

# Kronik Böbrek Hastalarında Mandibular Kemik Kalitesinin Değerlendirilmesi

## Evaluation of Mandibular Bone Quality in Chronic Kidney Disease (CKD) Patients

<sup>ID</sup> Aykağan COŞGUNARSLAN<sup>a</sup>, <sup>ID</sup> Damla SOYDAN ÇABUK<sup>a</sup>, <sup>ID</sup> Firdevs AŞANTOĞROL<sup>a</sup>,  
<sup>ID</sup> Emin Murat CANGER<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi ABD, Kayseri, TÜRKİYE

**ÖZET Amaç:** Çalışmanın amacı, panoramik radyograflar üzerinden fraktal analiz metodu ile yapılacak olan inceleme ile kronik böbrek hastalığına (KBH) sahip olan kişiler ile sağlıklı kişilerin mandibular kemik yapılarının karşılaştırılmasıdır. **Gereç ve Yöntemler:** Hasta grubuna son evre kronik böbrek hastalığına sahip olup, iki yılı aşkın zamandır diyaliz tedavisi gören 62 hasta dahil edildi. Kontrol grubu ise kemik yapısını etkileyebilecek herhangi bir sistemik hastalığı bulunmayan 62 sağlıklı bireyden oluşturuldu. 124 panoramik radyograf incelendi. İncelenecek alanlar panoramik radyograflar üzerinden belirlendi, ilgili alan 1 (IA1) süngerimsi kemik içinden olacak şekilde seçilirken, IA2 kortikal kemik içinde olacak şekilde seçildi. İlgili alanlara fraktal analiz uygulandı. **Bulgular:** Kontrol ve hasta grubunu ortalama IA1 fraktal boyut (FB) değerleri sırası ile 1,28±0,1 ve 1,17±0,08 idi. İki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulundu (p<0,001). Kontrol ve hasta grubunun ortalama IA2 FB değerleri de sırası ile 1,41±0,1 ve 1,33±0,07 idi. İki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulundu (p<0,001). **Sonuç:** KBH kaynaklı kemik ve mineral bozuklukları ve renal osteodistrofi, kemik fizyolojisini hacim ve mineralizasyon açısından etkiler. Bu durumdaki etkilenen çene kemiklerinin, diş çekimi, ortodontik tedavi ve implant tedavisi gibi dental işlemlerin başarısı üzerine önemli klinik etkileri olabilir. KBH-mineral ve kemik bozukluğunun (KBH-MKB) çene kemiği üzerine olan olası etkisinin değerlendirilmesi ve takip edilmesi için, kemiğin radyolojik kontrolü ve kemiğin iç yapısının fraktal analiz ile değerlendirilmesi kullanışlı bir yöntem olabilir.

**ABSTRACT Objective:** The aim of this study was to compare the mandibular bone structure of patients with chronic kidney disease (CKD) and healthy subjects by using fractal analysis method on panoramic radiographs. **Material and Methods:** 62 patients with end-stage CKD who had been on dialysis treatment for more than two years were included in the study group. The control group consisted of 62 healthy individuals without any systemic disease. 124 panoramic radiographs were evaluated. Areas to be examined were determined through panoramic radiographs, region of interest 1 (ROI1) was selected within the trabecular bone while ROI2 was selected within the cortical bone. Fractal analysis was conducted on the selected ROIs. **Results:** The mean fractal dimension (FD) values of the control and study groups were 1.28±0.1 and 1.17±0.08 for the ROI1, respectively. The mean FD values of the control and study groups were 1.41±0.1 and 1.33±0.07 for the ROI2, respectively. There was a statistically significant difference between the two groups for each ROI (p<0.001 and p<0.001). **Conclusion:** CKD related bone mineral disorders and renal osteodystrophy affect bone physiology through bone volume and mineralization. The affected jawbones can have significant clinical effects on the success of dental procedures such as tooth extraction, orthodontic treatment, and implant treatment. Radiological control of the bone and evaluation of the internal structure of the bone by fractal analysis may be a useful method for evaluating and monitoring possible effect of CKD-Mineral and Bone Disorder (CKD-MBD) on the jawbone.

**Anahtar Kelimeler:** Böbrek yetmezliği, kronik; radyografi, panoramik; benzer elemanların oluşturduğu şekiller; mandibula; kronik böbrek hastalığı; mineral ve kemik bozukluğu

**Keywords:** Renal insufficiency, chronic; radiography, panoramic; fractals; mandible; chronic kidney disease; mineral and bone disorder

**Correspondence:** Aykağan COŞGUNARSLAN  
Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi ABD, Kayseri, TÜRKİYE/TURKEY  
E-mail: aykagann@gmail.com



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

Received: 08 Jan 2020

Received in revised form: 09 Feb 2020

Accepted: 11 Feb 2020

Available online: 12 Feb 2020

2146-8966 / Copyright © 2021 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/>).

Kronik böbrek hastalığı (KBH), son zamanlarda görülme sıklığı giderek artan, yüksek tedavi maliyeti ve şiddetli komplikasyonları olan ciddi bir halk sağlığı sorunudur. Hastalık ilerledikçe, hastaların böbrekleri fonksiyon ve yapı olarak geri dönüştürülemez şekilde değişime uğrar.<sup>1</sup> Şiddetli komplikasyonları arasında; üremi, böbrek yetmezliği, kalp-damar hastalıkları, hiperparatiroidizm, renal osteodistrofi, kemik-mineral metabolizmasında ve kalsifikasyonunda anormallikler olarak ortaya çıkan kronik böbrek hastalığı-mineral ve kemik bozukluğu (KBH-MKB) bulunur.<sup>2</sup>

Kemik metabolizması parathormon (PTH), fibroblast büyüme faktörü 23 (FGF23) ve dihidroksikolekalsiferol [1,25(OH)2D] gibi çeşitli faktörlerle düzenlenir. Hiperfosfatemisi, hipokalsemi, hiperparatiroidizm ve D vitamini eksikliği gibi KBH komplikasyonları, bu faktörlerin dengesini bozabilir, kemiğin yapısal bütünlüğünü etkileyebilir ve KBH-MKB ile sonuçlanabilir.<sup>3</sup> Renal osteodistrofiye bağlı orofasiyal bozukluklar, kemik demineralizasyonu, trabekülasyonun azalması, kortikal kemiğin kalınlığının azalması, kemiğin buzlu cam görünümü, metastatik yumuşak doku kalsifikasyonları, kemiğin litik alanları, patolojik çene kırıkları ve anormal kemik iyileşmesini içerir.<sup>4,5</sup> Ayrıca KBH'nin periodontal sağlığı da önemli derecede etkilendiği, daha önce yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur.<sup>6</sup>

Fraktal analiz, fraktal yapıların karmaşıklığını sayısal olarak tanımlayabilmek için kullanılan bir doku analiz yöntemidir. Daha yüksek fraktal boyut (FB) değerlerinin daha karmaşık bir kemik yapısı ile ilişkili olduğu belirtilmiştir.<sup>7</sup> Literatürde, fraktal analizin osteoporotik durumların çene kemiklerine olan etkisini araştırmak için başarı ile kullanıldığı çok sayıda çalışma mevcuttur.<sup>7-10</sup>

Literatürde KBH'nin, çene kemiklerine olan etkisi ile ilgili az sayıda çalışma vardır.<sup>11</sup> Çalışmanın amacı, panoramik radyograflar üzerinden, fraktal analiz metodu ile yapılacak olan incelemeyle, kronik böbrek hastalığına sahip olan kişiler ile sağlıklı kişilerin mandibular kemik yapılarının karşılaştırılmasıdır.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu retrospektif çalışma, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi ABD'ye çeşitli sebep-

lerle başvuran 124 hastanın kayıtları kullanılarak, Helsinki Deklarasyonu 2008 Prensipleri'ne uygun bir şekilde gerçekleştirildi. Erciyes Üniversitesi Klinik Araştırmaları Etik Kurulundan onay alındı (2019/860).

Hasta grubuna son evre (evre 5) kronik böbrek hastalığına sahip olup, 2 yılı aşkın zamandır diyaliz tedavisi gören 62 hasta (35 kadın, 27 erkek) dâhil edilmiştir. Çalışma grubuna dâhil olan bireylerin, KBH dışında herhangi bir hastalığı yoktur. Kontrol grubu ise kemik yapısını etkileyebilecek herhangi bir sistemik hastalığı bulunmayan 62 (33 kadın 29 erkek) sağlıklı bireyden oluşturuldu. Hasta grubunun yaş ortalaması 46,5±5,4 iken çalışma grubunun yaş ortalaması 44,3±6,6 idi.

Her 2 grup için hariç tutma kriterleri şu şekildedir;

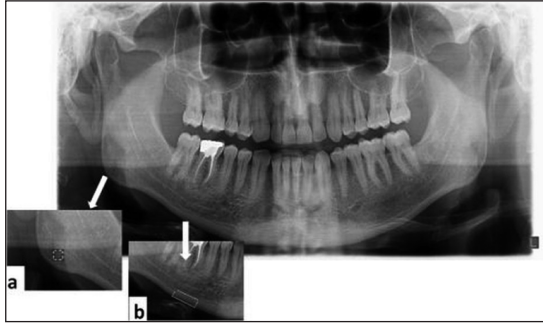
- Düşük tanı kalitesine sahip panoramik radyograflar.
- Şiddetli kronik periodontitis.
- Toplam diş sayısının 20'den az olması.
- Mandibulada herhangi bir lezyon varlığı.
- Sigara kullanımı.

Bütün panoramik radyograflar, aynı cihaz (OP200 D; Instrumentarium Dental, Tuusula, Finlandiya; 66-85 kVp, 10-16 mA, 14.1-s) ile elde edildi. Hastalar, Frankfurt yatay düzlemi zemine paralel ve sagittal düzlem cihazın ürettiği dikey çizgi ile aynı hizada olacak şekilde yerleştirilmiştir.

İncelenecek alanlar panoramik radyograflar üzerinden belirlendi:

- İlgili alan 1 (İA1): Sağ mandibular angulusun geometrik merkezinde 45x45 piksel bir alan.
- İA2: Sağ mandibular kortikal kemikte, mental foramenin distal sınırından 1. moların distal köküne uzanan bir dikdörtgen alan ([Resim 1](#)).

Fraktal analiz, White ve Rudolph'un metodu kullanılarak gerçekleştirildi.<sup>8</sup> İlk olarak, ilgili alan kesildi ve kopyası elde edildi ([Resim 2a](#)). Görüntü Gaussian filtresi ile bulanıklaştırıldı. Bu işlem ile tüm orta ve küçük ölçekteki detaylar ortadan kaldırılarak, görüntü üzerinde sadece büyük dansite farklılıkların kalması sağlandı ([Resim 2b](#)). Oluşturulan bu yeni görüntü orijinal görüntüden çıkartıldı ([Resim 2c](#)). Her

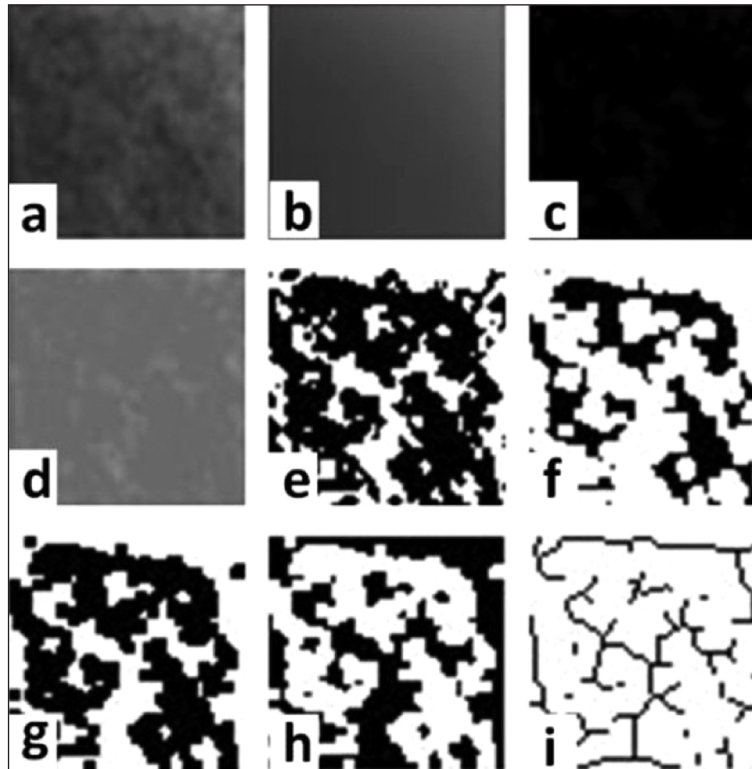


RESİM 1: İlgili alanların seçimi. A) İlgili alan 1 seçimi. B) İlgili alan 2 seçimi.

bir piksel lokasyonuna 128 gri tonu eklenerek kemik iliği boşlukları ve trabeküller birbirinden ayırdı (Resim 2d). Görüntü binarize edildi (ikilileştirildi). Belli bir eşik altında kalan alanlar birbirinden ayırt edilerek, kemik iliği boşlukları ve trabeküller ana hatları ile çizilmiş oldu (Resim 2e). Elde edilen görüntüde oluşan istenmeyen dalgalanmalar erozyon ile elimine edildi (Resim 2f). Dilatasyon ile yapılar daha da belirgin hâle getirildi (Resim 2g). Görüntünün

renkleri ters çevrilerek, trabekülleri temsil eden kısımların siyah, kemik iliğini temsil eden kısımların beyaz olması sağlandı (Resim 2h). İskeletleştirme seçeneği ile trabeküler yapının ana hatları iskeletsel olarak belirlendi. (Resim 2i). Programın kutu sayma fonksiyonu kullanılarak, görüntü boyutları 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16, 32, 64 piksel olan karelere bölündü ve her farklı boyuttaki pikseller için trabeküllerin bulunduğu kareler ve görüntüdeki toplam kare sayısı hesaplandı. Bu değerlerin logaritmik ölçekte grafiği ve bu grafik üzerinden noktalara en iyi uyan doğru çizildi. Doğrunun eğimi ile yapının kompleksitesini gösteren FB değeri belirlendi.

Bütün ölçümler, hastaların klinik bilgisine sahip olmayan 2 araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analiz için her bir ilgili alanın ortalama FB değerleri kullanıldı. Gözlemciler, gözlemci içi güvenilirliği değerlendirmek için panoramik radyograflerin rastgele seçilen %20'sini 2 hafta sonra yeniden değerlendirdi.



RESİM 2: Fraktal analiz. A) Kesilmiş görüntü. B) Bulanıklaştırılmış görüntü. C) Bulanıklaştırılmış görünümün orjinal görüntüden çıkarılmış hali. D) 128 gri değerin eklenmesi. E) Binarizasyon (ikilileştirme). F) Erozyon. G) Dilatasyon. H) Ters çevirme. İ) İskeletleştirme.

## İSTATİSTİKSEL ANALİZ

İstatistiksel analizler, SPSS yazılımı (SPSS for Windows SPSS® v. 16.0 (IBM Corp., New York, NY) ile yapılmıştır. Gözlemci içi korelasyon katsayıları tekrarlanan ölçümler için hesaplandı. Gözlemci içi korelasyon katsayıları ilgili alanların FB değerleri için 0,92 ile 0,97 arasında değişmiştir. Gözlemciler arası korelasyonları değerlendirmek için Pearson korelasyon katsayısı analizi kullanıldı. Gözlemciler arası korelasyon katsayıları ilgili alanların FB değerleri için 0,91 ile 0,94 arasında değişmiştir. Kontrol ve çalışma gruplarını yaş için karşılaştırmak için Student t-testi uygulandı. Kontrol ve çalışma gruplarını cinsiyet dağılımı açısından karşılaştırmak için Pearson ki-kare testi kullanıldı. Kontrol ve çalışma grubunun ilgili alanlarının FB değerlerini karşılaştırmak için Student t-testi uygulandı. %5'ten daha düşük bir olasılık seviyesi ( $p<0,05$ ) istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

## BULGULAR

İki grup arasında yaş ve cinsiyet bakımından anlamlı bir farklılık yoktu ( $p=0,52$ ,  $p=0,58$ ). Kontrol ve hasta grubunun ortalama İA1 FB değerleri sırasıyla;  $1,28\pm0,1$  ve  $1,17\pm0,08$  idi. İki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulundu ( $p<0,001$ ). Kontrol ve hasta grubunun ortalama İA2 FB değerleri ise sırasıyla;  $1,41\pm0,1$  ve  $1,33\pm0,07$  idi. İki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulundu ( $p<0,001$ ). (Tablo 1).

## TARTIŞMA

Fraktal analiz, diş hekimliğinde kemik dokusunun incelenmesi amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Majumdar ve ark. tarafından yapılan bir çalışma, radyograflardan ölçülen FB değerlerinin trabeküler

kemik yapısını mikroyapı, dansite ve anizotropi açısından tarif ettiği sonucuna vardı.<sup>12</sup> Dental radyograflar kullanarak osteoporozun tespitini araştıran bir çalışmaya göre de fraktal analiz, osteoporotik değişiklikler ile normal kemik yoğunluğu arasındaki farkın ayırt edici bir parametresi olarak kabul edilebilir bulundu.<sup>10</sup> Updike ve Nowzari, fraktal analizin, trabeküler kemik değişikliklerini değerlendirmede başarılı bir yöntem olduğunu ve küçük ölçekli değişikliklerin bile bu metot ile tespit edilebileceğini öne sürdü.<sup>13</sup> Fraktal analizin, tanısal kabiliyetini araştıran bir çalışma, panoramik radyograflar üzerinden ölçülen FB değerlerinin, iskeletsel kemik mineral dansitesi ölçümleri ile uyum içerisinde olduğunu belirtti.<sup>9</sup>

Literatürde KBH'nin, iskelet üzerine olan etkileri daha önce yapılan çalışmalar ile bildirilmiştir. KBH ile ilişkili kemik kalitesini inceleyen bir derleme, KBH ile anormal kemik kalitesi ve yüksek kırılma insidansı arasında bir ilişki tanımladı.<sup>14</sup> İleri evre KBH hastalarının, düşük kemik mineral dansitesi değerlerine ve artmış kırılma riski oranlarına (genel popülasyondan 1,5 ile 2 kat daha yüksek) sahip oldukları daha önce yapılan çalışmalar ile ortaya kondu.<sup>15</sup>

Diş hekimliği alanında, KBH ve kemik kalitesi hakkında az sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların metotları değişkenlik göstermektedir. Sunulan bu çalışmanın bulgularına göre mandibulanın trabeküler ve kortikal kemiğinden seçilen ilgili alanların FB değerleri, KBH hastalarında kontrol grubuna göre anlamlı şekilde düşüktür. KBH ve radyolojik periodontal kemik kaybını inceleyen bir çalışma, diyalize giren son evre KBH hastalarında daha yüksek oranda kemik kaybı olmasına rağmen kemik kaybı ile KBH evresi veya KBH ile ilişkili serum biyobe-

**TABLO 1:** İlgili alanların fraktal boyut değerlerinin hasta ve kontrol gruplarına göre dağılımı.

	İA1				İA2			
	Ortalama	Ss	Min	Max	Ortalama	Ss	Min	Max
Hasta grubu	1,17	0,08	1,02	1,3	1,33	0,07	1,21	1,56
Kontrol grubu	1,28	0,1	1,12	1,47	1,41	0,1	1,23	1,62
$p$	<0,001				<0,001			

Ss: standart sapma.

lirteçlerinin seviyeleri arasında doz yanıt ilişkisinin olmayışının, 2 durum arasındaki karmaşık ilişkiyi vurguladığını belirtmiştir.<sup>16</sup> KBH ve periodontal kemik kaybı arasındaki ilişkiyi inceleyen başka bir çalışmada ise diyaliz hastalarında genel olarak sağlıklı popülasyon ile karşılaştırıldığında, periodontal kemik kaybının anlamlı derecede daha şiddetli olduğu belirtilmiştir.<sup>17</sup> Diyaliz hastalarındaki rezidüel kemik yüksekliğinin, konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) ile incelendiği başka bir çalışma da ise üst premolar ve molar bölgelerinde anlamlı derecede düşük rezidüel kemik yüksekliği tespit edilmiştir.<sup>18</sup> Gümüşsoy ve ark. KBH'nin olası etkisini panoramik radyograflere, fraktal analiz uygulayarak incelemişler ve çalışmamızla uyum içerisinde olacak şekilde, son evre KBH hastalarında kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük FB değerleri bildirmişlerdir.<sup>11</sup>

Bu çalışmada ilgili alanlar, KBH'nin trabeküller ve kortikal kemik yapısına olan olası etkisinin değerlendirilmesi amacı ile mandibulanın 2 farklı kısmından ve dişler arası sahalardan olmayacak şekilde seçildi. Dişler arası sahalardan kaçınılmasının sebebi, KBH hastalarında tespit edilen yüksek periodontal hastalık prevalansı ve literatürde kronik periodontitisli hastaların düşük FB değerleri ile ilişkilendirilmesiydi.<sup>13,19,20</sup>

Çalışmamızın retrospektif doğası sebebi ile kısıtlamaları vardı. Hastaların KBH evreleri ve diyaliz tedavisi süreleri medikal anamnez kayıtlarından elde edilmişti ancak hastalara ait PTH, 25-hidroksivitamin D, kalsiyum ve alkalın fosfat az gibi biyokimyasal değerler bilinmiyordu. Bu biyokimyasal değerlerdeki olası farklılıklar çalışmamızın sonuçlarını etkilemiş olabilir. Ancak Gümüşsoy ve ark., FB değerleri ile KBH hastalarının biyokimyasal parametreleri arasında anlamlı bir ilişki olmadığını belirtmişlerdir.<sup>11</sup>

Bu çalışmada, 2 boyutlu görüntü sağlayan panoramik radyografler kullanılmıştır. KIBT ile yapılacak olan 3 boyutlu radyolojik analizler kemiğin yapısı hakkında daha fazla bilgi sağlayabilir. Sunulan bu ça-

lışmada, panoramik radyograflerin seçilmesinin sebebi, KIBT'lerin daha yüksek dozda radyasyona sahip olmaları ve sadece özel endikasyonlar ile elde edilmeleri, dolayısıyla hasta sayısında azalmaya sebep olmaları idi. İleride daha fazla hasta sayısı ile yapılacak prospektif çalışmalar, hastaların biyokimyasal değerlerini de araştırmalı ve KIBT gibi 3 boyutlu görüntüleme sistemlerinden faydalanmalıdır.

## SONUÇ

KBH-MKB ve renal osteodistrofi, kemik fizyolojisini hacim ve mineralizasyon açısından etkiler. Bu durumdan etkilenen çene kemiklerinin; diş çekimi, ortodontik tedavi ve implant tedavisi gibi dental işlemlerin başarısı üzerine önemli klinik etkileri olabilir. KBH-MKB'nin çene kemiğine üzerine olan olası etkisinin değerlendirilmesi ve takip edilmesi için, kemiğin radyolojik kontrolü ve kemiğin iç yapısının fraktal analiz ile değerlendirilmesi kullanışlı bir yöntem olabilir.

### 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:** Aykağan Coşgunarlan, Emin Murat Canger; **Tasarım:** Denetleme/Danışmanlık: Emin Murat Canger; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Damla Soydan Çabuk, Firdevs Aşantoğrol; **Analiz ve/veya Yorum:** Aykağan Coşgunarlan, Damla Soydan Çabuk; **Kaynak Taraması:** Firdevs Aşantoğrol; **Makalenin Yazımı:** Aykağan Coşgunarlan, Damla Soydan Çabuk; **Eleştirel İnceleme:** Firdevs Aşantoğrol.



## KAYNAKLAR

1. Levey AS, Atkins R, Coresh J, Cohen EP, Collins AJ, Eckardt KU, et al. Chronic kidney disease as a global public health problem: approaches and initiatives-a position statement from Kidney Disease Improving Global Outcomes. *Kidney Int.* 2007;72(3):247-59. [Crossref] [PubMed]
2. Levey AS, Eckardt KU, Tsukamoto Y, Levin A, Coresh J, Rossert J, et al. Definition and classification of chronic kidney disease: a position statement from Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO). *Kidney Int.* 2005;67(6):2089-100. [Crossref] [PubMed]
3. Wu Q, Lai X, Zhu Z, Hong Z, Dong X, Wang T, et al. Evidence for chronic kidney disease-mineral and bone disorder associated with metabolic pathway changes. *Medicine (Baltimore).* 2015;94(32):e1273. [Crossref] [PubMed] [PMC]
4. Proctor R, Kumar N, Stein A, Moles D, Porter S. Oral and dental aspects of chronic renal failure. *J Dent Res.* 2005;84(3):199-208. [Crossref] [PubMed]
5. Ganibegović M. Dental radiographic changes in chronic renal disease. *Med Arh.* 2000;54(2):115-8. [PubMed]
6. Craig RG. Interactions between chronic renal disease and periodontal disease. *Oral Dis.* 2008;14(1):1-7. [Crossref] [PubMed]
7. Demiralp KÖ, Kuşun-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(1):23-8. [Crossref] [PubMed]
8. 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(5):628-35. [Crossref] [PubMed]
9. Alman AC, Johnson LR, Calverley DC, Grunwald GK, Lezotte DC, Hokanson JE. Diagnostic capabilities of fractal dimension and mandibular cortical width to identify men and women with decreased bone mineral density. *Osteoporos Int.* 2012;23(5):1631-6. [Crossref] [PubMed]
10. Law AN, Bollen AM, Chen SK. Detecting osteoporosis using dental radiographs: a comparison of four methods. *J Am Dent Assoc.* 1996;127(12):1734-42. [Crossref] [PubMed]
11. Gumussoy I, Miloglu O, Cankaya E, Bayraktar IS. Fractal properties of the trabecular pattern of the mandible in chronic renal failure. *Dentomaxillofac Radiol.* 2016;45(5):20150389. [Crossref] [PubMed] [PMC]
12. Majumdar S, Lin J, Link T, Millard J, Augat P, Ouyang X, et al. Fractal analysis of radiographs: assessment of trabecular bone structure and prediction of elastic modulus and strength. *Med Phys.* 1999;26(7):1330-40. [Crossref] [PubMed]
13. Updike SX, Nowzari H. Fractal analysis of dental radiographs to detect periodontitis-induced trabecular changes. *J Periodontol Res.* 2008;43(6):658-64. [Crossref] [PubMed]
14. McNerny EMB, Nickolas TL. Bone quality in chronic kidney disease: definitions and diagnostics. *Curr Osteoporos Rep.* 2017;15(3):207-13. [Crossref] [PubMed] [PMC]
15. Goldenstein PT, Jamal SA, Moyses RM. Fractures in chronic kidney disease: pursuing the best screening and management. *Curr Opin Nephrol Hypertens.* 2015;24(4):317-23. [PubMed]
16. Messier MD, Emde K, Stern L, Radhakrishnan J, Vernocchi L, Cheng B, et al. Radiographic periodontal bone loss in chronic kidney disease. *J Periodontol.* 2012;83(5):602-11. [Crossref] [PubMed]
17. Zhao D, Zhang S, Chen X, Liu W, Sun N, Guo Y, et al. Evaluation of periodontitis and bone loss in patients undergoing hemodialysis. *J Periodontol.* 2014;85(11):1515-20. [Crossref] [PubMed]
18. Zhao D, Chen X, Yue L, Liu W, Mo A, Yu H, et al. Assessment of residual alveolar bone volume in hemodialysis patients using CBCT. *Clin Oral Investig.* 2015;19(7):1619-24. [Crossref] [PubMed]
19. Gupta R, Kumar U, Mallapragada S, Agarwal P. Comparative evaluation of periodontal status of chronic renal failure patients and systemically healthy individuals. *J Contemp Dent Pract.* 2018;19(3):324-30. [Crossref] [PubMed]
20. Sener E, Cinarcik S, Baksi BG. Use of fractal analysis for the discrimination of trabecular changes between individuals with healthy gingiva or moderate periodontitis. *J Periodontol.* 2015;86(12):1364-9. [Crossref] [PubMed]