, 21 ay sonraki iyileşme süreci incelendiğinde başarı oranının %90 olduğu görülmüştür. MTA'nın ortograd uygulaması Yassen'in²⁹ yaptığı bu klinik çalışma ile desteklenmektedir.

Matür dişlerde, dentin tübüllerinin çapı ve sayısı nedeniyle mineral yoğunluğundaki değişiklikler farklı konumlarda dentin mikro sertliğinde değişikliğe neden olur.³⁰ Dentinin mikrosertliği tübül yoğunluğuyla ters ilişkilidir.³⁰ Canlılığını yitirmiş immatür dişlerde kök dentinogenezisi durduğundan kök gelişim aşamasına bağlı olarak ince kök duvarları tam olarak gelişmemiş peritübüler ve inter tübüler dentin ile semente doğru yüksek tübüler yoğunluğa sahiptir, bu da dişi daha kırılğan bir hale getirir.³¹

MTA'nın tedavi süresini kısaltması, iyi bir apikal örtücülük sağlaması, sert doku oluşumunu uyarması gibi birçok avantajı vardır.³⁰ Ancak, MTA'nın koyun, zayıflatılmış siğir ve insan premolar dişlerinde güçlendirme etkisinin araştırıldığı *in vitro* çalışmalarda hiçbir güçlendirme etkisi olmadığı gösterilmiştir.^{12,30,32-35} Schmoldt ve ark.³⁰ immatür dişlerin güçlendirilmesine dair yaptıkları çalışmada tek başına MTA, gütta perka veya kompozit uygulanan dişlerin fiber post ile restore edilen dişlere nazaran kırılma dirençlerinin daha düşük olduğunu bulmuşlardır. White ve ark.³⁵ yaptıkları çalışmada, MTA'nın kontrol grubuna göre siğir dentinini %33 oranında kırılmaya daha hassas hale getirdiğini tespit etmişlerdir. Sadece, Bortoluzzi ve arkadaşlarının³⁶ yaptıkları çalışmada MTA'nın güçlendirme etkisi bulunmuş olup, sebebinin de MTA'dan sonra yerleştirilen post restorasyonu olduğu belirtilmiştir.³⁶ MTA'nın kökleri güçlendirmedeki yetersizliğinin, dentine bağlanma eksikliğinden kaynaklı olabileceği belirtilmiştir.³⁷

Dentin ile benzer elastik modülüne sahip materyallerin zayıf kökleri güçlendirdiği sonlu element analizi çalışmalarında gösterilmiştir.³⁸ MTA'nın elastik modülü bilinmemektedir, buna karşın MTA'nın %80'ini oluşturan

Portland çimentosunun elastik modülü 1.7 GPa, dentini ise 18.6 GPa'dır.³⁸ Bu bilgiler ışığında, MTA ile dentin arasındaki bu elastik modül farkının, çalışmada sunulan bulgulara göre MTA'nın dişlerin kırılma direncini arttırmamasında önemli bir etken olabileceğini düşünmekteyiz.

SONUÇ

Bu çalışmanın sınırları içerisinde, farklı yollarla yerleştirilen MTA'nın vertikal kuvvetler karşısında anlamlı bir şekilde dişlerin kırılma dayanımlarını artırmadığı ve apikal açıklık genişliklerinin de kırılma direncinde belirgin bir fark oluşturmadığı görülmüştür. Çalışma sonucuna göre, MTA uygulamasında internal matriks olarak kemik greftlerinin de kullanımı önerilebilir. Yine de rezorbe olabilen materyallerin, MTA'nın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine etkisinin değerlendirileceği daha ileri düzeyde çalışmalara ihtiyaç vardır.

TEŞEKKÜR VE ANMA

Bu çalışma Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir (Proje no: 2013/21).

Çıkar çatışması: Yazarlar bu çalışmayla ilgili herhangi bir çıkar çatışmalarının bulunmadığını bildirmişlerdir.

KAYNAKLAR

- Hansen EK, Asmussen E, Christiansen NC. In vivo fractures of endodontically treated posterior teeth restored with amalgam. *Endod Dent Traumatol* 1990;6:49-55.
- Morse DR, O'Larnic J, Yesilsoy C. Apexification: review of the literature. *Quintessence Int* 1990;21:589-98.
- Alacam A, Uçuncü N. Combined apexification and orthodontic intrusion of a traumatically extruded immature permanent incisor. *Dent Traumatol* 2002;18:37-41.
- Whittle M. Apexification of an infected untreated immature tooth. *J Endod* 2000;26:245-7.
- Kim US, Shin SJ, Chang SW, Yoo HM, Oh TS, Park DS. In vitro evaluation of bacterial leakage resistance of an ultrasonically placed mineral trioxide aggregate orthograde apical plug in teeth with wide open apices: a preliminary study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;107:e52-6.
- Camilleri J, Pitt Ford TR. Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. *Int Endod J* 2006;39:747-54.
- Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part I: chemical, physical, and antibacterial properties. *J Endod* 2010;36:16-27.
- Torabinejad M, Parirokh M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--part II: leakage and biocompatibility investigations. *J Endod* 2010;36:190-202.
- Gomes-Filho JE, Rodrigues G, Watanabe S, Estrada Bernabé PF, Lodi CS, Gomes AC, *et al.* Evaluation of the tissue reaction to fast endodontic cement (CER) and Angelus MTA. *J Endod* 2009;35:1377-80.
- Tahan E, Çelik D, Er K, Taşdemir T. Effect of unintentionally extruded mineral trioxide aggregate in treatment of tooth with periradicular lesion: a case report. *J Endod* 2010;36:760-3.

- Sood R, Kumar Hans M, Shetty S. Apical barrier technique with mineral trioxide aggregate using internal matrix: a case report. *Compend Contin Educ Dent* 2012;33:e88-90.
- Tuna EB, Dinçol ME, Gençay K, Aktören O. Fracture resistance of immature teeth filled with BioAggregate, mineral trioxide aggregate and calcium hydroxide. *Dent Traumatol* 2011;27:174-8.
- Thibodeau B, Teixeira F, Yamauchi M, Caplan DJ, Trope M. Pulp revascularization of immature dog teeth with apical periodontitis. *J Endod* 2007;33:680-9.
- Friedlander LT, Cullinan MP, Love RM. Dental stem cells and their potential role in apexogenesis and apexification. *Int Endod J* 2009;42:955-62.
- Kim JH, Kim Y, Shin SJ, Park JW, Jung IY. Tooth discoloration of immature permanent incisor associated with triple antibiotic therapy: a case report. *J Endod* 2010;36:1086-91.
- Reynolds K, Johnson JD, Cohenca N. Pulp revascularization of necrotic bilateral bicuspid using a modified novel technique to eliminate potential coronal discoloration: a case report. *Int Endod J* 2009;42:84-92.
- de Leimburg ML, Angeretti A, Ceruti P, Lendini M, Pasqualini D, Berruti E. MTA obturation of pulpless teeth with open apices: bacterial leakage as detected by polymerase chain reaction assay. *J Endod* 2004;30:883-6.
- Rafter M. Apexification: a review. *Dent Traumatol* 2005;21:1-8.
- Felippe WT, Felipe MC, Rocha MJ. The effect of mineral trioxide aggregate on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation. *Int Endod J* 2006;39:2-9.
- Chang SW, Oh TS, Lee W, Cheung GS, Kim HC. Long-term observation of the mineral trioxide aggregate extrusion into the periapical lesion: a case series. *Int J Oral Sci* 2013;5:54-7.
- Giuliani V, Baccetti T, Pace R, Pagavino G. The use of MTA in teeth with necrotic pulps and open apices. *Dent Traumatol* 2002;18:217-21.
- Mente J, Leo M, Panagidis D, Ohle M, Schneider S, Lorenzo Bermejo J, *et al.* Treatment outcome of mineral trioxide aggregate in open apex teeth. *J Endod* 2013;39:20-6.
- Al Fouzan K, Awadh M, Badwelan M, Gamal A, Geevarghese A, Babhair S, *et al.* Marginal adaptation of mineral trioxide aggregate (MTA) to root dentin surface with orthograde/retrograde application techniques: A microcomputed tomographic analysis. *J Conserv Dent* 2015;18:109-13.
- Milani AS, Rahimi S, Borna Z, Jafarabadi MA, Bahari M, Deljavan AS. Fracture resistance of immature teeth filled with mineral trioxide aggregate or calcium-enriched mixture cement: an ex vivo study. *Dent Res J (Isfahan)* 2012;9:299-304.
- Nagas E, Uyanik O, Altundasar E, Durmaz V, Cehreli ZC, Vallittu PK, *et al.* Effect of different intraorifice barriers on the fracture resistance of roots obturated with Resilon or gutta-percha. *J Endod* 2010;36:1061-3.
- Lemon RR. Nonsurgical repair of perforation defects. Internal matrix concept. *Dent Clin North Am* 1992;36:439-57.
- Nosrat A, Nekoofar MH, Bolhari B, Dummer PM. Unintentional extrusion of mineral trioxide aggregate: a report of three cases. *Int Endod J* 2012;45:1165-76.
- Rossmelisl R, Reader A, Melfi R, Marquard J. A study of freeze-dried (lyophilized) dentin used as an apical barrier in adult monkey teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1982;53:303-10.
- Yassen GH. The orthograde application of mineral trioxide aggregate apical plug may be an effective treatment approach in teeth with open apices. *J Evid Based Dent Pract* 2013;13:104-6.
- Schmoldt SJ, Kirkpatrick TC, Rutledge RE, Yaccino JM. Reinforcement of simulated immature roots restored with composite resin, mineral trioxide aggregate, gutta-percha, or a fiber post after thermocycling. *J Endod* 2011;37:1390-3.
- Pashley D, Okabe A, Parham P. The relationship between dentin microhardness and tubule density. *Endod Dent Traumatol* 1985;1:176-9.
- Desai S, Chandler N. The restoration of permanent immature anterior teeth, root filled using MTA: a review. *J Dent* 2009;37:652-7.

33. Andreasen JO, Farik B, Munksgaard EC. Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dent Traumatol* 2002;18:134-7.
34. Andreasen JO, Munksgaard EC, Bakland LK. Comparison of fracture resistance in root canals of immature sheep teeth after filling with calcium hydroxide or MTA. *Dent Traumatol* 2006;22:154-6.
35. White JD, Lacefield WR, Chavers LS, Eleazer PD. The effect of three commonly used endodontic materials on the strength and hardness of root dentin. *J Endod* 2002;28:828-30.
36. Bortoluzzi EA, Souza EM, Reis JM, Esberard RM, Tanomaru-Filho M. Fracture strength of bovine incisors after intra-radicular treatment with MTA in an experimental immature tooth model. *Int Endod J* 2007;40:684-91.
37. Tay FR, Pashley DH. Monoblocks in root canals: a hypothetical or a tangible goal. *J Endod* 2007;33:391-8.
38. Brito-Júnior M, Pereira RD, Veríssimo C, Soares CJ, Faria-e-Silva AL, Camilo CC, *et al.* Fracture resistance and stress distribution of simulated immature teeth after apexification with mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2014;47:958-66.

Evaluation of the reinforcement effect on teeth with different apical foramen diameters of retrograde or orthograde MTA application with internal matrix

ABSTRACT

OBJECTIVE: The aim of this study was to determine the effect of the apical foramen diameter and different application methods of Mineral Trioxide Aggregate (MTA) on the

fracture resistance of simulated immature teeth using a Universal Testing Machine.

MATERIALS AND METHOD: Ninety extracted human teeth were used for the fracture resistance test. The apical foramen was prepared to a diameter of 1.0 mm or 1.4 mm to simulate the open apex of immature teeth. MTA was mixed according to manufacturer's recommendations and placed into the root canals with different apical foramen diameter by four different root filling techniques: retrograde, two-phased orthograde, and orthograde with or without internal matrix. Prepared roots were marked 2 mm below the cemento-enamel junction and embedded in transparent acrylic resin in cylinder moulds. Vertical force was applied along the long axis of the tooth at a speed of 5 mm/min, and the maximum resistance to fracture for each tooth was determined in Newton. A software package was used for the statistical analysis. The data were analyzed by using one-way ANOVA and post-hoc Tukey tests.

RESULTS: A statistically significant difference could not be observed between the groups ($p>0.05$) whereas statistically significant differences were found between the test groups and the control groups ($p<0.05$).

CONCLUSION: There was no significant difference between different vertical root filling techniques in increasing the fracture strength of the teeth. The diameter of the apical foramen did not have a significant effect on the fracture resistance.

KEYWORDS: Mineral trioxide aggregate; tooth apex; tooth fractures