

ORIJİNAL ARAŞTIRMA

Original Article

Yazışma adresi
Correspondence address

Özge KURT
Aksaray Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi,
Endodonti Anabilim Dalı,
Aksaray, Türkiye
ozge.kurt@aksaray.edu.tr

Geliş tarihi / Received : 27 Kasım 2024
Kabul Tarihi / Accepted : 20 Aralık 2024
E-Yayın Tarihi / E-Published : 31 Aralık 2024

Bu makalede yapılacak atıf
Cite this article as

Kurt Ö., Koyuncu S., Güleç M., Şimşek E.
Endodontik Tedavi Sonrası Takip
Verilerinin Fraktal Boyut Analizi:
Retrospektif Bir Çalışma

Akd Diş Hek 2024;3(3): 122 - 129

Özge KURT
Aksaray Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi,
Endodonti Anabilim Dalı,
Aksaray, Türkiye

Sümeyye KOYUNCU
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi,
Ahmet Keleşoğlu Diş Hekimliği Fakültesi,
Endodonti Anabilim Dalı,
Karaman, Türkiye

Melike GÜLEÇ
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi,
Ahmet Keleşoğlu Diş Hekimliği Fakültesi,
Endodonti Anabilim Dalı,
Karaman, Türkiye

Emine ŞİMŞEK
Mersin Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi,
Endodonti Anabilim Dalı,
Mersin, Türkiye

Endodontik Tedavi Sonrası Takip Verilerinin Fraktal Boyut Analizi: Retrospektif Bir Çalışma

Fractal Dimensional Analysis of Follow-Up Data After Endodontic Treatment: A Retrospective Study

ÖZ

Amaç

Endodontik tedavide, periapikal görüntülerden fraktal boyutun ve periapikal indeksin ölçülmesi, hem periapikal kemik değişikliklerinin belirlenmesinde hem de apikal periodontitisin değerlendirilmesinde önemli bir kanıttır. Bu çalışmanın amacı da, endodontik tedavi sonrası periapikal bölgede gözlenen değişiklikleri fraktal boyut analiz yöntemi kullanarak ve periapikal indeksi ölçerek değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntemler

Çalışmaya periradiküler cerrahi endikasyonu olmayan dişlere sahip, 16-57 yaş arasında hastalar dahil edildi. Endodontik tedavi uygulanan hastaların başlangıç ve kontrol radyograflarına bakılarak klinik ve radyolojik verileri değerlendirildi. Kök kanal tedavisi öncesi ve 1 yıllık takip sonrası elde edilen periapikal görüntüler üzerinde lezyon merkezi ve çevre reaktif kemikten olacak şekilde 30x30 piksel boyutlarında ilgi alanı seçimi yapıldı. Sonrasında seçilen alanlar üzerinde fraktal boyut kutu sayma yöntemi kullanılarak ölçüldü. Aynı radyograflar üzerinde periapikal indeks değerleri, iyileşmiş (PAI < 3) veya iyileşmemiş (PAI ≥ 3) olarak sınıflandırıldı.

Bulgular

Ortalama Fraktal boyut değeri 1 yıllık takipte başlangıca göre anlamlı derecede arttı. Periapikal indeks başlangıç ölçümü ise anlamlı derecede daha yüksek bulundu.

Sonuç

Endodontik tedaviden 1 yıl sonra, Fraktal boyut verilerinin ve periapikal indeks değerlerinin ortaya koyduğu gibi, radyografik olarak periapikal dokularda iyileşme gözlemlendi. Klinik olarak anlamı, periapikal dokuların takibinde Fraktal boyut analizi ile birlikte periapikal indeks ölçümünün yapılması faydalı bir yöntem olabilir, ancak üç boyutlu görüntüleme yöntemleri ile daha uzun süren takiplerle yeni çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Anahtar Sözcükler

Fraktal boyut, Kök kanal tedavisi Retrospektif çalışmalar

ABSTRACT

Objectives

In endodontic treatment, measuring the fractal dimension and periapical index from periapical images is important evidence in both determining periapical bone changes and evaluating apical periodontitis. The aim of this study is to evaluate the changes observed in the periapical region after endodontic treatment by using the fractal analysis method and measuring the periapical index.

Material and Methods

Patients between the ages of 16 and 57 with teeth without indication for periradicular surgery were included in the study. Clinical and radiological data were evaluated by looking at the initial and control radiographs of the patients who underwent endodontic treatment. On the periapical images obtained before root canal treatment and after 1 year of follow-up, an area of interest of 30x30 pixels was selected, with the lesion center and the surrounding area consisting of reactive bone. Afterwards, the fractal dimension was measured on the selected areas using the box counting method. Periapical index values on the same radiographs were classified as healed (PAI < 3) or unhealed (PAI ≥ 3).

Results

The mean Fractal dimension value increased significantly at 1-year follow-up compared to baseline. The periapical index initial measurement was found to be significantly higher.

Conclusion

One year after endodontic treatment, healing of the periapical tissues was observed radiographically, as revealed by fractal dimension data and periapical index values. Clinically, periapical index measurement along with fractal dimension analysis may be a useful method in the follow-up of periapical tissues, but new studies with longer follow-ups using three-dimensional imaging methods need to be conducted.

Key Words

Fractal Dimensional, Root Canal Therapy, Retrospective Studies

GİRİŞ

Apikal periodontitis, kök kanallarının bakteriyel enfeksiyonuna karşı gelişen konak savunmasının, periapikal kemik rezorpsiyonu olarak kendini göstermesidir. Apikal periodontitis yetişkin popülasyonun yaklaşık %33 ila %62'sini etkiler ve sistemik sağlık üzerinde de zararlı etkileri olabilir. Bu nedenle, bu durumun gecikmeden teşhis edilmesi ve tedavi edilmesi gerekir. Tedavi edilmemesi, hastalığın çevre dokulara yayılmasına ve ciddi komplikasyonlara neden olabilir. Akut apikal periodontitisin ilk tanısı klinik olarak konulabilirken, kronik apikal periodontitisin tespiti, alınan radyografilerle karakteristik periapikal radyolusensinin tespiti ile yapılır (1). Bu apikal lezyonlar, genişlemiş periodontal ligament alanı olarak görünür ve endodontik tedavi görmüş dişlerin radyografik incelemesi ile tespit edilir. Ancak, bu apikal lezyonlar, özellikle erken dönemde radyografik olarak tespit edilememektedir (2).

Mandelbrot tarafından ortaya atılan "*fraktal boyut*" terimi, uygun teknikler kullanılarak kantitatif olarak analiz edilebilen karmaşık geometriye sahip nesnelere tanımlar. Fraktal dallanma gösteren nesnelere karmaşıklık seviyesi fraktal boyut analiz (FA) ile hesaplanmakta olup, incelenen dokunun mimarisini karakterize eden bir sayı olan fraktal boyutu (FB) verir. Kemik yoğunluğundaki değişiklik periyodik radyografik takipler ile tespit edilebilirken sayısal veri oluşturmak amacıyla FA yöntemleri kullanılmaktadır. Trabekülasyon gösterme özelliğinden dolayı kemik morfolojisi de fraktal yapıya sahiptir. Trabeküler kemiğe ilişkin daha düşük FB değerleri kemikte rezorpsiyonla ilişkilendirilirken, daha büyük FB değerleri kemik yapımı ile ilişkilendirildi (3). Endodontik tedavide, periapikal görüntülerden FB'nin ölçülmesi, periapikal kemik değişikliklerinin belirlenmesi için faydalı bir teşhis aracı olabilir. Son yıllarda FA, kök kanal cerrahisi sonrası iyileşmenin kantitatif değerlendirilmesi de dahil olmak üzere diş hekimliğinde pek çok alanda uygulanmaktadır (4).

Periapikal indeks (PAI), periapikal doku iyileşmesinin radyografik inceleme ile belirlendiği çeşitli indekslerden biridir. Radyografide izlenen kemik yoğunluğu değişimleri, apikal periodontitisin varlığının, ilerlemesinin ve iyileşmesinin değerlendirilmesinde önemli bir kanıttır (5). PAI, periapikal dokuları "*sağlıklı*" dan "*şiddetli periodontitis*" e kadar 1 ile 5 arasında skorlayarak kanal tedavilerinin kalitesine ışık tutar (6).

Bu çalışmanın amacı periapikal lezyonlu dişlerde uygulanan kanal tedavisini takiben lezyon merkezi ve reaktif kemikte meydana gelen radyografik değişikliklerin PAI ve FA yöntemi ile değerlendirilmesidir.

GEREÇ ve YÖNTEMLER

Örneklem seçimi ve çalışma dizaynı

Bu retrospektif çalışma Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Etik Kurulu tarafından onaylanarak (Onay No. E-11095095-050.01.04-135234) Helsinki Deklarasyonu Prensipleri'ne uygun olarak yapıldı. 2019-2023 yılları arasında endodontik tedavi uygulanan hastaların başlangıç ve 1 yıllık takip radyograflarına bakılarak klinik ve radyolojik verileri değerlendirildi.

Çalışmaya periradiküler cerrahi endikasyonu olmayan periapikal lezyonlu dişe sahip, 16-57 yaş arasında hastalar dahil edildi. Vertikal kök kırığı olan, cerrahi olarak tedavi görmüş dişler, 1 yıldan daha kısa bir süre önce tedavi görmüş dişler, aşırı doldurulmuş kök kanalları, açık kök ucu olan dişler ve osteoporoz, raşitizm, osteomalazi, osteogenez imperfekta, osteopetroz, Paget kemik ve fibröz displazi gibi metabolik kemik hastalıkları çalışma dışı bırakıldı. Bu çalışmada istatistiksel analizin güvenilirliği için en az 25 hasta gerekiyordu. Çalışmamız dahil edilme kriterlerini karşılayan 26 hastanın (12 erkek ve 14 kadın) verilerini içermektedir.

Radyografik Muayene

Araştırmamızda incelenen tüm periapikal radyograflar, üreticinin önerileri doğrultusunda oluşturulan rutin protokol kapsamında 70 kVp, 8mA ve 3.2 sn ışınlama süresi parametrelerine sahip intraoral dijital periapikal X-ray cihazı (X-mind, Acteon, Satelec, Fransa) ve iki boyutlu dijital

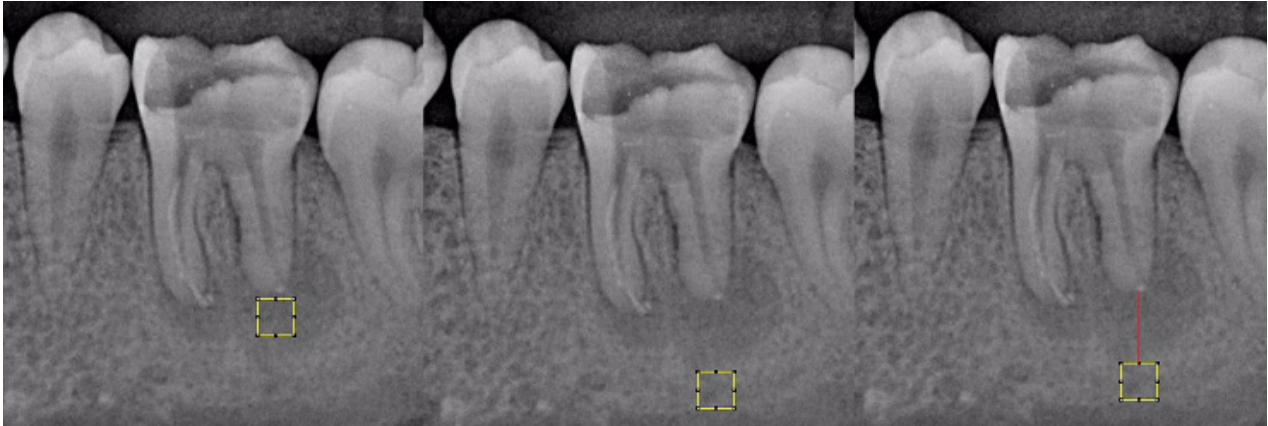
görüntüleme plağı (Vista Scan Mini Plus, Dürr Dental, Almanya) kullanılarak elde edildi.

Elde edilen radyografların incelenmesi için 8 GB RAM, Windows 10 Professional işletim sistemi ve 1920x1080 piksel çözünürlüğe sahip 21.5 inç'lik flat panel renkli ekranlı (Lenovo Think Vision S22e-20) olan 3.10 GHz Intel 10. Nesil i5 kullanıldı.

Radyografik Görüntü İşleme (Fraktal Analiz)

Radyografların standardizasyonu için, yüksek çözünürlüklü 'TIF' (Tagged Image File) formatında kaydedilen tüm görüntülerin boyutları Adobe Photoshop CS5 (Adobe Systems Inc., San Jose, CA) programı yardımıyla 640x480 piksel olarak ayarlandı. Fraktal boyut analiz için National Institutes of Health Image yazılımının bir sürümü olan Windows için 64 Bit java içerikli Image J v1.41 programı kullanıldı. Program internet üzerinden <https://imagej.nih.gov/ij/download.html> adresinden indirildi. Ölçümler aynı gözlemci tarafından 15 gün arayla 2 kez tekrarlandı.

Kök kanal tedavisi (KKT) öncesi elde edilen periapikal görüntüler üzerinde lezyon merkezi ve çevre reaktif kemikten olacak şekilde 30x30 piksel boyutlarında ilgi alanı (region of interest: ROI) seçimi yapıldı. Lezyon merkezi ölçümleri için kök apeksi bitiminden ROI belirlenirken; lezyona komşu reaktif kemik ölçümleri için işaretlenen ROI'lerin kök apeksine olan mesafesi görüntü üzerinde di-



Şekil 1. KKT öncesinde lezyon merkezi ve komşu reaktif kemik üzerinde belirlenen ROI'lerin gösterilmesi

jital cetvel yardımıyla ölçülerek, KKT sonrası elde edilen periapikal radyograflar üzerinde ROI seçimi yapılırken bu mesafe dikkate alındı (Şekil 1).

Toplamda her bir diş için;

ROI 1: KKT öncesi lezyon merkezi,

ROI 2: KKT öncesi reaktif kemik,

ROI 3: KKT sonrası lezyon merkezi,

ROI 4: KKT sonrası reaktif kemik olmak üzere 4 farklı

ROI üzerinde FA işlemleri uygulandı.

FB değerlerinin hesaplanmasında White and Rudolph7 tarafından tanımlanan kutu sayma (box-counter) yöntemi kullanıldı. Bu yöntemle göre;

1. İlk olarak kopyalanan ROI'ler 'Gaussian Blur' filtresi (sigma, 35 piksel) kullanılarak bulanıklaştırılır. Bu aşama ile yumuşak doku ve kemik kalınlığının değişmesine bağlı olarak görüntü üzerinde oluşan parlak alanlar bulanıklaştırılmış olur (Şekil 2a).

2. Bulanık olan işlenmiş görüntü orijinal ilk görüntüden çıkarılarak (Şekil 2b) görüntüye her piksel için 128 gri değeri eklenir (Şekil 2c). Ortalama değeri 128 gri tonu olarak elde edilen görüntüdeki farklı parlaklıktaki alanlar, kemik iliği ve trabeküler yapının ayırt edilmesine yardımcı olur.

3. Sonrasında 'Make Binary' seçeneği ile görüntü siyah-beyaz olacak şekilde iki renkli formata dönüştürülür (Şekil 2d). Böylelikle kemik iliği ve trabeküler yapının ana hatları ayırt edilebilir hale getirilmiş olur.

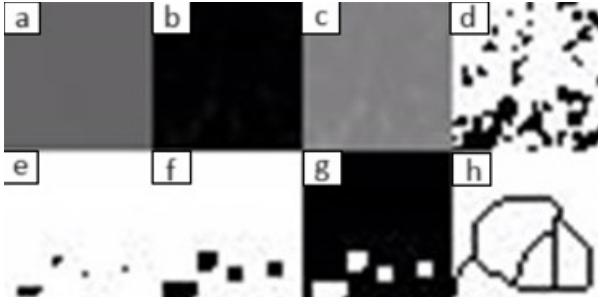
4. Görüntü üzerinde oluşan gürültüyü azaltmak için 'Erode' basamağı uygulanır (Şekil 2e).

5. Ardından 'Dilate' seçeneği ile mevcut alanlar genişletilerek daha belirgin hale getirilir (Şekil 2f).

6. Sonrasında 'Invert' aşamasında görüntü üzerindeki beyaz alanlar siyaha, siyah alanlar beyaza çevrilerek trabeküler kemiğin ana hatları ortaya çıkartılır (Şekil 2g).

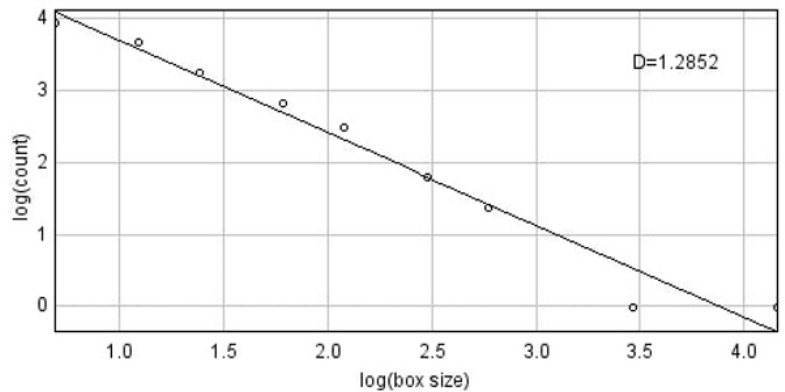
7. Son olarak 'Skeletonize' seçeneği ile trabeküler yapının iskeletsel biçimde belirlendiği görüntü, fraktal analiz için hazır hale getirilmiş olur (Şekil 2h).

8. FB'nin hesaplanması için 'Analyze' butonu altındaki 'Fractal box counter' seçeneği ile görüntü; boyutları 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16, 32, 64 piksel olan karelere bölünür. Farklı boyuttaki pikseller için trabeküllerin bulunduğu kareler ve görüntüdeki toplam kare sayısı hesaplanır. Bu değerlerin logaritmik ölçekte grafiği çizilir, grafikteki noktalara en iyi uyum sağlayan doğrunun eğimi FB'yi verir (Şekil 3).



Şekil 2. a. Bulanıklaştırma, b. Bulanık görüntüyü orijinal görüntüden çıkarma, c. 128 gri tonu ekleme, d. Siyah-beyaz görüntüye çevirme, e. Erode ile gürültünün azaltılması; f. Dilate ile genişletme, g. Renkleri tersine çevirme, h. İskeletsel formata dönüştürme.

Şekil 3. Değerlerin logaritmik ölçekteki grafiğinden elde edilen noktalara en iyi uyum sağlayan doğrunun eğiminden hesaplanan FB 'D' değeri ile ifade edildi.



Periapikal indeks ölçümü

İyileşme durumunun sonuç değerlendirmesi aşağıdaki tabloda (Tablo 1) gösterilen periapikal indeks skorlama sistemi kullanılarak radyografik olarak değerlendirildi:8

Tablo 1. Çalışmada kullanılan PAI skorlama sistemi:

| | |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| PAI 1: | Normal periapikal yapı. |
| PAI 2: | Kemik yapısındaki küçük değişiklikler apikal periodontitis |
| PAI 3: | Mineral kaybıyla birlikte yapısal kemik değişiklikleri karakteristik apikal periodontitis |
| PAI 4: | İyi tanımlanmış apikal radyolusensi ile karakteristik apikal periodontitis |
| PAI 5: | Şiddetli periodontitis |

Başlangıç ve tedavi sonrası radyografileri deneyimli 2 Endodontist tarafından PAI skorlama sistemi kullanılarak değerlendirildi. Periapikal durum daha önceki çalışmalara benzer şekilde PAI skorlama sistemine göre "iyileşmiş" (PAI < 3) veya "iyileşmemiş" (PAI ≥ 3) olarak sınıflandırıldı (9,10).

İstatistiksel analiz

Çalışmada gerçekleştirilen G Power programı ile gerçekleştirilen (G* Power 3.1 yazılımı; Heinrich Heine Üniversitesi, Düsseldorf, Almanya) güç analizi sonuçlarına göre; t test, Means: difference between two dependent means analizi için, başlangıç ve bir yıllık takip ölçümlerinin karşılaştırılacağı çalışmanın α (hata payı) = 0.05 ile, 0,60 etki (f) 0,85 güç (1- β) düzeyinde toplamda minimum 25 örneğin gerektiği belirlendi.

Araştırma kapsamında SPSS 26 istatistik programından yararlanıldı. İncelenen sürekli değişkenler için ortalama standart sapma değerleri, kategorik veriler için yüzdelik değerler kullanıldı. Araştırma kapsamında 26 katılımcının verileri değerlendirildi. Çalışmada normallik varsayımı Kolmogorov Smirnov ve Shapiro-Wilk testi ile kontrol edildi. Elde edilen sonuçlara göre ölçüm değerlerinin büyük çoğunluğuna göre dağılımın normal olduğu belirlendi ve parametrik testler ile incelemelerin gerçekleştirilmesi uygun bulundu. Verilerin analizinde başlangıç ve bitiş ölçümlerinin karşılaştırılmasında eş örneklem t (paired sample t test) testinden yararlanıldı. Cinsiyete dayalı olarak ölçümlerin karşılaştırılmasında ise bağımsız örneklem t (independent sample t test) testinden yararlanıldı. Çalışmada istatistiksel anlamlılık değeri $P < 0.05$ olarak belirlendi. Dört hastanın araştırma kapsamında FB lezyon ve FB reaktif ölçümleri 14 gün arayla iki kez yapıldı. Yapılan gözlemler arası değerlendirme sonucunda intraclass korelasyon değeri lezyon ölçümü için 0.982, reaktif ölçümü için 0.294 olarak belirlendi. Lezyon ölçümünde gözlemler arası uyum bulundu.

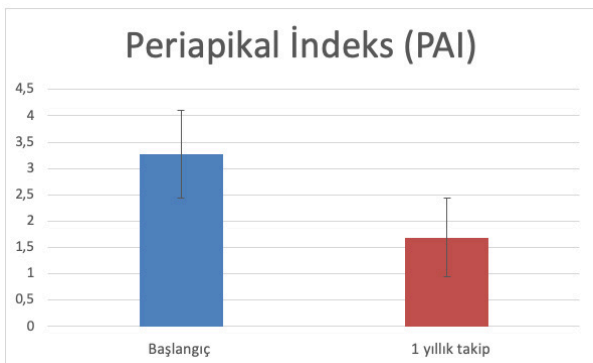
BULGULAR

FB lezyon ölçümlerinin başlangıç ve bir yıllık takip değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($P < 0.05$). Bir yıllık takip ölçümü daha yüksek bulunmuştur (Tablo 2). FB reaktif ölçümlerinin başlangıç ve bir yıllık takip değerleri arasında bir farklılık bulunmamaktadır ($P < 0.05$, Tablo 2). PAI ölçümlerinin başlangıç ve bir yıllık takip değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($P < 0.05$). Başlangıç ölçümü anlamlı şekilde daha yüksek bulundu (Şekil 4).

Tablo 2. Başlangıç ve bir yıllık takip ölçümlerinin karşılaştırılması

| | | N | Ort. | S.S. | p |
|--------------------------|------------------|----|------|------|--------|
| FB lezyon | Başlangıç | 26 | 1,21 | 0,08 | 0,023* |
| | Bir yıllık takip | 26 | 1,26 | 0,08 | |
| FB reaktif | Başlangıç | 26 | 1,25 | 0,09 | 0,956 |
| | Bir yıllık takip | 26 | 1,25 | 0,09 | |
| Periapikal İndeks | Başlangıç | 26 | 3,27 | 0,83 | 0,001* |
| | Bir yıllık takip | 26 | 1,69 | 0,74 | |

* $p < 0,05$ (İstatistiksel olarak anlamlı kabul edilme değeri)



Şekil 4. Başlangıç ve 1 yıllık takip pai ölçümlerinin karşılaştırılması

Katılımcıların %46.2'si erkek, %53.8'i kadınlardan oluşmaktadır. Katılımcıların yaşları ortalaması 35.96 olup, en düşük yaş 16, en yüksek yaş 57'dir. Katılımcıların cinsiyetlerine dayalı karşılaştırmada, anlamlı bir farklılık yalnızca bir yıllık takip periapikal indeks ölçümlerinde vardır ($P < 0.05$). Erkeklerde bu değer daha yüksek bulundu. FB lezyon, FB reaktif ve başlangıç PAI ölçümleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

TARTIŞMA

Periradiküler doku iyileşmesi, kök kanal tedavi sonrası sementin, kemiğin ve periodontal ligamentin dahil olduğu kompleks bir süreci içerir. Kemiğin trabeküler ve kortikal yapıdaki değişiklikler rutin radyografilerde görünmektedir. Dental radyografiler kök kanal tedavilerinin sonuçlarını ve apikal iyileşmeyi değişiklikleri değerlendirmek için sıklıkla kullanılmaktadır (11,12). Radyografik değişiklikleri değerlendirmek için subjektif yöntemlerden ziyade, niceliksel ölçümlere ihtiyaç vardır (13-15). Son çalışmalarda (16,17) kemik yoğunluğunu değerlendirmek için trabeküler mikro yapının dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir. Fraktal analizler, trabeküler kemiğin karmaşık yapısını değerlendirmek için kullanılabilir (16). FA, KKT öncesi ve sonrasındaki trabeküler mikro yapı hakkında sayısal veri elde etmeyi mümkün kılmaktadır (18). Düşük FB değeri, kemik içindeki boşlukların sayıca daha fazla ve kemiğin daha gözenekli bir yapıda olduğunu göstermektedir. Yüksek FB değeri ise, kemik yapısının daha karmaşık ve kemiğin daha yoğun olduğunu göstermektedir (19). Literatürde FB'nin radyasyon dozu, projeksiyon geometrisi gibi değişkenlerden etkilenmediği, ancak ROI boyutu ve pozisyonundan etkilendiği bildirilmektedir (19). Bu yüzden çalışmamızda, ROI boyutu ve lokasyonu aynı olacak şekilde başlangıç ve 1 yıllık takip radyografilerinden belirlendi.

Literatürde FA ile farklı sistemik hastalıkların maksilla ve mandibulada meydana getirdiği değişikliklerin incelendiği birçok çalışma mevcuttur (20,21). Periodontal hastalıklarda, osteoporoz vakalarında, implant cerrahisi sonrası iyileşme takibinde FA'nın kullanıldığı çok sayıda araştırma bulunurken (22,23), KKT sonrası periradiküler doku takibinin yapıldığı çalışma sayısı sınırlıdır (14,24,25). Bu çalışmada, KKT başarıyla tamamlanmış 26 dişin başlangıç radyografileri ve bu dişlerin 1 yıllık takip radyografileri üzerinden periapikal trabeküler kemik yapısındaki değişiklikler FA yöntemi ile değerlendirildi. FB lezyon ölçümlerinin 1 yıllık takip değerleri başlangıç değerlerinden anlamlı derecede daha yüksek bulundu ($P < 0.05$). Bu sonuç daha önce yapılan çalışmalarla paralellik göstermektedir (14,26,27). Mevcut retrospektif çalışmada FB reaktif ölçümlerinin başlangıç ve 1 yıllık takip değerleri arasında ise anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Bu sonucun aksine başka bir çalışmada, başarılı KKT sonrası var olan reaktif kemiğin normal dansitedeki kemiğe dönüşerek (28) azalan FB değerini açıkladığı belirtildi. Çalışmalarda elde edilen sonuçların farklılığı sistemik hastalıkların trabeküler kemik yapısı üzerindeki etkileri,

periradiküler anatomik farklılıklar, kullanılan radyografik tekniğin farklılığı ve FB ölçümünde farklı yöntemlerin kullanılması gibi birçok faktörden kaynaklanabilmektedir. Periapikal radyografi KKT sonuçlarını takip etmek için kullanılmaktadır. Radyasyon dozu panoramik radyografiye göre daha düşüktür ve anatomi daha ayrıntılı olarak ortaya çıkmaktadır. Periapikal radyografiler panoramik radyografilere göre çok daha yüksek çözünürlüktedir ve dolayısıyla daha ince kemik yapılarını ortaya çıkartmaktadır. Periapikal radyografilerden değerlendirilen FB, diş köklerini çevreleyen trabeküler kemik mikro yapısının kantitatif ölçümleridir (27). Daha da önemlisi, radyografik maruziyetteki küçük değişiklikler FB'yi etkilememektedir (14). Çeşitli kVp ve mA değerlerinde ve farklı kon açılarında alınan periapikal radyografilerin karşılaştırıldığı çalışmalarda; test edilen hiçbir parametrenin FB'yi etkilemediği bildirilmektedir (11,29). Bazı çalışmalar (30,31) FB'nin ROI boyutundan, şeklinden ve konumundan etkilendiğini bildirmişlerdir. Ancak, FB'nin bu faktörlerden etkilenmediğini bildiren çalışmalarda bulunmaktadır (32). Yaptığımız çalışmada olası farklılıklardan etkilenmemek için ilk olarak aynı ayarlara sahip aynı periapikal radyografi cihazı kullanıldı. İkincisi, tedaviden hemen sonra ve 1 yıllık tedavi sonrası çekilen radyografilerde sadece lezyon alanındaki değişiklikler aynı büyüklükte ve aynı pozisyonda değerlendirildi.

Endodontik tedavi sonuçlarını değerlendirmek için kullanılan en yaygın yöntemlerinden biri PAI skorlama sistemidir. Buna göre periapikal dokular "iyileşmiş" ($PAI < 3$) veya "iyileşmemiş" ($PAI \geq 3$) olarak sınıflandırılır. Başka bir sınıflandırma sisteminde tam, eksik veya başarısız tanımlamaları kullanılır. Periapikal lezyonu olan hastaların takibinde PAI önemli bir prognostik belirteçtir (10). PAI, FB ile ilişkili endodontik tedavi sonrası periapikal trabeküler kemikteki değişikliklerin (iyileşme ve inflamasyon gibi) kantitatif olarak değerlendirilmesinde ve dişin prognozunu tahmin etmede önemli olabilir. Yapılan bir çalışmada (26) PAI ile sınıflandırılan lezyonlardaki FB değerleri karşılaştırıldı. İyileşmiş vakalarda, tedaviden 1 yıl sonra elde edilen görüntülerdeki periapikal lezyon alanlarının ortalama FB değerinin, başlangıç görüntülerine kıyasla anlamlı derecede yüksek olduğu bulundu (26). Mevcut retrospektif çalışmada, radyografik verilere dayanarak cerrahi olmayan şekilde tedavi edilen dişler iyileşmiş veya iyileşmemiş olarak sınıflandırıldı. KKT sonrası FB değerlerindeki değişiklikler PAI ölçümleri ile birlikte değerlendirildi. PAI ölçümlerinin başlangıç değerleri 1 yıllık bitim değerlerine göre anlamlı bir şekilde daha yüksek bulunarak FB değerlerindeki değişim PAI ölçümleri ile desteklendi. Bu sonuçlar, kanal tedavisi sonrası PAI değerlerinde azalma ve FB'de artış bildiren önceki araştırmalarla uyumludur (9,12,16). Bu sonuçların aksine yapılan başka bir araştırmada başarılı KKT sonrası FB değerinde azalma olduğu bildirildi. Bu sonucun başarılı KKT sonrası yoğun reaktif kemikten normal yoğunluktaki kemiğe geçiş ile ilgili olduğu düşünüldü (28).

Çalışmamızın ek bir bulgusu olarak, daha önce bildirildiği gibi kadın ve erkek hastalarda FB değerlerindeki değişim arasında anlamlı bir fark bulunmadı (12). Ancak, başka bir çalışma (33) FB'nin yaşa ve cinsiyete göre önemli ölçüde farklılık gösterdiğini buldu. Farklı sonuçlar örneklem büyüklüğü ve takip süresindeki farklılıklardan kaynaklanıyor olabilir.

Bu çalışmada birtakım limitasyonlar da söz konusuydu. Öncelikli olarak kök kanal tedavi öncesi ve sonrası trabeküler kemikte meydana gelen farklılıkların belirlenmesinde en önemli altın standart histopatolojik incelemedir. Ancak, histopatolojik yöntemin hastalarda uygulanması hem pratik değil ve pahalıdır hem de etik olarak mümkün değildir. Bu çalışmanın sonuçları itibarıyla, kök kanal tedavisinde periapikal iyileşmenin takibinde FB analizinin faydalı bir yöntem olduğu söylenebilmektedir. Ancak yöntemin klinik geçerliliğinin ispatlanmasında hayvan denekleri kullanılarak micro-CT verilerinin ve histopatolojik incelemelerin gelecek çalışmalarda kullanılması tavsiye edilmektedir.

SONUÇ

Periapikal dokuların takibi ve önceki KKT nedeniyle zarar görmüş olan periapikal kemik trabekülasyonlarındaki niceliksel değişiklikleri belirlemek için Fraktal boyut analizi ile periapikal indeks ölçümünün yapılması faydalı bir yöntem olabilir. Ayrıca, tedavinin prognozunu belirlenmesine yardımcı olur. Ancak üç boyutlu görüntüleme yöntemleri ile yeni ve daha fazla sayıda çalışma yapılması gerekmektedir.

Yazarların Katkısı:

Fikir/Kavram: Ö.K., S.K., M.G., E.Ş.; Tasarım: Ö.K., S.K., M.G., E.Ş.; Denetleme/Danışmanlık: M.G., E.Ş.; Veri Toplama ve İşleme: Ö.K., S.K.; Kaynak Taraması: Ö.K., S.K.; Makale Yazımı: Ö.K., S.K., M.G., E.Ş.; Eleştirel İnceleme: E.Ş.

Finansal veya Mali Destek:

Herhangi bir finansal/mali destek alınmamıştır

Çıkar Çatışması:

Herhangi bir çıkar çatışması bildirilmemektedir.

Etik Kurul Onay Bilgisi:

Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Etik Kurulu (E-11095095-050.01.04-135234) tarafından onaylanmıştır.

1. Patel S, Durack C. Radiology of apical periodontitis, *Essential Endodontology: Prevention and Treatment of Apical Periodontitis*. John Wiley & Sons Ltd., London, 2019, p179-210.
2. Ekert T, Krois J, Meinhold L, Elhennawy K, Emara R, Golla T, Schwendicke F. Deep learning for the radiographic detection of apical lesions. *J Endod*. 2019;45:917-22.
3. Shrouf MK, Potter BJ, Hildebolt CF. The effect of image variations on fractal dimension calculations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1997;84: 96-100.
4. Aktuna Belgin C, Serindere G. Evaluation of trabecular bone changes in patients with periodontitis using fractal analysis: a periapical radiography study. *J Periodontol*. 2020;91:933-7.
5. Gill G, Bhuyan A, Kalita C, Das L, Katak R, Bhuyan D. Single versus multi-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: an in vivo study with 1-year evaluation. *Ann Med Health Sci Res*. 2016;6:19-26.
6. Soikkonen K. Endodontically treated teeth and periapical findings in the elderly. *Int Endod J*. 1995;28:200-3.
7. White SC, Rudolph DJ. Alterations of the trabecular pattern of the jaws in patients with osteoporosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1999;88:628-35.
8. Ørstavik D, Kerekes K, Eriksen HM. The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. *Dent Traumatol*. 1986;2:20-34.
9. Zandi H, Petronijevic N, Mdala I, Ibrahimu Mdala, Kristoffersen A, Enersen M, Rôças I. Outcome of endodontic retreatment using 2 root canal irrigant and influence of infection on healing as determined by a molecular method: a randomized clinical trial. *J Endod*. 2019;45:1089-98.
10. Friedman S, Abitbol S, Lawrence HP. Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study. Phase 1: initial treatment. *J Endod*. 2003;29:787-93.
11. Jolley L, Majumdar S, Kapila S. Technical factors in fractal analysis of periapical radiographs. *Dentomaxillofacial Radiol*. 2006;35:393-7.
12. Aydın ZU, Toptaş O, Bulut DG, Akay N, Kara T, Akbulut N. Effects of root-end filling on the fractal dimension of the periapical bone after periapical surgery: retrospective study. *Clin Oral Investig*. 2019;23:3645-51.
13. Huang C, Chen J, Chang Y, Jeng J, Chen C. A fractal dimensional approach to successful evaluation of apical healing. *Int Endod J*. 2013;46:523-9.
14. Uğur Aydın Z, Ocak M, 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*. 2021;54:181-9.
15. Chugal N, Mallya SM, Kahler B, Lin LM. Endodontic treatment outcomes. *Dent Clin North Am*. 2017;61:59-80.
16. Cakur B, Şahin A, Dagistan S, Altun O, Caglayan F, Miloglu Ö, Hararli A. Dental panoramic radiography in the diagnosis of osteoporosis. *J Inter Med Res*. 2008;36:792-9.
17. Saeed SS, Ibraheem UM, Alnema MM. Quantitative analysis by pixel intensity and fractal dimensions for imaging diagnosis of periapical lesions. *Inter J Enhanced Res Sci Technol Eng*. 2014;3:138-44.
18. Bollen A, Taguchi A, Hujoel P, Hollender L. Fractal dimension on dental radiographs. *Dentomaxillofacial Radiol*. 2001;30:270-5.
19. Arsan B, Köse TE, Çene E, Özcan İ. Assessment of the trabecular structure of mandibular condyles in patients with temporomandibular disorders using fractal analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2017;123:382-91.
20. Gumussoy I, Miloglu O, Cankaya E, Bayrakdar IS. Fractal properties of the trabecular pattern of the mandible in chronic renal. *Dentomaxillofacial Radiol*. 2016;45:20150389.
21. Ay S, Gursoy UK, Erselcan T, Marakoglu I. Assessment of mandibular bone mineral density in patients with type 2 diabetes. *Dentomaxillofacial Radiol*. 2005;34:327-31.
22. Demiralp KÖ, Kurşun-Çakmak EŞ, Bayrak S, Akbulut N, Atakan C, Orhan K. Trabecular structure designation using fractal analysis technique on panoramic radiographs of patients with bisphosphonate intake: a preliminary study. *Oral Radiol*. 2019;35:23-8.
23. Göller Bulut D, Bayrak S, Uyeturk U, Ankarali H. Mandibular indexes and fractal properties on the panoramic radiographs of the patients using aromatase inhibitors. *Br J Radiol*. 2018;91:20180442.

24. 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;31:55-62.
25. Griggs JA. Using fractal geometry to examine failed implants and prostheses. *Dent Mater.* 2018;34:1748-55.
26. Tosun S, Karataslioglu E, Tulgar MM, Derindag G. Retrospective fractal analyses of one-year follow-up data obtained after single-visit nonsurgical endodontic retreatment on periapical radiographs. *Clin Oral Investig.* 2021;25:6465-72.
27. Chen SK, Oviir T, Lin CH, Leu LJ, Cho BH, Hollender L. 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;100:467-72.
28. YY Yu, H Chen, CH Lin, CM Chen, T Oviir, Chen SK. Fractal dimension analysis of periapical reactive bone in response to root canal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;107:283-8.
29. Hayek E, Aoun G, Bassit R, Nasseh I. Correlating radiographic fractal analysis at implant recipient sites with primary implant stability: an in vivo preliminary study. *Cureus.* 2020;12:e6539.
30. Shrout M, Farley B, Patt S, Potter B, Hildebolt C, Pilgram T, Yokoyama-Crothers N, Dotson M, Hauser J, Cohen S. The effect of region of interest variations on morphologic operations data and gray-level value sex traced from digitized dental radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999;88:636-9.
31. Baksi BG, Fidler A. Fractal analysis of periapical bone from lossy compressed radiographs: a comparison of two lossy compression methods. *J Digit Imaging.* 2011;24:993-8.
32. Amer ME, Heo M-S, Brooks SL, Benavides E. Anatomical variations of trabecular bone structure in intraoral radiographs using fractal and particles count analyses. *Imaging Sci Dent.* 2012;42:5-12.
33. Ling H, Yang X, Li P, Megalo Oikonomou V, Xu Y, Yang J. Cross gender-age trabecular texture analysis in cone beam CT. *Dentomaxillofac Radiol.* 2014;43:20130324.