



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**



**MOLAR DİŞLERDE FURKAL PERFORASYONLARIN
RADYOGRAFİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ:
İN VİTRO ÇALIŞMA**

Zehra İrem ÖZTÜRK BARUT

**AĞIZ, DİŞ VE ÇENE RADYOLOJİSİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

DANIŞMAN

Prof. Dr. Bengi ÖZTAŞ

EŞ-DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Arda BÜYÜKSUNGUR

ANKARA

2025

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

MOLAR DİŞLERDE FURKAL PERFORASYONLARIN
RADYOGRAFİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ:
İN VİTRO ÇALIŞMA

Zehra İrem ÖZTÜRK BARUT

AĞIZ, DİŞ VE ÇENE RADYOLOJİSİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Bengi ÖZTAŞ

EŞ-DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Arda BÜYÜKSUNGUR

ANKARA

2025

Bu araştırma Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'nün

TSA-2024-3542 proje numarası ile desteklenmiştir.

ETİK BEYAN

Ankara Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı'na,

Diş hekimliğinde uzmanlık tezi olarak hazırlayıp sunduğum “Molar Dişlerde Furkal Perforasyonların Radyografik Olarak Değerlendirilmesi: *In Vitro* Çalışma” başlıklı tez; 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. Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Zehra İrem ÖZTÜRK BARUT

Tarih:

İmza:

KABUL VE ONAY

Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dekanlığı'na

Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Uzmanlık Programı çerçevesinde yürütülmüş olup bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi:

Prof. Dr. Bengi ÖZTAŞ

Ankara Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi A.B.D.

(Jüri Başkanı)

Prof. Dr. Rana NALÇACI

Ankara Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi A.B.D.

Doç. Dr. Hilal PEKER ÖZTÜRK

Sağlık Bilimleri Üniversitesi

Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi

Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi A.B.D.

ÖZET

Molar Dişlerde Furkal Perforasyonların Radyografik Olarak Değerlendirilmesi: *In Vitro* Çalışma

Furkasyon bölgesi, çok köklü dişlerde köklerin ayrıldığı, anatomik olarak karmaşık bir bölgedir. Bu bölgedeki patolojilerin görüntülenmesi, özellikle konvansiyonel radyografik yöntemlerle sınırlı kalmakta; süperpozisyon, kök morfolojisi ve çevre anatomik yapılar gibi etmenler tanısal zorluklara yol açmaktadır. Bu *in vitro* çalışmanın amacı, maksiller ve mandibular molar dişlerde oluşturulan yapay furkasyon perforasyonlarının tespit edilebilirliğini değerlendirmek ve farklı görüntüleme yöntemlerinin tanısal başarısını karşılaştırmaktır. Toplam 56 adet maksiller ve mandibular molar dişte yapay furkasyon perforasyonları oluşturulmuş dişler hem kök kanal tedavisi öncesi hem de sonrası olmak üzere iki farklı aşamada değerlendirilmiştir. Görüntüleme için Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nde bulunan Newtom 7G (NEWTOM™, CEFLA s.c, Kuzey Amerika, ABD) KIBT cihazına ait farklı görüntüleme modları (Low dose, Regular ve Best Quality) ve voksel boyutları (0,3 , 0,24 , 0,18, 0,15, 0,12, 0,09 mm³) kullanılarak elde edilen konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) görüntüleri ile paralel teknik kullanılarak alınan dijital periapikal radyografiler değerlendirilmiştir. Görüntüler, farklı uzmanlık alanlarına ve deneyim düzeylerine sahip üç gözlemci tarafından beş farklı tanısal kategoriye göre değerlendirildi. Gözlemci içi ve gözlemciler arası uyum düzeyleri Kappa ile analiz edildi. Ayrıca, KIBT görüntülerinde sagittal kesitler üzerinden yapılan perforasyonun doğrusal ölçümleri altın standart mikro bilgisayarlı tomografi (Mikro-BT) ölçümleriyle karşılaştırıldı ve sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC) ile analiz edildi. Bulgular, KIBT'nin özellikle yüksek çözünürlük sağlayan düşük voksel boyutlarında furkasyon perforasyonlarının tespitinde periapikal radyografiye kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksek tanısal doğruluk sunduğunu ortaya koymuştur. Kök kanal dolgu materyalinin varlığı, bazı görüntüleme modları ve voksel boyutlarında perforasyonun tespit edilebilirliğini azaltmıştır. Konik ışınli bilgisayarlı tomografi üzerinden yapılan ölçümlerin, altın standart Mikro-BT ölçümleriyle yüksek düzeyde korelasyon gösterdiği gözlenmiştir (p < 0,05). Ölçümler açısından en yüksek doğruluk ve gözlemci uyumu, "Best Quality" modunda elde edilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışmada furkasyon bölgesindeki perforasyonların tespitinde KIBT'nin periapikal radyografiye göre anlamlı bir avantaj sağladığı gösterilmiştir. Maksiller molar dişler ve kök kanal tedavisi yapılan vakalarda yüksek çözünürlüklü ve düşük voksel boyutlarına sahip KIBT modlarının tercih edilmesi önerilmektedir. Bu bulgular, furkasyon perforasyonlarının erken tanısı için KIBT'nin dikkatli ve endikasyon dahilinde kullanılmasının önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Sözcükler: Furkasyon Perforasyonu, Konik Işınli Bilgisayarlı Tomografi, Mikro Bilgisayarlı Tomografi, Periapikal Radyografi

SUMMARY

Radiographic Evaluation of Furcation Perforations in Molar Teeth: An *In Vitro* Study

The furcation area is an anatomically complex region where the roots of multirooted teeth diverge. Visualizing pathologies in this region is particularly challenging with conventional radiographic techniques, as diagnostic challenges arise due to factors such as superposition, root morphology, and surrounding anatomical structures.. The aim of this *in vitro* study was to evaluate the detectability of artificially created furcation perforations in maxillary and mandibular molars and to compare the diagnostic accuracy of different imaging modalities. A total of 56 maxillary and mandibular molar teeth with artificially created furcation perforations were evaluated in two different stages: before and after root canal treatment. Imaging was performed using a NewTom 7G (NEWTOM™, CEFLA s.c., North America, USA) CBCT device at Ankara University Faculty of Dentistry. Three different scan modes (Low Dose, Regular, and Best Quality) and voxel sizes (0.30, 0.24, 0.18, 0.15, 0.12, and 0.09 mm³) were used to acquire cone-beam computed tomography (CBCT) images. Additionally, digital periapical radiographs obtained with the parallel technique were included in the evaluation. The images were evaluated by three observers with different specialties and experience levels, using five distinct diagnostic categories. Intraobserver and interobserver agreement levels were analyzed using the kappa coefficient. Moreover, linear measurements of the perforations made on sagittal CBCT sections were compared with gold standard micro-computed tomography (micro-CT) measurements and evaluated using the intraclass correlation coefficient (ICC). The findings demonstrated that CBCT, particularly at lower voxel sizes providing higher resolution, offered significantly greater diagnostic accuracy than periapical radiography in the detection of furcation perforations. The presence of root canal filling material was found to reduce detectability in some scan modes and voxel size combinations. Linear measurements obtained from CBCT images showed a high level of correlation with the gold standard micro-CT measurements ($p < 0.05$). The highest accuracy and observer agreement were achieved using the “Best Quality” mode. In conclusion, this study demonstrated that CBCT provides a significant diagnostic advantage over periapical radiography in detecting furcation perforations. It is recommended that CBCT modes with high resolution and small voxel sizes be preferred, especially in maxillary molars and cases with root canal treatment. These findings highlight the importance of using CBCT judiciously and within appropriate indications for the early detection of furcation perforations.

Keywords: Cone-Beam Computed Tomography, Furcation Perforation, Micro-Computed Tomography, Periapical Radiography

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN.....	ii
KABUL VE ONAY.....	iii
ÖZET	iv
SUMMARY	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÖNSÖZ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
ŞEKİLLER.....	xi
ÇİZELGELER	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel Bilgiler	5
1.1.1. Perforasyonlar	5
1.1.2. Endodontik Perforasyonların Etiyolojisi.....	6
1.1.2.1. Patolojik Perforasyonlar	6
1.1.2.2. İyatrojenik Perforasyonlar	6
1.1.3. Endodontik Perforasyonların Sınıflandırılması	7
1.1.4. Endodontik Perforasyonların Prognozu.....	9
1.1.4.1. Perforasyonun Lokalizasyonu.....	9
1.1.4.2. Perforasyonun Boyutu	10
1.1.4.3. Perforasyon Tamir Edilene Kadar Geçen Süre	11
1.1.4.4. Perforasyon Tamir Materyali.....	11
1.1.4.5. Perforasyon Bölgesindeki Periodontal Durum	12
1.1.4.6. Hekimin Manipülasyonu	12
1.1.4.7. Hasta Faktörü	12
1.1.5. Furkasyon Perforasyonları	13
1.1.6. Endodontik Perforasyonların Teşhisi	14

1.1.7. Endodontik Perforasyonların Teşhisinde Kullanılan Görüntüleme Yöntemleri.....	16
1.1.7.1. Periapikal Radyografi.....	16
1.1.7.2. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi.....	18
1.1.8. Mikro Bilgisayarlı Tomografi.....	23
2. GEREÇ VE YÖNTEM.....	26
2.1. Örneklem Büyüklüğünün Hesaplanması ve Örneklerin Seçilmesi.....	26
2.2. Örneklerin Hazırlanması.....	26
2.4. Endodontik Tedavi Öncesi ve Sonrası Örneklerin KIBT Taramalarının Yapılması ve Analizi.....	28
2.5. Endodontik Tedavi Öncesi ve Sonrası Örneklerin Periapikal ve KIBT Görüntülerinin Analizi.....	31
2.6. Endodontik Tedavi Öncesi ve Sonrası Örneklerin Mikro BT Taramalarının Yapılması, Rekonstrüksiyonu ve Analizi.....	32
2.7. Örneklere Endodontik Tedavi Uygulanması.....	34
2.8. İstatiksel Analiz.....	34
3. BULGULAR.....	35
3.1. Gözlemcilerin Gerçek Sonuçlarla Uyum.....	35
3.2. Gözlemci İçi Uyumların Değerlendirilmesi.....	39
3.3. Gözlemciler Arası Uyumların Değerlendirilmesi.....	42
3.4. Kök Kanal Tedavisi Yapılmamış Dişlerde Furkasyon Perforasyonu Ölçüm Genişliği Değerlendirilmesi.....	49
3.5. Kök Kanal Tedavisi Yapılmamış Dişlerde Furkasyon Perforasyonu Ölçüm Genişliği Gözlemciler Arası Uyum Değerlendirilmesi.....	51
3.6. Kök Kanal Tedavisi Yapılmış Dişlerde Furkasyon Perforasyonu Ölçüm Genişliği Değerlendirilmesi.....	52
3.7. Kök Kanal Tedavisi Yapılmış Dişlerde Furkasyon Perforasyonu Ölçüm Genişliği Gözlemciler Arası Uyum Değerlendirilmesi.....	55
3.8. Furkasyon Perforasyonu Ölçüm Genişliği Gözlemci İçi Uyum Değerlendirilmesi	56
4. TARTIŞMA.....	59
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	72
KAYNAKLAR.....	75
ÖZGEÇMİŞ.....	89

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren, tez sürecimin her aşamasında titizlikle rehberlik eden, yalnızca bilimsel değil insani yönüyle de desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Bengi ÖZTAŞ’a,

Bütün sorunlarım için kapısı her zaman açık olan, sorularımı büyük bir dikkatle dinleyip çözümler üretmek için elinden geleni yapan kıymetli eş danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Arda BÜYÜKSUNGUR’a,

Eğitim hayatım boyunca mesleki ve insani yönden bakış açılarımı zenginleştiren saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Candan S. PAKSOY, Prof. Dr. Rana NALÇACI, Prof. Dr. Kaan ORHAN, Prof. Dr. M. Hakan KURT, Prof. Dr. M. Eray KOLSUZ, Prof. Dr. Kıvanç KAMBUROĞLU ve Dr. Öğr. Üyesi Cengiz EVLİ’ye,

Bazen beni benden daha iyi tanıyan ve her koşulda elimden tutan S.Tuççe GÖKDENİZ’e, başım sıkıştığımda yardımına koşulsuzca yetişen Abdullah AKTAŞ’a, sağduyusuyla bana yön veren Buket EREN’e, yalnızca bir çalışma arkadaşı değil birlikte gülüp eğlendiğim dostum Dr. Öğr. Üyesi Merve ÖNDER’e,

Öğrendiklerini benimle paylaşan ve sabırla sorularıma yanıt veren kıdemlilerim H.Ahsen DENİZ, Burak İNCEBEYAZ ve Elif POLAT BALKAN’a, tez sürecinde yol arkadaşlığı yapan eşkıdemlilerim Sena KARACAN ÇELEBİ ve Özgür KARAMAN İNCEKÜRK’e, sevgili Serhat EFEOĞLU, kardeşim gibi sevdiğim Emre KARAHAN, ben olmayan diğer İrem ÖZTÜRK, Melike KÖROĞLU, Merve ÇAĞLAR, Songül GÖKŞİN, teknoloji konusundaki desteğiyle vazgeçilmezim Gözde HAKSAYAR, birlikte daha fazla vakit geçirmeyi her zaman istediğim Aslıhan ÇETİNEL, tezimdaki desteğine minnettar olduğum Meryem İrem AKÇAY ve diğer kıymetli çalışma arkadaşlarıma,

Başta anabilim dalımızın değerli sekreteri, adeta hayat kurtarıcımız Eylem KAYALI olmak üzere diğer tüm sekreterlerimize ve çalışma arkadaşlarıma, her durumda bana yardımcı olan başta Bilal ARKAN olmak üzere sevgili teknisyenlerimiz Burak H. KANAT, Emin E. DEDEBAŞ, Ertuğrul KARATAŞ, Fatih KARAHAN, Ö.Melih KARACA ve diğer değerli teknisyenlerimize,

Hayatımın her döneminde koşulsuz sevgileri ve destekleriyle yanımda olan, bugünlere gelmemde büyük emekleri bulunan canım aileme, babam Can ÖZTÜRK'e, annem Tülay ÖZTÜRK'e ve kardeşim S. Ceren ÖZTÜRK'e,

Beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, sabır ve anlayışıyla her an yanımda olan, desteğini ve sevgisini daima hissettiren, tezimde en az benim kadar emeği bulunan, yol arkadaşım, canım eşim Dt. Berkay BARUT'a,

Tüm kalbimle sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

SİMGELER VE KISALTMALAR

ALARA	As Low As Reasonably Achievable (Makul Olarak Ulaşılabılır En Düşük Doz)
ALADA	As Low As Diagnostically Acceptable (Tanısal Olarak Kabul Edilebilir En Düşük Doz)
ALADAIP	As Low As Diagnostically Acceptable, being Indication- oriented and Patient-specific (Tanısal Olarak Kabul Edilebilir Düzeyde, Endikasyon Odaklı ve Hastaya Özel)
CDD	Charge-Coupled Device
FOV	Field of View (Görüş Alanı)
ICC	Intraclass Correlation Coefficient (Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı)
IRM	Intermediate Restorative Material)
κ	Kappa İstatistiği kısaltması
KIBT	Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi
kVp	Kilovolt peak
mA	Miliamper
mAs	Miliamper saniye
MBT	Medikal Bilgisayarlı Tomografi
mGy	Miligray
Mikro-BT	Mikro Bilgisayarlı Tomografi
MTA	Mineral Trioxide Aggregate
PA	Periapikal radyografi
SuperEBA	Super-ethoxy Benzoic Acid

ŞEKİLLER

Şekil 1.1. KIBT görüntülerinin FOV alanlarına göre sınıflandırılması (White & Pharoah, 2014)	20
Şekil 2.1. Çalışma grupları	27
Şekil 2.2. a. Kök kanal tedavisi öncesi 10 numaralı sete ait periapikal radyografi görüntüsü b. Kök kanal tedavisi sonrası 10 numaralı sete ait periapikal radyografi görüntüsü c. Kök kanal tedavisi öncesi 3 numaralı sete ait periapikal radyografi görüntüsü d. Kök kanal tedavisi sonrası 3 numaralı sete ait periapikal radyografi görüntüsü	28
Şekil 2.3. Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi bünyesinde bulunan Newtom 7G (NEWTOM™, CEFLA s.c, Kuzey Amerika, ABD) KIBT cihazı	29
Şekil 2.4. 10 numaralı sete ait Low Dose modunda KIBT görüntüleri a. Kök kanal tedavisi öncesi b. Kök kanal tedavisi sonrası	30
Şekil 2.5. 10 numaralı sete ait Regular modunda KIBT görüntüleri a. Kök kanal tedavisi öncesi b. Kök kanal tedavisi sonrası	30
Şekil 2.6. 10 numaralı sete ait Best Quality modunda KIBT görüntüleri a. Kök kanal tedavisi öncesi b. Kök kanal tedavisi sonrası	31
Şekil 2.7. Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi bünyesinde bulunan Mikro-BT cihazı (Bruker Xray 1275, Kontich, Belçika)	33
Şekil 2.8. a. Kök kanal tedavisi öncesi 35 numaralı dişe ait Mikro-BT görüntüsü b. Kök kanal tedavisi sonrası 35 numaralı dişe ait Mikro-BT görüntüsü	33

ÇİZELGELER

Çizelge 2.1. Newtom 7G (NEWTOM™, CEFLA s.c, Kuzey Amerika, ABD) KIBT cihazına ait görüntüleme parametreleri	29
Çizelge 3.1. Gözlemci 1'in gerçek sonuçlarla uyumu	35
Çizelge 3.2. Gözlemci 2'nin gerçek sonuçlarla uyumu	36
Çizelge 3.3. Gözlemci 3'ün gerçek sonuçlarla uyumu	38
Çizelge 3.4. Gözlemci içi uyum değerlendirilmesi (Üst Çene)	40
Çizelge 3.5. Gözlemci içi uyum değerlendirilmesi (Alt Çene)	41
Çizelge 3.6. Gözlemci 1 ve Gözlemci 2 arasındaki uyum değerlendirilmesi (Üst Çene)	43
Çizelge 3.7. Gözlemci 1 ve Gözlemci 2 arasındaki uyum değerlendirilmesi (Alt Çene)	44
Çizelge 3.8. Gözlemci 1 ve Gözlemci 3 arasındaki uyum değerlendirilmesi (Üst Çene)	45
Çizelge 3.9. Gözlemci 1 ve Gözlemci 3 arasındaki uyum değerlendirilmesi (Alt Çene)	46
Çizelge 3.10. Gözlemci 2 ve Gözlemci 3 arasındaki uyum değerlendirilmesi (Üst Çene)	47
Çizelge 3.11. Gözlemci 2 ve Gözlemci 3 arasındaki uyum değerlendirilmesi (Alt Çene)	48
Çizelge 3.12. Gözlemci 1 'in yaptığı ölçümlerin Mikro-BT ölçümleri ile karşılaştırılması	49
Çizelge 3.13. Gözlemci 2 'in yaptığı ölçümlerin Mikro-BT ölçümleri ile karşılaştırılması	50
Çizelge 3.14. Gözlemci 3 'ün yaptığı ölçümlerin Mikro-BT ölçümleri ile karşılaştırılması	50
Çizelge 3.15. Gözlemciler arası uyum değerlendirmesi	51
Çizelge 3.16. Gözlemci 1'in yaptığı ölçümlerin Mikro-BT ölçümleri ile karşılaştırılması	53
Çizelge 3.17. Gözlemci 2'in yaptığı ölçümlerin Mikro-BT ölçümleri ile karşılaştırılması	53
Çizelge 3.18. Gözlemci 3'ün yaptığı ölçümlerin Mikro-BT ölçümleri ile karşılaştırılması	54
Çizelge 3.19. Gözlemciler arası uyum değerlendirmesi	55
Çizelge 3.20. Gözlemci 1 için gözlemci içi uyum değerlendirmesi	56
Çizelge 3.21. Gözlemci 2 için gözlemci içi uyum değerlendirmesi	57
Çizelge 3.22. Gözlemci 3 için gözlemci içi uyum değerlendirmesi	58

1. GİRİŞ

Diş hekimliğinde radyoloji; başta teşhis, tedavi planlaması ve hasta takibi olmak üzere çeşitli alanlarda önemli bir rol oynar. Diş çürükleri, periodontal hastalıklar, endodontik problemler, patolojiler ve maksillofasiyal travma dahil olmak üzere çok farklı problemlerin doğru tanısı için önemlidir (Dean, 2020; Masthoff vd., 2019). Rutin klinik işleyişinde tanı prosedürünün önemli bir parçası dental radyografilerin analizidir. Dental radyografiler, klinik muayene sırasında görünmeyen sorunların belirlenmesine yardımcı olur, tümörler ve travmalarla ilgili gizli kalmış patolojileri ortaya çıkarabilir ve hastanın ağız sağlığının kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlar (Al-Ghamdi vd., 2022; Masthoff vd., 2019). Tanısal radyografiler, komplikasyon olasılığını tahmin etmeye, kök kırığı ve perforasyonların tespitine ve periapikal lezyonları göstermeye yardımcı olur (Scarfe vd., 2009).

Restorasyonlar, endodontik tedaviler, implant operasyonları, ortodontik tedaviler ve diğer maksillofasiyal cerrahi uygulamalarından önce tedavileri planlamak için radyografiler önem arz eder (Stavropoulos vd., 2023). Hastaya uygun en iyi tedavi planını sunabilmek için klinik muayenenin yanında detaylı görüntüler sağlar (Ouyang ve Branstetter, 2010). Uygun tedavinin yapılmasından sonra tedavinin sonuçlarını değerlendirmek ve hasta takibini yapmak için de radyografiler diş hekimliğinde sıklıkla kullanılır (Nisha vd., 2014). Klinik bulguların ya da radyografilerin yanlış yorumlanması ise uygunsuz tedavilere yol açabilir (Alrahabi vd., 2019). Alanımızda kullanılan görüntüleme teknikleri arasında dijital periapikal radyografiler, panoramik radyografiler, ekstraoral görüntüleme yöntemleri, bilgisayarlı tomografi, konik ışınlı bilgisayarlı manyetik rezonans ve ultrasonografi yer alır.

Komplikasyonlar, hastaların dental tedavileri sırasında veya sonrasında ortaya çıkabilen, ideal olmayan sonuçlara yol açabilen istenmeyen olay ya da oluşumlardır. Dental tedavilerin her aşamasında hekimin karşısına çıkabilir ve tedavi başarısını olumsuz etkiler. Endodontik tedavilerle ilgili komplikasyonlarla diş hekimliğinde sıklıkla karşılaşılır. Tanı aşamasında ve tedavi planlamasında olduğu kadar, giriş kavitesi açılması, kök kanallarının şekillendirilmesi, temizlenmesi ve doldurulması dahil olmak üzere herhangi bir aşamada ortaya çıkabilir (Bhuva ve Ikram, 2020). Endodontik komplikasyonlar tanı ve tedavi aşamasında hekime zorluk çıkarabilir (Tyndall ve Kohltfarber, 2012).

Endodontik tedavilerin komplikasyonlardan biri olan perforasyonlar patolojik ya da iyatrojenik olabilir. Patolojik perforasyonlar, yaygın diş çürükleri ya da iç ve dış rezorpsiyonlar nedeniyle kök kanal sistemi ve destekleyici diş yapıları arasında olan açıklıklardır (Estrela vd., 2018). İyatrojenik perforasyonlar, kök kanal tedavisi veya restoratif tedaviler sırasında yapılan prosedürel hatalar nedeniyle oluşan kök kanal sistemi ve destekleyici diş yapıları arasında olan açıklıklardır (Al Attas vd., 2022). İyatrojenik perforasyonlar, giriş kavitesinin açılması, kanal girişlerinin aranması, kök kanallarının şekillendirilmesi ya da post boşluğu hazırlanması sırasında meydana gelebilir (Fornara vd., 2012).

Perfore olmuş dişin prognozunda; perforasyonun lokalizasyonu, boyutu, perforasyonun oluşmasıyla tamir edilmesi arasında geçen süre, ilgili dişin periodontal durumu, hekimin manipülasyonu ve hasta faktörü etkilidir (Chopra ve Sivaraman, 2018). Alveoler kret seviyesinin apikalindeki perforasyonlara ulaşım zor olsa da bakteriyel kontaminasyon riski düşük olduğu için prognoz iyidir. Alveoler kret seviyesinin koronalindeki perforasyonlara ulaşım kolaydır ve bu bölge periodontal dokulardan uzak olduğu için prognozu iyidir. Alveoler kret seviyesindeki perforasyonlar ise epitelyal ataşmana yakındır. Periodontal tutulum gözlenebileceği için bu bölgedeki perforasyonların prognozu kötüdür (Ng vd., 2011; Ramesh, 2020; Shaban vd., 2023). Büyük perforasyonların prognozu, bakteriyel kontaminasyon riskinin fazla olması ve kapatılma zorluğu nedeniyle, küçük perforasyonlara göre daha kötüdür (Alshamrani vd., 2022). Oluşmasının üzerinden uzun süre geçen perforasyonlarda, doku hasarının ve enfeksiyonun fazla olması nedeniyle prognoz kötüdür.. Perforasyonun lokalizasyonu ve boyutuna uygun bir tamir materyali seçilmesi ve hekimin bunu uygulama yeteneği de ilgili dişin prognozunu etkiler. Rejenerasyonu destekleyen biyouyumlu materyaller dişin prognozu açısından iyi sonuçlar verir (Al-Daafas ve Al-Nazhan, 2007; Hegde vd., 2017).

Furkasyon bölgesi, çok köklü dişlerde köklerin ayrıldığı anatomik bölgedir. Kemik ve periodontal dokularla çevrilidir, diş desteği açısından kritik bir öneme sahiptir. Furkasyon perforasyonları, furkasyon bölgesinde oluşan, dişin dış yüzeyiyle kök kanal sistemi arasında oluşan açıklıktır (Gehlot vd., 2019; Silva vd., 2017). Diş tedavisinde önemli bir komplikasyondur ve genellikle yaygın diş çürüklerinden kaynaklanır (Estrela vd., 2018). Çok köklü dişlerin pulpa odası tabanında oluşan bir perforasyon, periodonsiyumda enflamatuvar yanıtı neden olur. Bu enflamatuvar yanıt periodontal ataşmanın geri dönüşsüz kaybına yol açabilir (Samiee vd., 2010). Furkasyon perforasyonlarının oluşumunda rol oynayan etiyolojik

faktörler arasında büyük çürükler, iç ve dış rezorpsiyonlar ve iyatrojenik hasarlar bulunur (Bryan vd., 1999). İyatrojenik nedenlerle, örneğin endodontik giriş kavitesi açılması sırasında ya da kanal girişleri aranırken ortaya çıkan, anatomik olarak karmaşık bir bölge olan furkasyon bölgesinde oluşan perforasyonların prognozu iyi değildir (Zoya vd., 2022). Furkasyon perforasyonları, bölgenin gingival sulkusa yakınlığı nedeniyle, periodontal ataşman kaybı ve kemik rezorpsiyonu açısından risklidir (Jamshidy vd., 2019; Renuka ve Ganapathy, 2019). Bu yakınlık nedeniyle granülasyon dokusu ve periodontal cep oluşumu hızlı biçimde gerçekleşebilir (Gehlot vd., 2019). Ayrıca bu bölgenin görünürlüğüne zor olması ve sınırlı erişilebilirlik nedeniyle, perforasyonlarının yönetilmesi de zordur (Silva vd., 2017).

Perforasyon varlığının tespit edilmesi, lokalizasyon ve boyutunun belirlenmesi, uygun tedavi planı oluşturmak için gereklidir. Erken ve doğru teşhis ise dişin prognozu açısından önemlidir (Renuka ve Ganapathy, 2019). Giriş kavitesinden ya da kök kanalından gelen kanamalar, sondalamada izole ve derin bir periodontal cep varlığı, tedavi sırasında hastada oluşan ani ağrı hekime perforasyon ihtimalini düşündüren klinik bulgulardır (Ramesh, 2020). Radyografiler dışında elektronik apeks bulucular, büyütme araçları, dental operasyon mikroskopları, endoskoplar ve optik koherens tarama perforasyonların tanısında ve tedavisinde hekime yardımcı olur (Renuka ve Ganapathy, 2019).

Radyografik incelemeler, endodontik problemlerin yönetiminde başvuru alan temel bir yöntemdir (Venskutonis vd., 2013). Diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılan dijital periapikal radyograflar; endodontide teşhis, tedavi ve takip amacıyla her aşamada kullanılır. Ancak üç boyutlu yapıların iki boyutlu görüntülerini vermesi nedeniyle değerlendirme zordur (Surya vd., 2022). Perforasyon durumunda periapikal radyografi, kök kanalının morfolojisi hakkında mezio-distal yönde kabul edilebilir bilgi verse de, bukkal-lingual olarak sınırlıdır. Anatomik oluşumlar patolojik lezyonlarla karışabilir (Peyneau vd.; Valdivia carDENA vd., 2013).

Konik ışıklı bilgisayarlı tomografi, diş hekimliğinde anatomik yapıların ve patolojilerin değerlendirilmesinde, maksillofasial travmalarda, temporomandibular eklem incelemelerinde, implant uygulamalarında, ortodontik ve cerrahi planlamalarda, endodontik problemlerin teşhisinde, tedavi planlamasında ve tedavi sonucunun değerlendirilmesinde

sıklıkla kullanılır (Abella vd., 2015; Kumar vd., 2011). Üç boyutlu bir görüntüleme yöntemi olduğu için anatomik yapıların üst üste binmesi söz konusu değildir (Fayad ve Johnson, 2023).

Kök kanal anatomisinin değerlendirilmesinde, kök kırıkları, rezorpsiyonları ve perforasyonlarını tespit etmede KIBT geleneksel radyografiden üstündür. Hekimlerin tedavileri etkili bir şekilde planlamasına olanak tanır ve tedavinin başarısının değerlendirilmesinde yardımcı olur (Gehlot vd., 2019; Peyneau vd.; Venskutonis vd., 2013). Konik ışınlı bilgisayarlı tomografinin bir perforasyonun kesin yapısını belirlemede ve tedavi protokolünün oluşturulmasında oldukça faydalı olduğu bilinmektedir (Scarfe vd., 2009). Ayrıca kavitasyonlu çürük lezyonlarının derinliğinin tespitinde de geleneksel radyografilere kıyasla daha yüksek hassasiyete sahip olduğu bulunmuştur. Ancak radyasyon maruziyeti, maliyeti, pratikliği ve olası artefaktlar göz önünde bulundurulduğunda ilk tercih olarak düşünülmemelidir (Akdeniz vd., 2006; Sansare vd., 2014).

Mikro bilgisayarlı tomografi, yüksek çözünürlüklü üç boyutlu bir görüntüleme aracıdır (Park vd., 2007). Dişlerin morfolojilerini ve kök kanal anatomisini değerlendirmek, restoratif materyaller ve diş yapıları arasındaki ilişkiyi incelemek, küçük yapıların ve malzemelerin ayrıntılı analizini yapmak için kullanılan üç boyutlu görüntüleme tekniğidir (Mirfendereski ve Peters, 2012). Dişte herhangi bir tahribata yol açmadan, örneklerin iç ve dış morfolojisi ayrıntılı ve doğru bir şekilde görüntüleme sağlar (Kim vd., 2007; Tosco vd., 2022). Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi, geniş klinik uygulamalar için kullanılsa da, Mikro-BT ayrıntılı değerlendirmeler için üstün çözünürlük sağlar (Schröder vd., 2018; Torres vd., 2017). Mikro-BT, kök perforasyonları ve rezorpsiyonlarını tespit etmede diğer görüntüleme yöntemlerinin doğruluğunu değerlendirmek için altın standarttır (Schröder vd., 2018).

Çalışmamızda, maksiller ve mandibular molar dişlerde oluşturulan furkasyon perforasyonlarının tespit edilebilirliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, farklı görüntüleme modları ve vksel boyutları kullanılarak elde edilen KIBT görüntüleri ile paralel teknik kullanılarak elde edilen dijital periapikal radyografilerin tanısallık başarıları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ayrıca, kök kanal tedavisinin yokluğu ve varlığının perforasyon tespitine etkisi incelenmiştir. KIBT üzerinden yapılan doğrusal ölçümlerin güvenilirliğinin Mikro-BT ile doğrulanması hedeflenmiştir.

1.1. Genel Bilgiler

1.1.1. Perforasyonlar

Tıbbi anlamda perforasyon, bir organ veya dokunun duvarlarında delik veya kırık oluşması, bunun sonucunda da iç yapılar ile dış ortam veya diğer vücut boşlukları arasında anormal bir iletişim kurulması olarak tanımlanır.

Amerikan Endodontistler Birliği (AAE) kök kanal tedavisini; enfekte pulpa dokusunun çıkarılmasının ardından kök kanallarının mekanik olarak genişletilip, dezenfekte edilerek mikroorganizmalardan arındırılmasından sonra sızdırmaz bir şekilde doldurulması ve kapatılması olarak tanımlamıştır.

Amerikan Endodontistler Birliği Endodontik Terimler Sözlüğü'nde perforasyonu, kök kanal sistemi ve dişin destek dokuları arasında patolojik veya mekanik herhangi bir iletişim olarak tanımlar.

Dişin destek dokularında meydana gelen hasarlar, enflamasyon gelişimi, periodontal liflerin yıkımı, kemik rezorpsiyonu, granülatöz doku oluşumu, epitel proliferasyonu ve periodontal defekt oluşumuna neden olur (Clauder, 2022). Perforasyona komşu alanda radyolüsensi ortaya çıkabilir (Askerbeyli Örs vd., 2019; Saed vd., 2016).

Perforasyonlar; diş çürükleri, kök rezorpsiyonları gibi patolojik bir süreç nedeniyle oluşabildiği gibi, giriş kavitesi açılımı sırasında, kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında ve post boşluğu hazırlığı sırasında iyatrojenik nedenlerle de meydana gelebilir (Bargholz, 2005; Bhuvu ve Ikram, 2020; Estrela vd., 2018). Çocuk hastalarda ise ağzın küçük olması ve hasta hareketi nedeniyle de bazen perforasyonlar gelişebilir (Haghgoo vd., 2014; Katge vd., 2016).

Pulpa odasının ya da kök duvarlarının perfore olması, diş destek dokularını kontaminasyona maruz bırakır (Vehkalahti ve Swanljung, 2020). Perforasyon nedeniyle enflamatuvar bir reaksiyon başlayarak, granülasyon dokusu gelişimi, epitel proliferasyonu, periodontal cep oluşumu gerçekleşebilir (Estrela vd., 2018). Bunun sonucunda periodontal ligament ve alveoler kemikte kayıp meydana gelerek diş kaybı gerçekleşebilir (Haghgoo vd., 2014). İyatrojenik perforasyonlar, kök kanal tedavisi sırasında meydana gelen kazaların üçte birini oluşturmaktadır. Ancak bu perforasyonların beşte dördünün iyi klinik prosedürlerle önlenileceği düşünülmektedir (Vehkalahti ve Swanljung, 2020).

1.1.2. Endodontik Perforasyonların Etiyolojisi

Endodontik perforasyonların etiyolojisi iki ana başlıkta incelenebilir (Machtou ve Ruddle, 2019; Roda, 2001).

1. Patolojik perforasyonlar
2. İyatrojenik perforasyonlar

1.1.2.1. Patolojik Perforasyonlar

Patolojik perforasyonlar derin çürükler, iç ve dış rezorpsiyonlar nedeniyle ortaya çıkabilir.

Tedavi edilmemiş yaygın diş çürükleri, mine, dentin ve sement dahil olmak üzere diş yapısını kademeli olarak tahrip ederek, pulpa odasının tabanında veya kök duvarlarında perforasyona yol açabilir (Douglass ve Douglass, 2003; Hsiao vd., 2019; Saed vd., 2016). Bu perforasyonlar ayrıca kök kanal sistemini etkileyerek tedavi sonuçlarını karmaşıktırabilir ve potansiyel olarak diş kayıplarına yol açabilir (El-Bialy vd., 2021).

İç ve dış rezorpsiyonlar, osteoklastların veya odontoklastların aktiviteleri sonucu meydana gelen diş sert dokularının kaybıdır. İç rezorpsiyon, pulpa boşluğundan köken alarak dentin duvarlarının yıkımıyla karakterize enflamasyon kaynaklı patolojik bir durumdur (Darcey ve Qualtrough, 2013; Ricucci vd., 2025). Dış rezorpsiyon, kök yüzeyinden periodontal ligamentten başlayarak sement ve dentine ilerleyerek yıkımlarına neden olabilen patolojik bir durumdur. Travma, ortodontik hareketler, diş reimplantasyonu, pulpatomi, periodontal hastalıklar, diş beyazlatma, diş sürmesi sırasında periodontal ligament üzerindeki baskı nedeniyle ve idiyopatik nedenlerle oluşabilir (Bernardes vd., 2012; Buchi-Velazquez vd., 2024; Darcey ve Qualtrough, 2013).

1.1.2.2. İyatrojenik Perforasyonlar

İyatrojenik perforasyonlar daha çok endodontik tedavi sırasında meydana gelir ve tedavinin herhangi bir aşamasında ortaya çıkabilir (Pahlawan vd., 2020). Endodontik giriş kavitesinin açılımı sırasında, kanal girişlerinin aranması sırasında, kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında, post boşluğu hazırlığı sırasında meydana gelebilir (Bargholz, 2005; Bhuva ve Ikram, 2020; Estrela vd., 2018).

Endodontik giriş kavitesinin açılması sırasında, ilgili diş anatomisi hakkında bilgi eksikliği, varyasyonlar ve dişin arktaki normal olmayan konumu nedeniyle perforasyonlar

oluşabilir (Estrela vd., 2018). Çürük ya da travma kaynaklı aşırı kuron harabiyeti olan dişlerde, kuronun dolgular ya da protezler yardımıyla restore edildiği durumlarda dişin anatomik yapısı değişebilir (Berman ve Hargreaves, 2020).

Kanal girişleri aranırken; yetersiz açılmış giriş kavitesi, pulpa odasının ya da kanal girişlerinin atrizyon, abrazyon, erozyon, dentin sklerozu, reperatif dentin oluşumu gibi sebeplerle kalsifiye olması ve kanal girişlerinin yanlış yerlerde aranması sonucu perforasyonlar meydana gelebilir (Cardoso, dos Anjos Pires, vd., 2018; Clauder, 2022; Tsesis ve Fuss, 2006).

Kök kanallarının şekillendirilmesi sırasında ise uygun olmayan kanal eğelerinin kullanımı, aşırı preparasyon, kontrolsüz eğeleme, frezlerin yanlış kullanılması, şekillendirme sırasında kanal aletlerine aşırı kuvvet uygulanması ve yetersiz irrigasyon sonucunda tıkanma veya basamak oluşması kök kanalının çeşitli bölgelerinde perforasyon oluşumuna neden olur (Bhuva ve Ikram, 2020; Clauder, 2022; De-Deus vd., 2019; Tsesis ve Fuss, 2006).

Post boşluğu hazırlığı sırasında frezlerin yanlış kullanımı, yanlış yönlendirilmesi, kök kanal anatomisine uygun olmayan boyutta post kullanımı kalan dentin kalınlığını azaltarak perforasyonlara neden olabilir (Clauder, 2022; Tsesis ve Fuss, 2006).

İyatrojenik sebeplerle oluşan furkasyon perforasyonları giriş kavitesi açma sırasındaki komplikasyonlarla ilgiliyken, strip perforasyonlar (lateral perforasyon) ve apikal perforasyonlar enstrümantasyon sırasındaki komplikasyonlarla ilişkilidir (Bhuva ve Ikram, 2020). Kökün apikal üçlüsündeki perforasyonlar ise kök kanalının şekillendirilmesi ve temizlenmesi sırasında meydana gelir (Clauder, 2022).

1.1.3. Endodontik Perforasyonların Sınıflandırılması

Endodontik perforasyonlar, zaman içerisinde farklı araştırmacılar tarafından farklı kriterler göre sınıflandırılmıştır.

Nichols (Nicholls, 1962), perforasyonları şu şekilde sınıflandırmıştır:

1. Rezorpsiyon kaynaklı perforasyonlar
2. Travma kaynaklı perforasyonlar
 - ❖ Kanal dolgusundan önce meydana gelen perforasyonlar
 - Pulpa odasının tabanında meydana gelen perforasyonlar
 - Kökte meydana gelen perforasyonlar

- ✓ Kökün koronal 1/3'nde meydana gelen perforasyonlar
- ✓ Kökün orta 1/3'nde meydana gelen perforasyonlar
- ✓ Kökün apikal 1/3'nde meydana gelen perforasyonlar
- ❖ Kanal dolgusundan sonra meydana gelen perforasyonlar

Fuss ve Trope (Fuss ve Trope, 1996), perforasyonları dört ana grupta sınıflandırmıştır:

1. Perforasyonun oluşma zamanına göre:

- Yeni meydana gelmiş perforasyonlar: Oluştığı seans, aseptik koşullar altında hemen tedavi edilen perforasyonlar
- Önceden oluşmuş perforasyonlar: Oluştığı seans tedavisi yapılmayan perforasyonlar

2. Perforasyonun oluşma yerine göre:

- Krestal perforasyonlar: epitelyal ataşman ve krestal kemik seviyesindedir.
- Koronal perforasyonlar: epitelyal ataşman ve krestal kemiğe göre koronaldedir.
- Apikal perforasyonlar: epitelyal ataşman ve krestal kemiğe göre apikaldedir.

3. Perforasyonun büyüklüğüne göre:

- Küçük perforasyonlar: Minimal düzeyde doku yıkımına sebep olan, kolay kapatılan perforasyonlardır.
- Büyük perforasyonlar: Ciddi doku yıkımına sahip uygun kapamanın yapılamadığı perforasyonlardır.

4. Perforasyonun destek dokularla olan bağlantısına göre:

- Furkasyon perforasyonları: Genellikle krestal kemikle kaplı perforasyonlardır.
- Lateral perforasyonlar: Şekillendirmenin fazla yapılması sonucu eğimli kök kanallarının iç yüzeyindeki ince dentinin uzaklaştırılmasıyla oluşur.

Fuss ve Trope'e göre yeni oluşmuş, koronal veya apikalde oluşmuş, küçük boyutlu ve lateral perforasyonlar iyi prognoza sahiptir. Ancak önceden oluşmuş, krestal, büyük boyutlu perforasyonlar ve furkal perforasyonların prognozu iyi değildir.

Clauder ve Shin (Clauder ve Shin, 2006), perforasyonların oluşum zamanını göz önünde bulundurarak sınıflandırmışlardır:

1. Endodontik tedavilerden önce meydana gelmiş olan perforasyonlar

- Çürük kaynaklı perforasyonlar
- Rezorpsiyon kaynaklı perforasyonlar

2. Endodontik tedaviler sırasında meydana gelen perforasyonlar
 - Giriş kavitesinin açılması sırasında oluşan perforasyonlar
 - Kanal şekillendirmesi sırasında oluşan perforasyonlar
3. Endodontik tedavilerden sonra meydana gelen perforasyonlar
 - Post yuvası hazırlığı sırasında oluşan perforasyonlar

Amerikan Endodontistler Birliği (AAE) perforasyonları lokalizasyonuna göre sınıflandırmıştır;

1. Apikal perforasyon: Kökün apikal 1/3'ünde oluşan perforasyon
2. Furkasyon perforasyonu: Dişin furkal bölgesinde oluşan perforasyon
3. Strip perforasyon: Kanal şekillendirmesi sırasında lateral kök kanal duvarının aşırı kaldırılması sonucu oluşan perforasyon

Bu sınıflamalar içerisinde yer alan furkasyon perforasyonları, patolojik ya da iyatrojenik sebeplerle oluşabilir. Enflamatuar reaksiyon, periodontal yıkım ve potansiyel diş kaybı gibi ciddi sonuçlara yol açabilir (Shetty vd., 2025). Molar dişlerdeki furkasyon bölgesinin karmaşık anatomisi göz önüne alındığında ilgili dişin prognozu açısından doğru tedavilerin uygulanabilmesi için perforasyonun erken ve doğru teşhisinin büyük önemi vardır.

1.1.4. Endodontik Perforasyonların Prognozu

1.1.4.1. Perforasyonun Lokalizasyonu

Endodontik perforasyonların tedavi başarısında rol oynayan önemli faktörlerden biri perforasyon alanının lokalizasyonudur. Dişin anatomik yapısı, kök morfolojisinin karmaşıklığı, arktaki pozisyonu, komşu dişlerle ilişkisi, dişe erişim açısı ve perforasyonun seviyesi tedavi planını etkiler (Estrela vd., 2018; Ramesh, 2020).

Dişin stratejik konumu da, hem hekimin hem de hastanın diş restore etme veya çekim düşünme kararını etkiler. Bu karar, dişin fonksiyon ve estetik üzerindeki etkisi ile hastanın yaşı ve tedaviye toleransı gibi faktörlere dayanır (Jayawardena vd., 2022).

Alveoler kret seviyesinde ve epitelyal atışmana yakın oluşan perforasyonların tedavisinde prognoz kötüdür. Bu bölge gingival sulkusla diğer bölgelere göre daha fazla ilişkili olduğu için bakteri kontaminasyonu ve periodontal cep oluşumuna da oldukça açıktır (Darcey ve Qualtrough, 2013; Eghbal vd., 2014).

Alveoler kret seviyesinin koronalinde oluşan perforasyonlara erişim kolaydır. Hekimin manipülasyon yeteneği de iyi olacağı için perforasyon kolaylıkla kapatılabilir. Periodontal dokuların etkilenmesi söz konusu olmadığından bu bölgedeki perforasyonların prognozu iyidir (Saed vd., 2016; Tsisis ve Fuss, 2006).

Alveoler kret seviyesinin apikalinde oluşan perforasyonlara ulaşım zordur. Özellikle kökün apikal üçlüsünde olan perforasyonların yönetiminde erişim sınırlıdır. Ancak bu bölgedeki perforasyonlar epitelyal atışmandan uzaktır ve bakteri kontaminasyonu riski düşük olduğu için prognozu iyi olarak kabul edilir (Clauder, 2022; Saed vd., 2016).

Kökün apikal ve orta üçlüsünde yer alan perforasyonlar genel olarak kemik içinde kalır ve sağlıklı periodontal dokulara sahip dişlerde ağız ortamına açılma ihtimali de azalır. Bu nedenle iyi prognozludurlar (Çalışkan, 2006). Fuss ve Trope (Fuss ve Trope, 1996)' a göre lateral perforasyonlar iyi prognozluysen, furkasyon perforasyonları kötü prognozludur. Çünkü lateral perforasyonlar; genellikle koronal ya da apikal olarak gözlenirken, furkasyon perforasyonları; krestal kemik ile kaplıdır .

Furkasyon bölgesi anatomik olarak karmaşık bir yapıya sahiptir. Görüntüleme ve erişim zordur. Bu zorluklar teşhisi ve tedaviyi engelleyerek dişin prognozunu kötü etkiler (Azim vd., 2014; Chopra ve Sivaraman, 2018). Ayrıca furkasyon bölgesi gingival sulkus ve epitelyal atışman ile daha fazla ilişkili olduğu için, burada oluşan perforasyonların prognozu iyi değildir (Darcey ve Qualtrough, 2013; Estrela vd., 2018). Ayrıca furkasyon bölgesinde meydana gelen büyük perforasyonlar, tamir materyalinin yerleştirilmesi sırasında zorluk yaratır ve materyal periodontal ligament boşluğuna taşabilir (Subbaiyan ve Ajitha, 2018).

1.1.4.2. Perforasyonun Boyutu

Perforasyonun büyüklüğü sızdırmaz bir kapama sağlanması için önemlidir. Küçük perforasyonların enfekte olmadan kapatılma ihtimali yüksek iken, perforasyonun boyutu büyüdükçe izolasyonu zorlaşır ve enfekte olma ihtimali artar (Kvinnsland vd., 1989; Shemesh vd., 2011) .

Ayrıca çevre dokularda, büyük perforasyonlar, küçük perforasyonlara göre daha fazla hasar yaratma eğilimindedir (Saed vd., 2016; Tsisis ve Fuss, 2006). Büyük furkal perforasyonlar; küçük furkal perforasyonlara veya furkal perforasyon olmamasına kıyasla dişin yapısal bütünlüğünde azalmaya yol açar. Yapısal bütünlüğün azalması dişin kırılma direncini de azaltarak tedavi başarısızlığına neden olur (Khajehzadeh vd., 2021). Ayrıca büyük

perforasyonlar granülasyon dokusu ile birlikte görülebilir ve tedaviyi komplike hale getirebilir (Clauder ve Shin, 2006; Saed vd., 2016).

1.1.4.3. Perforasyon Tamir Edilene Kadar Geçen Süre

Perforasyonun oluşumu ve onarımı arasında geçen süre, tedavinin başarı için önemli faktörlerden biridir. Bu sürenin kısa olması, bakteriyel enfeksiyon riskini azaltarak iyileşme sürecini hızlandırır. Oluştuktan sonra hızlıca tespit edilip kapatılabilen perforasyonların prognozu daha iyidir (Clauder ve Shin, 2006; Tsesis ve Fuss, 2006; Unal vd., 2010). Epitelyal ataşman kaybını ve cep oluşumunu önlemek için, perforasyon en kısa sürede tamir edilmelidir (Machtou ve Ruddle, 2019; Saed vd., 2016). Perforasyonun oluşumu uzun süre önce gerçekleşmişse kronik enfeksiyon gelişebilir (Saed vd., 2016).

Furkasyon perforasyonlarında, bu bölgenin gingival sulkus ve epitelyal ataşman ile ilişkisi fazla olduğu için, tamir süresi uzayabilir. Bunun sonucunda kronik enflamasyon görülebilir (Kvinnslund vd., 1989). Perforasyonu teşhis ve tamir etmede gecikme yaşanması, kontaminasyon riskini artırarak onarımı bozar. Tanı koyma aşamasında yaşanan gecikmeler olumsuz prognoza neden olur (Marques vd., 2016).

1.1.4.4. Perforasyon Tamir Materyali

Doğru teşhis, hızlı tedavi ve hekimin yeteneğine rağmen uygun tamir materyali de perforasyonların başarısında etkilidir (Unal vd., 2010). Tamir materyalleri; antibakteriyel, biyouyumlu, radyoopak, sitotoksik olmayan, sızdırmaz bir şekilde kapama sağlayabilen, nemden etkilenmeyen, boyutsal olarak stabil, manipülasyonu kolay, sertleşme süresi kısa, nispeten ucuz ve zaman içerisinde rezorpsiyona uğramayan materyaller olmalıdır (Eghbal vd., 2014; Holland vd., 2001; Kakani vd., 2015). Ayrıca sert doku oluşumunu indükleyici bir yapıda olmalıdır (Eghbal vd., 2014; Unal vd., 2010). Bu özelliklerin hepsine sahip hiçbir malzeme yoktur. Perforasyonların karakteristiğine göre yıllar içerisinde çok çeşitli tamir materyalleri ve tamir teknikleri kullanılmıştır (Kakani vd., 2015; Singh vd., 2015). Amalgam, çinko oksit ojenol, kalsiyum fosfat, kalsiyum hidroksit, cavit, gutta perka, cam iyonomer, hidroksiapatit, IRM, kompozit, SuperEBA, MTA ve Biodentine perforasyon tamir materyali olarak kullanılmıştır (Kakani vd., 2015; Saed vd., 2016). Furkal perforasyonları onarmak için kullanılan materyaller oklüzal kuvvetlere karşı dayanıklı olmalıdır. Bu konuda MTA, furkal perforasyon onarımı için potansiyel bir malzemedir (Unal vd., 2010).

1.1.4.5. Perforasyon Bölgesindeki Periodontal Durum

Perforasyonun oluşum yerindeki periodontal tutulum varlığı başarılı bir tedavi için prognozu kötü etkiler. Periodontal dokulara yakınlık, perforasyonun bakterilerle kontamine olmasına neden olabilir (Saed vd., 2016). Perforasyonların epitelyal atışmana yakınlığı arttıkça, kemik rezorpsiyonu ve geri dönüşsüz periodontal hasar oluşma riski artar (Patel, 2016). Ataşman kaybı mevcut ve sondalama derinliği artmışsa başarı şansı önemli ölçüde azalır (Clauder, 2022).

Furkasyon bölgesi epitelyal atışmana yakın, karmaşık bir bölgedir (Asimuddin vd., 2017). Bu bölgede oluşan perforasyonlar, periodontal dokulardaki epitel atışmanını olumsuz etkiler ve yapısal bütünlüğü bozar (Farimani vd., 2021; Hovey vd., 2006).

1.1.4.6. Hekimin Manipülasyonu

Perforasyonları kontrol altına almak için yapılacak en iyi şey perforasyon oluşmasına engel olmaktır (Clauder, 2022; Gutmann vd., 2006; Saed vd., 2016). Hekimin deneyiminin de tedavi sonucu üzerinde etkisi olduğu gözlenmektedir (Clauder, 2022). Hekim, kök kanal tedavisi yapacağı dişin anatomisine hakim olmalı, varyasyonlar, perforasyonlar ve etiyolojileri hakkında bilgili olmalıdır (Tsisis ve Fuss, 2006).

Hekimin perforasyon bölgesini rahatça görebilmesi, alana ulaşım ve manipülasyon sağlamada büyük kolaylık sağlar. Bunun için kafa lambaları, büyüteçler, transillüminasyon aletleri, looplar ve dental operasyon mikroskopu kullanılabilir (Clauder, 2022; Saed vd., 2016). Bu araçların kullanımı, kök kanal morfolojisi ve varyasyonlarının tanımlanmasına yardımcı olarak olası perforasyonların da önüne geçebilir (Alghamdi, 2024) Örneğin alveoler kret seviyesinin koronalinde oluşan perforasyonlara hekimin erişimi ve görüşü kolaydır, perforasyon kolaylıkla kapatılabilir. Bu bölgedeki perforasyonların prognozu iyidir (Saed vd., 2016; Tsisis ve Fuss, 2006). Vakaya özgü değerlendirme yapılması, hekimin komplikasyonları öngörme ve oluşmasını azalmaya yardımcı olacaktır (Bhuva ve Ikram, 2020).

1.1.4.7. Hasta Faktörü

Perforasyon gerçekleşikten sonra hastanın bilgilendirilip motive edilmesi ve hastayla işbirliği içinde olunması tedavi başarısını artırır (Saed vd., 2016). Hastanın sistemik hastalıkları ve periodontal durumu tedavi planını etkiler (Estrela vd., 2018). Ayrıca hastanın oral hijyeni ve dişlerini koruma isteği de, perforasyonlu dişleri tedavi etme ya da çekme

endikasyonlarının konulmasında etkilidir (Clauder, 2022; Saed vd., 2016). Perforasyonun tedavisinde özellikle cerrahi müdahalelerden destek alınacaksa, hastanın oral hijyeni önemli bir faktördür (Kakani vd., 2015).

1.1.5. Furkasyon Perforasyonları

Furkasyon perforasyonu; çok köklü dişlerde kökler arasındaki bölgede meydana gelen, kök kanal sistemi ve dişin dış yüzeyi arasında oluşan patolojik veya mekanik bağlantıdır (Cardoso, Catré, vd., 2018). Yaygın çürükler ve rezorpsiyonlar nedeniyle oluşabildiği gibi, iyatrojenik olarak da oluşabilir. Kök kanal anatomisi hakkında yetersiz bilgi, anatomik varyasyonlar, dişlerin malpozisyonu, pulpa odasındaki kalsifikasyonlar, pulpa odasının tavanının yetersiz şekilde açılması, kök kanallarının aranması sırasında frezin yanlış yönlendirilmesi gibi farklı nedenlerle furkal perforasyonlar meydana gelebilir (Haghgoo vd., 2014; Singh vd., 2015).

Bir çalışmada tüm endodontik kazaların %29'unun iyatrojenik perforasyonlar olduğu, bunların da %87'sinin furkal bölgede veya molar dişlerde meydana geldiği bildirilmiştir (Vehkalahti ve Swanljung, 2020). Lisans öğrencileriyle yapılan farklı bir çalışma ise, kök kanal dolgularında radyografik olarak raporlanan en yaygın hatalardan birinin furkal perforasyon olduğunu ortaya koymuştur (Ribeiro vd., 2018). Perforasyon nedeniyle çekilen dişlerin yüzdesi ise %2,9 - %4,2 arasındadır (Clauder, 2022).

Furkasyon perforasyonları, karmaşık anatomileri nedeniyle en sık maksiller molar dişlerde görülür (Bhuva ve Ikram, 2020; Guess ve Kratchman, 2017). Molar dişlerdeki furkasyon perforasyonlarında asıl sorun, perforasyonun gingival sulkus ile ilişki olasılığıdır (Estrela vd., 2018). Çeşitli bakteriler perforasyon bölgesine yerleşerek periodontal hasarın şiddetini artırabilir ve iyileşmeyi geciktirebilir. Bu bakteriyel kolonizasyon nedeniyle ilerleyen periodontal problemler gingival sulkusa kadar uzanabilir (Chopra ve Sivaraman, 2018; Elbahary vd., 2021; Oliveira vd., 2008).

Furkal bölgede meydana gelen perforasyonlar, epitelyal atışmada oluşan enflamatuar reaksiyonun hızlı bir şekilde periodontal dokulara ilerleyebilmesi nedeniyle çok önemlidir (Tsesis ve Fuss, 2006). Epitelyal atışmada oluşan enflamatuar reaksiyon periodontal yıkıma ve ileri furkasyon defektlerine yol açabilir (Oliveira vd., 2008). Bu reaksiyon; epitel proliferasyonu, granülasyon dokusu oluşumu, periodontal cep gelişimi, periodontal ligamentin ve alveoler kemiğin kaybına neden olarak nihayetinde dişin kaybına neden olabilir. (Abboud vd., 2021; Eghbal vd., 2014; Saed vd., 2016; Shaban vd., 2023; Singh vd., 2015).

Furkasyon bölgesindeki perforasyonların onarımı, gingival sulkus ve perforasyon bölgesi arasındaki ilişkiyi hemen sonlandırmak, bakteriyel girişi ve sonrasındaki doku hasarını önlemek için hemen yapılmalıdır. Enflamatuvar süreci ve doku kaybını hızlıca durdurmak önemlidir (Al-Nazhan vd., 2022; Cardoso, dos Anjos Pires, vd., 2018; Katge vd., 2016).

Erken teşhis daha az invaziv tedavi seçeneklerine olanak tanır. Erken teşhis edilmiş perforasyonlar minimal invaziv tedaviler uygulanabilir ve karmaşık cerrahi işlemlere olan ihtiyaç azalır (Azim vd., 2014; Chopra ve Sivaraman, 2018). Ayrıca bu bölgedeki perforasyonlarda, periodontal cep oluşumunu tetikleyebileceği için cerrahi teknikler önerilmemektedir (Bryan vd., 1999).

Erken teşhis sayesinde uygun tamir materyaliyle perforasyon onarımı yapılabildiği durumlarda prognoz iyileşebilse de, zamanında teşhis ve onarım gerçekleşmediğinde ilgili dişin kaybına neden olabilir (da Silva vd., 2012; Haghighi vd., 2013).

1.1.6. Endodontik Perforasyonların Teşhisi

Endodontik perforasyonlar, kök kanal tedavileri sırasında veya sonrasında sık görülen bir komplikasyondur. Zamanında ve doğru teşhisleri, etkilenen dişin prognozu için çok önemlidir. Endodontik tedavideki başarısızlıklar, klinik semptomlarla veya radyografik muayenelerle ortaya çıkabilir. (Abdinian vd., 2020). Zor olsa da perforasyon varlığının doğru ve erken tespit edilmesi, perforasyon yerinin ve boyutunun belirlenmesi, uygun tedavi planı oluşturmak ve dişin prognozu açısından önemli bir rol oynar (Clauder, 2022; Saed vd., 2016; Shemesh vd., 2011). Tespit edilememiş perforasyon varlığında enfeksiyöz süreç başladıktan sonra tedavi prognozu belirsizdir ve komplikasyonlar çekimle sonuçlanacak kadar ciddi olabilir (Sarao vd., 2021).

Endodontik perforasyonların teşhisinde de çeşitli yöntemler mevcuttur. Bunlardan birincisi kanama kontrolüdür. Bu kanama giriş kavitesinden veya kök kanalından gelebilir. Kök kanalları temizlenip kurutulduktan sonra kağıt kon yardımıyla perforasyon tespiti yapılabilir. Kağıt konun lateral yüzeyinde kan görülmesi strip perforasyonu, apikal yüzeyinde kan görülmesi ise apikal perforasyonu düşündürür (Clauder ve Shin, 2006). Ancak bazı sistemik durumlar, hastanın kullandığı ilaçlar, açık apeksli dişler, akut apikal periodontitis ve internsl kök rezorpsiyonu sonucu oluşan aşırı kanamalar, perforasyon sebebiyle oluşan kanamalardan ayırt edilemeyebilir (Estrela vd., 2018). Gingival sulkusun sondalanmasında izole dar bir periodontal cep varlığı, perforasyona bağlı periodontal dokulardaki bozulmanın

göstergesidir (Ramesh, 2020). Tedavi sırasında hastada oluşan beklenmedik ani bir ağrı da perforasyonu düşündürülebilir (Saed vd., 2016).

Başka bir yöntem elektronik apeks buluculardır. Ege, perforasyon alanına temas ettiğinde, periodontal dokuya temasındaki gibi elektronik apeks bulucudan sinyal alınır. Bu şekilde perforasyon alanı lokalize edilebilir (Nekoofar vd., 2006). Ancak kanal içeriği ve kullanılan irrigasyon solüsyonunun içeriği elektronik apeks bulucuların performansında etkilidir ve yanıltıcı olabilir (Clauder, 2022). Klinik koşullara ve kullanılan cihaza bağlı olarak doğruluk değişebilir (Sowmya, 2021). Elektronik apeks buluculardan elde edilen verilerin hekimler tarafından doğru bir şekilde yorumlanması gerekir. Cihazlar temel bilgileri sağlarken, doğrulama için mutlaka radyografilerle birlikte kullanılmalıdır (Bogaerts ve Van Nieuwenhuysen, 2005).

Büyütme araçları ve dental operasyon mikroskopları hekimin görüşünü kolaylaştırarak perforasyon teşhisinde yardımcı olur (Clauder, 2022; Saed vd., 2016). Elektronik apeks bulucu, endoskop, mikroskop ve optik koherens taraması kök perforasyonlarının teşhis edilmesi için kullanım alanına sahip olsa da, boş kök kanallarının görüntülenmesine dayandığı için doldurulmuş kök kanallarında işe yaramaz (Shemesh vd., 2011).

Perforasyonların tespitinde kullanılan birçok tekniğe rağmen radyografik muayene günümüzde hala en sık kullanılan yöntemlerdendir (Shemesh vd., 2011). Endodontik sorunların yönetiminde önemli bir bileşendir (Patel vd., 2007). Uygun parametrelerle alınan radyografiler, uygun dental aletler ve hekimin dental anatomi bilgisi perforasyon riskini azaltabilir (Marques vd., 2016).

Periapikal radyografiler basit, hızlı ve ucuzdur. Diş hekimliğinde tanı, tedavi planlaması ve takip amacıyla sıklıkla kullanılır (Bernardes vd., 2012; Estrela vd., 2018; Haghani vd., 2014). Elde edilmesi kolaydır ve düşük radyasyon dozuna sahiptir. Ancak üç boyutlu yapıların iki boyutlu görüntülerinin elde edilmesi ve anatomik yapıların üst üste görüntüye girmesi bazı sınırlamalara neden olur (Abdinian vd., 2020; Bernardes vd., 2012; Mosavat vd., 2023). Mezial-distal doğrultuda kabul edilebilir olsa da, bukkal-lingual/palatinal doğrultuda perforasyonun sağlam diş yüzeylerine süperpozisyonuna neden olabileceği için yeterli detayı sağlamaz (Clauder, 2022; Khojastepour vd., 2015; Tsurumachi ve Honda, 2007).

Periapikal radyografilerde merkezi ışının verilmiş açısına bağlı olarak, objenin referans yapılarına göre pozisyonundaki değişikliklere bakılarak değerlendirme yapılabilir. X-ışınının vertikal ya da horizontal açısının değiştirilmesi, diş ile alveoler yapılar arasındaki ilişkiyi daha

belirgin hale getirebilir (Kiarudi vd., 2014; White ve Pharoah, 2014). Molar dişlerin furkasyon bölgesindeki radyolüseni, buradaki perforasyonun önemli bir belirticidir (Askerbeyli Örs vd., 2019; Estrela vd., 2018). Yine de yeterli bilgi edinebilmek için açılarda değişiklikler yapılmış olsa bile, defektlerin konumunu ve boyutunu tam olarak ortaya koyamayabilir (Haghanifar vd., 2014; Khojastepour vd., 2015).

Bilgisayarlı tomografi, diş hekimliğinde kullanılabilir olsa da yüksek radyasyon dozu, pahalı olması ve sınırlı ulaşımı olan büyük cihazlar olması nedeniyle tercih edilmez (Hassan vd., 2009; Tsurumachi ve Honda, 2007). Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi ise, BT'ye göre daha düşük radyasyon dozu ve daha düşük maliyet sunar (Hassan vd., 2009). Elde edinimi kolaydır (Bechara vd., 2014). Donanımları daha basittir (Kiarudi vd., 2014). Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi endodontik nedenlerle sıklıkla kullanılır. Ancak dijital periapikal radyografilere göre daha yüksek radyasyon dozu içermesi ve metalik nesnelerin varlığında artefakt oluşturmaları nedeniyle kullanımında bazı kısıtlamalar mevcuttur (Abdinian vd., 2020).

Kanal dolgu materyalleri ve kanal içi postların yanı sıra kuronlar, köprüler, implantlar ve diğer restorasyon materyalleri de görüntülerde artefaktlar oluşturur. Oluşan artefaktlar, perforasyonları ve kemik kayıplarını taklit edebilir, var olan perforasyonları gizleyebilir. Bu durumda KIBT'nin etkinliği sınırlanabilir (Clauder, 2022; Estrela vd., 2018).

Endodontik komplikasyonları tespit etmek için uygun görüntüleme yöntemini seçmek önemlidir. Klinik muayenede ve periapikal radyografide perforasyondan şüphelenilip kesin sonuca varılamadığında ileri görüntüleme yöntemleri için hastanın radyasyon maruziyeti sonucundaki fayda-zarar hesabı ve maliyetler dikkate alınarak karar verilmelidir (Abdinian vd., 2020).

1.1.7. Endodontik Perforasyonların Teşhisinde Kullanılan Görüntüleme Yöntemleri

1.1.7.1. Periapikal Radyografi

Periapikal radyografiler klinik pratikte sıkça kullanılan görüntüleme yöntemidir (Rodríguez vd., 2017). Endodontide tanı, tedavi planı ve takip için kullanılır (Kiarudi vd., 2014; White ve Pharoah, 2014). Kök çevresinde görülen radyolüseniler hastalık tanısı ya da endodontik tedavideki başarısızlığın bir belirtisi olabilir (Bueno vd., 2011). Başarısızlığın

yanlış teşhisi, yanlış ya da gereksiz tedaviye, zaman ve para kaybına, hatta diş kaybına kadar gidebilir (Eskandarloo vd., 2012).

Periapikal radyografları uygulaması kolaydır, hızlıdır, maliyeti ve radyasyon dozu düşüktür (Patel vd., 2012; White ve Pharoah, 2014). İyi kalitedeki periapikal radyograflar, yüksek mekansal çözünürlük ve kontrast çözünürlüğü sağlar. Dolayısıyla keskin görüntüler elde edilir (Stavropoulos vd., 2023). Ancak üç boyutlu yapıları iki boyutta göstermesi, diş ile çevre dokular arasındaki ilişkinin doğru bir biçimde değerlendirilmesini engelleyebilir (Bueno vd., 2018; Camargo vd., 2020). Dişlerin ve kemiğin meziodistal doğrultuda ayrıntılarını doğru belirleyebilse de, bukkolingual ya da bukkopalatinal yöndeki değerlendirmeler için yetersizdir (Eskandarloo vd., 2012).

Periapikal radyografilerdeki süperpozisyonlar ve distorsiyonlar nedeniyle şekil ve boyut değişiklikleri gözlenebilir (Patel vd., 2007; White ve Pharoah, 2014). Bu süperpozisyon ve distorsiyonlar spongios kemikle sınırlı periapikal lezyonların tespit edilmesini engelleyebilir (Patel vd., 2019). Fokal spot-film mesafesi ve obje-film mesafesine bağlı olarak bir miktar görüntüde büyüme gözlenebilir (Stavropoulos vd., 2023).

Periapikal radyograflar çekilirken iki farklı yöntemden faydalanılır. Bunlardan ilki; açığortay tekniğidir. Açığortay tekniğinde filmin bir kenarı alt çenede ağız tabanına, üst çenede damağa temas eder. Diğer kenarı ilgili dişin lingual/palatinal yüzeylerine, dişlere olabildiğince yakın konumlandırılır. Bu yerleşim nedeniyle oluşacak distorsiyonu engellemek için merkezi ışın, dişin uzun eksen ve film düzlemi arasında oluşan açının açığortayına dik gelecek şekilde yönlendirilir (Iannucci ve Howerton, 2016; White ve Pharoah, 2014).

Tekniklerden ikincisi paralel tekniktir. Bu teknik uzun kon tekniği veya dik açı tekniği olarak da bilinir. Uygulamasında, diş ile film birbirine paralel olmalı, merkezi ışın dişe ve filme dik olarak yönlendirilmelidir. Obje-film paralellliğini ve filmin ağızda durmasını sağlamak için film tutucu aparatlar kullanılır. Obje-film paralellliğini sağlamak için film çoğunlukla dişlerden uzağa konumlandırılır. Bu paralellik sağlansa bile obje-film arasındaki mesafe nedeniyle görüntüde bir miktar magnifikasyon ve keskinlik kaybı oluşur. Bu mesafeyi kompanse edebilmek için fokal spot-diş mesafesinin artması gerekir. Bu amaçla uzun kon kullanılır. Uzun kon kullanımı sayesinde dişe ve filme x-ışını demetindeki en merkezi ve paralel ışınlar yönlendirilir. Görüntüde magnifikasyon azalır, keskinlik artar (White ve Pharoah, 2014). Paralel teknikle; x-ışını tüpü, diş ve film aynı düzlemde olduğundan her çekimde aynı görüntü elde edilir. Daha az distorsiyonlu görüntüler elde edildiği için ve standardizasyonun sağlanabilir olması nedeniyle oldukça yararlıdır (Iannucci ve Howerton, 2016; White ve Pharoah, 2014).

Periapikal radyograflerde, objenin konumunu tam olarak lokalize edebilmek için farklı radyografik lokalizasyon yöntemleri kullanılır. En eski ve yaygın olarak kullanılan yöntem 1910 yılında Clarke tarafından bulunmuştur. “Tüp kaydırma yöntemi” ya da “bukkal obje kuralı” olarak bilinir (Rao, 2021; White ve Pharoah, 2014). Tüp kaydırma yönteminde, x-ışınının vertikal ya da horizontal açısı değiştirilerek ikinci bir periapikal radyografi elde edilir. Elde edilen görüntülerde objenin referans yapıları göre konumu değerlendirilerek konumuna karar verilir (Garg vd., 2018). Tüp meziale kaydırıldığında, obje referans yapıya göre meziale hareket etmişse, objenin referans yapının lingualinde ya da palatinalinde olduğu anlaşılır. Objeye referans yapıya göre distale hareket etmişse, objenin referans yapının bukkalinde olduğu anlaşılır. Özetle; obje, referans yapıları göre x-ışını tüpü ile aynı yönde hareket ederse obje referans yapının lingual/palatinal tarafında, x-ışını tüpü ile ters yönde hareket ederse obje referans yapının bukkal tarafındadır (White ve Pharoah, 2014).

Kök kanallarının boyutu, yönü ve sayısı ile ilgili bilgilerin periapikal radyograflerle belirlenmesi zordur (Crăciunescu vd., 2016). Özellikle birden fazla kökü olan dişlerde, kök kanallarının üst üste binmesi sıklıkla ortaya çıkar (White ve Pharoah, 2014). Aksesuar kanalların, kanal dallanmaların, perforasyonların, diş ya da alet kırıklarının yakalanması zordur (Weber vd., 2015). Periapikal radyografler, özellikle doldurulmuş kanallardaki perforasyonların tespitinde, ileri görüntüleme tekniklerine oranla daha başarısız olabilir (Adel vd., 2016). Bu nedenle çok köklü dişlerde pek çok vakada lokalizasyon tekniklerinden yararlanılarak farklı açılardan birkaç radyograf alınması gerekebilir (D'addazio vd., 2011; Kiarudi vd., 2014).

1.1.7.2. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi

Medikal bilgisayarlı tomografi ve konik ışınlı bilgisayarlı tomografi, kraniyofasiyal bölgedeki dentoalveoler yapıları, bunların anatomileri ve patolojilerini değerlendirmek için yararlanılan, iyonize radyasyon kullanan üç boyutlu radyograflerdir. (Templier vd., 2023).

Medikal BT, yelpaze şeklinde x-ışını demeti kullanır. Bu x-ışınları, vücutta incelenecek bölgeye gönderilir ve cihazdaki dedektörler yardımıyla farklı gri tonlarında görüntüler elde edilir. Görüntünün oluşması için çok sayıda görüntü kesitinin yığılması gerekir. (Dhabale vd., 2022; Goldman, 2007; Scarfe vd., 2006; Venkatesh ve Venkatesh Elluru, 2017). Hem sert hem de yumuşak dokuların doğru şekilde değerlendirilmesinde oldukça başarılıdır (Shokri vd., 2015).

Bilgisayarlı tomografide hastaya verilen radyasyon dozunun yüksek olması, kapladığı geniş hacim, maliyetli olması ve tarama süresinin uzun olması en büyük dezavantajlarından (Shokri vd., 2015). Özellikle travma vakalarında tarama süresinin azaltılması son derece önemlidir çünkü hastalar genellikle klinik olarak dengesizdir (Ouyang ve Branstetter, 2010). Erişilebilirliğinin kolay olmaması ve yorumlama zorluğu da diş hekimliğinde BT'nin kullanımını sınırlandırmıştır (Patel vd., 2007).

Konik ışınli bilgisayarlı tomografide ise bunların yanında günümüzde diş hekimliğinde implant değerdendirmeleri, maksillofasiyal travmalar ve temporomandibular eklem sorunlarında kemik yapıdaki değışiklikleri görmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Aktan vd., 2015). Anatomik yapıların boyutları ve hacminin belirlenmesinde, gömülü dişlerin değerdendirilmesinde, dentoalveoler patolojilerin değerdendirilmesinde, paranasal sinüs ve havayollarının incelenmesinde, ortodontik ve cerrahi planlamalar için de sıklıkla kullanılır (Scarfe vd., 2006; Schulze vd., 2005; Silva vd., 2012).

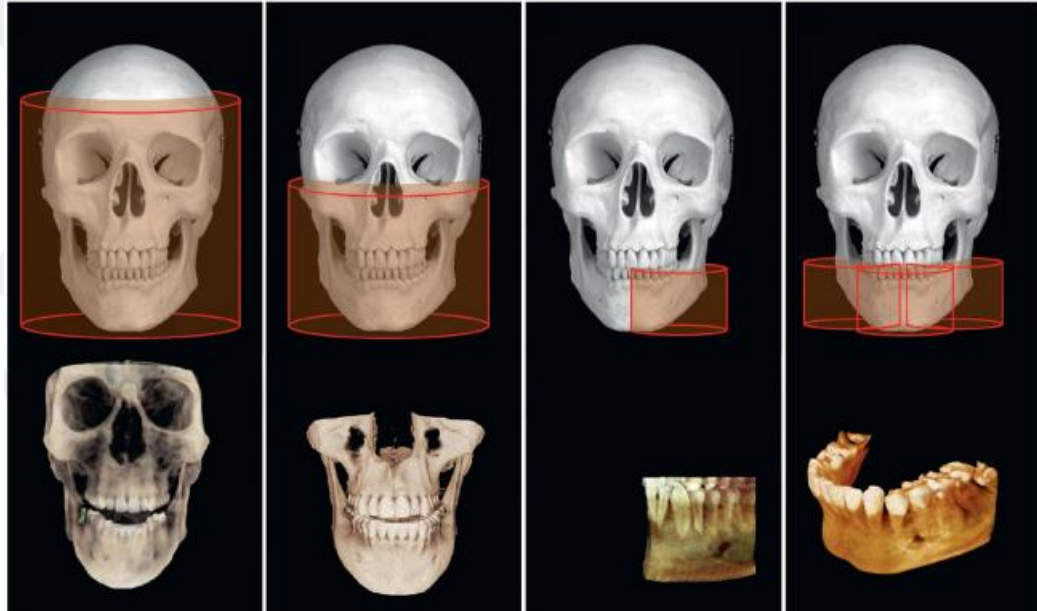
İlk KIBT 1982'de anjiografi için üretilmiş olup, daha sonraki yıllarda diş hekimliği için geliştirilmiştir (Aktan vd., 2015). Konik ışınli bilgisayarlı tomografinin görüntü üretimi, görüntüleme ve değerdendirme olmak üzere üç temel bileşeni vardır (White ve Pharoah, 2014).

Döner bir platforma sabitlenen x-ışını kaynağı ve dedektör sayesinde görüntüleme gerçekleşir. Koni ya da piramit şeklindeki x-ışını demeti radyasyon ilgi alanına (region of interest: ROI) yönlendirilir. Platform nesne etrafında döndükçe, x-ışını kaynağı ve dedektör sayesinde, 'ham veri' diye adlandırılan, çok sayıda ardışık düzlemsel projeksiyon görüntüsü elde edilir (Danforth vd., 2003; Patel vd., 2007; Scarfe vd., 2006; White ve Pharoah, 2014). Bu ham veriler, bilgisayar yazılımları aracılığıyla işlenerek, yeniden yapılandırılmış üç boyutlu hacimsel verilere dönüşür. Bu veriler aksiyal, koronal ve sagittal düzlemlerde incelenebilir (Khavid vd., 2021; Scarfe vd., 2006; Schulze vd., 2005). Ham datadan hacimsel data elde edilmesi işlemine rekonstrüksiyon denir (White ve Pharoah, 2014).

Bilgisayarlı tomografi ile karşılaştırıldığında KIBT'nin daha düşük radyasyon dozu, daha hızlı tarama süresi, daha küçük boyuta sahip olması, daha ucuz olması ve maksillofasiyal görüntüleme için özel görüntüleme modlarının olması diş hekimliği alanında kullanımı için KIBT'yi uygun hale getirir (Ouyang ve Branstetter, 2010).

Konik ışınli bilgisayarlı tomografide görüntülenmek istenen alanın hacmi "field of view" (FOV) olarak adlandırılır (Ludlow vd., 2015). Görüntüleme alanı ya da tarama hacmi hastanın ihtiyaçlarına göre seçilmelidir. Taranan alan boyutunun radyasyon ilgi alanını görüntüleyen en küçük hacime sınırlaması istenir. Bu sayede hastanın aldığı radyasyon dozu

azalır. Ayrıca saçılan x-ışını ve gürültü de azaldığı için yüksek görüntü çözünürlüğü sağlanır (Benavides vd., 2012; Trindade vd., 2021). Geniş FOV alanları, 15-23 cm arası boyutlardadır ve maksillofasiyal travma ve patolojilerinin değerlendirilmesi, temporomandibular eklem bozukluklarının değerlendirilmesinde, ortodontik tanı ve tedavi planlamasında kullanılmaktadır. Orta FOV alanları 10-15 cm arası boyutlardadır ve maksillomandibular görüntüleme ve patolojilerinin değerlendirilmesinde, implant öncesi planlamada kullanılmaktadır. 10 cm'den olan küçük FOV birimleri ise dentoalveoler görüntüleme ve endodontik uygulamalar için kullanılmaktadır (Tyndall ve Kohltfarber, 2012). Scarfe'ye göre ise (Scarfe vd., 2009) lokalize bir alan taranacaksa 5 cm veya daha az, tek çene taramalarda 5-7 cm, çift çene taramalarda 7-10 cm, maksillofasiyal taramalarda 10-15 cm, kraniyofasiyal taramalarda ise 15 cm'den daha büyük FOV alanları tercih edilmelidir.



Şekil 1.1. KIBT görüntülerinin FOV alanlarına göre sınıflandırılması (White ve Pharoah, 2014)

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi, konvansiyonel ve dijital radyografilere kıyasla daha düşük uzaysal çözünürlüğe sahiptir. Buna rağmen ilgili alanı üç boyutta sunması telafi edicidir (Patel vd., 2019; Patel vd., 2007). Süperpozisyon ve magnifikasyon gözlenmez (Mosavat vd., 2023).

Uzaysal çözünürlük, bir görüntüleme sisteminde nesneler arasındaki küçük detayları ve farklılıkları ayırt etme yeteneğidir ve anatomik ayrıntıların doğruluğunu belirler (Maret vd.,

2012; Templier vd., 2023). Daha küçük FOV alanları da daha iyi uzaysal çözünürlük elde edilmesini sağlar (Maret vd., 2012; Templier vd., 2023).

Voksel, pikselin üç boyutlu eşdeğeridir. Üç boyutlu görüntünün en küçük biriminin boyutlarını ifade eder. Konik ışınli bilgisayarlı tomografide veriler izotropik voksel oluşturmak üzere yeniden yapılandırılır. Vokseller izotropik olduğu için rekonstrüksiyon işlemi yüksek doğrulukta gerçekleşir (Patel vd., 2007; Scarfe vd., 2006; White ve Pharoah, 2014). İzotropik vokseller sayesinde farklı düzlemlerde yapılan ölçümler aynı sonuçları verir (Harorli vd., 2014). BT’de ise vokseller anizotropik olduğu için geometrik doğruluk sınırlıdır (Kiarudi vd., 2014). Voksel boyutu, hem görüntünün uzaysal çözünürlüğüyle hem de gürültüyle doğrudan bağlantılıdır (Ozdede vd., 2024). Voksel boyutu azaldıkça, uzaysal çözünürlük ve detay artar (Kolsuz vd., 2015; Trindade vd., 2021). Ancak voksel boyutu ne kadar küçülürse dedektörler her bir voksel başına daha az x-ışını fotonu yakalar, bu nedenle gürültü de fazla olur. Gürültüyü azaltmak için ise radyasyon dozunu artırmak gerekir (Skundberg, 1998; Tanimoto ve Arai, 2009).

Görüntü kalitesi ve radyasyon dozu arasında ilişki vardır. Doz ne kadar yüksekse gürültü de düşük olur. Bu sayede düşük kontrastlı yapıların daha iyi görüntülenmesi sağlanır. Düşük kontrastlı lezyonların tespiti, radyasyon dozunun artırılmasıyla azalabilen gürültü ile sınırlıdır. Medikal BT, KIBT’ye göre daha yüksek radyasyon dozuna sahip olduğu için daha yüksek kontrast çözünürlüğüne sahiptir (Alsleem ve Davidson, 2013; Parsa vd., 2015). İyonize radyasyon kullanılsa da KIBT’de, medikal BT’ye göre daha az radyasyon dozuyla tanısal değerde görüntüler elde edilebilir (Scarfe vd., 2006; Schulze vd., 2005; Watanabe vd., 2011).

Kontrast çözünürlüğü, densitedeki hafif farkları açığa çıkarma yeteneğidir. Konik ışınli bilgisayarlı tomografide saçılma ve dolayısıyla gürültü daha fazladır. Saçılan x-ışınları, görüntü kalitesini etkileyerek obje kontrastını azaltır. Bu da KIBT’lerin medikal BT’lere göre daha az yumuşak doku kontrastına sahip olmasına ve yumuşak dokuyu göstermede yetersiz olmasına neden olur. (Schulze vd., 2005; White ve Pharoah, 2014). Konik ışınli bilgisayarlı tomografi, kraniyofasiyal alandaki kemik yapılarını değerlendirmek için en uygun olsa da yumuşak doku değerlendirilmesinde BT tercih edilmeye devam etmektedir (Ouyang ve Branstetter, 2010). Kontrast/gürültü oranı, KIBT’de görüntü kalitesini etkileyen faktörlerden biridir (Niktash vd., 2022). Küçük vokseller kontrast/gürültü oranında azalmaya neden olur, bu nedenle gürültüyü azaltmak için daha yüksek radyasyon dozu kullanımı gerekir (Parsa vd., 2015).

Konik ışınli bilgisayarlı tomografi, BT’ye kıyasla daha kısa tarama süresine sahiptir. Kısa tarama süresi, hasta hareketinden kaynaklı artefaktları azaltır. Rekonstrüksiyon süresi ise

cihaza göre değişse de çoğunlukla 5 dakikadan az sürer (Patel vd., 2007; Scarfe vd., 2006). Konik ışınli bilgisayarlı tomografi kolay erişilebilirliğinin yanı sıra kullanım kolaylığı da sağlar (Khavid vd., 2021; Parsa vd., 2015). Boyutları, yaklaşık olarak panoramik röntgen cihazlarıyla aynı boyuttadır. Bilgisayarlı tomografiye göre hem daha az yer kaplar hem de daha ucuzdur. Bu nedenle dental amaçla muayenelerinde ve hastanelerde rahatlıkla kullanılabilir (Jacobs, 2011; Patel vd., 2007). Konik ışınli bilgisayarlı tomografide, BT’de kemik yoğunluğunun standardizasyonu için kullanılan ‘Hounsfield Unit’ (Hounsfield Ünitesi) (HU) gibi standart bir bir kemik yoğunluğu birimi olmaması önemli bir dezavantajdır (Isoda vd., 2012; Parsa vd., 2015).

Kök kanal dolgununun çevredeki anatomik yapılardan ayırt edilebilmesi ve tıkama kapasitelerinin kontrol edilebilmesi için kök kanal patının yeterli radyoopasitede olması gerekir (Shaban vd., 2023). Bu radyoopasiteyi veren maddeler teşhise yardımcı olsalar da KIBT görüntülerinde artefakt oluştururlar.

Artefaktlar, bir radyografıta incelenen bölgenin anatomik yapısı ile ilgili olmayan, radyografi işlemi sırasında yeniden oluşturulan verilerdeki bir hata sonucu oluşan istenmeyen görüntü bozukluklarıdır (Schulze vd., 2011). Görüntü kalitesindeki düşüşün ve teşhis yeteneğindeki azalmanın esas sebebi artefaktlardır (Esmacili vd., 2012; Vasconcelos vd., 2015). Bu artefaktlar, radyopak ve radyolüsent çizgiler, haleler ve gölgeler gibi farklı şekillerde görülebilir ve patolojileri taklit edebilir (Acar ve Kamburoğlu, 2014; Vasconcelos vd., 2015).

X-ışını bir nesneden geçerken, düşük enerjili fotonlar yüksek enerjili fotonlardan daha fazla absorbe edilir. Dedektöre ulaşan fotonlar daha yüksek enerji seviyesinde olur. Buna ‘ışın sertleşmesi fenomeni’ denir. (Barrett ve Keat, 2004; Esmacili vd., 2012). 2 tip artefaktla sonuçlanır (White ve Pharoah, 2014);

1. Çanak (cupping) artefaktı, bu farklı absorpsiyonların sonucu olarak metalik nesnelerin ürettiği artefaktlar bu fenomenin sonucudur (Abdinian vd., 2020; Esmacili vd., 2012).
2. Yok olma veya kayıp değer / çizgisel (streaking) artefakt, iki yoğun cisim arasında görülen beyaz çizgiler ve koyu bantlardır (Abdinian vd., 2020; Barrett ve Keat, 2004).

Işın sertleşmesi artefaktı, kVp değerinin daha düşük olması ve bu nedenle x-ışını demetinin daha düşük enerjili olması nedeniyle KIBT’de, medikal BT’ye göre daha belirgindir (White ve Pharoah, 2014). Yüksek yoğunluklu maddeler x-ışınlarını sertleştirerek artefakt

oluşumuna yol açar. İmplantlar, metal kuronlar, ortodontik apareyler, endodontik aletler, gutta perka, kök kanal dolgu materyalleri ve diğer restoratif materyaller bu tip yüksek yoğunluklu maddelerdendir (Abdinian vd., 2020; Vasconcelos vd., 2015).

Kök kanal dolgusuna sahip dişin radyopak yüzeyleri, komşuluğundaki yapıların incelenmesini zorlaştırır (Parrales-Bravo vd., 2023). Endodontik komplikasyonları tespit etmede KIBT'nin teşhis gücünü azaltır (Shokri vd., 2015). Ayrıca kök kanal dolgu materyalleri hacimsel distorsiyona neden olabilir (Vasconcelos vd., 2015).

Konik ışınli bilgisayarlı tomografi, endodontik amaçla günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır. Periapikal hastalığın gerçek boyutu, yeri ve kapsamını belirlemek, periapikal lezyonları ve iyileşme süreçlerini karakterize etmek, kök kanal anatomisi ve anormalliklerini tespit etmek, kök kırıklarının, rezorpsiyonların ve perforasyonların teşhisi, kırık endodontik aletlerin tespiti, endodontik cerrahi öncesi ve endodontik implantların planlaması kullanım alanlarından bazılarıdır (Fayad ve Johnson, 2023; Haghanifar vd., 2014; Shemesh vd., 2011). Endodontik olarak tedavi edilen ancak iyileşmeyen dişlerin nedenlerinin incelenmesinde KIBT'ye başvurulur (Tyndall ve Kohltharber, 2012). Farklı yazılımlar; alan, çevre, uzunluk ve hacim değerlendirmek ve endodontik planlama yapmak için çok düzlemli değerlendirmeye olanak tanır (Camargo vd., 2020).

Kök kanalları, kök kırıkları ve kök perforasyonlarının tespit edilebilmesi gibi endodontik nedenlerle küçük voksel boyutları ve küçük FOV alanlarının tercih edilmesi, tanı potansiyelini artırır (Abdinian vd., 2020; Kolsuz vd., 2015). Küçük FOV alanlarının seçimiyle radyasyon dozu düşürülür ve uzaysal çözünürlük iyileştirilir (Patel vd., 2019; Tayman vd., 2019).

Bununla birlikte her vaka kendi içerisinde değerlendirilmelidir. Ayrıntılı klinik muayene ve geleneksel görüntüleme yöntemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda ihtiyaç halinde KIBT'ye başvurulmalıdır (Patel vd., 2019; Patel vd., 2012). Nispeten düşük de olsa iyonize radyasyon kullanıldığı unutulmamalı, öncelikle hasta için fayda-zarar hesabı ve sonra da maliyetler göz önünde bulundurulmalıdır (Kiarudi vd., 2014).

1.1.8. Mikro Bilgisayarlı Tomografi

Bilgisayarlı tomografi, x ışını ve bilgisayar teknolojisi sayesinde vücudu kesitler şeklinde görüntüler. Bu kesitler 1-2 mm kalınlığındadır (Şahin ve Topuz, 2014). Bilgisayarlı tomografilerin düşük çözünürlüğü, dişler ve kök kanalları gibi küçük yapıların ayrıntılı şekilde incelenmesi için yetersizdir (Jung vd., 2005).

Kesit kalınlığının ince olması görüntü çözünürlüğü artırır. Çözünürlüğü artırmak için kesit kalınlığı mikrometreyle ifade edilen mikro bilgisayarlı tomografiler (Mikro-BT) geliştirilmiştir. Böylece örnek hakkında daha fazla bilgi edinilmesi sağlanmıştır (Erpaçal vd., 2019; Palczewska-Komsa vd., 2022).

Mikro-BT cihazının ana parçaları x-ışını tüpü, üzerine düşen x-ışınlarını görüntü verisine çeviren bir CCD kamera, üzerine sabitlenen örneği belli aralıklarla çeviren bilgisayar kontrollü bir elektrik motoru, ortamdaki x-ışınını kamera sensörü üzerine yoğunlaştıran görüntü yoğunlaştırıcı, görüntü toplayıcısı ve tüm bunları kontrol eden bir bilgisayardan oluşmaktadır (Erpaçal vd., 2019; H. Kurt ve K. Orhan, 2016). Bilgisayarlı tomografide x-ışın kaynağı ve dedektör hasta etrafında dönerken, Mikro-BT’de nesne kendi etrafında döner. X-ışın kaynağı ve dedektör sabit olduğu için hareket azalır (Yeri, 2015).

Mikro-BT sayesinde dişlerin ve kök kanallarının iç ve dış makromorfolojisi aynı anda veya ayrı ayrı olarak analiz edilebilir. Görüntüler herhangi bir düzlemde yeniden oluşturulabilir, iki ya da üç boyutlu olarak incelenebilir. (Crăciunescu vd., 2016; Erpaçal vd., 2019; Grande vd., 2012). Görüntülenen dokunun hacmi bölümlere ayrılabilir ve diğer bölümlerle ilişkilendirilebilir (Palczewska-Komsa vd., 2022). Kök kanalları diş üzerine yerleştirilerek ya da ayrıca görüntülenebilir. Elde edilen görüntüler 360 derece döndürülebilir ve büyütülebilir. Örneklerin hareketlerini gösteren animasyonlar eklenebilir (Landis ve Keane, 2010; Plotino vd., 2006). Görüntülerin üzerinde ölçümler yapılabilir (Tayman vd., 2019).

Mikro-BT’nin en önemli avantajı invaziv olmamasıdır. Yüksek çözünürlüklü üç boyutlu görüntüler, örnekler zarar görmeden tekrar tekrar incelenebilir, farklı testler için kullanılabilir (Cardoso, dos Anjos Pires, vd., 2018; Erpaçal vd., 2019; Şahin ve Topuz, 2014). Belirli bir yazılım kullanılarak görüntü tekrar taranabilir ve işlenebilir. Ancak bu tarama ve yeniden yapılandırma uzun sürer. Bilgisayar uzmanlığı gerektirmesinin yanında maliyetlidir (Marciano vd., 2012; Mirfendereski ve Peters, 2012).

Mikro-BT’nin en önemli dezavantajı yüksek radyasyon dozu ve yüksek maliyetidir. Bu nedenle bu cihazlar özelleştirilmeden *in vitro* çalışmalarda kullanılamaz (Crăciunescu vd., 2016; Grande vd., 2012; Marciano vd., 2012).

Mikro-BT kullanımı son zamanlarda birçok *in vitro* ortamda artmıştır. Dişlerin mikro yapısının değerlendirilmesi, trabeküler kemik yapısının değerlendirilmesi, doku mühendisliği, kafatası kemikleri ve doku gelişiminin değerlendirilmesinde altın standart olarak kabul edilmektedir (Grande vd., 2012; Tayman vd., 2019). Kemik-implant arası osseointegrasyon, mine kalınlığı, mine-dentin-pulpa hacimleri, kemiklerin ve dişlerin mineral

konsantrasyonunun değeriendirilmesi için de kullanılır (Palczewska-Komsa vd., 2022; Şahin ve Topuz, 2014; Yeri, 2015).

Mikro-BT doğrusal ölçümlerde son derece hassastır. Kemik yoğunluğunu belirlemede altın standarttır (Suttapreyasri vd., 2018). Kemikler ve dişler gibi mineralize dokuların yanında yumuşak dokular, metaller, alaşımlar, seramikler ve polimerler gibi malzemeler de incelenebilir (Erpaçal vd., 2019; M. Kurt ve K. Orhan, 2016).

Kanal tedavisinin başarılı olması, kök kanallarının morfolojisinin iyi bilinmesiyle ilişkilidir (M. Kurt ve K. Orhan, 2016). Kök kanal eğrilikleri, yan ve aksesuar kanallar, ‘‘C’’ şekilli kanallar, apikal deltalar ve isthmuslar gibi zor kök kanal morfolojilerinin yanında, tekrarlayan kanal tedavilerinden sonra kök kanalında kalan dolgu materyalinin incelenmesi, kök kanallarının şekillendirme, temizlenme ve doldurma prosedürlerinin de değeriendirilmesi Mikro-BT ile analiz edilebilir (Camargo vd., 2020; Grande vd., 2012; Peters vd., 2001; Sousa-Neto vd., 2018).

Mikro-BT’de voksel boyutları, BT’ye kıyasla 1.000.000 kat daha küçüktür (Swain ve Xue, 2009). İdeal olan, en iyi ayrıntıyı sağlamak için mümkün olan en küçük voksel boyutunu kullanmaktır. Küçük voksel boyutlarıyla elde edilen yüksek çözünürlüklü taramalar, daha uzun edinim süresi, daha uzun yapılandırma süresi ve daha büyük veri kümeleri ile sonuçlanır (Irie vd., 2018). Tarama ve rekonstrüksiyon için gereken süreler saatleri bulabilir (Plotino vd., 2006).

Bunun yanı sıra, gantry boyutunun küçük olması sınırlı bir görüş alanına neden olur. Bu nedenle sadece belirli boyuttaki örnekler incelenebilir (Jung vd., 2005; Weber vd., 2015). Bu dezavantajlarından ötürü Mikro-BT kullanımı şu an sadece *in vitro* çalışmalarla sınırlıdır (Camargo vd., 2020).

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Etik Kurulu'nun 25.12.2023 tarihli 16/04 sayılı onayı ile yapılmıştır. Örnek hazırlama ve deney aşamaları Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Merkez Araştırma Laboratuvarında, periapikal radyografların çekimleri ve konik ışınli bilgisayarlı tomografi incelemeleri Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı Radyoloji Kliniği'nde, Mikro-BT incelemeleri Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Mikro-BT laboratuvarında yürütülmüştür. Bu araştırma Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'nün 3542 proje numarası ile desteklenmiştir.

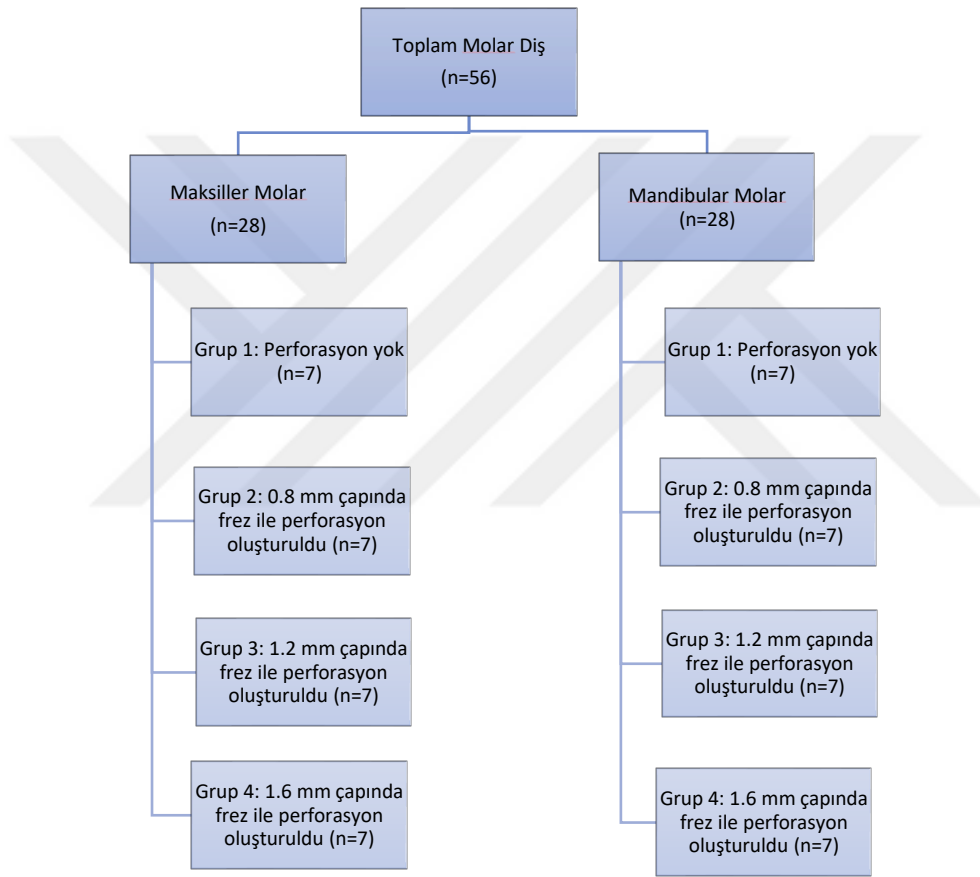
2.1. Örneklem Büyüklüğünün Hesaplanması ve Örneklerin Seçilmesi

Çalışma gruplarının sayısı, 'Power Analiz' testi ile tespit edildi. Örneklem büyüklüğü hesaplanırken SPSS 21 paket programı kullanıldı. İzlenen adımlar; 1.tip hata payı (α) = 0.05, etki büyüklüğü (effect size d) = 0.8 ve testin gücü ($1-\beta$) = 0.80 alındı. Bu verilere dayanarak her grupta 26 örnek olmak üzere en az toplam 52 örnek ile çalışılması planlandı. Çalışmamızda Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinde çeşitli nedenlerle çekilmiş olan; kök ve kanal konfigürasyonunda herhangi bir patoloji (dış ve iç rezorpsiyon, kırık, çatlak vb.) bulunmayan, apeks gelişimini tamamlamış, kök kanal tedavisi uygulanmamış, çok köklü olan 28 adet maksiller molar diş ve 28 adet mandibular molar diş toplamda 56 adet molar diş kullanıldı. Dişlerde restorasyon olmamasına ve furkasyon bölgesinde perforasyon olmamasına dikkat edildi. Dişlerin üzerindeki diş taşları, organik debris ve yumuşak dokular gibi birikintiler periodontal küret yardımıyla temizlendikten sonra %2'lik sodyum hipoklorit solüsyonunda 60 dakika süreyle dezenfekte edildi ve dişler çalışmada kullanılıncaya kadar serum fizyolojik içerisinde oda sıcaklığında bekletildi.

2.2. Örneklerin Hazırlanması

Tüm örneklerle kök kanal tedavisi prosedürlerine uygun olarak elmas rond ve fissür frez yardımıyla standart giriş kaviteleri açıldı. Her bir kök kanalının girişi tespit edildi. Maksiller ve mandibular molar dişler kendi aralarında dörder gruba ayrıldı. Birinci grupta furkal perforasyon yaratılmadı. İkinci grupta 8 no'lu elmas rond frez (0.8 mm çap) ile, üçüncü grupta 12 no'lu elmas rond frez (1.2 mm çap) ile, dördüncü grupta ise 16 no'lu elmas rond

frez (1.6 mm çap) ile furkal perforasyonlar yaratıldı. Her üç dişte bir yeni bir frez kullanıldı. Kavite, serum fizyolojik ile yıkandıktan sonra pamuk pelet kullanılarak kurutuldu. Her gruptan rastgele bir diş seçilerek toplamda dört dişten oluşan setler oluşturuldu. Maksiller molarlar için yedi set, mandibular molarlar için yedi set olmak üzere toplamda 14 set elde edildi. Tüm setler standardizasyonu sağlamak, periapikal ve konik ışınlı bilgisayarlı tomografi çekimlerinde herhangi bir görüntü ve artefakt yaratmamak adına kendilerine özel hazırlanmış strapor köpük materyal içine yerleştirildi ve sabitlendi. Dişler ve setler numaralandırıldı.

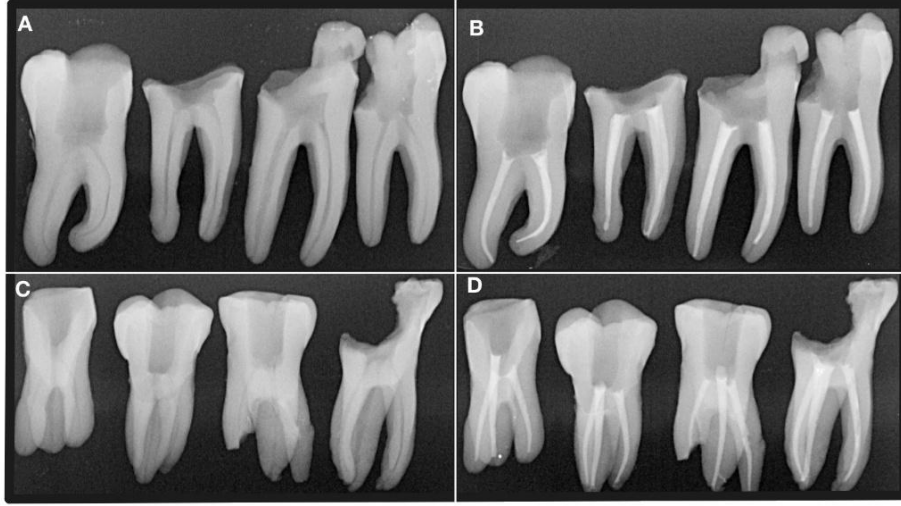


şekil 2.1. Çalışma grupları

2.3. Endodontik Tedavi ncesi ve Sonrası rneklerin Periapikal Taramalarının Yapılması ve Analizi

Örnekler hazırlandıktan sonra, kök kanal dolumu öncesi dijital periapikal radyograflar, bir Gendex X-ray cihazı (Gendex Digital Systems, Hatfield, PA, ABD), 3 numara fotostimle edilebilir fosfor plakası (Durr Dental, Bietigheim-Bissingen, Almanya)

ve VistaScan Combi View dijital radyografi tarayıcı (Durr Dental, Bietigheim-Bissingen, Almanya) ile 70 kVp ,7 mA ve 0.2 sn pozlama süresi parametreleri ile paralel teknik aparatı kullanılarak paralel teknik ile görüntülendi. Fokal spot-film mesafesi 40 cm olarak kaydedildi. Kök kanal dolumu sonrası da aynı parametreler kullanılarak paralel teknik ile görüntülemeler yapıldı.



Şekil 2.2. a. Kök kanal tedavisi öncesi 10 numaralı sete ait periapikal radyografi görüntüsü
b. Kök kanal tedavisi sonrası 10 numaralı sete ait periapikal radyografi görüntüsü
c. Kök kanal tedavisi öncesi 3 numaralı sete ait periapikal radyografi görüntüsü
d. Kök kanal tedavisi sonrası 3 numaralı sete ait periapikal radyografi görüntüsü

2.4. Endodontik Tedavi Öncesi ve Sonrası Örneklerin KIBT Taramalarının Yapılması ve Analizi

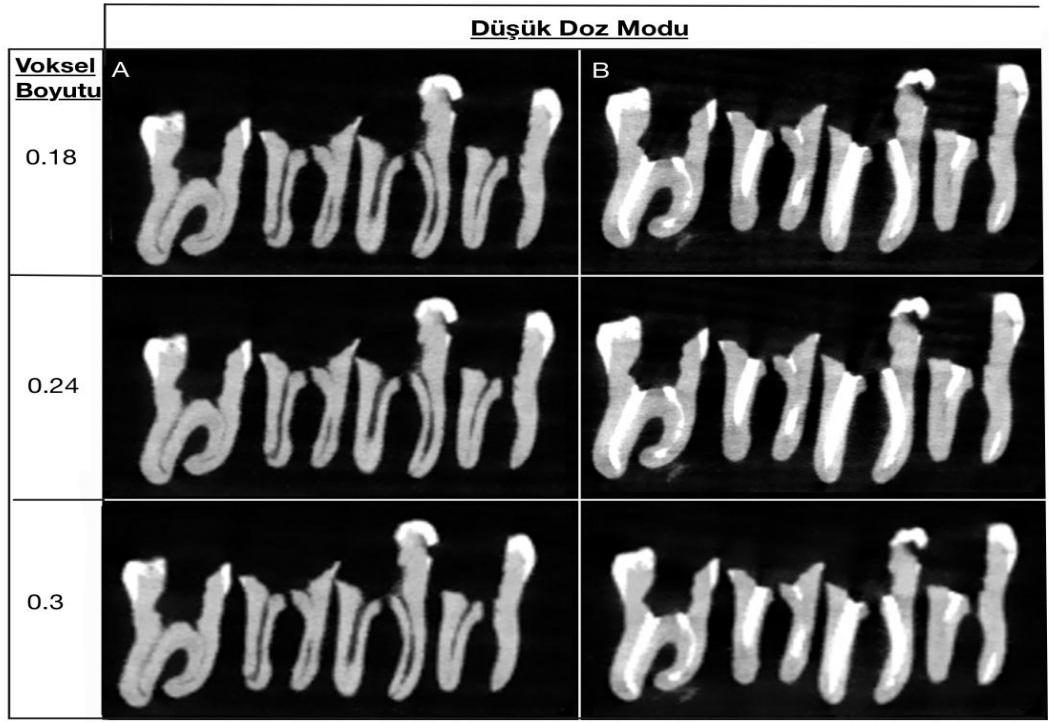
Konik ışınli bilgisayarlı tomografi görüntüleri Newtom 7G (NEWTOM™, CEFLA s.c, Kuzey Amerika, ABD) cihazıyla çekildi. 3 farklı görüntüleme modu ve her modda 3 farklı voksel boyutuyla görüntüler elde edildi. Her görüntülemelerde FOV alanı olarak 60 x 60 mm seçildi. Kök kanal dolumu sonrası da aynı parametreler kullanılarak görüntülemeler yapıldı.



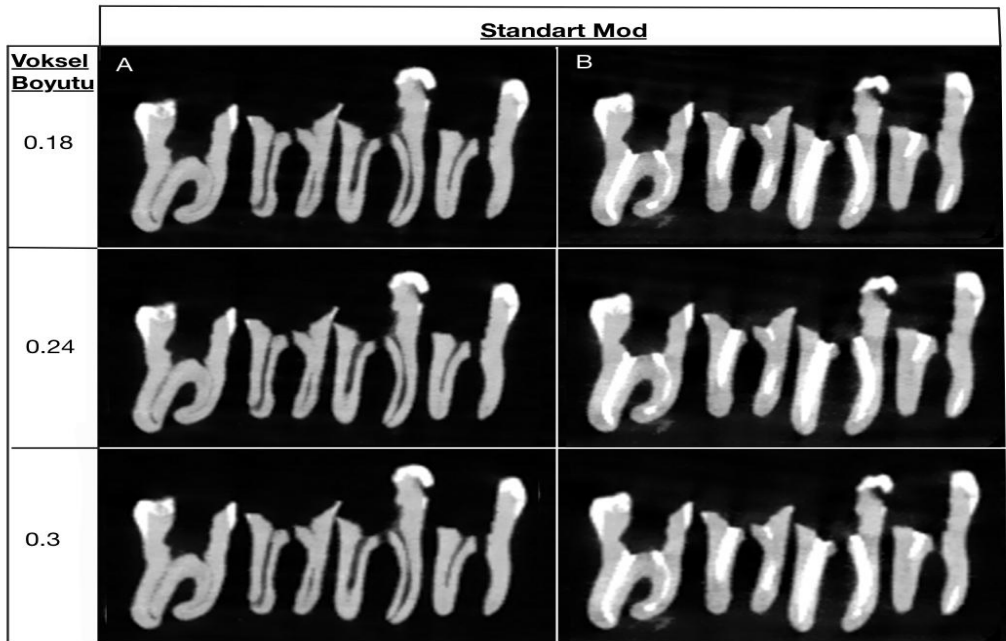
Şekil 2.3. Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi bünyesinde bulunan Newton 7G (NEWTOM™, CEFLA s.c, Kuzey Amerika, ABD) KIBT cihazı

Çizelge 2.1. Newton 7G (NEWTOM™, CEFLA s.c, Kuzey Amerika, ABD) KIBT cihazına ait görüntüleme parametreleri

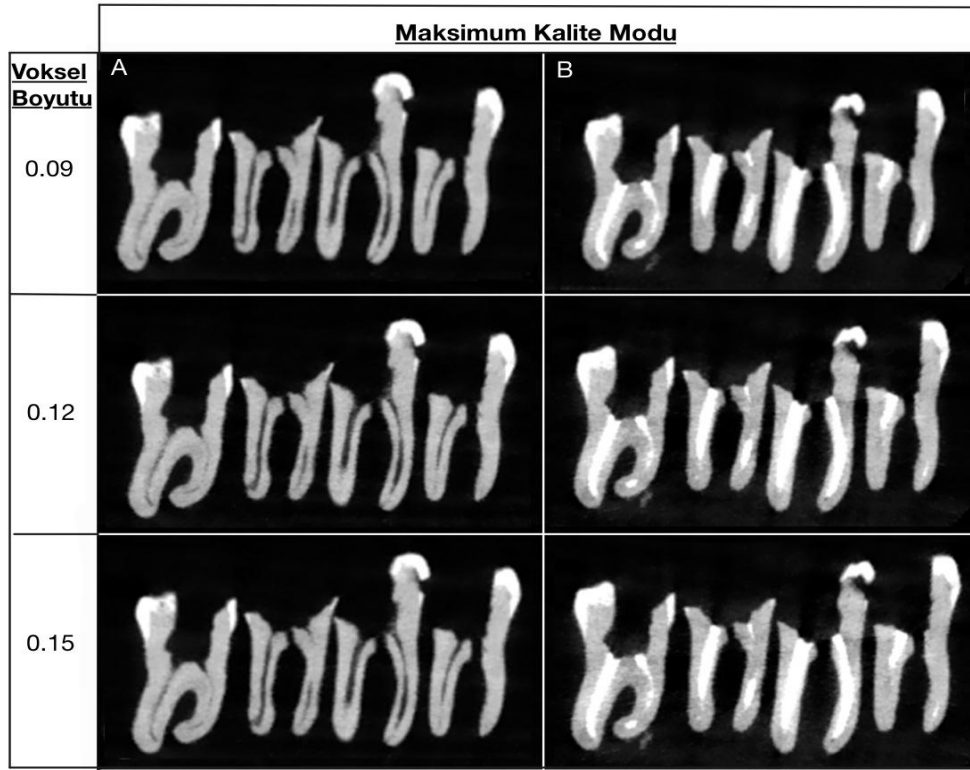
Görüntüleme Protokolü	FOV Alanı	kVp	mA	Süre (sn)	mAs	Voksel Boyutu (mm ³)
Low Dose	60 x 60	100	8	1,4	13,78	0,3
Low Dose	60 x 60	100	8	1,4	13,78	0,24
Low Dose	60 x 60	100	8	1,4	13,78	0,18
Regular	60 x 60	110	7	2,9	20,16	0,3
Regular	60 x 60	110	7	2,9	20,16	0,24
Regular	60 x 60	110	7	2,9	20,16	0,18
Best Quality	60 x 60	120	12	4,2	52	0,15
Best Quality	60 x 60	120	12	4,2	52	0,12
Best Quality	60 x 60	120	12	4,2	52	0,09



Şekil 2.4. 10 numaralı sete ait Low Dose modunda KIBT görüntüleri
a. Kök kanal tedavisi öncesi
b. Kök kanal tedavisi sonrası



Şekil 2.5. 10 numaralı sete ait Regular modunda KIBT görüntüleri
a. Kök kanal tedavisi öncesi
b. Kök kanal tedavisi sonrası



Şekil 2.6. 10 numaralı sete ait Best Quality modunda KIBT görüntüleri
a. Kök kanal tedavisi öncesi
b. Kök kanal tedavisi sonrası

2.5. Endodontik Tedavi Öncesi ve Sonrası Örneklerin Periapikal ve KIBT Görüntülerinin Analizi

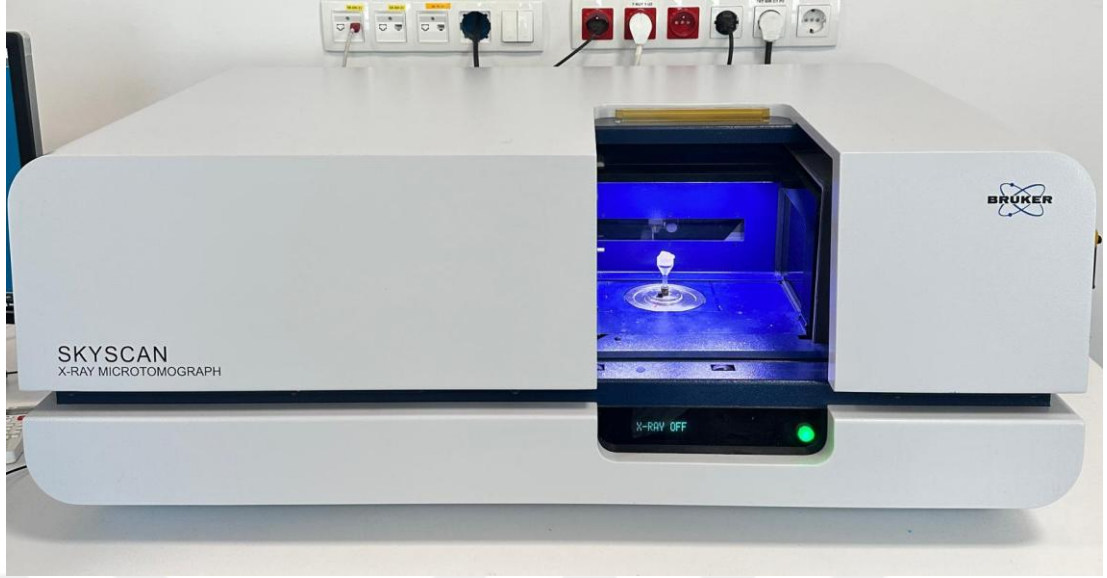
Konik ışınli bilgisayarlı tomografi değerdendirmeleri için, cihazın orijinal yazılımı olan NewTom's NNT (NEWTOM™, Verona, İtalya) kullanıldı. Tüm periapikal radyografi ve KIBT görüntüleri, 27 inç RGB panel, AMD Radeon Pro W 5500 ekran kartlı, 60 Hz de 3840 x 2160 çözünürlük ve 10 bite sahip monitörde (LG Ultra HD, LG Electronics Inc. Gyeongsangbuk-do, Kore Cumhuriyeti) görüntüendi ve değerdendirildi. Gözlemci ekibinde 2 ağız, diş ve çene radyolojisi asistanı (gözlemci 1: 4 yıllık deneyim, gözlemci 2: 9 aylık deneyim) ve 1 endodonti asistanı (gözlemci 3: 4 yıllık deneyim) yer aldı. Tüm değerdendirmeler ışığı azaltılmış, sakin bir ortamda, yaklaşık 50 cm uzaklıktan ve gözlemci tek başınayken yapıldı. Gözlemci içi uyumu değerdendirmek adına değerdendirmelerin tamamı yaklaşık 1 hafta sonra tekrar değerdendirildi. Gözlemciler için herhangi bir zaman kısıtlaması getirilmedi. Tüm örnekler furkasyon perforasyonun varlığı/yokluğu açısından rastgele sırayla ve aşağıda bulunan beş farklı tanısal kategoriye göre değerdendirildi.

1. Perforasyon kesinlikle yok
2. Perforasyon muhtemelen yok
3. Belirsiz (Söyleyemiyorum)
4. Perforasyon muhtemelen var
5. Perforasyon kesinlikle var

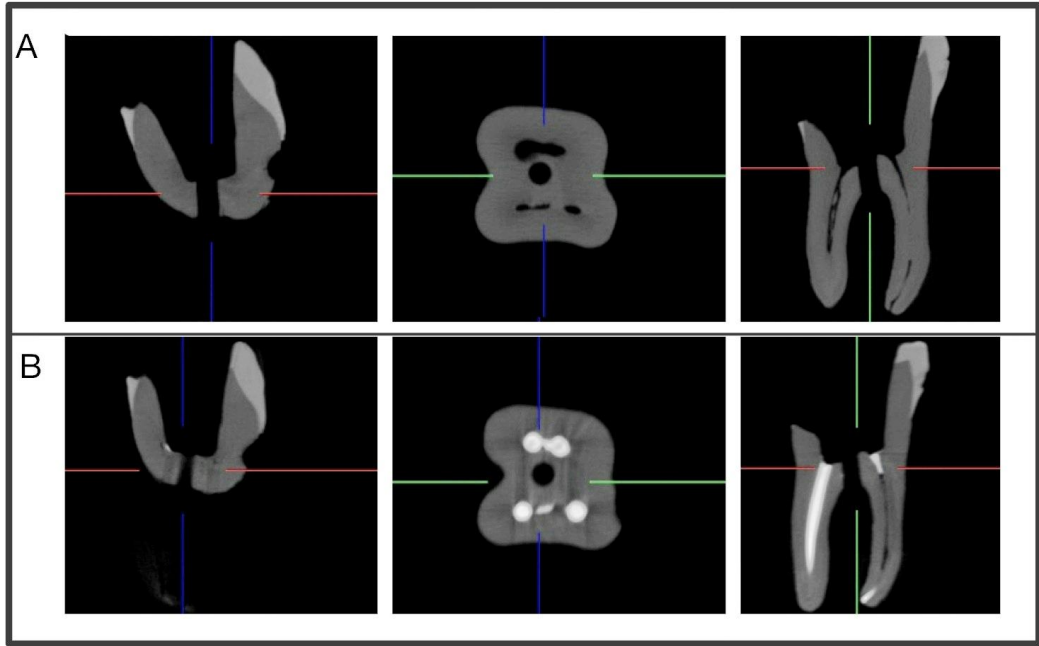
Değerlendirmeler yapıldıktan sonra KIBT görüntülerinde perforasyonların doğrusal ölçümleri tüm gözlemciler tarafından yapıldı. Ölçümler için, cihazın orijinal yazılımı olan NewTom's NNT (NEWTOM™, Verona, İtalya) kullanıldı. Gözlemciler, her perforasyon için sagittal kesitlerde en geniş olan yerden iki kez ölçüm yaptı ve iki ölçümün ortalamasını kaydetti. Analize yalnızca gerçek pozitif tespit edilen perforasyonlardan elde edilen ölçümler dahil edildi. Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi ölçümleri daha sonra Mikro-BT ölçümleriyle karşılaştırıldı.

2.6. Endodontik Tedavi Öncesi ve Sonrası Örneklerin Mikro BT Taramalarının Yapılması, Rekonstrüksiyonu ve Analizi

Oluşturulan 3 boyutlu yapıların iç yapı incelemeleri Mikro-BT (μ BT) taramaları ile yapıldı. Masaüstü μ BT sistemi (Bruker Xray 1275, Kontich, Belçika) örnekleri taramak için kullanıldı. Planlanan tarama boyutu 20 μ m pikseldir. Detektörün X-ray gücüne göre kendisini optimize etmesi için her taramadan önce kalibrasyon gerçekleştirildi. Örnekler 360° döndürülerek tarandı. Feldkamp ve ark. tarafından açıklanan değiştirilmiş algoritmayı kullanan NRecon yazılımı (ver. 1.6.10.4, Bruker Xray, Kontich, Belçika), örneklerin yeniden yapılandırılması için kullanıldı. CTAn (Versiyon 1.23.0.2+, Bruker Micro CT, Belçika) yazılımı, 3 boyutlu hacimsel analizler ve 2 boyutlu analizler için kullanıldı. Taramadan alınan veriler bilgisayar ortamında CTVol (ver. 2.3.2.0, Bruker Xray, Kontich, Belçika) yazılımı yardımıyla karşılaştırıldı.



Şekil 2.7. Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi bünyesinde bulunan Mikro-BT cihazı (Bruker Xray 1275, Kontich, Belçika)



Şekil 2.8. a. Kök kanal tedavisi öncesi 35 numaralı dişe ait Mikro-BT görüntüsü
b. Kök kanal tedavisi sonrası 35 numaralı dişe ait Mikro-BT görüntüsü

2.7. Örneklerle Endodontik Tedavi Uygulanması

Örnekler hazırlandıktan, dijital periapikal radyograflar, KIBT ve Mikro-BT görüntüleri elde edildikten sonra çalışmaya dahil edilen dişlerde kök kanalları, #8, #10 ve #15 numaralı K-tipi eğeler ile şekillendirildi. #8 numaralı K-tipi eğenin ucu apikal foramenenden görününceye kadar kök kanalı içerisinde ilerletilerek kanal boyu tespit edildi. Çalışma boyu, ölçülen kanal boyundan 1 mm kısa olacak şekilde belirlendi. Ardından En-wise endomotor (Wisedent, Guangdong, Çin Halk Cumhuriyeti) ve Endoart Action Gold Kit döner kanal eğeleri (İnci Dental, İstanbul, Türkiye) kullanılarak kanallar şekillendirildi. Kanallar, 5cc'lik bir şırınga ve 27 gauge'lik bir iğne kullanılarak taze hazırlanmış %2'lik sodyum hipoklorit (NaOCl) çözeltisi ile ardından da 2 mL distile su ile irrigate edildi. Dişler paper point (Vdeya, Guangdong, Çin Halk Cumhuriyeti) kullanılarak kurutuldu. Adseal kanal patı (Meta Biomed, Kore Cumhuriyeti) üretici firmanın talimatlarına göre karıştırıldı ve açılı gutta perka (Pearl Dent Co., Kore Cumhuriyeti) pat ile kaplanarak kanala yerleştirildi. Boşlukları gidermek için lateral kompaksiyon tekniği kullanılarak kanal dolumu gerçekleştirildi. Gutta perkalar, gutta kesici (Coxo, Guangdong, Çin Halk Cumhuriyeti) ile kanal ağızlarına kadar kesildi. Son olarak kavite alkollü pamuk ile silinerek kanal patı artıklarından arındırıldı ve kavite içerisinde artık kalmamasına dikkat edildi.

2.8. İstatiksel Analiz

Bu çalışmada gözlemciler arası ve gözlemci içi güvenilirliğin değerlendirilmesi amacıyla Kappa katsayısı ve Sınıf İçi Korelasyon Katsayısı (ICC) değerleri hesaplanmıştır. Kappa katsayısı, kategorik verilerde gözlemciler arası uyumu değerlendirmek için kullanılmış; ICC ise sürekli ölçümlerde gözlemciler arası ve gözlemci içi tutarlılığı belirlemek amacıyla uygulanmıştır. Tüm analizler SPSS 22.0 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Gözlemcilerin Gerçek Sonuçlarla Uyumu

Periapikal radyografi ve KIBT değerlendirmelerinde Gözlemci 1'in gerçek sonuçlarla uyumu Çizelge 3.1.'de, Gözlemci 2'nin gerçek sonuçlarla uyumu Çizelge 3.2.'de, Gözlemci 3'ün gerçek sonuçlarla uyumu Çizelge 3.3.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Gözlemci 1'in gerçek sonuçlarla uyumu

GÖZLEMÇİ 1					
Çene	Kök Kanal Tedavisi	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm ³)	Kappa (κ)	p
Üst Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,3	0,911	0,000
Üst Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Paralel Teknik (PA)	.	0,064	0,111
Üst Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,3	0,911	0,000
Üst Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Paralel Teknik (PA)	.	0,009	0,557
Alt Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000

Çizelge 3.1. Devam					
Alt Çene	Yok	Paralel Teknik (PA)	.	0,714	0,000
Alt Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,3	0,907	0,000
Alt Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,24	0,907	0,000
Alt Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Paralel Teknik (PA)	.	0,574	0,000

Gözlemci 1, kök kanal tedavisinin olmadığı durumda üst çenede büyük voksel boyutlu görüntülerde bile yüksek oranda doğru tanı koymuştur. Kök kanal tedavisi varlığında da Low Dose modunda yüksek düzeyde tutarlılık sağlanmıştır.

Gözlemci 1, alt çenede kök kanal tedavisinin olmadığı durumlarda her modda ve her vokselde mükemmel uyum yakalamıştır. Kök kanal tedavisinin varlığında ise Low Dose modunda 0,3 ve 0,24 mm³ vokselde küçük sapmalar olsa da gözlemci yine yüksek isabet oranına sahiptir.

Gözlemci 1'in hem üst çene hem de alt çenede kök kanal tedavisi yapılan ve yapılmayan dişlerde Regular ve Best Quality modlarında tüm voksel boyutlarında %100 başarılı olduğu gözlenmektedir.

Periapikal değerlendirmelerinde Gözlemci 1'in üst çenede hem kök kanal tedavisi yokluğunda hem de varlığında gerçek sonuçlarla uyumu yok denecek kadar azdır ($p > 0.05$). Üst çene için tanıda yetersiz kaldığı anlaşılmaktadır. Alt çenede ise üst çeneye kıyasla çok daha yüksek tutarlılık sağlanmıştır. Yüksek Kappa değeri ve $p < 0.001$ bu modun daha güvenilir olarak kullanılabildiğini göstermiştir. Kök kanal tedavisi olmayan dişlerde uyum iyi düzeydeyken (κ : 0,714), kök kanal tedavisi varlığında uyum orta düzeye düşmüştür (κ : 0,574).

Çizelge 3.2. Gözlemci 2'nin gerçek sonuçlarla uyumu

GÖZLEMÇİ 2					
Çene	Kök Kanal Tedavisi	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm ³)	Kappa (κ)	p
Üst Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,3	0,833	0,000
Üst Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,24	0,911	0,000

Çizelge 3.2. Devam					
Üst Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Paralel Teknik (PA)	.	0,019	0,397
Üst Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,3	0,692	0,000
Üst Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,24	0,755	0,000
Üst Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,18	0,826	0,000
Üst Çene	Var	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Paralel Teknik (PA)	.	0,000	
Alt Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Paralel Teknik (PA)	.	0,284	0,002
Alt Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Paralel Teknik (PA)	.	0,290	0,002

Gözlemci 2, üst çenede kök kanal tedavisi yapılmamış dişlerde Low Dose modda büyük voksel boyutlarında bile yüksek doğrulukla değerlendirme yapmıştır. Kök kanal tedavisi olan durumlarda büyük voksel boyutlarında sapma payı artsa da yine de anlamlı ve

yüksek kabul edilebilir. Hem Regular hem de Best Quality modlarında üst çenedeki tüm değerlendirmeleri doğrudur.

Gözlemci 2, alt çenede hem kök kanal tedavisi yapılmamış hem de kök kanal tedavisi yapılmış dişlerde her modda ve her vokselde istisnasız doğru teşhisler yapmıştır.

Periapikal değerlendirmelerinde Gözlemci 2'nin üst çenede kök kanal tedavisi yokluğunda yaptığı değerlendirmeler istatistiksel olarak anlamsızdır ($p > 0.05$). Kök kanal tedavisi varlığında ise tam bir uyumsuzluk söz konusudur. Alt çenede kök kanal tedavisi yapılmamış ve kök kanal tedavisi yapılmış dişlerde Kappa değerleri (sırasıyla: 0,284-0,290) düşük de olsa tanıları anlamlı düzeyde, ancak uyumları zayıftır. Pratikte düşük güvenilirliğe sahiptir.

Çizelge 3.3. Gözlemci 3'ün gerçek sonuçlarla uyumu

GÖZLEMCİ 3					
Çene	Kök Kanal Tedavisi	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm³)	Kappa (κ)	p
Üst Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,3	0,907	0,000
Üst Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,18	0,833	0,000
Üst Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Paralel Teknik (PA)	.	0,019	0,397
Üst Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,3	0,911	0,000
Üst Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,24	0,911	0,000
Üst Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,18	0,911	0,000
Üst Çene	Var	Regular (KIBT)	0,3	0,911	0,000
Üst Çene	Var	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Paralel Teknik (PA)	.	0,018	0,397
Alt Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,3	0,911	0,000
Alt Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000

Çizelge 3.3. Devam					
Alt Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Paralel Teknik (PA)	.	0,241	0,001
Alt Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,3	0,833	0,000
Alt Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,24	0,911	0,000
Alt Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,18	0,911	0,000
Alt Çene	Var	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Paralel Teknik (PA)	.	0,143	0,013

Gözlemci 3'ün üst çenede kök kanal tedavisi yapılmamış dişlerdeki tanıları büyük voksel boyutlarında oldukça başarılıdır. Kök kanal tedavisi yapılmış dişlerde Low modda ve büyük voksel boyutlarında dahi tutarlılık oldukça yüksektir. Regular modda 0,24 ve 0,18 mm³ vokselde yine yüksek doğrulukla karar vermiştir. Best Quality modu, Gözlemci 3'ün değerlendirme açısından üst çenede en güçlü olduğu moddur.

Gözlemci 3 alt çenede kök kanal tedavisi yapılmış ve yapılmamış dişlerde büyük voksel boyutlarında dahi yüksek düzeyde doğru karar vermiştir. Regular ve Best Quality modlarında tüm çözünürlüklerde hatasız değerlendirme yapmıştır.

Periapikal değerlendirmelerinde Gözlemci 3'ün üst çenede hem kök kanal tedavisi yokluğunda hem de varlığında yaptığı değerlendirmeler rastlantısaldır. Sonuç istatistiksel olarak anlamsızdır ($p > 0,05$). Alt çenede kök kanal tedavisi yapılmamış ve kök kanal tedavisi yapılmış dişlerde Kappa değerleri (sırasıyla: 0,241-0,143) düşük de olsa tanıları anlamlı düzeyde, ancak uyumları zayıftır. Özellikle kök kanal tedavisi varlığında Kappa değeri çok düşüktür. Gözlemci 3'ün değerlendirmeleri klinik tanı için yetersizdir, doğrulamaya ihtiyaç duymaktadır.

3.2. Gözlemci İçi Uyumların Değerlendirilmesi

Üst çene için gözlemci içi uyum değerlendirilmesi Çizelge 3.4.'te, alt çene için gözlemci içi uyum değerlendirilmesi Çizelge 3.5.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Gözlemci içi uyum değerlendirilmesi (Üst Çene)

				Gözlemci 1		Gözlemci 2		Gözlemci 3	
Çene	Kök Kanal Tedavisi	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm ³)	Kappa (κ)	p	Kappa (κ)	p	Kappa (κ)	p
Üst Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,3	0,826	0,000	0,844	0,000	0,755	0,000
Üst Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,24	0,911	0,000	0,832	0,000	0,833	0,000
Üst Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,18	1,000	0,000	0,911	0,000	0,833	0,000
Üst Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Paralel Teknik (PA)	.	0,468	0,000	0,333	0,004	0,580	0,000
Üst Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,3	0,832	0,000	0,789	0,000	0,689	0,000
Üst Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,24	0,911	0,000	0,689	0,000	0,754	0,000
Üst Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,18	0,911	0,000	0,826	0,000	0,826	0,000
Üst Çene	Var	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000	0,911	0,000	0,826	0,000
Üst Çene	Var	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Paralel Teknik (PA)	.	0,318	0,015	-0,209	0,143	0,004	0,976

Gözlemci 1, üst çenede kök kanal tedavisinin varlığında ve yokluğunda Low Dose modunda iyi-çok iyi (0,826-1,000) uyum sergilemiştir. Bu modda diğer gözlemcilere nazaran genel olarak daha kararlı, Regular ve Best Quality modlarında ise mükemmel derecede tutarlıdır.

Gözlemci 2, üst çenede kök kanal tedavisinin yokluğunda Low Dose modunda iyi-çok iyi (0,832-0,911) uyum sergilerken, kök kanal tedavisinin varlığında orta-çok iyi uyum (0,689-0,826) uyum sergilemiştir.

Gözlemci 3, üst çenede kök kanal tedavisinin yokluğunda Low Dose modunda iyi-çok iyi (0,755-0,833) uyum sergilerken, kök kanal tedavisinin varlığında orta-çok iyi uyum (0,689-0,826) uyum sergilemiştir.

Regular modda tüm gözlemcilerde her voksel düzeyinde Kappa = 1,000 veya 0,911, Best Quality modunda her voksel düzeyinde Kappa = 1,000'dir. Mükemmel gözlemci içi tutarlılık söz konusudur.

Periapikal değerlendirmelerde gözlemci içi tutarlılık düşüktür. Kök kanal tedavisi yokken gözlemciler düşük ve orta düzeylerde uyum sergilemişlerdir (Kappa değerleri sırasıyla: 0,468-0,333-0,580). Kök kanal tedavisi varlığında Gözlemci 1 sınıra yakın bir anlamlılıkla zayıf uyum sergilemiştir. Gözlemci 2'nin negatif Kappa değeri, değerlendirmelerinin tamamen çelişkili olduğunu göstermiştir. Gözlemci 3'ün sıfıra yakın Kappa değeri de istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0.05$).

Çizelge 3.5. Gözlemci içi uyum değerlendirilmesi (Alt Çene)

				Gözlemci 1		Gözlemci 2		Gözlemci 3	
Çene	Kök Kanal Tedavisi	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm ³)	Kappa (κ)	p	Kappa (κ)	p	Kappa (κ)	p
Alt Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,3	1,000	0,000	0,833	0,000	0,911	0,000
Alt Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,24	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,18	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Paralel Teknik (PA)	.	0,510	0,000	0,547	0,000	0,338	0,000

Çizelge 3.5. Devam									
Alt Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,3	0,907	0,000	0,911	0,000	0,921	0,000
Alt Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,24	0,907	0,000	1,000	0,000	0,832	0,000
Alt Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,18	1,000	0,000	1,000	0,000	0,911	0,000
Alt Çene	Var	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Paralel Teknik (PA)	.	0,393	0,000	0,287	0,004	0,410	0,001

Gözlemci 1, alt çenede kök kanal tedavisinin varlığında Low Dose modunda çok iyi (0,907-1,000) uyum sergilemiştir. Kök kanal tedavisinin yokluğunda Low Dose modunda, kök kanal tedavisinin varlığında ve yokluğunda Regular ve Best Quality modlarında ise mükemmel derecede tutarlıdır.

Hem Gözlemci 2, hem Gözlemci 3 alt çenede Low Dose modunda kök kanal tedavisinin yokluğunda ve varlığında iyi-çok iyi uyum sergilemiştir. Alt çenede Regular ve Best Quality modunda tüm gözlemcilerde her vokselle düzeyinde Kappa = 1,000'dir. Mükemmel gözlemci içi tutarlılık söz konusudur.

Periapikal değerlendirmelerde gözlemci içi güvenilirlik düşüktür. Kök kanal tedavisi yokken gözlemciler düşük ve orta düzeylerde uyum sergilemişlerdir, ancak üst çeneye nazaran Kappa değerlerinde artış gözlenmektedir (Kappa değerleri sırasıyla: 0,510-0,547-0,338). Kök kanal tedavisi varlığında ise Gözlemci 3 hariç diğer gözlemcilerin uyum düzeyi düşmüştür (Kappa değerleri sırasıyla: 0,393-0,287-0,410). Gözlemci 3'te kararsızlık belirgindir. Gözlemci 3 için görsellerin yorumlanmasının zor olduğu anlaşılmaktadır.

3.3. Gözlemciler Arası Uyumların Değerlendirilmesi

Gözlemci 1 ve Gözlemci 2 arasındaki uyum üst çene için Çizelge 3.6.'da, alt çene için Çizelge 3.7.'de, Gözlemci 1 ve Gözlemci 3 arasındaki uyum üst çene için Çizelge 3.8.'de, alt

çene için Çizelge 3.9.'da, Gözlemci 2 ve Gözlemci 3 arasındaki uyum üst çene için Çizelge 3.10.'da, alt çene için Çizelge 3.11.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Gözlemci 1 ve Gözlemci 2 arasındaki uyum değerlendirilmesi (Üst Çene)

Gözlemci 1-2 uyumu					
Çene	Kök Kanal Tedavisi	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm ³)	Kappa (κ)	p
Üst Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,3	0,762	0,000
Üst Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,24	0,911	0,000
Üst Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Paralel Teknik (PA)	.	0,221	0,040
Üst Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,3	0,631	0,000
Üst Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,24	0,755	0,000
Üst Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,18	0,826	0,000
Üst Çene	Var	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Paralel Teknik (PA)	.	-0,302	0,011

Gözlemci 1 ve Gözlemci 2 arasında kök kanal tedavisi yokluğunda Low Dose modunda düşük voksel boyutuna geçildikçe uyum artmaktadır. Low Dose modunda 0.3 mm³ vokselde gözle görülür sapma olmasına rağmen sonuç yine de istatistiksel anlamda anlamlıdır. Regular ve Best Quality modlarında voksel seviyesinden bağımsız olarak tam bir gözlemci uyumu vardır. Bu modların gözlemci 1 ve 2 arasındaki değerlendirmede çok güvenilir olduğu söylenebilir.

Kök kanal tedavisinin varlığında Low Dose modunda da uyum, voksel boyutu azaldıkça artmaktadır. Ancak 0,3 mm³ vokselde güven azalmaktadır. Kanal tedavisi olsa bile Gözlemci 1 ve 2 arasında Regular ve Best Quality modlarında mutlak tutarlılık vardır.

Periapikal değerlendirmelerde kök kanal tedavisinin yokluğunda uyum zayıftır. Anlamlı ama düşük güvenilirlik vardır ($p < 0,05$). Kök kanal tedavisinin varlığında ise gözlemciler arası uyumun negatif çıkması, iki gözlemcinin sistematik olarak birbirine zıt değerlendirme yaptığını göstermektedir. Klinik açıdan bu mod ve durum tehlikeli şekilde güvensizdir.

Çizelge 3.7. Gözlemci 1 ve Gözlemci 2 arasındaki uyum değerlendirilmesi (Alt ene)

Gözlemci 1-2 uyumu					
Çene	Kök Kanal Tedavisi	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm ³)	Kappa (κ)	p
Alt ene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Alt ene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Alt ene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Alt ene	Yok	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Alt ene	Yok	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Alt ene	Yok	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Alt ene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Alt ene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Alt ene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Alt ene	Yok	Paralel Teknik (PA)	.	0,243	0,001
Alt ene	Var	Low Dose (KIBT)	0,3	0,907	0,000
Alt ene	Var	Low Dose (KIBT)	0,24	0,907	0,000
Alt ene	Var	Low Dose (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Alt ene	Var	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Alt ene	Var	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Alt ene	Var	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Alt ene	Var	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Alt ene	Var	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Alt ene	Var	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Alt ene	Var	Paralel Teknik (PA)	.	0,349	0,001

Kök kanal tedavisi yapılmamış grupta ř eneden farklı olarak Low Dose modunda bile tam uyum vardır. Bu nedenle alt çenede değerlendirmenin daha net ve tutarlı olduğu söylenebilir. Kök kanal tedavisi yapılmış grupta da yine Low Dose modunda ř çeneye göre daha yüksek güven vardır. Özellikle 0,18 mm³ vokselde tam uyum elde edilmiştir. Regular ve Best Quality modlarında ise hem kök kanal tedavisi yapılmış hem de yapılmamış gruplarda tüm voksel seviyelerinde tam tutarlılık gözlenmektedir.

Periapikal değerlendirmelerde kök kanal tedavisinin yokluğunda uyum zayıftır. Anlamlı olsa da kararsızlık içerir ve düşük güvenilirliğe sahiptir. Kök kanal tedavisinin varlığında ise üst çeneye göre Kappa değer iyileşse de zayıf uyum devam etmektedir.

Çizelge 3.8. Gözlemci 1 ve Gözlemci 3 arasındaki uyum değerlendirilmesi (st ene)

Gözlemci 1-3 uyumu					
Çene	Kök Kanal Tedavisi	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm ³)	Kappa (κ)	p
Üst ene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,3	0,826	0,000
Üst ene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Üst ene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,18	0,833	0,000
Üst ene	Yok	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Üst ene	Yok	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Üst ene	Yok	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
st ene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
st ene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
st ene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
st ene	Yok	Paralel Teknik (PA)	.	0,143	0,172
st ene	Var	Low Dose (KIBT)	0,3	0,832	0,000
st ene	Var	Low Dose (KIBT)	0,24	0,911	0,000
st ene	Var	Low Dose (KIBT)	0,18	0,911	0,000
st ene	Var	Regular (KIBT)	0,3	0,911	0,000
st ene	Var	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Üst ene	Var	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Üst ene	Var	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Üst ene	Var	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Üst ene	Var	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Üst ene	Var	Paralel Teknik (PA)	.	0,108	0,4

Gözlemci 1 ve Gözlemci 3 için kök kanal tedavisi olmayan grupta Low Dose modunda iyi-çok iyi uyum var (κ: 0,826-1,000). Regular ve Best Quality modlarında ise tüm seviyelerde tam uyum sağlanmış.

Kök kanal tedavisi varlığında ise Low Dose modunda iyi-çok iyi düzeyde uyum var (κ: 0,832-0,911). Gözlemciler arasında ciddi tutarsızlık gözlenmemiştir. Regular mod ise 0,3 mm³ vokseldeki küçük bir sapmaya rağmen oldukça güvenilirdir. Best Quality modu kök kanal tedavisi varlığında da tamamen uyumludur.

Periapikal değerlendirmelerde kök kanal tedavisinin yokluğunda ve varlığında p > 0.05 olduğundan istatistiksel olarak anlamsızdır. Gözlemcilerin değerlendirmeleri arasında tutarlılık yok denecek kadar azdır. Bu görüntüleme yöntemi iki gözlemci için de ciddi bir

kararsızlık ve uyumsuzluk alanıdır. Klinik olarak dikkatle ele alınmalı, gerekirse üçüncü bir görüş veya farklı görüntüleme yöntemiyle desteklenmelidir.

Çizelge 3.9. Gözlemci 1 ve Gözlemci 3 arasındaki uyum değerlendirilmesi (Alt Çene)

Gözlemci 1-3 uyumu					
Çene	Kök Kanal Tedavisi	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm³)	Kappa (κ)	p
Alt Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,3	0,911	0,000
Alt Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Paralel Teknik (PA)	.	0,263	0,005
Alt Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,3	0,755	0,000
Alt Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,24	0,826	0,000
Alt Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,18	0,911	0,000
Alt Çene	Var	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Paralel Teknik (PA)	.	0,160	0,033

Kök kanal tedavisinin yokluğunda gözlemciler Low Dose modunda 0,3 mm³ vokselde bile tutarlıdır. 0,24 ve 0,18 mm³ vokselde tam uyum vardır. Kök kanal tedavisi varlığında ise Low Dose modunda bile güçlü uyum sağlanmış. 0,3 mm³ vokselde uyum biraz azalsa da sonuç yine anlamlıdır. (p < 0,001). Kök kanal tedavisinin yokluğunda ve varlığında Regular ve Best Quality modlarında gözlemciler arasında mükemmel uyum gözlenmektedir.

Periapikal değerlendirmelerde kök kanal tedavisi yokluğunda düşük Kappa değeri zayıf ama anlamlı uyumu göstermektedir (p < 0,05). Kök kanal tedavisi varlığında ise istatistiksel olarak anlamlı olsa da çok zayıf uyumdan bahsedilebilir (p < 0,05). Gözlemciler arasında hem kök kanal tedavisi yokluğunda hem de varlığında belirsizlik ve kararsızlık mevcuttur, güvenilirlik düzeyi düşüktür.

Çizelge 3.10. Gözlemci 2 ve Gözlemci 3 arasındaki uyum değerlendirilmesi (Üst Çene)

Gözlemci 2-3 uyumu					
Çene	Kök Kanal Tedavisi	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm ³)	Kappa (κ)	p
Üst Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,3	0,755	0,000
Üst Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,24	0,911	0,000
Üst Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,18	0,833	0,000
Üst Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Üst Çene	Yok	Paralel Teknik (PA)	.	0,494	0,000
Üst Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,3	0,631	0,000
Üst Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,24	0,689	0,000
Üst Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,18	0,754	0,000
Üst Çene	Var	Regular (KIBT)	0,3	0,911	0,000
Üst Çene	Var	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Üst Çene	Var	Paralel Teknik (PA)	.	0,168	0,094

Kök kanal tedavisi yapılmamış grupta Low Dose modunda gözlemciler 0,3 mm³ vokselde biraz daha az tutarlı olmasına rağmen genel olarak güvenilirlik yüksektir. Kök kanal tedavisi varlığında Low Dose modunda 0,3 ve 0,24 mm³ vokselde uyum belirgin şekilde düşmüştür. Bu modda büyük boyuttaki vokselde gözlemciler arasında karar farklılıklarının arttığı söylenebilir.

Regular modda kök kanal tedavisi olsa bile gözlemci kararlılığı yine yüksektir. Best Quality modunda ise kanal tedavisinin yokluğunda ve varlığında gözlemciler arası tam tutarlılık söz konusudur.

Periapikal değerlendirmelerde kök kanal tedavisi yokluğunda uyum diğer değerlere göre düşük olsa da orta düzeydedir ($p < 0.05$). Kök kanal tedavisi varlığında ise çok zayıf ve $p > 0.05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamsız uyumdan söz edilebilir.

Çizelge 3.11. Gözlemci 2 ve Gözlemci 3 arasındaki uyum değerlendirilmesi (Alt Çene)

Gözlemci 2-3 uyumu					
Çene	Kök Kanal Tedavisi	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm ³)	Kappa (κ)	p
Alt Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,3	0,911	0,000
Alt Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Low Dose (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Alt Çene	Yok	Paralel Teknik (PA)	.	0,366	0,001
Alt Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,3	0,833	0,000
Alt Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,24	0,911	0,000
Alt Çene	Var	Low Dose (KIBT)	0,18	0,911	0,000
Alt Çene	Var	Regular (KIBT)	0,3	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Regular (KIBT)	0,24	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Regular (KIBT)	0,18	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,15	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,12	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Best Quality (KIBT)	0,09	1,000	0,000
Alt Çene	Var	Paralel Teknik (PA)	.	0,171	0,069

Kök kanal tedavisi yapılmamış grupta Low Dose modunda 0,3 mm³ vokselde küçük bir sapma olsa da gözlemciler arası çok iyi bir uyum vardır. Kök kanal tedavisi varlığında ise Low Dose modunda uyum biraz azalsa da güçlü bir uyumdan bahsedilebilir. Gözlemciler Regular ve Best Quality modlarında hem kök kanal tedavisi yokluğunda hem de varlığında mükemmel uyum göstermektedir.

Periapikal değerlendirmelerde kök kanal tedavisi yokluğunda uyum düşük, ancak istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Kök kanal tedavisi varlığında ise çok zayıf ve istatistiksel olarak anlamsız uyumdan bahsedilebilir. ($p > 0.05$). Gözlemcilerin benzer değerlendirmeler yapmadıklarından söz edilebilir.

3.4. Kök Kanal Tedavisi Yapılmamış Dişlerde Furkasyon Perforasyonu Ölçüm Genişliği Değerlendirilmesi

Gözlemci 1'in yaptığı ölçüm değerlerinin gerçek değerler ile karşılaştırılması Çizelge 3.12.'de, Gözlemci 2'in yaptığı ölçüm değerlerinin gerçek değerler ile karşılaştırılması Çizelge 3.13.'de, Gözlemci 3'ün yaptığı ölçüm değerlerinin gerçek değerler ile karşılaştırılması Çizelge 3.14.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.12. Gözlemci 1 'in yaptığı ölçümlerin Mikro-BT ölçümleri ile karşılaştırılması

SINIF İÇİ KORELASYON KATSAYISI G1-GOLD						
Çene	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm ³)	ICC	95% Confidence Interval		P
				Lower Bound	Upper Bound	
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,934	0,844	0,973	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,941	0,861	0,976	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,961	0,907	0,984	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,958	0,900	0,983	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,924	0,822	0,968	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,98	0,952	0,992	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,977	0,943	0,990	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,963	0,911	0,985	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,996	0,990	0,998	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,98	0,950	0,992	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,954	0,891	0,981	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,951	0,884	0,980	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,955	0,893	0,982	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,979	0,950	0,992	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,974	0,936	0,989	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,969	0,925	0,987	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,986	0,966	0,994	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,987	0,967	0,995	0,000

Gözlemci 1'in tüm ölçümleri, altın standartla istatistiksel olarak anlamlı ve mükemmel düzeyde uyum içindedir. En yüksek uyum, Best Quality modunda ve 0,09 mm³ vokselde elde edilmiştir (Üst çene: ICC = 0.996 Alt çene: ICC = 0.987, ICC > 0.96). Bu sonuçlar, Gözlemci 1'in klinik ölçüm güvenilirliğinin yüksek olduğunu ve hem düşük hem yüksek voksel düzeylerinde güvenle ölçüm yapabileceğini desteklemektedir.

Çizelge 3.13. Gözlemci 2 'in yaptığı ölçümlerin Mikro-BT ölçümleri ile karşılaştırılması

SINIF İÇİ KORELASYON KATSAYISI G2-GOLD						
Çene	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm3)	ICC	95% Confidence Interval		P
				Lower Bound	Upper Bound	
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,929	0,835	0,971	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,919	0,811	0,966	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,897	0,763	0,957	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,914	0,801	0,964	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,899	0,769	0,958	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,923	0,821	0,968	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,934	0,845	0,973	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,938	0,853	0,974	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,975	0,940	0,990	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,89	0,748	0,954	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,964	0,915	0,985	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,921	0,817	0,967	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,966	0,918	0,986	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,938	0,853	0,974	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,941	0,860	0,976	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,952	0,887	0,980	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,914	0,801	0,964	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,974	0,938	0,989	0,000

Gözlemci 2'nin altın standartla olan ölçüm uyumu genel olarak mükemmel düzeydedir, özellikle alt çenede ve Best Quality modunda 0,09 mm³ vokselde ICC > 0.95 düzeyine ulaşılmıştır. Üst çenede bazı ICC değerleri 0.90 sınırında olsa da, yine de ölçüm güvenilirliği yüksek olarak kabul edilmektedir. Bu sonuçlar, Gözlemci 2'nin klinik ölçümlerinin güvenilir olduğunu, ancak üst çene ölçümlerinde hafif bir varyans olabileceğini göstermektedir.

Çizelge 3.14. Gözlemci 3 'ün yaptığı ölçümlerin Mikro-BT ölçümleri ile karşılaştırılması

SINIF İÇİ KORELASYON KATSAYISI G3-GOLD						
Çene	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm3)	ICC	95% Confidence Interval		P
				Lower Bound	Upper Bound	
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,892	0,754	0,955	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,9	0,770	0,958	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,902	0,774	0,959	0,000

Çizelge 3.14. Devam						
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,834	0,636	0,929	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,877	0,723	0,948	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,897	0,764	0,957	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,922	0,819	0,968	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,926	0,828	0,969	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,96	0,905	0,984	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,91	0,793	0,963	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,966	0,918	0,986	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,903	0,777	0,960	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,964	0,914	0,985	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,868	0,702	0,944	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,944	0,869	0,977	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,95	0,881	0,979	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,952	0,885	0,980	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,952	0,886	0,980	0,000

Gözlemci 3'ün altın standartla uyumu, özellikle alt çenede ve Best Quality modunda son derece yüksektir. Üst çenede Regular modda ICC değerleri diğer gözlemcilere göre biraz daha düşük çıkmıştır, bu da ölçüm varyansının üst çenede daha fazla olduğunu düşündürür. Genel olarak Gözlemci 3'ün ölçümleri yüksek çözünürlükle desteklendiğinde altın standartla oldukça uyumludur.

3.5. Kök Kanal Tedavisi Yapılmamış Dişlerde Furkasyon Perforasyonu Ölçüm Genişliği Gözlemciler Arası Uyum Değerlendirilmesi

Furkasyon perforasyonu genişlik ölçümleri için gözlemciler arası uyum Çizelge 3.15.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.15. Gözlemciler arası uyum değerlendirmesi

SINIF İÇİ KORELASYON KATSAYISI G 1 – 2 - 3						
Çene	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm3)	ICC	95% Confidence Interval		P
				Lower Bound	Upper Bound	
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,925	0,853	0,966	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,883	0,777	0,947	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,901	0,808	0,955	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,867	0,749	0,939	0,000

Üst Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,83	0,686	0,920	0,000
Çizelge 3.15. Devam						
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,864	0,744	0,938	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,904	0,815	0,957	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,917	0,839	0,963	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,963	0,925	0,984	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,894	0,797	0,952	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,924	0,852	0,966	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,906	0,819	0,958	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,924	0,852	0,966	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,852	0,724	0,932	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,913	0,831	0,961	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,931	0,864	0,969	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,915	0,835	0,962	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,964	0,928	0,984	0,000

En yüksek gözlemciler arası uyum, Best Quality modu ve 0,09 mm³ vokselle elde edilmiştir (Üst çene: ICC = 0.963 Alt çene: ICC = 0.964, ICC > 0.96). Bu durum yüksek çözünürlüklü görüntülemenin gözlemciler arası farklılığı azaltarak tutarlılığı artırdığını doğrulamaktadır. Alt çene ölçümleri, üst çeneye kıyasla biraz daha stabil ve tutarlıdır. Üst çenede Regular mod, gözlemciler arası uyumun en zayıf olduğu alandır ancak yine de iyi düzeydedir (ICC = 0.830). Mod ve vokselle tercihi, ölçümlerdeki gözlemci varyansını belirgin şekilde etkilemektedir. Uyumunu artırmak için varyansı yüksek ayarlarda daha fazla standardizasyona ihtiyaç var.

3.6. Kök Kanal Tedavisi Yapılmış Dişlerde Furkasyon Perforasyonu Ölçüm Genişliği Değerlendirilmesi

Gözlemci 1'in yaptığı ölçüm değerlerinin gerçek değerlerle karşılaştırılması Çizelge 3.16.'da, Gözlemci 2'in yaptığı ölçüm değerlerinin gerçek değerlerle karşılaştırılması Çizelge 3.17.'de, Gözlemci 3'ün yaptığı ölçüm değerlerinin gerçek değerlerle karşılaştırılması Çizelge 3.18.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.16. Gözlemci 1’in yaptığı ölçümlerin Mikro-BT ölçümleri ile karşılaştırılması

SINIF İÇİ KORELASYON KATSAYISI G1-GOLD						
Çene	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm3)	ICC	95% Confidence Interval		P
				Lower Bound	Upper Bound	
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,907	0,784	0,961	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,925	0,825	0,969	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,975	0,940	0,990	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,978	0,948	0,991	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,962	0,909	0,984	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,943	0,865	0,976	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,974	0,937	0,989	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,935	0,847	0,973	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,98	0,952	0,992	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,967	0,920	0,986	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,946	0,873	0,978	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,945	0,870	0,977	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,957	0,898	0,982	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,944	0,868	0,977	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,976	0,943	0,990	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,973	0,934	0,989	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,954	0,890	0,981	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,973	0,935	0,989	0,000

Gözlemci 1’in altın standartla kök kanal tedavili dişlerde yaptığı ölçümler tüm çene, mod ve voksel boyutlarında “mükemmel” uyum düzeyinde gerçekleşmiştir. Bu bulgular, Gözlemci 1’in özellikle düşük voksel boyutlarıyla yapılan ölçümlerde yüksek doğrulukta ve tekrarlanabilir ölçümler gerçekleştirdiğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 3.17. Gözlemci 2’in yaptığı ölçümlerin Mikro-BT ölçümleri ile karşılaştırılması

SINIF İÇİ KORELASYON KATSAYISI G2-GOLD						
Çene	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm3)	ICC	95% Confidence Interval		P
				Lower Bound	Upper Bound	
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,883	0,735	0,951	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,888	0,745	0,953	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,914	0,801	0,964	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,937	0,852	0,974	0,000

Çizelge 3.17. Devam						
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,923	0,821	0,968	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,886	0,741	0,952	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,915	0,802	0,964	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,954	0,890	0,981	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,94	0,858	0,975	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,892	0,752	0,955	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,958	0,900	0,983	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,934	0,846	0,973	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,902	0,776	0,959	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,962	0,909	0,985	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,932	0,841	0,972	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,933	0,843	0,972	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,948	0,877	0,979	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,947	0,875	0,978	0,000

Gözlemci 2 ile altın standart ölçümler arasında kanal tedavili dişlerde yüksek derecede güvenilirlik saptanmıştır. Gözlemci 2, özellikle Best Quality ve Regular modlarında, altın standart ölçümlere oldukça paralel ölçümler gerçekleştirmiştir.

Çizelge 3.18. Gözlemci 3'ün yaptığı ölçümlerin Mikro-BT ölçümleri ile karşılaştırılması

SINIF İÇİ KORELASYON KATSAYISI G3-GOLD						
Çene	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm3)	ICC	95% Confidence Interval		P
				Lower Bound	Upper Bound	
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,944	0,867	0,977	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,886	0,740	0,952	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,868	0,704	0,944	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,903	0,778	0,960	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,913	0,799	0,964	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,896	0,761	0,956	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,878	0,723	0,948	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,878	0,725	0,949	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,891	0,751	0,954	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,928	0,832	0,970	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,968	0,923	0,987	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,945	0,870	0,977	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,862	0,692	0,942	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,964	0,914	0,985	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,877	0,723	0,948	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,924	0,822	0,968	0,000

Çizelge 3.18. Devam						
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,952	0,886	0,980	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,912	0,797	0,964	0,000

Gözlemci 3 ile altın standart uyumu, özellikle alt çene ve Best Quality Mod kombinasyonlarında mükemmel güvenilirlik sunmaktadır. Üst çenede Best Quality modunda mükemmel düzeye ulaşılmasa da tüm voksel boyutlarında uyum iyidir ve klinik değerlendirme için yeterli güven aralığındadır.

3.7. Kök Kanal Tedavisi Yapılmış Dişlerde Furkasyon Perforasyonu Ölçüm Genişliği Gözlemciler Arası Uyum Değerlendirilmesi

Furkasyon perforasyonu genişlik ölçümleri için gözlemciler arası uyum Çizelge 3.19.'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.19. Gözlemciler arası uyum değerlendirmesi

SINIF İÇİ KORELASYON KATSAYISI G1-2-3						
Çene	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm3)	ICC	95% Confidence Interval		P
				Lower Bound	Upper Bound	
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,88	0,771	0,945	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,935	0,871	0,971	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,878	0,768	0,944	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,927	0,856	0,967	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,878	0,768	0,944	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,843	0,708	0,927	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,859	0,735	0,935	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,912	0,829	0,960	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,891	0,791	0,950	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,929	0,861	0,968	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,958	0,915	0,981	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,949	0,898	0,977	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,875	0,762	0,943	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,922	0,847	0,965	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,86	0,736	0,935	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,914	0,832	0,961	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,919	0,841	0,963	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,893	0,794	0,951	0,000

En yüksek gözlemciler arası uyumlar, Best Quality modunda elde edilmiştir. Alt çenede ölçümler genellikle daha tutarlıdır ve ICC değerleri üst çeneye göre daha yüksektir. Öte yandan, üst çenede bazı kombinasyonlarda gözlemciler arası uyum daha düşük düzeyde kalmıştır (örneğin, ICC = 0.843) ancak hala kabul edilebilir düzeydedir. Genel olarak ölçümler güvenilir olsa da, özellikle düşük ICC değerlerinin gözlemlendiği mod/voksel kombinasyonlarında, standardizasyon ve kalibrasyonun artırılması önerilir.

3.8. Furkasyon Perforasyonu Ölçüm Genişliği Gözlemci İçi Uyum Değerlendirilmesi

Kök kanal tedavisi öncesi ve kök kanal tedavisi sonrası furkasyon perforasyonu genişlik ölçümleri için Gözlemci 1'in gözlemci içi uyum analizi Çizelge 3.20.'de, Gözlemci 2'in gözlemci içi uyum analizi Çizelge 3.21.'de, Gözlemci 3'in gözlemci içi uyum analizi Çizelge 3.22.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.20. Gözlemci 1 için gözlemci içi uyum değerlendirilmesi

SINIF İÇİ KORELASYON KATSAYISI G1 – G1						
Çene	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm3)	ICC	95% Confidence Interval		P
				Lower Bound	Upper Bound	
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,933	0,842	0,972	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,905	0,780	0,960	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,95	0,881	0,979	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,931	0,839	0,972	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,931	0,839	0,972	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,911	0,795	0,963	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,94	0,859	0,975	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,945	0,870	0,977	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,976	0,941	0,990	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,961	0,906	0,984	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,982	0,956	0,993	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,948	0,875	0,978	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,936	0,849	0,974	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,916	0,804	0,965	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,954	0,891	0,981	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,944	0,866	0,977	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,951	0,882	0,980	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,964	0,914	0,985	0,000

Üst çenede en yüksek ICC değeri Best Quality modunda ve 0,09 mm³ vokselde elde edilmiştir (ICC = 0.976), bu da yüksek çözünürlükteki görüntüleme ile ölçüm uyumunun en iyi seviyeye ulaştığını göstermektedir. Regular modda alt çene uyumu, üst çeneye göre çok yüksektir. Alt çenede Low Dose modunda ICC değerleri tüm voksel boyutlarında üst çeneye göre daha yüksektir.

Çizelge 3.21. Gözlemci 2 için gözlemci içi uyum değerlendirilmesi

SINIF İÇİ KORELASYON KATSAYISI G2 – G2						
Çene	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm ³)	ICC	95% Confidence Interval		P
				Lower Bound	Upper Bound	
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,892	0,752	0,955	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,881	0,730	0,950	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,91	0,792	0,962	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,841	0,648	0,932	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,886	0,741	0,952	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,792	0,555	0,910	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,89	0,748	0,954	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,894	0,757	0,955	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,941	0,860	0,975	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,976	0,941	0,990	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,97	0,927	0,988	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,927	0,830	0,970	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,908	0,788	0,962	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,892	0,754	0,955	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,863	0,692	0,942	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,886	0,741	0,952	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,881	0,729	0,950	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,924	0,822	0,968	0,000

Gözlemci 2 için alt çene ölçümleri, üst çene ölçümlerine göre daha yüksek ve tutarlı ICC değerlerine sahiptir. Best Quality modunda ve düşük voksel boyutlarında her iki çenede de ölçüm tutarlılığı artmaktadır.

Çizelge 3.22. Gözlemci 3 için gözlemci içi uyum değerlendirilmesi

SINIF İÇİ KORELASYON KATSAYISI G3 – G3						
Çene	Görüntüleme Protokolü	Voksel Boyutu (mm ³)	ICC	95% Confidence Interval		P
				Lower Bound	Upper Bound	
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,834	0,635	0,929	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,886	0,741	0,952	0,000
Üst Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,888	0,746	0,953	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,781	0,535	0,905	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,842	0,650	0,933	0,000
Üst Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,721	0,428	0,876	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,827	0,622	0,926	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,811	0,590	0,919	0,000
Üst Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,836	0,640	0,930	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,3	0,933	0,842	0,972	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,24	0,969	0,925	0,987	0,000
Alt Çene	Low Dose (KIBT)	0,18	0,925	0,824	0,969	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,3	0,831	0,629	0,928	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,24	0,793	0,557	0,911	0,000
Alt Çene	Regular (KIBT)	0,18	0,75	0,479	0,890	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,15	0,913	0,798	0,964	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,12	0,906	0,783	0,961	0,000
Alt Çene	Best Quality (KIBT)	0,09	0,918	0,810	0,966	0,000

Tüm ICC değerleri istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.001$). ICC değerleri genellikle iyi (0.75–0.90) ile mükemmel (>0.90) aralığındadır. Ancak Gözlemci 1 ve 2'ye kıyasla özellikle üst çene ve Regular modda tutarlılık daha düşüktür. Bu durum ölçüm tekrarlanabilirliği açısından dikkat gerektirdiğini göstermektedir. Üst çene Low Dose modunda 0,3 mm³ vokselin alt sınırı (0.635) sınırda olup, bazı bireysel ölçümlerde varyans olabileceğini düşündürür. Alt çene ölçümleri ve Best Quality modu Gözlemci 3'te en tutarlı sonuçları vermiştir. Bu modda ICC değerleri iyi düzeyde olmasına rağmen diğer gözlemcilerle karşılaştırıldığında biraz daha düşüktür. Gözlemci 3'ün ölçümlerinde çene bölgesi ve mod seçimi uyum üzerinde belirleyici olmaktadır.

4. TARTIŞMA

Diş hekimliğinde radyoloji, kritik bir öneme sahiptir. Klinik muayeneye ek olarak radyolojik muayeneye de her zaman ihtiyaç duyulur (Josan vd., 2023). Tanı koyma, tedavi planlama ve tedavi başarısını değerlendirme süreçlerinin temel bileşenlerinden biridir. Özellikle karmaşık anatomik yapılar, patolojik lezyonlar ve travmatik durumların değerlendirilmesinde radyolojik görüntüleme, hekime detaylı ve objektif bilgi sunar (Sadaksharam ve Kalaskar, 2023; Whaites, 2002).

İntraoral ve ekstraoral radyografiler, diş hekimliğinde tanı sürecinde en sık başvuru alan konvansiyonel görüntüleme yöntemleridir. İntraoral radyografiler özellikle dişlerin kök yapısının, periapikal bölgenin ve interproksimal çürüklerin değerlendirilmesinde kullanılır (Whaites, 2002). Ekstraoral radyografiler ise panoramik ve sefalometrik görüntüler başta olmak üzere, daha geniş anatomik alanları kapsar (Langland vd., 2002). Ancak, tek tek veya birlikte kullanılabilen intraoral ve ekstraoral radyografiler, iki boyutlu projeksiyon görüntüleri sundukları için süperpozisyon, magnifikasyon ve distorsiyon gibi istenmeyen artefaktlara neden olabilirler. (Scarfe ve Farman, 2008).

Konvansiyonel radyografilerin yanı sıra, son yıllarda KIBT, giderek daha fazla tercih edilmektedir (Venskutonis vd., 2014). Maksillofasiyal bölgenin üç boyutlu görüntüsünü, minimal bozulma ve iyileştirilmiş görüntü kalitesi ile sunan gelişmiş bir görüntüleme yöntemidir (Sadaksharam ve Kalaskar, 2023). Alanımızda maksillofasiyal cerrahi uygulamaları, temporomandibular eklemin değerlendirilmesi, implantoloji, periodontoloji, endodonti ve ortodonti gibi alanlarda çeşitli kullanım endikasyonlarına sahiptir (Singh vd., 2014). Maksillofasiyal bölge travmaları ve kemik içi patolojilerinin incelenmesi, gömülü dişlerin ve lezyonların çevre anatomik yapılarla ilişkilerinin değerlendirilmesi, kemik yoğunluğu ve kalınlığının belirlenmesi ve implant planlaması için kullanılabilir (Gezer vd., 2014). Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi görüntülerinin uygun şekilde değerlendirilmesi, periapikal radyografilerde tespit edilmesi zor olan durumları ortaya çıkarabilir (Estrela vd., 2018).

Karmaşık kök kanal morfolojilerinin incelenmesi, periapikal/periradiküler lezyonların ayırıcı tanısının yapılması, iç ve dış kök rezorpsiyonlarının tespiti, kök kırıkları ve perforasyonlarının değerlendirilmesi için KIBT'ye sıklıkla başvurulur (Chan vd., 2023; Lima vd., 2014). Literatürlerde, perforasyonların tanısında periapikal radyografilerin sınırlı kaldığı; iki boyutlu görüntüleme, süperpozisyonlar ve sınırlı kontrast aralığı nedeniyle perforasyonların gözden kaçabileceği belirtilmiştir (Estrela vd., 2018; Shemesh vd., 2011).

Yapılan çalışmalarda, KIBT'nin periapikal radyografiye kıyasla çok daha yüksek doğruluk, duyarlılık ve özgüllük değerleri sağladığı gösterilmiştir (Shokri vd., 2015; Taghiloo vd., 2018; Takeshita vd., 2015). Nitekim bizim çalışmamızda da periapikal görüntülemenin, özellikle kök kanal tedavisi uygulanmış dişlerde, perforasyonları saptamada başarısız olduğu ve tanısal doğruluğunun KIBT'ye göre anlamlı derecede düşük olduğu görülmüştür.

Literatürde iç ve dış kök rezorpsiyonları, kök perforasyonları ve dikey kök kırıkları gibi endodontik komplikasyonların tanısında KIBT ve diğer görüntüleme yöntemlerini karşılaştıran çok sayıda çalışma vardır (D'addazio vd., 2011; Eskandarloo vd., 2012; Koç vd., 2018; Neves vd., 2012; Saber, 2020). Bernardes ve arkadaşlarının 2012 yılında yaptığı bir çalışmada, 0,3 mm çapında ve 0,15 mm derinliğinde ve 0,6 mm çapında ve 0,30 mm derinliğinde simüle edilen dış kök rezorpsiyonları periapikal radyografi ve KIBT ile incelenmiştir. Lezyon boyutundan bağımsız olarak KIBT rezorpsiyonların %100'ünü doğru tespit etmiştir (Bernardes vd., 2012). Takeshita ve arkadaşlarının 2015 yılında yaptığı bir çalışmada araştırmacılar kök perforasyonu, dış kök rezorpsiyonu ve dikey kök kırığı tanısında konvansiyonel ve dijital periapikal radyografiler, panoramik radyografi ve KIBT ile karşılaştırma yapmışlar ve KIBT'nin diğer yöntemlerden daha başarılı olduğunu bulmuşlardır (Takeshita vd., 2015). Khojastepour ve arkadaşlarının 2015 yılında yaptığı bir çalışmada 0,5 mm çapında iç kök rezorpsiyonları ve perforasyonları simüle edilmiş ve KIBT ile incelenmiştir. Gözlemci içi ve gözlemciler arası uyum yüksek bulunmuş olup, iç kök rezorpsiyonunda perforasyonun KIBT görüntülerinde tespitinin duyarlılığı ve özgüllüğünü sırasıyla %81,3 ve %84,4 olarak bildirmişlerdir (Khojastepour vd., 2015). Ancak furkasyon perforasyonlarının tespiti konusunda yapılan çalışmalar henüz yeterli düzeye ulaşamamıştır. Literatür araştırmalarımız sonucunda hem maksiller molar dişlerde hem mandibular molar dişlerde furkasyon perforasyonlarının tespiti ve kök kanal dolgu materyallerinin tespite etkisi ile ilgili çalışmalara rastlanılmamıştır.

Furkasyon perforasyonları, endodontik tedavinin en ciddi komplikasyonlarından biri olup, periodontal yıkıma, enfeksiyonların yayılmasına ve nihayetinde dişin kaybına yol açabilecek potansiyele sahiptir. Diş çürükleri nedeniyle ve kök kanal şekillendirmesi sırasında sıklıkla meydana gelmesine rağmen , bunların gözden kaçırılması ve perforasyonların kök kanal dolgu materyalleri ile uygun olmayan biçimde doldurulması mümkündür. Bu nedenle, erken ve doğru tanı klinik başarı açısından büyük önem taşır (Al Attas vd., 2022; Estrela vd., 2018; Shaban vd., 2023).

Molar dişlerdeki furkasyon bölgesi, birden fazla kökün birleştiği anatomik bir yapı olması nedeniyle son derece kompleks bir morfolojiye sahiptir. Köklerin konumu ve aralarındaki mesafenin diştten dişe farklılık göstermesi, görüntüleme sırasında tanısal zorluklara yol açabilir (Alasqah vd., 2022). Özellikle maksiller molar dişlerin palatinal kökleri, diğer kökler üzerine süperpoze olarak periapikal radyografilerde furkasyon bölgesinin net bir şekilde görüntülenmesini zorlaştırabilir. Bu durum, furkasyon perforasyonlarının tanısında yanlış negatif sonuçlara yol açabilir. Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi ise süperpozisyonları ortadan kaldırarak furkasyon bölgesinin üç boyutlu olarak değerlendirilmesini sağlar. Ancak artefaktlar ve düşük kontrast çözünürlüğü mevcut sorunlarından biridir. Bu nedenle furkasyon bölgesi, hem anatomik olarak hem de görüntüleme açısından diş hekimliğinde tanısal anlamda en karmaşık alanlardan biridir.

Çalışmamızda bu sebeplerle furkasyon bölgesinde değişen boyutlarda yapay perforasyonlar oluşturularak, farklı görüntüleme modları ve voksel boyutları kullanarak, KIBT görüntüleri ve dijital periapikal radyografinin furkal perforasyon tanısındaki etkinliğini ve ayrıca kök kanal tedavisinin furkasyon bölgesinin görüntülenmesine olan etkisini de değerlendirdik. Maksiller molar dişler, lokalizasyonları ve karmaşık kök kanal yapıları nedeniyle iyatrojenik perforasyonlara açık ve zor tedavi edilen dişler olduğu için, ayrıca palatinal kök ve zigomatik kemik gibi anatomik yapıların, intraoral radyografik tekniklerde bu bölgede süperpozisyonlara neden olabilmeleri ve perforasyonların tanısını zorlaştırabilmeleri nedeniyle tercih edilmiştir (Kamburoğlu vd., 2015; Kamburoğlu vd., 2016). Mandibular birinci molar dişler ise ağızda ilk süren dişler olması nedeniyle çürümeye ve endodontik tedavi gereksinimine en yatkın dişlerdir. Ayrıca mandibular molar dişler iyatrojenik hatalara en açık dişler oldukları, morfolojik çeşitliliğe ve karmaşık iç anatomiye sahip olmaları nedeniyle çalışmamız için seçilmiştir (Abada vd., 2023; Ghoncheh vd., 2023; Koç vd., 2018). Çalışmamızda magnifikasyon ve distorsiyonu azaltarak netliği optimum düzeye getirebilmek ve standardizasyonu sağlamak için paralel tekniği kullandık.

Kamburoğlu ve arkadaşlarının 2015 yılında yaptığı bir çalışmada, 0,4 , 0,2 , 0,15 ve 0,1 mm³ voksel boyutlarına sahip tüm KIBT görüntülerinin, yapay olarak oluşturulan furkasyon perforasyonlarının tespitinde, paralel teknik kullanılarak elde edilmiş intraoral dijital radyografilerden daha yüksek tanısal başarı gösterdiği bulunmuştur. Ayrıca simüle edilmiş perforasyonların çaplarını da ölçmüşler ve KIBT üzerinden yapılan ölçümler, elektronik kumpasla yapılan ölçümlerle yüksek düzeyde korelasyon göstermiştir. Dört farklı KIBT voksel boyutu arasında teşhis ve ölçüm doğruluğu açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Araştırmacılar, düşük doz ve güvenilir tanı sonucu nedeniyle furkal

perforasyon tanısı için düşük çözünürlüklü KIBT görüntülemenin tercih edilebileceğini belirtmişlerdir. (Kamburoğlu vd., 2015).

Aynı çalışmada gözlemci içi uyum için Kappa değerleri KIBT görüntülerinde 0,752-0,999, periapikal görüntülerde 0,439-0,553 arasında elde edilmiştir. Gözlemciler arası uyum için Kappa değerleri KIBT görüntülerinde 0,456-0,599, periapikal görüntülerde 0,203-0,293 arasında elde edilmiştir. Bu çalışmada sadece kök kanal tedavisi uygulanmamış maksiller molar dişler değerlendirmeye alındığından, biz de bu gruptaki verilerimizi Kamburoğlu ve arkadaşlarının çalışmasıyla karşılaştırdık. Sonuçlarımız, üst çenede özellikle palatinal kökün anatomik konumu nedeniyle periapikal görüntülemde süperpozisyon kaynaklı tanı doğruluğunda azalma olduğunu, buna karşılık KIBT ile bu sınırlamanın ortadan kaldırıldığını desteklemektedir. Çalışmamızda gözlemci içi uyum değerleri benzerlik göstermesine rağmen (Kappa değerleri sırasıyla KIBT için 0,755-1,000, periapikal görüntüler için 0,333-0,580), biz KIBT görüntülerinde daha yüksek gözlemciler arası uyum elde ettik (0,755-1,000). Bu farklılık, kullanılan görüntüleme protokolü, değerlendirme ortamının standardizasyonu veya görüntü kalitesindeki iyileştirmelere bağlı olabilir. Ayrıca Kamburoğlu ve arkadaşlarının çalışmasında gözlemcilerin deneyimlerinden bahsedilmemiştir. Bizim gözlemcilerimizin uzmanlık alanları ve deneyimleri farklılık gösterse de KIBT taramaları için yüksek gözlemci içi ve gözlemciler arası uyum gözlenmiştir. Çalışmamızda her görüntüleme protokolü ve her voksel boyutu, istatistiksel olarak periapikal radyografilerden daha iyi sonuçlar vermiştir. Ancak Low Dose modunda artan voksel boyutunda dikkatli değerlendirmeler yapılması önerilmiştir. Ölçüm doğruluğu açısından tüm gözlemciler ile altın standart arasında yüksek düzeyde korelasyon izlenmiş, en iyi değerler Best Quality modunda ve 0,09 mm³ vokselde elde edilmiştir.

Kamburoğlu ve arkadaşlarının 2016 yılında yaptığı başka bir çalışmada ise farklı kök kanal dolgu materyalleri ve metal postlar kullanılarak, simüle edilmiş furkasyon perforasyonlarının KIBT ile tespiti değerlendirilmiştir. Ayrıca farklı derecelerde uygulanan metal artefakt azaltma algoritmalarının tanısal doğruluk üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada kök kanal dolgu maddeleri ve metal postların varlığında bile furkal perforasyonların tanısında yüksek gözlemci içi uyum (κ : 0,77-0,91) ve orta-iyi gözlemciler arası uyum (κ : 0,6-0,71) elde edilmiştir. Araştırmacılar KIBT'nin, furkasyon perforasyonlarının tespitinde etkili bir tanısal yöntem olduğunu belirtmişlerdir (Kamburoğlu vd., 2016). Sadece maksiller molar dişleri çalışmaya dahil eden bu çalışmanın sonuçlarıyla bizim çalışmamızın bulguları uyumluluk göstermektedir. Kök kanal tedavisi yapılmış maksiller molar dişlerde furkasyon

perforasyonlarının tanısında biz de iyi gözlemci içi uyum (κ : 0,689-1,000) ve iyi gözlemciler arası uyum (κ : 0,631-1,000) elde ettik.

Ghoncheh ve arkadaşlarının 2023 yılında yaptığı bir çalışmada, mandibular molar dişlerde farklı boyutlardaki furkal ve strip perforasyonlarının tanısında KIBT'nin doğruluğu değerlendirilmiştir. Perforasyon varlığı durumunda KIBT'nin tanısal doğruluğu boyuttan bağımsız olarak yüksek bulunmuştur. Perforasyonun olmadığı durumlarda ise KIBT bunu %100 doğru tespit edebilmiştir. Her iki gözlemci de perforasyonları belirlemede yüksek doğruluk göstermiştir. Gözlemciler arası uyum iyi ile mükemmel arasında değişmektedir (Ghoncheh vd., 2023). Bu çalışmada sadece kök kanal tedavisi uygulanmamış mandibular molar dişler değerlendirmeye alındığından, biz de bu gruptaki verilerimizi Ghoncheh ve arkadaşlarının çalışmasıyla karşılaştırdık. İki çalışmada da kullanılan istatistiksel yöntem farklı olsa da bizim çalışmamızda da mükemmel gözlemci içi ve gözlemciler arası uyum elde ettik (Kappa sırasıyla 0,833-1,000 ve 0,911-1,000) (Ghoncheh vd., 2023).

Kök kanal tedavisi yapılmış dişlerde, gutta perka, kök kanal dolgu materyalleri, metalik postlar ve diğer restoratif materyaller KIBT görüntülerinde artefaktlar meydana getirir. Restorasyonlar ve kuronlar, çürük lezyonlarının teşhisini etkileyebilecek kuron seviyesinde artefaktlar oluştururken, diğer malzemeler diş kökleri ve alveolar kemik seviyesinde artefaktlar oluşturarak hekimlerin kök kırıkları, kök rezorpsiyonları, perforasyonlar ve kemik defektleri gibi problemleri tespit etme yeteneğini olumsuz etkiler (Gaêta-Araujo vd., 2020; Rabelo vd., 2017). Farklı KIBT cihazlarının oluşturduğu artefaktların oranı değişiklik gösterebilir (Koç vd., 2018). Bu nedenle çalışmamızda kök kanal tedavisinin furkasyon perforasyonlarının tespit edilebilirliği üzerindeki etkisini değerlendirebilmek için, perforasyon oluşturulmuş dişlerde kök kanal tedavisi sonrası da aynı parametrelerle periapikal ve KIBT görüntüleri elde ettik.

Literatürde iç ve dış kök rezorpsiyonları, kök perforasyonları ve dikey kök kırıklarının tanısında kök kanal tedavisi yapılmış dişlerde görüntüleme yöntemlerinin tanısal doğruluğunu kıyaslayan çok sayıda çalışma vardır. Shemesh ve arkadaşlarının 2011 yılında yaptığı bir çalışmada mandibular molarlarda kök kanal tedavisi sonrası strip perforasyonlarının tespitinde periapikal radyografiler ve KIBT görüntüleri karşılaştırılmıştır. Kök kanal tedavili dişlerde strip perforasyonlarını teşhis etmek için periapikal radyografilerin ve KIBT'nin genel duyarlılığı düşük olmasına rağmen KIBT, periapikal radyografilere göre önemli ölçüde daha yüksek bir doğruluk göstermiştir (Shemesh vd., 2011). Shokri ve arkadaşlarının 2015 yılında yaptığı bir çalışmada kök kanal tedavisi uygulanmış dişlerde strip ve kök perforasyonlarının tespiti için periapikal radyografi, KIBT ve Medikal BT'nin doğruluğu karşılaştırılmıştır.

Perforasyonları tespit etmede farklı görüntüleme yöntemleri arasında, en yüksek doğruluğa KIBT'nin sahip olduğu bulunmuştur (Shokri vd., 2015). Abdinian ve arkadaşlarının 2020 yılında yaptığı bir çalışmada kök kanal tedavisi yapılmış dişlerde strip perforasyonlarının tespitinde periapikal radyografiler ve KIBT'nin tanı yeteneği karşılaştırılmış, KIBT'nin doldurulmuş kök kanallarında strip perforasyonların tespitinde periapikal radyografiye göre üstün olduğu bulunmuştur (Abdinian vd., 2020). Abada ve arkadaşlarının 2023 yılında yaptığı bir çalışmada kök kanal dolgusu olan ve olmayan mandibular birinci molar dişlerin mezial kökünde oluşturulan strip perforasyonunun tanısal doğruluğu değerlendirilmiştir. Dijital periapikal radyografi ve KIBT görüntüleri farklı uzman gözlemciler tarafından incelenmiştir. Kök kanal dolgusu olsun ya da olmasın KIBT'nin periapikal radyografiye kıyasla daha yüksek doğruluk gösterdiği bildirilmiştir (Abada vd., 2023).

Hassan ve arkadaşlarının 2009 yılında yaptığı bir çalışmada, kök kanal dolgusunun varlığında dikey kök kırığı tespitinde KIBT ve periapikal radyografiler karşılaştırılmıştır. Kök kanal dolgusunun varlığıyla KIBT'nin özgülülüğü azalırken, genel doğruluğu etkilenmemiştir. Ancak periapikal radyografilerin hem duyarlılığı hem de genel doğruluğu kök kanal dolgusunun varlığıyla azalmıştır (Hassan vd., 2009). Khedmat ve arkadaşlarının 2012 yılında yaptığı bir çalışmada, kök kanal dolgusunun varlığında ve yokluğunda dikey kök kırıklarını tespit etmede dijital radyografi, Medikal BT ve KIBT'nin doğruluğu karşılaştırılmıştır. Kök kanal tedavisinin varlığının KIBT'nin duyarlılığını ve özgülüğünü azalttığı bildirilmiştir. Ayrıca Hassan ve arkadaşlarının aksine KIBT'nin doğruluğunda da azalma gözlemlenmiştir. Ancak buna rağmen dikey kök kırıklarını tespit etmede KIBT'nin periapikal radyografilerden ve Medikal BT'den üstün olduğu sonucuna varmışlardır (Khedmat vd., 2012).

Taghiloo ve arkadaşlarının 2018 yılında yaptığı bir çalışmada, kök rezorpsiyonlarında periapikal radyografi ve KIBT karşılaştırılmıştır. Konik ışınlı bilgisayarlı tomografinin kök kanal tedavisi yapılmamış ve yapılmış dişlerde her iki durumda da periapikal radyografiye kıyasla daha yüksek tanısal değere sahip olduğu gösterilmiştir (Taghiloo vd., 2018). Parrales-Bravo ve arkadaşlarının 2023 yılında yaptığı bir çalışmada dijital periapikal radyografi ve KIBT kullanılarak dış kök rezorpsiyonunun kök kanal dolgusu olan ve olmayan dişlerde farklı şekilde tespit edilip edilemeyeceğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Hem KIBT'nin hem de periapikal radyografinin dış kök rezorpsiyonu için iyi tanı yöntemleri olduğu vurgulansa da, periapikal radyografilerde kök kanal dolgu materyalinin dış kök rezorpsiyonunda tespiti ve tanısal yeteneğini olumsuz yönde etkilediği belirtilmiştir. Bu çalışma ayrıca kök kanal dolgusu olan ve olmayan dişlerde dış kök rezorpsiyonunun tespitini karşılaştıran ilk çalışmadır. (Parrales-Bravo vd., 2023).

Kök kanal tedavisinin varlığı durumunda KIBT'nin periapikal radyografiye göre tanısal doğruluğunun daha iyi olduğunu gösteren bu çalışmalar dışında aksini belirten çalışmalar da mevcuttur. Haghanifar ve arkadaşlarının 2014 yılında yaptığı bir çalışmada, kök kanal tedavisinin varlığında KIBT'nin duyarlılığı ve özgüllüğü azalırken, periapikal radyografilerin duyarlılığı ve özgüllüğü artmıştır. Bunun nedenini KIBT'de kök kanal tedavisi nedeniyle oluşan artefaktlara bağlamışlar ve perforasyon tespiti için KIBT kullanılmasını sadece kök kanalları doldurulmadan önce önermişlerdir (Haghanifar vd., 2014). Adel ve arkadaşlarının 2016 yılında yaptığı bir çalışmada, kök kanal dolgu materyallerinin varlığında veya yokluğunda strip perforasyonların tespiti için periapikal radyografilerin ve KIBT taramalarının duyarlılığı, özgüllüğü ve doğruluğu araştırılmıştır. Kök kanal dolgu materyallerinin yokluğunda, strip perforasyonun tespitinde KIBT, periapikal radyografilere göre daha üstün bulunmuştur. Ancak doldurulmuş kök kanallarında periapikal radyografi daha güvenilir bulunmuştur. Kök kanal dolgusunun periapikal radyografilerin tanı yeteneğini artırmasını perforasyon alanının içindeki kök kanal dolgu malzemelerinin varlığıyla açıklamışlardır. (Adel vd., 2016). Ancak bu çalışmaların aksine bizim çalışmamızda, kök kanal tedavisi uygulanmış dişlerde furkasyon bölgesindeki perforasyonların tespitinde KIBT, periapikal görüntülemeye kıyasla daha başarılı bulunmuştur.

Klinik koşullar altında, KIBT ile elde edilen görüntülerin kalitesi ve anatomik yapıların görüntülenme başarısı; cihazın modeli, görüntüleme alanı, tüp voltajı, tüp akımı, voksel boyutu, tarama süresi ve rekonstrüksiyon algoritmaları gibi birçok teknik parametreye bağlıdır (Pauwels vd., 2015; Scarfe ve Farman, 2008). Bu değişkenler, görüntünün kontrast çözünürlüğü, uzaysal çözünürlüğü ve artefakt oluşumu üzerinde doğrudan etkilidir. Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi cihazları genellikle klinisyenlerin yüksek çözünürlüklü mod, standart mod ve düşük doz modları gibi farklı protokollerle tarama yapmasına olanak tanır (Yeung vd., 2021). Biz de Newtom 7G (NEWTOM™, CEFLA s.c, Kuzey Amerika, ABD) cihazımızda mevcut olan Low Dose, Regular ve Best Quality olmak üzere 3 farklı görüntüleme moduyla çalışmamızı gerçekleştirdik.

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografide radyasyon dozu tarama hacmi azaltılarak düşürülebilir (Haghanifar vd., 2014; Shemesh vd., 2011). Daha geniş FOV alanlarının yüksek radyasyon dozu gerektirmesi dışında diğer bir dezavantajı, yüksek miktarda saçılan x-ışınları nedeniyle gürültü ve kontrast çözünürlüğüyle ilgili görüntü kalitesindeki sınırlamadır (Scarfe ve Farman, 2008). Küçük FOV alanları, radyasyon dozunu azaltmasının yanı sıra görüntü kalitesini kötüleştiren saçılmayı azaltması nedeniyle de perforasyonların tespiti için önerilir (Clauder, 2022). Görüntülenecek bölgeye göre her hasta için en uygun FOV alanını seçmek

gereklidir (Hirsch vd., 2008). Biz de çalışmamızı klinik pratikte tek bir dişin görüntülenmesi için yeterli olan ve endodontik kullanım için önerilen en küçük FOV alanıyla sınırladık. Bizim KIBT cihazımızda en küçük FOV alanı olan 60 x 60 mm kullanıldı.

Bir vokselin boyutu; yüksekliği, genişliği ve derinliği ile tanımlanır ve son görüntünün özelliklerini çeşitli şekillerde etkiler (Kamburoglu vd., 2011; Ozdede vd., 2024). Voksel boyutu görüntü kalitesiyle direkt ilişkilidir. Kök kırıkları, rezorpsiyonlar ve perforasyonlar gibi küçük değişiklikleri tespit etmek için daha küçük voksel boyutları kullanılarak daha yüksek tanısal değerler elde edilebilir (Sönmez vd., 2018). Ancak daha küçük voksel boyutları daha yüksek detay sağlarken, radyasyon dozunun artmasına neden olur (Tanimoto ve Arai, 2009; Trindade vd., 2021). Mümkün olan minimum radyasyon dozuyla en iyi görüntü kalitesi elde etmek için en uygun voksel boyutunu seçmek klinik olarak önemlidir (Patcas vd., 2012). Bu nedenlerle, KIBT ile tanısal doğruluk, yalnızca cihazın donanımıyla değil, aynı zamanda uygun görüntüleme protokolünün seçimiyle de yakından ilişkilidir. Daha yüksek radyasyon dozu, daha uzun tarama süreleri ve görüntülerin işlenmesinde teknik kısıtlılıklar, klinik ortamda sınırlayıcı olabilir. Bu bağlamda, KIBT kullanımında, tanısal gerekliliğe göre doğru görüntüleme modu, en uygun FOV alanı ve optimum voksel boyutu tercih edilmelidir (Mendonça vd., 2025; Pauwels vd., 2015). Literatürde kök kanal anatomisinin ve patolojilerinin değerlendirilmesi için yüksek çözünürlüklü ayarlar önerilmektedir (Costa vd., 2014; Neves vd., 2014). Ancak donanım ve yazılım bileşenlerindeki belirgin iyileştirmeler hastaya verilen radyasyon dozunu azaltsa da, tanısal olarak kabul edilebilir en düşük doz (ALADA) ilkeleri uygulanmalıdır (Jaju ve Jaju, 2015; Michetti vd., 2010).

Literatürde bizim konumuza yakın olarak çeşitli çürüklerin, patolojilerin, periodontal defektlerin, iç ve dış kök rezorpsiyonlarının, kök perforasyonlarının ve dikey kök kırıklarının tespiti için farklı voksel çözünürlüklerinde KIBT taramalarının *in vitro* tanı yetenekleri bir çok çalışmada değerlendirilmiştir.

Liedke ve arkadaşlarının 2009 yılında yaptığı bir çalışmada 0,6, 1,2 ve 1,8 mm çapında ve 0,3 , 0,6 ve 0,9 mm derinliğindeki simüle edilmiş dış kök rezorpsiyonları 0,4, 0,3 ve 0,2 mm³ voksel boyutlarıyla görüntülenmiştir. Farklı voksel boyutlarından elde edilen sonuçlar aynı olsa bile, 0,3 mm³ veya 0,2 mm³ gibi daha küçük voksel boyutunda tanı koymanın daha kolay olduğu sonucuna varmışlardır (Liedke vd., 2009). da Silveira ve arkadaşlarının 2013 yılında yaptığı bir çalışmada, kök kanal tedavisi ve metalik post olan/olmayan dişlerde dikey kök kırıklarında, 0,2 mm³ voksel ve 0,3 mm³ voksel boyutundaki KIBT taramaları ve periapikal radyografinin tanı yetenekleri karşılaştırılmıştır. Kök kanal tedavisi uygulanmamış dişlerde periapikal ve KIBT taramaları benzer sonuçlar vermiştir. Ancak, kök kanal tedavisi

yapılmış ve post uygulanmış dişlerde, 0,2 mm³ voksel çözünürlüğü kullanıldığında doğruluğun daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Kök kanal dolgusu yapılmamış dişler için 0,3 mm³ voksel, dolgulu ve/veya post uygulanmış dişler için 0,2 mm³ voksel seçilmesi gerektiğini belirtmişlerdir (da Silveira vd., 2013). Orhan ve arkadaşlarının 2021 yılında yaptığı bir çalışmada 0,075, 0,1, 0,15, 0,2 ve 0,4 mm³ voksel boyutları kullanılarak furkal perforasyon onarım materyallerinin görüntü kalitesi değerlendirilmiş ve en az artefaktla en iyi görüntü veren voksel boyutu belirlenmiştir. Görüntü kalitesi 0,2 mm³ ve 0,4 mm³'lük voksel boyutlarında önemli ölçüde azalmış ve tüm gruplarda 0,4 mm³ vokselde kaliteyi en düşük düzeyde belirlemişlerdir. (Orhan vd., 2021).

Literatürde voksel boyutları arasında anlamlı bir fark olmadığını gösteren çalışmalar da mevcuttur. Sönmez ve arkadaşlarının 2018 yılında yaptığı bir çalışmada dış kök rezorpsiyonu için oluşturulmuş yapay boşlukların doğrusal ve hacimsel ölçümlerinin, dört farklı voksel boyutunda elde edilen KIBT görüntüleri ve dört farklı KIBT yazılımı kullanılarak yapılan ölçümlerle doğruluğu karşılaştırılmıştır. Gözlemciler, yapay dış kök rezorpsiyonlarını değerlendirmede her voksel boyutunda benzer şekilde performans göstermiştir. Doğrusal ve hacimsel ölçümlerde yazılımlar arasında klinik olarak anlamlı olmayan farklılıklar tespit edilmiştir (Sönmez vd., 2018). Koç ve arkadaşlarının 2018 yılında yaptığı bir çalışmada farklı endodontik komplikasyonların tespitinde periapikal radyografi ve 0,075, 0,1 ve 0,2 mm³ voksel boyutlarında KIBT taramalarını karşılaştırılmıştır. Alet kırığı haricindeki komplikasyonlarda KIBT daha başarılı bulunmuş ancak voksel boyutları arasında istatistiksel anlamda bir fark elde edilememiştir (Koç vd., 2018).

Bizim çalışmamızda daha yüksek çözünürlük sağlayan küçük voksel boyutlarının furkasyon perforasyonlarının tanısında daha başarılı olduğu görülmüştür. Özellikle Low Dose modunda gözlemcilerin teşhisleri genel olarak doğru olsa da voksel boyutu büyüdükçe gözlemcilerin teşhis yeteneği düşmekte, gözlemci içi ve gözlemciler arası uyum azalmaktadır. Daha küçük voksel boyutları sağlayan Best Quality modunda perforasyonların tanı oranının yükseldiğini, gözlemci içi ve gözlemciler arası tutarlılığın anlamlı biçimde arttığını söyleyebiliriz.

Çalışmamızda kullandığımız beş farklı tanısal kategori, gözlemcilerden sadece 'Evet' ya da 'Hayır' şeklinde yanıt almak yerine, gözlemcilere kararsızlık durumunda bile farklı görüş derecelerini ifade etme imkanı sunmuştur. Bu durum, nicel veri elde edilmesini kolaylaştırarak istatistiksel analiz süreçlerini daha uygulanabilir hâle getirmiştir (Brito vd., 2017; Kamburoğlu vd., 2011; Kamburoğlu vd., 2015; Saber, 2020). Her gözlemci Regular ve Best Quality modlarında tutarlı ve mükemmel bir uyum sergilerken, kök kanal tedavisi

varlığında üst çenede ve Low Dose modunda özellikle 0,3 ve 0,24 mm³ vokal boyutlarında değerler gözlemciye göre azalabilmektedir. Bizim çalışmamız da endodontik endikasyonlar için alınan taramaların subjektif görüntü kalitesini etkileyen farklı KIBT protokollerini ve etki eden faktörleri değerlendiren Yeung ve arkadaşlarının 2021 yılında yaptığı bir çalışmayla kısmen örtüşmektedir. Yeung ve arkadaşları farklı görüntüleme modlarında elde edilen KIBT görüntülerinin anlamlı derecede farklı derecelendirmelerle sonuçlanmadığını, aksine, gözlemcinin uzmanlık alanı, tedavi aşaması, post tipi ve diş tipi gibi diğer faktörlerin görüntü kalitesinin öznel algısını anlamlı şekilde etkilediğini belirtmiştir (Yeung vd., 2021).

Kamburoğlu ve arkadaşlarının 2021 yılında yaptığı bir çalışmada kök kanal tedavisi uygulanmış ve uygulanmamış dişlerde periapikal lezyonların varlığını 0,2 mm ve 0,4 mm³ vokal boyutuna sahip KIBT taramaları ile değerlendirmişlerdir. Her biri alanlarında 10 yıllık deneyime sahip olan 2 ağız, diş ve çene radyoloğu ve 2 endodontistin değerlendirmelerinde gözlemci içi ve gözlemciler arası uyumlar hesaplanmıştır. Gözlemci içi ve gözlemciler arası uyumlar ağız, diş ve çene radyologlarında hem kök kanal tedavisi yokluğu/varlığında hem de her iki vokal boyutunda endodontistlere göre daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca daha küçük vokal boyutu kullanıldığında endodontistler için uyumlarda artış gözlenmiştir. Bu çalışmada gözlemci içi ve gözlemciler arası güvenilirlik vokal boyutu ve uzmanlıktan etkilenmiştir (Kamburoğlu vd., 2021).

Bizim çalışmamızda da 4 yıllık deneyime sahip bir endodontist olan Gözlemci 3'ün özellikle Low Dose modunda ve büyük vokal boyutlarındaki değerlendirmelerinde daha şüpheli olduğu söylenebilir. Farklı uzmanlık alanına sahip ya da deneyimi az olan hekimler için tanı oranı daha yüksek olan küçük vokal boyutuna sahip görüntüleme modlarını önermekteyiz.

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi, 0,4 mm³' den 0,076 mm³' e kadar değişen izotropik vokal çözünürlüğüne sahip görüntüler üretir. Bu özellik nedeniyle, implant değerlendirmesi ve ortodontik analiz gibi tüm boyutlarda hassasiyetin önemli olduğu maksillofasiyal uygulamalarda ölçüm için yeterince doğru bir mekansal çözünürlük düzeyine ulaşır (Gonzalez, 2013; Scarfe ve Farman, 2008). Mikro-BT yüksek mekansal çözünürlüğe sahip görüntüler sağlar ve küçük nesnelerin iç yapısının tahribatsız ve invaziv olmayan bir biçimde incelenmesine olanak tanır. Hacimsel değerlendirmeler için altın standart olarak kabul edilirken, KIBT'de yapılan doğrusal ölçümlerin doğruluğunun tahmini için başarıyla kullanılabilir. (Mangione vd., 2013). Bizim çalışmamızda örnekler üzerinde herhangi bir invaziv işlem gerektirmemesi nedeniyle doğrusal ölçümler için altın standart olarak Mikro-BT tercih edilmiştir.

Literatürde KIBT’de yapılan doğrusal ölçümlerin güvenilirliğini inceleyen çok sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar KIBT ölçümlerinin oldukça doğru ve tekrarlanabilir olduğunu göstermiştir (Kehrwald vd., 2022; Moshfeghi vd., 2012; Sahili vd., 2018).

Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi görüntüleri üzerinden yapılan doğrusal ölçümlerde voksel boyutları arasındaki farklılıklar da incelenmiştir. Torres ve arkadaşlarının 2012 yılında yaptığı bir çalışmada, 0,2 mm, 0,3 mm ve 0,4 mm³ voksel boyutlarında mandibulada yapılan ölçümlerde voksel boyutları arasında herhangi bir fark bulunamamıştır (Torres vd., 2012). Sherrard ve arkadaşlarının 2010 yılında yaptığı bir çalışmada, diş ve kök uzunluğu ölçümlerinde seçilen voksel boyutundan (0,2, 0,3 veya 0,4 mm³) bağımsız olarak altın standart (kumpas) ve KIBT tabanlı ölçümler arasında bir fark gözlenmemiştir (Sherrard vd., 2010).

Sun ve arkadaşlarının 2011 yılında yaptığı bir çalışmada, kemik kalınlığını değerlendirmek için 0,25 ve 0,4 mm³ voksel boyutunda KIBT görüntüleri elde edilip, altın standart olarak dijital kumpas ölçümleriyle karşılaştırılmıştır. 0,25 mm³ voksel boyutlu görüntülerdeki ölçümlerin, 0,4 mm³ görüntülere kıyasla doğrudan ölçümlere daha yakın olduğu bildirilmiştir (Sun vd., 2011). Patcas ve arkadaşlarının 2012 yılında yaptığı bir çalışmada hem kemik yüksekliği hem de genişliğini, 0,4 mm³ ve 0,125 mm³ voksel boyutlarında incelemişlerdir. 0,4 mm³ vokselin de 0,125 mm³ voksel görüntüleri kadar doğru sonuçlar verdiğini bildirseler de düşük çözünürlüklü protokolün daha az güvenilir olduğunu belirtmişlerdir (Patcas vd., 2012). Göller Bulut ve arkadaşlarının 2019 yılında yaptığı bir çalışmada KIBT taramalarında farklı voksel boyutları ve görüntüleme parametrelerinin, dış kök rezorpsiyonunun belirlenmesindeki etkinliğinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Farklı derinlikler (0,62-0,73 mm) ve çaplara (0,68-0,81 mm) sahip olan kaviteler 0,125, 0,2, 0,25, 0,3 ve 0,4 mm³ voksel boyutlarında incelenmiş, derinlik ve genişlik ölçümleri yapılmıştır. Küçük voksel boyutunun, koronal ve orta bölgelerdeki dış kök rezorpsiyonlarının boyutunu belirlemede istatistiksel olarak anlamlı bir farka neden olduğu belirtilmiştir (Goller Bulut ve Uğur Aydın, 2019).

Tayman ve arkadaşlarının 2019 yılında yaptığı bir çalışmada farklı voksel boyutlarında elde edilen Mikro-BT ve KIBT görüntüleri kullanılarak periodontal defektlerin doğrusal ve hacimsel ölçüm doğruluğu değerlendirilmiştir. Söz konusu çalışmada, doğrusal ölçümler için KIBT ve Mikro-BT arasında yüksek düzeyde uyum saptanmış, ICC değerleri tüm ölçümler için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tayman vd., 2019). Mikro-BT’yi altın standart kabul ettikleri başka bir çalışmada KIBT’de 0,2 mm ve 0,075 mm³ voksel boyutlarında periodontal ligament aralığının doğrusal ölçümlerini gerçekleştirmişlerdir. 0,075 mm³ vokselin 0,2 mm³ vokselde daha başarılı olduğunu

bulmuşlardır (Tayman vd., 2020). Ferrari ve arkadaşlarının 2024 yılında yaptığı bir çalışmada mandibular molarların mezial kökündeki tehlike bölgesini değerlendirmek için 0,4, 0,2, 0,15 ve 0,075 mm³ voksel boyutlarında KIBT taramaları yapmışlar ve ilgili bölgedeki dentin kalınlığını Mikro-BT görüntüleriyle karşılaştırmışlardır. En iyi performans gösteren vokselin 0,075 mm³, en kötü performans gösterenin ise 0,4 mm³ voksel olduğunu belirtmişlerdir (Ferrari vd., 2024).

Çalışmamız literatürle desteklense de gözlemcilerin uzmanlık alanlarına ve tecrübelerine göre bazı bireysel ölçümlerde, özellikle kök kanal tedavisi varlığında, varyasyonlar olmuştur. Ölçüm doğruluğu açısından seçilen çene bölgesinin, görüntüleme protokolünün ve voksel boyutunun uyum üzerine belirleyici olduğu söylenebilir. Çalışmamızda yer alan gözlemcilerden biri 4 yıllık deneyime sahip bir ağız, diş ve çene radyoloğu, diğeri 9 aylık deneyime sahip bir ağız, diş ve çene radyolojisi uzmanlık öğrencisi, üçüncüsü ise 4 yıllık deneyime sahip bir endodontisttir. Değerlendirmelerdeki bu çeşitliliğin, gözlemciler arasındaki farklı eğitim seviyelerinden kaynaklanan ölçüm yaklaşımları ve değerlendirme alışkanlıklarındaki değişkenlikten kaynaklandığını ve bunun da gözlemciler arası tutarlılığı düşürdüğünü düşünmekteyiz. Buna rağmen gözlemcilerin altın standartla olan uyumu ve gözlemciler arası uyum düzeyi oldukça iyi olarak belirlenmiştir.

Gözlemciler arası değerlendirmede, sistematik olarak en düşük sapmayı Gözlemci 1 gerçekleştirmiştir. Bu durum, gözlemcinin klinik deneyimi, radyolojik anatomiye hakimiyeti, KIBT görüntü yorumlama alışkanlığı ve perforasyon bölgesine olan aşinalığı ile açıklanabilir. Deneyimli olan gözlemcilerin altın standart ile daha yüksek korelasyon göstermesi, ağız, diş ve çene radyolojisi uzmanlık düzeyinde KIBT yorumunun önemli bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır (Yeung vd., 2021). Buna karşın Gözlemci 3'ün ölçümlerinde yüksek varyasyon gözlenmiş, bu da görüntü kalitesi ile yorum farklılıklarının tanısal doğruluk üzerinde etkili olabileceğini göstermiştir. Rutin klinik işleyişinde KIBT'den yararlansa bile bir endodontistin bir ağız, diş ve çene radyoloğu kadar KIBT programlarını kullanmaya yatkın olmadığı aşıkardır.

Ayrıca, mesafeleri ölçmede gözlemci deneyiminin yanında, referans noktalarının seçimi, bilgisayarın fare hassasiyeti, monitör çözünürlüğü, kullanılan yazılımın verimliliği ve sinyal-gürültü oranı gibi diğer değişkenlerin etkisinin de araştırılması gerekmektedir (Sönmez vd., 2018). Kök kanal tedavisi sonrası alınan KIBT görüntülerinde oluşabilecek artefaktlar ve sınır belirsizliklerinin, ölçüm doğruluğu üzerinde olumsuz etkileri olabileceği düşünülmektedir. Ölçüm hatalarındaki artış, kök kanal tedavisi sonrası değerlendirmelerde

daha dikkatli olunmasını ve doğruluğu artırmak için optimal görüntüleme parametrelerinin tercih edilmesini gerekli kılmaktadır.

Çalışmamızda furkal perforasyonun yapay olarak oluşturulduğu unutulmamalıdır. Frezlerle hazırlanan boşluklar iyi şekillendirilmiş ve tanımlanmıştır. Bu durum çalışmamızda gözlemcilerin tespit yeteneğini artırmış olabilir. Önceki çalışmalarda, yapay olarak oluşturulan kaviterin çürük veya enflamatuar faktörler nedeniyle oluşan kavitelere göre daha kolay teşhis edildiği bildirilmiştir. Bunun nedeni, yapay lezyonların belirgin ve keskin kenarlara sahip olması, biyolojik ajanlarla oluşturulan lezyonların ise dağınık ve belirsiz kenarlara sahip olmasıdır (Eskandarloo vd., 2012; Kang vd., 1996). Ayrıca *in vitro* bir model olması nedeniyle kemik, yumuşak doku ve klinik varyasyonların etkisi değerlendirilmemiştir. Gerçek klinik ortamda, hareket artefaktları, radyopak malzemeler (kök kanal dolgu malzemeleri, metal postlar ve restorasyonlar gibi) tarafından üretilen saçılma ve ışın sertleştirme artefaktları gibi faktörlerin etkisi farklı sonuçlara yol açabilir. Klinik uygulamada perforasyon tespiti için KIBT taramasının tanısal doğruluğu, *in vitro* deneylerde gözlemlenenenden daha düşük olabilir.

Bu çalışmada standardizasyonu sağlamak amacıyla yalnızca paralel teknik ile elde edilen periapikal radyografi görüntüleri kullanılmıştır. Farklı yatay açılardan alınan görüntüler intraoral radyografilerde tespit yeteneğini artırabilse de, standardizasyonu sağlamak amacıyla kullandığımız paralel teknik aparatıyla bunu gerçekleştirmek mümkün değildir. Ayrıca KIBT taramaları tek bir cihazla gerçekleştirilmiştir. Elde ettiğimiz bulguların farklı cihazlarla karşılaştırılabilmesi için cihazların detektör tipi, yazılım ve rekonstrüksiyon algoritmaları gibi teknik özelliklerinin dikkate alınması gerekir.

Gözlemciler sınırlı sayıda olup, farklı uzmanlık alanlarından seçilmişlerdir. Gözlemci 3 endodontist olduğu için kullanılan KIBT yazılımına ve doğrusal ölçüm işlemine aşina olmaması nedeniyle sonuçları farklı çıkmıştır. Daha fazla sayıda gözlemciyle benzer bir çalışmanın tekrarlanması, sonuçların güvenilirliğini artırabilir. Gözlemci içi ve gözlemciler arası varyasyonun azaltılması adına disiplinlerarası eğitim faaliyetleri artırılmalı, kalibrasyon ve yazılım standardizasyonu yapılmalı, gözlemci eğitiminin tanısal doğruluğa etkisi de incelenmelidir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda, maksiller ve mandibular molar dişlerde, farklı görüntüleme modları ve voksel boyutları kullanılarak alınan KIBT görüntüleri ve paralel teknikle elde edilen dijital periapikal radyografilerin, furkasyon perforasyonlarının tespit edilebilirliği üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Toplam 56 adet maksiller ve mandibular molar diş, kök kanal tedavisi öncesi ve kök kanal tedavisi sonrası olmak üzere iki aşamada incelenmiştir. Ayrıca KIBT'nin doğrusal ölçümlerde güvenilirliği değerlendirilmiş ve altın standart olarak Mikro-BT ile karşılaştırılmıştır. Çalışmamız, furkasyon perforasyonları için hem tespit edilebilirlik hem de KIBT görüntüleri üzerinden yapılan doğrusal ölçümlerin doğruluğu açısından kapsamlı bir analiz sunmaktadır.

Periapikal radyografi alanımızda sıklıkla kullanılan, kolay ve hızlı uygulanabilen, düşük maliyetli ve düşük radyasyon dozuna sahip bir görüntüleme yöntemidir. Endodontik ve periodontal tanı süreçlerinde ilk tercih olarak kullanılmasına rağmen, üç boyutlu anatomik bilgilerin gerekli olduğu durumlarda ileri görüntüleme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Camargo vd., 2020; White ve Pharoah, 2014). Geleneksel radyografilerin diş ve çevre dokular arasındaki üç boyutlu ilişkileri göstermedeki eksiklikleri, KIBT'nin alanımızda daha fazla yer edinmesini sağlamıştır. Ancak hastanın maruz kalacağı radyasyon dozu göz önüne alındığında; furkal perforasyon şüphesi bulunan bir diş, ancak klinik ve iki boyutlu radyografik muayeneler sonucu teşhis edilemediğinde KIBT ile görüntülenmelidir.

Bulgularımız, özellikle yüksek çözünürlüklü ve artefaktların minimal olduğu durumlarda KIBT'nin, furkasyon perforasyonlarının tanısında periapikal radyografiye kıyasla daha üstün tanısal doğruluk sunduğunu göstermiştir. Küçük voksel boyutlarının ve gelişmiş görüntüleme modlarının, perforasyonun daha net şekilde saptanmasına olanak tanıdığı ve gözlemciler arası uyumu artırdığı gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra, gözlemcinin uzmanlık alanının ve klinik deneyiminin tanı başarısı üzerinde anlamlı etkisi olduğu ortaya konmuştur.

Kullandığımız Newtom 7G (NEWTOM™, CEFLA s.c, Kuzey Amerika, ABD) cihazı için Best Quality ve Regular modlarının, furkasyon perforasyonlarının teşhisinde klinik karar verme süreçlerinde öncelikli ve güvenilir seçenekler olarak değerlendirilebileceği görülmüştür. Low Dose modu istatistiksel olarak anlamlı ve tatmin edici düzeyde kararlılık sunsa da voksel boyutu arttıkça uyum azalmaktadır. Özellikle de maksiller molar dişlerde, kök kanal tedavisi uygulanmış vakalarda ve klinik deneyimi daha az olan hekimler için gelişmiş görüntüleme modları ve daha küçük voksel boyutlarının tercih edilmesi önerilmektedir. Paralel teknikle elde edilen periapikal radyografiler ise furkasyon perforasyonlarının tanısında tüm

gözlemcilerde zayıf ve zaman zaman istatistiksel olarak anlamlı olmayan düzeyde uyum sergilemiştir. Çalışmamızda periapikal radyografların tüm gözlemciler açısından düşük güvenilirlik gösterdiği belirlenmiştir. Bu nedenle klinik olarak furkal perforasyonların tanısı için elde edilen periapikal radyograflar yorumlanırken dikkatli olunmalı, kararsızlık durumunda deneyimi fazla ikinci bir gözlemciden görüş alınmalıdır. Kesin olarak furkal perforasyon tanısı konulamayan vakalarda KIBT gibi ileri görüntüleme yöntemlerine başvurulmalıdır.

Ağız, diş ve çene radyolojisi uzmanları klinik işleyişinin bir parçası olarak çeşitli endikasyonlara dayalı çok sayıda KIBT görüntüsünü değerlendirmektedir. Deneyimli bir ağız, diş ve çene radyolojisi asistanı olan Gözlemci 1'in yüksek uyum düzeyleri, KIBT görüntülerini yorumlamadaki deneyimi ve görüntüleme sistemlerine olan aşinalığına bağlanabilir. Deneyimli bir endodonti asistanı olan Gözlemci 3'ün sonuçları ise KIBT görüntüleri ve programlarına olan sınırlı deneyimiyle ilişkilendirilebilir. Klinik ve radyolojik deneyimi henüz gelişmekte olan Gözlemci 2'nin değerlendirmelerinin ise zamanla daha başarılı olacağı öngörülmektedir.

Doğru bir radyografik değerlendirme; hastanın yanlış yere gereksiz tedavilere maruz kalmasını önlerken, zaman ve maliyet açısından avantaj sağlar. Bu nedenle radyolojinin diş hekimliğindeki rolü yalnızca yardımcı bir tanı aracı değil, klinik karar süreçlerinin belirleyicisi konumundadır (Scarfe ve Farman, 2008). Gerekçelendirme ilkesine göre klinik muayene sonucunda fayda-zarar hesabı yapıldıktan sonra radyolojik tetkikler yapılmalıdır (Kiarudi vd., 2014). Pratik anlamda bu yaklaşım, radyografik incelemeler için hastaya özgü uygun görüntüleme yönteminin seçimidir (White ve Pharoah, 2014).

Intraoral radyografi teknikleriyle yeterli bilgi alınamayan şüpheli vakalarda KIBT'nin tanısal değeri ortaya çıkmaktadır. Klinik kullanım sırasında KIBT'nin radyasyon dozu, maliyeti ve ulaşılabilirliği gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Optimizasyon ilkesi gereği, daha küçük FOV alanları kullanımı ve daha kısa edinim süresine sahip görüntüleme protokolleri tercih etmek gibi radyasyon maruziyetini azaltabilecek her türlü önlem alınmalıdır (Mendonça vd., 2025). Her vakada küçük voksel boyutu kullanımı önerilmemektedir. Daha yüksek radyasyon dozu, daha uzun tarama süreleri ve görüntülerin işlenmesinde teknik kısıtlılıklar, klinik uygulamalarda küçük voksel boyutlarının kullanılmasında sınırlayıcı olabilir. Bu nedenle voksel boyutu seçimi, tanısal gereklilikler ve klinik gereksinimlere göre dikkatle tercih edilmelidir.

Radyasyon güvenliği açısından temel ilke olan ve "makul ölçüde elde edilebilecek en düşük doz" anlamına gelen ALARA yaklaşımı zaman içerisinde, "tanısal olarak kabul

edilebilir en düşük doz"u ifade eden ALADA'ya dönüşmüştür. Günümüzde ise bu yaklaşım "endikasyon odaklı ve hasta spesifik tanısal olarak kabul edilebilir en düşük doz" anlamına gelen ALADAIP ilkesi olarak güncellenmiştir. Bu ilkeler doğrultusunda, KIBT yalnızca doğru endikasyonla ve uygun görüntüleme parametreleri seçilerek uygulanmalıdır.

Çalışmamızın sonuçlarına dayanarak verebileceğimiz öneriler;

1. Furkasyon bölgesine yönelik tanısal değerlendirmelerde, periapikal radyografiler sınırlı bir güvenilirliğe sahiptir. Elde edilen görüntüler deneyimi fazla ikinci bir gözlemci tarafından değerlendirilmeli, tanısı kesin olarak konulamayan vakalarda KIBT'den yararlanılmalıdır.
2. Radyasyon güvenliği açısından, ALADAIP ilkesi doğrultusunda, hasta ve endikasyon odaklı değerlendirme yapılmalıdır. Yalnızca gerekli vakalarda ve optimize edilmiş parametrelerde (küçük FOV alanları, düşük mA değerleri, kısa tarama süreleri gibi) KIBT görüntüleri elde edilmelidir.
3. Maksiller molar dişlerde ve kök kanal tedavisi uygulanmış vakalarda, furkal bölgenin değerlendirilmesi için yüksek çözünürlüklü ve küçük voksel boyutlarına sahip KIBT modları tercih edilmelidir.
4. Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi görüntüleri üzerinden yapılan doğrusal ölçümler tekrarlanabilir ve güvenilirdir. Ancak özellikle kök kanal dolgu materyalleri gibi artefakt yaratan materyaller varsa, yüksek çözünürlüklü ve küçük voksel boyutlarına sahip KIBT modları tercih edilmelidir.
5. Gözlemcilerin uzmanlık alanları ve klinik deneyimleri, KIBT görüntülerinin yorumlanmasında dikkate alınmalıdır. Diş hekimliği fakültelerinde bölümler arası rotasyon programları uygulanarak, uzmanlık öğrencilerinin KIBT sistemleri ile ilgili daha fazla eğitim alması sağlanmalıdır.
6. Furkasyon perforasyonu gibi tanısal açıdan karmaşık olan durumlarda, endodontistler ve ağız, diş ve çene radyolojisi uzmanlarının iş birliği içinde değerlendirme yapması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abada, H., El Shreif, M., ve Hatata, N. (2023). Accuracy of Cone-Beam Computed Tomography in Detection of Root Perforations Using Different Voxel Sizes in Comparison to Digital Periapical Radiograph, An in vitro study.
- Abboud, K. M., Abu-Seida, A. M., Hassanien, E. E., ve Tawfik, H. M. (2021). Biocompatibility of NeoMTA Plus® versus MTA Angelus as delayed furcation perforation repair materials in a dog model. *BMC Oral Health*, 21, 1-11.
- Abdinian, M., Moshkforoush, S., Hemati, H., Soltani, P., Moshkforoushan, M., ve Spagnuolo, G. (2020). Comparison of Cone Beam Computed Tomography and Digital Radiography in Detecting Separated Endodontic Files and Strip Perforation. *Applied Sciences*, 10(23), 8726.
- Abella, F., Morales, K., Garrido, I., Pascual, J., Duran-Sindreu, F., ve Roig, M. (2015). Endodontic applications of cone beam computed tomography: case series and literature review. *Giornale Italiano di Endodonzia*, 29(2), 38-50.
- Acar, B., ve Kamburoğlu, K. (2014). Use of cone beam computed tomography in periodontology. *World journal of radiology*, 6(5), 139.
- Adel, M., Tofangchiha, M., Yeganeh, L. A. B., Javadi, A., Khojasteh, A. A., ve Majd, N. M. (2016). Diagnostic accuracy of cone-beam computed tomography and conventional periapical radiography in detecting strip root perforations. *Journal of International Oral Health*, 8(1), 75-79.
- Akdeniz, B. G., Gröndahl, H.-G., ve Magnusson, B. (2006). Accuracy of proximal caries depth measurements: comparison between limited cone beam computed tomography, storage phosphor and film radiography. *Caries research*, 40(3), 202-207.
- Aktan, A., Güngör, E., Çiftçi, M., ve İşman, Ö. (2015). DİŞ HEKİMLİĞİNDE KONİK IŞINLI BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ KULLANIMI [Usage of cone beam computed tomography in dentistry]. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 25(1), 71-76.
- Al-Daafas, A., ve Al-Nazhan, S. (2007). Histological evaluation of contaminated furcal perforation in dogs' teeth repaired by MTA with or without internal matrix. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 103(3), e92-e99.
- Al-Ghamdi, A. S. A.-M., Ragab, M., AlGhamdi, S. A., Asseri, A. H., Mansour, R. F., ve Koundal, D. (2022). Detection of Dental Diseases Through X-Ray Images Using Neural Search Architecture Network. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022(1), 3500552.
- Al-Nazhan, S., El Mansy, I., Al-Nazhan, N., Al-Rowais, N., ve Al-Awad, G. (2022). Outcomes of furcal perforation management using Mineral Trioxide Aggregate and Biodentine: a systematic review. *Journal of Applied Oral Science*, 30, e20220330.
- Al Attas, M. H., Aldhelai, T. A., ve Javed, M. Q. (2022). Management of concomitant strip and apical perforation in mandibular first molar. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 38(7), 2034.
- Alasqah, M., Alotaibi, F. D., ve Gufran, K. (2022). The radiographic assessment of furcation area in maxillary and mandibular first molars while considering the new classification of periodontal disease. *Healthcare*,
- Alghamdi, N. (2024). Endodontic management of type I maxillary first molar with two palatal roots using cone-beam computed tomography. *Dent J*, 57(1), 1-3.
- Alrahabi, M., Zafar, M. S., ve Adanir, N. (2019). Aspects of clinical malpractice in endodontics. *European journal of dentistry*, 13(03), 450-458.
- Alshamrani, A., Almusharraf, A. Y., AlShammari, K., Ali, E. J. B., Almutairi, H. H., Farrash, F., Alghamdi, H. S., Alqahtani, A. A., ve Alosaimi, A. A. (2022). Causes, diagnosis, treatment and

- prognosis of root perforations. *International Journal Of Community Medicine And Public Health*.
- Alsleem, H., ve Davidson, R. (2013). Factors affecting contrast-detail performance in computed tomography: A review. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*, 44(2), 62-70.
- Asimuddin, S., Koduganti, R. R., Panthula, V. N. R., Jammula, S. P., Dasari, R., ve Gireddy, H. (2017). Effect of autologous platelet rich fibrin in human mandibular molar grade II furcation defects- a randomized clinical trial. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 11(4), ZC73.
- Askerbeyli Örs, S., Aksel, H., Küçükkaya Eren, S., ve Serper, A. (2019). Effect of perforation size and furcal lesion on stress distribution in mandibular molars: a finite element analysis. *International Endodontic Journal*, 52(3), 377-384.
- Azim, A. A., Lloyd, A., ve Huang, G. T.-J. (2014). Management of longstanding furcation perforation using a novel approach. *Journal of endodontics*, 40(8), 1255-1259.
- Bargholz, C. (2005). Perforation repair with mineral trioxide aggregate: a modified matrix concept. *Int Endod J*, 38(1), 59-69.
- Barrett, J. F., ve Keat, N. (2004). Artifacts in CT: recognition and avoidance. *Radiographics*, 24(6), 1679-1691.
- Bechara, B., Alex McMahan, C., Moore, W., Noujeim, M., Teixeira, F., ve Geha, H. (2014). Cone beam CT scans with and without artefact reduction in root fracture detection of endodontically treated teeth. *Dentomaxillofacial Radiology*, 42(5).
- Benavides, E., Rios, H. F., Ganz, S. D., An, C.-H., Resnik, R., Reardon, G. T., Feldman, S. J., Mah, J. K., Hatcher, D., ve Kim, M.-J. (2012). Use of cone beam computed tomography in implant dentistry: the International Congress of Oral Implantologists consensus report. *Implant dentistry*, 21(2), 78-86.
- Berman, L. H., ve Hargreaves, K. M. (2020). *Cohen's Pathways of the Pulp-E-Book: Cohen's Pathways of the Pulp-E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- Bernardes, R. A., de Paulo, R. S., Pereira, L. O., Duarte, M. A. H., Ordinola-Zapata, R., ve de Azevedo, J. R. (2012). Comparative study of cone beam computed tomography and intraoral periapical radiographs in diagnosis of lingual-simulated external root resorptions. *Dental Traumatology*, 28(4), 268-272.
- Bhuva, B., ve Ikram, O. (2020). Complications in endodontics. *Primary Dental Journal*, 9(4), 52-58.
- Bogaerts, P., ve Van Nieuwenhuysen, J. (2005). Determination of canal length in endodontics. *Revue Belge de Medecine Dentaire*, 60(1), 31-40.
- Brito, A. C. R., Verner, F. S., Junqueira, R. B., Yamasaki, M. C., Queiroz, P. M., Freitas, D. Q., ve Oliveira-Santos, C. (2017). Detection of fractured endodontic instruments in root canals: comparison between different digital radiography systems and cone-beam computed tomography. *Journal of endodontics*, 43(4), 544-549.
- Bryan, E., Woollard, G., ve Mitchell, W. (1999). Nonsurgical repair of furcal perforations: a literature review. *General dentistry*, 47(3), 274-278; quiz 279.
- Buchi-Velazquez, A., Escobar-Torres, D., Veloso, V., ve Ferraro, N. (2024). Clinical and radiographic characterization of external root resorption. *Medwave*, 24(4), e2780-e2780.
- Bueno, M. R., Estrela, C., Azevedo, B. C., ve Diogenes, A. (2018). Development of a new cone-beam computed tomography software for endodontic diagnosis. *Brazilian dental journal*, 29, 517-529.
- Bueno, M. R., Estrela, C., De Figueiredo, J. A. P., ve Azevedo, B. C. (2011). Map-reading strategy to diagnose root perforations near metallic intracanal posts by using cone beam computed tomography. *Journal of endodontics*, 37(1), 85-90.

- Camargo, R. V., Mazzi-Chaves, J. F., Leoni, G. B., Vasconcelos, K. F., Lamira, A., Jacobs, R., ve Sousa-Neto, M. D. (2020). Quantitative assessment of 2-dimensional parameters in tomographic images by using different segmentation methods. *Journal of endodontics*, 46(5), 694-699.
- Cardoso, M., Catré, D., Noites, R., Paulo, M., ve Viegas, C. (2018). Animal models used in furcation perforation studies: A systematic review and comprehensive synthesis of model characteristics. *Australian Endodontic Journal*, 44(3), 273-280.
- Cardoso, M., dos Anjos Pires, M., Correlo, V., Reis, R., Paulo, M., ve Viegas, C. (2018). Biodentine for furcation perforation repair: an animal study with histological, radiographic and micro-computed tomographic assessment. *Iranian endodontic journal*, 13(3), 323.
- Chan, F., Brown, L., ve Parashos, P. (2023). CBCT in contemporary endodontics. *Australian dental journal*, 68, S39-S55.
- Chopra, A., ve Sivaraman, K. (2018). Management of Furcal Perforation with Advanced Furcation Defect by a Minimally Invasive Tunnel Technique. *Contemporary clinical dentistry*, 9, 670-673.
- Clauder, T. (2022). Present status and future directions–Managing perforations. *International Endodontic Journal*, 55, 872-891.
- Clauder, T., ve Shin, S. J. (2006). Repair of perforations with MTA: clinical applications and mechanisms of action. *Endodontic Topics*, 15(1), 32-55.
- Costa, F. F., Pinheiro, L. R., Umetsubo, O. S., dos Santos Júnior, O., Gaia, B. F., ve Cavalcanti, M. G. P. (2014). Influence of cone-beam computed tomographic scan mode for detection of horizontal root fracture. *Journal of endodontics*, 40(9), 1472-1476.
- Crăciunescu, E. L., Boariu, M., IoniȚă, C., Pop, D. M., Sinescu, C., Romînu, M., ve NegruȚiu, M. L. (2016). Micro-CT and optical microscopy imagistic investigations of root canal morphology. *Rom J Morphol Embryol*, 57(3), 1069-1073.
- Çalışkan, M. K. (2006). *Endodontide tanı ve tedaviler*. Nobel Tıp Kitabevleri.
- D'addazio, P., Campos, C., Özcan, M., Teixeira, H., Passoni, R., ve Carvalho, A. (2011). A comparative study between cone-beam computed tomography and periapical radiographs in the diagnosis of simulated endodontic complications. *International Endodontic Journal*, 44(3), 218-224.
- da Silva, E. J. N. L., Andrade, C. V., Tay, L. Y., ve Herrera, D. R. (2012). Furcal-perforation repair with mineral trioxide aggregate: Two years follow-up. *Indian Journal of Dental Research*, 23(4), 542-545.
- da Silveira, P. F., Vizzotto, M. B., Liedke, G. S., da Silveira, H. L. D., Montagner, F., ve da Silveira, H. E. D. (2013). Detection of vertical root fractures by conventional radiographic examination and cone beam computed tomography—an in vitro analysis. *Dental Traumatology*, 29(1), 41-46.
- Danforth, R. A., Dus, I., ve Mah, J. (2003). 3-D Volume Imaging for Dentistry: A New Dimension. *Journal of the California Dental Association*, 31(11), 817-823.
- Darcey, J., ve Qualtrough, A. (2013). Resorption: part 1. Pathology, classification and aetiology. *British Dental Journal*, 214(9), 439-451.
- De-Deus, G., Rodrigues, E., Belladonna, F., Simões-Carvalho, M., Cavalcante, D., Oliveira, D., Souza, E., Giorgi, K., Versiani, M., ve Lopes, R. (2019). Anatomical danger zone reconsidered: a micro-CT study on dentine thickness in mandibular molars. *International Endodontic Journal*, 52(10), 1501-1507.
- Dean, K. (2020). A radiologist's guide to teeth: An imaging review of dental anatomy, nomenclature, trauma, infection, and tumors. *Neurographics*, 10(5-6), 302-318.
- Dhabale, G. S., Bhowate, R. R., ve Bhowate, R. (2022). Cone-beam computed tomography for temporomandibular joint imaging. *Cureus*, 14(11).

- Douglass, A. B., ve Douglass, J. M. (2003). Common dental emergencies. *American family physician*, 67(3), 511-517.
- Eghbal, M. J., Fazlyab, M., ve Asgary, S. (2014). Repair of a strip perforation with calcium-enriched mixture cement: a case report. *Iranian endodontic journal*, 9(3), 225.
- El-Bialy, M. M., Ali, M. M., Kataia, E. M., El Nemr, R. S., ve Hassan, R. (2021). Comparison of biocompatibility of experimental tricalcium phosphate cement versus biodentin and mineral trioxide aggregate used for furcation perforation repair (in vivo study). *The Open Dentistry Journal*, 15(1).
- Elbahary, S., Haj Yahya, S., Koç, C., Shemesh, H., Rosen, E., ve Tsesis, I. (2021). Bacterial colonization and proliferation in furcal perforations repaired by different materials: A confocal laser scanning microscopy study. *Applied Sciences*, 11(8), 3403.
- Erpaçal, B., Adıgüzel, Ö., ve Cangül, S. (2019). The use of micro-computed tomography in dental applications. *International Dental Research*, 9(2), 78-91.
- Eskandarloo, A., Mirshekari, A., Poorolajal, J., Mohammadi, Z., ve Shokri, A. (2012). Comparison of cone-beam computed tomography with intraoral photostimulable phosphor imaging plate for diagnosis of endodontic complications: a simulation study. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*, 114(6), e54-e61.
- Esmaceli, F., Johari, M., Haddadi, P., ve Vatankhah, M. (2012). Beam hardening artifacts: comparison between two cone beam computed tomography scanners. *Journal of dental research, dental clinics, dental prospects*, 6(2), 49.
- Estrela, C., Decurcio, D. d. A., Rossi-Fedele, G., Silva, J. A., Guedes, O. A., ve Borges, Á. H. (2018). Root perforations: a review of diagnosis, prognosis and materials. *Brazilian oral research*, 32, e73.
- Farimani, Z., Shamshiri, A. R., Asl Roosta, H., Akbari, S., ve Bohlouli, M. (2021). Regenerative benefits of using growth factors in treatment of periodontal defects: a systematic review and meta-analysis with trial sequential analysis on preclinical studies. *Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, 15(11), 964-997.
- Fayad, M. I., ve Johnson, B. R. (2023). Surgical Treatment Utilizing Cone Beam Computed Tomography. In *3D Imaging in Endodontics: A New Era in Diagnosis and Treatment* (pp. 199-228). Springer.
- Ferrari, D. R., Reis, T. M. S., Junqueira, R. B., Kamburoğlu, K., Küçük, Ö., ve Verner, F. S. (2024). Is the assessment of the mandibular molar danger zone affected by field of view and voxel size in cone beam computed tomography examinations? *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*, 137(6), 662-670.
- Fornara, R., Gorni, F., ve Gagliani, M. (2012). Le perforazioni radicolari iatrogene: classificazione e possibilità di trattamento ortograde. *Giornale Italiano di Endonzia*, 26(1), 2-12.
- Fuss, Z., ve Trope, M. (1996). Root perforations: classification and treatment choices based on prognostic factors. *Dental Traumatology*, 12(6), 255-264.
- Gaêta-Araújo, H., Nascimento, E. H. L., Fontenele, R. C., Mancini, A. X. M., Freitas, D. Q., ve Oliveira-Santos, C. (2020). Magnitude of beam-hardening artifacts produced by gutta-percha and metal posts on cone-beam computed tomography with varying tube current. *Imaging Sci Dent*, 50(1), 1-7.
- Garg, K., Sachdev, R., Chauhan, S., Mehrotra, V., ve Ishrat, S. (2018). Review on object localization techniques in dental radiology. *IOSR J Dent Med Sci*, 17, 72-75.
- Gehlot, P. M., Cherian, B., ve Manjunath, M. K. (2019). Use of cone-beam computed tomography as a diagnostic aid in nonsurgical endodontic management of furcation perforations: Two case reports. *Saudi Endodontic Journal*, 9(2), 134-139.
- Gezer, N. S., Balci, A., ve Özses, L. (2014). Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi ve Kullanım Alanları. *Türkiye Klinikleri Radiology-Special Topics*, 7(2), 27-32.

- Ghoncheh, Z., Kaviani, H., Soleimani, S., Nasri, S., Malekpour, F., ve Afkhami, F. (2023). Assessment of the diagnostic accuracy of strip and furcal perforations in different sizes by cone beam computed tomography. *Oral Radiology*, 39(4), 654-660.
- Goldman, L. W. (2007). Principles of CT and CT technology. *Journal of nuclear medicine technology*, 35(3), 115-128.
- Goller Bulut, D., ve Uğur Aydın, Z. (2019). The impact of different voxels and exposure parameters of CBCT for the assessment of external root resorptions: A phantom study. *Australian Endodontic Journal*, 45(2), 146-153.
- Gonzalez, S. M. (2013). Introduction to Cone Beam Computed Tomography. *Interpretation Basics of Cone Beam Computed Tomography*, 1-23.
- Grande, N. M., Plotino, G., Gambarini, G., Testarelli, L., D'Ambrosio, F., Pecci, R., ve Bedini, R. (2012). Present and future in the use of micro-CT scanner 3D analysis for the study of dental and root canal morphology. *Annali dell'Istituto superiore di sanità*, 48, 26-34.
- Guess, G., ve Kratchman, S. (2017). Maxillary posterior surgery, the sinus, and managing palatal access. *Microsurgery in Endodontics*, 151-162.
- Gutmann, J., Dumsha, T., ve Lovdahl, P. (2006). Problem Solving in Endodontics, 4th edn. St Louis, MO. In: USA: Elsevier.
- Haghanifar, S., Moudi, E., Mesgarani, A., Bijani, A., ve Abbaszadeh, N. (2014). A comparative study of cone-beam computed tomography and digital periapical radiography in detecting mandibular molars root perforations. *Imaging Sci Dent*, 44(2), 115-119.
- Haghgoo, R., Arfa, S., ve Asgary, S. (2013). Microleakage of CEM cement and ProRoot MTA as furcal perforation repair materials in primary teeth. *Iranian endodontic journal*, 8(4), 187.
- Haghgoo, R., Niyakan, M., Moghaddam, K. N., Asgary, S., ve Mostafaloo, N. (2014). An in vitro comparison of furcal perforation repaired with pro-root MTA and new endodontic cement in primary molar teeth-a microleakage study. *Journal of Dentistry*, 15(1), 28.
- Harorli, A., Akgül, M., Yilmaz, B., Bilge, O., Dagistan, S., ve Cakur, B. (2014). Ağız, diş ve çene radyolojisi. *Nobel Yayınevi, Bölüm*, 1(2), 3.
- Hassan, B., Metska, M. E., Ozok, A. R., van der Stelt, P., ve Wesselink, P. R. (2009). Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth by a cone beam computed tomography scan. *Journal of endodontics*, 35(5), 719-722.
- Hegde, M., Varghese, L., ve Malhotra, S. (2017). Tooth root perforation repair—A review. *Oral Health Dent Manag*, 16(2), 1-4.
- Hirsch, E., Wolf, U., Heinicke, F., ve Silva, M. (2008). Dosimetry of the cone beam computed tomography Veraviewepocs 3D compared with the 3D Accuitomo in different fields of view. *Dentomaxillofacial Radiology*, 37(5), 268-273.
- Holland, R., Otoboni Filho, J. A., de Souza, V., Nery, M. J., Bernabe, P. F. E., ve Junior, E. D. (2001). Mineral trioxide aggregate repair of lateral root perforations. *Journal of endodontics*, 27(4), 281-284.
- Hovey, L. R., Jones, A. A., McGuire, M., Mellonig, J. T., Schoolfield, J., ve Cochran, D. L. (2006). Application of periodontal tissue engineering using enamel matrix derivative and a human fibroblast-derived dermal substitute to stimulate periodontal wound healing in Class III furcation defects. *Journal of periodontology*, 77(5), 790-799.
- Hsiao, J., Wang, Y., Zheng, L., Liu, R., Said, R., Hadjiyski, L., Cha, H., Botero, T., Chatzistavrou, X., ve Dong, Q. (2019). In vivo rodent models for studying dental caries and pulp disease. *Odontogenesis: Methods and Protocols*, 393-403.
- Iannucci, J., ve Howerton, L. J. (2016). *Dental radiography-E-book: principles and techniques*. Elsevier Health Sciences.

- Irie, M. S., Rabelo, G. D., Spin-Neto, R., Dechichi, P., Borges, J. S., ve Soares, P. B. F. (2018). Use of micro-computed tomography for bone evaluation in dentistry. *Brazilian dental journal*, 29(3), 227-238.
- Isoda, K., Ayukawa, Y., Tsukiyama, Y., Sogo, M., Matsushita, Y., ve Koyano, K. (2012). Relationship between the bone density estimated by cone-beam computed tomography and the primary stability of dental implants. *Clinical Oral Implants Research*, 23(7), 832-836.
- Jacobs, R. (2011). Dental cone beam CT and its justified use in oral health care. *Journal of the Belgian Society of Radiology*, 94(5).
- Jaju, P. P., ve Jaju, S. P. (2015). Cone-beam computed tomography: time to move from ALARA to ALADA. *Imaging Science in Dentistry*, 45(4), 263.
- Jamshidy, L., Amirkhani, Z., ve Sharifi, R. (2019). Effect of Furcation Perforation Size on Fracture Resistance of Mandibular First Molar. *Dental Hypotheses*, 10, 9-13.
- Jayawardena, D. S., Ahmed, R., Watts, J., Cunliffe, J., ve Darcey, J. (2022). Considerations for restorative dentistry secondary care referrals-part 1: defining strategic importance. *British Dental Journal*, 233(1), 27-34.
- Josan, L., Ormenisan, A., Teodorescu, E., Stef, L., Salcudean, A., ve Pacurar, M. (2023). Psychosomatics of the impact of dental radiological investigations on the patient. *Romanian Journal of Stomatology*, 69(1), 22.
- Jung, M., Lommel, D., ve Klimek, J. (2005). The imaging of root canal obturation using micro-CT. *International Endodontic Journal*, 38(9), 617-626.
- Kakani, A. K., Veeramachaneni, C., Majeti, C., Tummala, M., ve Khiyani, L. (2015). A review on perforation repair materials. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 9(9), ZE09.
- Kamburoglu, K., Murat, S., Kolsuz, E., Kurt, H., Yüksel, S., ve Paksoy, C. (2011). Comparative assessment of subjective image quality of cross-sectional cone-beam computed tomography scans. *Journal of Oral Science*, 53(4), 501-508.
- Kamburoğlu, K., Koç, C., Sönmez, G., Elbahary, S., Rosen, E., ve Tsesis, I. (2021). Effect of cone beam computed tomography voxel size and dental specialty status on the agreement of observers in the detection and measurement of periapical lesions. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*, 132(3), 346-351.
- Kamburoğlu, K., Kuşun, Ş., Yüksel, S., ve Öztaş, B. (2011). Observer ability to detect ex vivo simulated internal or external cervical root resorption. *Journal of endodontics*, 37(2), 168-175.
- Kamburoğlu, K., Yeta, E. N., ve Yılmaz, F. (2015). An Ex Vivo Comparison of Diagnostic Accuracy of Cone-beam Computed Tomography and Periapical Radiography in the Detection of Furcal Perforations. *Journal of endodontics*, 41(5), 696-702.
- Kamburoğlu, K., Yılmaz, F., Yeta, E. N., ve Özen, D. (2016). Assessment of furcal perforations in the vicinity of different root canal sealers using a cone beam computed tomography system with and without the application of artifact reduction mode: an ex vivo investigation on extracted human teeth. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*, 121(6), 657-665.
- Kang, B.-C., Farman, A., Scarfe, W., ve Goldsmith, L. (1996). Mechanical defects in dental enamel vs. natural dental caries: observer differentiation using Ektaspeed Plus film. *Caries research*, 30(2), 156-162.
- Katge, F. A., Shivasharan, P. R., ve Patil, D. (2016). Sealing ability of mineral trioxide aggregate Plus™ and Biodentine™ for repair of furcal perforation in primary molars: An: in vitro: study. *Contemporary clinical dentistry*, 7(4), 487-492.
- Kehrwald, R., de Castro, H. S., Salmeron, S., Matheus, R. A., Santaella, G. M., ve Queiroz, P. M. (2022). Influence of voxel size on CBCT images for dental implants planning. *European journal of dentistry*, 16(02), 381-385.
- Khajehzadeh, F., Raoufinejad, F., Gorjestani, H., Kamali, M., Eslambol Nassaj, A., ve Shahravan, A. (2021). Evaluation of the Effect of Furcation Perforation on the Fracture Resistance of

Endodontically Treated Mandibular Molars. *Journal of Kerman University of Medical Sciences*, 28(5), 445-452.

- Khavid, A., Sametzadeh, M., Godiny, M., ve Moarrefpour, M. M. (2021). Comparison of the hounsfield unit values obtained from cone-beam computed tomography (CBCT) and multidetector computed tomography (MDCT) images for different bone densities. *J Contemp Med Sci*, 7, 92-95.
- Khedmat, S., Rouhi, N., Drage, N., Shokouhinejad, N., ve Nekoofar, M. H. (2012). Evaluation of three imaging techniques for the detection of vertical root fractures in the absence and presence of gutta-percha root fillings. *International Endodontic Journal*, 45(11), 1004-1009.
- Khojastepour, L., Moazami, F., Babaei, M., ve Forghani, M. (2015). Assessment of root perforation within simulated internal resorption cavities using cone-beam computed tomography. *Journal of endodontics*, 41(9), 1520-1523.
- Kiarudi, A. H., Eghbal, M. J., Safi, Y., Aghdasi, M. M., ve Fazlyab, M. (2014). The applications of cone-beam computed tomography in endodontics: a review of literature. *Iranian endodontic journal*, 10(1), 16.
- Kim, I., Paik, K. S., ve Lee, S. P. (2007). Quantitative evaluation of the accuracy of micro-computed tomography in tooth measurement. *Clinical Anatomy: The Official Journal of the American Association of Clinical Anatomists and the British Association of Clinical Anatomists*, 20(1), 27-34.
- Koç, C., Sönmez, G., Yılmaz, F., Karahan, S., ve Kamburoğlu, K. (2018). Comparison of the accuracy of periapical radiography with CBCT taken at 3 different voxel sizes in detecting simulated endodontic complications: an ex vivo study. *Dentomaxillofacial Radiology*, 47(4), 20170399.
- Kolsuz, M. E., Bagis, N., Orhan, K., Avsever, H., ve Demiralp, K. Ö. (2015). Comparison of the influence of FOV sizes and different voxel resolutions for the assessment of periodontal defects. *Dentomaxillofacial Radiology*, 44(7).
- Kumar, S. M., Mouli, P. C., Kailasam, S., Raghuram, P., ve Sateesh, S. (2011). Applications of cone-beam computed tomography in dentistry. *Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology*, 23(4), 593-597.
- Kurt, H., ve Orhan, K. (2016). The use of Micro-CT in dentistry. *Türkiye Klinikleri Ağız Diş ve Çene Radyolojisi Özel Dergisi*, 2, 14-21.
- Kurt, M., ve Orhan, K. (2016). Micro-computed tomography in dentistry. *Turkiye Klinikleri J Oral Maxillofac Radiol-Special Topics*, 2(1), 14-21.
- Kvinnsland, I., Oswald, R., Halse, A., ve Grønningsaeter, A. (1989). A clinical and roentgenological study of 55 cases of root perforation. *International Endodontic Journal*, 22(2), 75-84.
- Landis, E. N., ve Keane, D. T. (2010). X-ray microtomography. *Materials characterization*, 61(12), 1305-1316.
- Langland, O. E., Langlais, R. P., ve Preece, J. W. (2002). *Principles of dental imaging*. Lippincott Williams ve Wilkins.
- Liedke, G. S., da Silveira, H. E. D., da Silveira, H. L. D., Dutra, V., ve de Figueiredo, J. A. P. (2009). Influence of voxel size in the diagnostic ability of cone beam tomography to evaluate simulated external root resorption. *Journal of endodontics*, 35(2), 233-235.
- Lima, T. F. R., de Souza-Filho, F. J., ve SOARES, A. d. J. (2014). Cone-beam computed tomography as a diagnostic tool to locate calcified canals. *Dental Press Endodontics*, 4(2).
- Ludlow, J., Timothy, R., Walker, C., Hunter, R., Benavides, E., Samuelson, D., ve Scheske, M. (2015). Effective dose of dental CBCT—a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. *Dentomaxillofacial Radiology*, 44(1), 20140197.
- Machtou, P., ve Ruddle, C. (2019). Endodontic orthograde retreatment and management of mishaps. *Ingle's endodontics. 7th ed. Raleigh, NC: PMPH US*, 729-796.

- Mangione, F., Meleo, D., Talocco, M., Pecci, R., Pacifici, L., ve Bedini, R. (2013). Comparative evaluation of the accuracy of linear measurements between cone beam computed tomography and 3D microtomography. *Annali dell'Istituto superiore di sanità*, 49, 261-265.
- Marciano, M., Duarte, M., Ordinola-Zapata, R., Del Carpio-Perochena, A., Cavenago, B., Villas-Bôas, M., Minotti, P., Bramante, C., ve Moraes, I. (2012). Applications of micro-computed tomography in endodontic research. *Current microscopy contributions to advances in science and technology. Badajoz, Spain: Formatex research center*, p782-788.
- Maret, D., Telmon, N., Peters, O. A., Lepage, B., Treil, J., Inglessè, J. M., Peyre, A., Kahn, J. L., ve Sixou, M. (2012). Effect of voxel size on the accuracy of 3D reconstructions with cone beam CT. *Dentomaxillofac Radiol*, 41(8), 649-655.
- Marques, N., Lourenço Neto, N., ve Oliveira, T. M. d. (2016). Immediate and mediate furcal perforation treatment in primary molars: 24-month follow-up. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 17, 489-494.
- Masthoff, M., Gerwing, M., Masthoff, M., Timme, M., Kleinheinz, J., Berninger, M., Heindel, W., Wildgruber, M., ve Schülke, C. (2019). Dental imaging—a basic guide for the radiologist. *RöFo-Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren*.
- Mendonça, R. P. d., Estrela, C., Bueno, M. R., Carvalho, T. C. A. S. G., ESTRELA, L. R. d. A., ve Chilvarquer, I. (2025). Principles of radiological protection and application of ALARA, ALADA, and ALADAIP: a critical review. *Brazilian oral research*, 39, e14.
- Michetti, J., Maret, D., Mallet, J.-P., ve Diemer, F. (2010). Validation of cone beam computed tomography as a tool to explore root canal anatomy. *Journal of endodontics*, 36(7), 1187-1190.
- Mirfendereski, M., ve Peters, O. (2012). Micro-Computed Tomography in Endodontic Research. *Endodontic Radiology*, 278-284.
- Mosavat, F., Ahmadi, E., Amirfarhangi, S., ve Rafeie, N. (2023). Evaluation of diagnostic accuracy of CBCT and intraoral radiography for proximal caries detection in the presence of different dental restoration materials. *BMC Oral Health*, 23(1), 419.
- Moshfeghi, M., Tavakoli, M. A., Hosseini, E. T., Hosseini, A. T., ve Hosseini, I. T. (2012). Analysis of linear measurement accuracy obtained by cone beam computed tomography (CBCT-NewTom VG). *Dental research journal*, 9(Suppl 1), S57.
- Nekoofar, M., Ghandi, M., Hayes, S., ve Dummer, P. (2006). The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *International Endodontic Journal*, 39(8), 595-609.
- Neves, F. S., de Freitas, D. Q., Campos, P. S., de Almeida, S. M., ve Haiter-Neto, F. (2012). In vitro comparison of cone beam computed tomography with different voxel sizes for detection of simulated external root resorption. *Journal of Oral Science*, 54(3), 219-225.
- Neves, F. S., Freitas, D. Q., Campos, P. S. F., Ekestubbe, A., ve Lofthag-Hansen, S. (2014). Evaluation of cone-beam computed tomography in the diagnosis of vertical root fractures: the influence of imaging modes and root canal materials. *Journal of endodontics*, 40(10), 1530-1536.
- Ng, Y. L., Mann, V., ve Gulabivala, K. (2011). A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health. *International Endodontic Journal*, 44(7), 583-609.
- Nicholls, E. (1962). Treatment of traumatic perforations of the pulp cavity. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 15(5), 603-612.
- Niktash, A., Mehralizadeh, S., ve Talaeipour, A. (2022). The Effect of Different Field of View Sizes on Contrast-to-Noise Ratio of Cone-Beam Computed Tomography Units: An In-Vitro Study. *Front Dent*, 19, 32.
- Nisha, V. A., Parthiban, J., Sarumathi, T., Hemalatha, V., ve Amudhan, A. (2014). Radiation protection in dental radiology-the safe use of radiographs in dental practice. *Biosci Biotech Res Asia*, 11(1), 263-266.

- Oliveira, T. M., Sakai, V. T., Silva, T. C., Santos, C. F., Machado, M. A. A., ve Abdo, R. C. (2008). Repair of furcal perforation treated with mineral trioxide aggregate in a primary molar tooth: 20-month follow-up. *Journal of Dentistry for Children*, 75(2), 188-191.
- Orhan, A. I., Tufenkci, P., Oncu, A., Sevgi, S., Celikten, B., ve Orhan, K. (2021). CBCT Visualization of Furcation Perforation Repair Materials Using Different Voxel Sizes. *Clinical and Experimental Health Sciences*, 11(4), 654-658.
- Ouyang, T., ve Branstetter, B. F. (2010). Advances in head and neck imaging. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics*, 22(1), 107-115.
- Ozdede, M., Akay, G., Karadag Atas, O., Koc, E. K., Yalcin, O., ve Gungor, K. (2024). Repeatability and effect of different voxel sizes on linear and volumetric tooth and pulp measurements using cone-beam computed tomography. *BMC Oral Health*, 24(1), 1-9.
- Pahlawan, P. D., Farah, R. A., ve Zakaria, M. N. (2020). White MTA as a Material to Seal Iatrogenic Perforation for Furcation Teeth: A Case Report. *Key Engineering Materials*, 829, 232-240.
- Palczewska-Komsa, M. P., Gapiński, B., ve Nowicka, A. (2022). The Influence of New Bioactive Materials on Pulp–Dentin Complex Regeneration in the Assessment of Cone Bone Computed Tomography (CBCT) and Computed Micro-Tomography (Micro-CT) from a Present and Future Perspective—A Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*, 11(11), 3091.
- Park, C. H., Abramson, Z. R., Taba Jr, M., Jin, Q., Chang, J., Kreider, J. M., Goldstein, S. A., ve Giannobile, W. V. (2007). Three-dimensional micro-computed tomographic imaging of alveolar bone in experimental bone loss or repair. *Journal of periodontology*, 78(2), 273-281.
- Parralles-Bravo, C., Friedrichsdorf, S., Costa, C., Paiva, J., ve Iglesias-Linares, A. (2023). Does endodontics influence radiological detection of external root resorption? An in vitro study. *BMC Oral Health*, 23(1), 221.
- Parsa, A., Ibrahim, N., Hassan, B., van der Stelt, P., ve Wismeijer, D. (2015). Bone quality evaluation at dental implant site using multislice CT, micro-CT, and cone beam CT. *Clinical Oral Implants Research*, 26(1), e1-e7.
- Patcas, R., Müller, L., Ullrich, O., ve Peltomäki, T. (2012). Accuracy of cone-beam computed tomography at different resolutions assessed on the bony covering of the mandibular anterior teeth. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 141(1), 41-50.
- Patel, B. (2016). Iatrogenic perforations. *Endodontic Treatment, Retreatment, and Surgery: Mastering Clinical Practice*, 279-296.
- Patel, S., Brown, J., Semper, M., Abella, F., ve Mannocci, F. (2019). European Society of Endodontology position statement: Use of cone beam computed tomography in Endodontics: European Society of Endodontology (ESE) developed by. *International Endodontic Journal*, 52(12), 1675-1678.
- Patel, S., Dawood, A., Ford, T. P., ve Whaites, E. (2007). The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *International Endodontic Journal*, 40(10), 818-830.
- Patel, S., Wilson, R., Dawood, A., ve Mannocci, F. (2012). The detection of periapical pathosis using periapical radiography and cone beam computed tomography—Part 1: pre-operative status. *International Endodontic Journal*, 45(8), 702-710.
- Pauwels, R., Jacobs, R., Singer, S. R., ve Mupparapu, M. (2015). CBCT-based bone quality assessment: are Hounsfield units applicable? *Dentomaxillofacial Radiology*, 44(1), 20140238.
- Peters, O. A., Schönenberger, K., ve Laib, A. (2001). Effects of four Ni–Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *International Endodontic Journal*, 34(3), 221-230.
- Peyneau, P. D., VALERIO, C. S., de SOUSA, A. C. P. R., ve MANZI, F. R. Computed tomography in the diagnosis of root perforation.

- Plotino, G., Grande, N. M., Pecci, R., Bedini, R., Pameijer, C. H., ve Somma, F. (2006). Three-dimensional imaging using microcomputed tomography for studying tooth macromorphology. *The Journal of the American Dental Association*, 137(11), 1555-1561.
- Rabelo, K. A., Cavalcanti, Y. W., de Oliveira Pinto, M. G., Melo, S. L. S., Campos, P. S. F., Oliveira, L. S. d. A. F., ve de Melo, D. P. (2017). Quantitative assessment of image artifacts from root filling materials on CBCT scans made using several exposure parameters. *Imaging Science in Dentistry*, 47(3), 189-197.
- Ramesh, S. (2020). Clinical Practice Guidelines for the Management of Endodontic Perforation. *International Journal of Pharmaceutical Research* (09752366).
- Rao, L. N. (2021). Object localization technique in dentistry-A review. *Int J Contemp Dent Med Revi*.
- Renuka, S., ve Ganapathy, D. (2019). A review on the management of root perforations. *Drug Invention Today*, 11(3).
- Ribeiro, D., Réus, J., Felipe, W., Pachêco-Pereira, C., Dutra, K., Santos, J., Porporatti, A., ve De Luca Canto, G. (2018). Technical quality of root canal treatment performed by undergraduate students using hand instrumentation: a meta-analysis. *International Endodontic Journal*, 51(3), 269-283.
- Ricucci, D., Milovidova, I., Williams, R. K., ve Tay, F. (2025). Predentine is not a reliable barrier against internal root resorption in the presence of inflammation. *Journal of Dentistry*, 105626.
- Roda, R. S. (2001). Root perforation repair: surgical and nonsurgical management. *Practical procedures ve aesthetic dentistry: PPAD*, 13(6), 467-472; quiz 474.
- Rodríguez, G., Abella, F., Durán-Sindreu, F., Patel, S., ve Roig, M. (2017). Influence of cone-beam computed tomography in clinical decision making among specialists. *Journal of endodontics*, 43(2), 194-199.
- Saber, S. M. (2020). Accuracy, sensitivity and specificity of three imaging modalities in detection of separated intracanal instruments.
- Sadaksharam, J., ve Kalaskar, A. (2023). Dental Radiology in Pediatric Dentistry. In *Illustrated Pediatric Dentistry-Part 2* (pp. 57-83). Bentham Science Publishers.
- Saed, S. M., Ashley, M., ve Darcey, J. (2016). Root perforations: aetiology, management strategies and outcomes. The hole truth. *British Dental Journal*, 220(4), 171-180.
- Sahili, N. E., Nasseh, I., Berberi, A., David-Tchouda, S., Thoret, S., ve Fortin, T. (2018). Impact of cone beam computed tomography dose in pre-surgical implant analysis. *The Open Dentistry Journal*, 12, 94.
- Samiee, M., Eghbal, M. J., Parirokh, M., Abbas, F. M., ve Asgary, S. (2010). Repair of furcal perforation using a new endodontic cement. *Clinical oral investigations*, 14, 653-658.
- Sansare, K., Singh, D., Sontakke, S., Karjodkar, F., Saxena, V., Frydenberg, M., ve Wenzel, A. (2014). Should cavitation in proximal surfaces be reported in cone beam computed tomography examination? *Caries research*, 48(3), 208-213.
- Sarao, S. K., Berlin-Broner, Y., ve Levin, L. (2021). Occurrence and risk factors of dental root perforations: a systematic review. *international dental journal*, 71(2), 96-105.
- Scarfe, W. C., ve Farman, A. G. (2008). What is cone-beam CT and how does it work? *Dental Clinics of North America*, 52(4), 707-730.
- Scarfe, W. C., Farman, A. G., ve Sukovic, P. (2006). Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *Journal-Canadian Dental Association*, 72(1), 75.
- Scarfe, W. C., Levin, M. D., Gane, D., ve Farman, A. G. (2009). Use of cone beam computed tomography in endodontics. *International journal of dentistry*, 2009(1), 634567.
- Schröder, Â. G. D., Westphalen, F. H., Schröder, J. C., Fernandes, Â., ve Westphalen, V. P. D. (2018). Accuracy of digital periapical radiography and cone-beam computed tomography for diagnosis of natural and simulated external root resorption. *Journal of endodontics*, 44(7), 1151-1158.

- Schulze, D., Heiland, M., Blake, F., Rother, U., ve Schmelzle, R. (2005). Evaluation of quality of reformatted images from two cone-beam computed tomographic systems. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 33(1), 19-23.
- Schulze, R., Heil, U., Groß, D., Bruellmann, D. D., Dranischnikow, E., Schwanecke, U., ve Schoemer, E. (2011). Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofacial Radiology*, 40(5), 265-273.
- Shaban, A., Elsewify, T. M., ve Hassaneina, E. E. (2023). Multiple Endodontic Guides for Root Canal Localization and Preparation in Furcation Perforations: A Report of Two Cases. *Iran Endod J*, 18(1), 65-70.
- Shemesh, H., Cristescu, R. C., Wesselink, P. R., ve Wu, M.-K. (2011). The use of cone-beam computed tomography and digital periapical radiographs to diagnose root perforations. *Journal of endodontics*, 37(4), 513-516.
- Sherrard, J. F., Rossouw, P. E., Benson, B. W., Carrillo, R., ve Buschang, P. H. (2010). Accuracy and reliability of tooth and root lengths measured on cone-beam computed tomographs. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 137(4), S100-S108.
- Shetty, A., Sultana, H. A., Srirekha, A., ve Champa, C. (2025). Sealing ability of bioceramic furcation perforation repair materials—A systematic review. *Endodontology*, 37(1), 10-15.
- Shokri, A., Eskandarloo, A., Noruzi-Gangachin, M., ve Khajeh, S. (2015). Detection of root perforations using conventional and digital intraoral radiography, multidetector computed tomography and cone beam computed tomography. *Restorative Dentistry and Endodontics*, 40(1), 58-67.
- Silva, J. A., Alencar, A. H. G. d., Rocha, S. S. d., Lopes, L. G., ve Estrela, C. (2012). Three-dimensional image contribution for evaluation of operative procedural errors in endodontic therapy and dental implants. *Brazilian dental journal*, 23, 127-134.
- Silva, L., Pieroni, K., Nelson-Filho, P., Silva, R., Hernández-Gatón, P., Lucisano, M., Paula-Silva, F., ve De Queiroz, A. (2017). Furcation Perforation: Periradicular Tissue Response to Biodentine as a Repair Material by Histopathologic and Indirect Immunofluorescence Analyses. *Journal of endodontics*, 43, 1137.
- Singh, B., Narang, R. S., Arora, P. C., Manchanda, A. S., ve Kaur, A. (2014). CONE BEAM COMPUTERISED TOMOGRAPHY A NEW RAY FOR DIAGNOSIS IN DENTAL RADIOLOGY. *Indian Journal of Comprehensive Dental Care (IJCDC)*, 4(2).
- Singh, P., Paul, J., Al-Khuraif, A. A., Vellappally, S., Halawany, H. S., Hashim, M., Abraham, N. B., Jacob, V., ve Thavarajah, R. (2015). Sealing ability of mineral trioxide aggregate, calcium phosphate cement, and glass ionomer cement in the repair of furcation perforations. *Acta Medica*, 56(3), 97-103.
- Skundberg, P. A. (1998). Radiologic Science for Technologists: Physics, Biology, and Protection. *Radiology*, 207(2), 310-310.
- Sousa-Neto, M. D. d., Silva-Sousa, Y. C., Mazzi-Chaves, J. F., Carvalho, K. K. T., Barbosa, A. F. S., Versiani, M. A., Jacobs, R., ve Leoni, G. B. (2018). Root canal preparation using micro-computed tomography analysis: a literature review. *Brazilian oral research*, 32, e66.
- Sowmya, M. R. (2021). Pradeep. Accuracy Of Various Apex Locators In Detecting Root Canal Perforation In Single Rooted Teeth-An In Vitro Study. *Int J Dentistry Oral Sci*, 8(8), 3624-3627.
- Sönmez, G., Koç, C., ve Kamburoğlu, K. (2018). 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. *Dentomaxillofacial Radiology*, 47(8), 20170325.
- Stavropoulos, A., Bertl, K., Beck, F., Cattaneo, P., ve Wenzel, A. (2023). Radiographic Imaging in Implant Dentistry. In *Surgical Research in Implant Dentistry* (pp. 179-209). Springer.
- Subbaiyan, H., ve Ajitha, P. (2018). Perforation Repair Using Absorbable Collagen Sponge and Biodentine. *Journal of Clinical ve Diagnostic Research*, 12(9).

- Sun, Z., Smith, T., Kortam, S., Kim, D.-G., Tee, B. C., ve Fields, H. (2011). Effect of bone thickness on alveolar bone-height measurements from cone-beam computed tomography images. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 139(2), e117-e127.
- Surya, S., Barua, A. N. D., Magar, S. P., Magar, S. S., Rela, R., ve Chhabada, A. K. (2022). Comparative assessment of the efficacy of two-dimensional digital intraoral radiography to three-dimensional cone beam computed tomography in the diagnosis of periapical pathologies. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 14(Suppl 1), S1009-S1013.
- Suttapreyasri, S., Suapear, P., ve Leepong, N. (2018). The accuracy of cone-beam computed tomography for evaluating bone density and cortical bone thickness at the implant site: micro-computed tomography and histologic analysis. *Journal of Craniofacial Surgery*, 29(8), 2026-2031.
- Swain, M. V., ve Xue, J. (2009). State of the art of Micro-CT applications in dental research. *International journal of oral science*, 1(4), 177-188.
- Şahin, F. Ü., ve Topuz, Ö. (2014). Diş hekimliği araştırmalarında mikrobilgisayarlı tomografi uygulamaları. *Acta Odontologica Turcica*, 31(2), 114-120.
- Taghiloo, H., Jafari, H., Esmailieh, N., ve Esmaili, F. (2018). Comparison of the Diagnostic Efficacy of Multi-Angled Digital Radiography and Cone-Beam Computed Tomography in Diagnosis of Root Perforation in Mandibular Molar Teeth. *Journal of Biochemical Technology*, 9(2-2018), 34-38.
- Takeshita, W. M., Chicarelli, M., ve Iwaki, L. C. V. (2015). Comparison of diagnostic accuracy of root perforation, external resorption and fractures using cone-beam computed tomography, panoramic radiography and conventional ve digital periapical radiography. *Indian Journal of Dental Research*, 26(6), 619-626.
- Tanimoto, H., ve Arai, Y. (2009). *The effect of voxel size on image reconstruction in cone-beam computed tomography* (0911-6028).
- Tayman, M. A., Kamburoğlu, K., Küçük, Ö., Ateş, F. S., ve Günhan, M. (2019). Comparison of linear and volumetric measurements obtained from periodontal defects by using cone beam-CT and micro-CT: an in vitro study. *Clinical oral investigations*, 23, 2235-2244.
- Tayman, M. A., Kamburoğlu, K., Öztürk, E., ve Küçük, Ö. (2020). The accuracy of periapical radiography and cone beam computed tomography in measuring periodontal ligament space: Ex vivo comparative micro-CT study. *Australian Endodontic Journal*, 46(3), 365-373.
- Templier, L., Rossi, C., Lagravère Vich, M., Fernández Pujol, R., Muwanguzi, M., ve Gianoni-Capenakas, S. (2023). Are multi-detector computed tomography and cone-beam computed tomography exams and software accurate to measure the upper airway? A systematic review. *European Journal of Orthodontics*, 45(6), 818-831.
- Torres, F. F. E., Bosso-Martelo, R., Espir, C. G., Cirelli, J. A., Guerreiro-Tanomaru, J. M., ve Tanomaru-Filho, M. (2017). Evaluation of physicochemical properties of root-end filling materials using conventional and Micro-CT tests. *Journal of Applied Oral Science*, 25(4), 374-380.
- Torres, M. G. G., Campos, P. S. F., Segundo, N. P. N., Navarro, M., ve Crusoé-Rebello, I. (2012). Accuracy of linear measurements in cone beam computed tomography with different voxel sizes. *Implant dentistry*, 21(2), 150-155.
- Tosco, V., Monterubbianesi, R., Furlani, M., Giuliani, A., Putignano, A., ve Orsini, G. (2022). Micro-computed tomography for assessing the internal and external voids of bulk-fill composite restorations: A technical report. *Imaging Science in Dentistry*, 52(3), 303.
- Trindade, J. L., Liedke, G. S., dos Santos Tibúrcio-Machado, C., Barcelos, R. C. S., Dotto, G. N., ve Bier, C. A. S. (2021). Low-dose multidetector computed tomographic and cone-beam computed tomographic protocols for volumetric measurement of simulated periapical lesions. *Journal of endodontics*, 47(7), 1144-1148.
- Tsesis, I., ve Fuss, Z. (2006). Diagnosis and treatment of accidental root perforations. *Endodontic Topics*, 13(1), 95-107.

- Tsurumachi, T., ve Honda, K. (2007). A new cone beam computerized tomography system for use in endodontic surgery. *International Endodontic Journal*, 40(3), 224-232.
- Tyndall, D. A., ve Kohltfarber, H. (2012). Application of cone beam volumetric tomography in endodontics. *Australian dental journal*, 57, 72-81.
- Unal, G. C., Maden, M., ve Isidan, T. (2010). Repair of furcal iatrogenic perforation with mineral trioxide aggregate: two years follow-up of two cases. *European journal of dentistry*, 4(04), 475-481.
- Valdivia carDenaS, J. E., Beltran, H. S., ve de Lima MacHaDo, M. E. (2013). Planning and diagnosis predictability by means of cone beam CT before endodontic treatment: clinical resolution. *Dental Press Endodontics*, 3(3).
- Vasconcelos, K. d. F., Nicolielo, L., Nascimento, M., Haiter-Neto, F., Bóscolo, F., Van Dessel, J., Ezeldeen, M., Lambrichts, I., ve Jacobs, R. (2015). Artefact expression associated with several cone-beam computed tomographic machines when imaging root filled teeth. *International Endodontic Journal*, 48(10), 994-1000.
- Vehkalahti, M. M., ve Swanljung, O. (2020). Accidental perforations during root canal treatment: an 8-year nationwide perspective on healthcare malpractice claims. *Clin Oral Investig*, 24(10), 3683-3690.
- Venkatesh, E., ve Venkatesh Elluru, S. (2017). [Cone beam computed tomography: Basics and applications in dentistry]. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 51(3 Suppl 1), 102-121.
- Venskutonis, T., Juodzbaly, G., Nackaerts, O., ve Mickevicienė, L. (2013). Influence of voxel size on the diagnostic ability of cone-beam computed tomography to evaluate simulated root perforations. *Oral Radiology*, 29, 151-159.
- Venskutonis, T., Plotino, G., Juodzbaly, G., ve Mickevicienė, L. (2014). The importance of cone-beam computed tomography in the management of endodontic problems: a review of the literature. *Journal of endodontics*, 40(12), 1895-1901.
- Watanabe, H., Honda, E., Tetsumura, A., ve Kurabayashi, T. (2011). A comparative study for spatial resolution and subjective image characteristics of a multi-slice CT and a cone-beam CT for dental use. *European Journal of Radiology*, 77(3), 397-402.
- Weber, M.-T., Stratz, N., Fleiner, J., Schulze, D., ve Hannig, C. (2015). Possibilities and limits of imaging endodontic structures with CBCT. *SWISS DENTAL JOURNAL SSO-Science and Clinical Topics*, 125(3), 293-311.
- Whaites, E. (2002). *Essentials of dental radiography and radiology*. Churchill Livingstone; Edinburgh.
- White, S. C., ve Pharoah, M. J. (2014). *Oral radiology-E-Book: Principles and interpretation*. Elsevier Health Sciences.
- Yeri, E. A. (2015). Mikro bilgisayarlı tomografi ve endodontik araştırmalardaki yeri. *Türkiye Klinikleri J Endod-Special Topics*, 1(3), 32-39.
- Yeung, A. W. K., Harper, B., Zhang, C., Neelakantan, P., ve Bornstein, M. M. (2021). Do different cone beam computed tomography exposure protocols influence subjective image quality prior to and after root canal treatment? *Clinical oral investigations*, 25, 2119-2127.
- Zoya, A., Ali, S., ve Fatima, A. (2022). Management of iatrogenic root perforation with grade II furcation involvement through guided tissue regeneration technique: a case with comprehensive review of clinical literature. *Saudi Endodontic Journal*, 12(1), 129-137.



ÖZGEÇMİŞ

I. BİREYSEL BİLGİLER

Ad – Soyad : Zehra İrem ÖZTÜRK BARUT

II. ÖĞRENİM DURUMU :

Lisans : Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi (2014-2019)

Lise : Bursa Anadolu Lisesi (2010-2014)

III. YABANCI DİL : İngilizce

IV. UNVANLAR : Araştırma Görevlisi

V. MESLEKİ DENEYİM :

VI. BİLİMSEL KURULUŞLARA ÜYELİKLER:

1. Oral Diagnoz ve Maksillofasiyal Radyoloji Derneği, Üye , 2022

VII. KATILDIĞI SEMPOZYUM KURS VE KONGRELER:

1. 4. Uluslararası Oral Diagnoz ve Maksillofasiyal Radyoloji Derneği Kongresi (2022)
2. 4. Uluslararası Oral Diagnoz ve Maksillofasiyal Radyoloji Derneği Kongresi Ultrasonografi Kursu (2022)
3. 4. METÜM Günleri 1.Uluslararası Dental Dijital Üretimler Kongresi (2023)
4. Araştırma Görevlileri İçin Araştırma Yöntemleri Eğitim Programı (2023)
5. 5. Uluslararası Oral Diagnoz ve Maksillofasiyal Radyoloji Derneği Kongresi (2025)

VIII. YAYINLAR :

1. Quantitative analysis of masseter muscle by ultrasonography according to different occlusion types using Eichner classification in Turkish subpopulation - Uzun, S., Barut, Z. I. O., Eren, B., Magat, G., and Kurt, M. H. (2025), *BMC Oral Health*, 25(1), 613.

IX. KİTAP BÖLÜMLERİ :

1. Temporomandibular Disorders: Current Diagnosis and Treatment Methods - Gökdeniz S. T., Öztürk Z. İ., Büyüksungur A., Kolsuz M. E. Osteotomy Essentials - From Basic Techniques to Advanced Practices, Zorzi Alessandro Rozim, Editör, IntechOpen, Londrina, ss.1-24, 2024.

X. SÖZLÜ SUNUMLAR

1. 3-15 Yaş Arası Çocuklarda Dişlenme Dönemleri ve Mandibular Kondil Morfolojisi Arasındaki İlişki - Zehra İrem ÖZTÜRK BARUT, Seyide Tuğçe GÖKDENİZ, Arda BÜYÜKSUNGUR, Bengi ÖZTAŞ 5. Uluslararası Oral Diagnoz ve Maksillofasiyal Radyoloji Derneği Kongresi, 2025.
2. Süt Ve Karma Diş Dizilimine Sahip Hastaların Dental Panoramik Radyografilerinde Tespit Edilen Konumlandırma Hataları - Seyide Tuğçe GÖKDENİZ, Zehra İrem ÖZTÜRK BARUT, Arda BÜYÜKSUNGUR, Mehmet Eray KOLSUZ 5. Uluslararası Oral Diagnoz ve Maksillofasiyal Radyoloji Derneği Kongresi, 2025.

XI.POSTERLER

1. Adenomatoid Odontojenik Tümör Olgu Sunumu - Zehra İrem ÖZTÜRK, Deniz Baran İL, Buket EREN. 4. Uluslararası Oral Diagnoz ve Maksillofasiyal Radyoloji Derneği Kongresi 2022.
2. Kalsifiye Kistik Odontojenik Tümör Olgu Sunumu - Buket Eren, Mehmet Hakan KURT, Alp Arslan GÖNÜL, Zehra İrem ÖZTÜRK. 4. Uluslararası Oral Diagnoz ve Maksillofasiyal Radyoloji Derneği Kongresi 2022.
3. Tipik Bir Squamöz Hücreli Karsinom Vakası - Zehra İrem ÖZTÜRK, Sena Karacan ÇELEBİ, Sefa SÖĞÜTÖZÜ 2. Uluslararası Ağız Kanseri Kongresi İzmir, Türkiye 5-7 Ekim 2023
4. İncisura Mandibulaya Uzanan Dentigeröz Kist: Bir Olgu Sunumu - Sena Karacan ÇELEBİ, Zehra İrem ÖZTÜRK, Tuğçe ÇABAS, Candan Semra PAKSOY 2. Uluslararası Ağız Kanseri Kongresi İzmir, Türkiye 5-7 Ekim 2023
5. Tipik ve Atipik Oral Likenoid Reaksiyonlar – 2 Olgu Sunumu - Zehra İrem ÖZTÜRK BARUT, Seyide Tuğçe GÖKDENİZ, Abdullah AKTAŞ, Arda BÜYÜKSUNGUR 5. Uluslararası Oral Diagnoz ve Maksillofasiyal Radyoloji Derneği Kongresi 2025.
6. Odontojenik Keratokist – Bir Olgu Sunumu - Abdullah AKTAŞ, Zehra İrem ÖZTÜRK BARUT, Seyide Tuğçe GÖKDENİZ, Cengiz EVLİ 5. Uluslararası Oral Diagnoz ve Maksillofasiyal Radyoloji Derneği Kongresi 2025.