



T.C.  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**EKSTERNAL KÖK REZORPSİYONUNUN HACMİNİ ÖLÇMEDE  
FARKLI KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ  
SİSTEMLERİNİN DOĞRULUĞUNUN KARŞILAŞTIRILMASI**

Dt. Ayşe Gül ÖNER TALMAÇ  
AĞIZ DİŞ VE ÇENE RADYOLOJİSİ ANABİLİM DALI  
DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN  
Doç. Dr. Alaettin KOÇ

VAN-2021

T.C.  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EKSTERNAL KÖK REZORPSİYONUNUN HACMİNİ ÖLÇMEDE  
FARKLI KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ  
SİSTEMLERİNİN DOĞRULUĞUNUN KARŞILAŞTIRILMASI**

Dt. Ayşe Gül ÖNER TALMAÇ  
AĞIZ DİŞ VE ÇENE RADYOLOJİSİ ANABİLİM DALI  
DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN  
Doç. Dr. Alaettin KOÇ

VAN-2021

## KABUL VE ONAY

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalında Dt. Ayşe Gül ÖNER TALMAÇ tarafından hazırlanan “*Eksternal Kök Rezorpsiyonunun Hacmini Ölçmede Farklı Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Sistemlerinin Doğruluğunun Karşılaştırılması*” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından DOKTORA TEZİ olarak OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 19/10/2021

Prof. Dr. Cemile Özlem ÜÇOK  
Gazi Üniversitesi  
Jüri Başkanı

Prof. Dr. Meryem TORAMAN  
Gazi Üniversitesi  
Jüri Üyesi

Doç. Dr. Alaettin KOÇ  
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi  
Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi. Esin ÖZLEK  
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi  
Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi. Mehmet UĞUR  
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi  
Jüri Üyesi

Tez hakkında alınan jüri kararı, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu tarafından onaylanmıştır.

Prof. Dr. Semiha Dede  
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK BEYAN

T.C.

VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Doktora tezi olarak hazırlayıp sunduğum “*Eksternal Kök Rezorpsiyonunun Hacmini Ölçmede Farklı Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Sistemlerinin Doğruluğunun Karşılaştırılması*” başlıklı tezim; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir. Bu tezdeki bütün bilgiler akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak hazırlanıp, bu kural ve ilkeler gereği, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce ve sonuçlara atıf yapılmış ve kaynak gösterilmiştir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Dt. Ayşe Gül ÖNER TALMAÇ

19.10.2021

İmza:

## TEŞEKKÜR

Bilgisi ve tecrübelerinin yanı sıra desteği, hoşgörüsü, merhameti ile doktora eğitimim boyunca bana kattığı her şey için sonsuz saygı duyduğum danışman hocam Doç. Dr. Alaettin KOÇ'a,

Bana farklı bir üniversitede ayrı bir bakış açısı kazanmamı, eğitim görmemi, bilgi edinmemi sağlayan Gazi Üniversitesi Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı'nda görev yapan saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Cemile Özlem ÜÇOK, Prof. Dr. Meryem TORAMAN, Prof. Dr. Kahraman GÜNGÖR, Prof. Dr. İlkey PEKER, Prof. Dr. Zühre ZAFERSON AKARSLAN'a ve Doç. Dr. Gülsün AKAY'a

Duruşuyla ve asaletiyle bana ışık olan canım hocam Dr. Öğr. Üyesi Esin ÖZLEK'e,

Bana mesleği sevdiren, öğrenirken zevk almayı gösteren, farkındalığımı arttıran, mesleğe bakış açımda bir dönüm noktası yaşamamı sağlayan Uzm. Dt. Tolga YÜKSEL'e,

Bu süreçte bana en çok desteği gösteren, sevgiyi paket gibi sunmak yerine hayatıma nakış nakış işleyen, yaşam enerjimi besleyip büyüten, hassasiyetle gösterdikleri özeni koruyan, yabancı insanlarla aile gibi olabileceğime inandıran, yeri geldiğinde yemeklerimi yapan, çocuklarıma bakan, dinleyen, duyan, gören canım komşum Sındır ailesine,

Arkadaşlığın kardeşliğe dönüşümünü huzurla, güvenle ve sevgiyle izlediğim, her zaman yanımda olan ve yanımda olacağım meslektaşım Elif Töre SARI'ye,

Ne kadar çok fedakârlık yaptığını ne kadar fazla emek verdiğini, aslında ne zor olduğunu şimdi daha iyi kavradığım, benim meleğim, güneşim, güzel anneme,

Sahip olduğum tüm iyi özelliklerimin mimarı hissettiğim canım babama,

Ciddi anlamda doğduğumdan beri yanımda olan, hayata onunla başlamanın tüm konforunu yaşadığım, güvenli limanım abim Yahya Özgün ÖNER'e,

Karakterini ve çalışkanlığını kendime örnek aldığım, doktorluk kimliğine ve yaşantısına hayranlık duyduğum değerli eşim Ahmet Cemil TALMAÇ'a çok teşekkür ederim.

Son olarak sevgili çocuklarım Toprak ve Tuna, belki siz olmasanız bu tezi yazmak daha kolay olabilirdi ama yaşadığım ve sahip olduğum hiçbir an bu kadar güzel, kıymetli, eğlenceli ve özel olamazdı. Bana kattığınız her şey için teşekkür ediyor ve tezimi size ithaf ediyorum.

## ÖZET

**Öner Talmaç AG, Eksternal Kök Rezorpsiyonunun Hacmini Ölçmede Farklı Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Sistemlerinin Doğruluğunun Karşılaştırılması, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Van 2021.** Dişlerde meydana gelen kök rezorpsiyonu; fizyolojik, patolojik veya idiopatik nedenlerden kaynaklanan diş dokusundaki dentin, sement ve bazen de alveol kemik yapısında harabiyete yol açan klinik bir süreçtir. Rezorpsiyonun doğru ve erken tanısı, başarılı tedavi için kritik öneme sahiptir. Bu çalışma da üç farklı konik ışınlı bilgisayarlı tomografi cihazının farklı parametreleri kullanılarak kök rezorpsiyonunu boyutunu ölçme kabiliyetleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada 42 adet eksternal rezorpsiyon defekti kullanılmıştır. Üç farklı konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) cihazında 6 farklı tarama protokolünde defektlerin hacim ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bu hacim değerleri, gerçek hacim olarak kabul edilen mikro bilgisayarlı tomografi hacim değerleri ile karşılaştırılmıştır. Kıyaslama sonucunda, 6 farklı görüntüleme protokolünde hesaplanan hacimlerin gerçek hacimle arasında anlamlı fark izlenmemiştir ( $p \geq 0.05$ ). Elde edilen sonuçlara göre, KIBT taramalarında en düşük doza karşılık gelen parametreler eksternal kök rezorpsiyonunun boyut değerlendirmesi için kullanılabilir.

**Anahtar kelimeler:** Eksternal Kök Rezorpsiyonu, KIBT, Mikro Bilgisayarlı Tomografi

## ABSTRACT

**Öner Talmaç AG, Comparison of the Accuracy of Different Cone-Beam Computed Tomography Systems in Measuring the Volume of External Root Resorption, Van Yuzuncu Yil University, Institute of Health Sciences, Department of Oral, Dental and Maxillofacial Radiology, Ph.D. Thesis, Van, 2021.** Root resorption in teeth; It is a clinical process that causes destruction of the dentin, cementum and sometimes alveolar bone structure in the dental tissue resulting from physiological, pathological or idiopathic causes. Accurate and early diagnosis of resorption is critical for successful treatment. In this study, the ability of three different cone-beam computed tomography devices to measure root resorption size using different parameters was compared. 42 external resorption defects were used in the study. The volume measurements of the defects were performed in 6 different scanning protocols on three different cone-beam computed tomography (CBCT) devices. Then, these volume values were compared with the micro-computed tomography volume values, which were accepted as the real volume. As a result of the comparison, there was no significant difference between the calculated volumes and the actual volume in 6 different imaging protocols ( $p \geq 0.05$ ). According to the results obtained, parameters corresponding to the lowest dose in CBCT scans can be used for size assessment of external root resorption.

**Key Words:** CBCT, External Root Resorption, Micro Computed Tomography

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| KABUL VE ONAY .....                                                               | II  |
| ETİK BEYAN.....                                                                   | III |
| TEŞEKKÜR.....                                                                     | IV  |
| ÖZET .....                                                                        | V   |
| ABSTRACT.....                                                                     | VI  |
| İÇİNDEKİLER .....                                                                 | VII |
| SİMGELER VE KISALTMALAR .....                                                     | IX  |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....                                                            | X   |
| TABLolar LİSTESİ.....                                                             | XI  |
| 1. GİRİŞ .....                                                                    | 1   |
| 2. GENEL BİLGİLER .....                                                           | 3   |
| 2.1. Kök Rezorpsiyonları.....                                                     | 3   |
| 2.1.1. Kök rezorpsiyonlarının tanımı .....                                        | 3   |
| 2.1.2. Kök rezorpsiyon fizyopatolojisi.....                                       | 3   |
| 2.1.3. Kök rezorpsiyonunun sınıflandırılması.....                                 | 4   |
| 2.1.4. Eksternal kök rezorpsiyon teşhisinde kullanılan radyografik yöntemler..... | 17  |
| 2.1.5. Stereolojik yöntemlerle hacim hesaplanması.....                            | 27  |
| 3. GEREÇ VE YÖNTEM .....                                                          | 29  |
| 3.1. Defektlerin Hazırlanması .....                                               | 29  |
| 3.2. KIBT Cihaz Tarama Parametreleri.....                                         | 30  |
| 3.3. Mikro BT Tarama Protokolü .....                                              | 33  |
| 3.4. Hacim Ölçüm İşlemi .....                                                     | 33  |
| 3.5. İstatiksel Analiz.....                                                       | 34  |
| 4. BULGULAR.....                                                                  | 35  |
| 5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....                                                        | 42  |



|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| KAYNAKLAR .....                                         | 57 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                          | 72 |
| EKLER.....                                              | 73 |
| EK 1. Girişimsel Olmayan Etik Kurulu Onay Belgesi ..... | 73 |
| EK 2. Tez Orjinallik Raporu.....                        | 76 |



## SİMGELER VE KISALTMALAR

|              |                                       |
|--------------|---------------------------------------|
| <b>ALARA</b> | : Hastaya Mümkün Olan En Düşük Doz    |
| <b>BT</b>    | : Bilgisayarlı Tomografi              |
| <b>cm</b>    | : Santimetre                          |
| <b>CNR</b>   | : Kontrast-Gürültü Oranı              |
| <b>EKR</b>   | : Eksternal Kök Rezorpsiyonu          |
| <b>ESR</b>   | : Eksternal Servikal Kök Rezorpsiyonu |
| <b>FOV</b>   | : Görüş Alanı                         |
| <b>HU</b>    | : Hounsfield skalası                  |
| <b>İKR</b>   | : İnternal Kök Rezorpsiyonu           |
| <b>KIBT</b>  | : Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi |
| <b>kVp</b>   | : Kilovolt Doruğu                     |
| <b>lp</b>    | : Çizgi Çifti                         |
| <b>mA</b>    | : Miliamper                           |
| <b>mm</b>    | : Milimetre                           |
| <b>µm</b>    | : Mikrometre                          |
| <b>MS</b>    | : Manuel Segmentasyon                 |
| <b>ROI</b>   | : İlgi Alanı                          |
| <b>s</b>     | : Saniye                              |
| <b>YOS</b>   | : Yarı Otomatik Segmentasyon          |
| <b>2B</b>    | : İki Boyutlu                         |
| <b>3B</b>    | : Üç Boyutlu                          |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 1:</b> Çekilmiş dişlerin yerleştirildiği kuru kafa modeli .....                          | 30 |
| <b>Şekil 2:</b> KaVo 3D eXam cihazındaki tarama işlemi.....                                       | 31 |
| <b>Şekil 3:</b> Dentium cihazında tarama yapılırken alınan görüntü .....                          | 32 |
| <b>Şekil 4:</b> Sirona marka cihazda tarama yapılırken alınan görüntü.....                        | 33 |
| <b>Şekil 5:</b> Manuel segmentasyon işlemi yapılırken alınan görüntü.....                         | 34 |
| <b>Şekil 6:</b> Her bir kesitteki markaların ortalama mutlak hata değerleri .....                 | 37 |
| <b>Şekil 7:</b> Protokoller ile altın standart arasındaki toplam hacim karşılaştırma grafiği .... | 40 |
| <b>Şekil 8:</b> Protokoller ile toplam hacimlerin gösterildiği kutu grafiği .....                 | 40 |



## TABLÖLAR LİSTESİ

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 1</b> Eksternal kök rezorpsiyonunun diagnostik özellikleri.....                                                                    | 11 |
| <b>Tablo 2</b> İnternal kök rezorpsiyonlarının diagnostik özellikleri.....                                                                  | 12 |
| <b>Tablo 3</b> Farklı KIBT cihaz ve tarama parametreleri ile yapılan ölçümlerde elde edilen hacim değerlerinin tanımlayıcı istatistiği..... | 35 |
| <b>Tablo 4</b> Farklı KIBT sistemlerinin rezorpsiyon hacimlerini ölçmedeki ortalama mutlak hata değerleri.....                              | 36 |
| <b>Tablo 5</b> Ölçülen hacim değerlerinin kendi içinde ve gerçek hacimle kıyaslanması .....                                                 | 38 |



## 1. GİRİŞ

Diş köklerinde meydana gelen rezorpsiyon, dentin, sement veya alveolar kemik gibi mineralize dokuların osteoklastlar veya osteoklast tipi hücreler tarafından fizyolojik veya patolojik olarak yıkılması olarak tanımlanır (Lyroudia ve ark., 2002). 1800'lü yıllarda kök rezorpsiyonunun aşılmaz bir problem olduğu belirtilmiştir (Bell, 1830). Daha sonra birçok araştırmacı, patolojik rezorpsiyon sürecinin tedavisi ile birlikte klinik bulguları, histolojik ve radyolojik görünümü ve etyolojisi hakkında ayrıntılı olarak tanımlama yapmıştır (Alfred, 1990; Trope ve Chivian, 1994). Kök rezorpsiyonu kendini sınırlandırabilir ve klinik olarak ayırt edilemez fakat uyarının etkisinin devam etmesi ve tahribatın artmasıyla birlikte diş dokusunun kaybı meydana gelir (Patel ve Saberi, 2018). Rezorpsiyonun doğru ve erken tanısı, başarılı tedavi için kritik öneme sahiptir. Rezorpsiyon defektlerinin tanısındaki en dikkat edilmesi gereken noktalardan biri internal kök rezorpsiyonu (İKR) ve eksternal servikal kök rezorpsiyonu (ESR) arasında ayırım yapmaktır. İKR ve eksternal kök rezorpsiyonu (EKR), farklı tedavi protokolleri gerektiren farklı patolojik süreçleri temsil ettiğinden, doğru tanı önemlidir (Kleoniki ve ark., 2002).

Bir hastada diş rezorpsiyonuna rastlandığında, tanı ve tedavi planına ulaşırken aşağıdaki temel sorular ele alınmalıdır:

- Ne tür bir rezorpsiyon mevcuttur?
- Rezorpsiyon eksternal (periodontal kaynaklı) mı, internal (pulpa kaynaklı) mı veya eksternal-internal kök rezorpsiyonu arasında bağlantı var mı?
- Rezorpsiyon süreci kendi kendini sınırlayıcı mı yoksa geçici mi olacak ve iyileşme süreçlerinin dikkatle izlenmesi dışında bir yöntem gerektirecek mi?
- Rezorpsiyon süreci ilerleyici ise, tedaviye olumlu bir yanıt olacak mı ve eğer öyleyse uygun tedavi nedir?
- Tedavi edilirse kısa ve uzun dönemli prognozlar nelerdir?
- Çekim veya protetik tedavi ne zaman yapılmalıdır? (Heithersay, 2007)

Sık olarak, EKR rutin oral muayeneler sırasında tesadüfen fark edilir ve genellikle geç aşamalarında teşhis edilir, bu durumda lezyon ilerlemişse tek uygulanabilir çözüm

diş çekimi olabilir. Bu nedenle, yeni başlayan EKR lezyonunun doğru tanısı sayesinde, uygun tedavi planlamasına karar verilebilir. Periapikal radyografin yorumlanması, lingual ve bukkal kortekslerin süperpozisyonu, çoklu köklerin süperpozisyonu ve ayrıca EKR'yi taklit edebilen bitişik anatomik yapılar gibi birçok nedenden dolayı iki boyutlu (2B) tekniklerle doğru tanı konulamayabilir (Patel ve ark., 2007; Patel ve ark., 2009a). Konvansiyonel radyografiler üç boyutlu (3B) yapıları 2B bir ortama yansıtır; bu nedenle, EKR'nin sınırları ve kapsamı kesin olarak değerlendirilemez. Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) gibi gelişmiş görüntüleme yöntemleri 3B yapıların 3B sunumunu sağlar. KIBT'nin bu tür ince değişiklikleri tespit etmek için arzu edilen bir araç olmasını sağlayan avantajlarından bazıları, 2B konik ışınlı projeksiyonları işleyerek 3B tam hacimsel rekonstrüksiyon sağlamasıdır, böylece klinisyen ilgili alanı tüm düzlemlerde değerlendirerek, çok yönlü olarak inceleyebilir. KIBT göreceli olarak düşük radyasyon seviyelerini içerir ayrıca birden fazla açılı projeksiyon alma ihtiyacını ve bazen gerekli olan tekrarlamaları ortadan kaldırabilir (Noujeim ve ark., 2009). KIBT, diş hastalıklarının teşhisinde yeni bir teknoloji değildir; dentomaxillofasiyal görüntülemede malformasyonların, implantların ve diğer birçok durumun tanı ve tedavi planlaması için başarıyla kullanılmaktadır (Creanga ve ark., 2015).

## **2. GENEL BİLGİLER**

### **2.1. Kök Rezorpsiyonları**

#### **2.1.1. Kök rezorpsiyonlarının tanımı**

Dişlerde meydana gelen kök rezorpsiyonu; fizyolojik, patolojik veya idiyopatik nedenlerden kaynaklanan diş dokusundaki dentin, sement ve bazen de alveol kemik yapısında harabiyete yol açan klinik bir süreçtir. Osteoklastik aktivite sonucunda meydana gelir (Tronstad, 1988; Gunraj, 1999; Hamilton ve Gutmann, 1999; Ne ve ark., 1999; Kleoniki ve ark., 2002).

İlk olarak 1856 yılında Bates tarafından tanımlanmıştır (Ramanathan ve Hofman, 2006). Kök rezorpsiyonları geçici ya da ilerleyici özellik gösterebilirler. Geçici olarak adlandırılan kök rezorpsiyonları kendilerini sınırlandırır. Klinik ve radyografik olarak tanı konulamayabilir. İlerleyici kök rezorpsiyonları uyarının devam etmesiyle geri dönüşümü olmayan doku kaybına neden olur bu yüzden tedavi ve takip gerektirirler (Andreasen, 1985; Wedenberg ve Lindskog, 1985; Tronstad, 1988; Bakland, 1992; Trope, 2002; Patel ve Saberi, 2018).

#### **2.1.2. Kök rezorpsiyon fizyopatolojisi**

Bu lezyonların gelişimi, diş kökünde bulunan sement ve dentin gibi sert dokularda, sitokinler, kollajenazlar, metaloproteinazlar ve sistein proteazları gibi enzimler ve OPG / RANK / RANKL sistemi tarafından düzenlenen odontoblastlar ve odontoklastlar arasında koordineli bir etkileşimi içerir (Cohenca ve ark., 2007; Tyrovola ve ark., 2008).

Primer dişlenmede kök rezorpsiyonu tipik bir fizyolojik yanıttır. Bununla birlikte, kalıcı dişlenmede kök rezorpsiyonunun patolojik bir temeli vardır ve iki faz gereklidir. Birinci faz mineralize dokunun uzaklaşmasıyla beraber kökün predentin ve presement koruyucu tabakalarının harabiyete uğrayarak özelliğini kaybetmesi, ikinci faz ise multinükleer hücrelerin travma veya enfeksiyon gibi etkenler sebebiyle uzun süreli uyarılmış olmasıdır. Predentin ve presement tabakaları odontoklast hücrelerin mineralize

olmayan matrikse tutunmasını ve rezorpsiyon oluşmasını önleyen bariyeri meydana getirirler. Presement ve predentinin önleyici etkileri nedeniyle, iltihap varlığında bile, sağlam bir kök rezorpsiyona karşı dirençlidir (Andreasen 1970; Trope, 1998a; Trope, 2002; Sak ve ark.,2016).

### **2.1.3. Kök rezorpsiyonunun sınıflandırılması**

Kök rezorpsiyonlarını oluşum şekline göre temel olarak fizyolojik kök rezorpsiyonu ve patolojik kök rezorpsiyonu diye 2 ye ayırabiliriz (Asci, 2014).

1. Fizyolojik kök rezorpsiyonları: Primer dentisyonda görülen yaşa bağlı olarak gelişen kök rezorpsiyonlarıdır. Fizyolojik kök rezorpsiyonunu başlatan unsurlar tam olarak belirlenememesine rağmen remodelingde görev yapan benzer transkripsiyon faktörleri ve sitokinlerin sebep olduğu düşünülmektedir (Harokopakis-Hajishengallis, 2007; Yildirim ve ark., 2008).

2. Patolojik kök rezorpsiyonları: Patolojik kök rezorpsiyonları temel olarak diş kökünde meydana geldiği lokasyona göre EKR ve İKR olarak ikiye ayrılır (Frank ve Torabinejad, 1998). İlkinde lezyon kökün dış kısmında meydana gelir. İkincisinde lezyon, kök kanalının ve/veya pulpa odasının çevresindeki dentin üzerinde oluşur. Rezorpsiyon lezyonları lokalizasyonuna, etyolojisine, büyüklüğüne, türüne göre birçok şekilde sınıflandırılabilir (Gartner ve ark., 1976; Andreasen, 1985; Tronstad, 1988; Patel ve Ford, 2007).

Lindskog (Lingskog ve ark., 2006) yaptığı sınıflandırmayı rezorpsiyonun etyolojisine göre; travmaya bağlı diş rezorpsiyonu, enfeksiyona bağlı diş rezorpsiyonu ve hiperplastik invaziv diş rezorpsiyonları olmak üzere üç geniş gruba ayırır. Benítez ve arkadaşları (2002) kök rezorpsiyonlarını lokalizasyonlarına ve etiyolojilerine göre sınıflandırdılar. Fuss ve arkadaşları (2003) ayrıca tedavi seçeneklerini de içeren bir sınıflandırma yaptılar.

Sune ve arkadaşları (2002) diş kök rezorpsiyonunu büyüklüğüne göre 4 kategoriye ayırmıştır:



1.Rezorpsiyon yok: Sağlam kök yüzeyleri vardır, sement tabakası kaybolmuş olabilir.

2.Hafif rezorpsiyon: Rezorpsiyon, dentin kalınlığının pulpaya olan mesafesinin yarısına kadar ulaşmıştır.

3.Orta derecede rezorpsiyon: Rezorpsiyon, dentin kalınlığı pulpa mesafesinin yarısına veya daha fazlasını ulaşmıştır ama pulpa boşluğuna ulaşmamıştır.

4.Şiddetli rezorpsiyon: Rezorpsiyon pulpaya ulaşmıştır.

Santos ve arkadaşları, bu kategorilerin hiçbirine uymayan, bilinmeyen çok daha az sıklıkta olmasına rağmen idiyopatik bir kök rezorpsiyonu olabileceğini göstermiştir (Santos ve ark., 2011). Tüm kök rezorpsiyonlarının sınıflamaları arasında en yaygın kullanılan ve diğer sınıflamalarla karşılaştırılarak esas kabul görmüş sınıflama Andreasen'in yapmış olduğu sınıflamadır (Andreasen, 1970). EKR sınıflamasına başka bir kategori daha eklenmiştir: ESR. Bu rezorpsiyon tipinin diğer rezorpsiyon tiplerinden patolojik olarak ayrıldığı kabul edilmiştir (Heithersay, 2004; Makkes ve Thoden, 1975).

- İnternal kök rezorpsiyonu
  - İnternal inflamatuvar rezorpsiyon
  - İnternal replasman rezorpsiyon
- Eksternal kök rezorpsiyonu
  - Eksternal yüzey rezorpsiyonu,
  - Eksternal inflamatuvar rezorpsiyon
  - Eksternal replasman rezorpsiyon
  - Eksternal servikal rezorpsiyon

### **İnternal kök rezorpsiyonu**

Pulpa duvarındaki dentin rezorpsiyonu, pulpa hasarının inflamatuvar cevabı veya travma sonucunda odontoblastların ve predentinin, osteoklast ya da dentinoklast hücreleri tarafından yok edildiği nadir bir patolojik bulgudur (Wedenberg ve Lindskog, 1985). Herhangi bir etken olmaksızın da gerçekleşebilir. Kökte fraktür ya da periodontal cep ilişkisi oluşmazsa genellikle asemptomatiktir. Radyografik olarak, sıklıkla servikal

bölgede olmak üzere kök kanalının tüm alanlarında meydana gelebilecek pulpal kanaldan iyi sınırlanmış, yuvarlaktan ovale kadar değişebilen radyolüsent genişleme veya balon şeklinde görünebilir (Gunraj, 1999; Ne ve ark., 1999; Patel ve Dawood, 2007). Bir İKR defektinin radyografik tespiti, pulpektomi için endikasyon olduğundan önemlidir. Eğer İKR oluşmuş dişte perforasyon meydana gelmediyse endodontik tedavi tercih edilir, bununla birlikte pulpa ile periodontal ligament ilişkisi mevcutsa dişin kaybını önlemek daha zor hale gelir. Erken tanı olmadan prognoz kötüdür (Wedenberg ve Lindskog, 1985; Bakland, 1992; Trope, 2002). İKR dâimi dişlerde en sık olarak orta keser dişlerde görülür. Bunları sırasıyla birinci ve ikinci büyük azılar, yan keserler, küçük azılar, kaninler ve üçüncü büyük azılar izler (Caliskan ve Turkun, 1997; Patel ve ark., 2010).

### **İnflamatuvar rezorpsiyon**

İnflamatuvar rezorpsiyonda, intraradiküler dentinin rezorptif süreci, rezorptif bölgelere bitişik sert dokuların ek birikimi olmadan ilerler. Bu olay, rezorpsiyon alanında granülasyon dokularının varlığı ile ilişkilidir (Nilsson ve ark., 2013). Diş travmaya maruz kalmış, vital pulpa tedavisi geçirmiş veya diş kuron preparasyonu yapılmış olabilir (Trope, 2002). Pulpa boşluğundaki osteoklastik aktivite ile granülasyon dokusu, dentin ve mine dokusu incelenerek diş kuronunun pembe bir renk almasına sebep olabilir (Patel ve ark., 2010). Bu olay “pink spot” veya Mummery diş olarak tanımlanır (Mummery, 1920). Diş genellikle kısmen vitaldir ve vitalite testi negatif çıksa bile pulpitis belirtileri gösterebilir. Eğer pulpa tamamen nekroz olmuş ise hasta perküsyon hassasiyeti, sinüs yolu gelişimi veya akut şişlik gibi semptomlar gösterebilir (Patel ve ark., 2010).

İKR radyografik olarak kanal içinde genellikle simetrik veya dışa doğru açılan oval yuvarlak boşluk olarak izlenir (Tronstad, 1988). Lezyon kökün en apikalinde değilse rezorpsiyon bölgesi ile normal kanal anatomisi birleşir (Makkes, 1975). Lezyon kenarları pürüzsüz, net ve keskin görünür ayrıca lezyon bölgesinde kanal devamlılığı izlenmez (Gartner ve ark., 1976).

İKR vakalarında tedavinin amacı, rezorpsiyon sürecinin devam etmesine neden olan herhangi bir uyaran varsa onu elimine etmek olmalıdır. Diş restore edilebilecek durumdaysa, kök kanal tedavisi genellikle tercih edilen tedavi şeklidir (Cohenca ve ark., 2007).

### **İnternal replasman rezorpsiyonu**

Replasman rezorpsiyonunda, rezorptif aktivite, kök kanalına bitişik dentinde hasara neden olur ve defektin bazı bölgelerinde kemik benzeri dokuların birikmesine sebep olur. Pulpa boşluğu kısmen ya da tamamen kaybolur ve bu bölgede düzensiz bir genişleme meydana gelir (Nilsson ve ark., 2013). Bu tip rezorpsiyon nispeten nadirdir (Wedenberg, 1987).

İnternal replasman rezorpsiyonunun sonuçları:

- Pulpa kanalında distorsiyon ile birlikte kanal içinde asimetrik ve düzensiz genişleme izlenir (Oehlers, 1951; Heithersay, 2007).
- Diş krunu pembe ‘pink spot’ olarak görünebilir.
- Vitalite testine krun veya kök perforasyonu yoksa pozitif cevap verebilir (Ne ve ark., 1999).

İnternal replasman rezorpsiyonunun ESR’den ayırt edilmesi zor olabilir (Patel ve ark., 2010). Eğer tanı konusunda şüphe varsa hasta KIBT’a yönlendirilebilir.

### **Eksternal kök rezorpsiyonu**

EKR diş kök yüzeyinin dışından başlayarak iç katmanlara doğru ilerleyen rezorpsiyonlardır. Bazı vakalarda pulpaya kadar ulaşabilmektedir. Sıklıkla kök yüzeyinde görülmesine rağmen nadiren sürmemiş dişin kronunda da gözlenebilmektedir. Bu rezorpsiyon tek dişte, birden fazla dişte ya da çok ender olarak ağızda bulunan dişlerin hepsinde de oluşabilmektedir. Alt çenede üst çeneye göre daha sık izlendiği belirtilmiştir; en sık santral keserlerde görülmektedir (White ve Pharoah, 2004). EKR’nin çeşitli etyolojileri vardır ve gelişimi İKR den daha yaygındır (Patel ve ark., 2010).

### **Eksternal yüzey rezorpsiyonu**

Eksternal yüzey rezorpsiyonu, kök yüzeyine veya çevresindeki periodonsiyuma lokal ve sınırlı hasarın bir sonucudur (Andreasen, 1981; Majorana ve ark., 2003). İki ila üç hafta boyunca osteoklastik aktivitenin kendi kendini sınırlayan bir sürecidir ve bunu kök yüzeyi ve sement dokuda iyileşme ve periodontal ligamentin yeniden bağlanması

takip eder. Dentini örten sement ve en dış katmanlarındaki küçük yüzeysel rezorpsiyon boşlukları olarak tanımlanmıştır (Andreasen ve Hjorting-Hansen, 1966). Başka bir uyarı yoksa oluşan bu rezorpsiyon alanları tekrar kendini yenileyerek iyileşir (Heithersay, 2007). Eğer rezorpsiyon defekti sadece sementte meydana gelmişse tamamıyla iyileşme gerçekleşir. Ancak dentini de kapsayan bir defekt varsa kök yüzeyi konturunda kısmi bir iyileşme olur (Andreasen, 1981; Andreasen, 1985).

### **Eksternal inflamatuvar rezorpsiyon**

Genellikle bu rezorpsiyon tipi, travma (sıklıkla avülse olmuş bir dişin yeniden reimplantasyonu veya lüksasyon yaralanması) geçirmiş dişin enfekte olmasıyla ortaya çıkar (Heithersay, 2007). Hasarlı ve açıkta kalan kök yüzey alanlarında uzun süreli uyaranlar bu rezorpsiyon sürecinin devam etmesini sağlar (Andreasen, 1985). Eksternal inflamatuvar kök rezorpsiyonu için ön koşullardan biri, normalde koruyucu sementum/sementoide verilen hasardır, daha sonra alttaki dentini bakterilerin veya metabolitlerinin kök kanalından dış kök yüzeyine geçmesiyle yüzey rezorpsiyonu başlatılır. Hem diş kökünde hem de bitişik kemikte meydana gelen rezorpsiyonla sonuçlanan osteoklastik hücrelerin aktivasyonunu içeren normal bir inflamatuvar yanıt ortaya çıkar. İnflamatuvar yanıt kronik olduğu için, enfeksiyon akut hale gelmedikçe genellikle asemptomatiktir, bu durumda diş perküsyona hassas hale gelir ve şişlik gelişebilir. Radyografik olarak hem diş kökü hem de bitişik kemikte kâse benzeri radyolüsent alan görüntüsünden teşhis edilebilir, diş kaybına yol açabilecek ilerleyici bir kök rezorpsiyon şeklidir. Bununla birlikte, çoğu durumda, eksternal inflamatuvar kök rezorpsiyonu tedavi ile idame edilebilir. Enfeksiyonla indüklenen diğer rezorpsiyon formlarında olduğu gibi, tedavi kök kanal sisteminden bakteriyel artıkların tamamen uzaklaştırılmasını içerir (Heithersay, 2007).

### **Eksternal replasman rezorpsiyonu**

Kök yüzeyinin kemikle yer değiştirilmesi işlemidir. Bu olay ankiloz olarak da adlandırılabilir. Etiyolojisi henüz tam olarak anlaşılamamıştır (Hammarström ve ark., 1989). Bu tip rezorpsiyon patolojik bir süreç olan eksternal inflamatuvar rezorpsiyondan farklı olarak, kemik ve dentin birleşimi sonrasında kemik yeniden şekillenmesinin homeostatik bir süreci olarak düşünülebilir (Hammarström ve ark., 1986). Kemik

trabekülleri periodontal ligament boşluğunda oluşur ve kök yüzeyi ile birleşir (Andreasen, 1980a; Andreasen, 1980b). Eksternal replasman rezorpsiyonu gelişme oranı hastanın yaşına ve büyüme oranına göre değişir (Andersson ve ark., 1989; Barrett ve Kenny, 1997). Replasman rezorpsiyonu başladıktan sonra 7-16 yaş arası hastalarda diş üç ila yedi yıl içinde kaybedilebilir, ancak yetişkinlerde diş 20 yıla kadar canlılığını kaybetmeden ağız içindeki varlığını koruyabilir. Bu tip rezorpsiyon teşhis edildikten sonra etkili bir tedavi yoktur. Rezorpsiyonun ilerlemesi, kökün tamamen rezorpsiyonuna ve sonuç olarak kuron kırığına yol açabilir. Yaşlı hastalarda ilerleme yavaştır ve acil tedavi gerektirmeyebilir, aslında diş yıllarca fonksiyonel ve estetik işlevini devam ettirerek kullanılabilir. Genç hastalarda pubertal büyüme evresinden önce veya bu dönemde eksternal replasman rezorpsiyonunun ilerlemesi daha hızlıdır ve ileri tedavi ihtiyacı gerektirmektedir (Andersson ve ark., 1989).

### **Eksternal servikal kök rezorpsiyonu**

ESR agresif ve belirti vermeden hızlı ilerleyebilen bir EKR türüdür, bu da diş yapısında önemli bir kayıpla sonuçlanabilir. Etkili tedavi için erken tanı daha iyi prognozun sağlanması açısından önemlidir (Heithersay, 2004).

Heithersay, ESR'yi kök kanalına yakınlığına ve boyutuna göre tedavi planlaması ve karşılaştırmalı klinik araştırma için bir kılavuz olarak klinik sınıflandırma geliştirmiştir (Heithersay, 1999a). Sınıflandırma, geleneksel radyografilere dayanmaktadır ve ESR'yi lezyonun koronal ve kök dentinine penetrasyonuna göre sınıflandırmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre:

Sınıf I: Servikal kök bölgesinde küçük yüzeysel rezorptif lezyon;

Sınıf II: Pulpa boşluğuna yakın, ancak büyük ölçüde koronal dentin ile sınırlı olan invaziv resorptif lezyon;

Sınıf III: Kökün koronal üçte birlik kısmına da nüfuz eden derin rezorptif lezyon;

Sınıf IV: Kökün üçte birlik koronal kısmının altına uzanan büyük rezorptif lezyon. (Heithersay, 2004)

Eğer sınıf 1 veya sınıf 2 aşamasında invaziv bir ESR tanısı konulduysa, rezorpsiyon dokusu fibro-vasküler karakterde olup pulpa, koruyucu bir pre-dentin ve dentin tabakası ile korunmuştur. İnvaziv servikal rezorpsiyonlar Sınıf 3 ve Sınıf 4 gelişim aşamasında teşhis edildiğinde, tedavi aşamasında rezorpsiyon lezyonunun infiltratif ve fibro-osseöz özellikleri nedeniyle çok daha büyük zorluklar ortaya çıkar. Ayrıca rezorpsiyon dokusu, kök kanalını çevreleyen ve radiküler dentin içinde birden fazla infiltrasyon kanalı oluşturur. Diğer bir karmaşık özellik, bu infiltrasyon kanallarının kök yüzeyindeki diğer konumlarda periodontal ligament ile arasındaki bağlantıdır (Heithersay, 2007). Bu sınıflandırma, yalnızca ESR bir dişin proksimal yönü ile sınırlıysa ve 2B de açıkça değerlendirilebiliyorsa geçerlidir. Lezyon kökün bukkal/lingual tarafında olduğunda kullanımı zorlaşır. Ayrıca lezyonun çevresel sınırlarını veya pulpa tutulumunu tanımlamada başarısız olur. Bu nedenle, çoğu ESR lezyonunun mevcut sınıflandırmayı kullanarak 3B de doğru bir şekilde tanımlanması imkânsız hale gelir. Artık KIBT, ESR tanı ve tedavi planlamasının önemli ve sık kullanılan bir parçası haline geldiğinden, 3B bir sınıflandırma giderek daha gerekli hale gelmiştir (Patel ve ark., 2018).

ESR'nin etiyolojisi belirsiz olsa da, periodontal ataşmanın hemen altında koruyucu sementin eksikliğinden veya hasarından kaynaklandığı düşünülmektedir (Gold. ve Hasselgren, 1992; Neuvald ve Consolaro, 2000).

ESR'nin radyografik görünümü değişkendir ve lezyonun büyüklüğünden etkilenir. Genellikle kök kanalının ana hatları düzensiz, asimetrik bir radyolüsenzi olarak izlenir. Kalsifiye dokunun birikmesi daha radyoopak benekli bir görünüme neden olabilir ve bu görüntü lezyonun gelişiminde onarıcı bir aşamayı temsil edebilir (Iqbal, 2007; Mavridou ve ark., 2016). ESR'nin ayırıcı tanısı diş çürüğü ile yapılmalıdır; örneğin ESR lezyonunun klinik görünümü, sert kavite tabanı ve periodontal sondlama ile meydana gelen aşırı kanama ile ayırt edilebilir (Trope 2002, Patel ve ark., 2009b). Lezyon pulpaya ilerlemişse veya pulpanın enfekte olduğundan şüpheleniliyorsa, kök kanal tedavisi yapılmalıdır. Heithersay, cerrahi tedavi uygulamadan önce kök kanal tedavisinin yapılmasını ve restorasyonunun tamamlanmasını önermektedir (Heithersay, 2007). İnvaziv servikal rezorpsiyonun cerrahi olarak tedavi yaklaşımı genellikle periodontal flep kaldırılması, hasarlı alanın küretajı, rezorptif defektin uygun bir materyal kullanılarak restorasyonunu

ve flebi orijinal pozisyonuna yeniden konumlandırmayı içerir (Lustman ve Ehrlich 1974; Trope, 1998b; Heithersay, 1999a).

**Tablo 1:** Eksternal kök rezorbsiyonunun diagnostik özellikleri (Darcey ve Qualtrough, 2013).

| Tanı                                      | Mobilite              | Perküsyon   | Renk                                         | Vitalite                                                                                             | Radyografik görünüm                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------|-----------------------|-------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Eksternal Yüzey Rezorpsiyonu</b>       | Normal                | Normal      | Normal                                       | Normal                                                                                               | Minimum: sementumda küçük kavite ve yüzeysel dentin                                                                                                                                                    |
| <b>Eksternal inflamatuvar rezorpsiyon</b> | Belki artmış olabilir | Normal      | Normal, pulpa tutulumu varsa değişebilir     | ‘Steril’ Basınç rezorpsiyon yoksa vital değil                                                        | Lamina dura kaybı, bitişik peri-radiküler radyolüsen si olan düzensiz daire şeklindeki lezyonlar                                                                                                       |
| <b>Eksternal yüzey rezorpsiyonu</b>       | Belki artmış olabilir | Normal      | Servikal minede olası pembe renk değişikliği | Lezyon pulpaya yakınsa canlılık testine normal, muhtemelen artan yanıt. Pulpa tutulumu varsa yoktur. | Kökün koronal üçlüsündeki servikal radyolüsen si, sınıf V boşluklara veya dahili rezorpsiyona benzeyebilir.                                                                                            |
| <b>Eksternal replasman rezorpsiyonu</b>   | Yok                   | Metalik ses | Normal, travmaya bağlı değişebilir           | Tipik olarak travmanın sonucu olarak yok                                                             | Kök formunda düzensiz değişiklik, lamina dura kaybı, kemiğin kök yüzeyine doğrudan eklenmesi ile kemik infiltrasyonu rezorpsiyon boşlukları gözlenir. Periodontal ligamanın radyolüsen sinin olmaması. |

**Tablo 2:** İnternal kök rezorpsiyonlarının diagnostik özellikleri (Darcey ve Qualtrough, 2013).

| Tanı                              | Mobilite | Perküsyon | Renk                                                           | Vitalite                                                        | Radyografik görünüm                                                                                 |
|-----------------------------------|----------|-----------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| İnternal inflamatuvar rezorpsiyon | Normal   | Normal    | Lezyon koronal olarak yerleşmişse olası pembe renk değişikliği | Karışık yanıt: aktif lezyonlarda pozitif, geniş lezyonlarda yok | Genellikle keskin, iyi tanımlanmış kenar boşluklarıyla simetrik olan kanalın genişlemesi            |
| İnternal replasman rezorpsiyonu   | Normal   | Normal    | Lezyon koronal olarak yerleşmişse olası pembe renk değişikliği | Karışık yanıt: aktif lezyonlarda pozitif, geniş lezyonlarda yok | Kanalın düzensiz genişlemesi. Kanal boşluğunda karışık radyoopasitelerle olası pulpal obliterasyon. |

#### **Eksternal kök rezorpsiyonun klinik özellikleri**

İlk olarak ekstraoral ve intraoral klinik muayene yapılmalıdır. Artmış vaskülarize bağ dokusuna bağlı olarak servikal bölgede oluşan rezorpsiyonlarda ‘pink spot’ olarak adlandırılan pembe renklenmeler görülebilir (Thomas ve ark., 2014). Pulpa dokusundaki nekrotik alan artarsa diş kuronunda oluşan renk pembeden griye dönüşebilir (Silveira ve ark., 2009). Bu tip hastalarda ilgili dişte şiddetli spontan diş eti kanaması izlenebilir (Ozcan, 2017). Dişlerde mevcut olan restorasyonların marjinal sınırlarından sızıntı olup olmadığı, sekonder çürük varlığı açısından değerlendirilmelidir. Mobiliteye bakılmalı, artmış bir mobilitenin geniş boyutlara ulaşmış veya patolojik kırığı bulunan bir EKR veya İKR’ye işaret edebileceği hatırlanmalıdır. Dişlerin genel periodontal muayenesi yapılmalı ve ilgili dişlerde cep varlığı olup olmadığına bakılmalıdır. Ayrıca bulunan klinik bulgular ağızdaki mevcut diğer dişlerle karşılaştırılmalı ve not edilmelidir (Darcey ve Qualtrough, 2013). Reimplantasyon sonucu oluşan kök rezorpsiyonu sonrasında ankiloz meydana gelmişse klinik olarak diş infraoklüzyonda görülür ancak diğer dişlere göre daha yüksek perküsyon sesi çıkarır (Ozcan, 2017).

#### **Eksternal kök rezorpsiyonun radyografik özellikleri**

Radyografilerde başta kökün apikal kısmı olmak üzere kökün lateral yüzeyi, servikal bölge ve gömülü diş kuronlarında EKR görülebilir (Ozcan, 2017). ESR teşhisi



zordur. Sıklıkla rutin intraoral radyografide tesadüfen tespit edilir, çünkü lezyonlar genellikle ağrısızdır ve herhangi bir klinik belirti ortaya çıkarmaz (Heithersay, 1999b). Bukkal veya lingual olarak yerleşimli rezorpsiyon boşlukları, geleneksel radyografilerde sıklıkla farkedilemez. Bu nedenle, kapsamlı bir araştırmada (Heithersay, 1999a) değerlendirilen lezyonların çoğunluğu tanı anında çoktan ilerlemiştir. Bu aşamada, belirsiz kenar boşlukları ile düzensiz bir radyolüsensi ve bazen benekli bir görünüm sergilerler (Luder ve Hans Ulrich, 2012). Uygun koşullar altında, pulpa odasının ana hatları radyoopak bir çizgi olarak görülebilir (Gold ve Hasselgren 1992, Frank ve Torabinejad 1998, Heithersay 1999c, Patel ve ark., 2009a). ESR sıklıkla İKR olarak yanlış teşhis edildiği için ESR ve internal granülomun ayırıcı tanısı özellikle önemlidir (Luder ve Hans Ulrich, 2012).

### **Eksternal kök rezorpsiyonun etyolojisi**

EKR etyolojisi çok çeşitlidir. Komşu dokulardaki kronik inflamasyon, fazla uygulanan ortodontik kuvvet, periapikal patolojiler, benign tümörler veya malign neoplaziler, kistler, beyazlatma tedavisinde uygulanan kimyasal ajanlar, travma, reimplantasyon, gömülü dişler ve çeşitli sistemik bozuklukların (hipoparatiroidizm, hiperparatiroidizm, kalsinoz, turner sendromu, gaucher hastalığı ve paget hastalığı) EKR oluşumunda rol oynadığı bildirilmiştir (Kamburoğlu ve ark., 2011a; Neves ve ark., 2012; Creanga ve ark., 2015).

### **Pulpal hastalıklar, periradiküler veya apikal patolojilerin EKR oluşumuna etkisi**

Kök rezorpsiyonu oluşmasına sebep olan en sık etken pulpanın enfeksiyonudur (Fuss ve ark., 2003). Gram pozitif bakteriler ve spiroketler, osteoklast hücrelerin oluşumunu doğrudan veya lipopolisakkaritlerin üretimi yoluyla dolaylı olarak uyarabilir (Haapasalo ve Endal, 2006; Lau ve ark., 2006; Andreasen ve ark., 2007). Bu nedenle, pulpaya girişten itibaren, bakteriyel stimülasyon resorptif bir süreçte başlayabilir ve canlılık tamamen kaybolduktan sonra, bakteriler ve bunların yan ürünleri dolaylı olarak rezorpsiyonu uyarabilir. Enfekte olmuş tüm dişlerin bazı rezorpsiyon kanıtları gösterdiği öne sürülmüştür (Tronstad, 1988). Klinik olarak, ilgili diş rezorpsiyon sürecinin erken döneminde genellikle asemptomatiktir ve rezorpsiyon bu aşamada sadece radyografik

olarak görülebilir. Fakat süreç ilerlediğinde dişte semptomlar meydana gelir ve periradiküler apselerin gelişmesi ile dişin mobilitesinde artış gözlenebilir. Radyografik olarak eksternal kök yüzeyinde dentin ve komşu kemikte veya internal kök kanalı dentin duvarlarında radyolüsensi gözlenir (Fuss ve ark., 2003).

### **Periodontal enfeksiyonların EKR oluşumuna etkisi**

Periodontal hastalığın tedavisini takiben, dişeti dokularında rezidüel inflamasyon ve enstrümantasyon sonrası kök yüzeyinin açığa çıkması, ESR'ye neden olabilir. Bu çok nadirdir (Beertsen ve ark., 2001). Nadiren, EKR sürecinde epitelyal ataşmanın apikalinde yer alan presegmentin hasarı gelişir. Bu hasara, dental travma, diş beyazlatmasında kullanılan hidrojen peroksit gibi kimyasal ajanlar, ortodontik tedavi veya periodontal işlemler de neden olabilir. Periodontal sulkus bakterileri, pulpa boşluğuna penetre olmadan, dentin tübüllerine, koronal epitel ataşmana ve apikal foramendeki epitelyal ataşmana penetre olabilir (Tronstad, 1988). Rezorptif süreç ilerleyerek supragingival bölgeye ulaşırsa artmış vasküler granülasyon dokusu diş kuronunda pembe renk değişikliğine sebep olabilir. Radyografik olarak periodontal enfeksiyonun sebep olduğu rezorpsiyonda dentinde tek rezorptif boşluk gözlenir. Rezorptif sürecin ilerlemesi ile dentindeki rezorptif boşluk alveolar kemiğe bitişik radyolüsent alan olarak gözlenir (Fuss ve ark., 2003).

### **Ortodontik kuvvetlerin EKR oluşumuna etkisi**

Ortodontik tedavinin bir komplikasyonu apikal kök rezorpsiyonudur. Dişte meydana gelen hasar diş hareketini sağlamak için uygulanan kuvvetten dolayı başlar. Uygulanan kuvvetin devam etmesi ile kökün apikal üçlüsünde bulunan rezorptif hücreler kök boyunda önemli derecede kısalmaya sebep olurlar. Genellikle diş asemptomatiktir ve pulpa vitaldir. Radyografik olarak kökün apikal üçlüsünü rezorbe eder (Fuss ve ark., 2003). Aktif ortodontik tedavideki tüm hastaların %31'inden fazlasında, rezorpsiyona bağlı olarak kök uzunluğunda 2,5 mm'ye kadar kısalma olduğu düşünülmektedir (Mattison ve ark., 1984; Linge ve Linge, 1991). Bu süreç, kesici dişleri etkileme eğilimindedir ve aktif tedavinin kesilmesinden sonra kendi kendini sınırlar. Klasik olarak kök formunun kısalması olarak ortaya çıkar, ancak aynı zamanda ESR'yle de ilişkilendirilmiştir. Bu tip rezorpsiyonların çok faktörlü olduğu ve olası genetik

eğilimlerle ilişkili olduğu düşünülmektedir, ancak travma öyküsü ve bakteriyel bir uyarının da olduğu durumlarda süreç çok şiddetli olabilir (Darcey ve Qualtrough, 2016).

### **Gömülü diş veya tümörlerin EKR oluşumuna etkisi**

Gömülü bir diş veya genişleyen kemik patolojisi, ortodontik diş hareketiyle ilişkili olana benzer bir "steril" süreçte osteoklastik aktiviteyi uyarabilir (Ericson ve Kurol, 1987; Walker ve ark., 2005). Dâimi dişlerden özellikle maksiller kanin ve mandibular üçüncü molarların erüpsiyonu boyunca rezorpsiyon gözlenebilir. Bu süreçte ilgili bölgede enfeksiyon yoktur. Gömülü diş veya tümör apikal kan akışını bozmadıkça ilgili alanda bulunan diş asemptomatik ve pulpa vitaldir (Fuss ve ark., 2003).

### **Travmanın EKR oluşumuna etkisi**

Şiddetli travmatik yaralanmalarda, kök yüzeyinde hasar meydana gelir ve sementin kendini onaramadığı durumlarda diş ile kemik arasındaki ligament yapı hasar olarak ankiloz süreci başlar. Bu olay dento-alveolar ankiloz olarak adlandırılır. Osteoklastlar açıkta kalan kök yüzeyindeki mineralize dentin ile doğrudan temas halindedir. Klinik olarak, ankiloz olan dişler normal dişlerin fizyolojik hareketliliğinden yoksundur. Bu hareket yoksunluğu teşhis için ankilozun önemli bir işaretidir. Ek olarak dişte metalik perküsyon sesi meydana gelir ve devamında infraoklüzyon görülür. Radyografik olarak, rezorpsiyon boşlukları kemikle doludur. Radyolüsen si gözlenmez ve tüm kök kemikle yer değiştirilebilir (Fuss ve ark., 2003). Periodontal ligaman hasarı, sement ve sonraki canlılık kaybı, takip edilecek rezorpsiyon potansiyeli ile yakından ilişkilidir (Andreasen, 1970; Andreasen ve Andreasen, 1992). İntruziyon ve avülsiyon yaralanmaları, rezorpsiyonla sonuçlanma olasılığı en yüksek olanıdır, ancak tüm travmatik yaralanmalar yüksek riskli kabul edilmelidir (Trope, 2002).

### **Beyazlatma tedavisinin EKR oluşumuna etkisi**

Beyazlatma, tüm vakaların %13,6'sına varan oranlarda EKR için tek predispozan faktör olabilir (Heithersay ve ark., 1994). Ağırlıklı olarak intrakoronal beyazlatma ile bağlantılı olsa da güçlendirilmiş beyazlatma sistemlerine sahip kombine sistemdeki ajanlar da bir rezorptif süreci başlatabilir (Harrington ve Natkin, 1979). Mekanizma tam

olarak anlaşılamamıştır, ancak teoriler merkezde ağartma maddelerinin dişeti dokularına geçişini takiben iltihaplı bir tepkinin başlaması yönündedir (Friedman ve ark., 1988).

### **İyatrojenik etkenlerin EKR oluşumuna etkisi**

Isıtılmış aletler periodontal ligament ve semente zarar verme veya nekroz yapma özelliğine sahiptir. 400 °C'ye kadar sıcaklıklara sahip olan ısıtılmış endodontik uçlar dikkatli kullanılmalı ve asla kanal içinde sürekli kullanıma bırakılmamalıdır (Darcey ve Qualtrough, 2016).

### **İdiyopatik olarak meydana gelen EKR**

Rezorptif lezyonlar, belirgin bir risk faktörü olmaksızın kendiliğinden ortaya çıkabilir. Bu gibi durumlar, interlökin-1 genetik yapısındaki değişikliklere bağlı olabilir (Al-Qawasmi ve ark., 2003).

### **Eksternal kök rezorpsiyonunun ayırıcı tanısı**

EKR'nin ayırıcı tanısında çürük, İKR ve apikal rezeksiyon yer alır. Farklı açılardan alınan radyografiler ve KIBT görüntülerine bakılarak lezyonun başlangıç noktası hakkında fikir yürütülebilir. Apikal rezeksiyon sonrası kök boyunda oluşan kısılma durumunda, hasta öyküsünde cerrahi müdahale sorgulanmalıdır. Radyografik olarak kanal dolgu materyali, kök apeksiyle uyumludur. Kanal tedavisi geçirilmiş dişlerde izlenen rezorpsiyonlarda kök kanal dolgu materyalinin rezorbe olmayarak apekten kemik içine doğru uzandığı görülür (Ozcan, 2017). Rezorptif defektlerin yanlış tanıların çoğu, İKR ile EKR arasında bir ayırım yapamamaktan kaynaklanır. İKR ve EKR, farklı tedavi protokolleri gerektiren farklı patolojik süreçleri temsil ettiğinden, doğru tanı önemlidir (Kleoniki ve ark., 2002).

### **Eksternal kök rezorpsiyonunun tedavisi**

EKR'nin tedavisi genellikle karmaşık, zaman alıcı, pahalı ve öngörülemezdir. Sebeplerden biri, düz 2B bir radyografide, rezorpsiyon boyutunun görüntülenememesi ile ilgilidir. Çoğu durumda, tedavi aşağıdaki alanları içeren çok disiplinli bir uzman ekibi gerektirir: endodonti, pedodonti, periodontoloji, ağız cerrahisi, implantoloji-protez ve ortodonti (Cohenca ve ark., 2006). Erken tanı, EKR takibi ve tedavisinde en kritik

faktördür, çünkü tedaviye ne kadar erken başlanırsa, rezorpsiyonun meydana getirdiği hasarlar o kadar az şiddetli olacaktır. Klasik tanı titiz bir klinik muayene ve radyografi kombinasyonu gereklidir (da Silveira ve ark., 2007). Uygun tedavi seçimi, tanımlanan predispozan faktörlerinin (Fuss ve ark., 2003) ve klinisyen deneyiminin (Ahangari ve ark., 2015) kombinasyonu ile elde edilir. Biyoseramik bazlı endodontik materyaller (kalsiyum silikat ve kalsiyum-fosfat bazlı) iyileştirme özellikleri ve yeni sert doku oluşturma özellikleri ile yüksek biyouyumluluk ve biyoaktivite sunar. Bu hidrolik biyoseramik ürünler nemli ve ıslak ortamlarda kan ve su gibi organik doku sıvılarıyla doğrudan temasta kullanılabilir. Ayrıca hidroksiapatit oluşumuna yol açan kalsiyum hidroksit salgılar (Richardson, 2008). EKR'ye uzun süreçte müdahale edilmeden ilerlerse veya farkedilmezse diş kaybı ile sonuçlanabilir.

#### **2.1.4. Eksternal kök rezorpsiyon teşhisinde kullanılan radyografik yöntemler**

EKR yeri ve büyüklüğünün doğru teşhisi, tedavi planının tasarlanmasında ve tedavinin prognozunun öngörülmesinde çok önemlidir (Dalili ve ark., 2012). Lezyonun büyüklüğü, yeri, lokal anatomisi ve ilgili bölgedeki kemik yoğunluğu gibi özellikler lezyonun doğru teşhisini etkiler (Bender, 1997; Goldberg ve ark., 1998). Kök rezorpsiyonu tanısı periapikal radyografi (Saccomanno ve ark., 2018), dijital panoramik radyografi (Dudic ve ark., 2009) veya KIBT (Lima ve ark., 2016) kullanılarak konulabilir.

#### **İki boyutlu görüntüleme teknikleri**

EKR tanısı sıklıkla klinik ve radyografik incelemeye dayanır, en sık panoramik ve periapikal radyografiler kullanılır (Bergmans ve ark., 2002; Dudic ve ark., 2009). Ağız içi radyografi teknikleri 3B diş yapılarını 2B görüntülere aktardığı için, lezyon büyüklüğü ve yeri hakkında sınırlı bilgi sağlayabilirler. Geleneksel radyografiler rezorpsiyonu ancak mineralize dokunun %60-70'i kaybolduktan sonra tespit edebilirler (Owman-Moll ve Kurol, 2000). CCD sensörler veya fosforplaklar gibi dijital teknikler, EKR'nin saptanması için geleneksel radyografilere kıyasla daha güvenilir yöntemlerdir (Borg ve ark., 1998; Westphalen ve ark., 2004). İntraoral dijital tekniklerin uygulaması kolaydır fakat bukkal ve lingual yüzeylerde mevcut olan küçük rezorptif boşlukların teşhis edilmeden kalma olasılığı daha yüksektir (Andreasen ve ark., 1987; Chapnick, 1989; Goldberg ve ark.,

1998; Nance ve ark., 2000). İntraoral radyografinin tanısal kabiliyeti anatomik superpozisyon, ışın angulasyonu ve görüntü geliştirme prosedürlerinden de etkilenir (Björndal ve ark., 1999; Kamburoğlu ve ark., 2008a; Patel ve ark., 2009b). Bu nedenlerle, kök rezorpsiyonun değerlendirilmesi için 3B tomografi önerilmiştir (Friedland ve ark., 2001; Kleoniki ve ark., 2002).

### **Periapikal radyografiler**

Birçok çalışma, geleneksel intraoral radyografinin, erken safhalarında EKR'yi tespit etmek için güvenilir bir teknik olmadığını göstermiştir (Andreasen ve ark., 1987; Chapnick, 1989; Goldberg ve ark., 1998). Paralaks radyografi tekniği lezyonun yeri ve tipi hakkında daha fazla bilgi vereceği için tercih edilebilir. Same lingual, opposite bukkal (SLOB) kuralı yani 'lingual ile aynı bukkal ile zıt' kullanılarak eksternal lezyonun lokalizasyon değişikliği tespit edilebilir (Gartner ve ark., 1976). Yatay açıda 20 derecelik bir varyasyon ile alınan ortoradial, meziyoradial ve distoradial görünümünün, İKR ve EKR'nin doğru teşhisinde yardımcı olduğu gösterilmiştir (Gartner ve ark., 1976; Kamburoğlu ve ark., 2008a; Kamburoğlu ve ark., 2008b). Mesial ve distal angulasyonlardan birden fazla radyografi alındığında, EKR durumunda radyolusensi alanı kanaldan uzaklaşırken İKR durumunda defekt kanala yakın olarak görünmeye devam edecektir (Gartner ve ark., 1976; Frank ve Torabinejad, 1998; Kleoniki ve ark., 2002; Kamburoğlu ve ark., 2008a). Konvansiyonel radyografilerin, araştırılan olguların % 51.9'unda yanlış negatif sonuç ve %15.3'ünde yanlış pozitif sonuç verdiği gözlenmiştir (Nance ve ark., 2000). 0.6 mm çapında ve 0.3 mm derinliğindeki lezyonların konvansiyonel periapikal radyografi ile tespit edilmediği gösterilmiştir (Andreasen ve ark., 1987; Goldberg ve ark., 1998).

### **Panoramik radyografiler**

Panoramik radyografiler küçük lezyonların tanısı için yeterli ayrıntı sağlamamaktadır (Laux ve ark., 2000). Panoramik radyografi kök rezorpsiyonunu değerlendirmek için kullanılan klasik bir tekniktir ve ön bölgelerdeki değerlendirme eksikliklerini azaltmak için panoramik bir radyografi ile kombine bir intraoral radyografinin kullanılması önerilmiştir (Laux ve ark., 2000; Dudic ve ark., 2009).

## **İki boyutlu radyografide uzaysal çözünürlük**

Uzaysal çözünürlük bir görüntüdeki ince detayları ayırt edebilme kapasitesidir. Çözünürlük genellikle milimetrede (mm) çizgi çiftleri olarak ölçülür ve rapor edilir. Çizgi genişliğine eşit aralıklar ile birbirinden ayrılmış, çok ince radyopak çizgi kümelerinden oluşan test nesneleri değişik çizgi aralıklarında üretilmiştir. Çizgi ve ilişkili aralığına çizgi çifti (line pair: lp) denir. Bir çizgi çiftini çözümlemek için, biri koyu çizgi ve biri de açık çizgi olmak üzere en az iki piksel sütunu gerekir. Normal gözlemciler büyütme yardımı olmadan yaklaşık 6 lp/mm ayırt edebilir. İntraoral filmler 20 lp/mm'den fazla çözünürlük sağlayabilir. Film görüntüsü büyütülmemişse, gözlemci görüntüdeki detayın ölçüsünü kavrayamaz (White ve Pharoah, 2013). Panoramik radyografin farklı anatomik bölgelerinde (insizal, premolar, molar) yapılan testlerde lp/mm değeri 1.88-3.15 arasında değiştiği gözlenmiştir (Han-Gyeol Yeom ve ark., 2020).

## **Üç boyutlu görüntüleme teknikleri**

### **Bilgisayarlı tomografi (BT)**

BT'nin EKR değerlendirmesindeki tanı yeteneğinin yüksek olduğu bildirilmiştir. Yapıların superpozisyonunun ortadan kaldırılmasının görüntülemeyi nasıl etkilediğini değerlendirmek için Silveira ve arkadaşları (2007) in vitro bir çalışma gerçekleştirmiş ve BT taramalarının aksiyel diş kesitlerinde bukkal yüzeyinde apikal üçüncü kısımda bulunan küçük boşluklar hariç yapay elde edilmiş rezorpsiyonların tespitinde yüksek tanı kapasitesi gösterdiğini gözlemlemiştir. Bazı çalışmalar, BT'nin bu amaç için kullanılabileceğini bildirmiş olsa da, bunun yerine KIBT; ışınlamayı çalışma alanına sınırlayan bir kolimatörün varlığı, orijinal görüntünün aynı kalitesinde rekonstrüksiyonlar sağlayan voksellerin izotropik doğası, iletim hızı (10 ila 70 saniye arasında) ve hastanın maruz kaldığı düşük radyasyon dozu (BT dozunun yaklaşık 1 / 60'ı) gibi avantajlarından dolayı kullanılabilir (Mah ve ark., 2003; Holberg ve ark., 2005; Swennen ve ark., 2006; Scarfe ve ark., 2006; Cohenca ve ark., 2007; Patel ve ark., 2009b). Ayrıca tıbbi BT ile ilgili teknik zorluklar ve yüksek maliyet onun rutin dental görüntüleme için kullanılmasını zorlaştırmıştır (Scarfe ve Farman, 2008; Patel ve ark., 2009b).

BT’de her bir vokselde tanımlanan X ışını değerini standardize etmek için, Hounsfield (HU) skalası olarak adlandırılan bir referans sistemi kullanılmaktadır. Bu skalada X ışını atenüasyon değeri -1000 ile +3000 arasındadır. Bu değer su için 0, hava için -1000, metal için +3000 olarak belirlenmiştir. Bunların dışında yağ dokusu -100, hemoraji alanları 70-80 arasında, kortikal kemik 300 ve 1000 arasında yer almaktadır (Naik ve ark., 2002). Belirli bir dokunun HU değeri standart değildir. Tüp voltajına (kVp), çekim görüş alanına (FOV), saçılma koşullarına ve üretici firmanın rekonstrüksiyon algoritması gibi faktörlere bağlı olarak az da olsa değişebilmektedir (Das ve ark., 2016; Mahur ve ark., 2017).

### **Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi**

1999 yılında Arai ve arkadaşları özellikle diş hekimliği için ilk KIBT cihazını geliştirdiler (Arai ve ark., 1999). KIBT, mm’nin altında çözünürlüğe sahip multiplanar görüntü sağlayan nispeten yeni bir görüntüleme teknolojisidir (Qu ve ark., 2011). KIBT’ın ana avantajı, tıbbi BT taramasına kıyasla daha düşük tarama süresi ve hasta dozudur (Tsiklakis ve ark., 2005; Scarfe ve Farman, 2008; Grauer ve ark., 2009). Konik ışınlı makineler, incelenen kafa yüzeyini kaplayan büyük bir koni şeklinde x-ışınları kullanır; BT’deki gibi doğrusal bir dedektör dizisi yerine, 2B bir düzlemsel dedektör kullanılır. Konik ışını ince bir dilim yerine geniş hacimli bir alanı ışınladığından, makinenin BT kadar çok kez dönmesi gerekmez, ilgilenilen bölgeyi yeniden yapılandırmak için gerekli tüm bilgileri bir kere de verir. Bu teknik, klinisyenlerin tüm düzlemlerde 2B yeniden yapılandırılmış görüntüler elde etmesine ve radyasyona düşük düzeyde maruziyetle 3B rekonstrüksiyonlara izin verir (Scarfe ve Farman, 2008). Farklı özelliklere sahip birçok KIBT makinesi türü vardır. Örneğin, hastaların makinedeki konumu: ayakta durma, oturma veya masaya uzanma olarak değişebilir.

KIBT’deki görüntü kalitesi, tarama (Alqerban ve ark., 2011) için kullanılan dedektör tipi, FOV (Cohnen ve ark., 2000; Rustemeyer ve ark., 2004), voksel boyutu (da Silveira ve ark., 2007), tüp akımı (Alqerban ve ark., 2011), miliamper ayarları, tarama süresi (Rustemeyer ve ark., 2004) gibi birden çok faktöre bağlıdır. Sistematik bir derlemede, EKR’nin saptanması için KIBT ve periapikal radyografilerin tanısal doğruluğunu karşılaştırılmış ve sonuçlar, KIBT’ın klinik uygulamada yapay oluşturulmuş EKR varlığını tespit etmek için güvenilir olabileceğini ve periapikal radyografilerden



daha yüksek bir teşhis etkinliğine sahip olduğunu göstermiştir (Yi ve ark., 2017). KIBT'nin hem EKR hem de İKR teşhisinde ve takibinde intraoral radyografiden üstün olduğu gösterilmiştir (Patel, 2009; Patel ve ark., 2009a; Patel ve ark., 2010). Liedke ve arkadaşları, 0.3 mm voksel çözünürlüğünün kullanılmasının, düşük x ışını maruziyeti ile KIBT kullanılarak kök rezorpsiyonu tanısında en iyi yaklaşım olacağını bildirmişlerdir (Liedke ve ark., 2009).

### **Işınlama ayarları**

X ışını demetinin kalite ve kantitesi, akıma (mA) ve tüp voltajına (kVp) bağlıdır. KIBT ünitesi üreticileri ışınlama faktörlerini bu iki değerden biriyle ayarlamaya çalışırlar. Cihazda ya sabit mA ve kVp seçenekleri mevcuttur ya da manuel olarak ayarlanma seçeneği olur. Manuel olarak ayarlanan cihazlarda radyasyon dozu ve görüntü kalitesi göz önünde bulundurularak ALARA ilkesine bağlı uygun seçim yapılmalıdır (White ve Pharoah, 2013).

### **Tarama süresi ve projeksiyon sayısı**

Temel görüntü projeksiyon sayısının artırılması için dedektör kare hızının ayarlanması, daha az artefakta sahip ve daha iyi görüntü kalitesi olan rekonstrüksiyonu yapılmış görüntüler sağlar. Fakat, projeksiyon sayısının artırılması daha uzun primer rekonstrüksiyon süresi gerektirir ve orantılı olarak hastanın aldığı radyasyon dozu daha yüksek olur (White ve Pharoah, 2013).

### **Görüş alanı**

FOV'un boyutu, belirli bir KIBT cihazının tarama hacmini tanımlar ve dedektörün boyutuna ve şekline, ışın projeksiyon geometrisine ve bir üreticiden diğerine farklılık gösteren ışını birleştirme yeteneğine bağlıdır. Işın kolimasyonu, hastaların iyonlaştırıcı radyasyona maruziyetini ilgi alanına (ROI) sınırlar ve özel duruma göre uygun bir FOV'un seçilebilmesini sağlar. Genel olarak, KIBT birimleri FOV boyutlarına göre küçük, orta ve büyük hacimli olarak sınıflandırılabilir. Küçük hacimli KIBT makineleri, bir sekant veya bir kadrandan yalnızca bir çeneye kadar bir aralığı taramak için kullanılır. FOV azaldıkça x-ışını saçılması (gürültü) azaldığı için genellikle daha yüksek görüntü çözünürlüğü sunarlar. Orta hacimli KIBT makineleri her iki çeneyi taramak için

kullanılırken, büyük FOV makineleri ortodontik ve ortognatik cerrahi tedavi planlamasında yaygın olarak kullanılan başın tamamının görselleştirilmesine izin verir. Tarama hacminin sınırlandırılması, hastaya yapılacak tedaviye veya KIBT endikasyonuna göre hekim tarafından yapılmalıdır (Nasseh ve Al-Rawi, 2018).

### **Voksel**

Voksel boyutu, bir görüntünün sağladığı ayrıntı düzeyini, yani çözünürlüğünü (Ozer, 2011) ve ayrıca tarama modunu (temel görüntü sayısını) belirler, çünkü doğrudan görüntülerin uzamsal çözünürlüğü ile ilgilidir (Kamburoğlu ve ark., 2011b; Sousa ve ark., 2017a). Görüntü alımında, voksel boyutu ne kadar düşük ve tarama süresi ne kadar uzun olursa, çözünürlük ve ayrıntılar o kadar iyi olur. Bununla birlikte, daha küçük bir voksel boyutu, daha fazla tarama süresine bağlı daha fazla hasta hareketi olasılığı, daha uzun rekonstrüksiyon süresi ve daha yüksek radyasyon dozları gibi bazı dezavantajları vardır (Torres ve ark., 2010). Hastaya minimal radyasyon dozunun sağlanması için makul olarak ulaşılabilir en ideal görüntüleme protokolü (ALARA) uygulanmalıdır. İdeal görüntüleme protokolü, elde edilebilecek en iyi çözünürlük ile minimum radyasyon dozu arasında bir denge olmalıdır (Sousa ve ark., 2017a).

### **Görüntü artefaktları**

Bir görüntü artefaktı, araştırılan nesnede bulunmayan, yeniden yapılandırılmış verilerdeki görselleştirilmiş bir yapıdır. Artefaktlar, bitişik nesneler arasındaki kontrastı azaltarak KIBT görüntülerinin kalitesini önemli ölçüde etkileyebilir ve sonuçta yanlış tanıya yol açabilir (Demirtürk ve ark., 2016). Farklı türdeki artefaktlar (saçılma, gürültü artefaktları ve diğerleri gibi) arasında, ışın sertleştirme artefaktları, dental implantlar ve metalik restorasyonlar tarafından indüklenen en belirgin artefaktlar olarak kabul edilir (Schulze ve ark., 2010).

### **KIBT kullanım alanları**

Son yıllarda, KIBT dentomaksillofasiyal görüntülemeye geniş bir kabul görmüştür ve diş hekimliğinde çeşitli tanı görevleri için konvansiyonel tomografinin yerini almıştır (Scarfe ve Farman, 2008; Scarfe ve ark., 2010). KIBT'ta görüntü tek bir adımda elde edilir ve hacimsel veriler logaritmik olarak X, Y ve Z düzlemlerine

dönüştürülerek aksiyel, sagittal ve koronal düzlemlerde daha net görüntülerin yakalanmasını sağlar. Bu nedenlerden ötürü, KIBT kök kanal morfolojisinin görüntülenmesi (Blattner ve ark., 2010), kırıkların (Bernardes ve ark., 2009), lezyonların (Cotton ve ark., 2007) ve rezorpsiyonların (Patel ve ark., 2009a ; Durack ve ark., 2011) teşhisi için önerilmektedir.

### **KIBT'ın endodonti de kullanımı**

Geleneksel 2B periapikal radyografilerin hekime uygun maliyeti ve yüksek çözünürlüklü görüntüleme sağladıkları için endodonti alanında periapikal patolojinin değerlendirilmesinde günümüzde bile önemi büyüktür. KIBT'ın endodontik açıdan en önemli avantajlarından biri intraoral, panoramik ve sefalometrik gibi 2B radyografların gösteremeyeceği anatomik özellikleri 3B olarak sunmasıdır (Scarfe ve ark., 2009; Brito-Ju'nior ve ark., 2010).

Endodontide KIBT endikasyonları şunları içerir:

- Kök kanal morfolojisinin değerlendirilmesi (aksiyel kesitlerle daha iyi izlenir)
- Periapikal patolojinin 3B gösterimi
- Endodontik orjinli olan/olmayan patolojinin değerlendirilmesi
- Tedavi edilmeden kalan veya farkedilmeyen kanalların belirlenmesi
- Taşkın yapılmış kök kanal materyalinin görselleştirilmesi
- EKR ve İKR'nin analizi
- Dikey ve yatay kök kırıklarının değerlendirilmesi (Nasseh ve Al-Rawi, 2018).

### **Dental implant planlamasında KIBT kullanımı**

Dental implantlar artık kaybedilen dişlerin yerine konulmasında yaygın olarak kullanılan bir tedavi seçeneğidir. Dental implant restorasyonlarının başarısı, kısmen, ağız bölgesindeki kemik yapıları hakkında yeterli tanısal bilgiye bağlıdır. Bu bilgiyi elde etmek, genellikle duruma ve hekimin deneyimine bağlı olarak, panoramik radyografiler

gibi basit 2B görüntülerden birden çok düzlemde daha karmaşık görüntülere kadar değişebilen bir tür görüntüleme gerektirir (Nasseh ve Al-Rawi, 2018).

Preoperatif dental implant görüntülemenin amacı, potansiyel implant bölgesi hakkında aşağıdaki bilgileri elde etmektir:

1. Patolojik durumun varlığı

2. Maksiller sinüs, nazopalatin kanal, alt alveolar kanal ve mental kanal ve foramen gibi anatomik özelliklerin konumu

3. Submandibuler fossanın yeri ve derinliği, gelişimsel varyasyonlar, ekstraksiyon sonrası düzensizlikler, genişlemiş ilik boşlukları, kortikal bütünlük, kalınlık ve trabeküler kemik yoğunluğu dahil kemik morfolojisinin özellikleri

4. İmplant yerleştirmek için mevcut kemik miktarı (Tyndall ve Brooks, 2000).

#### **KIBT'ın ortodontide kullanım alanı**

KIBT teknolojisi, ortodonti alanındaki klinik uygulamaları da etkilemiştir. Pek çok ortodontik durum, geleneksel radyografiler kullanılarak yeterince değerlendirilemez. Örneğin, palatal kemik kalınlığı, iskelet büyüme paterni, diş impaksiyonunun ciddiyeti, ark genişlemesi, ekstraksiyonsuz tedaviler ve benzerlerinin değerlendirilmesi, 3B görüntüleme olmadan tamamen belirlenemez. Ek olarak, glenoid fossadaki mandibular kondillerin pozisyonu ve hava yolu anormalliklerinin kraniyofasiyal morfoloji ile ilişkisi geleneksel görüntüleme yaklaşımları kullanılarak değerlendirilemez (Miracle ve ark., 2009; Chenin, 2010; Evangelista ve ark., 2010; Kim ve ark., 2010; Mah ve ark., 2010; Nurko, 2010). KIBT'ın ortognatik cerrahide kullanımı çok önemli hale gelmektedir (Wu ve ark., 2017). Bazı araştırmacılar (Kumar ve ark., 2008) ortodontik takip, ölçümler ve planlama için KIBT ile sentezlenmiş görüntüleri kullanmaktadır. Sentezlenmiş bir sefalometrik görüntünün, porion gibi belirsiz görsel yer işaretlerini tanımlamak ve geleneksel sefalogramda bulunan ölçüm hatalarını önlemek için kullanılabileceğini buldular. Bu uygulama popüler hale gelse de ortodontik vakalar için ne zaman KIBT endikasyonunun gerekliliğini belirlemek adına daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır, çünkü

özellikle çoğu hasta genç yaştadır ve KIBT ile ilişkili radyasyon dozu geleneksel düz radyografiden daha yüksektir (Adibi ve ark., 2012).

### **Oral ve maksillofasiyal patolojilerin KIBT ile değerlendirilmesi**

Bir hekim periapikal ve panoramik gibi 2B radyografilerde bir anormallik veya lezyon tespit ederse veya bundan şüphelenirse, KIBT, enine kesitlerde ilgili alanı daha fazla değerlendirmek için kullanılabilir (Jaju ve Jaju 2014). Büyütme ve süperpoze olmadan KIBT taramasından alınan enine kesitlerin kullanılması, hekimin şüpheli patolojiyi doğrulamasına veya ekarte etmesine olanak tanır. Sert doku yapılarının iyi kontrastı sayesinde KIBT' ta özellikle kemik, diş ve hava yolu boşlukları tespit edilebilir. Tıbbi bir BT taraması ile karşılaştırıldığında, KIBT'taki yumuşak doku kontrastı, daha büyük projeksiyon görüntü boyutlarından ve daha düşük mA ayarlarından kaynaklanan saçılma radyasyonunun neden olduğu düşük sinyal gürültü oranı nedeniyle zayıftır. Yüksek kemik kontrastı, gelişimsel anormallikler, kistik ve iyi huylu tümörler, reaktif lezyonlar, malignite ve inflamatuvar lezyonlar dahil olmak üzere kemiği etkileyen lezyonların görselleştirilmesine izin verir. Çalışmalar, KIBT incelemelerinin cerrahın iyatrojenik zararları azaltan ve hastalar için daha kabul edilebilir olan daha konservatif bir tedavi yaklaşımını sağladığını göstermiştir (Bortoluzzi ve Manfro, 2010).

### **KIBT ile maksiller sinüsün değerlendirilmesi**

KIBT, maksiller arka dişlerle yakın ilişkisi nedeniyle başta maksiller sinüs olmak üzere paranazal sinüslerin değerlendirilmesinde kullanılır. Maksiller arka dişlerin kök ucu etrafındaki patoloji sinüs tabanı çevresinde ortaya çıkabilir. Maksiller sinüs, hava dolu bir boşluk olduğu için temelde radyolusent (düşük yoğunluklu) görünür. Sinüs tabanı mukozasının yumuşak doku kalınlaşması veya sinüste yumuşak doku büyümesi dahil sinüsteki herhangi bir değişiklik, radyopak (yüksek yoğunluklu) bir görüntü olarak ortaya çıkabilir (Rege ve ark., 2012). KIBT, implantların yerleştirilmesinden önce dikey kemik yüksekliğinin değerlendirilmesi ve maksiller sinüs kaldırma prosedürlerinde kemik greftinin değerlendirilmesi için de yararlıdır (Nasseh ve Al-Rawi, 2018).

### **Travma hastalarının KIBT ile değerlendirilmesi**

Motorlu taşıt kazaları, saldırılar ve diğer kazalardan kaynaklanan travmaya bağlı yüz ve çene kırıkları KIBT kullanılarak değerlendirilebilir (Zhou ve ark., 2013). Hastalar önce hastanede acil servise götürüldüğü ve tıbbi BT'nin yumuşak dokuyu daha iyi görüntülediği için, genellikle tercih edilen yöntem tıbbi BT'dir. KIBT, ameliyat sonrası takip için faydalı olabilir (Kaeppler ve ark., 2013; Pickrell ve Hollier 2017).

### **Temporomandibular kompleksin KIBT ile değerlendirilmesi**

KIBT, kondiler baş şeklinin, pozisyonunun ve glenoid fossanın değerlendirilmesi için kullanışlıdır. BT'den daha düşük radyasyon dozuna sahiptir ve daha erişilebilirdir. Erozyon ve osteoartritik değişiklikler tespit edilebilir. Mevcut KIBT yazılımı, kondiler baş boyunca ön-arka ve mediolateral olarak enine kesitler oluşturulduğunda temporomandibular için özel bir görünüm sağlar (Bae ve ark., 2017; Caruso ve ark., 2017). KIBT'nin zayıf yumuşak doku kontrastı nedeniyle, diskin yer değiştirmesi ve disk düzensizliği gibi eklem diskindeki değişiklikleri tespit edemez. Manyetik rezonans görüntüleme, diskin pozisyonunun ve temporomandibular eklem diğer yumuşak doku bileşenlerinin değerlendirilmesi için altın standart olmaya devam etmektedir (Summa ve ark., 2014; Al-Saleh ve ark., 2016).

### **Periodontolojide KIBT kullanımı**

KIBT, kemik kaybının doğru değerlendirilmesi ve periodontal hastalıklara bağlı kemik yapıdaki bozulmaların 3B değerlendirilmesi için kullanılabilir. Ayrıca, durumun ilerleyip ilerlemediğini veya olgunun stabil olup olmadığını değerlendirmek için cerrahi işlem öncesi ve sonrası değerlendirme yapılabilir. KIBT, greftin boyutlarını ve daha fazla kemik grefti gerekip gerekmediğini kontrol etmek için, kemik grefti takibini değerlendirmede kullanılabilir (Faria Vasconcelos ve ark., 2012; Goodarzi ve ark., 2015; Guo ve ark., 2016; Ramesh ve Sadasivan, 2017).

### **Mikro BT görüntüleme sistemi**

Mikro BT sistemleri 1980'li yılların başında geliştirilmiştir. Mikro BT cihazlarının voksel boyutu, klinik BT'ye göre daha küçük olup daha yüksek çözünürlük

elde edilecek şekilde oluşturulmuştur (Feldkamp ve ark., 1989). Yaklaşık bir milyon kez daha küçük ve 5-50 µm aralığındadır (Keles ve ark., 2014). Bir mikro BT cihazı kendi eksenini etrafında dönerek nesnenin taranmasını sağlar. Bu taramalarda kesitler daha ince oluşturulduğu için ayrıntılı bilgi sunar ve daha detaylı inceleme imkânı verir. Son zamanlarda daha da gelişim gösteren bu teknoloji ile geçmişte yeterince değerlendirilemeyen birçok durum daha iyi açıklanabilmektedir (Keles ve ark., 2014). Bu görüntüleme tekniği kullanılarak yapılan çalışmalarda örneklerle zarar verilmeden taramada kullanılan kesitler yeniden yapılandırılarak 2B ve 3B ayrıntılı görüntüler elde edilebilmektedir (Berutti, 1993).

#### **2.1.5. Stereolojik yöntemlerle hacim hesaplanması**

KIBT, daha ucuz bir cihaza sahip olmak ve görüntüleri daha hızlı elde etmek için BT'ye alternatif bir ekipman olarak geliştirilmiştir. Diş hekimliğinde KIBT'ın ilk kullanımı 1990'ların sonlarında ortaya çıkmıştır ve herhangi bir anatomik yapının kesin doğrusal veya açısal ölçümünü sağlar (Scarfe ve Farman, 2008; Oh ve ark., 2018; Koç 2018). Son yıllarda, KIBT; yarık damak (Oberoi ve ark., 2009), kemik defektleri (Sezgin ve ark., 2013; Kayıpmaz ve ark., 2011), mandibular kondil (Bayram ve ark., 2012) ve ekstraksiyon soketleri (Agbaje ve ark., 2007) tahmini için kullanımı popüler olmuştur. KIBT'ın hacim tahmin doğruluğu birçok çalışmada altın standart yöntemlerle gösterilmiştir (Kayıpmaz ve ark., 2011; Sezgin ve ark., 2013). Cavalieri prensibi gibi stereolojik teknikler, canlı organizmalardaki herhangi bir anatomik yapının hacmini tahmin edebilir. Cavalieri'nin prensibi yaklaşık 350 yıl önce Cavalieri tarafından keşfedildi. Basitçe söylemek gerekirse, bu tekniklerde nesneler, paralel bölümleri birbirleri arasında belirli bir mesafeyle hizalamak için kesilir. Daha sonra inşa edilen bölümlerin toplam alanı ve birbirini izleyen her bölüm arasındaki mesafe çarpılarak ilgili nesnenin hacmi pratik olarak tahmin edilebilir. Nokta sayma ve manuel segmentasyon (MS), Cavalieri ilkesine dayalı olarak sınırlı kesit alanlarını tahmin etmenin stereolojik yöntemleridir. Patolojik çalışmalarda anatomik yapıların boyutlarını dikkate almak ve cerrahi operasyon sonrası anatomik yapılarda izlenen kitle boyutlarının takibinde belirleyici olarak stereolojik teknikler kullanılmıştır (Clatterbuck ve Sipos, 1997; Mazonakis ve ark., 1998; Bayram ve ark., 2012).

### **Manuel segmentasyon**

MS yönteminde dijital görüntü üzerinde normal bilgisayar faresi ile kesitteki ilgili alanın gözlemci tarafından sınırları belirleyerek çizmesi işlemidir. Çizim alanında kalan piksel sayısı çeşitli yazılımlar sayesinde hesaplanır ve bu işlem kesitlerin her birinde tekrarlanır (Acer ve ark., 2008). MS yönteminde bir nesnenin hacmini tahmin etmek için ölçülen bir kesit alanının toplamı ve kesit kalınlığı çarpılabilir (Gong ve ark., 1999; Sahin ve Ergur 2006).

### **Yarı otomatik segmentasyon**

Bu yaklaşım, kullanıcı kılavuzlu bir InsightSNAP yazılım uygulamasıyla hacimsel bir veri setinin enine kesitlerinde yüzey yapılarının manuel olarak ana hatlarının belirlenmesine bağlıdır (Yushkevich ve ark., 2006). Daha sonra her kesitteki defekt alanı densite skalasına göre renklendirilip sınırlar belirlenecek şekilde segmentasyon işlemi yapılır. Segmentasyon işlemine göre oluşturulan 3B görüntü üzerindeki hacim hesabı yazılım ile belirlenir (Koc ve ark., 2020).



### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Farklı marka ve voksellerdeki KIBT cihazlarının EKR değerlendirmesindeki etkinliğini karşılaştırdığımız bu çalışmada Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'ne gelen hastaların çeşitli nedenlerden dolayı çektirdikleri dişler kullanıldı. Çalışmaya Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Girişimsel Olmayan Etik Kurul Başkanlığı tarafından 2020/08-06 sayılı etik kurul kararı ile başlandı.

Çalışmaya bir adet maksiller kanin diş, bir adet mandibular kanin diş, iki adet tek köklü maksiller premolar diş ve üç adet tek köklü mandibular diş olmak üzere toplam yedi tane çekilmiş diş dahil edildi.

#### 3.1. Defektlerin Hazırlanması

Her bir dişin bukkal yüzeyine apikal üçlü, orta üçlü ve koronal üçlüde yer alacak şekilde üç tane eksternal rezorpsiyon defekti oluşturuldu. Aynı şekilde her bir dişte lingual/palatinal yüzeyin apikal üçlüsünde, orta üçlüsünde ve koronal üçlüsünde olmak üzere üç tane eksternal rezorpsiyon boşluğu oluşturuldu. Toplamda yedi dişte ölçüm yapılarak çalışmaya dahil edilen kırkiki adet rezorpsiyon boşluğu oluşturuldu.

Yapay EKR boşlukları elmas ront frez kullanılarak açıldı. Kaviteler oluşturulduktan sonra çekilmiş doğal dişler numaralandırıldı ve ardından kuru kafada yer alan boş diş soketlerine yerleştirildi. Daha sonra pembe mum ile modelaj yapılarak dişeti formu verilmeye çalışıldı.



**Şekil 1:** Çekilmiş dişlerin yerleştirildiği kuru kafa modeli

### **3.2. KIBT Cihaz Tarama Parametreleri**

KIBT ile görüntü alınırken kuru kafa modeli cihazların içerisine yerleştirilerek sabitlendi. Çalışmada üç farklı KIBT cihazı kullanıldı. Bunlardan ilki Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde bulunan KaVo 3D eXam (Biberach, Almanya) tomografi cihazı olup tarama parametreleri; 120 kVp, 18.54 mAs, 8.9 s tarama süresi, 0.125-0.2 mm voksel ve 160 × 40–60 FOV şeklindedir.

Kavo tarama protokolleri;

- KaVo 3D eXam (Biberach, Almanya), 16x4 cm FOV, 120 kVp, 5 mA, 0.125 mm voksel, 7 s tarama süresi
- KaVo 3D eXam (Biberach, Almanya), 16x4 cm FOV, 120 kVp, 5 mA, 0.2 mm voksel, 4 s tarama süresi



**Şekil 2:** KaVo 3D eXam cihazındaki tarama işlemi

Çalışmada kullandığımız ikinci cihaz Rainbow CT (Dentium, Güney Kore)'dir. Görüntü aldığımız parametreler; 16 cm x 10 cm FOV, 300  $\mu$ m voksel değerine sahip standart mod ve 16 cm x 18 cm FOV, 200  $\mu$ m voksel değerine sahip yüksek çözünürlük modu şeklindedir.

Dentium tarama protokolleri;

- Rainbow CT (Dentium, Güney Kore), 16x10 cm FOV, 94 kVp, 8 mA, 0.3 mm voksel, 19 s tarama süresi
- Rainbow CT (Dentium, Güney Kore), 16x18 cm FOV, 94 kVp, 8 mA, 0.2 mm voksel, 19 s tarama süresi



**Şekil 3:** Dentium cihazında tarama yapılırken alınan görüntü

Son olarak kullandığımız üçüncü cihaz Orthophos XG 3D (Dentsply Sirona, Germany) cihazıdır. Çalışmada kullandığımız görüntü parametreleri 5 cm x 5.5 cm kolimasyon seçeneği ile dengeli 8 cm x 8 cm boyutlu ve 160 µm standart çözünürlük değerlerine sahiptir (Şekil 4).

Sirona tarama protokolleri;

- Orthophos XG 3D (Dentsply Sirona, Germany), 5x5 cm FOV, 85 kVp, 6 mA, 0.1 mm voksel, 14.4 s tarama süresi
- Orthophos XG 3D (Dentsply Sirona, Germany), 8x8 cm FOV, 85 kVp, 7 mA, 0.16 mm voksel, 14.2 s tarama süresi



**Şekil 4:** Sirona marka cihazda tarama yapılırken alınan görüntü

### 3.3. Mikro BT Tarama Protokolü

Mikro BT olarak SkyScan 1172 tarayıcı (Bruker micro-CT, Kontich, Belçika) cihazı kullanıldı. Görüntü parametreleri; 15 µm izotropik voksel çözünürlüğü, 104 uA, 95 kVp, 0.5 mm alüminyum + 0,038 Cu filtre ve 0.4° döndürme adımı, 180° rotasyon şeklindedir.

### 3.4. Hacim Ölçüm İşlemi

İlk olarak, rezorpsiyon defektlerinin kesit görüntüleri DICOM formatına dönüştürüldü ve ImageJ yazılımına (ABD Ulusal Sağlık Enstitüleri, Bethesda, Maryland, ABD) aktarıldı. Her bir defektin sınırları, her bölümde manuel olarak bir fare yardımıyla işaretlendi. Daha sonra ilgili yazılım yardımıyla, çizilmiş sınırlarla çevrili pikseller belirlenerek her bölüm için tanımlanmış kusurların yüzey alanı otomatik olarak hesaplandı. Hacim, aşağıdaki formül kullanılarak MS yönteminde tahmin edildi:

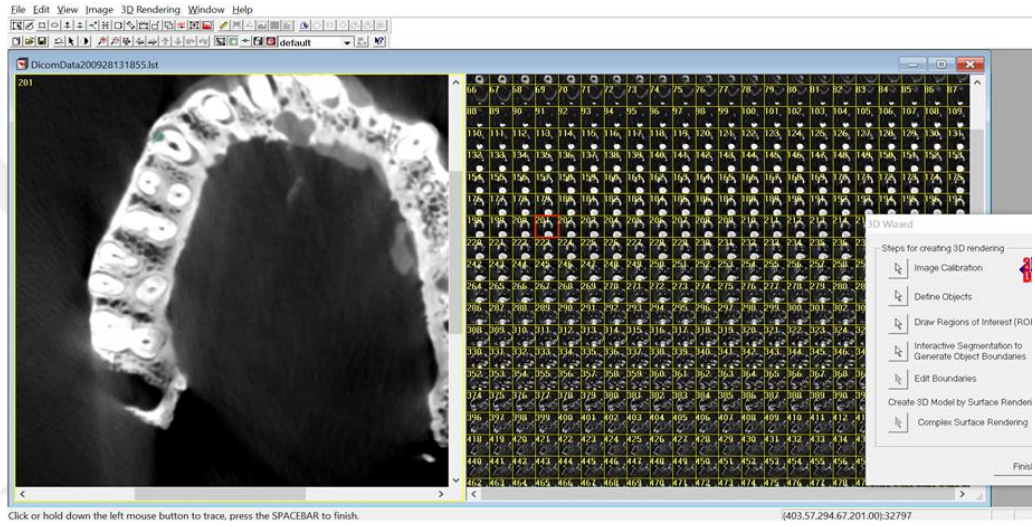
$$V = t \times \sum A$$

Burada t kesit kalınlığıdır (aralıklar dahil) ve  $\sum A$  sınırlandırılmış kesit alanlarının toplamıdır.

Kesit kalınlığı her görüntüleme parametresi için farklı olup, defekt alanları yazılım tarafından tahmin edildi, elde edilen veriler bir elektronik tabloya kaydedilerek

yukarıda verilen formül ile dişlerde oluşturulmuş rezorpsiyon defektlerinin hacmi hesaplandı.

KIBT ve mikro BT görüntülerinde, 3D-DOCTOR (Able Software Corp., Lexington, MA, ABD) yazılımı MS tekniği kullanılarak hacim ölçümü gerçekleştirildi. Gerçek hacim (altın standart) Mikro BT yöntemi ile elde edilen sonuçlar olarak kabul edildi. Bu ölçümlerde belirtilen yazılımlarla kemik defektlerinin hacminin belirlenmesi sekiz yıl deneyimi olan Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi uzmanı tarafından yapıldı.



**Şekil 5:** Manuel segmentasyon işlemi yapılırken alınan görüntü

Her bir KIBT cihazında aksiyal kesitlerde öncelikle defekt alanlarının etrafı ROI ile etrafı sınırlandırıldı. Daha sonra her bir KIBT prokolünde elde edilen hacim değerleri mikro BT’de elde edilen değerlerle karşılaştırıldı.

### 3.5. İstatistiksel Analiz

Dentium, Sirona, Kavo ve mikro BT ile elde edilen değerlerin tanımlayıcı istatistiği Tablo 3’de sunuldu. Dentium, Sirona, Kavo ve mikro BT yöntemlerinin sonuçlarını istatistiksel olarak karşılaştırmak için Friedman’ın iki yönlü varyans analizi testi yapıldı. Çalışma %95 güven aralığında ve kabul edilen anlamlılık  $p < 0,05$  düzeyinde yürütüldü. Hacim ölçümleri iki kez yapıldı ve sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC) değeri gözlemci içi güvenilirliği değerlendirmek için hesaplandı.



#### 4. BULGULAR

**Tablo 3:** Farklı KIBT cihaz ve tarama parametreleri ile yapılan ölçümlerde elde edilen hacim değerlerinin tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

|                  | Dentium<br>(0.2 mm<br>voksel) | Dentium<br>(0.3 mm<br>voksel) | Sirona<br>(0.1 mm<br>voksel) | Sirona<br>(0.16 mm<br>voksel) | Kavo (0.2<br>mm<br>voksel) | Kavo<br>(0.125<br>mm<br>voksel) | Gerçek     |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------|------------|
| <b>Ort. ± SS</b> | 2.10± 0.84                    | 2.03± 0.88                    | 2.13± 0.71                   | 2.31± 0.77                    | 2.29± 0.71                 | 2.15± 0.61                      | 2.11± 0.47 |
| <b>Min: Max</b>  | 0.60: 3.97                    | 0.51: 4.27                    | 0.56: 3.67                   | 0.70: 4.28                    | 0.56: 3.58                 | 0.64: 3.58                      | 0.76: 3.04 |
| <b>P</b>         | 1.00                          | 1.00                          | 1.00                         | 0.81                          | 1.00                       | 1.00                            |            |

SS: Standart Sapma

Çalışmamızda ölçülen “Dentium (0.2 mm voksel)” değeri ortalaması 2.10; Dentium (0.3 mm voksel) ortalaması 2.03; Sirona (0.1 mm voksel) ortalaması 2.13; Sirona (0.16 mm voksel) ortalaması 2.31; Kavo (0.2 mm voksel) ortalaması 2.29; Kavo (0.125 mm voksel) ortalaması 2.15 ve gerçek (mikro bt) ortalaması 2,11 olarak bulundu.

Ayrıca; tüm ölçümler ile mikro bt arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ( $p>0,05$ ).

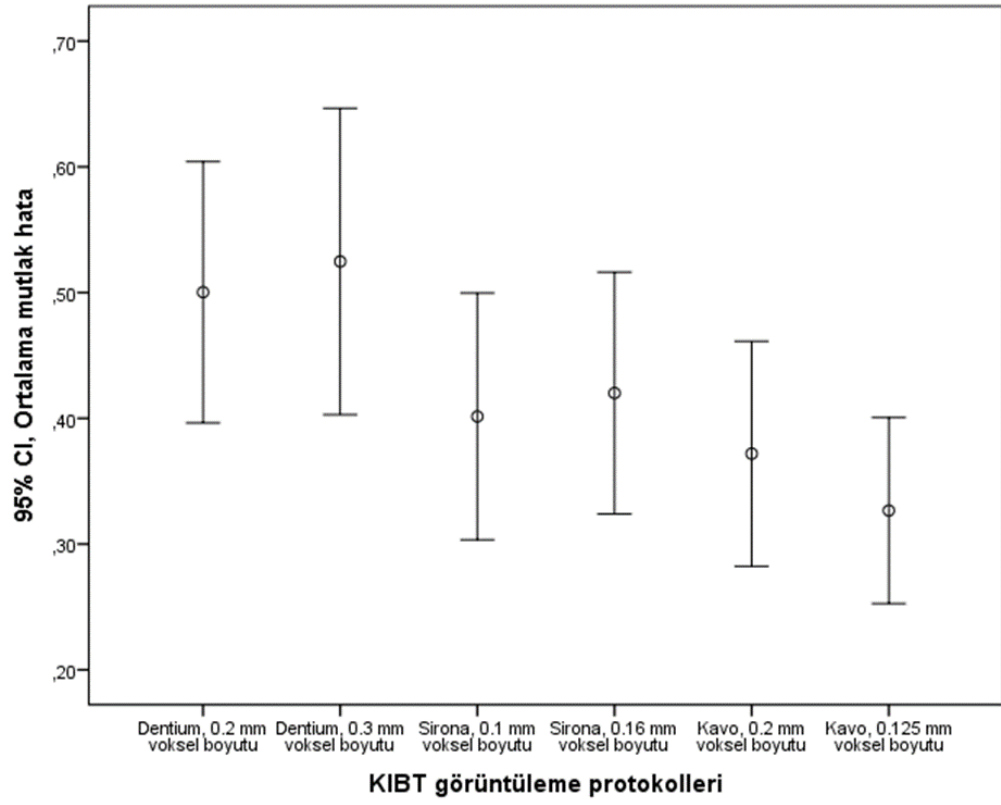
**Tablo 4:** Farklı KIBT sistemlerinin rezorpsiyon hacimlerini ölçmedeki ortalama mutlak hata değerleri

|                                      | Dentium |       | Sirona |       | Kavo  |       |
|--------------------------------------|---------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Kesit kalınlıkları<br>(mm cinsinden) | 0.200   | 0.300 | 0.100  | 0.160 | 0.200 | 0.125 |
| OMH                                  |         |       |        |       |       |       |
| Ortalama                             | 0.500   | 0.525 | 0.402  | 0.420 | 0.372 | 0.327 |
| SS                                   | 0.333   | 0.391 | 0.315  | 0.308 | 0.287 | 0.238 |

SS: Standart Sapma, OMH: Ortalama Mutlak Hata

Dentium marka ve 0,2 mm kesit kalınlığı protokolü ile yapılan ölçümlerde OMH değeri  $0.50 \pm 0.33$  dir. Dentium marka 0,3 mm kesit kalınlığı protokolü ile yapılan ölçümlerde OMH değeri 0.52 dir. Sirona marka 0,1 mm kesit kalınlığı protokolü ile yapılan ölçümlerde OMH değeri 0.40 dir. Sirona marka 0,1 mm kesit kalınlığı protokolü ile yapılan ölçümlerde OMH değeri 0.42 dir. Kavo marka 0,2 mm kesit kalınlığı protokolü ile yapılan ölçümlerde OMH değeri 0.37 dir. Kavo marka 0,2 mm kesit kalınlığı protokolü ile yapılan ölçümlerde OMH değeri 0.32 dir.





Şekil 6: Her bir kesitteki markaların ortalama mutlak hata değerleri

**Tablo 5:** Ölçülen hacim değerlerinin kendi içinde ve gerçek hacimle karşılaştırılması

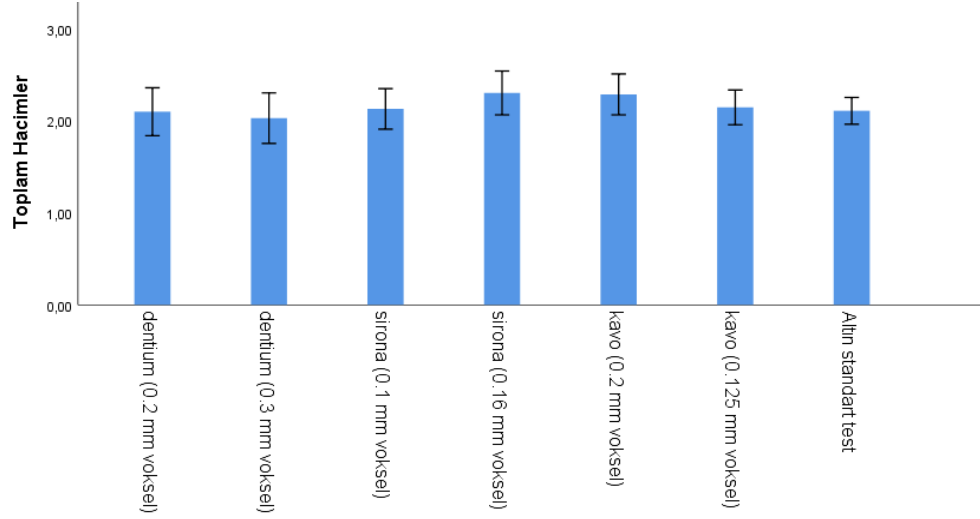
|                         | Ort.  | S.S.  | p            |
|-------------------------|-------|-------|--------------|
| Dentium (0.2 mm voksel) | 2.101 | 0.837 | 1.000        |
| Dentium (0.3 mm voksel) | 2.030 | 0.881 |              |
| Dentium (0.2 mm voksel) | 2.101 | 0.837 | 1.000        |
| Sirona (0.1 mm voksel)  | 2.131 | 0.706 |              |
| Dentium (0.2 mm voksel) | 2.101 | 0.837 | 0.084        |
| Sirona (0.16 mm voksel) | 2.305 | 0.765 |              |
| Dentium (0.2 mm voksel) | 2.101 | 0.837 | 1.000        |
| Kavo (0.2 mm voksel)    | 2.289 | 0.714 |              |
| Dentium (0.2 mm voksel) | 2.101 | 0.837 | 1.000        |
| Kavo (0.125 mm voksel)  | 2.148 | 0.606 |              |
| Dentium (0.2 mm voksel) | 2.101 | 0.837 | 1.000        |
| Gerçek                  | 2.110 | 0.467 |              |
| Dentium (0.3 mm voksel) | 2.030 | 0.881 | 1.000        |
| Sirona (0.1 mm voksel)  | 2.131 | 0.706 |              |
| Dentium (0.3 mm voksel) | 2.030 | 0.881 | <b>0.002</b> |
| Sirona (0.16 mm voksel) | 2.305 | 0.765 |              |
| Dentium (0.3 mm voksel) | 2.030 | 0.881 | 0.510        |
| Kavo (0.2 mm voksel)    | 2.289 | 0.714 |              |
| Dentium (0.3 mm voksel) | 2.030 | 0.881 | 1.000        |
| Kavo (0.125 mm voksel)  | 2.148 | 0.606 |              |
| Dentium (0.3 mm voksel) | 2.030 | 0.881 | 1.000        |
| Gerçek                  | 2.110 | 0.467 |              |
| Sirona (0.1 mm voksel)  | 2.131 | 0.706 | 0.281        |
| Sirona (0.16 mm voksel) | 2.305 | 0.765 |              |
| Sirona (0.1 mm voksel)  | 2.131 | 0.706 | 1.000        |
| Kavo (0.2 mm voksel)    | 2.289 | 0.714 |              |
| Sirona (0.1 mm voksel)  | 2.131 | 0.706 | 1.000        |
| Kavo (0.125 mm voksel)  | 2.148 | 0.606 |              |
| Sirona (0.1 mm voksel)  | 2.131 | 0.706 | 1.000        |
| Gerçek                  | 2.110 | 0.467 |              |
| Sirona (0.16 mm voksel) | 2.305 | 0.765 | 1.000        |
| Kavo (0.2 mm voksel)    | 2.289 | 0.714 |              |
| Sirona (0.16 mm voksel) | 2.305 | 0.765 | 0.551        |
| Kavo (0.125 mm voksel)  | 2.148 | 0.606 |              |
| Sirona (0.16 mm voksel) | 2.305 | 0.765 | 0.806        |
| Gerçek                  | 2.110 | 0.467 |              |
| Kavo (0.2 mm voksel)    | 2.289 | 0.714 | 1.000        |
| Kavo (0.125 mm voksel)  | 2.148 | 0.606 |              |
| Kavo (0.2 mm voksel)    | 2.289 | 0.714 | 1.000        |
| Gerçek                  | 2.110 | 0.467 |              |
| Kavo (0.125 mm voksel)  | 2.148 | 0.606 | 1.000        |
| Gerçek                  | 2.110 | 0.467 |              |

*\*Koyu renkle yazılanlar istatistiksel olarak anlamlıdır.*

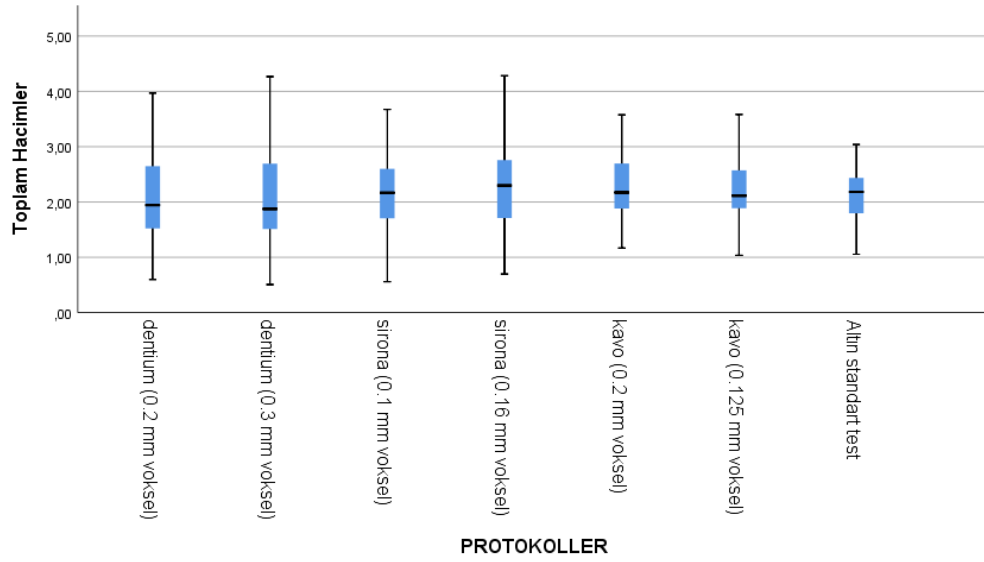
Yukarıdaki tabloda; ölçümlerin karşılaştırma sonuçları verilmiştir. Dentium marka cihaz ile yapılan defekt hacim ölçümünde 0.2 ve 0.3 mm kesit kalınlıkları ile

yürütülen hesaplamalar ile gerçek hacim arasında anlamlı fark izlenmedi ( $p = 1.000$ ,  $p = 1.000$ , sırasıyla). Dentium marka cihazın 0.2 mm ve 0.3 mm kesit kalınlıklarının kendi aralarında anlamlı fark izlenmedi ( $p = 1.000$ ). Dentium marka cihaz 0.2 mm kesit kalınlığı ile Sirona marka 0.1 mm ve 0.16 mm kesit kalınlığı arasında anlamlı fark izlenmedi ( $p = 1.000$ ,  $p = 0.84$ , sırasıyla). Dentium marka cihaz 0.2 mm kesit kalınlığı ile Kavo marka 0.2 mm ve 0.125 mm kesit kalınlığı arasında anlamlı fark izlenmedi ( $p = 1.000$ ,  $p = 1.000$ , sırasıyla). Dentium marka cihaz 0.3 mm kesit kalınlığı ile Sirona marka 0.1 mm kesit kalınlığı arasında anlamlı fark izlenmedi ( $p = 1.000$ ). Dentium marka cihaz 0.3 mm kesit kalınlığı ile Kavo marka 0.2 mm ve 0.125 mm kesit kalınlığı arasında anlamlı fark izlenmedi ( $p = 0.51$ ,  $p=1.000$ , sırasıyla). Sirona marka cihaz ile yapılan defekt hacim ölçümünde 0.1 ve 0.16 mm kesit kalınlıkları ile yürütülen hesaplamalar ile gerçek hacim arasında anlamlı fark izlenmedi ( $p = 1.000$ ,  $p = 0.806$ , sırasıyla). Sirona marka cihazın 0.1 mm ve 0.16 mm kesit kalınlıklarının kendi aralarında anlamlı fark izlenmedi ( $p = 0.280$ ). Sirona marka cihaz 0.1 mm kesit kalınlığı ile Kavo marka 0.2 mm ve 0.125 mm kesit kalınlığı arasında anlamlı fark izlenmedi ( $p = 1.000$ ,  $p = 1.000$ , sırasıyla). Sirona marka cihaz 0.16 mm kesit kalınlığı ile Kavo marka 0.2 mm ve 0.125 mm kesit kalınlığı arasında anlamlı fark izlenmedi ( $p = 1.000$ ,  $p = 0.551$ , sırasıyla). Kavo marka cihaz ile yapılan defekt hacim ölçümünde 0.2 ve 0.125 mm kesit kalınlıkları ile yürütülen hesaplamalar ile gerçek hacim arasında anlamlı fark izlenmedi ( $p = 1.000$ ,  $p = 1.000$ , sırasıyla). Kavo marka cihazın 0.2 mm ve 0.125 mm kesit kalınlıklarının kendi aralarında anlamlı fark izlenmedi ( $p=1.000$ ).

Buna göre bakıldığında; “Dentium (0.3 mm voksel)” ile “Sirona (0.16 mm voksel)” arasında istatistik olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ( $p<0,05$ ).



**Şekil 7:** Protokoller ile altın standart arasındaki toplam hacim karşılaştırma grafiği



**Şekil 8:** Protokoller ile toplam hacimlerin gösterildiği kutu grafiği

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

EKR'nin genellikle herhangi bir semptom vermeden oluştuğu ve tespit edildiğinde önemli bir diş sert dokusu kaybı ya da diş kaybı ile sonuçlanabileceği bilinmektedir. Bu nedenle EKR'nin erken ve doğru teşhisi, başarılı bir tedavi için büyük önem taşımaktadır (Alqerban ve ark., 2009; Kamburoğlu ve ark., 2011a). EKR küçük boyutta tespit edilirse flep operasyonu ile kök yüzeyine ulaşıldıktan sonra rezorpsiyon alanındaki granülomatöz dokunun uzaklaştırılması ve uygun materyalin uygulanması ile dişin canlılığının korunabileceği bildirilmiştir (Patel ve ark., 2018). Bu nedenle, EKR erken teşhis edildiğinde, dişler pulpa dokularının canlılığını etkilemeden tedavi edilebilir (Patel ve ark., 2018). EKR'nin kantitatif değerlendirmesinde doğru ve güvenilir bir görüntüleme yönteminin seçimi tanı, planlama, tedavi seçimi ve prognoz açısından klinik olarak önemlidir (Kamburoğlu ve ark., 2011a). Bu nedenle çalışmamızda pulpa dokusuna ulaşmayan küçük boyutlu yapay EKR kavitelerinin hacimleri farklı KIBT parametreleri ile değerlendirildi.

EKR aslında düzensiz şekilli ve değişken boyuttadır. Bu çalışmada, frezlerle oluşturulmuş düzgün şekilli yapay EKR boşlukları değerlendirildi. Daha önce yapılan çalışmalara benzer şekilde (Kamburoğlu ve ark., 2008a; Kamburoğlu ve Kurşun 2010; Kamburoğlu ve ark., 2011a; Bulut ve Aydın, 2019) bu çalışmada da, radyolüsent, iyi sınırlı görülen yapay olarak oluşturulmuş rezorpsiyon defektleri kullanıldı. Rezorpsiyon alanının kemik dokusu ile doldurulduğu replasman rezorpsiyonu bu çalışmanın dışında bırakıldı. Bu çalışmada, fiziksel ve radyolojik ölçümleri kolaylaştıran, net sınırlar elde etmek için defektler mekanik olarak şekillendirildi. Ölçümleri yapan hekimlerin deneyimi, yazılım tasarımı, fare duyarlılığı, kullanılan KIBT sistemleri ve tarama parametrelerinin tümü EKR'nin radyolojik hacim ölçümünü etkileyen önemli faktörlerdir. Tez çalışmasında EKR'nin nispeten daha sık görüldüğü maksiller kesici ve premolar dişler ile mandibular kesici ve premolar dişler kullanıldı. Gerçek klinik koşullara yakın dişeti formunu sağlamak amacıyla, alveol kemiğin hemen üstüne pembe mum yerleştirildi.

Dijital intraoral periapikal radyografi, rutin diş hekimliği uygulamaları sırasında kök rezorpsiyonunun tanısında en sık kullanılan tekniktir. Ne yazık ki, intraoral periapikal

radyografi, EKR lezyonunun yeri, boyutu ve yaygınlığı hakkında yalnızca sınırlı bilgi sağlayabilir (Leach ve ark., 2001; Kamburoğlu ve ark., 2011). Periapikal radyografik görüntülerde distorsiyon, superpozisyon ve ışın açısı gibi doğru tanı konulmasını etkileyebilecek başka sınırlayıcı faktörler de vardır (Kamburoğlu ve ark., 2008; Patel ve ark., 2009b). Rezorpsiyon kavitelerinin boyutu, lokalizasyonu ve çevresel dokular arasındaki ilişkiyi KIBT'a kıyasla değerlendirirken 2B radyograflar yetersizdir. Ek olarak, 2B radyograflar, rezorpsiyon alanını gerçek boyuttan daha küçük olarak yansıtır (Ponder ve ark., 2013; Creanga ve ark., 2015).

Patel ve arkadaşları (2016) ile Goodell ve arkadaşları (2018), periapikal radyografinin KIBT'a kıyasla EKR'yi saptama açısından daha düşük sensitivite ve spesifiteye sahip olduğunu bildirmiştir. EKR'nin erken tespiti prognoz ve tedavi için önemlidir, ancak 2B radyografiler yüksek çözünürlüğe sahip olsa da, 2B sınırlamasından dolayı, erken tanı aracı olması açısından etkili bir görüntüleme yöntemi değildir. Önceki in vitro çalışmalar, KIBT'ın rezorpsiyon boşluğunun boyutunu doğru bir şekilde temsil edip ölçebildiğini ve klinik referans standardı olarak kullanılabilecek kadar kesin olduğunu göstermiştir (Durack ve ark., 2011; Ponder ve ark., 2013). Durack ve arkadaşları (2011), KIBT'ın kök rezorpsiyonlarının %100' ünü tespit ettiğini ve lokalizasyonların %96'sından fazlasının doğru bir şekilde tanımlandığını bildirmiştir. Benzer şekilde Bulut Göller ve Uğur Aydın'ın (2019) yaptıkları çalışmada da yapay oluşturulmuş EKR'ler %100 olarak tespit edilmiş ve tüm parametrelerde doğru bir şekilde lokalize edilmiştir. Bu çalışmada da farklı KIBT sistemleriyle, oluşturulan yapay rezorpsiyon defektleri %100 ve doğru lokalize edildi.

Al Okshi ve arkadaşları (2019), diş kök uzunluğunun ve marjinal kemik seviyesinin değerlendirmesinde intraoral radyografiler ile KIBT'ı karşılaştırmış ve KIBT'ın yüksek ölçülebilirlik ve güvenilirlik gösterdiğini, bilimsel analizler için en iyi seçim olacağını ancak klinik uygulamalar için 'tanısal olarak kabul edilebilir kadar düşük' ilkesine göre daha düşük radyasyon dozuna sahip olduğu için intraoral radyografilerin kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Deliga ve arkadaşları 126 diş mikro BT ile taramış, doğal ve yapay oluşturulmuş EKR'lerin tanısında intraoral radyografi ve KIBT'ın doğruluğunu araştırmışlardır. KIBT görüntüleme yönteminin EKR'lerin saptanması için en iyi yöntem olduğunu söylemişlerdir. Dijital periapikal radyografilerde

doğal EKR boşluklarının sadece %74.5'ini ve KIBT görüntülemeye %94.5'ini gözlemlemiştir; yapay grupta ise bu sayı sırasıyla %81.8 ve %100'e yükselmiştir (Deliga ve ark., 2018). Doğal EKR boşluklarının konfigürasyonu, yapay olarak simüle edilenlerden farklıdır ve gözlemlenmesi çok daha zordur. Bastos ve arkadaşları yaptıkları çalışmada reimplante dişlerde oluşan EKR teşhisinde KIBT ve periapikal radyografileri karşılaştırmıştır. KIBT ve dijital periapikal radyografi görüntülerinde, KIBT daha fazla vakayı inflamatuvar EKR olarak tanımladığından ve periapikal radyografileri daha fazla vakayı replasman EKR olarak tanımladığından, EKR tipinin teşhisinde büyük ölçüde fark göstermiştir. KIBT ile yapılan teşhislerde hafif vakaların oranı yüksekken, periapikal radyografi tetkiklerinde orta ve şiddetli vakalar daha sık olarak saptanmıştır. Mevcut bulgular, KIBT'nin erken evre EKR boşluklarını belirlemede daha etkili olduğunu göstermektedir. Tedaviye daha erken başlanması, rezorpsiyonun daha az şiddetli uzun vadeli sonuçlarına ve EKR'nin daha olumlu prognozuza yol açtığı için mevcut KIBT görüntüleri büyük avantaj sağlamaktadır. Bu nedenle, ilk KIBT incelemesi, EKR'ye bağlı bir tedavinin başarısında kritik bir faktör olabilir. EKR teşhisinde KIBT'nin faydalarını tam olarak değerlendirmek için daha fazla araştırma gerektiği sonucuna varmışlardır (Bastos ve ark., 2020). Ayrıca, yukarıdaki çalışmada periapikal radyografi ve KIBT'nin doğruluğunu saptayacak bir altın standart sağlayan benzer çalışmalar gereklidir.

Duraack ve arkadaşları (2011) tarafından yayınlanan çalışmada yapay oluşturulmuş inflamatuvar EKR'yi teşhis etmede intraoral radyografi ve küçük hacimli KIBT kullanılmış, KIBT'nin duyarlılığı ve özgüllüğü, intraoral radyografiden önemli ölçüde daha iyi çıkmıştır. KIBT, intraoral görüntüleme ile karşılaştırıldığında hastanın daha fazla etkin doz almasına neden olur. Bu nedenle, hekimler KIBT görüntüleme endikasyonu alırken dikkatli olmalıdırlar. İntraoral radyografik sistemler, EKR boyutu ve hacmi ile ilgili yalnızca sınırlı bilgi sağlayabilir. Sonuçların klinik durumlara uygulanmasında, KIBT görüntüleri sadece teşhis ve tedavi planlaması için değil, gerekli görüldüğü takdirde EKR tedavisinin sonuç değerlendirmesi için de kullanılabilir (Sönmez ve ark., 2018). KIBT'nin üç boyutlu analiz sağlaması, hacim ölçümüne izin vermesi ve erken tanıya olanak sağlaması açısından bu tez çalışmasında da KIBT tercih edildi.

Dentomaksillofasiyal görüntülemeye ayrılmış KIBT, tıbbi BT'ye kıyasla daha düşük radyasyon dozları, daha kısa tarama süreleri, daha kolay görüntüleme ve daha

düşük maliyetlerle 3B görüntüler elde etme yeteneğine sahiptir (Scarfe ve Farman 2008; White 2008; Patel 2009). BT ile karşılaştırıldığında, KIBT daha az metal artefaktına sebep olur, 3B medikal görüntüleme yazılımı ile kullanılabilir ve elde edilen görüntülerin aksiyal, koronal ve sagittal düzlemlerde incelenmesini sağlar. Ayrıca klinikte kullanımı daha kolaydır ve erişilebilirdir; bu nedenle, bu çalışmada olduğu gibi EKR tanısında bu modalite tercih edilmektedir (Sedentexct, 2012; Orhan K., 2012; Aktuna Belgin ve ark., 2017). KIBT'ın genel sınırlamaları yumuşak dokuları görselleştirememesi, X-ışınları ile çalışma ve intraoral radyografilere göre daha yüksek radyasyon dozlarının verilmesini içerir (Li, 2013). KIBT sistemlerinin sunduğu düz panel teknolojisi ve izotropik vokseller sayesinde, EKR ile ilgili oldukça doğru nicel bilgiler elde etmek mümkündür (Kamburoğlu ve Kurşun 2010). Ayrıca, EKR'nin klinik tanı ve tedavisinde KIBT'ın etkinliğinin kabul edilebilir olduğu kanıtlanmıştır (Cohenca ve ark., 2007; Alqerban ve ark., 2009; Patel ve ark., 2009c).

Szabo ve arkadaşları (2017) yaptıkları bir çalışmada, hem BT hem de KIBT görüntüleme kullanarak manuel ve yarı otomatik görüntüleme yazılım programları ile elde edilen paranazal sinüs hacimlerini karşılaştırmıştır. KIBT görüntülerinin BT'ye göre daha güvenilir hacimsel bilgi sağladığı ve müdahale öncesinde veya sırasında operatörün rehberliğine yardımcı olabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca BT görüntüleme yumuşak dokuyu daha iyi göstermesine rağmen KIBT'a göre daha kalın kesit aralığı sunar. Bu yüzden küçük boyutta rezorpsiyon defektlerini görüntülemek için uygun değildir.

KIBT görüntü kalitesini değerlendirmek için çeşitli standartlar kullanılmaktadır. Bunlardan kontrast-gürültü oranı (CNR) en yaygın olarak kabul edilen yöntemdir. Herhangi bir KIBT görüntüsünün gri tonlama, kalite ve CNR'ye etki eden faktörler FOV, kVp, mA, voksel boyutu ve diğer faktörleri içeren ayarlardır (Pauwels ve ark., 2014; Katkar ve ark., 2016).

Özellikle sınırlı FOV sunan KIBT üniteleri, düşük radyasyon dozları ve daha yüksek çözünürlüklü görüntüler nedeniyle EKR değerlendirmesinde tercih edilir (Hatcher, 2010). FOV seçimi, KIBT hacimlerinin çözünürlüğü ve kontrastı üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Zachary ve arkadaşları, temporomandibular eklem eroziv değişikliklerini değerlendirmede daha küçük FOV hacimlerinin daha büyük FOV'a göre üstün olduğunu bulmuşlardır (Librizzi ve ark., 2011). Hirsch ve arkadaşları yaptıkları



çalışmada daha küçük FOV'la alınan görüntülerde çok daha az radyasyon dozuna maruz kaldığını rapor etmişlerdir. Kural olarak, daha geniş bir görüş alanının gerekli olduğu durumlarda daha büyük FOV'ların kullanımı tavsiye edilmiş, dış görüntüleme için daha küçük FOV'ların kullanılması gerektiği önerilmiştir (Hirsch ve ark., 2008). Lofthag ve Hansenet (2008) yaptıkları çalışmada ön bölgeden alınan görüntülerde efektif dozun diğer bölgelere göre daha az olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple, anterior kesici dişlerin 3B değerlendirilmesinde KIBT ile ilgili bölgede nispeten daha düşük dozla inceleme yapılabilir. Aynı zamanda üstteki çalışmanın sonuçları, yalnızca daha küçük FOV'ların daha düşük etkili doz avantajı sunmakla kalmayıp, aynı zamanda daha iyi değerlendirme de sağladığını göstermektedir. Tez çalışmamızda Sirona markasında 5x5 cm (0.1 voksel), 8x8 cm (0.16 voksel), Dentium'da 16x10 cm (0.3 voksel), 16x18 cm (0.2 voksel), Kavo'da 16x4 (0.125 ve 0.2 voksel) cm olmak üzere farklı FOV'lar kullanılmış ama FOV değiştiğinde diğer tarama parametreleri de sabit tutulmadığı için, ölçümlerde FOV'un tek başına etkisi değerlendirilememiştir.

Freitas ve arkadaşları (2019), 22 adet dişin 3 farklı kVp ile tarama sonrasında, EKR mevcut olan dişlerin komşuluğuna yerleştirilen implantlarda gelişen metal artefaktları ve görüntü kalitesi ilişkisini değerlendirerek, mevcut EKR'leri tespit etme doğruluklarını karşılaştırmışlardır. Sonuçlara göre, kVp'yi 70'ten 90'a çıkarmanın EKR teşhis doğruluğunu arttırdığı rapor edilmiştir. Siegel ve diğerleri kVp'yi değiştirmenin görüntünün kalitesini etkilediğini gösteren benzer sonuçlar bulmuşlardır. kVp'nin düşürülmesi, daha fazla gürültü ile düşük kaliteli görüntülere neden olmuştur (Siegel ve ark., 2004). CS 9300 tarafından alınan KIBT hacimleri üzerine yapılan bazı çalışmalarda, düşük kVp, orta veya yüksek mA kullanılarak yeterli KIBT görüntü kalitesinin elde edilebileceği ve bu da üreticinin tavsiye ettiği ayarlarla karşılaştırıldığında radyasyona maruz kalma miktarını yaklaşık %30 oranında azalttığı belirtilmiştir (Gamache ve ark., 2015; Xu ve ark., 2012). Daha yüksek kVp değerleri, X-ışını ışınının ortalama enerjisini artırır, bu da X-ışını etkileşimlerinin olasılığını azaltarak daha yüksek X-ışını penetrasyonu ile sonuçlanır. Bununla birlikte, daha yüksek bir kVp değeri, X-ışını fotonlarının miktarını da artırır. Ayrıca, daha yüksek enerjiye sahip X-ışını fotonları, yok olmalarından önce biriktirecekleri daha fazla enerjiye sahiptir. Diğer parametreler sabit olduğunda, kVp arttıkça doz artar. kVp'nin görüntü kalitesi üzerindeki birincil etkisi, tanısal enerjilerdeki baskın X-ışını etkileşimlerine bakılarak da açıklanabilir. Daha

yüksek kVp değerleri, artan foton sayısı ve azalan absorpsiyon oranı nedeniyle X-ışını dedektöründeki sinyali artırır. Bununla birlikte, değişen yoğunluktaki dokular arasındaki X-ışını zayıflamasındaki fark, daha yüksek kVp değerlerinde azalır ve bu da görüntü kontrastının azalmasına neden olabilir. Pauwels ve ark., CNR ile radyasyon dozu arasındaki ilişkiyi değerlendirdikleri bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışma da sabit bir dozda, artan kVp değerlerinde, özellikle düşük doz seviyelerinde, daha yüksek CNR değerlerine eğilim olduğunu farketmişlerdir. mA yoluyla doz azaltmanın tercih edilmesi, görüntü kalitesi bozulması açısından kVp yoluyla eşdeğer bir azalmadan daha iyi sonuç verdiğini söylemişlerdir (Pauwels ve ark., 2014). Dental veya baş ve boyun uygulamalarında KIBT için kVp ve mA'nın etkisi farklı araştırmacılar tarafından incelenmiş ve çoğu çalışma kVp ve mAs azalmasının görüntü kalitesi üzerindeki etkisine odaklanmıştır. Değerlendirilen görüntü kalitesi kriterlerinde; ekipman, maruziyet faktörleri, doz azaltma miktarı vb. gibi çok sayıda faktöre bağlı olarak değişen sonuçlar rapor edilmiştir. Birkaç çalışma, tanısal görüntü kalitesi yeterli kalırken KIBT radyasyon dozunun önemli ölçüde azaltılabileceğini bulmuştur (Kwong ve ark., 2008; Sur ve ark., 2010; Lofthag-Hansen ve ark., 2011; Panmekiate ve ark., 2012; Dawood ve ark., 2012; Güldner ve ark., 2013). Bu tez çalışmasında 85, 94 ve 120 olmak üzere üç farklı kVp değeri kullanılmış olup gerçek hacimle karşılaştırıldığında anlamlı fark bulunmamıştır. Ancak kVp değeri 120 iken yapılan ölçümlerdeki ortalama mutlak hata diğer kVp'lere göre daha az çıkmıştır. kVp yi arttırmak bize gerçeğe daha yakın bir değer vermiş olsa da istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı için hasta dozunu göz önünde bulundurarak 85 kVp değerini EKR hacim ölçümü için kullanabiliriz. Bu sayede minimum doz ile yeterli görüntü kalitesi elde etmiş oluruz.

Voksel boyutu, 3B görüntünün en küçük küp şeklindeki kısmıdır ve hacimsel pikselin kısaltmasıdır (Hatcher, 2010). Şu anda, diş hekimliğinde voksel boyutu dikkate alınarak belirli tanısal kriterlerin KIBT incelemesi için henüz genel bir protokol tanımlanamamıştır. Ayrıca voksel boyutu, görüntü kalitesini etkileyen en önemli KIBT parametrelerinden biridir ve KIBT görüntülerinin tarama ve yeniden oluşturma süreleri ile ilgilidir. Bu nedenle optimal KIBT parametrelerinin belirlenmesi radyasyona maruz kalma ve güvenlik açısından çok önemlidir (Sönmez ve ark., 2018). Voksel boyutu ve tarama modu (temel görüntü sayısı) gibi faktörlerin, görüntülerin uzamsal çözünürlüğü ile doğrudan ilişkili olduklarından, tomografik görüntünün kalitesini ve tanı kapasitesini

etkilediği bilinmektedir (Bruks ve ark., 1999; Viera ve Garrett 2005; Masoud ve ark.,2016). Küçük voksel boyutları ve daha fazla sayıda temel görüntü, daha iyi çözünürlük ve ayrıntılı tanılama görüntüleri oluşturur. Bununla birlikte, hastaya verilen radyasyon dozu voksel ne kadar küçükse veya temel görüntü sayısı ne kadar fazlaysa, o kadar yüksek olur (Carlsson ve Rönnerman, 1973; Hatcher, 2010). Bu nedenle, ideal görüntüleme protokolü, neyin araştırılması gerektiğini göz önünde bulundurarak, minimum radyasyona maruz kalma ile elde edilebilecek en iyi çözünürlüğün dengesi olacaktır. Genel olarak, hastanın radyasyon alım dozunu minimumda tutabilmek için, her KIBT taramasında mevcut maksimum çözünürlük kullanılmaz (Manosudprasit ve ark., 2017). Çeşitli KIBT sistemleri, 0,075 mm ile 0,4 mm arasında değişen voksel boyutları sunar. Voksel boyutunun seçimi, teşhis kabiliyetini, hasta radyasyon dozunu, taramayı ve yeniden yapılandırma sürelerini etkileyebilir (Liedke ve ark., 2009; Sousa ve ark., 2017a).

Eliliwi ve arkadaşları, 3B görüntüleme de kVp, mA ve vokselin etkilerini araştırdıkları bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada seçilen her görüntüleme protokolünde 3B model elde edilmiştir. Seçilen belli anatomik yapıların, elde edilen modellerde gerçek fantom modellerine göre ne kadar doğru konumlandığı hesaplanmıştır. Yani, belli anatomik yapıların, orijinal pozisyonlarına göre lineer hata değerleri ölçülmüştür. 2,4,8 olmak üzere üç farklı mA değeri, 60,70,80 olmak üzere üç farklı kVp değeri ve 300 ve 500  $\mu$ m olmak üzere iki farklı voksel boyutu kullanmışlardır. Voksel boyutu ile görüntü kalitesi arasında ters bir ilişki olduğu görülmüştür. Düşük voksel ayarlarına sahip KIBT cihazları arasında 0,5 mm'ye kadar bir fark bulunurken, yüksek voksel ayarlarına sahip KIBT cihazları arasında bu fark 0.25'e düşmüştür. Düşük vokselde alınan görüntülerde kalite daha iyi olduğu için, yazılım daha fazla gri tonlama tonunu algılayabilmiş ve daha fazla voksel eşleştirebilmiştir (Eliliwi ve ark., 2019).

Maret ve arkadaşları KIBT görüntülerinde 3B rekonstrüksiyonların ve hacimsel ölçümlerin doğruluğu üzerinde üç farklı voksel boyutunun (76, 200 ve 300  $\mu$ m) etkisini incelemişlerdir. 200  $\mu$ m'ye kadar olan ölçümlerde gerçek hacme göre düşük hesaplama oranı daha az çıkarken, 300  $\mu$ m vokselde yapılan hesaplamalarda oluşan düşük hesaplama oranı önemli hale gelmiştir (Maret ve ark., 2012). Hassan ve arkadaşları üç farklı KIBT veri setinden yeniden yapılandırılmış 3B modellerin kalitesini karşılaştırmışlardır. Büyük voksel boyutuyla alınan KIBT görüntülerinden yeniden oluşturulan modellerin, oklüzal

yüzeylerin görünürlüğü, dişler arasındaki interproksimal boşluklar ve alveolar kemik görüntüsünün daha belirsiz olduğunu belirtmişlerdir (Hassan ve ark., 2010). Torres ve arkadaşları (2012), doğrusal kemik ölçümü için 0,2 mm<sup>3</sup>, 0,3 mm<sup>3</sup> ve 0,4 mm<sup>3</sup> voksel boyutları arasında anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir.

Ponder ve arkadaşları (2013) yüksek (0,2 mm voksel boyutu) ve düşük çözünürlüklü (0,4 mm voksel boyutu) KIBT görüntüleri alınan yapay oluşturulmuş 1 mm ve 1.8 mm boyutlarında yapay olarak oluşturulmuş EKR defektlerinin doğrusal ve hacimsel ölçümlerinin doğruluğunu karşılaştırmışlardır. Yüksek çözünürlüklü KIBT görüntülerinin düşük çözünürlüklü KIBT görüntülerine göre, anlamlı olmasa da ölçümlerde daha doğru olduğunu bulmuşlardır. Liedke ve arkadaşları (2009) yüksek çözünürlüklü (0,2 mm ve 0,3 mm voksel boyutu) KIBT görüntülerinin düşük çözünürlüklü (0,4 mm voksel) görüntülere göre istatistiksel olarak anlamlı fark olmasa da, EKR teşhisinde daha üstün olduğunu belirtmişlerdir. Sönmez ve arkadaşları (2018) 40 tane çekilmiş dişle baktıkları çalışmada dört farklı voksel boyutu (0.075, 0.1, 0.15, 0.2) ile alınan KIBT görüntüleri arasında EKR hacim ölçümü bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamamışlardır ancak küçük FOV ile daha küçük voksel boyutları kullanıldığında radyasyon dozu ve gürültüdeki artış göz önüne alındığında, EKR değerlendirmesinde 0.1 ve 0.2 mm voksel boyutları arasında alınan KIBT görüntülerinin uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Kamburoğlu ve Kurşun, iki farklı KIBT sistemi kullanılarak yapay olarak oluşturulmuş 60 adet İKR tespiti için voksel boyutunun etkilerini değerlendirilmiş, Iluma markalı cihazda 0.1 ve 0.2 mm voksel boyutları ve Accuitomo markalı cihazda 0.125 ve 0.160 mm voksel boyutları ile alınan KIBT görüntülerinin, düşük çözünürlüklü 0,3 mm Iluma KIBT görüntülerinden daha iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir. Accuitomo görüntüleri için hem gözlemciler arası hem de gözlemciler arası uyum değerleri, Iluma görüntülerine kıyasla nispeten daha yüksek çıkmıştır (Kamburoğlu ve Kurşun, 2010).

Sousa Melo ve arkadaşları, 100 adet çekilmiş diş üzerinde üç farklı görüntü alma protokolünün dişlerde oluşturulan EKR lerin tespitinde doğruluğunu değerlendirmiştir. Çalışma prokollerini 8 × 8 cm görüş alanına sahip: (1) yarım tarama (180°), 0,40 mm voksel boyutu, 2 saniyelik tarama süresi, 120 kVp ve 5 mA; (2) tam tarama (360°), 0,40 mm voksel boyutu, 4 saniyelik tarama süresi, 120 kVp ve 5 mA; ve (3) tam tarama (360°),

0.125 mm voksel boyutu, 7 saniyelik tarama süresi, 120 kVp ve 5 mA şeklinde belirlemişlerdir. Aynı voksel boyutunda (0,4 mm) dönme dereceleri (yarım ve tam tarama) arasında fark bulamamalarına rağmen, 0,4 mm voksel boyutu ile 0,125 mm voksel boyutu arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulmuşlardır. (Sousa Melo ve ark., 2017a) Bu nedenle, ince sert doku değişikliklerinin daha iyi görülebilmesi için 0.4 mm voksel boyutundan ufak voksellerin kullanılması mantıklı olabilir. Çalışmaların sonuçları arasındaki farklılıklar kavite boyutlarına, kavite lokalizasyonuna, voksel boyutundaki değişikliklere, gözlemci performansına ve deneyimine ve kullanılan cihazlardaki farklılıklardan kaynaklı olabilir.

Eliliwi ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada farklı KIBT ayarları kullanıldığında, voksel bazlı bindirme yönteminin doğruluğunu etkilediğini söylemişlerdir. Bu fark, özellikle düşük kVp değerleri kullanıldığında geçerli olmuştur. Bu çalışmaya göre mA veya voksel boyutlarındaki değişikliklerin, voksel bazlı superpozisyon sonucundaki 3B model doğru konumlandırmasında önemli ölçüde etki göstermediğini rapor etmişlerdir (Eliliwi ve ark., 2019).

Literatürde çürük ve periodontal defekt dahil olmak üzere çeşitli dental durumların belirlenmesinde voksel boyutlarının etkisini değerlendiren birçok çalışma bulunmaktadır. Kolsuz ve arkadaşları, periodontal kusurların tespitinde 0.15 mm ve daha küçük voksel boyutunun, 0.16 mm ve 0.20 mm'ten daha doğru olduğunu bildirmiştir (Kolsuz ve ark., 2015). Sousa Melo ve diğerleri (2017b), yapay olarak oluşturulmuş çürük benzeri lezyonların tespitinde 0,2 mm voksel boyutunun 0,4 mm voksel boyutundan daha doğru olduğunu bildirmiştir. Kamburoğlu ve ark. (2010), voksel boyutunun oklüzal çürüğün belirlenmesini etkilemediğini bulmuştur.

Birçok çalışma, EKR'lerin belirlenmesinde voksel boyutunun önemli bir faktör olduğunu bildirmektedir (Kamburoğlu ve Kursun, 2010; Dalili ve ark., 2012). Ancak, EKR'lerin boyutlarını belirlemek için farklı akım ve maruz kalma sürelerinin etkinliğini araştıran çok çalışma bulunmamaktadır. Bulut ve Aydın'ın yaptıkları çalışmanın sonuçlarına göre, voksel boyutu sabit tutulduğunda, ekspozür süresindeki ve tüp akımındaki değişikliğin, EKR'nin derinlik ve çapının ölçümünü önemli ölçüde değiştirmede gözlenmiştir. Üstteki çalışmadan çıkan diğer sonuçlar ise; KIBT'ın tüm voksel boyutlarında EKR'leri tespit edilebildiği, ancak görüntü kalitesinin daha küçük

voksel boyutlarında daha iyi olduğu şeklindedir. Ancak çalışma in vitro yapıldığı için radyasyon dozu dikkate alınmamıştır. Bir hastada EKR tespiti için KIBT gerekliyse, radyasyon dozunu artırmaktan kaçınmak için voksel boyutu optimal olmalıdır (Bulut ve Aydın, 2019). Bizim çalışmamızda 0.1, 0.125, 0.16, 0.2, 0.3 olmak üzere beş farklı voksel değeri yer almaktadır. İstatistiksel olarak anlamlı fark olmasada, her KIBT markasında, voksel değeri küçüldükçe ortalama mutlak hata değeri azalmıştır. Yani çalışmamızın sonuçlarına göre, EKR hacmini değerlendirmek için 0.1-0.3 mm arasındaki tüm vokseller kullanılabilir. Bununla birlikte hastaya vereceğimiz radyasyon dozu göz önünde bulundurularak, klinik semptomlar ve uygulanacak tedaviler birlikte düşünülerek uygun görüntüleme parametreleri seçilebilir. Aynı zamanda KIBT çekimi için endikasyon, hastanın yaşı ve kilosu da görüntüleme parametrelerimizi değiştirebilir.

Bazı çalışmalarda KIBT görüntü düzlemlerinin de EKR tanısında etkili olduğu bildirilmiştir. Lermen ve diğerleri (2010), apikal bölgede küçük EKR boşluklarının (0,3 mm derinlik ve 0,6 mm çap) tespitinde sagittal görüntülerin aksiyel görüntülere göre daha doğru sonuçlar verdiğini bildirmiştir. Benzer şekilde Sönmez ve arkadaşları (2018), EKR'nin boyutunu ölçmede sagittal kesitin aksiyal kesite göre, daha rahat ve çok yönlü olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda, EKR hacim ölçümlerini aksiyel kesitlerde tamamladık. Yani, aksiyal kesitin EKR boyut ölçümünde kullanışlı olduğu söylenebilir.

Seçilen KIBT sistemleri ve kullanılan görüntüleme ayarları da EKR de önemli bir rol oynayabilir. Bu nedenle, yapılan bir araştırmada gömülü kanin diştten kaynaklanan yapay EKR lezyonlarının tespiti için subjektif görüntü kalitesi ve radyografik tanı doğruluğunu altı farklı KIBT ünitesi kullanarak değerlendirmişlerdir ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamamışlardır. Çalışma da 3D Accuitomo-XYZ Slice View Tomograph (J. Morita, Kyoto, Japonya), Scanora 3D CBCT (Soredex, Tuusula, Finlandiya), Galileos 3D Comfort (Sirona Dental Systems, Bensheim, Almanya), Picasso Trio (E-WOO Teknolojisi, Giheung-gu, Kore Cumhuriyeti), ProMax 3D (Planmeca OY, Helsinki, Finlandiya) ve Kodak 9000 3D (Trophy, Croissy-Beaubourg, Fransa) yapay oluşturulmuş EKR'nin tespiti için kullanılmıştır. Subjektif görüntü kalitesi göz önüne alındığında, yazarlar bu çalışma için de seçilen ProMax 3D sisteminin (Planmeca OY, Helsinki, Finlandiya), altı KIBT sistemi arasında en yüksek subjektif görüntü kalitesine sahip olduğunu rapor etmişlerdir (Alqerban ve ark., 2011).

Biz de çalışmamızda üç farklı KIBT sistemi kullandık ve gerçek hacimle kıyasladığımızda anlamlı fark bulamadık. Ancak bu KIBT sistemlerini kendi aralarında karşılaştırdığımızda dentium 0,3 mm vokselle sirona 0,16 mm vokselle arasında anlamlı fark bulduk. Farklı KIBT ünitelerinin kVp, mA, FOV, vokselle boyutu, maruz kalma süresi, doz vb. parametrelerinin değişmesi, teşhis için KIBT birimlerinin standart karşılaştırmasını yapmasını engelleyebilir. Ancak ALARA ilkesine bağlı olarak en küçük fov alanında çalışmamızda da anlamlı fark bulamadığımız için EKR teşhisi için 0,3 mm vokselde görüntü alınabilir.

Mikro BT görüntüleme, bir öznenin iç yapılarına zarar vermeden uygulanabilen yeni bir görüntüleme algılama ve analiz teknolojisidir. İnvaziv olmayan bir tespit tekniği olarak diş araştırmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Xu ve ark., 2016). Piksel başına 9 µm yüksek çözünürlüğü enerji spektrumunu daraltmak için kolimasyona tabi tutulan ve filtrelenen x-ışınları yayan bir mikro odaklı x-ışını tüpü ile donatılmıştır (Ru ve ark., 2013). Mikro BT görüntüleme kullanarak, makroskopik rezorpsiyon olmayan ve klinik olarak fark edilemeyen dişlerde bile, mikroskobik rezorpsiyonu göstermek mümkündür (Wierzbicki ve ark., 2009). Deliga ve arkadaşları 126 çekilmiş dişte doğal diş kök rezorpsiyonu defektlerinin tespiti için üç farklı KIBT sistemini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada altın standart olarak mikro BT yi kullanmışlardır. Kullanılan 3 KIBT protokolü arasında, rezorpsiyon tespitinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulamamışlardır. Ayrıca, 3 protokolün doğruluğu azalan sırayla listelenmiştir: 0,20 mm vokselle boyutu için %60,3, 0,166 mm vokselle boyutu için %56.7 ve 0,25 mm vokselle boyutu için %46.7 (Deliga ve ark., 2019). Başka bir çalışmada (Kamburoğlu ve ark. 2008b), 16 µm (0.016 mm<sup>3</sup>) izotropik çözünürlüğe sahip masaüstü koni ışınlı mikro BT'nin (Scanco Medical, Bassersdorf, İsviçre) çekilmiş dişlerdeki yapay oluşturulmuş iç rezorpsiyon defektlerin çapını ve hacmini ölçmek için umut verici bir teknoloji olduğunu rapor etmiştir. Ancak mikro BT ile ilişkili ultra yüksek radyasyon dozu, yüksek maliyeti ve uzun tarama ve görüntü rekonstrüksiyon süreleri, onu klinik kullanım için uygunsuz kılmaktadır (Kamburoğlu ve ark. 2008b). Gelecekteki araştırmalar, daha düşük etkili dozlarla daha yüksek çözünürlüklü diş görüntüleri sunan sistemlerin geliştirilmesine yönelik olmalıdır.

MS yöntemi kullanılarak yapılan hacim ölçümünde, ölçüm yapılacak alanın sınır yapıları BT de HU skalasına göre, manyetik rezonans görüntüleme de ise gri skalaya göre ayarlanır ve işaretlenir. Teknik olarak, MS yöntemi basittir, ancak her kesitte bir nesnenin sınırlarını tanımlamak çok zaman alır ve ölçüm doğruluğu büyük oranda kullanıcıya bağlıdır. Yarı otomatik segmentasyon (YOS) da gri skala ve HU kullanılmaktadır. Bu teknikte en büyük dezavantaj, bir nesneye bitişik olan gri skala üzerinde benzer değerlere sahip yapıların bulunmasıdır. Bu yapılar, segmentasyona yanlışlıkla bir nesnenin sınırları olarak dahil edilebilir ve manuel düzeltme gerektirebilir. (Rana ve ark., 2015). KIBT cihazlarında görüntülenen pikseller, kısmi hacim etkisine göre ölçülen nesnenin sınırlarını yansıtmayabilir. Pikseller, bitişik yapıların ağırlıklı ortalamasını yansıtabilir. Bu nedenle, segmentasyon süreci zor olabilir. Bu sorunların üstesinden gelmek için radyasyon dozu dikkate alınarak en küçük vokseller kullanılabilir. Segmentasyon güçlükleri, taranan hacmin çevresel kısımlarındaki gürültü ve görüntü bozulmasından kaynaklanabilir ve bunlardan ikincisi, koni ışını etkisinden kaynaklanır (Scarfe ve Farman, 2008). Kayda değer gürültü, farklı artefakt türleri, konik ışın geometrisi ve sınırlı görüş alanı nedeniyle HU, çoğu KIBT sisteminde kalibre edilemez (Pauwels ve ark., 2013). KIBT ile yapılan otomatik segmentasyon işleminde kemik dokusunun herhangi bir HU değerine karşılık gelmesi durumunda, farklı lokasyonlardaki eşdeğer kemik dokuların farklı HU değerlerine karşılık gelmesi mümkün olabilir. Bu nedenle, KIBT tarafından yönetilen segmentasyonların başarısı için kullanıcının yeteneği ve deneyimi esastır (Pauwels ve ark., 2015).

Albuquerque ve arkadaşları dokuz kafatasında yarı benzeri defektler hazırlamış ve ardından YOS yoluyla hacimleri tahmin etmek için defektleri BT ve KIBT ile taramışlardır. KIBT görüntülerindeki YOS hacimleri ile gerçek nesne hacimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark çıkmamıştır (Albuquerque ve ark., 2011). Ahlowalia ve arkadaşları sığır kemiklerinde KIBT ve mikro BT ile hazırlanan düzensiz şekilli on defekt taramışlardır. KIBT ile YOS hacimleri ile gerçek nesne hacimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını görmüşlerdir (Ahlowalia ve ark., 2013). Çalışmaların netleştirdiği gibi (Albuquerque ve ark., 2011; Ahlowalia ve ark., 2013), KIBT'den elde edilen düzensiz şekilli nesnelerin hacim sonuçları, BT ve mikro BT sonuçlarıyla uyumlu çıkmıştır. Başka bir deyişle, KIBT herhangi bir nesnenin hacmini ölçmek için güvenilir bir cihazdır. KIBT kullanarak molar diş, mandibular kondil ve



alveolar soketin hacimlerini tahmin etmek için YOS'ın kullanıldığına dair raporlar da vardır (Agbaje ve ark., 2007; Forst ve ark., 2014; Xi ve ark., 2014).

Bastami ve arkadaşları, tavşanlarda ameliyat sonrası yeni kemik oluşumunu BT, KIBT ve histomorfometrik değerlendirme ile değerlendirmiştir. Sonuçlara göre, BT ve KIBT sonuçları arasında doğrusal bir korelasyon vardı ve bu tarama tekniklerinin her ikisi de bu çalışmada yeni kemik oluşumunu değerlendirmek için oldukça iyi öngörücüler olarak kabul edilmiştir (Bastami ve ark., 2018). Ancak, KIBT'nin HU değerlerinin kararsızlığı nedeniyle, klinik takip olayları için üstün HU tekdüzeliğine sahip BT kullanılmalıdır. Dönmez ve ark. sekiz kafatası örneği üzerinde bulunan 39 adet çekim soketini üç farklı KIBT cihazı ile taramış ve kesitsel görüntüler üzerinde MS metoduyla ölçülen hacim sonuçları ile gerçek hacimler arasında anlamlı bir fark bulamamışlardır (Dönmez, 2012). Kayıpmaz ve ark. dört koyun mandibulasında KIBT ile 24 adet kemik defektini taramışlar ve MS yöntemi ile hacim ölçümü yapmışlardır, elde edilen hacimler ve gerçek hacimler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını görmüşlerdir (Kayıpmaz ve ark., 2014). Bayram ve ark. beş kafatası mandibulasına ait dokuz kondili KIBT ile taramış 0.3 mm' lik kesitlerde MS metodu ile hacim ölçümü yapmışlar ve elde ettikleri sonuçlar gerçek hacimlerle istatistiksel olarak uyumlu çıkmıştır (Bayram ve ark., 2012). Sezgin ve arkadaşları iki adet koyun mandibula kemiğinde altı adet kemik içi defekt açıp KIBT sisteminin farklı kesit kalınlıklarında MS metodunu kullanarak hacim ölçümü yapmışlardır. Kesit kalınlığı bir mm'ye kadar olan ölçümlerde MS metodu ile ölçülen hacimlerle gerçek hacim arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (Sezgin ve ark., 2013). Bayrak, 13 adet sığır femur kondilinde 30 adet kemik içi defekti KIBT ile taramış, oluşturulan kesitsel görüntülerin MS yöntemiyle hacim ölçümü yapılmıştır. Ölçülen hacimler ile gerçek hacimler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür (Bayrak, 2014). Bizim çalışmamızda KIBT görüntülerinde MS yöntemi kullanarak elde ettiğimiz sonuçlar ile mikro-BT hacim sonuçları arasında anlamlı fark saptanmadı.

Doğal dişlerde meydana gelen rezorpsiyonlar daha küçük ve düzensiz olabilirler böylece radyografik incelemelerde tespitleri daha zor olur. Bizim çalışmamızın limitasyonlarından biri çalışmada klinik uygulamalara yönelik doğal rezorpsiyonlar yerine yapay rezorpsiyon defektleri hazırlamış olmamızdır. KIBT görüntüleme, EKR'nin

3B görselleştirilmesini sağlamasına rağmen, restorasyonlardan ve kök kanal dolgu materyalinden gelen artefaktların varlığı, büyük ve sınırlı FOV ile alınan KIBT görüntüleme için bir limitasyondur. Ayrıca hastanın hareket etmesiyle oluşan görüntü bozuklukları da KIBT görüntüleme için bir sınırlandırma oluşturur. Ancak, gerçek klinik koşulların aksine, çalışmamızda hasta hareketi mümkün değildi. Bu çalışmada, görüntülenen alanda metalik restorasyon ve kanal içi dolgu materyali olmadığı için ölçümleri yaparken ışın sertleşmesi gibi artefaktlara maruz kalınmadı. Restoratif, endodontik veya protetik tedavi olmuş dişler ya da dental implant çevresindeki dişlerde oluşmuş EKR'nin görünürlüğü daha ileri araştırmaların konusu olabilir. Yazılım teknolojisi ve algoritmaları da teşhis ve kantitatif ölçüm doğruluğu açısından bir diğer önemli faktördür. Bununla birlikte, çoğu KIBT sistemi ve yazılımları doğrusal ölçüm seçeneği sunar, ancak hacimsel ölçüm sağlayamazlar.

### **Sonuç ve Öneriler**

OMH değerlerine göre sistemlerin ölçüm doğruluğu sırasıyla; Kavo (0.125 mm voksel), Kavo (0.2 mm voksel), Sirona (0.1 mm voksel), Sirona (0.16 mm voksel), Dentium (0.2 mm voksel), Dentium (0.3 mm voksel)'dur.

Farklı KIBT sistemleri kendi içinde kıyaslandığında (Dentium 0.3 mm voksel-Sirona 0.16 mm voksel) arasında anlamlı fark çıktı ( $p= 0.02$ ). Diğer KIBT sistemleri kıyaslandığında fark bulunmadı ( $p> 0.05$ ).

KIBT ile yaptığımız ölçümler gerçek hacim ölçüleriyle karşılaştırıldığında doğruluk hassasiyetleri farklı olmasına rağmen, istatistiksel olarak anlamlı fark çıkmadı. Yani çalışmamızın sonuçlarına göre, EKR hacmini değerlendirmek için 0.1-0.3 mm arasındaki tüm vokseller kullanılabilir. Bununla birlikte hastaya vereceğimiz radyasyon dozu göz önünde bulundurularak, klinik semptomlar ve uygulanacak tedaviler birlikte düşünülerek uygun görüntüleme parametreleri seçilebilir. Aynı zamanda KIBT çekimi için endikasyon, hastanın yaşı ve kilosu da görüntüleme parametrelerini seçerken göz önünde bulundurmanız gereken diğer durumlardır.

Bizim oluşturduğumuz EKR defektleri klinikte karşılaştığımız doğal EKR'lere göre çok daha iyi sınırlıdır ve lm rahattır. Sınırları daha düzensiz olan yapay EKR'ler veya doğal EKR'ler ile benzer çalışmalar yapılabilir.

Her KIBT sisteminin FOV, kVp ve mA değerleri standart değildi, bu sebepten diğer parametreler sabit tutulup yalnızca tek bir parametre farklı ayarlanamadığı için, yukarıda bahsedilen parametrelerin tek başlarına ölçüm hassasiyetine olan etkileri değerlendirilemedi. Yani, FOV, kVp ve mA parametrelerinin ölçüm hassasiyetine olan kombine etkisi değerlendirildi. Yukarıdaki parametreleri aynı olan, farklı teknolojiye sahip KIBT sistemlerinin kullanıldığı ve tek bir parametrenin ölçüm hassasiyetine olan etkisini araştıran farklı çalışmalar ileride yürütülebilir.

## KAYNAKLAR

- Acer N, Sahin B, Usanmaz M, Tatoğlu H, Irmak Z. Comparison of point counting and planimetry methods for the assessment of cerebellar volume in human using magnetic resonance imaging: a stereological study. *Surg Radiol Anat.* 2008;30(4):335-9.
- Adibi S, Zhang W, Servos T, et al. Cone beam computed tomography in dentistry: what dental educators and learners should know. *J Dent Educ* 2012;76(11):1437–42.
- Agbaje JO, Jacobs R, Maes F, Michiels K, Van Steenberghe D. Volumetric analysis of extraction sockets using cone beam computed tomography: a pilot study on ex vivo jaw bone. *J Clin Periodontol.* 2007;34(11):985-90
- Aguiar BO, de Mendonça DS, de Sousa DL. Root resorption after dental traumas: classification and clinical, radiographic and histologic aspects. 2011;8(4):439–445.
- Ahangari Z, Nasser M, Mahdian M, Fedorowicz Z, Marchesan MA. Interventions for the management of external root resorption. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015(11):8003
- Ahlowalia MS, Patel S, Anwar HM, Cama G, Austin RS, Wilson R Accuracy of CBCT for volumetric measurement of simulated periapical lesions. *Int Endod J.* 2013;46(6):538-46.
- Aktuna Belgin C, Adiguzel O, Bud M, Colak M, Akkus Z. Mandibular buccal bone thickness in southeastern anatolian people: a cone-beam computed tomography study. *Int Dent Res.* 2017;7(1):6–12.
- Albuquerque MA, Gaia BF, Cavalcanti MG Comparison between multislice and cone-beam computerized tomography in the volumetric assessment of cleft palate. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontol.* 2011;112(2):249-57.
- Alfred LF. Inflammatory resorption caused by an adjacent necrotic tooth. *J Endod.* 1990;16(7):339-41.
- Al-Okshi A, Paulsson L, Rohlin M, Ebrahim E and Lindh C. Measurability and reliability of assessments of root length and marginal bone level in cone beam CT and intraoral radiography: a study of adolescents. *Dentomaxillofac Radiol.* 2019;48(5):20180368.
- Al-Saleh MA, Alsufyani NA, Saltaji H, et al. MRI and CBCT image registration of temporomandibular joint: a systematic review. *J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2016;45(1):30.
- Al-Qawasmi R, Hartsfield J, Everett E, Flury L, Liu L, Foroud T. Genetic predisposition to external apical root resorption. *AM J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003;123(3):242-52.
- Alqerban A, Jacobs R, Souza PC, Willems G. In-vitro comparison of 2 cone-beam computed tomography systems and panoramic imaging for detecting simulated canine impaction-induced external root resorption in maxillary lateral incisors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;136(6):764.
- Alqerban A, Jacobs R, Fieuws S, et al. Comparison of 6 cone-beam computed tomography systems for image quality and detection of simulated canine impaction-induced external root resorption in maxillary lateral incisors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;140(3):129–39.

- Andersson L, Bodin I, Sörensen S. Progression of root resorption following replantation of human teeth after extended extraoral storage. *Endod Dent Traumatol*. 1989;5(1):38–47.
- Andreasen JO. Luxation of permanent teeth due to trauma. A clinical and radiographic follow-up study of 189 injured teeth. *Scand J Dent Res*. 1970;78(3):273–86.
- Andreasen J O. A time-related study of periodontal healing and root resorption activity after replantation of permanent incisors in monkeys. *Swed Dent J*. 1980a;4(3):101–110.
- Andreasen J O. Analysis of pathogenesis and topography of replacement resorption. *Swed Dent J*. 1980b;4(6):231–240.
- Andreasen J O. Relationship between cell damage in the periodontal ligament after replantation and subsequent development of root resorption. *Acta Odontol Scand*. 1981;39(1):15–25.
- Andreasen JO. External root resorption: its implication in dental traumatology, pedodontics, periodontics, orthodontics and endodontics. *Int Endod J*. 1985;18(2):109–18.
- Andreasen J, Andreasen F. Root resorption following traumatic dental injuries. *Proc Finn Dent Soc*. 1992;88(1):95-114.
- Andreasen J O, Hjorting-Hansen E. Replantation of teeth. II. Histological study of 22 replanted anterior teeth in humans. *Acta Odontol Scand*. 1966;24(3):287–306.
- Andreasen J, Andreasen F, Andersson L. Textbook and colour atlas of traumatic injuries to the teeth. 4th ed: Blackwell Munksgaard; 2007.
- Arai Y, Tammissalo E, Iwai K, et al. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol*. 1999;28(4):245–248.
- Asci SK. Endodonti. İstanbul: Quintessence; 2014.
- Bae S, Park MS, Han JW, et al. Correlation between pain and degenerative bony changes on cone-beam computed tomography images of temporomandibular joints. *Maxillofac Plast Reconstr Surg*. 2017;39(1):19.
- Bakland LF. Root resorption. *Dent Clin North Am*. 1992;36(2):491–507.
- Barrett E J, Kenny D J. Survival of avulsed permanent maxillary incisors in children following delayed replantation. *Endod Dent Traumatol*. 1997;13(6):269–275.
- Bastami F, Shahab S, Parsa A, Abbas FM, Noori Kooshki MH, Namdari M. Can gray values derived from CT and cone beam CT estimate new bone formation? An in vivo study. *Oral Maxillofac Surg*. 2018;22(1):13-20.
- Bastos J. V., Queiroz V. H., Felício D. B. A., Ferreira D. A. B., Brasileiro C. B., Abdo E. N., Amaral T. M. P. Imaging diagnosis of external root resorption in replanted permanent teeth. *Braz. Oral Res*. 2020;34(1):67.
- Bayrak S. Konik ışınli bilgisayarli tomografi kullanilarak yapilan hacimsel hesaplamalarda kesit kalınlığının etkisi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi; 2014.
- Bayram M, Kayıpmaz S, Sezgin OS, Küçük M. Volumetric analysis of the mandibular condyle using cone beam computed tomography. *Eur J Radiol*. 2012;81(8):1812–1816.

- Beertsen W, Piscaer M, Van Winklehoff A, Everts V. Generalised cervical root resorption associated with periodontal disease. *J Clin Periodontol*. 2001;28(11):1067-73.
- Bell T. The anatomy, physiology, and diseases of the teeth. Philadelphia: Carey and Lea. 1830:171.
- Bender IB. Factors influencing the radiographic appearance of bony lesions. *J Endod* 1982;8(4):161-170.
- Benítez MB, Chiera CM, Jacobo MI. Reabsorciones dentarias: un problema para el diagnóstico, el tratamiento y el pronóstico. *Claves Odontol*. 2002;8(50):10-13.
- Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Verbeken E, Wevers M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Cervical external root resorption in vital teeth. *J Clin Periodontol*. 2002; 29(6):580-5.
- Bernardes RA, Gomes de Moraes I, Duarte MAH, Azevedo BC, Azevedo JR, Bramante CM. Use of cone-beam volumetric tomography in the diagnosis of root fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009;108(2):270-7.
- Berutti E. Computerized analysis of the instrumentation of the root canal system. *J Endod*. 1993;19(5):236-238.
- Blattner TC, George N, Lee CC, Kumar V, Yelton CDJ. Efficacy of cone-beam computed tomography as a modality to accurately identify the presence of second mesiobuccal canals in maxillary first and second molars: a pilot study. *J Endod*. 2010;36(5):867-70.
- Bjorndal L, Carlsen O, Thuesen G, Darvann T, Kreiborg S. External and internal macromorphology in 3D-reconstructed maxillary molars using computerized X-ray microtomography. *Int Endod J*. 1999;32(1):3-9.
- Borg E, Källqvist A, Gröndahl K, Gröndahl HG. Film and digital radiography for detection of simulated root resorption cavities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998;86(1):110-114.
- Bortoluzzi MC, Manfro R. Treatment for ectopic third molar in the subcondylar region planned with cone beam computed tomography: a case report. *J Oral Maxillofac Surg*. 2010;68(4):870-2.
- Brito-Ju'nior M, Quintino AF, Camilo CC, et al. Nonsurgical endodontic management using MTA for perforative defect of internal root resorption: report of a long term follow-up. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2010; 110(6):784-8.
- Bruks A, Enberg K, Nordqvist I, Hansson AS, Jansson L, Svenson B. Radiographic examinations as an aid to orthodontic diagnosis and treatment planning. *Swed Dent J* 1999;23(2-3):77-85.
- Bulut Goller D, Ugur Aydın Z. The impact of different voxels and exposure parameters of CBCT for the assessment of external root resorptions: A phantom study. *Aust Endod J*. 2019;45(2):146-153.
- Caliskan MK, Turkun M. Prognosis of permanent teeth with internal resorption: a clinical review. *Endod Dent Traumatol*. 1997;13(2):75-81.
- Carlsson R, Rönnerman A. Crown-root angles of upper central incisors. *Am J Orthod*. 1973;64(2):147-54.

- Caruso S, Storti E, Nota A, et al. Temporomandibular joint anatomy assessed by CBCT images. *Biomed Res Int*. 2017;2916953.
- Chapnick L. External root resorption: an experimental radiographic evaluation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1989;67(5):578–582.
- Chenin DL. 3D cephalometrics: the new norm. *Alpha Omegan* 2010;103(2):51–6.
- Clatterbuck RE, Sipos EP. The efficient calculation of neurosurgically relevant volumes from computed tomographic scans using Cavalieri's direct estimator. *Neurosurgery*. 1997;40(2):339–343.
- Cohenca N, Simon JH, Mathur A, Malfaz JM. Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 2: root resorption. *Dent Traumatol*. 2007;23(2):105–113.
- Cohnen M, Fischer H, Hamacher J, CT of the head by use of reduced current and kilovoltage: relationship between image quality and dose reduction. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2000;21(9):1654–60.
- Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod*. 2007;33(9):1121–32.
- Creanga AG, Geha H, Sankar V, Teixeira FB, McMahan CA, Noujeim M. Accuracy of digital periapical radiography and cone-beam computed tomography in detecting external root resorption. *Imaging Sci Dent*. 2015;45(3):153–8.
- Dalili Z., Taramsari M, Mousavi Mehr S.Z., Salamat F. Diagnostic value of two modes of cone-beam computed tomography in evaluation of simulated external root resorption: an in vitro study. *Imaging Sci Dent*. 2012;42(1):19–24.
- Darcey J, Qualtrough A. Resorption: part 2. Diagnosis and management. *Br Dent J*. 2013; 214(10):493–509.
- Darcey J, Qualtrough A. Root Resorption: Simplifying diagnosis and improving outcomes. *Prim Dent J*. 2016;5(2):36–45.
- Das, IJ, Cheng, CW, Cao, M et al, CT imaging parameters for inhomogeneity correction in radiation treatment planning. *J Med Phys*. 2016;41(1):1–11.
- Dawood A, Brown J, Sauret-Jackson V, Purkayastha S. Optimization of cone beam CT exposure for pre-surgical evaluation of the implant site. *Dentomaxillofac Radiol*. 2012; 41(1):70–74.
- Deliga Schröder A, Fernando Henrique Westphalen, Julio Cesar Schröder, Angela Fernandes, and Vania Portela Ditzel Westphalen. Accuracy of Digital Periapical Radiography and Cone-beam Computed Tomography for Diagnosis of Natural and Simulated External Root Resorption. *J Endod*. 2018;44(7):1151–1158.
- Deliga Schröder AG, Westphalen FH, Schröder JC, Fernandes Â, Ditzel Westphalen VP. Accuracy of Different Imaging CBCT Systems for the Detection of Natural External Radicular Resorption Cavities: An Ex Vivo Study. *J Endod*. 2019;45(6):761–767.
- Demirturk Kocasarac H, Helvacioğlu Yigit D, Bechara B, et al. Contrast-to-noise ratio with different settings in a CBCT machine in presence of different root-end filling materials: an in vitro study. *Dentomaxillofac Radiol*. 2016;45(5):20160012.

- Dönmez S. Çekim kavite hacimlerinin hesaplanmasında konik ışınlı bilgisayarlı tomografi cihazlarının karşılaştırılması. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi; 2012.
- Dudic A, Giannopoulou C, Leuzinger M, Kiliaridis S. Detection of apical root resorption after orthodontic treatment by using panoramic radiography and cone-beam computed tomography of super-high resolution. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009; 135(4):434–437.
- Durack C, Patel S, Davies J, Wilson R, Mannocci F. Diagnostic accuracy of small volume cone beam computed tomography and intraoral periapical radiography for the detection of simulated external inflammatory root resorption. *Int Endod J.* 2011;44(2):136–47.
- Eliliwi M, Bazina M, Palomo JM. kVp, mA, and voxel size effect on 3D voxel-based superimposition. *Angle Orthod.* 2020;90(2):269-277.
- Ericson S, Kurol J. Radiographic examination of ectopically erupting maxillary canines. *AM J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987;91(6):483-92.
- Evangelista K, Vasconcelos Kde F, Bumann A, et al. Dehiscence and fenestration in patients with class I and class II division 1 malocclusion assessed with conebeam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138(2):133.
- Faria Vasconcelos K, Evangelista KM, Rodrigues CD, et al. Detection of periodontal bone loss using cone beam CT and intraoral radiography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012;41(1):64–69.
- Feldkamp LA, Goldstein SA, Parfitt AM, Jasion G, Kleerekoper M. The direct examination of three-dimensional bone architecture in vitro by computed tomography. *J Bone Miner Res.* 1989;4(1):3-11.
- Forst D, Nijjar S, Flores-Mir C, Carey J, Secanell M, Lagraverre M Comparison of in vivo 3D cone-beam computed tomography tooth volume measurement protocols. *Prog Orthod.* 2014;15(1):69.
- Frank AL, Torabinejad M. Diagnosis and treatment of extracanal invasive resorption. *J Endod.* 1998;24(7):500–504.
- Freitas D. Q., Nascimento E. H. L. , Vasconcelos T. V. and Noujeim M. Diagnosis of external root resorption in teeth close and distant to zirconium implants: influence of acquisition parameters and artefacts produced during cone beam computed tomography. *Int Endod J.* 2019;52(6):866–873.
- Friedman S, Rotstien I, Libfeld H, Stabholz A, Heling I. Incidence of external root resorption and esthetic results in 58 bleached pulpless teeth. *Endod Dent Traumatol.* 1988;4(1):23-6.
- Friedland B, Faiella RA, Bianchi J. Use of rotational tomography for assessing internal resorption. *J Endod.* 2001;27(12):797–799.
- Fuss Z, Tsesis I, Lin S. Root resorption-diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. *Dent Traumatol.* 2003;19(4):175-182.
- Gartner A H, Mack T, Somerlott R G, Walsh L C. Differential diagnosis of internal and external root resorption. *J Endod.* 1976;2(11):329–334.



- Gamache C, English JD, Salas-Lopez AM, Rong J, Akyalcin S. Assessment of image quality in maxillofacial cone-beam computed tomography imaging. *Semin Orthod*. 2015;21(4):248–253.
- Goodarzi Pour D, Romoozi E, Soleimani Shayesteh Y. Accuracy of cone beam computed tomography for detection of bone loss. *J Dent*. 2015;12(7): 513–23.
- Gold SI, Hasselgren G. Peripheral inflammatory root resorption. *J Clin Periodontol*. 1992; 19(8):523–34.
- Goldberg F, De Silvio A, Dreyer C. Radiographic assessment of simulated external root resorption cavities in maxillary incisors. *Endod Dent Traumatol*. 1998;14(3):133–136.
- Gong QY, Tan LT, Romaniuk CS, Jones B, Brunt JN, Roberts N. Determination of tumour regression rates during radiotherapy for cervical carcinoma by serial MRI: comparison of two measurement techniques and examination of intraobserver and interobserver variability. *Br J Radiol*. 1999;72(853):62–72.
- Goodell KB, Mines P, Kersten DD. Impact of cone-beam computed tomography on treatment planning for external cervical resorption and a novel axial slicebased classification system. *J Endod*. 2018; 44(2):239–44.
- Grauer D, Cevdanes LS, Proffit WR: Working with DICOM craniofacial images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009;136(3):460-470.
- Gunraj MN. Dental root resorption. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1999;88(6):647–53.
- Guo YJ, Ge ZP, Ma RH, et al. A six-site method for the evaluation of periodontal bone loss in cone-beam CT images. *Dentomaxillofac Radiol*. 2016;45(1):20150265.
- Güldner C, Ningo A, Voigt J, Diogo I, Heinrichs J, Weber R, et al. Potential of dosage reduction in cone-beam-computed tomography (CBCT) for radiological diagnostics of the paranasal sinuses. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2013;270(4):1307–15.
- Haapasalo M, Endal U. Internal inflammatory root resorption: the unknown resorption of the tooth. *Endod Topics*. 2006;14(1):60-79.
- Hamilton RS, Gutmann JL. Endodontic-orthodontic relationships: a review of integrated treatment planning challenges. *Int Endod J*. 1999;32(5):343–60.
- Hammarström L, Blomlöf L, Lindskog S. Dynamics of dentoalveolar ankylosis and associated root resorption. *Endod Dent Traumatol*. 1989;5(4):163–175.
- Hammarström L, Pierce A, Blomlöf L, Feiglin B, Lindskog S. Tooth avulsion and replantation -a review. *Endod Dent Traumatol*. 1986;2(1):1–8.
- Han-Gyeol Yeom, Jo-Eun Kim, Kyung-Hoe Huh, Won-Jin Yi, Min-Suk Heo, Sam Sun Lee and Soon-Chul Choi. Correlation between spatial resolution and ball distortion rate of panoramic radiography. *BMC Med Imaging*. 2020;20(1):68.
- Harrington G, Natkin E. External resorption associated with bleaching of pulpless teeth. *J Endod*. 1979;5(11):344-348.
- Hassan B, Couto Souza P, Jacobs R, de Azambuja Berti S, van der Stelt P. Influence of scanning and reconstruction parameters on quality of three-dimensional surface models

of the dental arches from cone beam computed tomography. *Clin Oral Investig*. 2010;14(3):303–310.

Hatcher DC. Operational principles for cone-beam computed tomography. *J Am Dent Assoc*. 2010;141(3):3–6.

Harokopakis-Hajishengallis E. Physiologic root resorption in primary teeth: molecular and histological events. *J Oral Sci*. 2007;49(1):1–12

Heithersay GS Clinical, radiologic, and histopathologic features of invasive cervical resorption. *Quintessence Int*. 1999a;30(1):27–37.

Heithersay GS Invasive cervical resorption: An analysis of potential predisposing factors. *Quintessence Int*. 1999b;30(2):83-95.

Heithersay GS. Treatment of invasive cervical resorption: An analysis of results using topical application of trichloroacetic acid, curettage, and restoration. *Quintessence Int*. 1999c;30(2):96-110.

Heithersay G S. Invasive cervical resorption. *Endod Topics*. 2004;7(1):73–92.

Heithersay G S. Management of tooth resorption. *Aust Dent J*. 2007;52(1):105–121.

Heithersay G, Dahlstrom S, Marin P. Incidence of invasive cervical resorption in bleached root-filled teeth. *Aust Dent J*. 1994(2);39:82-7.

Hirsch E, Wolf U, Heinicke F, Silva MA Dosimetry of the cone beam computed tomography Veraviewepocs 3D compared with the 3D Accuitomo in different field of views. *Dentomaxillofac Radiol*. 2008;37(5):268–73.

Holberg C, Steinhauser S, Geis P, Rudzki-Janson I. Cone-beam computed tomography in orthodontics: benefits and limitations. *J Orofac Orthop*. 2005;66(6):434–44.

Iqbal MK Clinical and scanning electron microscopic features of invasive cervical resorption in a maxillary molar. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2007;103(6):49-54.

Jaju PP, Jaju SP. Clinical utility of dental cone-beam computed tomography: current perspectives. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2014;6(2):29–43.

Kaeppeler G, Cornelius CP, Ehrenfeld M, et al. Diagnostic efficacy of cone-beam computed tomography for mandibular fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2013;116(1):98–104.

Kamburoglu K, Barenboim SF, Kaffe I. Comparison of conventional film with different digital and digitally filtered images in the detection of simulated internal resorption cavities: an ex vivo study in human cadaver jaws. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2008a;105(6):790-7.

Kamburoglu K, Barenboim SF, Arıturk T, Kaffe I. Quantitative measurements obtained by micro-computed tomography and confocal laser scanning microscopy. *Dentomaxillofac Radiol*. 2008b;37(7):385-91.

Kamburoğlu K, Kursun S. A comparison of the diagnostic accuracy of CBCT images of different voxel resolutions used to detect simulated small internal resorption cavities. *Int Endod J*. 2010;43(9):798-807.

- Kamburoglu K, Murat S, Yüksel SP, Cebeci AI, Paksoy CS. Occlusal caries detection by using a cone-beam CT with different voxel resolutions and a digital intraoral sensor. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;109(5):63–69.
- Kamburoglu K, Kursun S, Yuksel S, Oztas B. Observer ability to detect ex vivo simulated internal or external cervical root resorption. *J Endod.* 2011a;37(2):168–75.
- Kamburoglu K, Murat S, Kolsuz E, Kurt H, Yuksel S, Paksoy C: Comparative assessment of subjective image quality of crosssectional cone-beam computed tomography scans. *J Oral Sci.* 2011b;53(4):501-508.
- Katkar R, Steffy DD, Noujeim M, Deahl ST 2nd, Geha H. The effect of milliamperage, number of basis images, and export slice thickness on contrast-to-noise ratio and detection of mandibular canal on cone beam computed tomography scans: an in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2016;122(5):646-653.
- Kayipmaz S, Sezgin OS, Saricaoğlu ST, Bas O, Sahin B, Küçük M. The estimation of the volume of sheep mandibular defects using cone-beam computed tomography images and a stereological method. *Dentomaxillofac Radiol.* 2011;40(3):165-9.
- Keleş A, Alcin H, Kamalak A, Versiani MA. Micro-CT evaluation of root filling quality in oval-shaped canals. *Int Endod J.* 2014;47(12):1177-84.
- Kim YJ, Hong JS, Hwang YI, et al. Three-dimensional analysis of pharyngeal airway in preadolescent children with different anteroposterior skeletal patterns. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(3):306.1-11.
- Kleoniki ML, Vasiliki ID, Ourania CHP, Theodoros L, Ioannis KP. Internal root resorption studied by radiography, stereomicroscope, scanning electron microscope and computerized 3D reconstructive method. *Dent Traumatol.* 2002;18(3):148-52.
- Koç A. Comparison of the horizontal condyle angle of the dentulous and edentulous patients using cone beam computed tomography. *East J Med* 2018;23(4):254–257.
- Koç A, Sezgin ÖS, Kayipmaz S. Comparing different planimetric methods on volumetric estimations by using cone beam computed tomography. *Radiol Med.* 2020;125(4):398-405.
- Kolsuz ME, Bagis N, Orhan K, Avsever H, Demiralp KO. Comparison of the influence of FOV sizes and different voxel resolutions for the assessment of periodontal defects. *Dentomaxillofac Radiol.* 2015;44(7):20150070.
- Kumar V, Ludlow J, Soares Cevdanes LH, et al. In vivo comparison of conventional and cone beam CT synthesized cephalograms. *Angle Orthod.* 2008;78(5): 873–879.
- Kwong JC, Palomo JM, Landers MA, Figueroa A, Hans MG. Image quality produced by different cone-beam computed tomography settings. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133(2):317-27.
- Lau Y, Wang W, Sabokbar A, Simpson H, Nair S, Henderson B, et al. Staphylococcus aureus capsular material promotes osteoclast formation. *Injury.* 2006;37(2):41-8.
- Laux M, Abbott P V, Pajarola G, Nair P N. Apical inflammatory root resorption: a correlative radiographic and histological assessment. *Int Endod J.* 2000;33(6):483-93.
- Leach HA, Ireland AJ, Whaites EJ. Radiographic diagnosis of root resorption in relation to orthodontics. *Br Dent J.* 2001;190(1):16-22.

- Lermen CA, Liedke GS, da Silveira HE, da Silveira HL, Mazzola AA, de Figueiredo JA. Comparison between two tomographic sections in the diagnosis of external root resorption. *J Appl Oral Sci.* 2010;18(3):303-7.
- Li G. Patient radiation dose and protection from cone-beam computed tomography. *Imaging Sci Dent* 2013;43(2):63–69.
- Librizzi ZT, Tadinada AS, Valiyaparambil JV, Lurie AG, Mallya SM. Cone-beam computed tomography to detect erosions of the temporomandibular joint: Effect of field of view and voxel size on diagnostic efficacy and effective dose. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;140(1):25-30.
- Liedke GS, da Silveira HE, Silveira HL, Dutra V, de Figueiredo JA. Influence of voxel size in the diagnostic ability of cone beam tomography to evaluate simulated external root resorption. *J Endod.* 2009;35(2):233-5.
- Lima TF, Gamba TO, Zaia AA, Soares AJ. Evaluation of cone beam computed tomography and periapical radiography in the diagnosis of root resorption. *Aust Dent J.* 2016;61(4):425–431.
- Lindskog S, Heithersay GS, Pierce AM. Dental resorptions. In: *Scandinavian Yearbook of Dentistry.* Blackwell Munksgaard, 2006.
- Linge L, Linge B. Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1991;99(1):35-43.
- Lofthag-Hansen S, Thilander-Klang A, Ekestubbe A, Helmrot E, Gröndahl K. Calculating effective dose on a cone beam computed tomography device: 3D Accuitomo and 3D Accuitomo FPD. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008;37(2):72-9.
- Lofthag-Hansen S, Thilander-Klang A, Gröndahl K. Evaluation of subjective image quality in relation to diagnostic task for cone beam computed tomography with different fields of view. *Eur J Radiol.* 2011;80(2):483-488.
- Luder L, Hans Ulrich S; Luder, Hans Ulrich. Resorption pattern and radiographic diagnosis of invasive cervical resorption. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2012;122(10):914-922.
- Lustman J, Ehrlich J. Deep external resorption: Treatment by combined endodontic and surgical approach. A report of 2 cases. *J Dent.* 1974;2(5):203-6.
- Lyroudia KM, Dourou VI, Pantelidou OC, Labrianidis T, Pitas IK. Internal root resorption studied by radiography, stereomicroscope, scanning electron microscope and computerized 3D reconstructive method. *Dent Traumatol.* 2002;18(3):148-52.
- Mah JK, Danforth RA, Bumann A, Hatcher D. Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;96(4):508-13.
- Mah JK, Huang JC, Choo H. Practical applications of cone-beam computed tomography in orthodontics. *J Am Dent Assoc* 2010;141(3):7–13.
- Majorana A, Bardellini E, Conti G, Keller E, Pasini S. Root resorption in dental trauma: 45 cases followed for 5 years. *Dent Traumatol.* 2003;19(5):262-5.

- Makkes P C, Thoden van Velzen S K. Cervical external root resorption. *J Dent*. 1975;3(5):217-22.
- Manosudprasit A., Haghi A., Allareddy V., and Masoudc M. I. Diagnosis and treatment planning of orthodontic patients with 3-dimensional dentofacial records. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017;151(6):1083-1091.
- Maret D, Telmon N, Peters OA, et al. Effect of voxel size on the accuracy of 3D reconstructions with cone beam CT. *Dentomaxillofac Radiol*. 2012;41(8):649-55.
- Mattison G, Delavanis H, Delavanis P, Johns P. Orthodontic root resorption of vital and endodontically treated teeth. *J Endod*. 1984;10(8):354-8.
- Masoud MI, Bansal N, Castillo JC, Manosudprasit A, Allareddy V, Haghi A, Hawkins HC, Otarola-Castillo E. 3D dentofacial photogrammetry reference values: a novel approach to orthodontic diagnosis. *Eur J Orthod*. 2017;39(2):215-225.
- Mavridou AM, Hauben E, Wevers M, et al. Understanding external cervical resorption in vital teeth. *J Endod*. 2016;42(12):1737-1751.
- Mazonakis M, Damilakis J, Varveris H Bladder and rectum volume estimations using CT and stereology. *Comput Med Imaging Graph* 1998;22(3):195-201.
- Miracle AC, Mukherji SK. Conebeam CT of the head and neck, part 2: clinical applications. *AJNR Am J Neuroradiol* 2009;30(7):1285–92.
- Mummery J. The pathology of ‘pink spots’ on teeth. *Br Dent J* 1920;41:301.
- Naik M N, Tourani KL, Sekhar GC, Honavar SG. Interpretation of computed tomography imaging of the eye and orbit. A systematic approach. *Indian J Ophthalmol*. 2002;50(4):339.
- Nance RS, Tyndall D, Levin LG, Trope M. Diagnosis of external root resorption using TACT (tuned-aperture computed tomography). *Endod Dent Traumatol*. 2000;16(1): 24-8.
- Nasseh I, Al-Rawi W. Cone Beam Computed Tomography. *Dent Clin North Am*. 2018;62(3):361-391.
- Ne RF, Witherspoon DE, Gutmann JL. Tooth resorption. *Quintessence Int* 1999;30(1):9–25.
- Neuvald L, Consolaro A Cementoenamel junction: microscopic analysis and external cervical resorption. *J Endod*. 1992;26(9):503–8.
- Neves FS, Vasconcelos TV, Vaz SL, Freitas DQ, Haiter-Neto F. Evaluation of reconstructed images with different voxel sizes of acquisition in the diagnosis of simulated external root resorption using cone beam computed tomography. *Int Endod J*. 2012;45(3):234–9.
- Nilsson E, Bonte E, Bayet F, and Lasfargues JJ. Management of Internal Root Resorption on Permanent Teeth. *Int J Dent*. 2013;929486.
- Noujeim M, Prihoda T, Langlais R, Nummikoski P. Evaluation of high-resolution cone beam computed tomography in the detection of simulated interradicular bone lesions. *Dentomaxillofac Radiol*. 2009;38(3):156-62.

- Nurko C. Three-dimensional imaging cone beam computer tomography technology: an update and case report of an impacted incisor in a mixed dentition patient. *Pediatr Dent*. 2010;32(4):356–60.
- Oberoi S, Chigurupati R, Gill P, Hoffman WY, Vargervik K. Volumetric assessment of secondary alveolar bone grafting using cone beam computed tomography. *Cleft Palate Craniofac J*. 2009;46(5):503–511.
- Oehlers FA. A case of internal resorption following injury. *Br Dent J*. 1951;90(1):13–16.
- Oh SH, Kang JH, Seo YK, Lee SR, Choi HY, Choi YS Linear accuracy of cone-beam computed tomography and a 3-dimensional facial scanning system: an anthropomorphic phantom study. *Imaging Sci Dent*. 2018;48(2):111–119.
- Orhan K, Diş hekimliğinde konik ışınli komputerize tomografinin (KIKT) yeri ve önemi. *Yeditepe J Dent*. 2012;3:6–17.
- Owman-Moll P, Kurol J. Root resorption after orthodontic treatment in high- and low-risk patients: analysis of allergy as a possible predisposing factor. *Europ J Orthod*. 2000;22(6):657–63.
- Ozcan I. Diş Hekimliğinde Radyolojinin Esasları İstanbul Tıp Kitabevleri: İstanbul 2017.
- Ozer SY. Detection of vertical root fractures by using cone beam computed tomography with variable voxel sizes in an in vitro model. *J Endod*. 2011;37(1):75–9.
- Panmekiate S, Apinhasmit W, Petersson A. Effect of electric potential and current on mandibular linear measurements in cone beam CT. *Dentomaxillofac Radiol*. 2012;(7)41: 578–82.
- Patel S, Dawood A. The use of cone beam computed tomography in the management of external cervical resorption lesions. *Int Endod J*. 2007;40(9):730–7.
- Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J*. 2007;40(10):818–30.
- Patel S, Dawood A, Wilson R, Horner K, Mannocci F. The detection and management of root resorption lesions using introral radiography and cone beam computed tomography: an in vivo investigation. *Int Endod J*. 2009a;42(9):831–8.
- Patel S, Dawood A, Whaites E, Pitt Ford T. New dimensions in endodontic imaging: part 1—conventional and alternative radiographic systems. *Int Endod J*. 2009b;42(6):447–62.
- Patel S, Kanagasingam S, Ford TP. External cervical resorption: a review. *J Endod*. 2009c;35(5):616–25.
- Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endod J*. 2009;42(6):463–75.
- Patel S, Ford T P. Is the resorption external or internal? *Dent Update*. 2007;34(4):218–229.
- Patel S, Saberi N. The ins and outs of root resorption. *Br Dent J*. 2018; 224(9):691–699.
- Patel S, Foschi F, Condon R, Pimentel T, Bhuva B. External cervical resorption: part 2 - management. *Int Endod J*. 2018; 51(11): 1224–38.

- Patel S, Ricucci D, Durak C, Tay F. Internal root resorption: a review. *J Endod*. 2010;36(7):1107-21.
- Patel K, Mannocci F, Patel S. The assessment and management of external cervical resorption with periapical radiographs and cone-beam computed tomography: a clinical study. *J Endod* 2016;42(10):1435–40.
- Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endod J*. 2009;42(6):463–75.
- Patel S, Foschi F, Mannocci F, Patel K. External cervical resorption: a three-dimensional classification. *Int Endod J*. 2018;51(2):206–214.
- Pauwels R, Silkosessak O, Jacobs R, Bogaerts R, Bosmans H, Panmekiate S. A pragmatic approach to determine the optimal kVp in cone beam CT: balancing contrast-to-noise ratio and radiation dose. *Dentomaxillofac Radiol*. 2014;43(5):20140059
- Pauwels R, Nackaerts O, Bellaiche N, Stamatakis H, Tsiklakis K, Walker A Variability of dental cone beam CT grey values for density estimations. *Br J Radiol*. 2013;86(1021):20120135
- Pauwels R, Jacobs R, Singer SR, Mupparapu M CBCTbased bone quality assessment: are Hounsfield units applicable? *Dentomaxillofac Radiol*. 2015;44(1):20140238
- Pickrell BB, Hollier LH Jr. Evidence-based medicine: mandible fractures. *Plast Reconstr Surg*. 2017;140(1):192–200.
- Ponder SN, Benavides E, Kapila S, Hatch NE. Quantification of external root resorption by low- vs high-resolution cone-beam computed tomography and periapical radiography: a volumetric and linear analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013;143(1):77–91.
- Ramanathan C, Hofman Z. Root resorption in relation to orthodontic tooth movement. *Acta Medica*. 2006;49(2):91.
- Ramesh R, Sadasivan A. Oral squamous cell carcinoma masquerading as gingival overgrowth. *Eur J Dent*. 2017;11(3):390–4.
- Rana M, Modrow D, Keuchel J, Chui C, Rana M, Wagner M Development and evaluation of an automatic tumor segmentation tool: a comparison between automatic, semi-automatic and manual segmentation of mandibular odontogenic cysts and tumors. *J Craniomaxillofac Surg*. 2015;43(3):355–359
- Rege IC, Sousa TO, Leles CR, et al. Occurrence of maxillary sinus abnormalities detected by cone beam CT in asymptomatic patients. *BMC Oral Health*. 2012;12:30.
- Richardson I. The calcium silicate hydrates. *Cem Concr Res*. 2008; 38(2):137–58.
- Ru N, Liu SS, Zhuang L, et al. In vivo microcomputed tomography evaluation of rat alveolar bone and root resorption during orthodontic tooth movement. *Angle Orthod*. 2013;83(3):402–9.
- Rustemeyer P, Streubuhr U, Suttmoeller J. Low-dose dental computed tomography: significant dose reduction without loss of image quality. *Acta Radiol*. 2004;45(8):847–53.

- Saccomanno S, Passarelli PC, Oliva B, Grippaudo C. Comparison between Two Radiological Methods for Assessment of Tooth Root Resorption: An In Vitro Study. *Hindawi BioMed Researc Int*. 2018;5152172.
- Sahin B, Ergur H Assessment of the optimum section thickness for the estimation of liver volume using magnetic resonance images: a stereological gold standard study. *Eur J Radiol*. 2006;57(1):96–101.
- Sak M, Radecka M, Karpiński T, Wędrychowicz-Welman A, Szkaradkiewicz A. Tooth root resorption: etiopathogenesis and classification. *Micro Medicine*. 2016;4(1):21–31.
- Santos, B., Mendonça, D.S., Sousa, D., Neto, J.J. Araújo, R.B. Root resorption after dental traumas: classification and clinical, radiographic and histologic aspects. *Revista Sul-Brasileira de Odontologia* 2011;8(4):439-445.
- Scarfe WC, Farman AG: What is cone-beam CT and how does it work? *Dent Clin North Am*. 2008;52(4):707–730.
- Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc*. 2006;72(1):75– 80.
- Scarfe WC, Levin MD, Gane D, et al. Use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int J Dent*. 2009;634567.
- Scarfe WC, Farman AG, Levin MD, Gane D: Essentials of maxillofacial cone beam computed tomography. *Alpha Omegan*. 2010;103(2):62–67.
- Schulze RKW, Berndt D, d’Hoedt B. On cone-beam computed tomography artifacts induced by titanium implants. *Clin Oral Implants Res*. 2010;21(1):100–7.
- SEDENTEXCT GDP. Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology. Evidence based guidelines. European Commission Directorate-General for Energy, Luxembourg. 2012. Radiation protection. No:172
- Sezgin OS, Kayıpmaz S, Sahin B The effect of slice thickness on the assessment of bone defect volumes by the Cavalieri principle using cone beam computed tomography. *J Digit Imaging*. 2013;26(1):115–118
- Siegel MJ, Schmidt B, Bradley D, Suess C, Hildebolt C. Radiation dose and image quality in pediatric CT: effect of technical factors and phantom size and shape. *Radiology*. 2004;233(2):515–522.
- Silveira HL, Silveira HE, Liedke GS, Lermen CA, Santos RB, Figueiredo JAP Diagnostic ability of computed tomography to evaluate external root resorption in vitro. *Dentomaxillofac. Radiol*. 2007;36(7):393–6.
- Silveira FF, Nunes E, Soares JA, Ferreira CL, Rotstein I. Double ‘pink tooth’ associated with extensive internal root resorption after orthodontic treatment: a case report. *Dent Traumatol*. 2009;25(3):43–7.
- Silveira HL, Silveira HE, Liedke GS, Lermen CA, Dos Santos RB, de Figueiredo JA. Diagnostic ability of computed tomography to evaluate external root resorption in vitro. *Dentomaxillofac Radiol*. 2007; 36(7):393–6.
- Sousa Melo SL, Vasconcelos KF, Holton N, Allareddy V, Allareddy V, Tabchoury CPM, et al. Impact of conebeam computed tomography scan mode on the diagnostic yield of



chemically simulated external root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017a; 151(6):1073–82.

Sousa Melo SL, Belem MDF, Prieto LT, Tabchoury CPM, Haiter-Neto F. Comparison of cone beam computed tomography and digital intraoral radiography performance in the detection of artificially induced recurrent caries-like lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2017b;124(3):306–14.

Sönmez G., Koç C. and Kamburoğlu K. Accuracy of linear and volumetric measurements of artificial ERR cavities by using CBCT images obtained at 4 different voxel sizes and measured by using 4 different software: an ex vivo research. *Dentomaxillofac Radiol.* 2018;47(8):20170325.

Summa S, Ursini R, Manicone PF, et al. MRI assessment of temporomandibular disorders: an approach to diagnostic and therapeutic setting. *Cranio.* 2014;32(2):131–8.

Sune Ericson, Krister Bjerklin, Babak Falahat. Does the Canine Dental Follicle Cause Resorption of Permanent Incisor Roots? A Computed Tomographic Study of Erupting Maxillary Canines. *Angle Orthod.* 2002;72(2):95-104.

Sur J, Seki K, Koizumi H, Nakajima K, Okano T. Effects of tube current on cone-beam computerized tomography image quality for presurgical implant planning in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;110(3):29–33.

Swennen GR, Schutyser F, Barth EL, De Groeve P, De Mey A. A new method of 3-D cephalometry. Part I: the anatomic Cartesian 3-D reference system. *J Craniofac Surg.* 2006;17(2):314–25.

Szabo BT, Aksoy S, Repassy G et al. Comparison of hand and semiautomatic tracing methods for creating maxillofacial artificial organs using sequences of computed tomography (CT) and cone beam computed tomography (CBCT) images. *Int J Artif Organs* 2017;9(6):307–312.

Thomas P, Krishna Pillai R, Pushparajan Ramakrishnan B, Palani J. An insight into internal resorption. *ISRN Dent.* 2014:759326.

Torres MG, Pena N, Ribeiro M, et al. Avaliac doses referenciais obtidas com exames de tomografia computadorizada de feixe conico adquiridos com diferentes tamanhos de voxel. *Dental Press J Orthod.* 2010;15(1):42–3.

Torres MG, Campos PS, Segundo NP Accuracy of linear measurements in cone beam computed tomography with different voxel sizes. *Implant Dent.* 2012;21(2):150–155.

Trope M. Root resorption due to dental trauma. *Endod Topics.* 2002;1(1):79–100.

Trope M, Chivian N. Root resorption. In: Cohen, ST, Burns, R, editors. *Pathways of the Pulp*, 6th edn. London. 1994;6:486-512.

Trope M. Subattachment inflammatory root resorption: Treatment strategies. *Pract Periodont Aesthet Dent.* 1998a;10(8):1005-1010.

Trope M. Root resorption of dental and traumatic origin: classification based on etiology. *Practic periodon and aesth dent.* 1998b;10(4):515-22.

Tronstad L. Root resorption – etiology, terminology and clinical manifestations. *Dent Traumatol.* 1988;4(6):241–52.

- Tsiklakis K, Donta C, Gavala S, Karayianni K, Kamenopoulou V, Hourdakakis CJ: Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose cone beam CT. *Eur J Radiol.* 2005;56(3):413–417.
- Tyndall DA, Brooks SL. Selection criteria for dental implant site imaging: a position paper of the American Academy of Oral and Maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000;89(5):630–7.
- Tyrovola JB, Spyropoulos MN, Makou M, Perrea D. Root resorption and the OPG/RANKL/RANK system: a mini review. *J Oral Sci.* 2008; 50(4):367–76.
- Qu X, Li G, Zhang Z, Ma X: Detection accuracy of in vitro approximal caries by cone beam computed tomography images. *Eur J Radiol.* 2011;79(2):24–27.
- Xi T, Schreurs R, Heerink WJ, Bergé SJ, Maal TJ A novel region-growing based semi-automatic segmentation protocol for three-dimensional condylar reconstruction using cone beam computed tomography (CBCT). *PLoS One.* 2014;9(11):111126
- Xu J, Reh DD, Carey JP, Mahesh M, Siewerdsen JH. Technical assessment of a cone-beam CT scanner for otolaryngology imaging: image quality, dose, and technique protocols. *Med Phys.* 2012;39(8):4932–4942.
- Xu X, Zhou J, Yang F, et al. Using micro-computed tomography to evaluate the Dynamics of orthodontically induced root resorption repair in a rat model. *PloS One.* 2016;11(3):0150135.
- Viera AJ, Garrett JM. Understanding interobserver agreement: the kappa statistic. *Fam Med.* 2005;37(5):360-3.
- Walker L, Enciso R, Mah J. Three dimensional localisation of maxillary canines with cone-beam computed tomography. *AM J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005;128(4):418-23.
- Wedenberg C. Development and morphology of internal resorption in teeth – A study in humans, monkeys and rats. Stockholm, Sweden: Karolinska Institute, 1987. PhD thesis.
- Wedenberg C, Lindskog S. Experimental internal resorption in monkey teeth. *Dent Traumatol.* 1985;1(6):221–7.
- Westphalen VP, Gomes de Moraes I, Westphalen FH, Martins WD, Souza PH. Conventional and digital radiographic methods in the detection of simulated external root resorption: a comparative study. *Dentomaxillofac Radiol.* 2004;33(4):233-5.
- White SC. Cone-beam imaging in dentistry. *Health Phys* 2008;95(5):628–37.
- White SC, Pharoah MJ *Oral radiology-E-Book: Principles and interpretation.* Elsevier Health Sciences. 2014.
- Wierzbicki T, El-Bialy T, Aldaghreer S, et al. Analysis of orthodontically induced root resorption using micro-computed tomography (Micro-CT). *Angle Orthod.* 2009;79(1):91–6.
- Wu TY, Lin HH, Lo LJ, et al. Postoperative outcomes of two- and threedimensional planning in orthognathic surgery: a comparative study. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2017;70(8):1101–11.

Yi J, Sun Y, Li Y, et al. Cone-beam computed tomography versus periapical radiograph for diagnosing external root resorption: A systematic review and meta-analysis. *Angle Orthod.* 2017;87(2):328–37.

Yildirim S, Yapar M, Sermet U, Sener K, Kubar A. The role of dental pulp cells in resorption of deciduous teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;105(1):113–20.

Yushkevich PA, Piven J, Hazlett HC, Smith RG, Ho S, User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: significantly improved efficiency and reliability. *NeuroImage.* 2006;31(3):1116–1128.

Zhou HH, Ongodia D, Liu Q, et al. Dental trauma in patients with maxillofacial fractures. *Dent Traumatol* 2013;29(4):285–90.



## **EKLER**

### **EK 1. Girişimsel Olmayan Etik Kurulu Onay Belgesi**





T.C.  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
Sağlık Bilimleri Enstitüsü



**DOKTORA TEZİ ORJİNALLİK RAPORU**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                      |                                  |                          |                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|---------------------|
| <b>Tez Başlığı /<br/>Konusu</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>EKSTERNAL KÖK REZORPSİYONUNUN HACMİNİ ÖLÇMEDE FARKLI KONİK<br/>İŞİNLİ BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ SİSTEMLERİNİN DOĞRULUĞUNUN<br/>KARŞILAŞTIRILMASI</b> |                                  |                          |                     |
| <b>İntihal taraması yapılan bölümler ve sayfa sayıları</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                      |                                  |                          |                     |
| Kapak sayfası                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Giriş                                                                                                                                                | Ana bölümler                     | Sonuç bölümleri          | Toplam sayfa sayısı |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2                                                                                                                                                    | 38                               | 15                       | 57                  |
| <b>İntihal taraması yapılan program</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                      | <b>Taramanın yapıldığı tarih</b> | <b>Benzerlik oranı %</b> |                     |
| Turnitin                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                      | 26 /10 / 2021                    | %5                       |                     |
| <b>*Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                      |                                  |                          |                     |
| <div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"><div style="width: 50%;">- Kabul ve onay sayfası hariç,</div><div style="width: 50%;">- Gereç ve yöntemler hariç,</div><div style="width: 50%;">- Teşekkür hariç,</div><div style="width: 50%;">- Kaynakça hariç,</div><div style="width: 50%;">- İçindekiler hariç,</div><div style="width: 50%;">- Alıntılar hariç,</div><div style="width: 50%;">- Simge ve kısaltmalar hariç,</div><div style="width: 50%;">- Tezden çıkan yayınlar hariç,</div><div style="width: 100%;">- 7 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit match size to 7 words)</div></div> |                                                                                                                                                      |                                  |                          |                     |
| <p>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabulettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.</p> <p style="text-align: right;">Gereğini bilgilerinize arz ederim.</p> <p style="text-align: right;">Öğrencinin Adı Soyadı<br/>Ayşe Gül ÖNER TALMAÇ<br/>İmza</p>                                                    |                                                                                                                                                      |                                  |                          |                     |

|                              |                                                                                    |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Öğrencinin Adı Soyadı</b> | Ayşe Gül ÖNER TALMAÇ                                                               |
| <b>Anabilim Dalı</b>         | Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi                                                      |
| <b>Öğrenci No</b>            | 17930005004                                                                        |
| <b>Programı</b>              | <input type="checkbox"/> Yüksek Lisans <input checked="" type="checkbox"/> Doktora |

|                                                                  |                                                                 |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>DANIŞMAN ONAYI</b><br>UYGUNDUR<br><br>(Unvan, Ad Soyad, İmza) | <b>ENSTİTÜ ONAYI</b><br>UYGUNDUR<br><br>(Unvan, Ad Soyad, İmza) |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|