

Kalsiyum Silikat Esaslı Kök Kanal Patlarının Bulkfill veya Kor Materyali ile Kullanımının Köklerin Kırılma Direncine Etkisi: Deneysel Araştırma (In Vitro Değerlendirme)

The Effects of Calcium Silicate Based Sealers Tested in Bulk or with Gutta-Percha on Fracture Resistance of Roots: Experimental Research (In Vitro Design)

^{ID} Merve SARI^a, ^{ID} Pelin TÜFENKÇİ^a, ^{ID} Zeynep Sena GÜNGÖRDÜ^a, ^{ID} Şule PEKUZ^a, ^{ID} Koray YILMAZ^a

^aHatay Mustafa Kemal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti ABD, Hatay, Türkiye

ÖZET Amaç: Bu çalışmada, epoksi-rezin içerikli kanal patı ile karşılaştırılabilir olarak tek başına veya gutta-perka ile birlikte kullanılan kalsiyum silikat içerikli kanal dolgu patlarının köklerin kırılma direnci üzerindeki etkisini değerlendirmek amaçlanmıştır. **Gereç ve Yöntemler:** Altmış adet tek köklü, tek ve düz kanallı mandibular premolar diş seçilmiştir. Diş kökleri 13 mm kalacak şekilde kron kısımları uzaklaştırılmıştır. Örnekler rastgele 6 gruba ayrılmıştır (n=10). Grup 1 (negatif kontrol): Preparasyon yapılmış ancak kanal dolgusu yapılmamıştır. Grup 2 (pozitif kontrol): AH Plus patı ve tek kon tekniği ile kanallar doldurulmuştur. Grup 3a: GuttaFlow Bioseal (GFB) patı kor materyali olmadan (bulkfill) kullanılmıştır. Grup 3b: GFB patı ve tek kon tekniği ile kanallar doldurulmuştur. Grup 4a: Tech Biosealer (TB) patı kor materyali olmadan kullanılmıştır. Grup 4b: TB patı ve tek kon tekniği ile kanallar doldurulmuştur. Akrilik rezine gömülen dişlerin kırılma direnci Universal Test Cihazı ile değerlendirilmiştir. Kırılmaya neden olan maksimum yük değerleri belirlenmiş ve Newton cinsinden (maksimum-kuvvet) kaydedilmiştir. Sonuçlar tek yönlü varyans analizi ve Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılarak p<0,05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak analiz edilmiştir. **Bulgular:** Kökleri kırmak için gereken en zayıf kuvvet negatif kontrol grubunda görülürken, en yüksek kuvvet TB-Bulkfill grubunda görülmüştür (p<0,05). GFB ve TB kanal patları bulkfill olarak kullanıldığında tek kon tekniğine kıyasla anlamlı olarak daha yüksek kırılma dayanımı elde edilmiştir (p<0,05). Tek kon tekniğinin kullanıldığı gruplarda TB patı, GFB ve AH Plus'a kıyasla daha yüksek kırılma dayanımı göstermiştir (p<0,05). **Sonuç:** Tüm kök kanal dolgu patları, prepare edilmiş kök kanallarının kırılmaya karşı direncini artırmıştır. GFB ve TB patları bulkfill olarak kullanıldığında, tek kon tekniğine kıyasla daha yüksek kırılma direnci göstermiştir.

ABSTRACT Objective: This study was aimed to evaluate the influence of calcium silicate-based sealers, with or without gutta-percha, on fracture resistance of roots, in comparison with epoxy-resin based sealer. **Material and Methods:** Sixty single rooted, single and straight canal mandibular premolar teeth were selected. The samples were decoronated to obtain roots with a standardized length of 13 mm. The samples were randomly divided into 6 groups (n=10). Group 1 (negative control): Root canals were prepared and left unfilled. Group 2 (positive control): Root canals were filled with AH Plus and single cone technique (SC). Group 3a: GuttaFlow Bioseal (GFB) was used without a core material (bulkfill). Group 3b: Root canals were filled with GFB and SC. Group 4a: Tech Biosealer (TB) was used without a core material. Group 4b: Root canals were filled with TB and SC. The fracture resistance of teeth embedded in acrylic resin was evaluated with the Universal Test Machine. The maximum load values that cause fracture in the samples were determined and recorded in Newtons. The results were statistically analyzed at p<0.05 significance level using one-way analysis of variance and Tukey multiple comparison test. **Results:** The minimum and highest forces were seen in the negative control and the TB-Bulkfill groups, respectively (p<0.05). When GFB and TB sealers were used as bulkfill, higher fracture resistance were obtained compared to the SC. **Conclusion:** All root canal sealers examined in this study increased the fracture resistance of prepared root canals. When GFB and TB were used as bulkfill, showed higher fracture resistance compared to SC.

Anahtar Kelimeler: AH Plus; GuttaFlow Bioseal; Tech Biosealer; kırılma dayanımı

Keywords: AH Plus; GuttaFlow Bioseal; Tech Biosealer; Fracture Resistance

Dikey kök kırığı, endodontik tedavi görmüş dişlerde, diş çekimine yol açabilecek en yaygın ve ciddi komplikasyonlardan biridir.¹ Araştırmalar, endodon-

tik tedavi görmüş dişlerin kırılmaya yatkınlığının çürüğün uzaklaştırılması, giriş kavitesi açılması ve kök kanal preparasyonu sonrası diş sert dokularının kay-

Correspondence: Koray YILMAZ

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti ABD, Hatay, Türkiye

E-mail: koray1903@hotmail.com



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences.

Received: 15 Sep 2022

Received in revised form: 27 Mar 2023

Accepted: 25 Apr 2023

Available online: 22 May 2023

2146-8966 / Copyright © 2023 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

bedilmesi, kök kanal dolgusu sırasında aşırı kuvvet uygulanması gibi terapötik endodontik prosedürler ile ilişkili olduğunu bildirmiştir.² Literatürde, kök kanal dolgusunun endodontik tedavi görmüş dişlerin kırılma direncine etkisiyle ilişkili farklı sonuçlar yer almaktadır. Kanal dolgu materyallerinin köklerin kırılma dayanımına olumlu etkisini bildiren çalışmaların yanı sıra bazı yazarlar, kullanılan materyallerin kökün güçlendirilmesinde herhangi bir etkisi olmadığını bildirmiştir.³⁻⁵

Kök kanallarının dolgusunda çoğunlukla gelecekte guta-perka ve kanal patları kombine şekilde kullanılmaktadır. Kök kanal sisteminin dentin tübülleri, düzensiz alanlar ve ramifikasyonlar içeren karmaşık morfolojisi, ideal bir kanal dolgusu için zorluk teşkil etmektedir. Kök kanal patları, kor materyali ile kanal duvarları arasındaki boşlukların ve kanal düzensizliklerinin doldurulmasında önemli bir role sahiptir.⁶ İdeal bir kök kanal patı, hem dentine hem de kor materyaline adezyon göstermeli, uzun dönemde boyutsal stabilitesini korumalı ve kök kanal sistemini hermetik olarak kapatabilmelidir.^{7,8} GuttaFlow kanal patının revize edilmesiyle 2015 yılının sonlarında piyasaya sürülen GuttaFlow Bioseal (GFB; Coltène/Whaledent, Altstätten, İsviçre) guta-perka, polidimetilsiloksan, platin katalizör, zirkonyum dioksit, kalsiyum salisilat, nano-gümüş parçacıklar, renklendiricilerden oluşur ve biyoaktivitesinin geliştirilmesi amacıyla içeriğine cam seramik ilave edilmiştir.⁹ Üreticiye göre GFB' bileşimindeki değişiklik, bu pata periapikal dokuları yenileme ve iyileştirme yeteneği sağlamıştır. GFB patı, hidroksiapatit kristallerinin oluşumunu indükler ve dentine iyi adezyon gösterir.¹⁰ Tech Biosealer Endo (TB; Isasan, Como, İtalya), kalsiyum silikat içerikli bir kanal dolgu patıdır. Üreticiye göre yüksek antibakteriyel aktiviteye, mükemmel biyouyumluluğa ve yeterli apikal sızdırmazlığa sahiptir.¹¹ AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Almanya), fizikokimyasal özelliklerinin ve kök kanal duvarlarına adaptasyonunun iyi olması, uzun süreli boyutsal stabilite ve düşük polimerizasyon büzülmesi göstermesi sebebiyle yaygın olarak kullanılan epoksi rezin esaslı bir kök kanal patıdır. Bu nedenle diğer kanal patları ile karşılaştırmak için sıklıkla kullanılmaktadır.¹²

Yapılan araştırmalar, kök kanal patlarının, özellikle kalsiyum silikat içerikli olanların, kök kanallarında bulkfill formunda (kor materyali olmadan) kullanıldığında guta-perka ile birlikte olduğundan daha yüksek bağlanma gücü gösterdiğini bildirmiştir.¹³ Bununla birlikte, kanal patlarının bulkfill formunda kullanılmasının köklerin kırılma dayanımına etkisinin olup olmadığı henüz araştırılmamıştır. Bu nedenle bu çalışmanın amacı, epoksi-rezin içerikli AH Plus kanal patı ile karşılaştırmalı olarak, tek başına veya guta-perka ile birlikte kullanılan kalsiyum silikat içerikli GFB ve TB kanal dolgu patlarını, köklerin kırılma direnci üzerindeki etkisini araştırmaktır. Çalışmanın sıfır hipotezi, hem farklı kanal patları arasında hem de kanal patlarının tek başına veya guta-perka ile birlikte kullanılmasının köklerin kırılma direnci açısından fark yaratmayacağıdır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışma Mustafa Kemal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Ana Bilim Dalında in vitro şartlarda ve Helsinki Deklarasyonu prensiplerine uygun olarak yapıldı. Bu çalışma Mustafa Kemal Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı Etik Kurulu tarafından onaylandı (tarih: 14.01.2021, no: 12).

ÖRNEK SEÇİMİ

Her grup için örneklem büyüklüğünü belirlemek için F-test ailesi ve $\alpha=0,05$ ve $\beta=0,80$ ile varyans testi (G*Power 3.1; Heinrich Heine Üniversitesi, Düsseldorf, Almanya) kullanılarak bir güç analizi yapıldı. Hesaplama, örneklem büyüklüğünün en az 10 diş olması gerektiğini gösterdi. Bu nedenle çalışmada kullanılmak üzere periodontal nedenlerle çekilmiş, 60 adet tek köklü, tek kanallı, apikal gelişimini tamamlamış, düz kanallara sahip alt küçük azı insan dişleri seçildi. Dişlerin seçiminde kök çürüğü, kırık veya çatlak, eski kanal dolgusu, internal rezorpsiyon, kalsifikasyon gözlenmemesi dikkate alındı. Apikal çapı 15 no.lu K-tipi eğenin çapından büyük olan dişler çalışmaya dâhil edilmedi. Dijital bir kumpas yardımıyla dişlerin bukkolingual ve mesiodistal çapları ölçüldü ve birbirine yakın boyutlara sahip dişler seçildi. Dişlerin üzerindeki sert ve yumuşak doku artıkları ultrasonik cihazlarla temizlendikten sonra numuneler deney zamanına kadar distile su içinde bekletildi.

ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI

Kök uzunluğunu standardize etmek amacıyla kök boyu 13 mm kalacak şekilde tüm dişlerin kronları su soğutması altında elmas separe kullanılarak uzaklaştırıldı.

Giriş kavitesi elmas fissür frezlerle (ISO No: 111-014; çap: 1:59-1:60) açıldı. Çalışma uzunluğunu belirlemek için 15 K egesi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) kanal içerisinde apikal foramende görüne kadar ilerletildi ve kaydedilen uzunluktan 1 mm çıkarılarak çalışma boyu (ÇB) belirlendi.

KÖK KANALLARININ PREPARASYONU

Kök kanallarında 10, 15 K tipi eğelerle glide path oluşturulduktan sonra sırasıyla 20/.06, 25/.06, 30/.05 Mtwo eğeleri (VDW, Münih, Almanya) ÇB'ye ulaşıncaya kadar kullanıldı. Kanal preparasyonu üretici firmanın talimatları doğrultusunda ve X Smart (DENTSPLY, Maillefer) endodontik motor kullanılarak gerçekleştirildi. Enstrümantasyon sırasında, gagalama hareketinin ilerlemesi 3-4 mm ile sınırlandırıldı. Her 3 gagalama hareketinden sonra ege kanaldan çıkarılarak, yüzeydeki debrisler gazlı bez ile temizlendi.

Kanallar her ege sonrasında 2,5 mL %5,25 sodyum hipoklorit (NaOCl) solüsyonu kullanılarak irrigate edildi. Tüm numunelerde irrigasyon hacmi eşit olacak şekilde 10mL NaOCl idi. Enstrümantasyondan sonra "smear" tabakasını uzaklaştırmak amacıyla kök kanalları 5 mL%17 EDTA ile irrigate edildi. Kanallar son olarak 5 mL distile su ile yıkandı ve kâğıt konlar ile kurutuldu.

Altmış adet diş rastgele 6 gruba ayrıldı (n=10).

Grup 1: kök kanal preparasyonu yapıldı, fakat kanal dolgusu yapılmadı (negatif kontrol).

Grup 2: Bu grupta kök kanallarına lentulo yardımıyla ÇB'den 2 mm kısa olacak şekilde AH Plus kanal patı gönderildi (Resim 1). 30/.05 Mtwo guta-perka kon, kanal patına bulanarak ÇB'de kanal içine yerleştirildi. Guta-perkanın koronalde kalan kısmı ısıtılmış bir fulvar kullanılarak kesildi.

Geriye kalan numuneler kullanılan kanal dolgu tekniği ve kanal dolgu patına göre 2 ana ve ikişer alt gruba ayrıldı.



RESİM 1: Kök kanallarına lentulo aracılığıyla kanal patı uygulanması.

Grup 3a (GFB-B): Kor materyali olmadan GFB kanal patı, kanal doldurulana kadar enjekte edildi.

Grup 3b (GFB-T): Bu grupta kök kanallarına lentulo yardımıyla ÇB'den 2 mm kısa olacak şekilde GFB kanal patı gönderildi. 30/.05 Mtwo guta-perka kon, kanal patına bulanarak ÇB'de kanal içine yerleştirildi. Guta-perkanın koronalde kalan kısmı ısıtılmış bir fulvar kullanılarak kesildi.

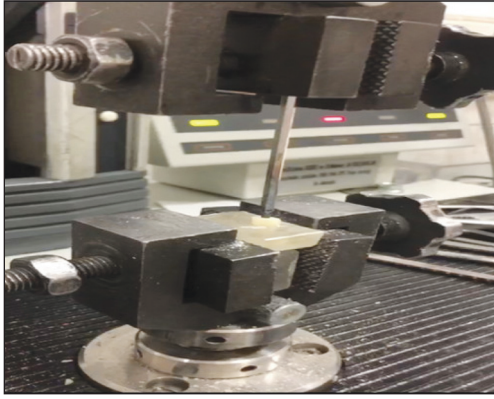
Grup 4a (TB-B): Kor materyali olmadan TB kanal patı, kanal doldurulana kadar enjekte edildi.

Grup 4b (TB-T): Bu grupta kök kanallarına lentulo yardımıyla ÇB'den 2 mm kısa olacak şekilde TB kanal patı gönderildi. 30/.05 Mtwo guta-perka kon, kanal patına bulanarak ÇB'de kanal içine yerleştirildi. Guta-perkanın koronalde kalan kısmı ısıtılmış bir fulvar kullanılarak kesildi.

Kanal dolguları tamamlandıktan sonra giriş kaviteleri geçici dolgu maddesi (Cavit; 3M ESPE, Seefeld, Almanya) ile kapatıldı. Kök kanal patlarının sertleşmesi için numuneler 37°C'de ve %100 nemde 1 hafta süreyle bekletildi.

MEKANİK TESTLER VE DEĞERLENDİRME

Numune köklerinin 10 mm'lik kısımları 15 mm çapında ve 13 mm yüksekliğinde kalıplar kullanılarak akrilik rezine gömüldü ve kök uzunluğunun 4-5 mm'si açıkta bırakıldı. Geçici dolgu malzemesi bir ekskavatör ile kaldırıldı. Örnekler Universal test cihazına (INSTRON, Llyod LRX; Lyod Instruments Ltd., Fareham, İngiltere) yerleştirildi ve 1,5 mm çaplı çelik bir uçla yükleme testi için hazırlandı (Resim 2).



RESİM 2: Universal test cihazına yerleştirilen numune.

İlk kırılma oluşana kadar 1 mm/dk yükleme hızıyla örnekler koronal kısmından dişin uzun eksenine paralel kompresif kuvvete maruz bırakıldı. Kırılma anında, test makinesi durdurularak görüntülenen değer Newton cinsinden kaydedildi. Bu değerlere göre gruplar arasındaki farklılıklar tek yönlü varyans analizi ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile $p < 0,05$ anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak analiz edildi.

BULGULAR

Kökleri kırmak için gereken kuvvetlerin ortalama değerleri ve bunlara ilişkin standart sapmaları Tablo 1’de verilmiştir. TB-Bulkfill grubu, diğer tüm gruplara kıyasla daha yüksek kırılma dayanımı göstermiştir ($p < 0,05$). Negatif kontrol grubu en düşük kırılma dayanımı değerlerini göstermiştir ($p < 0,05$). Negatif kontrol grubu en düşük kırılma dayanımı değerlerini göstermiştir ($p < 0,05$). TB ve GFB kanal patlarının her ikisi de kor materyali olmadan tek başına kullanıldığında, tek kon tekniğine kıyasla daha yüksek değerler elde edilmiştir ($p < 0,05$). GFB-Bulkfill ve TB-Tek kon grupları arasında anlamlı bir farklılık

TABLO 1: Kırılma değerleri ve standart sapma (n).

Gruplar	Maksimum yük (Ort±SS)
Negatif kontrol	132,76±(13,36) ^a
Pozitif kontrol	240,81±(49,69) ^b
GFB Bulkfill	378,56±(34,93) ^c
GFB tek kon	216,92±(45,52) ^b
TB Bulkfill	484,32±(53,75) ^d
TB tek kon	349,39±(39,96) ^c

^{a,b,c,d}Farklı üst simge küçük harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade eder ($p < 0,05$); GFB: GuttaFlow Bioseal; TB: Tech Biosealer.

bulunamamıştır ($p > 0,05$). Tek kon tekniğinin kullanıldığı gruplarda TB patı, GFB ve AH Plus’a kıyasla daha yüksek kırılma dayanımı göstermiştir ($p < 0,05$).

TARTIŞMA

Kanal dolgu materyallerinin kanal preparasyonu yapılmış olan dişlerde, kök yapısını güçlendirerek kırılmaya karşı direnci artırdığı gösterilmiştir.^{14,15} Günümüzde, kök kanal dolgusu için çözünmeyen bir kanal patı ile birlikte kor materyalinin kullanılması en kabul edilen yaklaşım olmaya devam etmektedir. Guta-perka boyutsal olarak stabil bir materyaldir ve kök kanallarından uzaklaştırılması nispeten daha kolaydır, bununla birlikte; kanal duvarlarına adezyon göstermemesi, guta-perka kon ile dentin duvarları arasındaki boşlukların, kanaldaki düzensiz alanların ve lateral kanalların doldurulabilmesi amacıyla kanal patları ile birlikte kullanılmaktadır.¹⁶⁻¹⁸

Tek kon tekniği kullanılan kök kanal dolgularında diğer dolgu tekniklerine kıyasla kanal patı oranı daha yüksektir. Bu durumda, kanal dolgusunun sızdırmazlığının olumsuz etkileneceği düşünülmesine karşın biyoseramik patlar üstün akışkanlık ve diğer patlara kıyasla düşük oranda da olsa polimerizasyon sırasında hafifçe genleşme göstermeleri sayesinde tek kon tekniğiyle kullanım için uygundurlar.^{19,20} Biyoseramik esaslı patların yüksek sızdırmazlık kabiliyeti sayesinde, hem kanal dolgu materyali olarak tek başına hem de kor materyali ile birlikte kullanılabilceği ileri sürülmüştür.²¹ Bu nedenle bu çalışmada farklı kanal patlarının tek başına veya guta-perka ile kombine kullanımının köklerin kırılma dayanımına etkisini değerlendirmek amaçlanmıştır.

Kök kanal tedavisinde kemo-mekanik preparasyondan sonra kalan diş yapısını desteklemek ve güçlendirmek amacıyla çeşitli kanal dolgu materyalleri kullanılmaktadır. Kanal boşluğuna yerleştirilen bu dolgu materyalleri, kanal tedavisi sonrasında oluşabilecek dikey kök kırıklarını önleyebilir.²² Kırılma dayanımı testi, kanal dolgulu dişlerde dolgu materyallerinin kırılma direncine etkisini incelemek için kullanılan bir yöntemdir. Kök kanalı boyunca oluşturulan stresler, ara yüzey adezyonunun başarısız olduğu kök yüzeyi boyunca iletilir.²³ Bu çalışmada, Universal test cihazı kullanılarak daha düzgün stres

dağılımları üreten, dişlerin uzun eksenine paralel tek bir yük uygulanmıştır. Ağız ortamında diş üzerine gelen kuvvetler periodontal ligament ve alveol kemiği tarafından absorbe edilir; bu amaçla diş kökü balmumu veya polietir ölçü materyali ile kaplanarak deney gerçekleştirilebilir.^{24,25} İn vitro şartlarda bu klinik durumun simüle edilmemiş olması çalışmamızın bir limitasyonudur.

Çalışmamızda, literatürle uyumlu olacak şekilde, negatif kontrol grubunda diğer gruplara kıyasla daha düşük kırılma dayanımı değerleri görülmüştür. Farklı kanal dolgu materyallerinin kullanıldığı çalışmalarda, kanal dolgusunun kökü güçlendirerek kırılma dayanımını artırdığı gösterilmiştir.^{4,11} AH Plus ve Meta-SEAL (Parkell, Inc., Edgewood, NY, ABD) kanal patlarının kullanıldığı bir çalışmada, kanal dolgusu tamamlanan mandibular premolar dişlerin, preparasyon yapılan ancak kanal dolgusu yapılmayan dişlere kıyasla anlamlı olarak daha yüksek kırılma dayanımı gösterdiği rapor edilmiştir.²⁶

Çalışmamızdan elde ettiğimiz bulgulara göre GFB ve TB kanal patlarının kullanıldığı gruplarda AH Plus grubuna kıyasla daha yüksek değerler elde edilmiştir. AH Plus patı, açık epoksi halkası ve kolajen lifindeki amino grubu arasındaki zayıf kovalent bağ ile dentine sınırlı bir adezyon sağlayabilir.²⁷ Buna karşın biyoseramik esaslı patlar küçük partikül boyutları, düşük viskozite değerleri ve düşük kontak açıları sayesinde dentin tübüllerine, lateral kanallara ve kanal duvarlarına iyi uyum gösterir.^{28,29} Bu mikromekanik adaptasyon kabiliyetinin yanı sıra biyoseramik esaslı patlar, hidroksiapatit üretimi sayesinde dentine kimyasal adezyon gösterirler.³⁰ Bu faktörler, biyoseramik patların kök dentinine bağlanma dayanımını artırarak numunelerin kırılmaya karşı direncine katkıda bulunmuş olabilir.

Çalışma sonuçlarımıza benzer şekilde Hegde ve ark., Endosequence BC Sealer (CSC, Brasseler USA, Savannah, GA, ABD) ve tek kon tekniği kullanarak kanal dolgusu tamamlanan mandibular premolar dişlerde AH Plus'a kıyasla daha yüksek kırılma dayanımı elde etmişlerdir.³¹

Sağsen ve ark., AH Plus, iRoot SP (CS, Innovative Bioceramics, Vancouver, Kanada), MTA Fillapex (CSC, Angelus, Londrina, Brezilya) patları ve tek

kon tekniği kullanılarak doldurulan maksiller keser dişlerin kırılma dayanımını değerlendirmişlerdir. Her 3 kök kanal patı da kanal dolgusu yapılmayan gruba kıyasla kırılma direncinde artış sağlansa da kanal patları arasında kırılma dayanımı açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır.³² Çalışmamız ile bu çalışma arasındaki fark, kullanılan diş grupları ve deney koşulları kaynaklı olabilir. Bu çalışmada, okluzal kuvvetler dişe 45° açıyla uygulanmıştır.

AH Plus/guta-perka ve TotalFill-biyoseramik guta-perka (FKG Dentaire SA, La Chaux-de-Fonds, İsviçre) kullanılan bir çalışmada, TotalFill grubunda daha yüksek kanal patı penetrasyonu görüldüğü bildirilmiştir. Yazarlar, yüksek pat penetrasyonunun mikromekanik kilitlenmeyi artırarak bağlanma kuvvetinde artış beklentisi yarattığını, bununla birlikte 2 grup arasında adezyon kuvveti ve kırılma dayanımı açısından fark bulunmadığını belirtmişlerdir. Kanal dolgusu yapılmayan numuneler ile karşılaştırıldığında ise AH Plus ve TotalFill gruplarında kırılma dayanımı değerleri daha yüksek bulunmuştur.²⁷

GFB ve TB kanal patları bulkfill formunda, tek kon tekniğiyle kullanımlarına kıyasla daha yüksek kırılma dayanımı değerleri göstermiştir. Biyoseramik esaslı bir kanal dolgu patı olan iRoot SP'nin kullanıldığı bir çalışmada, bu patın kor materyali olmadan tek başına kullanımının guta-perkayla birlikte kullanımına kıyasla daha yüksek bağlanma dayanımı gösterdiği bildirilmiştir. Yazarlar bu sonucu, bulkfill tekniğinde kanal dolgu materyali ile dentin arasında yalnızca bir arayüz olması ve bu sayede optimal monoblok yapının oluşmasıyla açıklamışlardır.³³ Yapılan benzer bir çalışmada da 3 farklı rezin esaslı kanal patı bulkfill formunda kullanıldığında, kor materyali ile birlikte kullanımlarına kıyasla daha yüksek bağlanma dayanımı göstermiştir.¹³

Bu çalışmanın sonuçlarına göre TB-B grubunda GFB-T ve GFB-B gruplarına kıyasla anlamlı olarak daha yüksek kırılma direnci görülmüştür. GFB patı polidimetilsiloksan guta-perka matris kalsiyum silikat partiküller eklenerek biyoaktivitesi geliştirilmiş olan hibrid yapılı bir kök kanal patıdır. Saf bir biyoseramik pata göre hidroksiapatit formasyon kabiliyetinin daha zayıf olması olasıdır.³⁴ Bu nedenle GFB kanal patı, kök dentinine zayıf adezyon kapasitesi se-

bebiyle kırılmaya karşı daha az direnç göstermiş olabilir.

Kanal patının kor materyali olmadan kullanımı, kırılma direnci için avantajlı gibi görünse de retreatment veya post endikasyonu varlığında biyoseramik esaslı patların kanaldan uzaklaştırılma güçlüğü unutulmamalıdır. Endosequence BC kanal patının kullanıldığı bir çalışmada, bu patın guta-perka ile birlikte kullanılmasıyla retreatment sırasında çalışma boyuna ulaşılabilirken; kanal patı tek başına kullanıldığında çalışma boyuna ulaşmanın mümkün olmadığı rapor edilmiştir. Biyoseramik esaslı patlar geleneksel dolgu materyallerine kıyasla daha sert ve retreatment tekniklerine karşı daha dirençlidir; bu materyalleri uzaklaştırmak için daha fazla zaman ve ek çaba gerekmektedir.³⁵

SONUÇ

Çalışmamızda kullanılan tüm kök kanal dolgu patları, kemomekanik preparasyonu yapılmış olan kök kanallarının kırılmaya karşı direncini artırmıştır. Biyoseramik esaslı kök kanal patları kor materyali olmadan tek başına kullanıldığında, guta-perka ile birlikte kullanımlarına kıyasla daha yüksek kırılma

direnci göstermiştir. Kısıtlı sayıda numune ile gerçekleştirilen bu çalışmaya göre biyoseramik esaslı patlar, köklerin kırılma dayanımına daha büyük katkı sağlama eğilimindedir.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Merve Sarı; **Tasarım:** Merve Sarı; **Denetleme/Danışmanlık:** Koray Yılmaz, Pelin Tüfenkçi; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Şule Pekuz, Zeynep Sena Güngördü; **Analiz ve/veya Yorum:** Merve Sarı; **Kaynak Taraması:** Koray Yılmaz; **Makalenin Yazımı:** Merve Sarı; **Eleştirel İnceleme:** Pelin Tüfenkçi; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** Merve Sarı; **Malzemeler:** Merve Sarı.

KAYNAKLAR

- Lam PP, Palamara JE, Messer HH. Fracture strength of tooth roots following canal preparation by hand and rotary instrumentation. J Endod. 2005;31(7):529-32. [Crossref] [PubMed]
- Sabeti M, Kazem M, Dianat O, Bahrololomi N, Beglou A, Rahimpour K, et al. Impact of access cavity design and root canal taper on fracture resistance of endodontically treated teeth: an ex vivo investigation. J Endod. 2018;44(9):1402-6. [Crossref] [PubMed]
- Uzunoglu Ozyurek E, Aktemur Turker S. Evaluation of fracture resistance of roots-filled with various root canal sealers at different time periods. Eur Oral Res. 2019;53(1):6-11. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Sagsen B, Er O, Kahraman Y, Akdogan G. Resistance to fracture of roots filled with three different techniques. Int Endod J. 2007;40(1):31-5. [Crossref] [PubMed]
- Ribeiro FC, Souza-Gabriel AE, Marchesan MA, Alfredo E, Silva-Sousa YT, Sousa-Neto MD. Influence of different endodontic filling materials on root fracture susceptibility. J Dent. 2008;36(1):69-73. [Crossref] [PubMed]
- Balguer E, van der Sluis L, Vallaes K, Gurgel-Georgelin M, Diemer F. Sealer penetration and adaptation in the dentinal tubules: a scanning electron microscopic study. J Endod. 2011;37(11):1576-9. [Crossref] [PubMed]
- Shipper G, Ørstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). J Endod. 2004;30(5):342-7. [Crossref] [PubMed]
- Ureyen Kaya B, Keçeci AD, Orhan H, Belli S. Micropush-out bond strengths of gutta-percha versus thermoplastic synthetic polymer-based systems - an ex vivo study. Int Endod J. 2008;41(3):211-8. [Crossref] [PubMed]
- Tanamaru-Filho M, Torres FFE, Chávez-Andrade GM, de Almeida M, Navarro LG, Steier L, et al. Physicochemical properties and volumetric change of silicone/bioactive glass and calcium silicate-based endodontic sealers. J Endod. 2017;43(12):2097-101. [Crossref] [PubMed]
- Dem K, Wu Y, Kaminga AC, Dai Z, Cao X, Zhu B. The push out bond strength of polydimethylsiloxane endodontic sealers to dentin. BMC Oral Health. 2019;19(1):181. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Topçuoğlu HS, Tuncay Ö, Karataş E, Arslan H, Yeter K. In vitro fracture resistance of roots obturated with epoxy resin-based, mineral trioxide aggregate-based, and bioceramic root canal sealers. J Endod. 2013;39(12):1630-3. [Crossref] [PubMed]
- Marciano MA, Guimarães BM, Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Cavenago BC, Garcia RB, et al. Physical properties and interfacial adaptation of three epoxy resin-based sealers. J Endod. 2011;37(10):1417-21. [Crossref] [PubMed]

13. Nagas E, Cehreli Z, Uyanik MO, Durmaz V. Bond strength of a calcium silicate-based sealer tested in bulk or with different main core materials. *Braz Oral Res.* 2014;28:S1806-83242014000100256. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
14. Chadha R, Taneja S, Kumar M, Sharma M. An in vitro comparative evaluation of fracture resistance of endodontically treated teeth obturated with different materials. *Contemp Clin Dent.* 2010;1(2):70-2. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
15. Patil P, Banga KS, Pawar AM, Pimple S, Ganeshan R. Influence of root canal obturation using gutta-percha with three different sealers on root reinforcement of endodontically treated teeth. An in vitro comparative study of mandibular incisors. *J Conserv Dent.* 2017;20(4):241-4. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
16. Vishwanath V, Rao HM. Gutta-percha in endodontics-A comprehensive review of material science. *J Conserv Dent.* 2019;22(3):216-22. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
17. Collins J, Walker MP, Kulild J, Lee C. A comparison of three gutta-percha obturation techniques to replicate canal irregularities. *J Endod.* 2006;32(8):762-5. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
18. Alaşam T. Endodonti. 2. Baskı. Ankara: Özyurt Matbaacılık; 2012. Alaşam T. Ankara: Endodonti. Özyurt Matbaacılık; 2012, 2. Baskı.
19. Robberecht L, Colard T, Claisse-Crinquette A. Qualitative evaluation of two endodontic obturation techniques: tapered single-cone method versus warm vertical condensation and injection system: an in vitro study. *J Oral Sci.* 2012;54(1):99-104. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
20. Chybowski EA, Glickman GN, Patel Y, Fleury A, Solomon E, He J. Clinical outcome of non-surgical root canal treatment using a single-cone technique with endosequence bioceramic sealer: a retrospective analysis. *J Endod.* 2018;44(6):941-5. Erratum in: *J Endod.* 2018;44(7):1199. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
21. Washio A, Morotomi T, Yoshii S, Kitamura C. Bioactive glass-based endodontic sealer as a promising root canal filling material without semisolid core materials. *Materials (Basel).* 2019;12(23):3967. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
22. Zandbiglari T, Davids H, Schäfer E. Influence of instrument taper on the resistance to fracture of endodontically treated roots. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;101(1):126-31. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
23. Tay FR, Loushine RJ, Monticelli F, Weller RN, Breschi L, Ferrari M, et al. Effectiveness of resin-coated gutta-percha cones and a dual-cured, hydrophilic methacrylate resin-based sealer in obturating root canals. *J Endod.* 2005;31(9):659-64. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
24. Aktemur Türker S, Uzunođlu E, Deniz Sungur D, 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. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
25. Ersoy I, Evcil MS. Evaluation of the effect of different root canal obturation techniques using two root canal sealers on the fracture resistance of endodontically treated roots. *Microsc Res Tech.* 2015;78(5):404-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
26. Ersev H, Yılmaz B, Pehlivanogđlu E, Ozcan-Çalışkan E, Erişen FR. Resistance to vertical root fracture of endodontically treated teeth with MetaSEAL. *J Endod.* 2012;38(5):653-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
27. Osiri S, Banomyong D, Sattabanasuk V, Yanpiset K. Root reinforcement after obturation with calcium silicate-based sealer and modified gutta-percha cone. *J Endod.* 2018;44(12):1843-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
28. Shokouhinejad N, Gorjestani H, Nasseh AA, Hoseini A, Mohammadi M, Shamshiri AR. Push-out bond strength of gutta-percha with a new bioceramic sealer in the presence or absence of smear layer. *Aust Endod J.* 2013;39(3):102-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
29. McMichael GE, Primus CM, Opperman LA. Dentinal tubule penetration of tri-calcium silicate sealers. *J Endod.* 2016;42(4):632-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
30. Banphakarn N, Yanpiset K, Banomyong D. Shear bond strengths of calcium silicate-based sealer to dentin and calcium silicate-impregnated gutta-percha. *J Investig Clin Dent.* 2019;10(4):e12444. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
31. Hegde V, Arora S. Fracture resistance of roots obturated with novel hydrophilic obturation systems. *J Conserv Dent.* 2015;18(3):261-4. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
32. Sağsen B, Ustün Y, Pala K, Demirbuđa S. Resistance to fracture of roots filled with different sealers. *Dent Mater J.* 2012;31(4):528-32. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
33. Jainan A, Palamara JE, Messer HH. Push-out bond strengths of the dentine-sealer interface with and without a main cone. *Int Endod J.* 2007;40(11):882-90. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
34. Akcay M, Arslan H, Durmus N, Mese M, Capar ID. Dentinal tubule penetration of AH Plus, iRoot SP, MTA fillapex, and guttaflow bioseal root canal sealers after different final irrigation procedures: a confocal microscopic study. *Lasers Surg Med.* 2016;48(1):70-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
35. Eymirli A, Sungur DD, Uyanik O, Purali N, Nagas E, Cehreli ZC. Dentinal tubule penetration and retreatability of a calcium silicate-based sealer tested in bulk or with different main core material. *J Endod.* 2019;45(8):1036-40. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]