

Endodontik tedavi sonrası periapikal reaktif kemiğin fraktal boyut analizi ile değerlendirilmesi

Assessment of periapical reactive bone after the endodontic treatment by using fractal dimension analysis

Dr. Öğr.Üyesi Fatma Furuncuoğlu

Sakarya Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Endodonti A. D.

Orcid ID: 0000-0001-5986-1508

Doç. Dr. İsmail Gümüşsoy

Sakarya Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi A. D.

Orcid ID: 0000-0002-2725-3273

Geliş tarihi: 23 Temmuz 2020

Kabul tarihi: 23 Nisan 2021

doi: 10.5505/yeditepe.2022.70893

Yazışma adresi:

Dr. Öğr.Üyesi Fatma Furuncuoğlu
Sakarya Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Endodonti A. D.
Mithatpaşa mah. Adnan Menderes Bulv. No:122/B
Adapazarı/Sakarya
Tel: 02642404203
E-posta: fatma@sakarya.edu.tr

ÖZET

Amaç: Bu retrospektif çalışmanın amacı; periapikal lezyonlu dişlerin kök kanal tedavisi (KKT) öncesi ve sonrası uzun dönem takipleri sonucu değişen fraktal boyut (FB) değerlerini karşılaştırarak iyileşme dönemindeki kemik remodelasyonunun FB'ya etkisini değerlendirmektir. Bu amaçla, KKT uygulanan hastaların pre-op ve post-op panoramik radyografileri üzerinde FB analizi yapılmıştır.

Gereç ve Yöntem: Sistemik ya da periodontal problemi olmayan, asemptomatik apikal periodontitis ya da fistülü bulunan, 2 mm'den büyük 5 mm'den küçük, sınırları belirgin periapikal lezyonların söz konusu olduğu kök kanal tedavileri tamamlanmış 20 vaka çalışmaya dahil edilmiştir. Tedavi öncesi ve tedaviden 1 yıl sonra alınan panoramikler üzerinde ilgili diş bölgesinde White and Rudolph tarafından tasarlanan yöntem ile FB analizi gerçekleştirildi.

Bulgular: FB sonucu elde edilen tedavi öncesi ortalama FB değeri 1,4054, KKT'den 1 yıl sonra alınan takip radyografilerinden elde edilen ortalama FB değeri 1,3660 idi. KKT öncesi ve sonrasında hastalardan alınan panoramik radyografilerde apikal lezyonun komşuluğundaki trabeküler kemiğin mikro yapısı FB metoduyla değerlendirilmiş ve sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Sonuç: Periapikal iyileşmenin takibinde FB analizinin faydalı bir yöntem olduğu söylenebilir ancak üç boyutlu görüntüleme kullanılarak yeni çalışmaların yapılması daha faydalı olacaktır.

Anahtar kelimeler: Fraktal, kök kanal tedavisi, panoramik radyografi.

SUMMARY

Aim: The present retrospective analysis aims to assess the effect of bone remodeling in the healing period on FD by comparing the fractal dimensions (FD) of teeth, which have periapical lesion, before root canal treatment (RCT) and after long-term follow-up. For this purpose, FD analysis was performed on the pre-op and post-op panoramic radiographs of RCT patients.

Material and Methods: 20 cases having no systemic or periodontal problem, having asymptomatic apical periodontitis or fistula, having dimension between 2mm and 5mm, having well-circumscribed periapical lesions, and having completed root canal treatment were involved in the study. FD analysis on the teeth by using pre-treatment panoramic radiographs and those taken 1 year after the treatment was performed using the method developed by White and Rudolph.

Results: The pretreatment value determined using FD was 1.4054, whereas the value obtained from radiographs taken 1 year after RCT was 1.3660. The micro structure of trabecular bone adjacent to the periapical lesion was analyzed with FD method by using panoramic radiographs taken and after RCT and the results were found to be statistically significant.

Conclusion: It can be stated that FD analysis is a useful method in monitoring the periapical healing and further studies using 3D imaging would be more beneficial.

Key words: Fractal, root canal treatment, panoramic radiography.

GİRİŞ

Periapikal lezyonlar mikroorganizmaların pulpada hasar oluşturduğu kronik uyarılara karşı lokal immun cevap olarak oluşmaktadır.¹ Periapikal lezyonun temel oluşma prensibi olarak bakteriyel enfeksiyonun pulpadan apikal foremene ilerlemesi ve bunun sonucunda periradiküler dokularda lokalize immun cevap gelişmesidir. Radyografik olarak ise; gelişen immun cevap sonucu görülen osteolitik aktivite ile genişlemiş periodontal ligament boşluğundan büyük apikal radyolüsen siye kadar değişen boyutlardaki kemik rezorpsiyonunun oluşmasıdır.²

Kök kanal tedavisi (KKT) uygulanmış dişlerde de temizlemenin, şekillendirmenin, kök kanal dolumunun yetersizliği ya da koronal sızdırmazlığın sağlanamaması ile kök kanalının tekrar enfekte olması aynı şekilde periapikal immune cevabı başlatmaktadır.³

Kök kanal sistemindeki enfeksiyondan kaynaklanan periradiküler lezyonlar başarılı bir kök kanal tedavisinin ardından iyileşmektedir. Bu iyileşme hastanın semptomları, ağız içi durum ve radyografik muayene ile takip edilmektedir. Uzun dönemde kemik yoğunluğundaki değişiklik takibi endodontik tedavinin başarısını göstermekle birlikte, yapılacak ilave restorasyonların planlanmasında yardımcı olmaktadır.⁴

Kemik yoğunluğundaki değişiklik periyodik radyografik takipler ile tespit edilebilirken sayısal veri oluşturmak amacıyla farklı analiz yöntemleri kullanılmaktadır.⁵

Trabeküller kemik; "self similarity" diye tabir edilen kendi içerisinde benzerlik gösterme ve dallanmış yapısı nedeniyle tanımlanmış bir ölçek eksikliği, yani "fraktal" karakteristik göstermektedir. Böylelikle fraktal geometrik uygulamalar ve fraktal boyut analizi (FBA) trabeküler kemiğin kompleks yapısını tanımlamak için kullanılabilir. Fraktal boyut (FB), noninvaziv olarak, kemik yapısı ile ilgili bize bilgi sağlamaktadır. FB kompleks şekillerin matematiksel olarak ölçülmesine ya da tanımlanmasına yardımcı olabilecek bir yöntem olup trabeküler kemiğin kompleks yapısını değerlendirmede kullanılabilir.⁶ FB, kemik

içeriği değişikliklerini, apikal iyileşmeyi, periapikal kemik yapısını ve osteoporöz gibi sistemik hastalıkları tespit etmek amacıyla trabeküler kemik yapısının değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.⁷

Bu retrospektif çalışmanın amacı; periapikal lezyonlu dişlerin KKT öncesi ve sonrası uzun dönem takipleri sonucu değişen FB sonuçlarını karşılaştırarak iyileşme dönemindeki kemik remodelasyonunun FB'a etkisini değerlendirmektir. Bu amaçla, KKT uygulanan hastaların pre-op ve post-op panoramik radyografileri üzerinde FBA yapılmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma için gerekli etik kurul izni Sakarya Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu'ndan alınmıştır (71522473/050.01.04/38). Bu retrospektif çalışmada Sakarya Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinde Ocak 2019-haziran 2019 yılları arasında tedavi olan hastalar değerlendirmeye alınmıştır. Kök kanal tedavileri tek endodontist tarafından (F.F) tamamlanan sistemik ya da periodontal problemi olmayan, asemptomatik apikal periodontitis ya da fistülü bulunan, 2 mm'den büyük 5 mm'den küçük, sınırları belirgin periapikal lezyonlar çalışmaya dahil edilmiştir. Endikasyon ve 1 yıllık takip radyografileri bulunan ve fraktal analiz değerlendirmesi için gerekli standardı sağlayan 20 vaka ile çalışma tamamlanmıştır. 9 vakada ilk kez kök kanal tedavisi uygulanmış olup, 11 vakada başarısız kök kanal tedavisinin yenilenmesi şeklinde tamamlanmıştır.^{8,9}

Kök kanal tedavileri güncel endodontik tedavi prosedürleri ile gerçekleştirildi. Her hastaya anestezi (Ultracaine DS Forte; Aventis Pharma, İstanbul, Türkiye). uygulanmasının ardından rubber dam uygulandı. Giriş kavitelerinin düzenlenmesinin ardından 10 ya da 15 numaralı K tipi eğe ile (Dentsply Sirona, Ballaigues, İsviçre) kök kanalı boyunca ilerletilerek apikale ulaşıldı. Kanal boyu VDW Gold (VDW (Münih, Almanya) ile ölçülmesinin ardından, ProTaper Next (PTN; Dentsply Sirona) sistemi üretici talimatlarında kullanılarak kanallar X4 (40,.06) boyutuna kadar genişletildi. Yalnızca 4 mandibular molar diş distal kanalları X5 (50,.06) boyutuna kadar genişletildi. Daha fazla preparasyon gerektiren (apikal rezorpsiyon, apeksi kapanmamış dişler, vb.) çalışmaya dahil edilmedi. Bu sırada 2.5% NaOCl (Wizard; Rehber Kimya, İstanbul, Türkiye) kullanılarak irrigasyon uygulandı. Preparasyonun tamamlanmasının ardından final irrigasyonu 2.5 mL 2.5% NaOCl, 2.5 mL 5% EDTA (Wizard, Rehber Kimya) ve 2.5 mL 2.5% NaOCl sırasıyla tamamlandı. Kök kanalları uyumlu paper pointler ile kurutuldu. Ardından Ca(OH)₂ (Vision Calcium Hydroxide; USP, Darmstadt, Almanya) kanal içi medikaman olarak lentülo spiral ile kanal içerisine gönderildi. Giriş kavitesi geçici dolgu ile Cavit; (ESPE Dental, Seefeld, Almanya) kapatıldı. 7 gün sonra hasta ikinci seansı için çağırıldı. İkinci

seansta kanal içi medikaman kanal içerisinden uzaklaştırıldı. Final irrigasyon protokolü tekrarlandıktan sonra AH Plus (AH Plus; Dentsply DeTrey, Konstanz, Almanya) kanal patı kullanılarak, uyumlu güta perka (ProTaper Next X4, X5 güta perka; Dentsply Sirona) kullanılarak tek kon tekniği ile kök kanal dolumu gerçekleştirildi. Ardından koronal dolgusu total etch bonding sistemi (Single Bond 2; 3M ESPE, St Paul, MN, Amerika) ve kompozit dolgu (Filtek; 3M ESPE) ile tamamlandı. Kök kanal tedavileri 2 seansta tamamlandı.

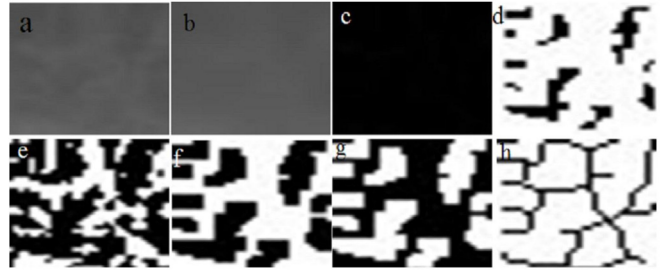
Her hasta için ideal kalitede iki panoramik radyografi, görüntü analizi için seçildi. Preoperatif radyografi kök kanal tedavisinin hemen öncesinde alınırken, diğer film ise tedaviden bir yıl sonra çekildi.

Dijital panoramik radyografiler Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı'nda, Vatech PCH-2500 (Vatech Co., Gyeonggi-do, Kore) cihazı ile aynı röntgen teknisyeni tarafından üretici firmanın talimatlarına uyularak elde edilmiştir. Radyografik ekspozür parametreleri ortalama 70 kV, 7 mA ve 15.9 saniye olarak ayarlanmıştır.

FB analizi için gerekli işlemler aynı bilgisayarda (Acer Aspire E1-531) aynı kişi tarafından National Institute of Health Image'in bir versiyonu olan ve "http:rsb.info.nih.gov" adlı internet adresinden kullanımına ücretsiz olarak izin verdiği ImageJ 1.52b görüntü analiz programı ile White and Rudolph¹⁰ tarafından tasarlanan yöntem kullanılarak gerçekleştirildi. FB analizi için gerekli işlemler sırasıyla şu şekilde yapıldı: Görüntüde 20x20 piksel boyutunda incelenecek alan (ROI) kırıldıktan sonra 8-bit formatında kaydedilerek kopyalandı. Duplike edilmiş görüntüye Gaussian filtresi (sigma= 35 piksel) uygulanarak görüntü bulanıklaştırıldı. Böylece görüntüdeki ince ve orta skala varyasyonlar giderilerek sadece yüksek skaladaki varyasyonların kalması sağlanmış oldu. Gaussian filtresi uygulanarak bulanıklaştırılan görüntü 'subtraction' işlemi ile orijinal görüntü üzerinden çıkartıldı. Her piksel lokasyonuna 128 ilave edildi ve görüntünün başlangıç parlaklık derecesi ne olursa olsun 128 eşik değer olarak belirlendi. 128 parlaklık derecesi eşik değer alınan görüntü binary formatına çevrildi. Görüntüdeki görüntüyü ortadan kaldırmak amacıyla görüntüye erozyon ve dilatasyon işlemi uygulandı. Tersine çevrilen görüntü iskeletleştirildi ve böylece trabeküllerin sadece merkezi kısımlarının kalması sağlandı. ImageJ programının analiz menüsünden 'box-counting' fonksiyonu kullanılarak iskeletleştirilmiş görüntüye FB analizi tatbik edildi (Resim 1,2).



Resim 1. Tedavi öncesi ve sonrasına ait panoramik radyografiler üzerinde ilgili dişe ait ilgi alanı seçimi.



Resim 2. a. Kırpılan, dublike edilen ve bulanıklaştırılan ROI görüntüsü b. Orijinalinden bulanıklaştırılan görüntünün çıkartılması c. Çıkan sonuca 128 ilave edilmesi d. 128 eşik değeri uygulanması e. Erozyon işlemi f. Dilatasyon işlemi g. Tersine çevrilmesi h. Iskeletleştirme

Tek bir araştırmacı (makalenin ikinci yazarı) tüm parametreleri değerlendirdi. Gözlemci içi güvenilirliği değerlendirmek için, aynı araştırmacı tarafından rastgele seçilen 20 radyografide görüntü analizi iki kez tekrarlanmış ve görüntüleyici güvenilirliği Cronbach's alpha yöntemi ile % 94 olarak belirlenmiştir.

Çalışmaya ait sonuçlar, SPSS paket programı kullanılarak (IBM Corp, VERSİYON 22.0, Armonk, N.Y., Amerika) analiz edilmiştir. Endodontik tedavi öncesi ve sonrası yapılan FB ölçüm değerlerinin normal dağılıp dağılmadığı, Kolmogorov-Smirnov testi ile tespit edildi. Veri setlerinin karşılaştırılmasında t-testi kullanıldı. Sonuçlar; ortalama \pm standart hata olarak verildi ve $p < 0.05$ olması durumu istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

BULGULAR

Hastaların KKT öncesi teşhis için alınan panoramik radyografileri üzerinde ilgili dişin apikal bölgesinde trabeküler kemiğe uygulanan FB sonucu elde edilen ortalama FB değeri 1,4054 idi. KKT'den 1 yıl sonra alınan takip radyografilerinden elde edilen ortalama FB değeri 1,3660 idi (Tablo 1).

Tablo 1. Radyografilerinden elde edilen ortalama FB değerleri

	Ortalama	N	Std. Deviasyon	p
Pre-op	1,4054	20	,035	0.004
Post-op	1,3660	20	,043	

$p < 0,05$ olması durumu istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

KKT öncesi ve sonrası kutu sayma metodu kullanılarak matematiksel morfoloji işlemleriyle hesaplanan fraktal boyut değerlerindeki değişiklikler istatistiksel olarak anlamlıydı ($p=0,004$). 20 hastadan 15'inde FB değeri tedavi sonrasında düşüş gösterirken, 5'inde artış gösterdi. Artış gösterenlerden 2'si retreatment hastasıydı.

TARTIŞMA

Kök kanal tedavisi sonrası periradiküler doku iyileşmesi kemiğin, periodontal ligamentin ve sementin dahil olduğu kompleks bir süreci içerir. Kemiğin trabeküler yapısı periapikal radyografilerde görülmekte ve spongios kemikte yeni kemik oluşumu periradiküler dokuların yeniden yapılanmasında temel süreçlerden birisidir.¹¹ Fraktal boyut

analizi gibi farklı yaklaşımlar radyografide periapikal kemik kalitesindeki değişikliğin tespiti için kullanılmaktadır. Fraktal analiz ile kemiğin mikro yapısındaki değişimler hakkında sayısal veri elde etmek mümkün olmaktadır. Yüksek FB değeri daha yoğun ve kompleks trabeküler kemik yapısını, düşük FB değeri ise porözlü kemik yapısını işaret etmektedir. Literatürde ROI pozisyonunun FB için önemli bir parametre olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada ROI aynı lokasyondan ve aynı boyuttan elde edilmiştir.

Literatürde birçok çalışmada FB analizi ile farklı sistemik hastalık durumlarında mandibula ve maksillanın kemik yapısı değerlendirilmiştir.^{6,12,13,14} Örneğin osteoporozda veya bisfosfonat kullanımında, periodontitis, diabetes mellitus gibi çeşitli seconder osteoporotik hastalıklarda çene kemiklerinin değerlendirilmesinde FB yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmalarda araştırmacılar FB'un osteoporotik patolojileri olan hastaları sağlıklı bireylerden ayırt edebildiğini belirttiler. Diğer yandan farklı cerrahi işlemler sonrası kemik iyileşmesinin takibinde de FBA yönteminin kullanımıyla ilgili literatürde çalışmalar mevcut olup,^{15,16} endodontal periapikal lezyon iyileşmesinin takip edildiği sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.^{4,8,9,17}

Kök kanal tedavisinin başarısı birçok çalışmada değerlendirilmiş ve başarı oranı 35% - 95% başarı oranında bulunmuştur.^{8,9,18} Bu geniş aralık metodolojik farklılıklar ile birlikte klinik, biyolojik ve teknik prognostik değişkenlerin etkisiyle oluşabilmektedir. Ayrıca birçok çalışma kök kanal tedavisinin prognozunda periapikal lezyonun tedavi öncesi durumunun en önemli faktörlerden olduğunu göstermiştir.¹⁹⁻²¹ Arx ve ark.²² 5 mm'den küçük periapikal lezyonların, 5 mm'den büyük olanlara göre daha kısa sürede iyileştiğini bildirmiştir. Ayrıca yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, cerrahi olmayan kök kanal yenilenmesinin ağırlıklı başarı oranının %66 olduğunu, bu da apikal periodontitisli dişlerde ilk kez uygulanan kök kanal tedavisine göre yaklaşık % 6 daha düşük olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, cerrahi olmayan bir kanal tedavisi geçirmiş dişlerin prognozunun, ilk uygulanan kanal tedavisine benzer olabileceği de gösterilmiştir. Bu çalışmada da 11 retreatment vakalarının 2'sinde, 9 ilk kez kanal tedavisi uygulanan vakanın 3'ünde FB değeri artmıştır. Bu durum retreatment ya da yeni kanal tedavisi endikasyonlarının FB değerlerindeki farklılığın benzer olduğunu göstermektedir. Çalışmanın toplamına bakıldığında FB değerleri azalırken 5 vaka da artması, hızlı ilerleyen lezyonların çevresinde reaktif kemik oluşumunun artmaması ve iyileşme başladığında ise yeni oluşan kemiğin daha yoğun trabeküler yapı gösterdiğini belirtmektedir.

Bu çalışmada 2 mm'den büyük 5 mm'den küçük apikal lezyonu bulunan, kök kanal tedavisi uygulanmış dişleri olan 20 vakanın 1 yıllık takibi sonucu apikal trabeküler kemik yapısındaki değişiklik FB yöntemi ile değerlendirilmiştir. Tedavi öncesi ve sonrasında radyograflardan

elde edilen FB değerleri anlamlı olarak farklıydı ve tedavi sonrası elde edilen FB değerlerinin daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada FBA sonuçlarında preoperatif panoramik radyograflar ile 1 yıl sonraki radyografların FBA sonuçlarında anlamlı farklılık bulunarak ve post-op takip radyograflarında FB değerleri daha düşük bulunmuştur. Bu sonuç Huang ve ark.⁸ ve Yu ve ark.⁹ ile paralellik göstermektedir. Apikal periodontitis nedeniyle ilgili dişin apikal komşuluğunda vücudun bir savunma mekanizması olarak reaktif kemik yapısı oluşmaktadır.^{9,23} Bunun sonucunda ilgili bölgede trabeküler kemik yapısı daha dens ve kompleks yapıya evrilmekte ve bu da daha yüksek FB değeri anlamına gelmektedir. Yu ve ark'ın⁹ çalışmalarında başarılı kök kanal tedavisi sonrası var olan reaktif kemiğin normal dansitedeki kemiğe dönüştüğünü bildirmiştir. Bunun da azalan FB değerini açıkladığını belirtmiştir. Bunların aksine Chen ve ark.⁴ ile Uğur Aydın ve ark.¹⁷'leri periapikal lezyon iyileşmesini değerlendirdikleri çalışmalarında FB değerlerinin 1 yıllık takip radyograflarında arttığını belirtmişlerdir. Bu noktada birçok faktörün etkisinden bahsetmek söz konusu olacaktır. Örneğin trabeküllerdeki kalınlaşma ve rezorpsiyon gibi FB değerlerini etkileyen değişiklikler kemik metabolizmasındaki birçok faktöre bağlıdır. Ayrıca, anatomik varyasyonlar, hastalıkların kemik yapısını nasıl etkilediği, vücudun farklı bölgelerindeki farklı kemiklerin hastalıklardan nasıl ve ne derece etkilendiği, görüntülerin elde edilme seyri, ilgi alanını seçerken belirlenen kriterler ve FB ölçümünde farklı yöntemlerin etkisi gibi birçok kriter FBA çalışmalarında elde edilen farklı sonuçların üzerinde etkili olabilmektedir.

ROI seçimi de FBA için önemli kriterlerden birisidir. Bu çalışmadaki bütün örneklerde lezyona komşu reaktif trabeküler kemik alanında aynı boyutta ROI seçimi yapıldı. Seçilen alanın boyutu, ilgili bölgedeki anatomik yapının elverdiği ölçüde, lezyonun hemen komşuluğundaki reaktif kemiği değerlendirecek şekilde ortalama bir ebat olarak belirlendi. Ayrıca çalışmanın amacı trabeküler kemiği değerlendirmek olduğu için kompakt kemik, mental foramen, alveoler sinir kanalı, lamina dura, periodontal membran gibi anatomik yapıların yer almadığı bir alan seçildi. Dolayısıyla bahsettiğimiz kriterler göz önünde tutulduğunda incelenebilecek alanın oldukça kısıtlı olması nedeniyle tek bir alan seçildi. Çoğu örnekte bahsedilen kriterlere uygun incelenecek ikinci bir komşu alanın seçilmesi mümkün değildi.

Updike ve Nowzari²⁴ periodontitis hastaları ile sağlıklı bireylerin radyograflarını kıyaslayarak yaptıkları çalışmada periodontal hastalık ile başlayan rezorpsiyon işleminin trabeküler kompleksitede bir azalmaya neden olduğunu ve dolayısıyla FB değerinde bir azalmaya yol açtığını bildirmişlerdir. Bisfosfonat kullanan hastaların panoramik radyografları üzerinde yapılan benzer bir çalışmada ise, hastaların FB değerlerinin kontrol deneklerinin FB değer-

lerinden yüksek olduğu tespit edilmiş ve bifosfonatların kemik dokusu üzerindeki antirezorptif etkisi ile ilişkilendirilmiştir.²⁵

Literatürde bu konuyla ilgili birçok çalışma olmasına rağmen, hastalıkların neden olduğu yıkıcı kemik değişikliklerinin trabeküler kompleksi nasıl etkilediği ve FB sonuçlarının bundan nasıl etkilendiği konusunda araştırmacılar arasında bir fikir birliği yoktur. Örneğin, Hua ve ark.²⁶ ve Ruttimann ve ark.²⁷ gibi araştırmacılar, trabeküler kemik üzerinde osteoporoz benzeri etkiye neden olan patolojilerde FB değerlerinin arttığını belirtmişlerdir. Updike ve ark.²⁴, Southard ve ark.²⁸, Ergün ve ark.²⁹ gibi diğer bazı araştırmacılar ise bu gibi hastalıklarda FB'nin azaldığı sonucuna varmışlardır.

Bu çalışmada birtakım limitasyonlar da söz konusuydu. Öncelikli olarak tedavi öncesi ve sonrası trabeküler kemikte meydana gelen değişimlerin belirlenmesinde altın standart histo-patolojik incelemelerdir. Ancak yöntemin hastalarda uygulanması hem pahalıdır, pratik değildir, hem de etik olarak mümkün değildir. Diğer bir eksiklik ise panoramik radyografinin kullanılmış olmasıdır. Panoramikler üç boyutlu yapıların iki boyutlu projeksiyonudur. Ayrıca görüntüde magnifikasyon ve distorsiyonlara neden olabilmektedir. Öte yandan hastalarda DVT kullanımı ise yine hem pahalı, pratik değil, hem de daha fazla radyasyon dozuna sahip olması nedeniyle rutin bir yöntem değildir.

Bu çalışmada KKT öncesi ve sonrasında hastalardan alınan panoramik radyografilerde apikal lezyonun komşuluğundaki trabeküler kemiğin mikro yapısı FB metoduyla değerlendirilmiş ve sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Çalışmanın sonuçları itibarıyla KKT de periapikal iyileşmenin takibinde FBA'nin faydalı bir yöntem olduğu söylenebilmektedir. Ancak yöntemin klinik geçerliliğinin ispatlanmasında hayvan denekleri kullanılarak histopatolojik incelemelerin ve mikro-CT verilerinin gelecek çalışmalarda kullanılması tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

1. P Stashenko. The role of immune cytokines in the pathogenesis of periapical lesions. *Dental Traumatology* 1990; 6.3: 89-96.
2. Pathways, 12.th ed. Chapter 16: Pathobiology of apical periodontitis. Louis M. Lin, George T.-J. Huang. P:2034-3488
3. Ruddle CJ. Non-surgical endodontic retreatment. In: Cohen S., Burns RC, editors. *Pathways of Pulp*. 8th ed. St. Louis, Mosby 2002. p. 875-876.
4. Chen SK, Oviir T, Lin CH, Leu LJ, Cho BH, et al. Digital imaging analysis with mathematical morphology and fractal dimension for evaluation of periapical lesions following endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005; 100(4):467-472.
5. Erdem Hepsenoglu Y, Eyuboglu TF, Özcan M. Posto-

perative Pain Intensity after Single- versus Two-visit Non-surgical Endodontic Retreatment: A Randomized Clinical Trial. *J Endod* 2018; 44(9):1339-1346.

6. Apolinário AC, Sindeaux R, de Souza Figueiredo PT, Guimarães AT, Acevedo AC, et al. Dental panoramic indices and fractal dimension measurements in osteogenesis imperfecta children under pamidronate treatment. *Dentomaxillofac Radiol* 2016; 45(4):20150400.
7. Kurşun-Çakmak EŞ, Bayrak S. Comparison of fractal dimension analysis and panoramic-based radiomorphometric indices in the assessment of mandibular bone changes in patients with type 1 and type 2 diabetes mellitus. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2018; 126(2):184-191.
8. CC Huang, JC Chen, YC Chang, JH Jeng, CM Chen. - A fractal dimensional approach to successful evaluation of apical healing. - *Int Endod J* 2013; 46(6):523-529.
9. YY Yu, H Chen, CH Lin, CM Chen, T Oviir, et al. - Fractal dimension analysis of periapical reactive bone in response to root canal. - *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009; 107(2):283-288.
10. White SC, Rudolph DJ. Alterations of the trabecular pattern of the jaws in patients with osteoporosis. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 1999; 88(5):628-635.
11. Huuonen S, Ørstavik D. Radiological aspects of apical periodontitis. *Endodontic Topics* 2002; 1.1: 3-25.
12. B Arsan, TE Kose, E Cene, I Ozcan. - Assessment of the trabecular structure of mandibular condyles in patients with. - *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2017; 123(3):382-391.
13. I Gumussoy, O Miloglu, E Cankaya, IS Bayrakdar. - Fractal properties of the trabecular pattern of the mandible in chronic renal. - *Dentomaxillofac Radiol* 2016; 45(5):20150389.
14. S Ay, UK Gursoy, T Erselcan, I Marakoglu. - Assessment of mandibular bone mineral density in patients with type 2 diabetes. - *Dentomaxillofac Radiol* 2005; 34(6):327-331.
15. Suer BT, Yaman Z, Buyuksarac B. Correlation of Fractal Dimension Values with Implant Insertion Torque and Resonance Frequency Values at Implant Recipient Sites. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2016; 31(1):55-62.
16. Griggs JA. Using fractal geometry to examine failed implants and prostheses. *Dent Mater* 2018; 34(12):1748-1755.
17. Uğur Aydın Z, Ocak MG, Bayrak S, Göller Bulut D, Orhan K. The effect of type 2 diabetes mellitus on changes in the fractal dimension of periapical lesion in teeth after root canal treatment: a fractal analysis study. *Int Endod J*. 2020 Sep 15. doi: 10.1111/iej.13409. Epub ahead of print. PMID: 32931021.
18. de Chevigny C, Dao T T, Basrani B R, Marquis V, Farzaneh M, et al. Treatment outcome in endodontics: the

Toronto study--phase 4: initial treatment. J Endod 2008; 34(3):258-263.

19. Marquis VL, Dao T, Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study. Phase III: initial treatment. J Endod 2006; 32(4):299-306.

20. Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. J Endod 1990; 16(10):498-504.

21. Friedman S, Mor C. The success of endodontic therapy--healing and functionality. J Calif Dent Assoc 2004; 32(6):493-503.

22. T von Arx T, Hänni S, Jensen SS. 5-year results comparing mineral trioxide aggregate and adhesive resin composite for root-end sealing in apical surgery. J Endod 2014; 40(8):1077-1081.

23. Hedin M, Polhagen L. Follow-up study of periradicular bone condensation. European Journal of Oral Sciences 1971; 79(4): 436-440.

24. Updike SX, Nowzari H. Fractal analysis of dental radiographs to detect periodontitis-induced trabecular changes. J Periodontal Res 2008; 43(6):658-664.

25. Demiralp KÖ, Kurşun-Çakmak EŞ, Bayrak S, Akbulut N, Atakan C, et al. Trabecular structure designation using fractal analysis technique on panoramic radiographs of patients with bisphosphonate intake: a preliminary study. Oral Radiol 2019; 35(1):23-28.

26. Hua Y, Nackaerts O, Duyck J, Maes F, Jacobs R. Bone quality assessment based on cone beam computed tomography imaging. Clinical oral implants research 2009; 20(8):767-771.

27. Ruttimann UE, Webber RL, Hazelrig JB. Fractal dimension from radiographs of peridental alveolar bone. A possible diagnostic indicator of osteoporosis. Oral surgery, oral medicine, and oral pathology 1992; 74(1):98-110.

28. Southard TE, Southard KA, Krizan KE, Hillis SL, Haller JW, et al. Mandibular bone density and fractal dimension in rabbits with induced osteoporosis. Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics 2000; 89(2):244-249.

29. Ergun S, Saracoglu A, Guneri P, Ozpinar B. Application of fractal analysis in hyperparathyroidism. Dento maxillo facial radiology 2009; 38(5):281-288.