

Farklı tamir materyalleriyle tedavisi yapılan eksternal servikal kök rezorpsiyonuna sahip dişlerin kırılma dayanımlarının değerlendirilmesi: Bir in vitro çalışma



Evaluation of fracture strength of teeth with external cervical root resorption treated with different repair materials: An in vitro study

Öz

Amaç: Bu in vitro çalışmanın amacı; farklı tamir materyalleri (MTA Angelus, RetroMTA, Biodentin) ile tedavi edilen eksternal servikal kök rezorpsiyonuna sahip dişlerin kırılma dayanımını değerlendirmektir.

Yöntemler: Bu çalışmada tek köklü 75 adet üst çene santral insan dişi kullanıldı. 15 örnek, hiçbir işlem yapılmadan pozitif kontrol grubu olarak ayrıldı. Kalan 60 örnekte simüle eksternal servikal rezorpsiyon defektleri oluşturuldu. Bu dişlerin bukkal yüzeyinin servikal üçlüsünde, mine sement sınırının hemen altında 2 mm derinliğinde, 2 mm uzunluk ve 4 mm genişliğinde rezorpsiyon kaviteleri su soğutması altında elmas frez kullanılarak hazırlandı. Dişler farklı tamir materyalleri ile tedavileri yapılmak üzere 4 gruba ayrıldı (n=15). Negatif kontrol grubu herhangi bir materyal ile doldurulmadan boş bırakıldı. Diğer 3 grup MTA Angelus, RetroMTA ve Biodentin ile üretici firmanın talimatları doğrultusunda hazırlanarak kaviteye yerleştirildi. Tüm numuneler 14 gün boyunca 37°C'de ve % 95 bağıl nemde bir inkübatörde tutulduktan sonra akril bloklara gömüldü. Dişlerin kırılma direnci, universal test cihazı kullanılarak Newton cinsinden ölçüldü. Veriler, tek yönlü anova ve post hoc tukey testi ile %5 anlamlılık düzeyinde analiz edildi ($p \leq 0.05$).

Bulgular: Biodentin, RetroMTA ve MTA Angelus grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p \geq 0.05$). Kullanılan tamir materyallerinin kırılma dayanımı değerleri negatif kontrol grubundan anlamlı derecede yüksek, pozitif kontrol grubundan anlamlı derecede düşük bulunmuştur.

Sonuç: Yapılan bu çalışmayla ECR'ye sahip dişlerin kırılma dayanımının azaldığı tespit edildi. Bununla birlikte; servikal defektler MTA, Biodentin ve RetroMTA ile tamir edildiğinde dişlerin kırılmaya daha dayanıklı hale gelmektedir.

Anahtar Sözcükler: Kök rezorpsiyonu; MTA-Angelus; tamir materyali

Abstract

Aim: The aim of this in vitro study is to evaluate the fracture strength of teeth with external cervical root resorption treated with different repair materials (MTA Angelus, RetroMTA, Biodentin).

Methods: In this study, 75 single-rooted maxillary central human teeth were used. 15 samples were separated as positive control group without any treatment. Simulated external cervical resorption defects were created in the remaining 60 specimens. In the cervical third of the buccal surface of these teeth, just below the cemento-enamel junction, resorption cavities of 2 mm deep, 2 mm long and 4 mm wide were prepared using a diamond bur under water cooling. The teeth were separated into 4 groups to be treated with different repair materials (n=15). The negative control group was left empty without any material. In the other 3 groups, MTA Angelus, RetroMTA and Biodentin were prepared according to the manufacturer's instructions and applied to the cavities. All specimens were kept in an incubator at 37°C and 95% relative humidity for 14 days and then embedded in acrylic blocks. The fracture resistance of the teeth was measured in Newtons using a universal tester. Data were analyzed with one-way ANOVA and post hoc tukey test at 5% significance level.

Results: No statistically significant difference was found between the Biodentin, RetroMTA and MTA Angelus groups. The fracture strength values of the repair materials used were significantly higher than the negative control group and significantly lower than the positive control group.

Conclusion: With this study, it was determined that the fracture strength of teeth with ECR decreased. However, teeth were found to be more resistant to fracture when these defects were repaired with MTA, Biodentin, and RetroMTA.

Keywords: Bioceramics; mineral trioxide aggregate; root resorption

Melike Bayram¹, Emre Bayram¹,
Şeyma Nur Gerçekçioğlu²,
Tunahan Döken¹

¹ Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti
Bölümü

² Özel Klinik, Kayseri

Geliş/Received : 08.11.2021

Kabul/Accepted: 30.11.2022

DOI: 10.21673/anadoluklin.1020671

Yazışma yazarı/Corresponding author

Melike Bayram

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Diş
Hekimliği Fakültesi, Endodonti Bölümü,
Tokat, Türkiye

E-posta: melikealaca@yahoo.com

ORCID

Melike Bayram: 0000-0002-3508-8458

Emre Bayram: 0000-0001-7672-250X

Ş. N. Gerçekçioğlu: 0000-0002-3905-6234

Tunahan Döken: 0000-0002-0008-0130

GİRİŞ

Kök rezorpsiyonu, odontoklastik etkinin bir sonucu olarak sement, dentin ve minenin kaybı ile sonuçlanan enflamatuvar bir hastalıktır (1). Kök rezorpsiyonu, kök yüzeyi üzerindeki lokasyona göre eksternal veya internal rezorpsiyon olarak sınıflandırılabilir. Eksternal kök rezorpsiyonu; yüzey rezorpsiyonu, eksternal inflamatuvar rezorpsiyon, eksternal servikal rezorpsiyon, eksternal replasman rezorpsiyonu ve geçici apikal rezorpsiyon şeklinde de alt sınıflara ayrılabilir (2,3). Eksternal servikal rezorpsiyon (ECR) genellikle dişin servikal bölgesinde, epitelyal ataşmanın hemen altında meydana gelir (2,4,5). Kesin nedeni tam olarak bilinmemekle birlikte sementin altındaki kök dentinini rezorpsiyondan koruduğu ve epitelyal ataşmanın altındaki bu koruyucu sement tabakasının hasar görmesinin veya eksikliğinin sonucunda kök yüzeyinin osteoklastlara maruz kaldığı ve ardından dentinin rezorbe olduğu kabul edilir (6,7). Kök yüzeyinin servikal bölgesine zarar verebilecek ve dolayısıyla ECR'yi başlatabilecek çeşitli etiyolojik faktörler olduğu öne sürülmüştür. Bunlar arasında dental travma (4,8), ortodontik tedavi (4,9), intrakoronal beyazlatma (4,10), periodontal tedavi (4,11) ve idiyopatik etiyoloji (12,13) bulunmaktadır. Ortodontik tedavi, dental travma ve beyazlatma hikayesinin ECR için en yaygın predispozan faktörler olduğu sonucuna varılmıştır. ECR'den en çok etkilenen dişler; maksiller kanin dişler, maksiller kesici dişler ve mandibular 1. molar dişlerdir (1).

Dişin servikalindeki pink spot ya da bantlaşma genellikle ECR için patognomiktir (8). Renk değişikliği, rezorptif defekt içindeki fibrovasküler granülasyon dokusundan kaynaklanır (5). Pink spotlar hasta ve/veya klinisyen tarafından kolaylıkla tespit edilebilmesine rağmen, ECR defektleri özellikle dişin interproksimal, lingual/palatal yönlerine lokalize olduğunda veya posterior dişlerde meydana geldiğinde tespit edilmesi daha zordur (14).

Temel tedavi yöntemleri, rezorptif dokunun kaşık şeklinde ekskavatorle veya düşük hızda frezlerle çıkarılmasına yöneliktir. Sağlam dentin marjinleri elde edildiğinde, dentin duvarları rezorptif doku kalıntılarını yok etmek için bazı şelatlama ajanları ile muamele edilir. Daha sonra defekt, uygun restoratif materyaller ile restore edilmelidir. Defekt koronal bölgede ise; amalgam veya kompozit ile restore edilebilirken,

radiküler bölgede biyolojik olarak daha uygun bir materyal olması ve periodontal reataşmana izin vermesi nedeniyle genellikle mineral trioksit agregat (MTA) gibi doku dostu materyallerin kullanımı önerilir (15).

MTA; yapılan çalışmalarda sızdırmazlık kabiliyetine (16), antibakteriyel özelliğe (17) ve biyouyumluluğa sahip (18), nem varlığında sertleşen kalsiyum silikat esaslı bir materyaldir (17). Aynı zamanda reparatif dentin oluşumu, sement oluşumu ve osteoblast farklılaşmasını da destekler (19,20).

MTA Angelus (Angelus, Londrina, Brezilya) 2001'de Brezilya'da piyasaya sürülmüş, 2011'de de Food and Drug Administration (FDA) onayı alarak Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nde kullanıma sunulmuştur. İçeriği; silisyum oksit, potasyum oksit, alüminyum oksit, sodyum oksit, demir oksit, kalsiyum oksit, bizmut oksit, magnezyum oksit, çözünmeyen kristal silika artıkları, potasyum sülfat ve sodyum sülfattır. Kısa sertleşme süresine sahiptir. Hazırlandıktan 15 dk. sonra sertleşir (21). Uygulandığı bölgeye kalsiyum iyonları salarak alkali bir ortam yaratır (22).

Yeni geliştirilen bir tamir materyali olan RetroMTA (BioMTA, Seul, Kore Cumhuriyeti) kök rezorpsiyonlarının ve perforasyonların tamiri, pulpa kapaklama ve retro dolgularında kullanılmak üzere piyasaya sunulmuştur. RetroMTA; kalsiyum karbonat, alüminyum oksit, silikon dioksit ve radyopaklaştırıcı olarak kalsiyum zirkonya kompleksinden oluşan hızlı sertleşen bir kalsiyum silikat simandır. Üretici firma, geleneksel MTA ile kıyaslandığında daha kısa bir sertleşme süresi gerektirdiğini ve kan kontaminasyonunda bile renk değişikliğinin olmadığını iddia eder. Yüksek biyouyumluluk, iyi hücre yaşayabilirliği, inflamasyon olmadan vital pulpa dokusuna komşu sert doku köprüsü oluşumunu indüklemeye gibi çeşitli olumlu özellikleri vardır (23,24).

Biodentin (Septodont, Saint Maur des Fosses, Fransa) 2010 yılında piyasaya sürülmüştür. İnsan dentinine benzer mekanik özelliklere ve mekanik davranışa sahip olduğu iddia edilen yeni bir biyoseramik malzemedir ve mükemmel sızdırmazlık özelliklere sahip olduğu bildirilmesine rağmen literatürde çelişkili sonuçlar da bildirilmiştir (25,26). Rezin içermez ve esas olarak saf trikalsiyum silikattan oluşur. Kimyasal bileşim, toza kalsiyum karbonat ilavesiyle MTA'dan farklıdır (27).

Dişlerde meydana gelen bütün rezorptif defektler, madde kaybı sonucunda dişin kırılabilirliğinin artmasına yol açmaktadır (28). Bununla birlikte; rezorpsiyona uğramış dişler üzerinde yapılan bir çalışmada MTA'nın dişlerde kırılma direncini artırdığı belirtilmiştir (29). Biz de sunulan bu çalışmada farklı tamir materyalleriyle tedavisi yapılan eksternal servikal kök rezorpsiyonuna sahip dişlerin kırılma dayanımlarını değerlendirmeyi amaçladık. Çalışmamızın h_0 hipotezi, farklı tamir materyalleriyle tedavisi yapılan eksternal servikal kök rezorpsiyonuna sahip dişlerin kırılma dayanımları arasında bir fark olmadığıdır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmaya Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan (Tarih: 15.10.2020, Karar no: 2020/14) onay alındıktan sonra başlamıştır. Bu çalışmada, herhangi bir çürük lezyonu, şekil veya büyüklük anomalisi, kaynaşmış kök veya önceden kök kanalı tedavisi olmayan, olgun apeksli, tek köklü 75 adet üst çene santral insan dişi kullanıldı. Çalışmamızda kullanılan dişler, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş, Çene Hastalıkları ve Cerrahisi Anabilim Dalı Polikliniği'nde farklı nedenlerle çekilmiş dişlerden elde edildi. Çalışmaya dâhil edilecek dişlerin yaş aralığının benzer olmasına dikkat edildi. Tüm dişler %5,25'lik NaOCl (Werax, İzmir, Türkiye) içinde 1 saat bekletildi ve tekrar akan su altında yıkılarak çalışma başlangıcına kadar distile su içerisinde muhafaza edildi. Çalışmanın tüm safhaları tek bir araştırmacı tarafından gerçekleştirildi.

Çalışmada standardizasyonu sağlamak için benzer diş boyutlarına sahip örnekler seçildi. 15 örnek, hiçbir işlem yapılmadan pozitif kontrol grubu olarak ayrıldı. Kalan 60 örnek için kök kanallarına herhangi bir işlem yapılmadan sadece simüle eksternal servikal rezorpsiyon defektleri oluşturuldu. Bu dişlerin bukkal yüzeyinin servikal üçlüsünde, mine sement sınırının hemen altında 2 mm derinliğinde, 2 mm uzunluk ve 4 mm genişliğinde rezorpsiyon kaviteyi su soğutması altında elmas frez kullanılarak hazırlandı. Dişler farklı tamir materyalleri ile tedavileri yapılmak üzere 4 gruba ayrıldı (n=15). Negatif kontrol grubunda kavite herhangi bir materyal ile doldurulmadan boş bırakıldı. Biodentin (Septodont, Saint Maur des Fosses,

Fransa), MTA Angelus (Angelus, Londrina, Brezilya) ve RetroMTA (BioMTA, Seoul, Korea) grubunda ise materyaller üretici firmanın talimatları doğrultusunda kaviteye yerleştirildi.

Salinle ıslatılmış pamuk peletler, her dişte kullanılan materyal üzerine yerleştirildi. Tüm numuneler 14 gün boyunca 37°C 'de ve % 95 bağıl nemde bir inkübatörde tutuldu. Daha sonra sertleşme periyotları tamamlanan örnekler, oluşturulan simüle rezorpsiyon defektlerinin 2 mm altından kök ucuna kadar olacak şekilde 1x1 cm ölçülerinde akril bloklara gömüldü. Periodontal ligamenti taklit etmesi için dişler gömülmeden önce kök yüzeyleri ince bir tabaka mum ile kaplandı. Bir universal test cihazı (AGS-X; Shimadzu Corporation, Tokyo, Japan) kullanılarak dişlerin kırılma direnci, dişe vertikal pozisyonda, uzun eksene 90° olacak şekilde, düz bir uç ile dişin vestibül bölgesinden gelen kuvvetle ölçüldü. Değerler Newton cinsinden ölçüldü.

İstatistiksel analiz

Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri SPSS 22 (IBM Corporation Software Group, Armonk, NY, ABD) kullanılarak yapıldı. Veriler, tek yönlü anova ve post hoc tukey testi ile %5 anlamlılık düzeyinde analiz edildi ($p \leq 0.05$).

BULGULAR

Pozitif ve negatif kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmiştir. Biodentin, RetroMTA ve MTA Angelus arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Kullanılan tamir materyallerinin kırılma dayanımı değerleri negatif kontrol grubundan anlamlı derecede yüksek, pozitif kontrol grubundan anlamlı derecede düşük bulunmuştur (Tablo 1).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Kök rezorpsiyonu, osteoklastik etkinin bir sonucu olarak görülen diş sert dokularının kaybı olarak tanımlanır (1). Eksternal servikal rezorpsiyon (ECR), diş sert doku yıkımının nispeten nadir ancak agresif bir şeklidir. Kök yüzeyinin servikal yönünden başlar ve dentin içinde apikokoronal ve çevresel olarak uzanır (30). Bu dinamik süreç sırasında, rezorpsiyonun kök kanal boşluğuna ulaşabileceği son ilerleme aşaması dışında, pulpa tipik olarak sağlam kalır (31).

Tablo 1. Ortalama kırılma direnci (N), std. sapma ve tanımlayıcı istatistik değerleri

	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata
Biodentin	418,67 ^A	84,271	21,759
RetroMTA	429,00 ^A	112,439	29,032
MTA Angelus	424,13 ^A	125,443	32,389
Negatif Kontrol	405,00 ^C	89,756	23,175
Pozitif Kontrol	622,60 ^B	155,306	40,100
Total	459,88	139,907	16,155

p<0.05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. İstatistiksel olarak aralarında anlamlı fark olan gruplar farklı üst simge ile gösterilir. Ortalama Kırılma Direnci (N), standart sapma değerleri.

Tablo 2. Lezyonların sınıflandırılması ve tedavi seçenekleri

Kategori	Tedavi edilebilirlik	Erişilebilirlik (eksternal)	Erişilebilirlik (internal)	Seçenek
Sınıf 1	+	+	+	Eksternal tamir (Flep cerrahisi)
Sınıf 2	+	-	+	İnternal tamir (Kök kanal tedavisi)
Sınıf 3	+	-	-	Palyatif tedavi
Sınıf 4	-	-	-	Ekstraksiyon

Eksternal servikal rezorpsiyonunu araştıran çok sayıda vaka raporu ve klinik çalışmaya rağmen, etiolojisi belirsizliğini korumaktadır (30). Temel tedavi seçenekleri 2 geniş kategoriye ayrılır; cerrahi yaklaşımlar ve cerrahi olmayan yaklaşımlar. Flep cerrahisi ve kanal tedavisi en sık uygulanan 2 yöntem iken, kasıtlı replantasyon, periyodik inceleme ve ekstraksiyon da olgu sunumlarında tedavi seçenekleri arasında yer almıştır (28,32). Bununla birlikte, bugüne kadar ECR tedavisi için standart bir protokol önerilmemiştir. Lezyonlar, tedavi edilebilirlik ve erişilebilirliklerine göre 4 sınıfa ayrılır ve tedavi seçenekleri lezyon sınıflandırmasına uygun olarak yapılır (Tablo 2) (30).

Matny ve ark. yaptıkları çalışmada ECR vakalarının tedavisinden sonra dişlerin prognozlarını değerlendirmişler ve sınıf 1 ve 2 defektlerin prognozlarının sınıf 3 ve 4'ten daha iyi olduğu sonucuna varmışlardır (33). Biz de sunulan bu çalışmada üst santral dişlere sınıf 1 ECR defekt simülasyonu oluşturduktan sonra kaviteleri MTA, Biodentin ve RetroMTA ile restore ettik ve dişlerin kırılmaya karşı dayanımlarını değerlendirmeyi amaçladık. Çalışmamızın bulgularına göre; kullandığımız tamir materyalleri ECR defekte sahip dişlerin kırılma dayanımını arttırmıştır. Ancak; kullanılan MTA, Biodentin ve RetroMTA tamir materyalleri arasında fark bulunamamıştır. Bu sebeple; çalışmamızın h_0 hipotezi kabul edilmiştir.

Çalışmamızda pozitif kontrol grubunu hiçbir işlem yapılmamış dişlerden seçerek sağlıklı diş simülasyonu elde ettik. Negatif kontrol grubunda ise ECR benzeri kaviteler hazırlayarak ECR defekti olan ve tedavi edilmemiş diş simülasyonu elde etmeye çalıştık. Sonuçta MTA, Biodentin ve RetroMTA ile doldurduğumuz ECR'ye sahip dişlerin kırılma dayanımı pozitif kontrol grubundan anlamlı derecede düşük çıkmıştır. Bu sayede, ECR'ye sahip defektlerin gerçekten dişleri kırılmaya yatkın hale getirip getirmediğini karşılaştırmış olduk. MTA, Biodentin ve RetroMTA ile doldurduğumuz ECR'ye sahip dişlerin kırılma dayanımı negatif kontrol grubundan ise anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Bu da, biyomateryaller ile doldurulan defektlerin dişleri güçlendirmiş olduğunu göstermiştir.

Literatürde MTA gibi biyomateryallerin immatür dişlerde apikal tıkaç olarak veya internal rezorpsiyon vakalarında tamir materyali olarak kullanıldığında dişleri güçlendirdiğine dair çalışmalar yapılmıştır. Bununla birlikte; sunulan bu çalışma ECR defektlerinde MTA, Biodentin ve RetroMTA biyomateryallerinin kullanımını değerlendiren ilk çalışmadır (34-38). Bu yüzden çalışmamızın sonuçlarını direk olarak karşılaştıracığımız bir literatür bulunmamaktadır. Ancak; immatür dişlerde MTA ve diğer kalsiyum içerikli tamir materyalleri kullanılarak yapılan kırılma dayanımı çalışmalarında MTA ve benzeri özellikteki materyal-

lerin açık apeksli dişlerin kırılma dayanımını arttırdığı bildirilmiştir. Bu sonuçlar bizim çalışma sonuçlarımızı da desteklemektedir (37,38). Bogen ve ark.'na göre; MTA ve dentin arasındaki biyolojik etkileşim sonucu dentin matriksinde meydana gelen değişim, dentinin organik matriksinin yıkımını engelleyebilecektir (38). Dişlerin kırılma dayanımlarının artması bu teori ile açıklanabilir. Maita ve ark. ise yaptıkları çalışmada MTA'nın dişleri vertikal kuvvetlere karşı daha dayanıklı hale getirdiğini göstermişlerdir (36). Benzer olarak Aktemur ve ark. da internal rezorpsiyonlara sahip dişleri kalsiyum içerikli tamir materyalleri kullanarak doldurduktan sonra kırılma dayanımlarını değerlendirmişler ve dişlerin kırılma dayanımlarının arttığını bulmuşlardır (34). Bu çalışmalara uyumlu olarak, biz de çalışmamızda MTA, Biodentin ve RetroMTA ile doldurduğumuz ECR'ye sahip dişlerin kırılmaya daha dayanıklı hale geldiğini tespit ettik. Maita ve Aktemur, bu durumu dentin ve kalsiyum içerikli materyaller arasında oluşan hidroksiapatit benzeri yapıya bağlamışlardır. Hidroksiapatit yapısı dentine kimyasal olarak bağlanarak dişleri kırılmaya karşı dirençli hale getirmiş olabilir.

Rezorpsiyon görülen dişlerde restorasyon yapılmadığı durumlarda dişler kırılmaya karşı daha dirençsiz hale gelmektedir. İlerleyen dönemlerde geliştirilecek materyallerle rezorpsiyon kavitelesinin kuvvetlere karşı daha dayanıklı olabilmesi sağlanabilir.

Çalışmamızın bir limitasyonu, deney düzeneğinde düzenli bir ECR defektine sahip santral dişleri değerlendirmektir. Bununla birlikte, çalışmanın diğer bir limitasyonu ise test edilen dişlere gelen kuvvetin tek yönlü olmasıdır. Klinikte bu ECR defektleri daha düzensiz alanlardan oluşmaktadır ve dişlere gelen farklı yönde kuvvetler mevcuttur. Bu limitasyonlar dahilinde, ECR defektine sahip dişlerin MTA, Biodentin ve RetroMTA ile tedavisi sonrasında dişlerin kırılmaya karşı daha dirençli hale geldiği sonucuna varılabilir. Bu tamir materyalleri ile ileri dönemde klinik çalışmalar yapılmasına ihtiyaç vardır.

Çıkar çatışması ve finansman bildirimi

Yazarlar bildirecek bir çıkar çatışmaları olmadığını beyan eder. Yazarlar bu çalışma için hiçbir finansal destek almadıklarını da beyan eder.

KAYNAKLAR

1. Patel S, Kanagasingam S, Ford TP. External cervical resorption: a review. *J Endod.* 2009;35(5): 616-25.
2. Patel S, Ford TP. Is the resorption external or internal? *Dent Update.* 2007;34(4):218-29.
3. Patel S, Saberi N. The ins and outs of root resorption. *Brit Dent J.* 2018;224(9): 691-9.
4. Heithersay GS. Clinical, radiologic, and histopathologic features of invasive cervical resorption. *Quintessence Int.* 1999;30(1):27-37.
5. Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Verbeken E, Wevers M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Cervical external root resorption in vital teeth: X-ray microfocus-tomographical and histopathological case study. *J Clin Periodontol.* 2002;29(6):580-5.
6. Gold SI, Hasselgren G. Peripheral inflammatory root resorption: a review of the literature with case reports. *J Clin Periodontol.* 1992;19(8):523-34.
7. Hammarström L, Lindskog S. Factors regulating and modifying dental root resorption. *Proc Finn Dental Soc.* 1992;88:115-23.
8. Heithersay GS. Invasive cervical resorption. *Endod topics.* 2004;7(1):73-92.
9. Tronstad L. Endodontic aspects of root resorption in clinical endodontics: a textbook. 2002, Stuttgart: Thieme.
10. Harrington GW, Natkin E. External resorption associated with bleaching of pulpless teeth. *J Endod.* 1979;5(11):344-8.
11. Trope M. Root resorption due to dental trauma. *Endod topics.* 2002;1(1):79-100.
12. Gunraj MN. Dental root resorption. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol, Endod.* 1999;88(6):647-53.
13. Liang H, Burkes E, Frederiksen N. Multiple idiopathic cervical root resorption: systematic review and report of four cases. *Dentomaxillofac Radiol.* 2003;32(3):150-5.
14. Patel S, Mavridou AM, Lambrechts P, Saberi N. External cervical resorption-part 1: histopathology, distribution and presentation. *Int Endod J.* 2018;51(11):1205-23.
15. Kandalgaonkar SD, Gharat LA, Tupsakhare SD, Gabbane MH. Invasive cervical resorption: a review. *J Int Oral Health.* 2013;5(6):124-30.
16. Torabinejad M, Parirokh M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part II: leakage and biocompatibility investigations. *J Endod.* 2010;36(2):190-202.
17. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part I: che-

- mical, physical, and antibacterial properties. *J Endod.* 2010;36(1): 16-27.
18. Sultana N, Singh M, Nawal RR, et al. Evaluation of biocompatibility and osteogenic potential of tricalcium silicate-based cements using human bone marrow-derived mesenchymal stem cells. *J Endod.* 2018;44(3): 446-51.
 19. Koh ET, Torabinejad M, Pitt Ford TR, Brady K, McDonald F. Mineral trioxide aggregate stimulates a biological response in human osteoblasts. *J Biomed Mater Res.* 1997;37(3): 432-9.
 20. Torabinejad M, Parirokh M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview-part II: other clinical applications and complications. *Int Endod J.* 2018;51(3):284-317.
 21. Tawil PZ, Duggan DJ, Galicia JC. Mineral trioxide aggregate (MTA): its history, composition, and clinical applications. *Comp Cont Educ Dent (Jamesburg, NJ):* 1995. 2015;36(4):247-52; quiz 254, 264.
 22. Duarte MAH, de Oliveira Demarchi ACC, Yamashita JC, Kuga MC, de Campos Fraga S. pH and calcium ion release of 2 root-end filling materials. *Oral Surg, Oral Med, Oral Pathol, Oral Radiol, Endod.* 2003;95(3):345-7.
 23. 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(3):185-90.
 24. Souza LCD, Yadlapati M, Dorn SO, Silva R, Letra A. Analysis of radiopacity, pH and cytotoxicity of a new bioceramic material. *J Appl Oral Sci.* 2015;23(4):383-9.
 25. 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(4):273-82.
 26. Malkondu Ö, Karapinar Kazandağ M, Kazazoğlu E. A review on biodentine, a contemporary dentine replacement and repair material. *Biomed Res Int.* 2014;2014:160951.
 27. Laurent P, Camps J, De Méo M, Déjou J, About I. Induction of specific cell responses to a Ca₃SiO₅-based posterior restorative material. *Dent mater.* 2008;24(11):1486-94.
 28. Patel S, Foschi F, Condon R, Pimentel T, Bhuvu B. External cervical resorption: part 2-management. *Int Endod J.* 2018;51(11):1224-38.
 29. Bortoluzzi EA, Souza EM, Reis JMSN, 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(9):684-91.
 30. Chen Y, Huang Y, Deng X. A review of external cervical resorption. *J Endod.* 2021;47(6):883-94.
 31. Irinakis E, Aleksejuniene J, Shen Y, Haapasalo M. External cervical resorption: a retrospective case-control study. *J Endod.* 2020;46(10):1420-7.
 32. Patel J, Beddis HP. How to assess and manage external cervical resorption. *Brit Dent J.* 2019;227(8):695-701.
 33. Matny LE, Ruparel NB, Levin MD, Noujeim M, Diogenes A. A volumetric assessment of external cervical resorption cases and its correlation to classification, treatment planning, and expected prognosis. *J Endod.* 2020;46(8):1052-8.
 34. Türker SA, Uzunoğlu E, Sungur DD, Tek V. Fracture resistance of teeth with simulated perforating internal resorption cavities repaired with different calcium silicate-based cements and backfilling materials. *J Endod.* 2018;44(5):860-3.
 35. Ulusoy Öİ, Paltun YN. Fracture resistance of roots with simulated internal resorption defects and obturated using different hybrid techniques. *J Dent Sci.* 2017;12(2):121-5.
 36. EL-Ma'aita AM, Qualtrough AJE, Watts DC. Resistance to vertical fracture of MTA-filled roots. *Dent Traumatol.* 2014;30(1):36-42.
 37. Darak P, Likhitar M, Goenka S, Kumar A, Madale P, Kelode A. Comparative evaluation of fracture resistance of simulated immature teeth and its effect on single visit apexification versus complete obturation using MTA and biodentine. *J Fam Med Prim Care.* 2020;9(4):2011-5.
 38. Bogen G, Kuttler S. Mineral trioxide aggregate obturation: a review and case series. *J Endod.* 2009;35(6):777-90.