

Kanal Eğeleri ve Gütaperkanın Radyoopasitelerinin Dijital Radyografik Teknik ve Enerji Dağılımlı X-ışını Spektrometresi Kullanılarak Değerlendirilmesi

Evaluation of Radiopacity of Canal Files and Gutta-percha Using Digital Radiographic Technique and Energy Dispersive X-ray Spectrometry

Gözde KANDEMİR DEMİRCİ

<https://orcid.org/0000-0001-7327-1010>

Ege Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

Atıf/Citation: Kandemir Demirci, G., (2021). Kanal Eğeleri ve Gütaperkanın Radyoopasitelerinin Dijital Radyografik Teknik ve Enerji Dağılımlı X-ışını Spektrometresi Kullanılarak Değerlendirilmesi. Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 42(3), 205-211.

ÖZ

Giriş ve Amaç: Bu çalışmanın amacı dört farklı kanal eğesinin ve gütaperkanın radyoopasitelerinin dijital radyografik teknik ve enerji dağılımlı X-ışını spektrometresi ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir.

Yöntem ve Gereçler: Reciproc, Reciproc Blue, Protaper ve paslanmaz çelik eğeleri ve gütaperka kon kullanıldı. Örneklerin dijital radyografik görüntüleri standart ışınlama koşulları sağlanarak elde edildi. Ek olarak, enerji dağılımlı X-ışını spektrometresi analizi ile test gruplarının kimyasal içerikleri saptandı. Materyallerin içerikleri ile radyoopasite değerleri arasındaki ilişki değerlendirildi. Veriler One-way ANOVA ve post-hoc Tukey analizi kullanılarak istatistiksel olarak karşılaştırıldı ($p=0,05$).

Bulgular: Örneklerin radyoopasite değerleri büyükten küçüğe doğru Paslanmaz çelik, Reciproc, Reciproc Blue, Protaper ve gütaperka şeklinde belirlendi ve içeriklerindeki nikel, titanyum, demir ve çinko oranları ile uyumlu radyoopasite değerlerine sahip oldukları görüldü. Reciproc, Reciproc Blue, Protaper, paslanmaz çelik eğe radyoopasite değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı ortaya kondu ($p>0,05$). Eğe gruplarının tümü ile gütaperka arasındaki farkın ise istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edildi ($p<0,05$).

Tartışma ve Sonuç: Tüm materyallerin radyoopasite değerlerinin Uluslararası Standartlar Teşkilatı (ISO) ve Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (ANSIADA) tarafından tavsiye edilen minimum standart değerlerinin üzerinde oldukları tespit edildi.

Anahtar Kelimeler: Endodonti, enerji dağılımlı X-ışını spektrometresi, gütaperka, kanal eğesi, radyoopasite

ABSTRACT

Introduction: The aim of this study was to compare the radiopacities of four different root canal files and gutta-percha with digital radiographic technique and energy dispersion X-ray spectrometry.

Methods: Reciproc, Reciproc Blue, Protaper and stainless steel files and gutta-percha cone were used. Digital radiographic images of specimens were obtained under standard exposure conditions. In addition, the chemical contents of the test groups were determined by energy dispersive X-ray spectrometry analysis. The relationship between the contents of the materials and the radiopacity values was evaluated. The data were compared statistically using One-way ANOVA and post-hoc Tukey analysis ($p=0.05$).

Results: The radiopacity values of the samples were determined as Stainless steel file, Reciproc Blue, Protaper and gutta-percha from the highest to the least, and it was observed that they had radiopacity values compatible with the nickel, titanium, iron and zinc ratios in their contents. It was revealed that there was no statistical difference between the radiopacity values of Reciproc, Reciproc Blue, Protaper, and stainless steel files ($p>0.05$). The difference between all file groups and gutta-percha was found to be statistically significant ($p<0.05$).

Discussion AND Conclusion: It was determined that the radiopacity values of all the materials were above the minimum standard values recommended by the International Standards Organization (ISO) and the American National Standards Institute (ANSIADA).

Keywords: Endodontics, energy dispersive X-ray spectrometry, gutta-percha, canal file, radiopacity

Sorumlu yazar/Corresponding author*: dt.gozdekandemir@hotmail.com

Başvuru Tarihi/Received Date: 07.10.2021

Kabul Tarihi/Accepted Date: 17.11.2021

GİRİŞ

Kök kanal tedavisinin biyolojik hedeflerine ulaşabilmesi için etkin bir şekilde temizlenmesi ve şekillendirilmesi gereklidir¹. Canlı ya da cansız pulpa dokusu artıklarını, mikroorganizmaları ve şekillendirme sırasında ortaya çıkan debris kök kanal sisteminden uzaklaştırmak için mekanik olarak şekillendirme ve kimyasal olarak irigasyon solüsyonları kombine olarak kullanılmaktadır². Kök kanallarının mekanik şekillendirilmesinde geleneksel olarak paslanmaz çelik ve son yıllarda da nikel-titanyum (NiTi) kanal eğeleri kullanılmaktadır³⁻⁶.

Motorla kullanılan NiTi döner aletler ve manuel olarak paslanmaz çelik eğelerle yapılan kök kanal şekillendirmeleri karşılaştırıldığında; NiTi döner alet kullanımının daha hızlı ve kolay şekillendirme sağlanması, orijinal kök kanal şeklinin korunması^{7,8} ve şekillendirme sırasında ortaya çıkan debrisin apikalden daha az taşırılması gibi avantajları olduğu bildirilmiştir⁹. Fakat devamlı döner hareket ile çalışan NiTi eğeler, kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında üzerlerinde meydana gelen döngüsel yorgunluk ve burulma stresi nedeni ile kırılabilir¹⁰⁻¹². Bu nedenle de döngüsel yorgunluk ve burulma stresine bağlı alet kırıklarının azaltmak amacı ile resiprokal hareket ile kök kanalı şekillendirmesi yapan eğeler üretilmiştir. Döner sistemler ile kıyaslandığında resiprokal sistemlerin NiTi eğelerin üzerinde meydana gelen stresi azalttığı ve eğelerin ömrünü uzattığı gösterilmiştir^{13,14}.

Son yıllarda eğelerin esneklik özellikleri artırılarak hem kırılma insidanslarının azaltılabilmesi hem de kök kanalının orijinal anatomisine sadık kalarak şekillendirme yapılabilmesi amacıyla kanal eğelerine ısı işlem uygulanmaktadır^{15,16}. Bu amaçlarla özel bir ısıtma-soğutma işlemine tabi tutularak üretilen yeni nesil Blue NiTi eğeler hekimlerin kullanıma sunulmuştur^{16,17}. Ancak, tüm bu yeni teknolojilere rağmen endodonti pratiğinde kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında döngüsel ve burulma stresleri sonucunda alet kırıkları oluşabilmektedir¹⁸. Literatürde, kanal eğelerinin kırılma nedenleri olarak; uygulayıcının deneyimi, yapılan şekillendirme yöntemi, kanal eğesinin kullanım sayısı ve dizaynı, kök kanallarının anatomik yapısı gibi birçok faktör bildirilmiştir^{3,19}. Bu faktörlere bağlı olarak klinik pratikte konvansiyonel kanal eğeleri ya da döner sistem eğeleri kırılabilir ve bu komplikasyonun tamamen ortadan kaldırılması mümkün olmayabilir. Kırık aletlerin kök kanal sistemi içerisinde kalmalarının tedavinin uzun dönem prognozuna olumsuz yönde etki ettiği bilinmektedir²⁰. Kırık kanal eğesinin çıkarılmasına karar verirken klinisyenler, kırık eğenin kanal içerisindeki yerini saptayabilmeli, meydana gelebilecek riskleri analiz edebilmeli ve kök kırığı, aşırı dentin kaybı, lateral perforasyon ve hatta yeniden kanal eğesi kırılması gibi muhtemel ilave komplikasyonları değerlendirebilmelidir²¹⁻²³. Bütün bu değerlendirmeler sonucunda klinisyen

kırılan eğeyi kanal içinde bırakmayı seçebilir veya çıkarmayı deneyebilir²⁴⁻²⁸, ancak karar sürecinin ilk aşamasında öncelikle kanal içindeki kırık aletler teşhis edilmeli ve belgelenmelidir²⁴.

Literatürde kırık eğelerin kanal içerisinde görüntülenmesine ilişkin birçok çalışma bulunmaktadır²⁹⁻³¹. Çalışmalarda inceleyiciler tarafından kırık eğelerin varlığının görsel olarak tespiti araştırılmış olmasına rağmen²⁹, kanal eğelerinin radyoopasite değerlerine ilişkin sayısal/nicel bilgi bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışmamızda, güta-perkanın ve konvansiyonel paslanmaz çelik eğe, döner alet sistemlerine ait olarak da NiTi Protaper Universal, Reciproc ve ısı işlem uygulanmış olan Reciproc Blue eğelerinin radyoopasitelerinin dijital yöntemle belirlenmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır. Ek olarak, radyoopasite değerleri incelenen test materyallerinin taramalı elektron mikroskobu (SEM; Thermoscientific Apreo S, Waltham, MA, ABD) ve enerji dağılımlı X-ışını spektrometresi (EDS) analizi (EDAX Team Software; EDAX, Mahwah, NJ, ABD) ile kimyasal içeriklerinin belirlenmesi ve materyallerin radyoopasiteleri üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

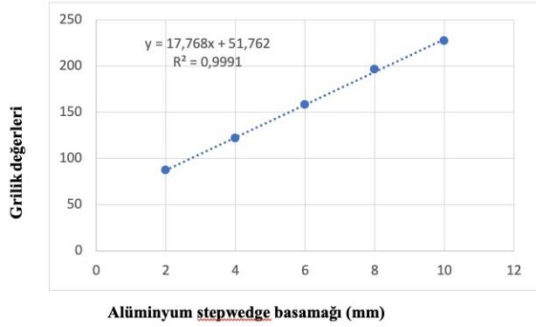
GEREÇ ve YÖNTEM

Test sürecinden önce, radyografik analiz için güç analizi yapıldı ve en az yedi numunenin gerekli olduğu tespit edildi. Bu nedenle, güç analizi dikkate alınarak, bu çalışmada test edilen her grubun radyoopasite ve EDS analizi için 12 örnek hazırlanmıştır.

Radyoopasite analizi

Çalışmamızda dört farklı eğenin ve güta-perkanın radyoopasite değerleri incelenmiştir. Her eğe grubundaki eğeler yavaş hızda çalışan elmas kesme bıçağı (Isomet, Buehler Ltd, Lake Bluff, IL, ABD) ile su soğutması altında 2 mm kalınlıkta olacak şekilde separe edildi. Örneklerin kalınlıkları dijital kumpas ile kontrol edildi ve uygun olmayan örnekler değerlendirilmedi. Her gruptan birer örnek birlikte, çekilmiş insan dişinden kesilerek elde edilen 2 mm kalınlığında dentin diski ve alüminyum stepwedge dijital sensor plak üzerine merkezde konumlanacak şekilde yerleştirildi. Radyografik inceleme örneğinde, tüm eğe gruplarından birer örnek, güta-perka ve dentinin radyoopasitesi incelendi. Çalışmamızda örneklerin radyoopasite değerlerinin hesaplanmasında ve karşılaştırılmasında internal radyografik standart olarak %99 saflıkta, basamakları arası 2 mm olan, beş basamaklı alüminyum (Al) stepwedge (SW) kullanıldı. Radyograflar, odak ve hedef mesafesi (30 cm), merkezi ışın fosfor plağa dik olarak, X ışın tübü aynı pozisyonda olacak şekilde sabitlenerek standart ışınlama koşulları (60 kVp, 7 mA, 0,32 sn) ve dental X-ray cihazı (Gendex GX, Lake Zurich, IL, ABD) ile alındı. Her örnek için ayrı ayrı olacak şekilde aynı yöntem kullanıldı ve toplamda 12 adet dijital radyograf elde edilerek TIFF formatında kaydedildi (Resim 1). Dijital görüntüler

üzerinde, her örnek ve Al SW'in her basamağı için 15x15 piksel boyutunda standart bir alan seçildi ve ortalama grilik değerleri ölçüldü. Ölçümler her örnek için üçer kez tekrar edildi ve ortalamaları alındı. Her dijital görüntüde, Al SW basamaklarına ait ortalama grilik değerleri kullanılarak o filme ait radyoopasite eğrisi belirlendi ve her örneğin radyoopasite değerinin kaç mm alüminyuma eşdeğer olduğu hesaplandı (Resim 2). Her örneğin ölçülen radyoopasite değerlerinin ortalaması alınarak oluşturulan veriler istatistiksel analizler için kaydedildi.



Resim 2.

EDS Analizi

Eğ ve gütaperka örnekleri elektriksel iletkenlik için altınla kaplandı ve herhangi bir hazırlık veya manipülasyon olmadan taramalı elektron mikroskobu (Thermoscientific Apreo S, Waltham, MA, ABD) kullanılarak incelendi. Örneklerin kimyasal elementleri, EDS (Thermoscientific Apreo S, Waltham, MA, ABD) kullanılarak analiz edildi. Elementel kompozisyonu karakterize etmek için EDS analizleri, EDAX Team yazılımı (EDAX., Mahwah, NJ, ABD) kullanılarak her bir numunenin toplam alanından yapıldı.

İstatistiksel analizler

Verilerin değerlendirilmesinde istatistiksel yazılım programı (GraphPad Prism version 8.0.0 for Mac OS X, Graphpad Software) kullanıldı. Veriler tek yönlü varyans analizi ile değerlendirildi ve ardından Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılarak istatistiksel olarak analiz edildi (p=0,05).

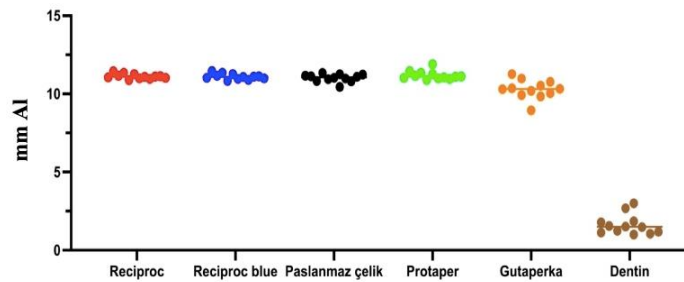
SONUÇLAR

Tablo 1'de değerlendirilen kanal eğelerinin ve gütaperkanın radyoopasiteleri özetlenmektedir. Tüm test edilen eğe gruplarının radyoopasite değerlerinin 3 mm alüminyumdan daha yüksek oldukları ve ISO standardına uyum gösterdikleri belirlendi. Radyoopasitesi incelenen örnek gruplarında, gütaperkanın en düşük radyoopasite değerine sahip olduğu (10,290 mm Al) ve diğer grupların radyoopasite değerleri ile arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptandı (p<0,05). Dentinin radyoopasite değerinin (1,62 mm Al) de tüm gruplardan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük olduğu ortaya kondu (p<0,05). Değerlendirilen tüm eğe gruplarının radyoopasite değerlerinin birbirlerine benzer oldukları ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadığı saptandı (p>0,05) (Grafik 1).

EDS mikro-analizine göre kanal eğesi ve gütaperka örneklerinin kimyasal bileşimleri ve içeriklerindeki elementlerin miktarları Tablo 2'de sunulmuştur. Reciproc, Reciproc Blue ve Protaper Universal grubunda nikel ve titanyum bulunurken, paslanmaz çelik eğe grubunda demir, krom, karbon ve nikel elementleri tespit edildi. Gütaperka grubunda ise çinko, karbon ve oksijen elementlerinin yer aldığı belirlendi (Resim 3).

Tablo 1. İncelenen örneklerin adları, üreticileri, kalınlıkları, radyoopasite değerleri

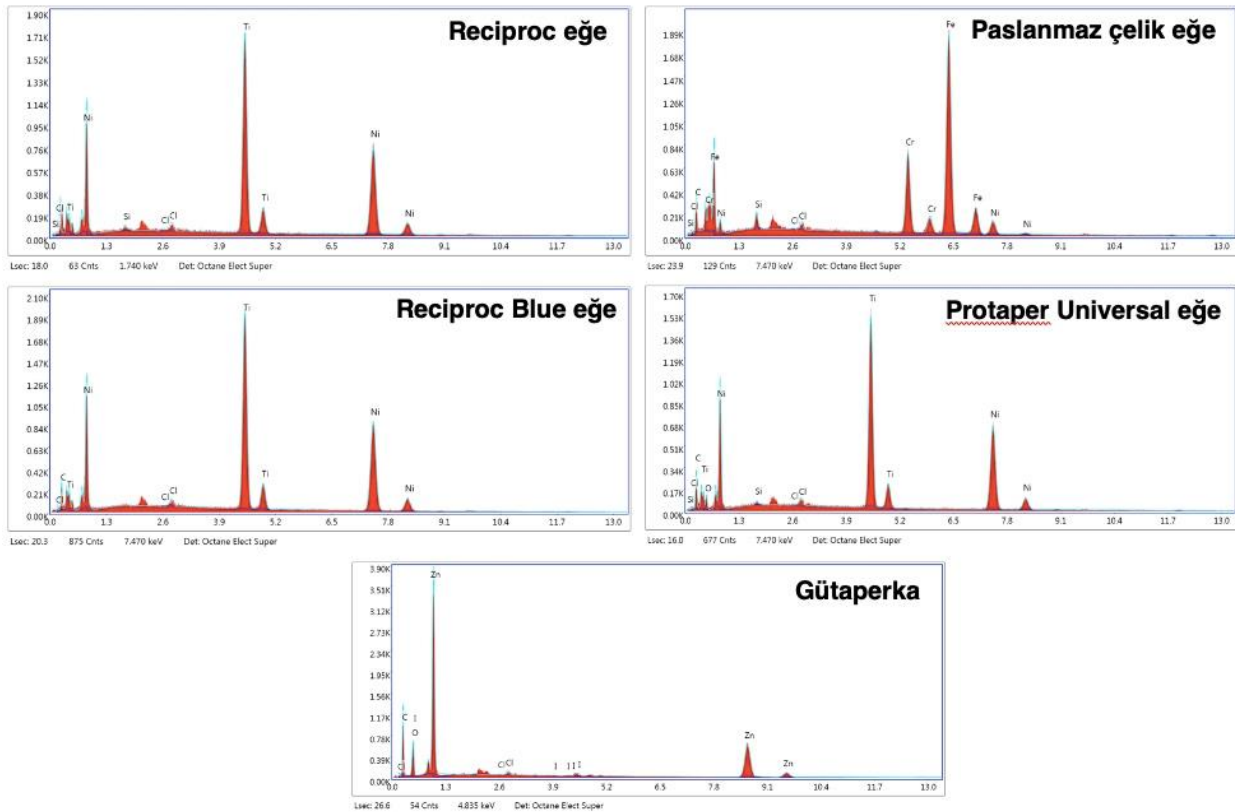
Materyal	Üretici	Kalınlık (mm)	Radyoopasite (mm Al)
Reciproc eğesi	VDW, Munich, Germany	2 mm	11,124±0,163 mm Al
Reciproc Blue eğesi	VDW, Munich, Germany	2 mm	11,104±0,184 mm Al
Protaper Universal eğesi	Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland	2 mm	11,018±0,247 mm Al
Paslanmaz çelik eğe	Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland	2 mm	11,191±0,276 mm Al
Gütaperka	Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Switzerland	2 mm	10,290±0,597 mm Al



Grafik 1.

Tablo 2. EDS analizine göre test edilen gruplardaki elementlerin yüzdesi (% ağırlıkça)

Test grubu	Element (%w)							
	Ni	Ti	C	Fe	Cr	Si	O	Zn
Reciproc eğesi	%54	%46	—	—	—	—	—	—
Reciproc Blue eğesi	%49	%41	%10	—	—	—	—	—
Paslanmaz çelik eğe	%6	—	%11	%65	%17	%1	—	—
Protaper Universal eğesi	%45	%38	%12	—	—	—	%5	—
Gütaperka	—	—	%41	—	—	—	%14	%45

**Resim 3.**

TARTIŞMA

Endodonti pratiğinde kullanılan aletlere ve cihazlara yönelik materyal ve üretim teknolojilerindeki tüm gelişmelere rağmen, kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında kanal eğesinin kırılması olasılığı hala ortadan kaldırılamamıştır³². Böyle bir durumda, klinisyenin primer kanal tedavisinde ya da yeniden kanal tedavisi uygulaması sırasında kırılan eğenin kök kanalı içerisindeki konumunu tespit edebilmesi tedavinin prognozu açısından büyük önem taşımaktadır³³. Literatürde birkaç çalışmada³⁴⁻³⁶, karşılaştırma standardı olarak AL SW kullanılarak gütaperka'nın radyoapasitesi

değerlendirilmiştir, ancak hiçbir çalışmada kanal eğelerinin radyoapasite değerlerine ilişkin sayısal bir veriye rastlanmamıştır. Sunulan çalışmada, farklı kanal eğelerinin radyoapasite değerlerinin dijital analiz yöntemi kullanarak belirlenmesi ve karşılaştırılması hedeflenmiştir. Endodontik materyallerin radyoapasitelerinin dijital analiz yöntemi ile değerlendirilmesi ilk kez Baksi ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir³⁷. Ardından, dijital teknoloji, radyografik görüntülerin nicel analizini optimize etmek için birçok çalışmada kullanılmıştır³⁴⁻⁴⁰. Böylece, dijital radyograflar ile tanı ve tedavi kararlarında iyileştirmeler sağlanırken³⁹, çalışma süresi ve radyasyona maruziyet de azaltılmıştır⁴¹.

ANSI/ADA Spesifikasyonu#57⁴² ve ISO 6876/2001⁴³ standardında, dolgu malzemelerinin radyo-opasitesinin 1 veya 2 mm kalınlığındaki numunelerde ölçülmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu öneriler doğrultusunda, çalışmada kullanılan test materyalleri ve dentin örneği 2 mm kalınlıkta olacak şekilde hazırlanmıştır. Ayrıca bu standartlarda^{42,43}, 1 mm kalınlığındaki gütaperkanın minimum radyo-opasite değerinin, 3 mm alüminyum tarafından oluşturulan değere eşit veya daha yüksek olması gerektiği bildirilmiştir. Çalışmamızda, 2 mm kalınlıktaki gütaperkanın radyo-opasite değeri 10,290 mm Al olarak saptanmıştır. Ayrıca çalışmamızda değerlendirilen kanal eğelerinin radyo-opasite değerleri de 11,018 mm Al ve 11,124 mm Al arasında değişmektedir. Elde edilen sonuçlar, tüm test materyallerinin radyo-opasite değerlerinin uluslararası standartlar ile uyum gösterdiğini ortaya koymuştur. Çalışmamızda, paslanmaz çelik ve NiTi içeriğe sahip olan ısıl işlem uygulanmış ya da uygulanmamış olan farklı içeriğe sahip kanal eğelerinin radyo-opasite değerleri arasında fark bulunmazken, tüm ege gruplarının radyo-opasite değerlerinin gütaperkadan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu bulunmuştur. Bu anlamlı farka rağmen, gütaperkanın radyo-opasite değeri kanal eğelerinin değerlerine yakındır ve ISO standartlarına göre oldukça yüksektir.

Kanal egesi kırılmaları özellikle son yıllarda döner ege sistemlerinin kullanılmalarının artması ve yaygınlaşması sonucunda sıklıkla karşılaşılan bir komplikasyon olarak karşımıza çıkmaktadır.^{18,44} Yeniden kanal tedavisi için başvuran hastaların radyografik olarak değerlendirilmesi sırasında, kanal dolgusunun iyi görüldüğü ancak hastanın klinik yakınmalarının bulunduğu olgularda kök kanalında kırık alet varlığının incelenmesi gereklidir. Özellikle gütaperka ile kanal egesinin süperpoze olduğu durumlarda, gütaperkanın ve kırık egeenin radyo-opasitelerinin birbirine yakın olması kırık egeenin lokalizasyonunu daha da güçleştirmekte ve hekimin etkili tedavi yöntemini (yeniden kanal tedavisi, hemisekşin, kök rezeksiyonu ya da çekim) belirleyebilmesini etkilemektedir.¹⁸ Ayrıca, kök kanalının doldurulmuş olmasının ya da boş olmasının da kırık egeenin tespit edilebilirliğini etkilediği bildirilmiştir.²⁹ Kırık eğelerin belirlenmesinde konvansiyonel, dijital radyografik yöntemlerin ve konik ışınli bilgisayarlı tomografinin (CBCT) etkinlikleri çeşitli araştırmalarda karşılaştırılmıştır.²⁹⁻³¹ Kök kanallarının boş olduğu durumlarda, CBCT ve radyografik yöntemler arasında farklı sonuçlar tespit edilmemiştir.^{29,31}, ancak kök kanallarının dolu olduğu durumlarda CBCT ve periapikal radyografi ile kırık aletin teşhisinin çok zor olduğu hatta mümkün olmadığı sonucuna varılmıştır.^{30,31} Ramos Brito ve arkadaşları²⁹ CBCT ile dijital periapikal radyografiyi karşılaştırdıkları çalışmalarında, kök kanalının dolu olduğu durumlarda periapikal radyografinin daha hassas sonuç verdiğini ortaya koymuşlardır.

EDS mikro-analizinin eğelerin içeriklerinin incelenmesinde güvenilir bir yöntem olduğu kabul edilmiştir.⁴⁵

NiTi eğelerin yaklaşık olarak %55 nikel ve %45 titanyum içerdikleri bilinmektedir ve bu kompozisyonun daha üstün bir elastik özellik gösterdiği bildirilmiştir.⁴⁶ Çalışmamızda incelediğimiz tüm döner NiTi ege sistemlerinde %49 ile %54 arasında nikel, %38 ile %46 arasında titanyum tespit edilmiştir. Literatürde NiTi eğelerin EDS mikro-analiz yöntemi ile içeriklerinin incelendiği çalışmalarda da çalışmamıza benzer oranlarda Ni ve Ti oranları bildirilmiştir.^{47,48}

Bir elementin, yüksek atom numarasına sahip olmasının radyo-opasite değerini arttırdığı bilinmektedir.⁴⁹ Ayrıca, bir materyaldeki radyo-opasiteye sahip elementlerin varlığının, miktar ve oranının da materyalin radyo-opasite değeri üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir.⁵⁰ EDS analizi ile incelediğimiz kanal eğeleri ve gütaperkanın içerisinde bulunan nikel, titanyum, demir, krom, çinko ve karbonun atom numaraları sırasıyla 28, 22, 26, 24, 30 ve 6' dır. Bu çalışmada en yüksek radyo-opasite değeri, formülasyonunda %65 demir, %17 krom ve %6 nikel bulunan paslanmaz çelik ege (11,191±0,276 mmAl) için tespit edilmiştir. Ardından sırasıyla, içeriklerindeki nikel ve titanyum oranlarına paralel bir şekilde radyo-opasite değerlerine sahip olan Reciproc, Reciproc Blue ve Protaper Universal eğeleri gelmektedir. İncelediğimiz örnekler içerisinde, en düşük radyo-opasiteye sahip olan gütaperkanın içerisinde %45 çinko ve %41 oranında karbon elementi tespit edilmiştir. Gütaperkanın düşük atom ağırlığına sahip karbon elementini yüksek oranda içermesi nedeni ile incelenen ege gruplarından farklı olarak daha düşük radyo-opasiteye sahip olduğu düşünülmektedir. Tüm bu veriler, daha yüksek atom numarasına sahip elementlerin, artan radyo-opasite değerinden sorumlu olduğunu bildiren çalışmalar ile uyumludur.⁵¹

Literatürde kanal patlarının ya da gütaperkanın radyo-opasite değerleri araştırılmasına rağmen³⁴⁻³⁶, kanal eğelerinin radyo-opasite değerlerinin hangi sınırlarda olması gerektiğine ilişkin net bir veriye rastlanmamıştır. Çalışmamızın güçlü yönleri literatürde yer almayan bir verinin araştırılması, endodonti pratiğinde rutin kullanılan ege tiplerinin çalışmaya dahil edilmesi, test materyallerinin içeriklerinin EDS yöntemiyle değerlendirilmesi ve radyo-opasiteye etkilerinin incelenmesi olarak sayılmaktadır. Bununla birlikte, çalışmanın *in vitro* olarak gerçekleştirilmesi nedeniyle, bulguların *in vivo* koşullarda farklılık gösterebileceği göz önünde tutulmalıdır.

Klinik uygulamalar sırasında kırılan egeenin radyografik olarak belirlenmesi amacıyla birçok farklı yöntem denenmesine karşın, henüz kesin ve etkili bir tespit yöntemi bulunmamaktadır. Gütaperka konularının yüksek radyo-opasiteye sahip olmaları kök kanal dolum hatalarını/defektlerini gizlemelerine, hatta kanal içindeki ege kırıklarının görünmemesine neden olmaktadır. Bu durum hem tanının hem etkin tedavi yönteminin belirlenmesini güçleştirmektedir. Özellikle periapikal filmlerle

daha kolay bir teşhisin sağlanabilmesi için, kanal eğelerinin ve gütaeparkanın radyoopasite değerlerine ilişkin bir standardizasyonun oluşturulmasının klinik uygulamalar açısından yararlı olacağı düşünülmektedir.

Teşekkür ve Anma

Çalışmaya yaptıkları değerli katkılarından dolayı sayın Prof. Dr. Pelin Güneri'ye ve Doç. Dr. Nejat Nizam'a teşekkür ediyorum.

KAYNAKLAR

1. Hülsmann M, Peters OA, Dummer PM. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endod Top* 2005;10:30-76.
2. Bilgili D, Yılmaz S, Dumani A, Yoldas O. Retracted: Postoperative pain after irrigation with Vibringe versus a conventional needle: a randomized controlled trial. *Int Endod J* 2016;49:813.
3. Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. *J Endod* 2006;32:1031-43.
4. Spili P, Parashos P, Messer HH. The impact of instrument fracture on outcome of endodontic treatment. *J Endod* 2005;31:845-50.
5. McGuigan MB, Louca C, Duncan HF. Endodontic instrument fracture: causes and prevention. *Br Dent J* 2013;214:341-8.
6. Ungerechts C, Bardsen A, Fristad I. Instrument fracture in root canals - where, why, when and what? A study from a student clinic. *Int Endod J* 2014;47:183-90.
7. Walia H, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. *J Endod* 1988;14:346-51.
8. Kazemi RB, Stenman E, Spångberg LS. A comparison of stainless steel and nickel-titanium H-type instruments of identical design: torsional and bending tests. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000;90:500-6.
9. Cheung GS, Liu CS. A retrospective study of endodontic treatment outcome between nickel-titanium rotary and stainless steel hand filing techniques. *J Endod* 2009;35:938-43.
10. Guelzow A, Stamm O, Martus P, Kielbassa A. Comparative study of six rotary nickel-titanium systems and hand instrumentation for root canal preparation. *Int Endod J* 2005;38:743-52.
11. Panitvisai P, Parunnit P, Sathorn C, Messer HH. Impact of a retained instrument on treatment outcome: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2010; 36: 775- 780.
12. Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE, Messer HH. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *J Endod* 2000;26:161-5.
13. Pedulla E, Grande NM, Plotino G, Gambarini G, Rapisarda E. Influence of continuous or reciprocating motion on cyclic fatigue resistance of 4 different nickel-titanium rotary instruments. *J Endod* 2013;39:258-61.
14. You SY, Bae KS, Baek SH, Kum KY, Shon WJ, Lee W. Lifespan of one nickel-titanium rotary file with reciprocating motion in curved root canals. *J Endod* 2010;36:1991-4.
15. Shen Y, Qian W, Abtin H, Gao Y G, Haapasalo M. Fatigue testing of controlled memory wire nickeltitanium rotary instruments. *J Endod* 2011; 37: 997-1001.
16. Hieawy A, Haapasalo M, Zhou H, et al. Phase transformation behavior and resistance to bending and cyclic fatigue of ProTaper Gold and ProTaper Universal instruments. *J Endod* 2015;41:1134-1138.
17. Silva EJ, Muniz BL, Pires F, et al. Comparison of canal transportation in simulated curved canals prepared with ProTaper Universal and ProTaper Gold systems. *Restor Dent Endod* 2016;41:1-8.
18. Parashos P, Messer H. Questionnaire survey on the use of rotary nickel-titanium endodontic instruments by Australian dentists. *Int Endod J* 2004;37:249-59.
19. Cheung GS. Instrument fracture: mechanisms, removal of fragments, and clinical outcomes. *Endod Top* 2007;16:1-26.
20. Spili P, Parashos P, Messer HH. The impact of instrument fracture on outcome of endodontic treatment. *J Endod* 2005;31:845-50.
21. Shemesh H, Roeleveld AC, Wesselink PR, Wu MK. Damage to root dentin during retreatment procedures. *J Endod* 2011;37:63-6.
22. Güler B, Uzun I, Özyürek T, Karabulut C. Retrieval of a seperated reciproc file from apical third of root canal of maxillary second premolar by masserann kit: case report. *J Dent Fac Atatürk Uni* 2015;10:37-40.
23. Hülsmann M. Methods for removing metal obstructions from the root canal. *Dent Traumatol* 1993;9:223-37.
24. Saunders JL, Eleazer PD, Zhang P, et al. Effect of a seperated instrument on bacterial penetration of obturated root canals. *J Endod* 2004;30:177-9.

25. Tsurumachi T, Honda K. A new cone beam computerized tomography system for use in endodontic surgery. *Int Endod J* 2007;40:224–32.
26. McGuigan MB, Louca C, Duncan HF. Clinical decision-making after endodontic instrument fracture. *Br Dent J* 2013;214:395–400.
27. Gandevivala A, Parekh B, Poplai G, Sayed A. Surgical removal of fractured endodontic instrument in the periapex of mandibular first molar. *J Int Oral Health* 2014;6:85–8.
28. Patel S, Dawood A, Pitt Ford T, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J* 2007;40:818–30.
29. Ramos Brito AC, Verner FS, Junqueira RB, Yamasaki MC, Queiroz PM, Freitas DQ, Oliveira-Santos C. Detection of fractured endodontic instruments in root canals: comparison between different digital radiography systems and cone-beam computed tomography. *J Endod* 2017;43:544–549.
30. Rosen E, Venezia NB, Azizi H, Kamburoglu K, Meirowitz A, Ziv-Baran T, Tsesis I. A comparison of cone-beam computed tomography with periapical radiography in the detection of separated instruments retained in the apical third of root canal-filled teeth. *J Endod* 2016;42:1035–9.
31. Costa ED, Brasil DM, Queiroz PM, Verner FS, Junqueira RB, Freitas DQ. Use of the metal artefact reduction tool in the identification of fractured endodontic instruments in cone-beam computed tomography. *Int Endod J* 2020; 53: 506–512.
32. Mc Guigan MB., Louca C, Duncan HF. Endodontic instrument fracture: causes and prevention. *Br Dent J* 2013; 214: 341–8.
33. Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. *J Endod* 2006; 32: 1031–43.
34. Carvalho-Júnior JR, Correr-Sobrinho L, Correr AB, Sinhoretí MA, Consani S, Sousa-Neto MD. Radiopacity of root filling materials using digital radiography. *Int Endod J* 2007;40:514–520.
35. Katz A, Kaffe I, Littner M, Tagger M, Tamse A. Densitometric measurement of radiopacity of Gutta-percha cones and root dentin. *J Endod* 1990;16:211–3.
36. Petry BL, Bodanezi A, Baldasso FER, Delai D, Larentis NL, Fontanella VRC, Kopper PMP. Radiopacity evaluation of gutta-percha points in thinner samples than the ANSI/ADA recommendation. *Braz Dent J* 2017; 28: 592–596
37. Baksi BG, Eyuboglu TF, Sen BH, Erdilek N. The effect of three different sealers on the radiopacity of root fillings in simulated canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103:138–141.
38. Malka VB, Hochscheidt GL, Larentis NL, Grecca FS, Fontanella VR, Kopper PM. A new in vitro method to evaluate radioopacity of endodontic sealers. *Dentomaxillofac Radiol* 2015;44:1–5.
39. Akdeniz, BG, Soğur, E. An ex vivo comparison of conventional and digital radiography for perceived image quality of root fillings *Int Endod J* 2005;38:397–401.
40. Baksi BG, Sen BH, Eyuboglu TF. Differences in aluminum equivalent values of endodontic sealers: conventional versus digital radiography. *J Endod* 2008;34,1101–1104.
41. McDonnell D, Price C. An evaluation of the Sens-A-Ray digital dental imaging system. *Dentomaxillofac Radiol* 1993;22:121–126.
42. American National Standards Institute. American Dental Association. Specification (ANSI/ADA). Endodontic sealing materials. Chicago, 2000.
43. International Organization for Standardization. ISO 6876: dental root canal sealing materials. 2. ed. Geneva, Switzerland, 2001
44. Gündoğdu EC, Doğanay E, Arslan H. A questionnaire study related to reasons and solutions of separation of nickel titanium instruments. *J Dent Fac Atatürk Uni* 2017; 27: 130–138
45. Generali L, Puddu P, Borghi A, et al. Mechanical properties and metallurgical features of new and ex vivo used Reciproc Blue and Reciproc. *Int Endod J* 2019; 53, 250–264.
46. Thompson SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J* 2000; 33, 297–310.
47. Üreyen Kaya B, Erik CE, Kiraz G. Atomic force microscopy and energy dispersive X-ray spectrophotometry analysis of reciprocating and continuous rotary nickel-titanium instruments following root canal retreatment. *Microsc Res Tech* 2019; 82, 1157–1164.
48. Micoogullari Kurt S, Kaval ME, Serefoglu B, Kandemir Demirci G, Çalışkan M. Cyclic fatigue resistance and energy dispersive X-ray spectroscopy analysis of novel heat-treated nickel-titanium instruments at body temperature. *Microsc Res Tech* 2020; 83, 790–794.
49. Martinez Rus F, Garcia AM, de Aza AH, Pradies G. Radiopacity of zirconia-based all-ceramic crown systems. *Int J Prosthodont* 2011; 24: 144–146.
50. Candeiro GT, Correia FC, Duarte MA, et al. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *J Endod* 2012; 38: 842–5.
51. Tsuge T. Radiopacity of conventional, resin-modified glass ionomer, and resin-based luting materials. *J Oral Sci* 2009; 51: 223–230.