

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

DİŞLERDE HACİM ÖLÇÜMÜ İÇİN FARKLI RADYOGRAFİK
GÖRÜNTÜLEME PROGRAMLARININ DOĞRULUĞUNUN
KARŞILAŞTIRILMASI

ARŞ.GÖR.DT.MERVE AYDOĞDU

AĞIZ, DİŞ VE ÇENE RADYOLOJİSİ

ANABİLİM DALI

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN

DOÇ.DR.MEHMET ZAHİT ADIŞEN

2021-KIRIKKALE

Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı Diş Hekimliği Uzmanlık Programı
çerçevesinde yürütülen bu çalışma aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Uzmanlık Tezi
olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi:26.05.2021

İmza

Prof.Dr.M.Ercüment Önder

Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Jüri Başkanı

İmza

Doç.Dr.Melda Mısırlıoğlu

Kırıkkale Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Üye

İmza

Doç.Dr.Özkan Özgül

Kırıkkale Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Üye

İmza

Doç.Dr.Mehmet Zahit Adışen

Kırıkkale Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Üye

İmza

Doç.Dr.Selmi Yılmaz

Akdeniz Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

Üye

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
ÖNSÖZ	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR	iv
ŞEKİLLER	v
ÇİZELGELER	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	ix
1.GİRİŞ	1
1.1.Hacim Ölçümünün Diş Hekimliğinde Kullanım Alanları.....	2
1.1.1.Diş Hacmi	2
1.1.2.Hava Yolu Hacmi	3
1.1.3.Patoloji ve Defekt Hacmi.....	4
1.1.4.Kas Hacmi.....	6
1.2.Hacim Ölçümünde Kullanılan Bazı Terimler.....	8
1.2.1.Dicom.....	8
1.2.2.Segmentasyon	8
1.2.3.Eşik değeri (Thresholding)	9
1.3.Hacim Ölçümünde Kullanılan Görüntüleme Yöntemleri.....	9
1.3.1.Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi	9
1.3.1.1.KIBT Çalışma Prensipleri Ve Görüntüleme Parametreleri.....	10
1.3.2.Manyetik Rezonans Görüntüleme	12
1.3.3.Ultrasonografi	13
1.3.4.İntraoral 3D Tarayıcı	14
1.3.5.Mikro-Bt	16
1.4.Hacim Ölçümünde Kullanılan Yazılım Programları	17
1.4.1. 3D Doctor	17
1.4.2.Dolphin	18
1.4.3. InVivo Dental	18
1.4.4. ITK Snap.....	19

1.4.5.Mimics	19
1.4.6.InVesalius	20
1.4.7.Planmeca Romexis.....	20
1.5.Amaç	20
2.GEREÇ VE YÖNTEM.....	21
2.1.Çalışma Grubu.....	21
2.2. Dişlerin Hazırlanması.....	22
2.3.Ağız İçi Tarayıcı İle Diş Kayıtlarının Alınması.....	23
2.4.Fiziksel Hacim Ölçümü.....	25
2.5.KIBT ile Görüntülerin Elde Edilmesi	27
2.6.Görüntülerin Değerlendirilmesi	28
2.7.İstatistiksel Analiz	34
3.BULGULAR.....	35
4.TARTIŞMA VE SONUÇ.....	42
KAYNAKLAR	55
EKLER.....	64
Ek 1: Etik Kurul Onay Yazısı.....	64
ÖZGEÇMİŞ.....	65

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmam süresince bilgisi ve değerli tecrübesiyle bana yol gösteren, her konuda yardım ve desteğini esirgemeyen, iyi bir akademisyen olma yolunda bana örnek olan çok değerli hocam Doç. Dr. Mehmet Zahit Adışen'e,

Uzmanlık eğitimim süresince tecrübe ve deneyimlerini benimle paylaşan, üzerimde çok emeği bulunan çok değerli hocam Doç.Dr.Melda Mısırlıoğlu'na,

Beni bugünlere getiren,hayatımın her anında sevgileri ile bana en büyük desteği sağlayan, benim için hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan sevgili anneme, babama ve kardeşlerime,

Uzmanlık eğitimim boyunca beraber çalışma fırsatı bulduğum çok kıymetli araştırma görevlisi arkadaşlarıma ve Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı çalışanlarına,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

SİMGELER VE KISALTMALAR

BT: Bilgisayarlı Tomografi

CAD/CAM:Bilgisayar Destekli Tasarım/Bilgisayar Destekli Üretim

cm: santimetre

DICOM: Tıpta Dijital Görüntüleme Ve İletişim

EMG:Elektromiyografi

FDA: Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (Food and Drug Administration)

FOV: Görüntü Alanı (Field of View)

KIBT:Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi

kVp: pik kilovoltaj

mA: miliamper

mm: milimetre

MR: Manyetik Rezonans

PET: Pozitron Emisyon Tomografisi

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

TME: Temporomandibuler Eklem

USG: Ultrasonografi

V: voksel

μSv : Mikron Sievert

ŞEKİLLER

Şekil 2. 1: Çalışmada kullanılacak dişler üzerindeki eklentilerin akan su altında temizlenmesi.	22
Şekil 2. 2: Dişlerin 3 boyutlu taramasının 3shape tarayıcı ile gerçekleştirilmesi.....	23
Şekil 2. 3: Tarama sonucu elde edilen üç boyutlu görüntünün hacminin 3D Doctor programında hesaplanması.....	24
Şekil 2. 4: Sıvı deplasman yöntemi ile fiziksel hacimlerin hesaplanması.....	25
Şekil 2. 5: Fantom modele yerleştirilen dişler	26
Şekil 2. 6: Dişlerin tomografik görüntülerinin elde edilmesi	27
Şekil 2. 7: 3D Doctor programında aksiyal görüntülerde kesit kesit ilerlenerek dişlerin dış sınırlarının çizimi	28
Şekil 2. 8: Aksiyal kesitlerde çizimi tamamlanan dişin üç boyutlu görüntüsü ve hacim sonuçları	29
Şekil 2. 9: Manuel segmentasyon tekniğinde dişin dış sınırlarının kesit kesit çizilmesi	30
Şekil 2. 10: Manuel segmentasyon tekniği ile üç boyutlu diş hacminin hesaplanması	31
Şekil 2. 11: Yarı otomatik segmentasyon yönteminde çalışma alanının belirlenmesi	32
Şekil 2.12: Dişlerin presegmentasyon metodunda üç boyutlu yapıyı oluşturmak üzere boyanması	32
Şekil 2. 13: Üç boyutlu görüntünün oluşturulması ve hacimsel sonuçlar	33
Şekil 4.1: A: Dişin gerçek görüntüsü. B: 3D tarayıcı ile elde edilen üç boyutlu görüntü. C-D. 3D Doctor programında 0.3 -0.4 V boyutunda dişin üç boyutlu görüntüsü. E-F. ITK Snap programında 0.3-0.4 V boyutunda otomatik segmentasyon yöntemi ile oluşturulan üç boyutlu görüntü. G-H. ITK Snap programında 0.3-0.4 V boyutunda manuel segmentasyon yöntemi ile oluşturulan üç boyutlu görüntü.....	47
Şekil 4. 2: Çeşitli program ve tekniklerde ölçümlerin ortalama hacim değerleri.....	52

ÇİZELGELER

Çizelge 3. 1: Farklı yazılım programları ve voksel boyutlarında gözlemci içi uyum değeri.....	35
Çizelge 3.2: Ölçülerin ortalama değeri, standart sapma, minimum ve maksimum değeri.....	36
Çizelge 3. 3: Sıvı deplasman yöntemi altın standart olarak kabul edildiğinde diğer programların ortalama fark, standart hata ve anlamlılık düzeyleri (p).....	37
Çizelge 3. 4: İntraoral tarayıcı altın standart olarak kabul edildiğinde diğer programların ortalama fark, standart hata ve anlamlılık düzeyleri(p).....	38
Çizelge 3.5: Yazılım programlarının 0.3 V- 0.4 V boyutları arasında ortalama fark, standart hata ve anlamlılık düzeyi(p)	39
Çizelge 3.6: Manuel ve yarı otomatik segmentasyon teknikleri arasında ortalamalar farkı, standart hata ve anlamlılık düzeyi(p)	40
Çizelge 3. 7: 3D Doctor ve ITK Snap programlarında manuel teknikle yapılan ölçümler arasındaki ortalamalar farkı, standart hata ve anlamlılık düzeyi(p).....	41
Çizelge 4. 1: KIBT ile yapılmış çeşitli çalışmalarda kesici dişlerde bildirilen ortalama diş hacimleri	44

ÖZET

Dişlerde Hacim Ölçümü İçin Farklı Radyografik Görüntüleme Programlarının Doğruluğunun Karşılaştırılması

Diş hekimliğinde kullanımı yaygınlaşan Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi ile anatomik yapıların ve patolojilerin üç boyutlu milimetrik görüntüleri elde edilebilmektedir. Adli diş hekimliğinde yaş tayini belirlemede, cerrahi tedavilerin sanal modelleme ile simülasyonunda, periodontal, endodontik, ortodontik ve protetik tedavilerde kron-kök ve kraniyofasiyal ilişkilerin değerlendirilmesinde doğru diş hacimlerinin hesaplanması önemlidir. Bu çalışmanın amacı dişlerde hacim ölçümü açısından farklı yazılım programları, farklı voksel boyutları, farklı segmentasyon teknikleri ve intraoral tarayıcı arasında farklılık olup olmadığının araştırılması ve fiziksel hacim ölçümüne en yakın tekniğin belirlenmesini sağlamaktır.

Bu çalışma Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı'nda Ocak 2019-2020 tarihleri arasında gerçekleştirildi. Çekilmiş 30 adet tek köklü ve kanallı diş, 3D intraoral tarayıcı ile kayıt altına alındı ve fiziksel hacimler, altın standart olarak kullanılan, su yer değiştirme metodu ile hesaplandı. Dişler daha sonra fantom modellere yerleştirilerek iki farklı voksel boyutunda (0.3-0.4 voksel) KIBT görüntüleri alındı. Dişlerin hacimleri 3D Doctor Programında manuel segmentasyon tekniği, ITK Snap programında manuel ve yarı otomatik segmentasyon yöntemi kullanılarak hesaplandı ve istatistiksel analiz için veriler SPSS programına aktarıldı.

Sıvı deplasman yöntemi altın standart olarak alındığında 3D Doctor 0,4 V boyutunda yapılan hacim ölçümleri istatistiksel olarak farklılık göstermiştir. Sıvı deplasman yöntemi, 3D intraoral tarayıcı, ITK-Snap manuel ve yarı otomatik segmentasyon ve 0.3 voksel boyutunda 3D-Doktor hacim ölçümleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmadı. Çalışma sonucunda kullanılacak görüntüleme programına göre voksel seçiminin tercih edilmesi gerektiği belirlenmiştir. Ayrıca, doğru sonuçlar vermesine rağmen, manuel segmentasyonun zaman alıcı olması nedeniyle bunun yerine yarı otomatik segmentasyonun tercih edilebileceği görülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Görüntü Segmentasyonu; Hacimsel Analiz; Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi; Tanısal görüntüleme; Üç Boyutlu Görüntü



SUMMARY

Comparison of Accuracy of Different Radiographic Imaging Programs for Volume Measurements in Teeth

Cone-beam computed tomography (CBCT), which is used more and more widely in dentistry, allows for the millimetric and three-dimensional assessment of anatomical structures and pathologies. Calculation of correct tooth volumes is important in determining age in forensic dentistry, simulating surgical treatments with virtual modeling, evaluating crown-root and craniofacial relations in periodontal, endodontic, orthodontic and prosthetic treatments. The aim of this study is to investigate whether there is a difference between different software programs, different voxel sizes, different segmentation techniques and intraoral scanner in terms of volume measurement in teeth, and to determine the closest technique to physical volume measurement.

This study was performed between January 2019-2020 in Kırıkkale University Faculty of Dentistry Department of Oral and Maxillofacial Radiology. 30 single-root and canal teeth extracted were scanned using a 3D intraoral scanner and the physical volumes were measured using the water displacement method(WDM) as the gold standard. The teeth were then placed into phantom models and CBCT images were taken in two different voxels size (0.3- 0.4 voxel). The volumes of the teeth were calculated using manual segmentation technique in 3D Doctor Program, manual and semi-automatic segmentation method in ITK Snap program. Data for statistical analysis were transferred to SPSS program.

There is a significant difference between WDM (gold standard) and 3D-Doctor volume measurements at the voxel size of 0.4. There is no significant difference between WDM, 3D intraoral scanner, ITK-Snap manual and semi-automatic segmentation, and 3D-Doctor volume measurements at the voxel size of 0.3. As a result of the study, it was determined that voxel selection should be preferred according to the imaging program to be used. In addition, although it gives

accurate results, it is seen that semi-automatic segmentation may be preferred instead of it because manual segmentation is time consuming.

Keywords: Cone beam computed tomography; Diagnostic imaging; Image Segmentation; Three-Dimensional Image; Volumetric analysis



1.GİRİŞ

Radyografik görüntüleme yöntemleri teşhis ve tedavi planlaması açısından önemli bir yere sahiptir. Teknolojinin ilerlemesi ile radyolojik görüntüleme ve değerlendirme yöntemleri de değişmekte ve bu alanda yenilikler meydana gelmektedir. İki boyutlu konvansiyonel görüntüleme yöntemlerinin magnifikasyon, superpozisyon, minimizasyon gibi dezavantajları sebebiyle, üçüncü boyut hakkında da bilgi veren üç boyutlu görüntüleme yöntemlerinin kullanımı artmaktadır(Scarfe ve ark. 2008).

Diş hekimliğinde kullanımı yaygınlaşan Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi (KIBT) oral ve maksillofasiyal bölgede anatomik yapıların ve patolojilerin milimetrik düzeyde ve üç boyutlu olarak değerlendirilmesini sağlar. Düşük radyasyon dozu, kısa tarama süresi, yüksek çözünürlüğe sahip olması gibi avantajlara sahiptir. Büyüme ve gelişimin değerlendirilmesi, patolojik lezyonların boyutlarının ve sınırlarının belirlenmesi, paranazal sinüslerin değerlendirilmesi, dental implantların yerleştirilmesi, temporomandibular eklem görüntüleme, ortodontik analiz, hava yolu boşluğunun ölçülmesi ve cerrahi kılavuzların geliştirilmesi gibi birçok alanda KIBT kullanılmaktadır (Yalçın ve ark. 2019).

KIBT ile elde edilen görüntülerin hacim ölçüm ve analizi farklı yazılım programları ile yapılabilmektedir. Bir KIBT taraması yapıldıktan sonra bazı temel veri setindeki kullanım ve ölçümler, cihaz üreticileri tarafından sağlanan yazılım ile gerçekleştirilebilir. Bununla birlikte görüntülerin Tıpta Dijital Görüntüleme ve İletişim-DICOM dosyasına dönüştürülebilmesi kullanıcıya başka bir yazılımda değerlendirme imkânını da sağlamaktadır(Grauer ve ark. 2009).

DICOM görüntülerini yönetmek ve analiz etmek için üretilen yazılım programlarının sayısı hızla artış göstermektedir. Bununla birlikte bu programlarda yapılan doğrusal ve açısal ölçümlerin doğrulama çalışmalarına hala ihtiyaç duyulmaktadır. Literatürde KIBT tekniğinin hacim ölçümü için güvenilir olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur. Yapılan çeşitli çalışmalarda diş, pulpa odası ve üst

hava yolu hacimleri ölçülmüştür(Liu ve ark. 2010; Ogawa ve ark. 2007). Agjabe ve arkadaşları çekilmiş diş soketlerinin hacmini, Deguchi ve arkadaşları iskeletsel malokluzyonlara sahip hastalarda maksilla ve mandibulanın hacmini, Bayram ve arkadaşları ise mandibuler kondilin hacimlerini ölçmüşlerdir (Agbaje ve ark. 2007; Deguchi Sr ve ark. 2010; Bayram ve ark. 2012). Yapılan bu çalışmalarda fiziksel hacim ölçümleri ile tek bir yazılım programında yapılan hacim ölçümleri kıyaslanmıştır.

Hacim ölçümlerinin değerlendirildiği çalışmalarda altın standart olarak su deplasman tekniği kullanılmaktadır. Bu teknikte; bilinen hacme sahip bir sıvının içine atılan herhangi bir yapı, sahip olduğu hacim kadar sıvının yer değiştirmesine neden olur. Bu şekilde, izole bir nesnenin hacmi rahatlıkla ve doğrudan ölçülebilir (Kamburoğlu ve ark. 2015).

Literatürde dişlerde hacim ölçümlerinin farklı yazılım programları ile doğruluğunun karşılaştırılması ile ilgili çalışma yapılmamıştır. Pulpa- diş hacim oranını ölçen ve yaş tayini için doğruluğunu karşılaştıran çalışmalarda kesici dişlerin doğruluk oranının yüksek olduğu tespit edilmiştir (Star ve ark. 2011). Bu dişlerde yapılacak radyolojik analiz ile kronolojik yaşın hesaplanması adli diş hekimliği, insan antropolojisi ve biyoarkeolojisi için oldukça önemlidir.

1.1.Hacim Ölçümünün Diş Hekimliğinde Kullanım Alanları

1.1.1.Diş Hacmi

Dişlerde üç boyutlu sanal modellendirme yapılarak, kron-kök hacimlerinin ve kraniyofasiyal yapılarla ilişkilerinin değerlendirilmesi klinisyene tanı ve tedavi seçeneklerinin belirlenmesinde yardımcı olur. Doğru bir sanal model ile cerrahi tedavilerin simülasyonu, zaman içerisinde meydana gelen değişikliklerin izlenmesi, ortodontik tedavi süresi boyunca braket ve diğer apareylerin yerleştirilmesi kolaylıkla sağlanabilir. Periodontal, endodontik ve protetik tedavilerde de diş kök yüzey alanının ve diş morfolojisinin bilinmesi önemlidir(Liu ve ark. 2010).

Adli diş hekimliğinde yaş tahmini belirlenmesi kimliği belirsiz kişilerin tanınması, cezai soruşturmalar, arkeolojik ve antropolojik çalışmalar açısından önemlidir. Dişlerin yaş tayininde sıklıkla kullanılmalarının en önemli nedenleri; vücudun en sert yapıları olup diş etkenlere dayanıklı olmaları ve endokrin sistem hastalıklarından fazla etkilenmemeleridir(Asif ve ark. 2018).

Dişler üzerinde klinik, biyokimyasal ve radyografik analiz metotları ile yaş hesabı yapılmaktadır. Klinik metotta dişlerin ağız içinde sürmüş olması ve dişlerde mevcut değişiklikler örneğin diş aşınması dikkate alınır. Biyokimyasal metotta diş yüzeyine asetik asit rasemizasyonu gibi zaman alıcı ve kompleks bir uygulama yapılmaktadır. Radyolojik metotta, radyografik incelemelerle dişlerin gelişim aşaması belirlenir (Yaşar ve ark. 2016).

Dişin erüpsiyonundan itibaren sekonder dentin yapımına bağlı olarak pulpa odası hacminde azalma olur(Hidayat ve ark. 2018; Star ve ark. 2011). Cameriere ve ark. tarafından periapikal ve panoramik radyografilerde kanin dişlerden pulpa/diş hacim oranının ölçülmesi ile yaş tayini ölçümü yapılmıştır. Kanin dişlerin geniş bir hacme sahip olması ve en son kaybedilen dişlerden biri olması sebebiyle doğruluk oranının yüksek olabileceğini bildirmişlerdir(Cameriere ve ark. 2007). Gülşahi ve ark. ise KIBT ile yaptıkları çalışmada yaş tayini pulpa/diş hacim oranı için en güçlü korelasyona sahip dişlerin maksiller kesiciler olarak bulmuşlardır(Gulsahi ve ark. 2017). Ölçümler açısından voksel boyutunun farklılığının önemini araştıran çalışmalar mevcuttur. En ideal imaj kalitesi/ radyasyon dozu 0.3 voksel boyutunda elde edilmekle birlikte üç boyutlu ölçümlerde 0.25 mm ve 0.4 mm voksel boyutları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır(Adisen, Keles, ve ark. 2018; Forst ve ark. 2014).

1.1.2.Hava Yolu Hacmi

Burun ve ağızdan başlayarak akciğerlere uzanan bir tüp sistemini ifade eden hava yolunda; anatomik ve fonksiyonel anomaliler sonucu meydana gelebilecek patolojiler hayati öneme sahiptir. Bireyin yaşam kalitesini azaltarak, ciddi medikal sorunlara yol açan üst hava yollarında meydana gelen kollapslar sebebiyle oluşan

obstruktif uyku apnesi ele alınması gereken önemli bir patolojidir. Son yıllarda KIBT ile yapılan solunum yolu analizi ile obstrüksiyon açısından risk faktörlü hastalar belirlenmekte ve gerekli tedavi protokolleri uygulanmaktadır(Chen ve ark. 2017; Feng ve ark. 2015).

Üst hava yolunun hacim analizleri ortodontistler tarafından da önem taşımaktadır. Yüz tipi ve hava yolu arasındaki ilişki, büyüme ve gelişme ile birlikte hava yolunda meydana gelen şekil ve hacim değişiklikleri ve ortodontik tedavi sonuçlarının hava yolunu etkileme potansiyeli radyografik analizlerin önemini arttırmıştır. İki boyutlu sefalogramlar ile yapılan doğrusal ölçümler sınırlı veri sağladığından yerini üç boyutlu görüntülemeye olanak sağlayan radyasyon dozu medikal BT'ye oranla düşük KIBT'a bırakmaktadır(El ve ark. 2010; Tso ve ark. 2009).

1.1.3.Patoloji ve Defekt Hacmi

Dişleri içeren en yaygın patolojik durum pulpa ve periapikal dokularda meydana gelen inflamatuvar lezyonlardır. İntraoral radyografi, periapikal hastalığın olup olmadığını tespit etmek için yaygın olarak kullanılan tekniktir. Fakat endodontik tedavi sürecinde başarı elde etmek için daha fazla bilgiye ihtiyaç vardır. Üç boyutlu görüntüleme ile endodontik tedavi sürecinde lezyonun boyutu, etkilenen bir dişte kaç tane kök ve kök kanalı olduğu, hangi kök veya köklerin patolojiden etkilendiği, periapikal cerrahi düşünülürse kök apeksi ile lezyon ve komşu anatomik yapılar arasındaki ilişki hakkında bilgi sağlanır (Lofthag-Hansen ve ark. 2007; Scarfe ve ark. 2009).Ayrıca endodontik tedavi sonrası periapikal dokularda meydana gelen iyileşme sürecinin takibinde lezyonun boyutunda meydana gelen değişimler üç boyutlu radyografiler ile daha doğru tespit edilir (Liang ve ark. 2014).Estrela ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada apikal periodontitis teşhisinde KIBT nin periapikal radyogafiye göre %54,2 oranında lezyonları tespit ettiğini bildirmişlerdir (Estrela ve ark. 2008).Patel ve ark. ise yaptıkları ex vivo çalışmada kuru insan kafatasında oluşturulan kansellöz kemikteki defektleri belirlemede periapikal radyografi ve KIBT tespitini sırasıyla %24,2 ve %100 olarak bulmuşlardır (Patel ve

ark. 2009). Kansellöz kemikte gelişen periapikal lezyonların kortikal kemiğin maskeleyişinden dolayı iki boyutlu radyografilerde net olarak görüntülenemediği yapılan çalışmalardaki oranı açıklamaktadır.

Periodontitisin varlığını ve şiddetini belirlemede kullanılan çeşitli diagnostik göstergeler vardır. Periodontal dokulardaki inflamatuvar mediatörler sonucu meydana gelen alveolar kemik kaybı miktarı da periodontitisin tanı ve prognozu açısından önemli bir belirteçtir. Periapikal radyografiler üç boyutlu kemik defektlerini ve iyileşme sürecinde sert dokuda meydana gelen demineralizasyonu göstermede yetersiz kalır. Periodontal kemik defektlerinin anatomisi, defekti çevreleyen kemik miktarı, bukkal ve lingual kemik varlığı ile iyileşme sürecinde sert dokuda meydana gelen demineralizasyonu değerlendirmek için üç boyutlu görüntüleme yapılmalıdır(Green ve ark. 2019) . Literatürde yapılan çalışmalarda periodontal kemik defektlerinin tespit ve sınıflandırmasında intraoral radyografilerde %63-67 duyarlılık tespit edilirken KIBT de bu oranın %80-100 arasında olduğu bildirilmiştir(de Faria Vasconcelos ve ark. 2012). Tayman ve ark. yaptıkları çalışmada kuru kafatasında oluşturulan alveolar kemik defektlerinin hacimsel ölçümleri ve doğrusal ölçümlerini karşılaştırmışlardır. Mikro Bt ölçümlerinin altın standart olarak kullanıldığı çalışmada 3D Doctor programı ile farklı voksel boyutlarında hacim ölçümü yapmışlar, istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulmamakla birlikte KIBT da değerlerin daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca periodontal defekt hacimlerini düşük voksel boyutunda daha yüksek değerde ölçmüşlerdir(Tayman ve ark. 2019).

Ortodontik tedavi sürecinde de tedavinin önemli yan etkilerinden olan kök rezorpsiyonlarının boyutlarının belirlenmesinde KIBT ile yapılan hacim ölçümleri kullanılmaktadır(Sönmez ve ark. 2018). Wang ve ark. yaptıkları çalışmada in vivo KIBT ölçümleri ile in vitro mikro BT ölçümlerinin birbirine yakın bulmuşlar, kök rezorpsiyonlarının boyutlarının belirlenmesinde iki boyutlu görüntüleme yöntemlerinin yetersiz kaldığını bildirmişlerdir (Wang ve ark. 2011).

Doğumsal nedenler, travma, kist ve tümör cerrahisi sonrası oluşabilecek büyük boyutlardaki maksillofasiyal defektlerin görüntülenmesi ve çene-yüz protezleri ile rekonstrükte edilmesi sırasında üç boyutlu görüntüleme ve sanal

modelleme yapılması son dönemlerde hem hekimler hem de hastalar için kolaylık sağlamaktadır(Kamburoğlu ve ark. 2015; Pinsky ve ark. 2006).

1.1.4.Kas Hacmi

Baş ve boyun bölgesinde yer alan kaslar, kraniyofasiyal morfolojinin oluşmasında ve çiğneme mekanizmasının sağlıklı bir şekilde gerçekleşmesinde önemli bir role sahiptir. Literatürde çiğneme kaslarının görüntülenmesi ile ilgili çeşitli çalışmalar mevcuttur. Benington ve ark. masseter kas hacmini ve yüz morfolojisi ile ilişkisini incelemek için ultrasonografiyi, Gionhaku ve Lowe çene kası hacmi ve kraniyofasiyal form arasındaki ilişkiyi analiz etmek için BT görüntülerini kullanırken, Xu ve ark., çiğneme kaslarının kantitatif analizini yapmak için BT görüntülerini kullanmıştır (Benington ve ark. 1999; Gionhaku ve ark. 1989; Xu ve ark. 1994). Huisinga-Fischer ve ark. ise hemifasiyal mikrozomalı hastalarda mastikatör kasları incelemek için BT görüntülerini değerlendirmiştir (Huisinga-Fischer ve ark. 2004). Çiğneme kaslarının incelenmesinde MR görüntüleri de sıklıkla kullanılmıştır. Goto ve arkadaşları (Goto ve ark. 2002), MR görüntülemeyi kullanarak çene kapama ve açılma arasındaki kas hacmindeki değişimleri incelemişler, Farrugia ve arkadaşları (Farrugia ve ark. 2007), yüz ve çiğneme kaslarını analiz etmek için, Boom ve arkadaşları (Boom ve ark. 2008), uzun ve kısa yüzleri olan kişilerde çene kası kesit alanı ve hacmindeki değişimi araştırmak için MR görüntülerini kullanmışlardır. Ng ve ark. ise yaptıkları çalışmada sağ ve sol çiğneme kaslarının hacimlerini MR görüntülerinde hesaplamışlar; hastalarda masseter kası hacminin az olduğu tarafta pterygoid kas hacmini daha yüksek olarak ölçmüşlerdir (Ng ve ark. 2009). Bu sonucun ağız açma ve kapama sırasında birlikte fonksiyon gösteren kasların durumu dengelemek amacıyla göstermiş olabileceğini ancak örneklem sayısının arttırılarak daha geniş bir çalışma yapılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Uyku bruksizmi hakkında çalışmalar yapan araştırmacılar da bu hastalığın çiğneme kaslarını nasıl etkilediğini anlayabilmek için kas hacim ölçümleri yapmışlardır. Palinkas ve ark. yaptıkları çalışmada uyku bruksizmi tanılı hastaların temporal ve masseter kaslarını BiteStrip, EMG, USG, gnatodinamometre ile değerlendirmişlerdir. İstatistiksel olarak anlamlı bir fark bulmamakla birlikte uyku bruksizmi olan hastalarda her iki kas grubunda da kas aktivitesinin daha düşük olduğunu bildirmişlerdir (Palinkas ve ark. 2016).Adışen ve ark. uyku bruksizmi olan genç hastalarda yaptıkları çalışmada çiğneme kaslarının MR görüntüleri hacimlerini ve ısırma kuvvetlerini değerlendirmişlerdir. Uyku bruksizmi olanlarda kas hacmi ve ısırma kuvveti daha yüksek olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır(Adisen, Okkesim, ve ark. 2018).

Lee ve arkadaşları ise masseter kas hipertrofisi olan hastalarda botulinum enjeksiyonu öncesi ve sonrası yumuşak ve sert doku değişimlerini değerlendirmek için KIBT ile ölçüm yapmışlardır. Tek doz ve iki doz botulinum uygulanan hastalarda 6 ay sonra yaptıkları kas kalınlığı ve kesitsel alan ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş tespit etmişlerdir. İki doz uygulama yapılan hastalarda hem kas boyutları hem de sert dokudaki hacim düşüşü tek doza göre daha belirgin ölçülmüştür(Lee ve ark. 2017).

Gupta ve arkadaşları KIBT da yaptıkları masseter kas hacmi ölçümü ile fasiyal morfoloji ve büyüme paterni ilişkisini değerlendirmişlerdir. Dolphin 3D yazılım programında yaptıkları kas hacim ölçümü ve hastalarda belirledikleri yüz indeksine göre euryprosopik yüz formunda en yüksek masseter kas hacmi, leptoprosopik yüz formunda en az kas hacmini ve mezoprosopik yüz tipinde ortalama bir kas hacmi ölçmüşlerdir(Gupta ve ark. 2016).

1.2.Hacim Ölçümünde Kullanılan Bazı Terimler

1.2.1.Dicom

1980'lerin başında Amerikan Radyoloji Koleji ve Ulusal Elektrik Üreticileri Birliği dijital tanısal görüntüleme yöntemlerinin ve bilgisayarların klinik uygulamalarda artan kullanımı ile manyetik rezonans ve bilgisayarlı tomografi görüntülerinin kodlanmasını standart bir hale getirilmesi gerekliliğini belirtmişlerdir. Yapılan çeşitli çalışmalar ve revizyonlar sonucu 1993 yılında Tıpta Dijital Görüntüleme Ve İletişim – DICOM olarak bilinen, üretilen çeşitli cihazlar arasında görüntüleri ve ilgili bilgileri aktarmayı sağlayan standart bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu standardizasyon yöntemi ile farklı cihazlardan elde edilen görüntüler geliştirilen farklı yazılım programlarında analiz edilerek validasyon çalışmaları yapılmaktadır (Grauer ve ark. 2009).

1.2.2.Segmentasyon

Tıbbi görüntülemede segmentasyon, hacimsel verilere uyacak şekilde 3D sanal yüzey modellerinin inşası olarak tanımlanır. Başka bir deyişle, daha iyi görselleştirme ve analiz için belirli bir yapıyı ayırmak ve diğer tüm ilgisiz yapıları kaldırmak anlamına gelir. Segmentasyon manuel, otomatik ve yarı otomatik olarak üç farklı şekilde yapılmaktadır.

Manuel yaklaşımda segmentasyon kullanıcı tarafından kesit-kesit ilerlenerek gerçekleşir. Daha sonra yazılım programı kesitlerin hepsini birleştirerek üç boyutlu hacmini oluşturur. Bu yöntem oldukça zaman alıcıdır.

Otomatik yaklaşımda bilgisayar havayı ve çevreleyen yumuşak dokuları yapıların dansite değerlerine(grilik seviyelerine) göre ayırt eder. Bazı programlarda kullanıcının interaktif olarak yaptığı iki adım mevcuttur; incelenecek alanın sagittal, aksiyal ve koronal kesitlerde sınırının belirtilmesi ve incelenecek alanda istenilen

grilik seviyesi-thresholding belirtilmesidir (Weissheimer ve ark. 2012; Vallaeyss ve ark. 2015).

1.2.3.Eşik değeri (Thresholding)

Segmentasyonun temelini imaj eşik değeri belirleme-thresholding oluşturur. Kullanıcı bir eşik aralığı belirlediğinde bu aralıktaki gri seviyelere sahip tüm vokseller üç boyutlu yapıyı oluşturmak için seçilir(Weissheimer ve ark. 2012).

1.3.Hacim Ölçümünde Kullanılan Görüntüleme Yöntemleri

1.3.1.Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi

İlk kez 1982 yılında anjiyografi amacıyla geliştirilen konik ışınli bilgisayarlı tomografinin maksillofasiyal bölgede klinik olarak uygulanabilir hale gelmesi 1990'lı yılların sonunu bulmuştur. Oral ve maksillofasiyal bölgede kemik gibi yüksek kontrastlı yapıların ve patolojilerin milimetrik düzeyde ve üç boyutlu olarak incelenmesine olanak sağlar(White ve ark. 2018; Harorlı 2014).

Avantajları;

- Distorsiyona uğramamış ve gerçek boyutta görüntü verir,
- Düşük radyasyon dozuna sahiptir,
- Medikal BT'ye göre daha ucuz ve daha az yer kaplar,
- Medikal BT'ye göre daha küçük piksel boyutuna sahip olduğu için çözünürlüğü daha iyidir.
- Daha kısa sürede yüksek çözünürlükte görüntü elde edilir.
- KIBT veri rekonstrüksiyonu ve görüntülenmesi etkileşimli analize izin verir. İmleçle çalışan ölçüm algoritmalarının bulunması hekime gerçek zamanlı boyut değerlendirme, açıklama ve ölçümler için etkileşimli bir olanak sağlar.

Dezavantajları;

- BT' ye göre en önemli dezavantajı daha düşük kontrasta sahip olduğu için kemik ve yumuşak doku arasında ayırım daha azdır.
- KIBT tekniğinde skatter radyasyonun sebep olduğu gürültü, kontrast çözünürlüğünü azaltır.

KIBT' nin Baş Boyun Bölgesinde Kullanım Alanları;

- Gömülü dişlerin değerlendirilmesi,
- İmplant planlaması,
- Temporomandibular eklemin değerlendirilmesi,
- Ortodontik ve cerrahi planlama simülasyonları,
- Dentoalveolar patolojilerin tanısı
- Nazal/ paranasal sinüslerin değerlendirilmesi ve faringeal havayolunun incelenmesi,
- Maksillofasiyal cerrahi gerektiren damak yarıkları gibi kraniofasiyal anomaliler,
- Periapikal lezyonların incelenmesi,
- İleri derecede eğimli köklere sahip dişlerde endodontik tedavi planlaması,
- Periodontal kemik seviyesinin belirlenmesi,
- Maksillofasiyal büyüme ve gelişimin değerlendirilmesi ve yaş tayini

1.3.1.1.KIBT Çalışma Prensibi Ve Görüntüleme Parametreleri

Görüntülenmek istenen bölge etrafında dönen gantride bir tam ışınlama ile multipl sıralı projeksiyonlar oluşturmak için iki boyutlu dedektör üzerine üç boyutlu konik x ışını demeti yönlendirilmesi prensibine dayanır. Sabit olan hastanın başı etrafında x ışını kaynağı ve dedektör eş zamanlı olarak döner ve 360 derecelik tarama yapılır. Tarama sırasındaki her rotasyon adım için yüzlerce dijital projeksiyon verisi oluşur. Bu ham veriler bilgisayar programı yardımı ile üç boyutlu görüntülere dönüşür. İki boyutlu ham veriden üç boyutlu hacimsel görüntü elde edilmesi işlemine rekonstrüksiyon denir. Bu işlem ile aksiyal, sagittal ve koronal olmak üzere üç düzlemde multiplanar görüntü oluşur(Pauwels 2018; Scarfe ve ark. 2012).

KIBT cihazları kolay bir kullanıma sahip olmakla birlikte kullanıcılar tarafından bilinmesi gereken bazı teknik parametreler vardır. En iyi görüntü kalitesi ve en az radyasyon dozunu elde edebilmek için bu parametrelerin bazılarında değişiklik yapılması gerekebilmektedir(Özdede ve ark. 2019).

Uzaysal çözünürlük, voksel: Uzaysal çözünürlük görüntüdeki küçük detayları veya iki küçük yapıyı ayırt etme yeteneğidir. KIBT görüntülerinin çözünürlüğü ve dolayısıyla detayı hacimsel veri gruplarını oluşturan hacim elemanlarına(voksel) bağlıdır. Voksel üç boyutlu görüntünün ayırt edilebilen en küçük hacim elemanıdır. Dış hekimliğinde klinik vakaya göre voksel boyutları belirlenmelidir ancak vakaya göre voksel seçimini bildiren genel bir protokol mevcut değildir. Bununla birlikte büyük görüntüleme alanında(FOV:Field of view) küçük voksel boyutu seçimi uzaysal çözünürlüğü arttırmaktadır. Kök ve periapikal patolojiler, ankiloz, kök rezorpsiyonu gibi detaylı görüntüleme gerektiren vakalarda voksel boyutunun küçük olması incelemeyi kolaylaştırır.

Kontrast çözünürlüğü: Farklı dansitedeki objeleri ayırt etme yeteneğidir. KIBT de kontrast çözünürlüğü uzaysal çözünürlüğe göre kısıtlıdır bunun sebebi skatter radyasyonun sebep olduğu gürültü yoğunluğudur.

Görüntüleme Alanı(Field of view: FOV):İncelenmek istenen alanın boyutuna göre FOV seçilir. Görüntüleme alanı her hasta için bireysel ihtiyaçlara göre belirlenir. Görüntüleme alanının azaltılması hastanın alacağı radyasyon dozunu ve skatter ışınları azaltarak görüntü kalitesini artırır.

Gürültü: Radyografik görüntülerdeki homojen bir obje ya da dokuda yer alan gri değerlerdeki çeşitliliştir. KIBT tekniğinde düşük ışınlama faktörleri kullanıldığı için dedektörde homojen olmayan sinyallerin meydana gelmesi ve x ışını scatteri gürültü oluşumuna sebep olur. Voksel boyutu artarsa, FOV küçülürse, miliamper-saniye artarsa veya dedektör verimliliği artarsa gürültü azalır.

Artefaktlar: KIBT de sıkça görülen ve görüntü kalitesini azaltan, görüntülenmek istenen cisimle alakalı olmayan distorsiyon ve bozuklukları ifade eder. Hasta ile ilgili artefaktlar, kazanım artefaktları, tarayıcı ile ilgili artefaktlar, konik ışın ile ilgili artefaktlar olmak üzere dört başlıkta incelenebilir. Hasta hareketi ile ilgili artefaktları

en aza indirebilmek için başı stabilize edici aparatlar kullanılmaktadır. Görüntüleme süresinin mümkün olduğunca kısaltılması da hareket artefaktının oluşmasını önleyecektir. Taranan objede metal olması (metal restorasyonlar, braketler, implantlar, kök kanal dolgu materyalleri), imaj kalitesini bozan koyu bantlar şeklinde artefaktlara sebep olmaktadır. KIBT sisteminde görülen konik ışın demetinin projeksiyon geometrisine ve görüntülerin rekonstrüksiyonuna bağlı olarak oluşan kaçınılmaz artefaktlar ise FOV alanının küçültülmesi ve düşük voksel boyutu seçimi ile azaltılabilir(Scarfe ve ark. 2008).

1.3.2. Manyetik Rezonans Görüntüleme

Tıp alanında ilk kez 1970'li yıllarda kullanılmaya başlanan MR görüntüleme, vücudun yaklaşık %63'ünü oluşturan hidrojen atomlarının, güçlü bir manyetik alan içerisinde bir radyofrekans dalgası ile uyarılıp hidrojen atomlarında oluşan hareketlerin görüntüye dönüştürülmesi esasına dayanır(White ve ark. 2018; Harorlı 2014).

Avantajları;

- Yumuşak doku kontrast rezolüsyonu en yüksek görüntüleme yöntemidir.
- Hastanın pozisyonu değiştirilmeden kesit planı değiştirilebilmektedir.
- İyonize radyasyon riski taşımadığı için çocuk ve hamilelerde kullanılabilir.
- İyonize radyasyon riski taşımadığı için aynı hastada tekrar çekimleri yapılabilir.
- Kan akımı kontrastsız görüntülenebilir.
- Kullanılan kontrast madde, iyotlu kontrast maddelerden daha güvenlidir.

Dezavantajları;

- Tetkik süresi uzun olup buna bağlı artefaktlar oluşabilir.
- Pahalı bir görüntüleme yöntemidir.
- Hastaların görüntü alımı esnasında stabilitelerinin sağlanmasında güçlük yaşanabilir.

- Klostrofobi gibi durumlarda çekim yapılması güçtür.
- Vücutta bulunan metalik objeler, protezler ve biyomedikal aygıtlar manyetik alandan etkilenecek hastaya zarar verebilir.
- Sensitivitesi yüksek olmasına rağmen spesifitesi düşüktür.

MRG'nin Baş Boyun Bölgesinde Kullanım Alanları;

- Temporomandibular eklem ile ilgili sinovit, internal düzensizlikler (derangement) gibi rahatsızlıklarının tanısında,
- Baş boyun tümörlerinin tanısında,
- Tükürük bezi patolojilerinin incelenmesinde
- Dil, yanak ve lenf nodlarının neoplazilerinin tanımlanmasında,
- Odontojenik kist ve tümörlerin ayrımında,
- Kaslarda meydana gelen hacimsel ve patolojik değişikliklerin belirlenmesinde(Karaman ve ark. ; Aksoy ve ark. 2010).

1.3.3.Ultrasonografi

Tıp alanında ilk kez 1940'lı yıllarda kullanılmaya başlanan ultrasonografinin radyasyon maruziyetinin olmaması, hızlı ve dinamik bir şekilde görüntü elde edilmesi, düşük maliyeti ve kolay kullanımı nedeniyle baş boyun bölgesinde de kullanımı yaygınlaşmıştır (Evirgen ve ark. 2016; Harorlı 2014; White ve ark. 2018).

Avantajları;

- İyonize radyasyon kullanılmaz,
- Yumuşak doku iyi görüntülenir,
- Kısa aralıklarla çok sayıda görüntü alınabilir,
- Maliyeti düşüktür,
- Ultrason rehberliğinde biyopsi yapılabilir,
- Diagnostik dozlarda hasta ve hekime zararlı etkisi bulunmaz.

Dezavantajları;

- Görüntüleri yorumlamak zordur,
- Hava içeren yapılar ve kemik görüntülenemez,
- Şişman hastalarda görüntü kalitesi düşüktür,
- Ultrason dalgaları yüksek seviyelerde dokulara zarar verebilir,
- Metalik implantlar, dental dolgular ve restorasyonlar metalin oluşturduğu artefakt nedeniyle görüntünün bulanık olmasına neden olur,
- Yetişkinde kafa kemiklerinin sesi yeterince geçirememesi sebebiyle kafa içi yapıları net değerlendirmek mümkün olmaz.

USG Baş Boyun Bölgesinde Kullanım Alanları;

- Submandibuler ve parotis bezinin yüzeysel bölgelerini,
- Tükürük bezi taşları, tümörleri, kistleri, akut enflamasyonları ve apse varlığını,
- Yumuşak dokularda bulunan yabancı cisimleri,
- Kasları, lenf bezlerini, dile ait lezyonları, TME'i,
- Post-operatif ödem ve hematomu değerlendirmede kullanılır.

1.3.4.İntraoral 3D Tarayıcı

İntraoral tarayıcılar elde taşınan bir kamera(donanım), bilgisayar ve yazılımdan oluşan tıbbi cihazlardır. İntraoral tarayıcıların amacı, bir nesnenin üç boyutlu geometrisini hassas bir şekilde kaydetmektir. Üç boyutlu intraoral tarayıcılar ağız boşluğunun kısa sürede haritasını çıkararak hem teşhis hem tedavi sürecinde

gereksiz prosedürlerin ortadan kalkmasına olanak sağlayan dijital diş hekimliğinin önemli bir parçasıdır(Richert ve ark. 2017; Logozzo ve ark. 2014).

Protetik tedavilerde geleneksel ölçü tekniklerinin ağız içi erişim zorluğu, bulantı refleksi oluşturması, küçük oral kaviteler, büyük yanaklar ve dil ile tükürük sekresyonunun fazlalığı gibi birçok dezavantajını elimine eder. Ayrıca bu dijital tekniğin işlem sırasında duraklatılması ve devam ettirilebilir olması hastanın işlem sırasında rahat olmasını sağlar.

Ortodontide ortodontik tanı, tedavi planlaması ve değerlendirme amacıyla tam ark intraoral tarama yapılmaktadır(Zhang ve ark. 2016). Kim ve arkadaşları 60 ortodonti hastasında intraoral tarayıcı, KIBT ve geleneksel alçı modellerinde çeşitli ölçümler yapmışlar ve sonuçları birbirine yakın bulmuşlardır. Bu üç yöntemin de çeşitli avantaj ve dezavantajları göz önünde tutularak ortodonti hastalarında kullanılmasının uygun olduğunu belirtmişlerdir (Kim ve ark. 2014).

Veri yakalama moduna göre, intraoral tarayıcılar ayrı ayrı görüntü veya video sekans sistemleri olarak sınıflandırılabilir. Çalışma prensiplerine göre ayrıca aktif triangulasyon, konfokal mikroskopi, çoklu tarama, optik koherens tomografisi ve aktif wavefront örnekleme gibi sınıflara ayrılmaktadır. Bu geliştirilen çeşitli teknolojilerin birbirlerine göre artı ve eksileri olmakla birlikte kullanıcının çalışma alanı ve tecrübesine göre her birini kullanabileceği yapılan araştırmalarda bildirilmektedir(Logozzo ve ark. 2014). Walter ve ark. yaptıkları çalışmada 7 adet intraoral tarayıcının doğruluğunu değerlendirmişler sekstant tarama için Planscan'ın, tam ark taraması için 3Shape Trios'un en iyi hız ve doğruluk değerine sahip olduğunu bulmuşlardır (Renne ve ark. 2017).Kim ve arkadaşları ise yaptıkları in vitro çalışmada üst üste bindirme yöntemini kullanarak tam ark dijital tarama için 9 adet intraoral tarayıcının doğruluğunu ve hassasiyetini değerlendirmişlerdir. E4D ve Zfx IntraScan modellerin diğer intraoral tarayıcılar kadar doğru performans göstermediğini, farklı çalışmalarda bildirilen çelişkili sonuçların, ana modeldeki varyasyonlar, tarama stratejileri veya tarama ve analiz yazılımı dahil olmak üzere farklı metodolojilerle açıklanabileceğini bildirmişlerdir(Kim ve ark. 2018).

1.3.5.Mikro-Bt

Mikro- BT ileri teknolojiyle ayrıntılı görüntü imkânı sunan ve 10 µm'den 100 µm'e kadar uzaysal rezolüsyon aralığı olan, üç boyutlu mikroskopi için kullanılabilir bir laboratuvar sistemidir. Çeşitli alanlarda kullanımı olan mikro-BT dental araştırmalarda özellikle mine kalınlığı ölçümü, dental doku mühendisliği, sonlu elemanlar analizi, kök kanal morfolojisi ve preparasyonunun, kraniyofasiyal iskeletsel yapıların, diş ve implant çevresindeki sert dokuların mineral yoğunluğunun değerlendirilmesi gibi çeşitli araştırmalarda kullanılmaktadır(Swain ve ark. 2009). Ancak mikro-BT'nin uzun tarama süresi, yüksek radyasyon dozu ve boyut kısıtlamaları gibi dezavantajları sebebiyle günlük klinik dental uygulamalar için kullanımı söz konusu değildir, daha çok üç boyutlu dental araştırmalarda referans standart olarak kullanılmaktadır(Maret ve ark. 2010).

Acar ve ark. ekstrekte 41 adet süt azı dişinde yaptıkları çalışmada aksesuar kanalların görüntülenmesinde mikro-Bt'nin KIBT' ye göre üstün olduğunu ve küçük anatomik yapılar hakkında daha ayrıntılı bilgi sağladığını bildirmişlerdir(Acar ve ark. 2015). Hsu ve arkadaşları fare femuru üzerinde kortikal ve trabeküler kemik parametrelerini değerlendirdikleri çalışmada mikro-BT ve KIBT sonuçlarını birbirine yakın bulmuşlardır(Hsu ve ark. 2013). Zhang ve ark. ekstrekte 143 adet mandibuler azı dişinde kök kanal konfigürasyonunu değerlendirdikleri çalışmada KIBT ile mikro-bt arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulmamışlardır. Bununla birlikte KIBT görüntülerinin mikro-bt'ye göre daha az çözünürlüğe sahip olması ve çevre dokulardan dolayı artefakt oluşturmasının bulanık bir görüntüye sebep olarak ince yapıların teşhis edilmesini zorlaştırdığını belirtmişlerdir(Zhang ve ark. 2017).

Bonnet ve ark. yaptıkları çalışmada dişi farelerde östrojen eksikliği ve ilaçla tedavisinin kemik trabekülasyonuna etkisini iki farklı mikro-bt ve histomorfometrik yöntemle değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda Skyscan ve Scanco cihazlarından alınan mikro - BT ölçümleri arasında morfometri parametrelerinin mutlak değerlerinde bazı küçük farklılıklar olsa da, bu cihazların her ikisinin de yüksek derecede doğruluk ve tekrarlanabilirlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte

iki mikro-BT yöntemine kıyasla histomorfometri verilerinin kemik parametreleri ölçümlerinde daha düşük değerde olduğu fark edilmiştir(Bonnet ve ark. 2009).

1.4.Hacim Ölçümünde Kullanılan Yazılım Programları

1.4.1. 3D Doctor

3D DOCTOR; MR, BT, PET, mikroskopi, bilimsel ve endüstriyel görüntüleme uygulamaları için gelişmiş bir 3D modelleme, görüntü işleme ve ölçüm yazılımıdır.

- 3D-DOCTOR birçok dosya formatındaki (DICOM, TIFF, Interfile, GIF, JPEG, PNG, BMP, PGM, RAW) gri tonlamalı ve renkli görüntüleri işleyebilir,
- Volume render ve surface render gibi işlemler ile hastanın iki boyutlu kesit görüntülerinin elde edilmesini sağlar,
- Cerrahi planlama, simülasyon, kantitatif analiz, sonlu elemanlar analizi ve hızlı prototipleme uygulamalarına izin verir,
- BT/MRI imajlarını herhangi bir ekseninde tekrar dilimlendirerek, farklı cihazlardan gelen imajları birleştirebilir. Yanlış hizalanmış imajları otomatik ya da yarı otomatik olarak hizalayabilir,
- Hasta görüntüleri dekupe edilebilir, eş olmayan kesit kalınlıkları tekrar dilimlenerek düzeltilebilir, ya da hacimsel yeniden boyutlandırma yapılabilir.

3D-DOCTOR, FDA tarafından medikal görüntüleme ve 3 boyutlu görselleştirme uygulamalarında onay almıştır. 3D-Doctor, Scientific Computing & Instrumentation Dergisi tarafından 2000 ve 2002 yıllarında 'En İyi Medikal Görüntüleme ve 3D Görselleştirme Yazılımı' olarak bildirilmiştir. Şu anda dünya çapında önde gelen hastaneler, tıp okulları ve araştırma kuruluşları tarafından kullanılmaktadır('Able Software Corp.').

1.4.2.Dolphin

Dolphin 3D; kolay bir kullanımı olan, özellikle diş hekimliği alanına yönelmiş, kraniofasiyal anatominin görselleştirilmesi ve analizi için KIBT, medikal BT, MR, dijital çalışma modeli sistemleri ve 3D yüz kamera sistemlerinden elde edilen görüntüleri kullanabilen yazılım programıdır.

- Çeşitli üç boyutlu data formatlarından bu programa görüntülerin aktarımı mümkündür.
- Hava yolunun üç boyutlu analizini sağlar.
- Hassas hacim ölçümü ve multiplanar kesitsel görüntüler sağlar.
- Hacim üzerine iki boyutlu yüz fotoğrafı ekleyebilir, farklı iki hacim kesitini birleştirebilir.
- Üç boyutta sinir işaretleme, TME analizi, panoramik ve safalometrik görünüm sağlar.
- Otomatik komut dosyaları ile animasyonlu filmler oluşturulabilir.
- Biyolojik yapıları bir Hounsfield ünitesine benzer şekilde radyolüsenlik seviyelerine göre ayırt eder.
- Cerrahi kılavuzlar oluşturarak implant planlamasına yardımcı olur('Dolphin Imaging & Management Solutions').

1.4.3. InVivo Dental

Invivo yazılımı on yılı aşkın süredir özellikle diş hekimliği olmak üzere birçok disiplinde kullanılabilen, KIBT, BT, MRI veya PET görüntülerinin DICOM verileriyle çalışma esnekliği sağlayan, klinisyenlere planlama açısından kolaylık sağlayarak yüksek kalitede hacim oluşturma sunan bir yazılım programıdır.

- Hastalarda havayolunun görselleştirilmesi ve ölçümü hakkında bilgi sağlar, hava yolu analiz araçları ile kesit alanını hızla hesaplar.
- İmplant planlamasında ve restorasyon tasarımında üstün görsellik sağlayarak cerrahi rehberler oluşturur.

- Üç boyutta sinir işaretleme, TME analizi, panoramik ve sefalometrik görünüm sağlar.
- Üst üste bindirme(süper-imposition) ile tedavi öncesi ve sonrası farkı ortaya koyar('Anatomage Dental Home-Anatomage').

1.4.4. ITK Snap

ITK-SNAP; üç boyutlu tıbbi görüntüleme yapılarının segmentasyonu için kullanılan ücretsiz, açık erişimli, birçok işletim sistemine uygun bir yazılım programıdır. İlk olarak 2003 yılında beynin kaudat çekirdeğinin ve lateral ventrikülünün MR görüntü analizi için kullanılan yazılımın kraniyofasiyal bölgede kullanımı için uygun olduğunu gösteren çalışmalar yapılmıştır.

- ITK-SNAP manuel kullanım ve imaj yönetimine ek olarak aktif kontur yöntemlerini kullanarak yarı otomatik segmentasyona izin verir.
- Aynı anda üç ortogonal düzlemde manuel segmentasyon sağlar
- Nıftı ve DICOM dahil olmak üzere birçok farklı 3D formatı destekler.
- Birden fazla görüntünün eşzamanlı, bağlantılı görüntüleme ve segmentasyonuna izin verir.
- Segmentasyon sonuçlarının hızlı bir şekilde işlenmesi için 3D kesim düzlem seçeneği sağlar.
- Kapsamlı öğretici ve video belgelerine ulaşmak kolaydır.

Diğer büyük, açık kaynaklı görüntü analiz araçlarına kıyasla, ITK-SNAP tasarımı özellikle segmentasyon sorununa odaklanır ve yabancı veya ilgisiz özellikler minimumda tutulur. Tasarım ayrıca kullanıcı interaktifliği ve kullanım kolaylığı sağlar(Yushkevich ve ark. 2006).

1.4.5.Mimics

Mimics (Materialise N.V., Heverlee, Belgium) yazılımı tıbbi görüntü verilerini aktararak doğru üç boyutlu modeller ve anatomik segmentasyon

oluşturur. Gelişmiş üç boyutlu analiz, planlama, kişiselleştirilmiş cihaz tasarımı, sonlu elemanlar analizi ve üç boyutlu baskı sağlar. Ortopedik, kranio-maksillofasiyal, kardiyovasküler, solunum ve diğer klinik uygulamalar için geniş bir araç yelpazesi sunmaktadır ('3D Medical Imaging Software/Materialise').

1.4.6. InVesalius

InVesalius (CTI, Campinas, São Paulo, Brazil) 2001 yılında üretilen ücretsiz, açık erişimli BT ve MR görüntülerinin yeniden yapılandırılması için kullanılan bir yazılım programıdır. Yazılım temel olarak hızlı prototipleme, öğretim, adli tıp ve tıp alanında kullanılır. Yazılımın ana özellikleri, DICOM veya Analyze dosyalarını içe aktarma, dosyaları STL, OBJ ve PLY formatlarına dışa aktarma, hacim oluşturma, manuel veya yarı otomatik segmentasyon yeteneğidir ('Invesalius 3').

1.4.7. Planmeca Romexis

Romexis (Planmeca, Helsinki, Finland) dental yazılım programı tüm 2D ve 3D görüntüler ve CAD/CAM vakalarıyla her türlü verinin yakalanmasına, görüntülenmesine ve işlenmesine olanak tanır. Görüntüleri JPEG, DICOM ve STL gibi endüstri standardı formatlarda içe ve dışa aktarmak veya verileri doğrudan üçüncü taraf yazılımlarda başlatma kolaylığı sunar. Ayrıca 100'den fazla videodan oluşan kapsamlı eğitici video kitaplığı ile yazılım hakkında bilgi edinmek kolaydır ('Planmeca Romexis Software').

1.5. Amaç

Bu çalışmanın amacı dişlerde hacim ölçümü açısından farklı yazılım programları, farklı voksel boyutları, farklı segmentasyon teknikleri ve intraoral tarayıcı arasında farklılık olup olmadığının araştırılması ve fiziksel hacim ölçümüne en yakın tekniğin belirlenmesini sağlamaktır.

2.GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Anabilim Dalı'nda Ocak 2019-2020 tarihleri arasında gerçekleştirilmiş, Üniversitemiz Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu 18/7 nolu kararıyla onaylanmıştır.

2.1.Çalışma Grubu

Çalışma grubu periodontal veya ortodontik amaçla çekilmiş 30 adet tek köklü ve tek kanallı dişlerden oluşmaktadır.

Dahil edilme kriterleri:

- Periodontal problemler veya ortodontik tedavi sebebiyle çekilmiş,
- Çürük ve herhangi bir restorasyonu olmayan,
- Kanal tedavisi yapılmamış ,
- Kök kurvatürü fazla olmayan tek köklü ve tek kanallı dişler.

Dışlama kriterleri:

- Kanal tedavisi veya dolgu yapılmış dişler,
- Kök kanal sisteminde kalsifikasyon olan dişler,
- İnternal ve eksternal kök rezorpsiyonu olan dişler,
- Çürüklü veya madde kaybı olan kırık dişler,
- Kök kurvatürü fazla olan dişler,
- Birden fazla kök ve kanala sahip dişler.

2.2. Dişlerin Hazırlanması

Dişlerin çalışmada kullanılması için çekim sonrası yüzeyde kalan yumuşak doku ve kan artıklarını uzaklaştırmak için akan musluk suyu altında yıkandı. Diş taşı gibi sert doku eklentileri temizlendi(Şekil 2.1).



Şekil 2. 1: Çalışmada kullanılacak dişler üzerindeki eklentilerin akan su altında temizlenmesi.

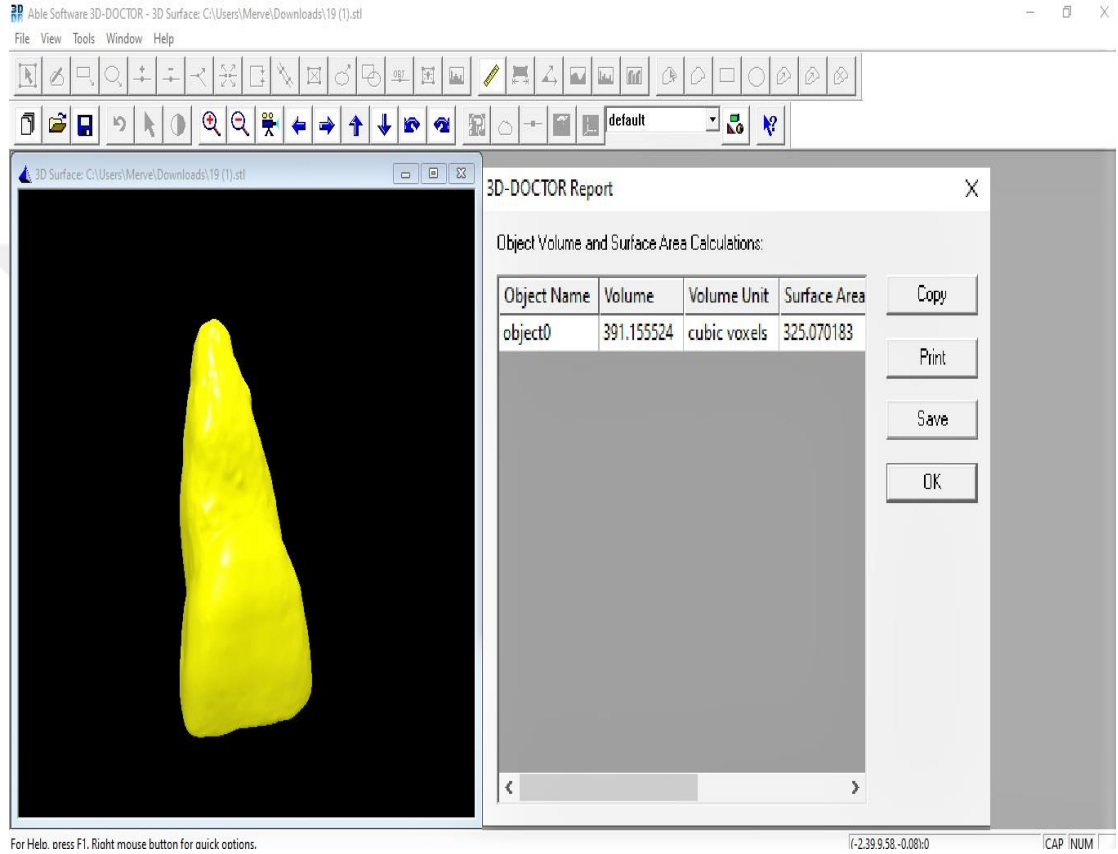
2.3.Ağız İçi Tarayıcı İle Diş Kayıtlarının Alınması

Bir kanal eğesi ile kök ucundan sabitlenen dişlerin taraması Aralık 2010 da piyasaya sürülen, konfokal mikroskopi ve ultra hızlı optik görüntüleme prensibiyle alışan 3Shape (TRIOS®3, 3Shape™, Copenhagen, Denmark) cihazı ile gerçekleştirilmiştir(Şekil 2.2). Konfokal mikroskopi prensibi, ağız içi tarayıcı tarafından paralel lazer demetlerinin yayılması ve bu demetlerin aynı optik yol üzerinden geri dönmesi sonrası algılanarak istenen derinlikte görüntülerin elde edilebilmesi esasına dayanmaktadır. Bu teknikte odaklanılan alan haricindeki ışık yansıtıcı objeler etkisiz hale getirilebilmektedir ve tüm objenin 3 boyutlu görüntüsü nokta birleştirme (point and stitch) yöntemiyle elde edilmektedir(Logozzo ve ark. 2014).



Şekil 2. 2:Dişlerin 3 boyutlu taramasının 3shape tarayıcı ile gerçekleştirilmesi.

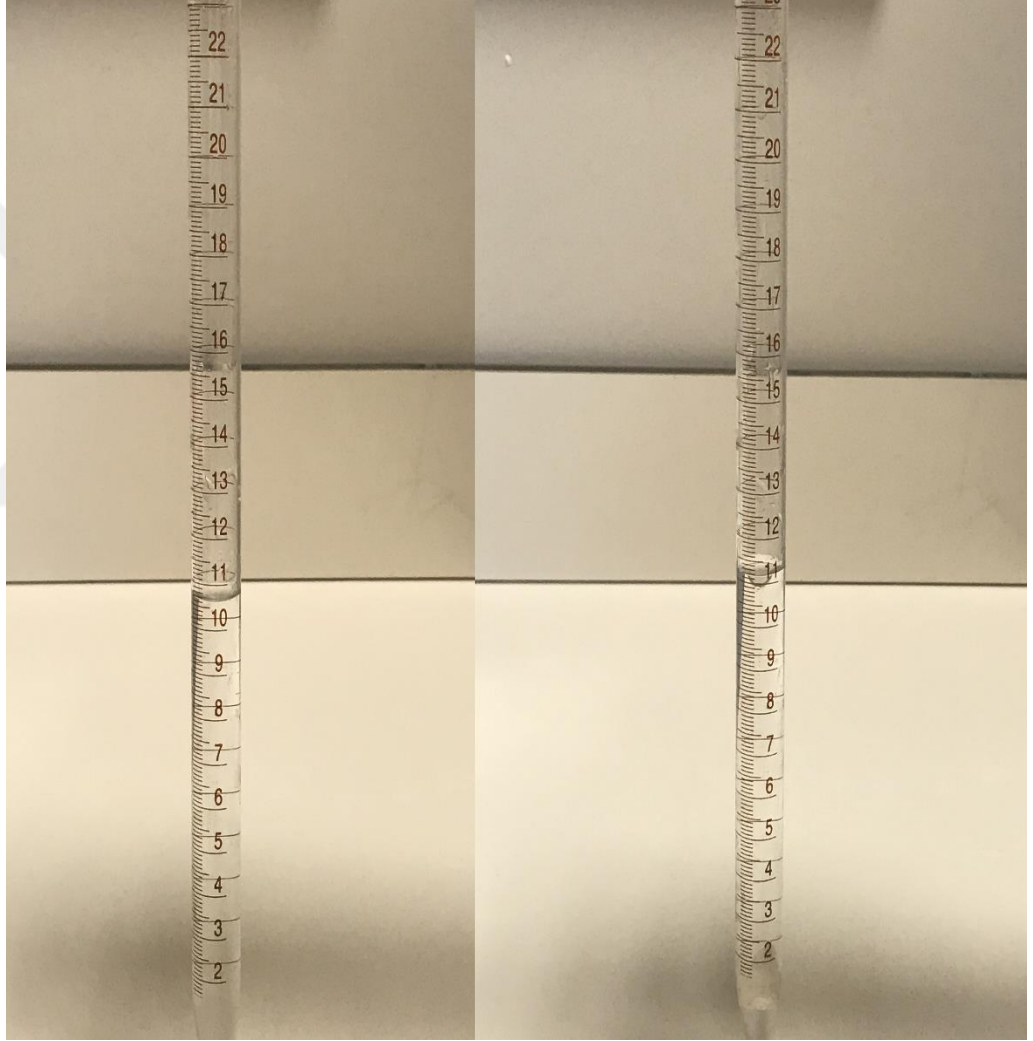
Tarama sonucu elde edilen üç boyutlu görüntünün “meshing” işlemi gerçekleştirilmiş ve artıfaktlı bölgeler düzenlenmiştir. Görüntüler “*export*” seçeneği sayesinde STL dosyası olarak bilgisayarın masaüstüne kaydedilmiştir. 3D Doctor programında dişlerin hacim ölçümleri hesaplanmıştır(Şekil 2.3).



Şekil 2. 3:Tarama sonucu elde edilen üç boyutlu görüntünün hacminin 3D Doctor programında hesaplanması.

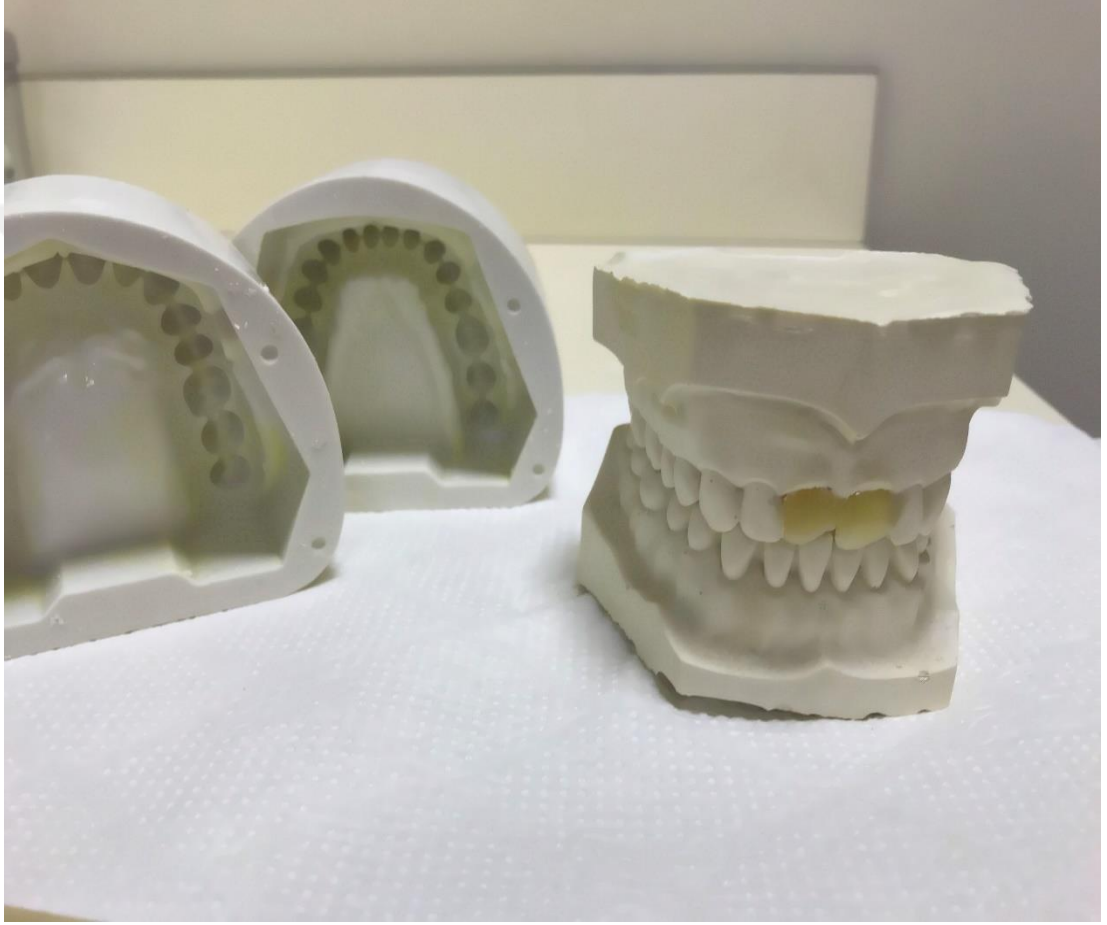
2.4.Fiziksel Hacim Ölçümü

Dişler numaralandırıldı ve hacim ölçümünde altın standart olarak kullandığımız sıvı deplasman yöntemi ile gerçek hacimleri hesaplandı(Şekil 2.4). Bu yöntemde; dişler içi su dolu ve hacmi bilinen dereceli silindire bırakıldı ve yer değiştiren suyun hacmi ölçüldü.



Şekil 2. 4:Sıvı deplasman yöntemi ile fiziksel hacimlerin hesaplanması

Ardından numaralandırılmış ve gerçek hacim ölçümleri kayıt altına alınmış dişler ikişerli olarak fantom modellere yerleştirildi(Şekil 2.5). Her diş periodontal boşluğun radyografik görünümünü simüle etmek için bir modelleme mumu ile eşit olarak kaplandı.



Şekil 2. 5:Fantom modele yerleştirilen dişler

2.5.KIBT ile Görüntülerin Elde Edilmesi

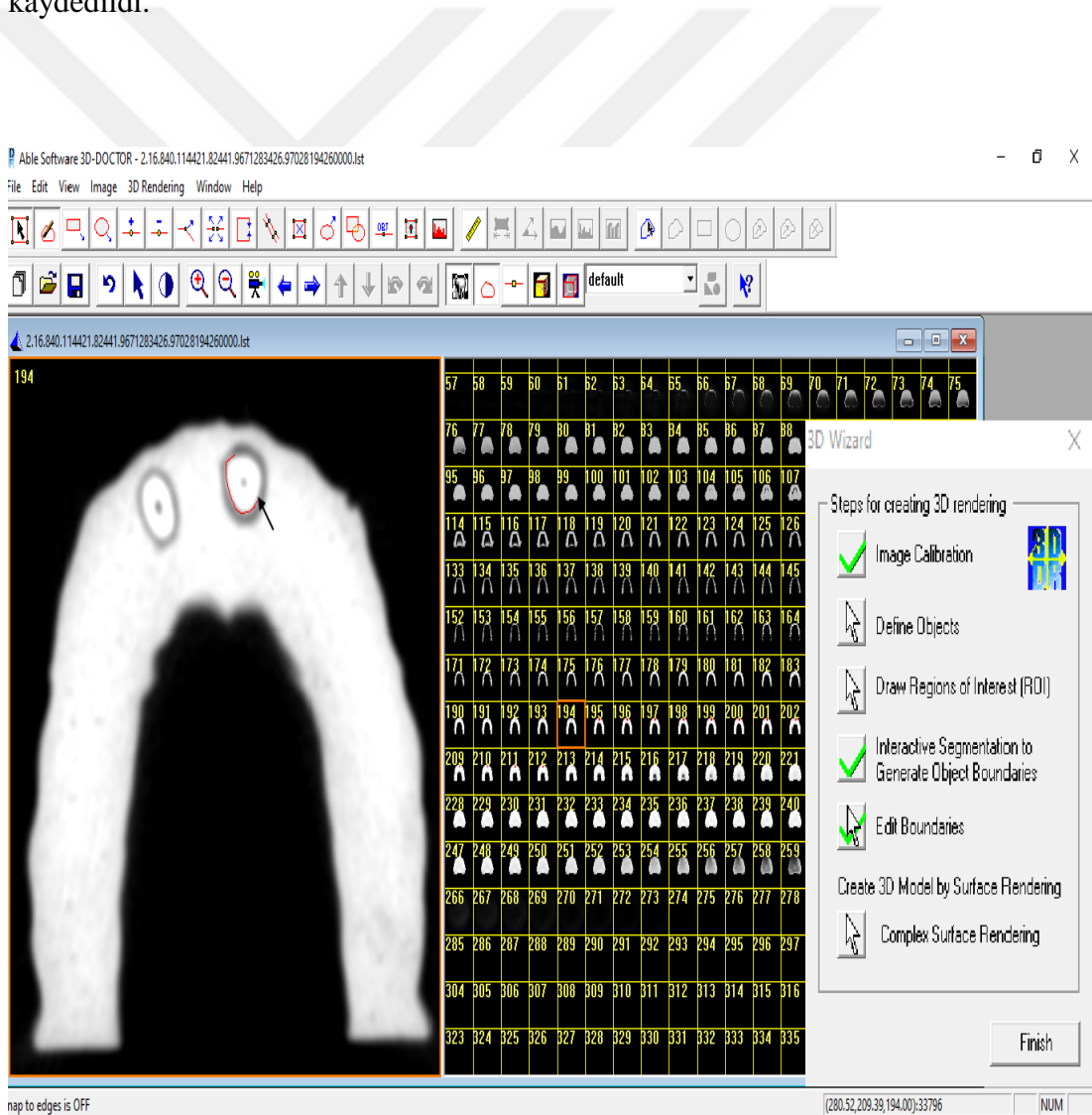
Fantom modele yerleştirilen dişlerin görüntüsü ICAT (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA) cihazında 16*13 cm görüntüleme alanında, 120 kvp, 8 ma , 0.3 voksel ve 0.4 voksel olmak üzere iki farklı voksel boyutunda elde edildi(Şekil 2.6).DICOM formatındaki görüntüler değerlendirilmek üzere yazılım programlarına aktarıldı.



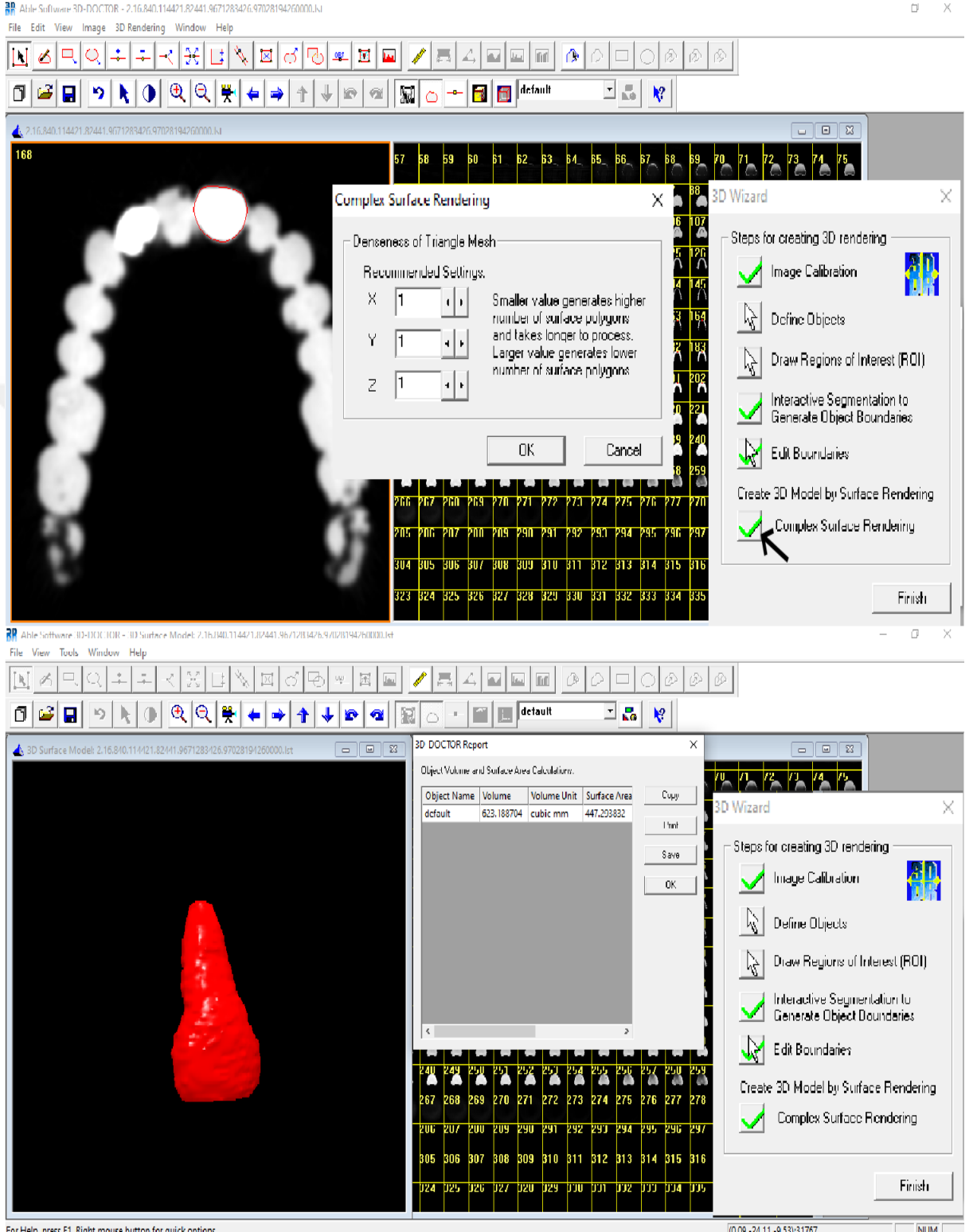
Şekil 2. 6:Dişlerin tomografik görüntülerinin elde edilmesi

2.6.Görüntülerin Değerlendirilmesi

DICOM formatındaki görüntüler hacim analizi yapmak üzere ilk olarak 3D Doctor (Able SoftwareCorp., Lexington,MA) programında açıldı. Manuel segmentasyon yöntemi ile aksiyal görüntülerde kesit kesit ilerlenerek dişlerin dış sınırları çizildi(Edit boundaries)(Şekil 2.7).Sınırlar oluşturulduktan sonra üç boyutlu yüzey oluşturma ile nesnenin hacimsel görüntüsü elde edildi(3D rendering/ complex surface).Araçlar-hacim hesaplama (tools-calculate volumes) komutu ile hacim sonucunun yer aldığı bir rapor elde edildi(Şekil 2.8). Tüm bu aşamalar 15 adet tomografi görüntüsünde her iki voksel boyutunda tekrar edilerek ölçüm sonuçları kaydedildi.



Şekil 2. 7: 3D Doctor programında aksiyal görüntülerde kesit kesit ilerlenerek dişlerin dış sınırlarının çizimi

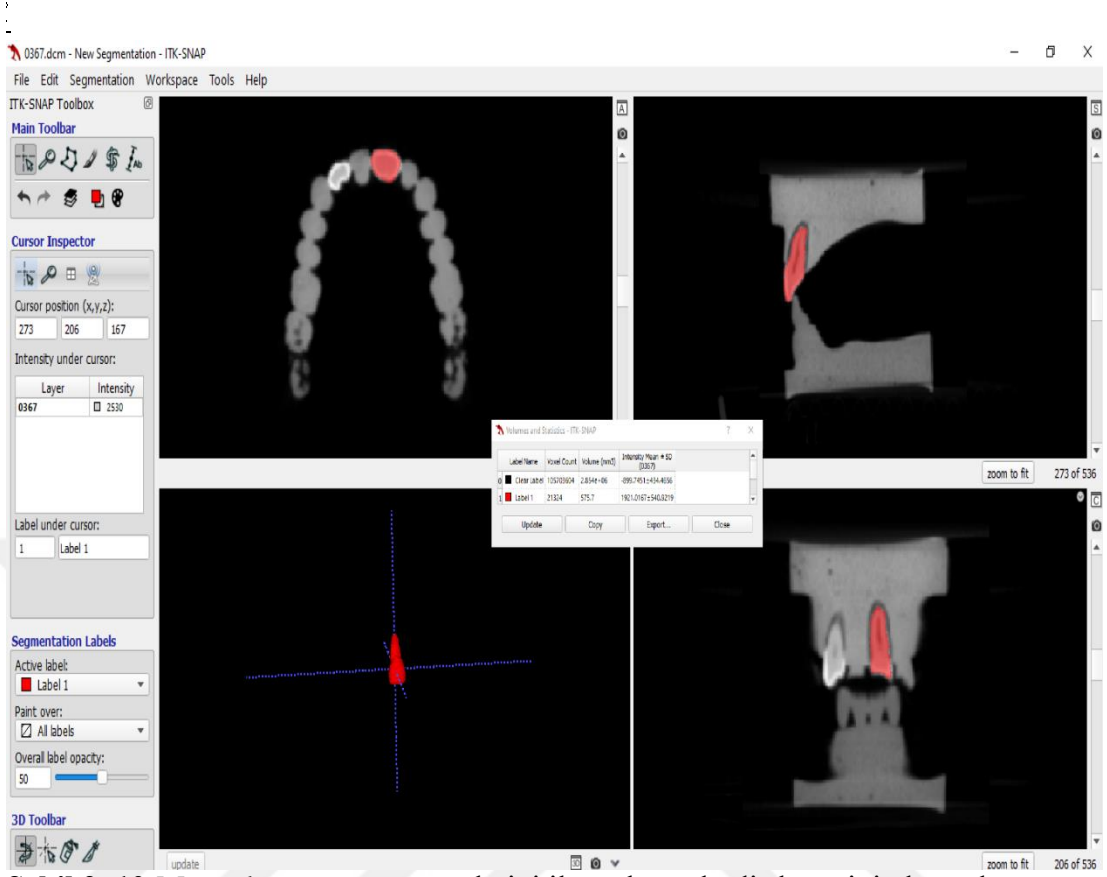


Şekil 2. 8:Aksiyal kesitlerde çizimi tamamlanan dişin üç boyutlu görüntüsü ve hacim sonuçları

Görüntüler manuel ve yarı otomatik segmentasyon yöntemi ile hesaplanmak üzere ücretsiz ve açık erişimli ITK SNAP v.3.8.0 programında açıldı. İlk olarak manuel segmentasyon tekniği ile aksiyal kesitte dişlerin dış sınırları çizildi. Bu esnada program, çizimleri her üç kesitte de aynı anda kontrol etme imkânını sunuyordu(Şekil 2.9). Çizimler tamamlandınc güncelleme-update seçeneği ile dişin üç boyutlu görüntüsü sol alt ekranda oluşturuldu. Segmentasyon/ hacim ve istatistikler seçeneği ile ölçüm sonuçlarının yer aldığı rapor elde edildi(Şekil 2.10).



Şekil 2. 9:Manuel segmentasyon tekniğinde dişin dış sınırlarının kesit kesit çizilmesi

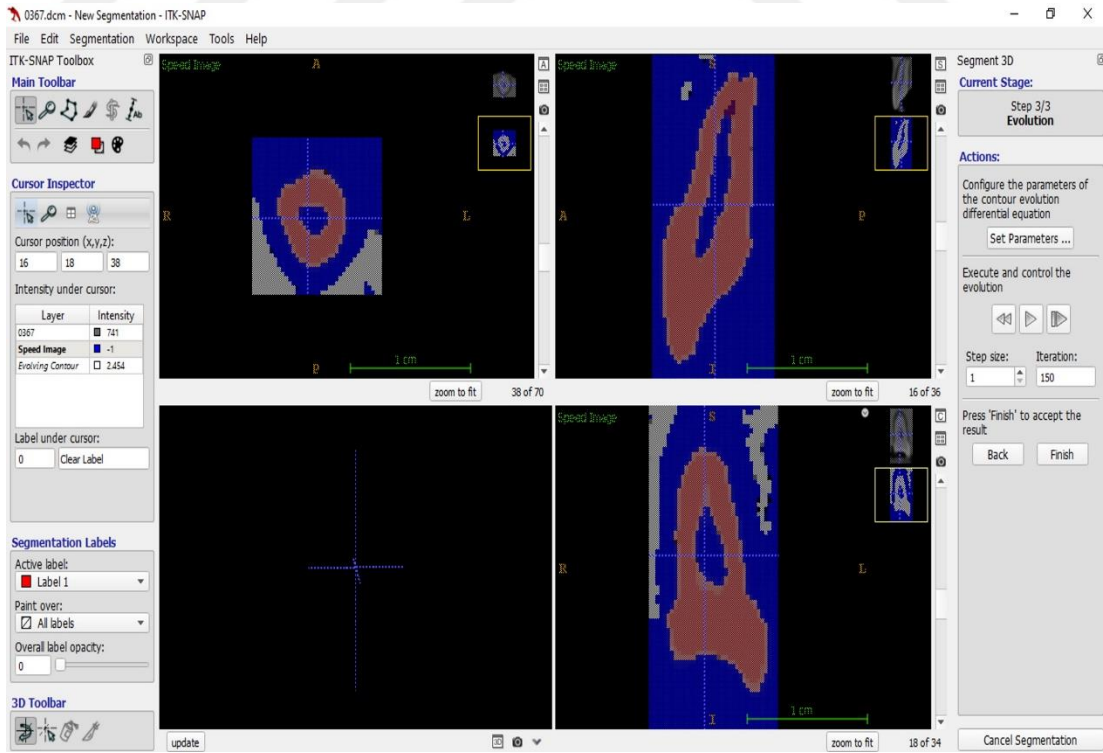


Şekil 2. 10:Manuel segmentasyon tekniği ile üç boyutlu diş hacminin hesaplanması

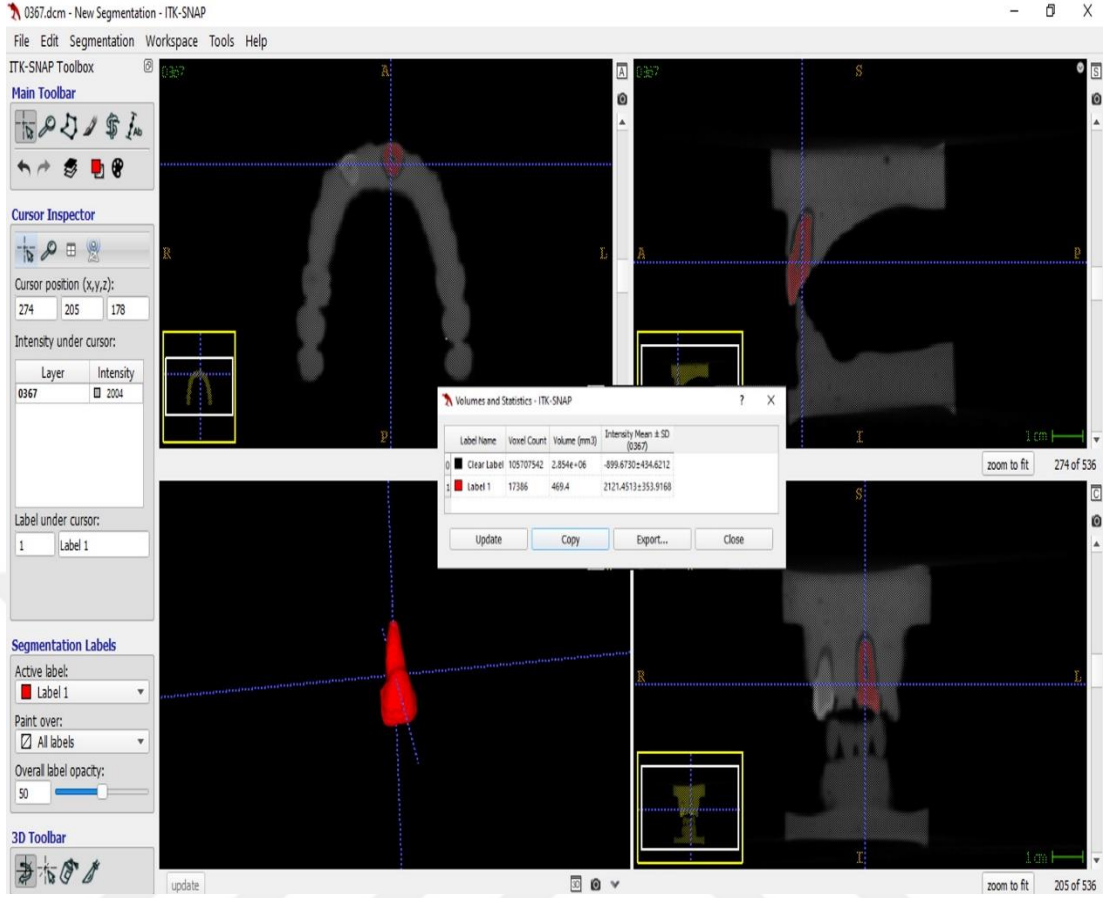
ITK SNAP programında yarı otomatik segmentasyon yöntemi ile ölçümlerde aktif kontür segmentasyon modu kullanılarak çalışma bölgesi(region of interest) her üç kesitte de belirlendi(Şekil 2.11). Üç boyutlu görüntüyü oluşturmak için kümelenme-clustering presegmentasyon modu seçeneğinde modellenmenin başlanacağı alana boyama için yayılım noktaları yerleştirilerek diş sert doku yapıları ve pulpa odasının ayrı ayrı üç boyutlu görüntüsü oluşturuldu(Şekil 2.12). Segmentasyon/ hacim ve istatistikler seçeneği ile ölçüm sonuçlarının yer aldığı rapor elde edildi(Şekil 2.13).



Şekil 2. 11:Yarı otomatik segmentasyon yönteminde çalışma alanının belirlenmesi



Şekil 2.12:Dişlerin presegmentasyon metodunda üç boyutlu yapıyı oluşturmak üzere boyanması



Şekil 2. 13:Üç boyutlu görüntünün oluşturulması ve hacimsel sonuçlar

Tüm ölçümler tek bir gözlemci tarafından üç ay süre boyunca yapıldı. Gözlemci içi uyumu değerlendirmek için aynı görüntü inceleme koşulları altında ölçümler bir ay sonra 10 adet dış üzerinde tekrarlandı. Tüm ölçüm sonuçları kaydedilerek Microsoft Excel Çalışma tablosuna aktarıldı.

2.7.İstatistiksel Analiz

Örneklem sayısının belirlenmesi amacıyla G*power versiyon 3.1.9.2 (Franz Faul, Universitat Kiel, Germany) programı kullanılarak güç analizi yapıldı. %80 güç ile ve 0.05 anlamlılık düzeyinde 5 ayrı grupta yapılan ölçümlerin farklılıklarının belirlenmesi için 30 örneklem sayısının gerekli olduğu tespit edildi.Elde edilen veriler SPSS v 20 programına aktarıldı.Farklı yazılım programlarında ölçülen radyografik diş hacimleri One-way ANOVA testi ile karşılaştırıldı. Verilerin homojen olarak dağıldığı tespit edilerek Tukey testi ile çoklu karşılaştırmalar yapıldı. Anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak kabul edildi.Gözlemci içi uyuma Cronbach's alpha testi ile değerlendirildi .

3.BULGULAR

Yapılan ölçümlerin bir ay aralık ile tekrarlanan gözlemci içi uyum sonuçları Çizelge 3.1 ' de yer almaktadır. Gözlemci içi uyum farklı ölçüm yöntemlerine göre karşılaştırıldığında en düşük değer $\alpha=0.835$ olarak bulunmuş olup yapılan tüm ölçümlerde gözlemci içi uyum çok yüksek düzeyde bulunmuştur.

Çizelge 3. 1: Farklı yazılım programları ve voksel boyutlarında gözlemci içi uyum değeri

Yazılım programları		Alpha
3D Doctor 0.3 V 1.ölçüm	3D Doctor 0.3 V 2.ölçüm	0.997
3D Doctor 0.4 V 1.ölçüm	3D Doctor 0.4 V 2.ölçüm	0.998
ITKSnap Manuel 0.3 V 1. ölçüm	ITKSnap Manuel 0.3 V 2. ölçüm	0.999
ITKSnap Manuel 0.4 V 1. ölçüm	ITKSnap Manuel 0.4 V 2. ölçüm	0.998
ITKSnap Otomatik 0.3 V 1. ölçüm	ITKSnap Otomatik 0.3 V 2. ölçüm	0.997
ITKSnap Otomatik 0.4 V 1. ölçüm	ITKSnap Otomatik 0.4 V 2. ölçüm	0.835

Ortalama fark $p<0.05$ düzeyinde anlamlıdır.

Yapılan tüm ölçümlerin ortalama değerleri, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri Çizelge 3.2’de yer almaktadır. Sıvı deplasman yöntemi ile karşılaştırıldığında maksimum değerde 3D Doctor ile yapılan ölçümlerin (0.4 voksel (796.14 mm³) ve 0.3 voksel (786.4 mm³)) en yüksek, ITK Snap ile yapılan yarı otomatik ölçümlerin minimum değerinde (0.4 voksel(260.7 mm³) ve 0.3 voksel(243.5 mm³)) en düşük olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3.2: Ölçülerin ortalama değerleri, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri

Hacim Ölçüm Tekniği	Ortalama değer	Standart sapma değeri	Minimum değer	Maksimum değer
Sıvı deplasman	465.0000	84.23080	250.00	600.00
3D tarayıcı	461.6138	87.50998	288.84	624.62
3D Doctor 0.3 voksel	535.8057	104.70670	373.44	786.40
3D Doctor 0.4 voksel	551.8583	103.55621	362.07	796.14
ITK Snap 0.3 voksel, manuel	460.7267	99.45947	297.50	657.90
ITK Snap 0.4 voksel, manuel	461.1200	99.76259	289.40	653.50
ITK Snap 0.3 voksel, otomatik	421.7780	90.00579	260.70	594.60
ITK Snap 0.4 voksel, otomatik	404.1443	82.09682	243.50	549.00

Sıvı deplasman yöntemi altın standart olarak kabul edildiğinde diğer programların farklılık durumları Çizelge 3.3’de gösterilmiştir. İstatistiksel olarak sıvı deplasman yöntemi ile 3D Doctor 0.4 voksel boyutunda yapılan hacim ölçümü arasında anlamlı farklılık vardır. Sıvı deplasman yöntemi ile 3D intraoral tarayıcı ve ITK Snap manuel segmentasyon yönteminde her iki voksel boyutunda da yapılan hacim ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ve ortalamalar farkı çok düşük değerdedir. 3D Doctor programında 0.3 voksel boyutunda ve ITK Snap programında yarı otomatik segmentasyon ile her iki voksel boyutunda yapılan ölçümler sıvı deplasman yönteminden istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemekle birlikte ortalamalar farkı yüksek olarak bulunmuştur.

Çizelge 3. 3:Sıvı deplasman yöntemi altın standart olarak kabul edildiğinde diğer programların ortalama fark, standart hata ve anlamlılık düzeyleri (p)

Altın standart	2.yöntem	Ortalamalar farkı	Standart hata	P
Sıvı deplasman yöntemi	TARAYICI	3.38620	24.34575	1.000
	3D DOCTOR 0.3 V	-70.80567	24.34575	0.076
	3D DOCTOR 0.4 V	-86.85833*	24.34575	0.010*
	ITKSNAP 0.3 V, MANUEL	4.27333	24.34575	1.000
	ITKSNAP 0.4 V, MANUEL	3.88000	24.34575	1.000
	ITKSNAP 0.3 V, OTOMATİK	43.22200	24.34575	0.637
	ITKSNAP 0.4 V, OTOMATİK	60.85567	24.34575	0.201

Ortalama fark $p < 0.05$ düzeyinde anlamlıdır.

3D tarayıcı altın standart olarak kabul edildiğinde diğer programların farklılık durumları Çizelge 3.4’de gösterilmiştir İstatistiksel olarak 3D intraoral tarayıcı ile 3D Doctor 0.4 voksel boyutunda yapılan hacim ölçümü arasında anlamlı farklılık vardır. 3D intraoral tarayıcı ile sıvı deplasman yöntemi ve ITK Snap manuel segmentasyon yönteminde her iki voksel boyutunda da yapılan hacim ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ve ortalamalar farkı çok düşük değerdedir.3D Doctor programında 0.3 voksel boyutunda ve ITK Snap programında yarı otomatik segmentasyon ile her iki voksel boyutunda yapılan ölçümler 3D intraoral tarayıcıda ölçülen hacim değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemekle birlikte ortalamalar farkı yüksek olarak bulunmuştur.

Çizelge 3. 4:İntraoral tarayıcı altın standart olarak kabul edildiğinde diğer programların ortalama fark, standart hata ve anlamlılık düzeyleri(p)

Altın standart	2.yöntem	Ortalamalar farkı	Standart hata	P
3D İntraoral tarayıcı	SIVI DEPLASMAN	-3.38620	24.34575	1.000
	3D DOCTOR 0.3 V	-74.19187	24.34575	0.052
	3D DOCTOR 0.4 V	-90.24453*	24.34575	0.006*
	ITKSNAP 0.3 V, MANUEL	0.88713	24.34575	1.000
	ITKSNAP 0.4 V, MANUEL	0.49380	24.34575	1.000
	ITK SNAP 0.3 V, OTOMATİK	39.83580	24.34575	0.728
	ITKSNAP 0.4 V, OTOMATİK	57.46947	24.34575	0.266

Ortalama fark $p < 0.05$ düzeyinde anlamlıdır.

Farklı voksel boyutlarında (0.3 voksel, 0.4 voksel) yapılan hacim ölçümleri Çizelge 3.5’ de verilmiştir.3D Doctor programında manuel olarak ve ITK Snap programında manuel ve yarı otomatik segmentasyon tekniği ile yapılan hacim ölçümlerinde 0.3 voksel ve 0.4 voksel boyutları arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır. ITK Snap programında manuel segmentasyon tekniği ile yapılan ölçümlerde her iki voksel boyutu arasında ortalamalar farkı en düşük değerde bulunmuştur.

Çizelge 3.5:Yazılım programlarının 0.3 V- 0.4 V boyutları arasında ortalama fark, standart hata ve anlamlılık düzeyi(p)

Voksel Boyutları		Ortalamalar farkı	Standart hata	P
3D DOCTOR 0.3 V	3D DOCTOR 0.4 V	-16.05267	24.34575	0.998
ITKSNAP 0.3 V MANUEL	ITKSNAP 0.4 V MANUEL	-0.39333	24.34575	1.000
ITKSNAP 0.3 V OTOMATİK	ITKSNAP 0.4 V OTOMATİK	17.63367	24.34575	0.996

Ortalama fark $p < 0.05$ düzeyinde anlamlıdır.

ITK Snap programında manuel ve yarı otomatik segmentasyon tekniği ile yapılan ölçüm değerleri arasındaki farklılık Çizelge 3.6' da verilmiştir. Manuel ve yarı otomatik segmentasyon tekniği arasında her iki voksel boyutunda yapılan ölçümler arasında anlamlı bir farklılık bulunmamakla birlikte 0.3 voksel boyutunda ortalamalar farkı daha düşüktür.

Çizelge 3.6: Manuel ve yarı otomatik segmentasyon teknikleri arasında ortalamalar farkı, standart hata ve anlamlılık düzeyi(p)

Segmentasyon tekniği		Ortalamalar farkı	Standart hata	P
ITK Snap Manuel (0.3 V)	ITK Snap Otomatik (0.3 V)	38.94867	24.34575	0.750
ITK Snap Manuel (0.4 V)	ITK Snap Otomatik (0.4 V)	56.97567	24.34575	0.277

Ortalama fark $p < 0.05$ düzeyinde anlamlıdır.

3D Doctor ve ITK Snap programında manuel segmentasyon tekniği ile yapılan hacim ölçümleri arasındaki farklılık Çizelge 3.7’de gösterilmiştir. İki program arasında yapılan ölçümlerde her iki voksel boyutunda da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır. Bu fark 0.4 voksel ile yapılan ölçümlerde daha yüksek değerdedir.

Çizelge 3. 7: 3D Doctor ve ITK Snap programlarında manuel teknikle yapılan ölçümler arasındaki ortalamalar farkı, standart hata ve anlamlılık düzeyi(p)

Yazılım programları		Ortalamalar Farkı	Standart Hata	P
3D Doctor (0.3 V)	ITK Snap (0.3 V)	75.07900*	24.34575	0.047
3D Doctor (0.4 V)	ITK Snap (0.4 V)	90.73833*	24.34575	0.006

Ortalama fark $p < 0.05$ düzeyinde anlamlıdır.

4.TARTIŞMA VE SONUÇ

Üç boyutlu görüntüleme yöntemlerinin kullanımının hızla artmasına bağlı olarak klinisyenler yazılım programları, hacim ölçüm teknikleri ve bu yöntemlerin kullanım alanları ile ilgili daha fazla bilgi sahibi olmayı amaçlamaktadır. Yapılan çeşitli çalışmalarda dişlerin, çene kemiklerinin, çekim soketlerinin, yapay olarak oluşturulan defekt-patoloji boyutlarının fiziksel ölçümler sonucu elde edilen hacimleri ile tek bir yazılım programında yapılan hacim analizleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalar KIBT tekniğinin hacim ölçümü için güvenilir olduğunu göstermiştir (Bayram ve ark. 2012; Ahlowalia ve ark. 2013; Agbaje ve ark. 2007). Bu çalışmada da üç boyutlu hacim analizini yapmak üzere daha düşük radyasyon dozuna sahip, düşük maliyetli, az yer kaplayan ve milimetrik düzeyde görüntüleme sağlayan Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi tercih edilmiştir.

Adli diş hekimliğinde yaş tahmini belirlenmesi kimliği belirsiz kişilerin tanınması, cezai soruşturmalar, arkeolojik ve antropolojik çalışmalar açısından önemlidir. Dişlerin mekanik, kimyasal, fiziksel etkilere ve zamana karşı dirençli olmaları ve bireyin beslenme, çevre ve yaşam koşullarından daha az etkilenmeleri sebebiyle yaş tahmini belirlemede dişlere dayalı çeşitli teknikler geliştirilmiştir(Ge ve ark. 2016). Bu tekniklerden en çok kullanılanlarından birisi de yaş arttıkça sekonder dentin yapımı ile pulpa boşluğunun boyutunun azalmasına bağlı olarak geliştirilen pulpa /diş hacim oranının ölçümüdür(Panchbhai 2011). Biuki ve ark. kesici dişlerde MIMICS yazılım programı ile, Gülşahi ve ark. kesici ve premolar dişlerde 3D Doctor yazılım programı ile, Akay ve ark. tek köklü dişlerde ITK-Snap yazılım programı ile yaş tayini hesaplamışlar ve yaşlanma ile pulpa hacminde bir azalma olduğunu, pulpa/diş hacmi oranları ile yaş arasında ters bir korelasyon görüldüğünü bildirmişlerdir(Biuki ve ark. 2017; Gulsahi ve ark. 2017; Akay ve ark. 2019). Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi kullanılarak yapılan yaş tayini çalışmalarında kullanılan yazılım programları ve segmentasyon tekniğinin ölçülen diş hacminin etkilerine dair bir çalışma bulunmamaktadır.

Kesici dişlerde KIBT görüntülerinde pulpa/diş hacim oranı ile ilişkili yaş tayini hesaplaması yapan bazı çalışmalarda bildirilen ortalama diş hacimleri Çizelge 4.1' de verilmiştir. Bu çalışmalardaki örneklem sayısı, populasyonun etnik kökeni, kullanılan yazılım programı ve kullanılan teknikler ortalama diş hacimlerini etkilemektedir. Molina ve ark. İspanyol etnik kökeninde Planmeca Romexis programında 32'si kesici diş olmak üzere 313 örneklem üzerinde yaş tayini hesabı yapmışlardır. Otomatik segmentasyon yöntemi ile pulpa odası ve kron hacmini ayrı ayrı hesapladıkları çalışmada santral dişlerin hacim ortalaması $659+6.1(\text{kron+pulpa})\text{mm}^3$, lateral dişlerin hacim ortalamasını $438+7.7(\text{kron+pulpa})\text{mm}^3$ olarak hesaplamışlar ve dental yaş tahmini için en güçlü korelasyonun kesici dişlerde olduğunu bildirmişlerdir (Molina ve ark. 2021). Porto ve ark. Brezilya etnik kökeninde 118 santral kesici diş ile yaptıkları çalışmada ortalama santral diş hacmini 609.85mm^3 olarak hesaplamışlardır. Kullandıkları ücretsiz ve açık erişimli DentalSlice yazılım programının kolaylığını vurgulayarak her diş için 15 dakikalık kısa bir sürenin hacim hesaplamada yeterli olduğunu ve önceki çalışmalara benzer şekilde pulpa/diş hacminde yaş ile birlikte azalma olduğunu bildirmişlerdir (Porto ve ark. 2015). Biuki ve ark. yaş tayini hesaplamada İran etnik grubunda kesici dişlerin doğruluğunu değerlendirmişler maksiller santral ve kanin dişlerin doğruluk oranını yüksek bulmuşlardır. Mimics yazılım programında manuel olarak 122 denekte yaptıkları hacim ölçümlerinde ortalama diş hacimlerini üst santral dişlerde 482.5mm^3 , üst lateral dişlerde 320.7mm^3 , üst kanin dişlerde 545.4mm^3 olarak hesaplamışlardır (Biuki ve ark. 2017). Bizim çalışmamızda kullanılan 30 adet kesici dişin ortalama fiziksel hacmi 465mm^3 , farklı radyografik görüntüleme programlarında farklı voksel boyutlarında hesaplanan ortalama hacim değerleri ise 404.1 ile 551.8mm^3 değer aralığında bulunmuştur. Bu değer aralığı literatürdeki ölçümlere yakındır ancak çalışmamızda lateral dişlerin de kullanılmış olması ortalama hacim değerlerinin diğer çalışmalara göre daha düşük olmasına sebep olmuştur.

Yazar	Etnik köken	Örneklem sayısı	Kullanılan program	Kullanılan yöntem	Ortalama hacim(mm ³)
Molina ve ark.,2020	İspanya	32	Planmeca Romexis	Otomatik segmentasyon	561,87
Porto ve ark.,2015	Brezilya	118	DentalSlice	Yarı otomatik segmentasyon	609,85
Biuki ve ark.,2017	İran	122	MIMICS	Manuel segmentasyon	482,5
Mevcut çalışma	Türkiye	30	3D Doctor	Manuel segmentasyon	543,8
			ITK Snap	Manuel segmentasyon	460,9
				Yarı otomatik segmentasyon	412,9

Çizelge 4. 1:KIBT ile yapılmış çeşitli çalışmalarda kesici dişlerde bildirilen ortalama diş hacimleri

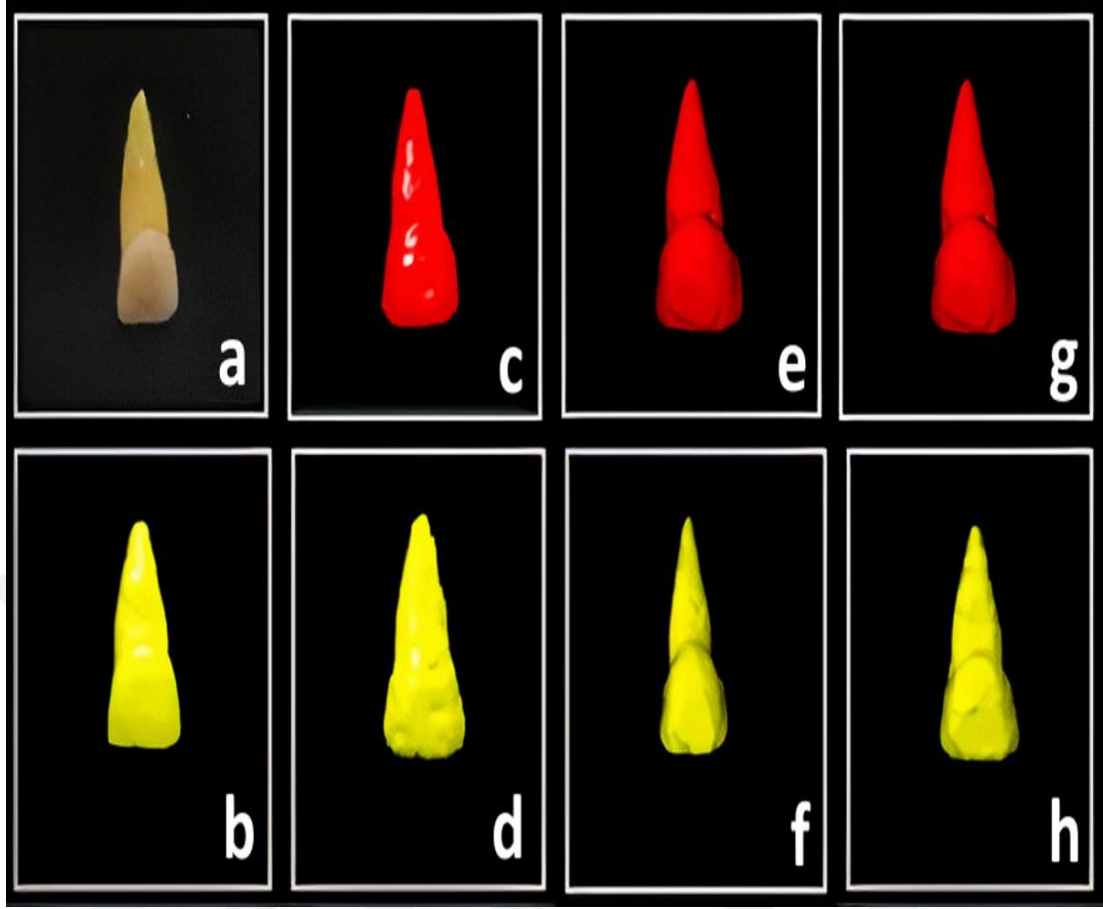
Diş hacminin üç boyutlu olarak görselleştirilmesi ve kron kök morfolojisinin bilinmesi ile diş hekimlerinin tanı ve tedavi seçeneklerine yaklaşımı kolaylaşmakta, cerrahi tedavilerin simülasyonu, ortodontik tedavi süresi boyunca braket ve diğer apareylerin yerleştirilmesi kolaylıkla sağlanabilmektedir. Ototransplantasyon prosedürleri sırasında ve özel yapım anatomik implantolojide üç boyutlu yazdırılmış diş kopyaları kullanımında doğru diş rekonstrüksiyonu önemlidir(Shahbazian ve ark. 2013; Rastegar ve ark. 2018). Literatürde ilk kez Liu ve ark.(2010) tarafından KIBT ile dişlerin segmentasyonu ile hacimsel tayinleri yapılmış ve fiziksel ölçümlerle karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada fiziksel hacimler su deplasman yöntemi kullanılarak hesaplanmış, tomografi görüntüleri ise Amira yazılım programında değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda tekniğin % 4-7'lik bir hata oranı ile kabul edilebilir olduğu bildirilmiştir. İlerleyen teknoloji ile birlikte dişlerin 3 boyutlu

görselleştirilmesinin diş hekimliğinde tanı ve tedavi yaklaşımlarında en önemli noktalardan biri haline gelmesi ayrıca adli odontolojide yaş tayini için en sık kullanılan tekniklerde diş hacim analizinin kritik bir değere sahip olması sebebiyle bizim çalışmamızda diş hacim analizi çeşitli yazılım programı ve teknikleri ile değerlendirilmiştir.

Sıvı deplasman yöntemi yapılan birçok hacim ölçüm çalışmasında altın standart olarak kabul edilmektedir. Arşimet prensibine dayanan bu yöntemde bilinen hacme sahip bir sıvının içine atılan herhangi bir yapı, sahip olduğu hacim kadar sıvının yer değiştirmesine neden olmaktadır. Böylelikle izole bir nesnenin hacmi doğrudan ölçülebilir. Literatürde KIBT ile yapılan hacim ölçümlerinin doğruluğu en çok fiziksel hacim- su deplasman yöntemi ile karşılaştırılmakla birlikte başka tekniklerin karşılaştırıldığı çalışmalar da mevcuttur. Bayram ve ark.(2012) mandibuler kondil hacmini değerlendirdikleri çalışmada KIBT görüntülerinde Cavalieri prensibini kullanmışlar ve sıvı deplasman yöntemi ile hesapladıkları fiziksel ölçümlere yakın sonuçlar elde etmişlerdir. Cavalieri prensibi deneysel çalışmalarda yapıların hacimlerini hesaplamak için kullanılan stereolojik bir tekniktir. Bu teknikte yapının dilim ya da kesitlerinin toplam yüzey alanı hesaplanır ve kesit kalınlığı ile çarpılır (Odaci ve ark. 2005). Wang ve ark.(2011) kök rezorpsiyonlarının hacimlerini değerlendirdikleri çalışmada in vivo KIBT ölçümlerini MIMICS yazılım programında ölçmüşler ve in vitro mikro BT ölçümleri ile birbirine yakın bulmuşlardır. Ahlowalia ve ark.(2013) in vitro olarak periapikal lezyonları simüle eden yapay kemik defektlerinin hacimlerini fiziksel ölçümler, mikro BT ve KIBT'de Microview yazılım programında değerlendirmişler ve sonuçlar arasında istatistiksel olarak fark bulmamışlardır. Mikro BT günlük klinik kullanım için uygun değildir, ancak üç boyutlu araştırmalarda standart bir referans olarak kabul edilmektedir. Ayrıca KIBT' a kıyasla radyasyon dozu yüksek ve işlem yapma süresi oldukça uzundur. Kamburoğlu ve arkadaşları(2015) kadavralar üzerinde hazırladıkları yapay maksillofasiyal defektlerin hacim ölçümünü su deplasman yöntemi, 3D Doctor yazılım programı ve 3D optik tarayıcı ile ölçmüşlerdir. Ölçümler arasında anlamlı bir farklılık olmamakla birlikte optik tarayıcının daha doğru sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da KIBT görüntülerinde yapılan radyografik ölçümler ve su deplasman yöntemi ile

yapılan fiziksel hacim ölçümleri 3D intraoral tarayıcı ile karşılaştırılmıştır. İstatistiksel olarak 3D intraoral tarayıcı ile sadece 3D Doctor 0.4 V boyutunda yapılan hacim ölçümü arasında anlamlı farklılık bulunmuş diğer tüm ölçümlerde birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Literatürde yapılan araştırmalarda şu anda piyasada kullanılmakta olan 18’ den fazla yazılım programı olduğu bildirilmiştir (Guijarro-Martínez ve ark. 2011).DICOM dosyalarını işleyerek diş hekimliği görüntülemesinde kullanım sağlayan bu yazılım programları gri tonlamalar, parlaklık ve kontrast gibi çeşitli görsel ayarlamalara izin verme, görüntüleri yakınlaştırma, açıklama ve ölçümler ekleyebilme, üç boyutlu rekonstruksiyon sağlama gibi çeşitli özelliklere sahiptir (Melo ve ark. 2013). Bizim çalışmamızda FDA tarafından medikal görüntüleme ve 3 boyutlu görselleştirme uygulamalarında onay almış, Scientific Computing & Instrumentation Dergisi tarafından 2000 ve 2002 yıllarında ‘En İyi Medikal Görüntüleme ve 3D Görselleştirme Yazılımı’ olarak bildirilmiş, şu anda dünya çapında önde gelen hastaneler, tıp okulları ve araştırma kuruluşları tarafından kullanılan 3D Doctor yazılım programı ile ücretsiz, açık erişimli, kullanımı kolay ve birçok işletim sistemine uygun bir yazılım programı olan ITK Snap programı kullanılmıştır.Şekil 4.1’de çekilmiş dişin intraoral tarayıcı ve iki farklı KIBT voksel boyutunda 3D Doctor programı ile, yine iki farklı voksel boyutunda ve manuel-yarı otomatik segmentasyon tekniği ile iki farklı segmentasyonda ITK snap programı ile yapılan ölçümlerin üç boyutlu görüntüleri yer almaktadır.(Şekil 4.1) Çalışmamızın sonucuna göre 3D Doctor ve ITK Snap programında manuel segmentasyon tekniği ile yapılan diş hacim ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık vardır. ITK Snap programında yapılan manuel ölçümler su deplasman yöntemi ve 3D intraoral tarayıcı ile elde edilen ölçümlere daha yakın sonuç vermektedir.



Şekil 4.1:A:Dişin gerçek görüntüsü.B:3D tarayıcı ile elde edilen üç boyutlu görüntü.C-D.3D Doctor programında 0.3 -0.4 V boyutunda dişin üç boyutlu görüntüsü.E-F.ITK Snap programında 0.3-0.4 V boyutunda otomatik segmentasyon yöntemi ile oluşturulan üç boyutlu görüntü.G-H.ITK Snap programında 0.3-0.4 V boyutunda manuel segmentasyon yöntemi ile oluşturulan üç boyutlu görüntü

Melo ve ark.(2013) deneysel olarak indüklenen dikey kök kırıklarının saptanmasında dört dental yazılım programı (Dolphin, KDIS3D, InVivo ve Xoran) kullanarak tanısal veri üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Restore edilmemiş, gütta perka ve metalik post ile dolumu yapılmış üç grubun kök kırıklarının değerlendirildiği çalışmada yazılım programlarının kırık saptanmasında eşit sonuç verdiği ancak post bulunan grupta metal artefaktı nedeniyle teşhisin zorlaştığını bildirmişlerdir. Üçüncü taraf yazılım programlarının her biri farklı rekonstruksiyon algoritmaları kullandığından, potansiyel olarak artefaktlara neden olan yapılar sergileyen verileri işlerken her bir yazılım programının nasıl davrandığını değerlendirmenin önemini vurgulamışlardır. Poleti ve ark.(2016) kuru mandibulada

dijital kumpas ile yaptıkları lineer ölçümleri 3D yüzey modellerinde Dolphin (solid 1 ve Translucent) ve InVesalius programlarında değerlendirmişlerdir. Standart ayarlanmış thresholding değerleri ile yapılan ölçümlerde Dolphin programının Solid 1 filtresinde ölçülen değer en yüksek doğruluğa sahip olduğu ve yazılım programları arasında istatistiksel bir fark olmadığı bildirilmiştir.

KIBT görüntülerinde yapılan hacim ölçümlerinde yazılım programlarının doğruluğunun karşılaştırılması literatürde en çok hava yolu ölçümleri hesaplanarak değerlendirilmiştir. Weishemerr ve arkadaşları(2012) 6 adet yazılım programını üst hava yolu analizi ölçümünde değerlendirmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda üst hava yolunun hacim ölçümlerinde Mimics, Dolphin3D, OsiriX ve ITK-Snap programlarının birbirine benzer ve Invivo Dental ile Ondemand3D programlarına göre daha güvenilir olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Chen ve arkadaşları(2017) ise yaptıkları üst hava yolu hacim ölçümü analizinde Amira, 3Diagnosys ve Ondemand3D yazılım programını kullanmışlar ve üç programın da güvenilir olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Burkhard ve ark. ortognatik cerrahi öncesi ve sonrası sınıf 3 prognatik hastalarda posterior hava yolunu değerlendirdikleri çalışmada Mimics, OsiriX ve BrainLab yazılım programlarını değerlendirmişler ve sonuçların birbirine yakın olduğunu bildirmişlerdir(Burkhard ve ark. 2014).

Yapılan havayolu analiz çalışmalarında akrilik veya silikon benzeri fantom modeller, kadavra kafatası, 3D baskılı antropomorfik modeller kullanılmıştır ancak bu şekilde havayolunun solunum fazı evresine ve kafanın postürüne göre değişen boyutlarını birebir yansıtmamanın mümkün olmadığı belirtilmiştir. Bu konuda çalışma yapan yazarlar yumuşak damak, epiglot ve özofagus girişinin dik pozisyondan sırtüstü pozisyona geçildiğinde posterior olarak hareket ettiğini ve dik pozisyondaki enine kesit alanının sırtüstü pozisyondan daha büyük olduğunu bildirmişlerdir. Dik pozisyonun doğal kafa pozisyonuna daha yakın olduğunu belirterek, üst hava yolu morfolojisi ve boyutlarının taban çizgisi değerlendirmesi için bu pozisyonu önermişlerdir. Servikal omurganın en üst kısmında kraniyoservikal açılanma ile tanımlanan kafa postürü ile posterior hava yolu boşluğu arasında güçlü bir korelasyon olduğu bildirilmiştir. Kraniyoservikal açılanmada 10 derecelik bir değişikliğin, arka hava yolu boşluğunda 4 mm'lik bir değişiklik üretebileceğini

bildirmişlerdir. Hava yolu ölçümleri ile ilgili yapılan sistematik bir derlemede literatürde çoğu çalışmanın veri toplama sırasında solunum fazını kontrol etmediğini ve benzer şekilde, orofaringeal hava yolunun şeklini ve boyutunu etkilediği gösterilen mandibula ve dil pozisyonunun çoğu makale tarafından belirtilmediği bulunmuştur(Guijarro-Martínez ve ark. 2011). Ayrıca görüntüleme parametreleri, segmentasyonun doğruluğu, imaj kalitesi ve eşik değeri gibi çeşitli faktörlerin de ölçüm sonuçlarını etkilediği bilinmektedir.

KIBT görüntülerinin çözünürlüğü ve dolayısıyla detayı hacimsel veri gruplarını oluşturan hacim elemanlarına-voksel bağlıdır. Voksel üç boyutlu görüntünün ayırt edilebilen en küçük hacim elemanıdır. Diş hekimliğinde klinik vakaya göre voksel boyutları belirlenmelidir ancak vakaya göre voksel seçimini bildiren genel bir protokol mevcut değildir. Bununla birlikte büyük görüntüleme alanında(FOV:Field of view) küçük voksel boyutu seçimi uzaysal çözünürlüğü arttırmaktadır. Kök ve periapikal patolojiler, ankiloz, kök rezorpsiyonu gibi detaylı görüntüleme gerektiren vakalarda voksel boyutunun küçük olması incelemeyi kolaylaştırır(Özdede ve ark. 2019; Pauwels 2018). Ölçümler açısından voksel boyutunun farklılığının önemini araştıran çalışmalar yapılmıştır. En ideal imaj kalitesi/ radyasyon dozu 0.3 V boyutunda elde edilmekle birlikte üç boyutlu ölçümlerde 0.25 mm ve 0.4 mm voksel boyutları arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır(Forst ve ark. 2014; Damstra ve ark. 2010).Yılmaz ve ark. yaptıkları çalışmada 0.1, 0.15 ve 0.2 mm voksel boyutlarında kök kanal dolgu artıklarının hacimlerini 3D Doctor yazılım programı ve mikro-BT ile değerlendirmişler ve voksel boyutları ile elde edilen hacimler arasında anlamlı bir farklılık bulmamışlardır(Yılmaz ve ark. 2019). Ye ve ark. küçükazı dişlerinin kron ve kök yarılarını ayrı ayrı lazer taraması ve KIBT de 5 farklı voksel boyutunda (0.125, 0.20, 0.25, 0.30 ve 0.40 mm) taramışlar, MIMICS yazılım programında dişlerin hacim ölçümlerinin artan voksel boyutları ile daha büyük olma eğiliminde olduğunu bildirmişlerdir. Yüksek hassasiyetli hacim uygulamaları için düşük vokseli taramalar daha iyi görüntü kalitesi sunsa da daha yüksek radyasyon dozu ve daha uzun bir tarama süresi anlamına geleceğini belirtmişlerdir(Ye ve ark. 2012).Bizim çalışmamızda dişlerin tomografik görüntüleri 0.3 voksel ve 0.4 voksel olmak üzere

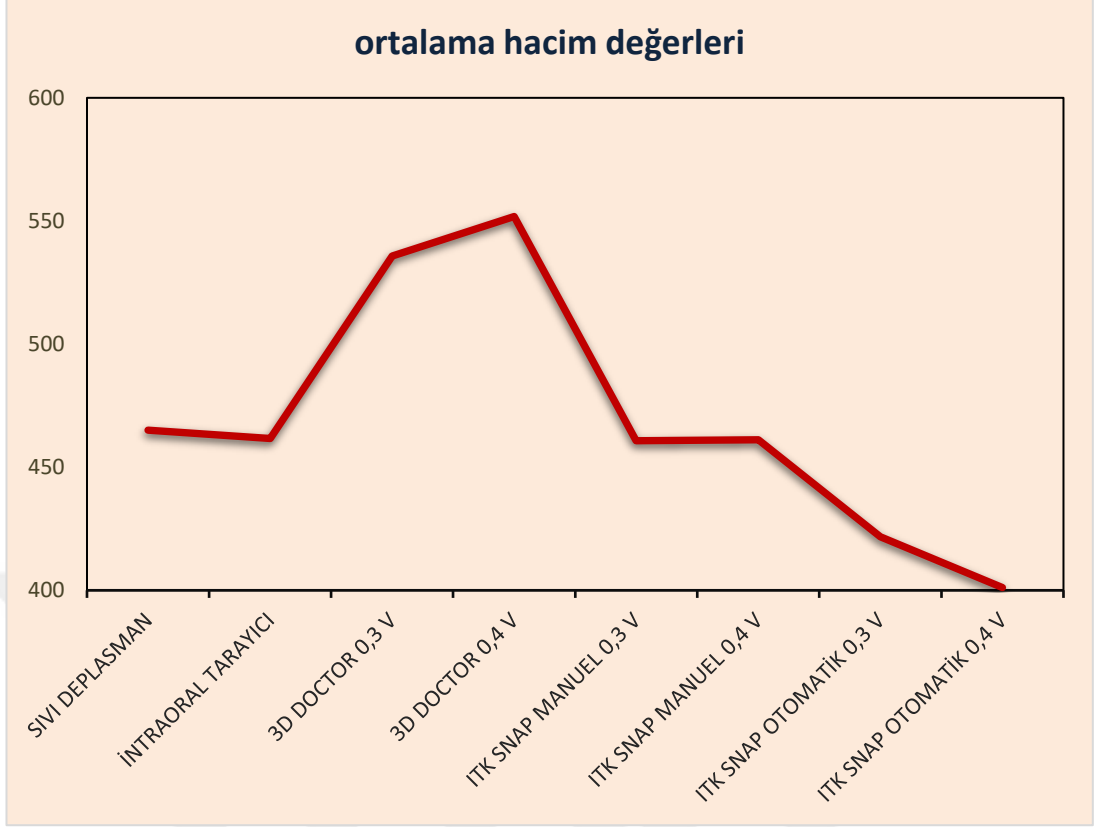
iki farklı voksel boyutunda alınmıştır. Her iki voksel boyutunda yapılan ölçümler arasında istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır.

Görüntüleme parametrelerinden uzaysal çözünürlüğü etkileyen başka bir faktör kesit kalınlığıdır. Sezgin ve ark. yapay olarak oluşturulan intraosseoz kemik defektlerinin KIBT görüntülerinde Cavalieri prensibini uygulayarak kesit kalınlığının etkilerini değerlendirmişlerdir. 0.2, 0.6, 1, 1.4 ve 2.2 mm kalınlıktaki ardışık kesitlerde yaptıkları ölçümlerde intraosseal kusurların hacim tahmini için 1 mm'ye kadar kesit kalınlığının ideal olduğunu daha kalın dilimlerin eksik tahminle sonuçlandığını bildirmişlerdir (Sezgin ve ark. 2013). Koç ve arkadaşları koyun mandibulasında yapay kemik defektleri oluşturarak hacim ölçümü üzerinde kesit kalınlığının etkilerini değerlendirdikleri çalışmada altın referans olarak mikro-Bt ve sıvı deplasman yöntemini kullanmışlardır. 3D Doctor programında yarı otomatik segmentasyon tekniği ile yapılan ölçümlerde doğru hacim için 0.5 mm ye kadar kesit kalınlığının optimum olduğunu, kesitlerin kalınlığı arttıkça hacimlerin azalma eğilimi gösterdiğini bildirmişlerdir (Koç ve ark. 2020).

Forst ve arkadaşları KIBT görüntülerini kullanarak invivo maksiller molar diş hacmi ölçümlerinde gözlemci içi ve gözlemciler arası hassasiyet için geliştirilmiş bir dizi görüntü segmentasyon modelini analiz etmişlerdir. Avizo 3D analiz yazılımı kullanarak yaptıkları ölçümlerde gözlemci içi uyumun en yüksek olduğu ölçüm yönteminin manuel iyileştirme ile otomatik segmentasyon (yarı otomatik segmentasyon), en düşük güvenilirlikle sonuçlanan yöntemin ise otomatik segmentasyon olduğunu bildirmişlerdir (Forst ve ark. 2014). Bizim çalışmamızda bir ay aralıklarla tekrarlanan gözlemci içi uyum, farklı ölçüm yöntemlerine göre karşılaştırıldığında en düşük değer $\alpha=0.835$ olarak ITK Snap otomatik segmentasyon yönteminde bulunmuş olup yapılan tüm ölçümlerde gözlemci içi uyum çok yüksek düzeyde bulunmuştur.

KIBT'da doğru hacim analizi yapmak ve 3D modeller oluşturmak için en önemli adımlardan birisi de segmentasyon tekniğidir. Klinik vakaya göre hedef anatomik yapının belirlenebilmesi için doğru segmentasyon yöntemi seçilmelidir. Manuel segmentasyonda kullanıcı kesit kesit ilerleyerek ilgili yapının sınırlarını belirler ve program üç boyutlu yapıyı oluşturur. Bu oldukça zaman alıcı ve yorucu

bir teknik olmasına rağmen karmaşık ve sınırların zor belirlendiği anatomik yapılarda daha doğru sonuçlar vermektedir(El ve ark. 2010). Yarı-otomatik segmentasyon tekniği otomatik yöntemdeki verimlilik ve tekrarlanabilirlik ile manuel yöntemdeki operatör kullanıcısının yargı etkisine izin vermesi açısından ilgi çekici bir yöntem olmuştur. Bu teknikte üç boyutlu rekonstrüksiyon için tüm iki boyutlu dilimlerde eşik değeri gibi bazı parametrelerin kullanıcı tarafından girilmesi gerekmektedir. Bilgisayar algoritması ise bu gri tonlama değerlerine dayalı olarak üç boyutlu yapıyı ve hacim sonuçlarını verir. Kim ve ark. yarı otomatik segmentasyon tekniğinin doğruluğunu değerlendirdikleri çalışmada kondil hacminin fiziksel ölçümü ile KIBT görüntülerinde Avizo yazılım programı ile yaptıkları hacim sonuçları arasında yüksek benzerlik bulmuşlardır. Geliştirilen yarı otomatik segmentasyon tekniğinin kondiler hacim için oldukça güvenilir ve doğru olduğunu bildirmişlerdir(Kim ve ark. 2020). Bizim çalışmamızda ITK Snap programında manuel ve yarı otomatik segmentasyon tekniği olarak iki farklı segmentasyon yöntemi kullanılmış ve ölçümler arasında her iki voksel boyutunda da anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.Manuel segmentasyon tekniği ile yapılan ölçümler fiziksel hacim ölçümü ve intraoral tarayıcı ile daha yakın sonuçlar göstermiştir.(Şekil 4.2)



Şekil 4. 2:Çeşitli program ve tekniklerde ölçümlerin ortalama hacim değerleri

Eşik değeri belirleme thresholding işlemi ise segmentasyonun temelini oluşturur. Kullanıcı bir eşik aralığı belirlediğinde bu aralıktaki gri seviyelere sahip tüm vokseller üç boyutlu yapıyı oluşturmak için seçilir. Her bir dişin içindeki ve dişi çevreleyen alveolar kemikteki homojen olmayan yoğunluk dağılımı sebebiyle eşik değerinin tam olarak belirlenememesi otomatik-yarı otomatik segmentasyon tekniklerinde hatalara yol açabilir (Ji ve ark. 2014) . Bizim çalışmamızda bu tür hataları minimize edebilmek için yarı otomatik segmentasyon tekniğinde pulpa odası ve dişin daha mineralize alanları farklı eşik değerleri belirlenerek ayrı ayrı ölçülmüştür.

Çekilmiş tek köklü dişlerle gerçekleştirilen çalışmamızın bulguları ışığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

1.Diş hacim ölçümünde sıvı deplasman yöntemi altın standart olarak kabul edildiğinde 3D Doctor 0.4 vksel boyutunda yapılan hacim ölçümü anlamlı farklılık

göstermiştir. Sıvı deplasman yöntemi ile 3D intraoral tarayıcı, ITK Snap manuel segmentasyon yöntemi, ITK Snap programında yarı otomatik segmentasyon yöntemi, 3D Doctor programında 0.3 voksel boyutunda yapılan hacim ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur.

2. 3D tarayıcı altın standart olarak kabul edildiğinde 3D Doctor 0.4 voksel boyutunda yapılan hacim ölçümü arasında anlamlı farklılık vardır. 3D intraoral tarayıcı ile sıvı deplasman yöntemi, ITK Snap manuel segmentasyon yönteminde her iki voksel boyutunda da yapılan hacim ölçümlerinde, ITK Snap programında yarı otomatik segmentasyon ile her iki voksel boyutunda yapılan ölçümlerinde, 3D Doctor programında 0.3 voksel boyutunda yapılan ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktur.

3.Farklı voksel boyutunda yapılan hacim ölçümlerinde kullanılan tüm programlar ve tekniklerde 0.3 voksel ve 0.4 voksel boyutunda istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır.

4. ITK Snap programında manuel ve yarı otomatik segmentasyon tekniği ile yapılan ölçüm değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır.

5. 3D Doctor ve ITK Snap programında manuel segmentasyon tekniği ile yapılan hacim ölçümleri arasında her iki voksel boyutunda da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır. Bu fark 0.4 voksel ile yapılan ölçümlerde daha yüksek değerdedir.

Yazılım programlarının kullanım kolaylığı, açık erişimli veya az maliyetli olması ve literatürde kullanıldığı vaka sayısına göre klinisyenler tercihlerini yapmalıdır. Bununla birlikte KIBT voksel boyutu, ölçümlerin segmentasyon yöntemleri ve kullanıcıların tecrübeleri ölçüm sonucunu etkileyebilen faktörlerdendir. Bu çalışma sonucunda voksel seçiminin kullanılacak görüntüleme programına göre tercih edilmesi gerekli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca her ne kadar manuel segmentasyon doğru sonuçlar verse de zaman alıcı olması yönünden yarı otomatik segmentasyonun tercih edilebileceği görülmektedir. Açık erişimli, ücretsiz ,kullanımı pratik olan ITK Snap programının dışerde manuel ve yarı otomatik segmentasyon tekniği ile hacim ölçümünde doğru sonuçlar verdiği

belirlenmiştir.Piyasada artan yazılım programlarından vakaya göre en güvenilir olanını tercih etmek ve radyolojik görüntüleri doğru analiz ederek en iyi tedavi sonucuna en kısa sürede ulaşmak için hekimlerin bu konuda bilgi edinmesi önemlidir.



KAYNAKLAR

'3D Medical Imaging Software/Materialise'. Accessed 10.05.2020.

'Able Software Corp.'. Accessed 01.10.2020. <http://www.ablesw.com/>.

ACAR B, KAMBUROĞLU K, TATAR İ, ARİKAN V, ÇELİK H H, YÜKSEL S, ÖZEN T.(2015) Comparison of micro-computerized tomography and cone-beam computerized tomography in the detection of accessory canals in primary molars, *Imaging science in dentistry*, 45: 205-11.

ADISEN M Z, KELES A, YORUBULUT S, NALCACI R.(2018) Age estimation by measuring maxillary canine pulp/tooth volume ratio on cone beam CT images with two different voxel sizes, *Australian Journal of Forensic Sciences*: 1-12.

ADISEN M Z, OKKESİM A, MISIRLIOĞLU M, YILMAZ S.(2018) Does sleep bruxism affect masticatory muscles volume and occlusal force distribution in young subjects? A preliminary study, *CRANIO®*: 1-7.

AGBAJE J O, JACOBS R, MAES F, MICHIELS K, VAN STEENBERGHE D.(2007) Volumetric analysis of extraction sockets using cone beam computed tomography: a pilot study on ex vivo jaw bone, *Journal of clinical periodontology*, 34: 985-90.

AHLOWALIA M, PATEL S, ANWAR H, CAMA G, AUSTIN R, WILSON R, MANNOCCI F.(2013) Accuracy of CBCT for volumetric measurement of simulated periapical lesions, *International endodontic journal*, 46: 538-46.

AKAY G, GUNGOR K, GURCAN S.(2019) The applicability of Kvaal methods and pulp/tooth volume ratio for age estimation of the Turkish adult population on cone beam computed tomography images, *Australian Journal of Forensic Sciences*, 51: 251-65.

AKSOY S, ORHAN K.(2010) Manyetik rezonans görüntülemenin dentomaksillofasiyal bölgedeki kullanım alanları, *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences Special Topics*, 1: 44-57.

'Anatomage Dental Home-Anatomage'. Accessed 03.05.2020. <https://www.anatomage.com/anatomage-dental/>.

ASIF M K, NAMBIAR P, MANI S A, İBRAHİM N B, KHAN İ M, SÜKUMARAN P.(2018) Dental age estimation employing CBCT scans enhanced with

Mimics software: Comparison of two different approaches using pulp/tooth volumetric analysis, *Journal of forensic and legal medicine*, 54: 53-61.

BAYRAM M, KAYIPMAZ S, SEZGIN Ö S, KÜÇÜK M.(2012) Volumetric analysis of the mandibular condyle using cone beam computed tomography, *European journal of radiology*, 81: 1812-16.

BENINGTON P C, GARDENER J E, HUNT N P.(1999) Masseter muscle volume measured using ultrasonography and its relationship with facial morphology, *The European Journal of Orthodontics*, 21: 659-70.

BIUKI N, RAZI T, FARAMARZI M.(2017) Relationship between pulp-tooth volume ratios and chronological age in different anterior teeth on CBCT, *Journal of clinical and experimental dentistry*, 9: e688.

BONNET N, LAROCHE N, VICO L, DOLLEANS E, COURTEIX D, BENHAMOU C.(2009) Assessment of trabecular bone microarchitecture by two different x-ray microcomputed tomographs: A comparative study of the rat distal tibia using Skyscan and Scanco devices, *Medical physics*, 36: 1286-97.

BOOM H, VAN SPRONSEN P, VAN GINKEL F, VAN SCHIJNDEL R, CASTELIJNS J, TUINZING D.(2008) A comparison of human jaw muscle cross-sectional area and volume in long- and short-face subjects, using MRI, *Archives of Oral Biology*, 53: 273-81.

BURKHARD J P M, DIETRICH A D, JACOBSEN C, ROOS M, LÜBBERS H-T, OBWEGESER J A.(2014) Cephalometric and three-dimensional assessment of the posterior airway space and imaging software reliability analysis before and after orthognathic surgery, *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 42: 1428-36.

CAMERIERE R, FERRANTE L, BELCASTRO M G, BONFIGLIOLI B, RASTELLI E, CINGOLANI M.(2007) Age estimation by pulp/tooth ratio in canines by peri-apical X-rays, *J Forensic Sci*, 52: 166-70.

CHEN H, VAN EIJNATTEN M, WOLFF J, DE LANGE J, VAN DER STELT P F, LOBBEZOO F, AARAB G.(2017) Reliability and accuracy of three imaging software packages used for 3D analysis of the upper airway on cone beam computed tomography images, *Dentomaxillofacial Radiology*, 46: 20170043.

DAMSTRA J, FOURIE Z, SLATER J J H, REN Y.(2010) Accuracy of linear measurements from cone-beam computed tomography-derived surface models of different voxel sizes, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 137: 16. e1-16. e6.

- DE FARIA VASCONCELOS K, EVANGELISTA K, RODRIGUES C, ESTRELA C, DE SOUSA T, SILVA M.(2012) Detection of periodontal bone loss using cone beam CT and intraoral radiography, *Dentomaxillofacial Radiology*, 41: 64-69.
- DEGUCHI SR T, KATASHIBA S, INAMI T, FOONG K W, HUAK C Y.(2010) Morphologic quantification of the maxilla and the mandible with cone-beam computed tomography, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 137: 218-22.
- 'Dolphin Imaging & Management Solutions'. Accessed 05.10.2020. <https://www.dolphinimaging.com/Company/Overview>.
- EL H, PALOMO J M.(2010) Measuring the airway in 3 dimensions: a reliability and accuracy study, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 137: S50. e1-S50. e9.
- ESTRELA C, BUENO M R, LELES C R, AZEVEDO B, AZEVEDO J R.(2008) Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis, *Journal of Endodontics*, 34: 273-79.
- EVIRGEN Ş, KAMBUROĞLU K.(2016) Review on the applications of ultrasonography in dentomaxillofacial region, *World journal of radiology*, 8: 50.
- FARRUGIA M, BYDDER G, FRANCIS J, ROBSON M.(2007) Magnetic resonance imaging of facial muscles, *Clinical radiology*, 62: 1078-86.
- FENG X, LI G, QU Z, LIU L, NÄSSTRÖM K, SHI X-Q.(2015) Comparative analysis of upper airway volume with lateral cephalograms and cone-beam computed tomography, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 147: 197-204.
- FORST D, NIJJAR S, FLORES-MIR C, CAREY J, SECANELL M, LAGRAVERE M.(2014) Comparison of in vivo 3D cone-beam computed tomography tooth volume measurement protocols, *Progress in orthodontics*, 15: 69.
- GE Z-P, YANG P, LI G, ZHANG J-Z, MA X-C.(2016) Age estimation based on pulp cavity/chamber volume of 13 types of tooth from cone beam computed tomography images, *International journal of legal medicine*, 130: 1159-67.
- GIONHAKU N, LOWE A.(1989) Relationship between jaw muscle volume and craniofacial form, *Journal of Dental Research*, 68: 805-09.

- GOTO T, TOKUMORI K, NAKAMURA Y, YAHAGI M, YUASA K, OKAMURA K, KANDA S.(2002) Volume changes in human masticatory muscles between jaw closing and opening, *Journal of Dental Research*, 81: 428-32.
- GRAUER D, CEVIDANES L S, PROFFIT W R.(2009) Working with DICOM craniofacial images, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 136: 460-70.
- GREEN P T, MOL A, MORETTI A J, TYNDALL D A, KOHLTFARBER H B.(2019) Comparing the diagnostic efficacy of intraoral radiography and cone beam computed tomography volume registration in the detection of mandibular alveolar bone defects, *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*.
- GUIJARRO-MARTÍNEZ R, SWENNEN G.(2011) Cone-beam computerized tomography imaging and analysis of the upper airway: a systematic review of the literature, *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 40: 1227-37.
- GULSAHI A, KULAH C K, BAKIRARAR B, GULEN O, KAMBUROGLU K.(2017) Age estimation based on pulp/tooth volume ratio measured on cone-beam CT images, *Dentomaxillofacial Radiology*, 47: 20170239.
- GUPTA M, MAKHIJA P.(2016) Quantitative evaluation of masseter muscle volume in different growth patterns and its correlation with facial morphology: Cone beam computed tomography study, *Journal of Indian Orthodontic Society*, 50: 106-10.
- HARORLI A (2014). *Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi*. (Nobel Tıp Kitabevleri: İstanbul).
- HIDAYAT S R, OSCANDAR F, MALINDA Y, SASMITA I S, DARDJAN M, MURNIATI N, LITA Y A.(2018) Human age estimation based on pulp volume of canines for chronological age estimation: Preliminary research, *Padjadjaran Journal of Dentistry*, 30: 184-89.
- HSU J-T, WANG S-P, HUANG H-L, CHEN Y-J, WU J, TSAI M-T.(2013) The assessment of trabecular bone parameters and cortical bone strength: a comparison of micro-CT and dental cone-beam CT, *Journal of biomechanics*, 46: 2611-18.
- HUISINGA-FISCHER C, VAANDRAGER J, ZONNEVELD F, PRAHL-ANDERSEN B.(2004) Precision and accuracy of CT-based measurements of masticatory muscles in patients with hemifacial microsomia, *Dentomaxillofacial Radiology*, 33: 12-16.

'Invesalius 3'. Accessed 20.12.2020.

JI D X, ONG S H, FOONG K W C. (2014) A level-set based approach for anterior teeth segmentation in cone beam computed tomography images, *Computers in biology and medicine*, 50: 116-28.

KAMBUROĞLU K, KURŞUN Ş, KILIÇ C, ÖZEN T. (2015) Accuracy of virtual models in the assessment of maxillary defects, *Imaging science in dentistry*, 45: 23-29.

KARAMAN T, BEKİR E, GÜVEN S, YILDIRIM T T. (Manyetik Rezonans Görüntülemenin Diş Hekimliğinde Kullanımı Ve Dental Materyallere Etkileri, *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 28: 271-76.

KIM J, HEO G, LAGRAVÈRE M O. (2014) Accuracy of laser-scanned models compared to plaster models and cone-beam computed tomography, *The Angle orthodontist*, 84: 443-50.

KIM J J, LAGRAVERE M O, KAIPATUR N R, MAJOR P W, ROMANYK D L. (2020) Reliability and accuracy of a method for measuring temporomandibular joint condylar volume, *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*.

KIM R J-Y, PARK J-M, SHIM J-S. (2018) Accuracy of 9 intraoral scanners for complete-arch image acquisition: A qualitative and quantitative evaluation, *The Journal of prosthetic dentistry*, 120: 895-903. e1.

KOÇ A, KAYA S. (2020) Is it possible to estimate volume of bone defects formed on dry sheep mandibles more practically by secondarily reconstructing section thickness of cone beam computed tomography images?, *Dentomaxillofacial Radiology*, 49: 20200400.

LEE H-J, KIM S-J, LEE K-J, YU H-S, BAIK H-S. (2017) Repeated injections of botulinum toxin into the masseter muscle induce bony changes in human adults: A longitudinal study, *The Korean Journal of Orthodontics*, 47: 222-28.

LIANG Y H, JIANG L, GAO X J, SHEMESH H, WESSELINK P R, WU M K. (2014) Detection and measurement of artificial periapical lesions by cone-beam computed tomography, *International endodontic journal*, 47: 332-38.

LIU Y, OLSZEWSKI R, ALEXANDRONI E S, ENCISO R, XU T, MAH J K. (2010) The validity of in vivo tooth volume determinations from cone-beam computed tomography, *The Angle orthodontist*, 80: 160-66.

- LOFTHAG-HANSEN S, HUUMONEN S, GRÖNDAHL K,GRÖNDAHL H-G.(2007) Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology, *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 103: 114-19.
- LOGOZZO S, ZANETTI E M, FRANCESCHINI G, KILPELÄ A,MÄKYNEN A.(2014) Recent advances in dental optics–Part I: 3D intraoral scanners for restorative dentistry, *Optics and Lasers in Engineering*, 54: 203-21.
- MARET D, MOLINIER F, BRAGA J, PETERS O A, TELMON N, TREIL J, INGLÈSE J, COSSIÉ A, KAHN J-L,SIXOU M.(2010) Accuracy of 3D reconstructions based on cone beam computed tomography, *Journal of Dental Research*, 89: 1465-69.
- MELO S L S, HAITER-NETO F, CORREA L R, SCARFE W C,FARMAN A G.(2013) Comparative diagnostic yield of cone beam CT reconstruction using various software programs on the detection of vertical root fractures, *Dentomaxillofacial Radiology*, 42: 20120459.
- MOLINA A, BRAVO M, FONSECA G M, MÁRQUEZ-GRANT N,MARTÍN-DE-LAS-HERAS S.(2021) Dental age estimation based on pulp chamber/crown volume ratio measured on CBCT images in a Spanish population, *International journal of legal medicine*, 135: 359-64.
- NG H, FOONG K, ONG S, GOH P, HUANG S, LIU J,NOWINSKI W.(2009) Quantitative analysis of human masticatory muscles using magnetic resonance imaging, *Dentomaxillofacial Radiology*, 38: 224-30.
- ODACI E, BAHADIR A, YILDIRIM Ş, ŞAHİN B, CANAN S, BAŞ O, BILGIÇ S,KAPLAN S.(2005) Cavalieri prensibi kullanılarak bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüleri üzerinden hacim hesaplanması ve klinik kullanımı, *Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri Dergisi*, 25: 421-28.
- OGAWA T, ENCISO R, SHINTAKU W H,CLARK G T.(2007) Evaluation of cross-section airway configuration of obstructive sleep apnea, *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 103: 102-08.
- ÖZDEDE M,PAKSOY C S.(2019) Konik Işınli Bilgisayarlı Tomografi: Teknik, Çalışma İlkeleri ve Görüntü Oluşumu, *Türkiye Klinikleri Oral and Maxillofacial Radiology-Special Topics*, 5: 1-6.
- PALINKAS M, BATAGLION C, DE LUCA CANTO G, MACHADO CAMOLEZI N, THEODORO G T, SIÉSSERE S, SEMPRINI M,REGALO S C H.(2016) Impact of sleep bruxism on masseter and temporalis muscles and bite force, *CRANIO®*, 34: 309-15.

- PANCHBHAI A.(2011) Dental radiographic indicators, a key to age estimation, *Dentomaxillofacial Radiology*, 40: 199-212.
- PATEL S, DAWOOD A, MANNOCCI F, WILSON R,PITT FORD T.(2009) Detection of periapical bone defects in human jaws using cone beam computed tomography and intraoral radiography, *International endodontic journal*, 42: 507-15.
- PAUWELS R (2018.) What Is CBCT and How Does It Work? in, *Maxillofacial Cone Beam Computed Tomography* (Springer).
- PINSKY H, DYDA S, PINSKY R, MISCH K,SARMENT D.(2006) Accuracy of three-dimensional measurements using cone-beam CT, *Dentomaxillofacial Radiology*, 35: 410-16.
- 'Planmeca Romexis Software'. Accessed 01.04.2021.
<https://www.planmeca.com/software/>.
- PORTO L V M G, DA SILVA NETO J C, DOS ANJOS PONTUAL A,CATUNDA R Q.(2015) Evaluation of volumetric changes of teeth in a Brazilian population by using cone beam computed tomography, *Journal of forensic and legal medicine*, 36: 4-9.
- RASTEGAR B, THUMILAIRE B, ODRI G A, SICILIANO S, ZAPAŁA J, MAHY P,OLSZEWSKI R.(2018) Validation of a windowing protocol for accurate in vivo tooth segmentation using i-CAT cone beam computed tomography, *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, 27: 1001-08.
- RENNE W, LUDLOW M, FRYML J, SCHURCH Z, MENNITO A, KESSLER R,LAUER A.(2017) Evaluation of the accuracy of 7 digital scanners: An in vitro analysis based on 3-dimensional comparisons, *The Journal of prosthetic dentistry*, 118: 36-42.
- RICHERT R, GOUJAT A, VENET L, VIGUIE G, VIENNOT S, ROBINSON P, FARGES J-C, FAGES M,DUCRET M.(2017) Intraoral scanner technologies: a review to make a successful impression, *Journal of healthcare engineering*, 2017.
- SCARFE W, LI Z, ABOELMAATY W, SCOTT S,FARMAN A.(2012) Maxillofacial cone beam computed tomography: essence, elements and steps to interpretation, *Australian dental journal*, 57: 46-60.
- SCARFE W C,FARMAN A G.(2008) What is cone-beam CT and how does it work?, *Dent Clin North Am*, 52: 707-30, v.

- SCARFE W C, LEVIN M D, GANE D, FARMAN A G.(2009) Use of cone beam computed tomography in endodontics, *International journal of dentistry*, 2009.
- SEZGIN Ö S, KAYIPMAZ S, SAHIN B.(2013) The effect of slice thickness on the assessment of bone defect volumes by the Cavalieri principle using cone beam computed tomography, *Journal of digital imaging*, 26: 115-18.
- SHAHBAZIAN M, JACOBS R, WYATT J, DENYS D, LAMBRICHTS I, VINCKIER F, WILLEMS G.(2013) Validation of the cone beam computed tomography-based stereolithographic surgical guide aiding autotransplantation of teeth: clinical case-control study, *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*, 115: 667-75.
- SÖNMEZ G, KOÇ C, 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: 20170325.
- STAR H, THEVISSSEN P, JACOBS R, FIEUWS S, SOLHEIM T, WILLEMS G.(2011) Human dental age estimation by calculation of pulp-tooth volume ratios yielded on clinically acquired cone beam computed tomography images of monoradicular teeth, *J Forensic Sci*, 56: S77-S82.
- SWAIN M V, XUE J.(2009) State of the art of micro-CT applications in dental research, *International journal of oral science*, 1: 177-88.
- TAYMAN M A, KAMBUROĞLU K, KÜÇÜK Ö, ATEŞ F S, 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: 2235-44.
- TSO H H, LEE J S, HUANG J C, MAKI K, HATCHER D, MILLER A J.(2009) Evaluation of the human airway using cone-beam computerized tomography, *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 108: 768-76.
- VALLAEYS K, KACEM A, LEGOUX H, LE TENIER M, HAMITOUCHE C, ARBAB-CHIRANI R.(2015) 3D dento-maxillary osteolytic lesion and active contour segmentation pilot study in CBCT: semi-automatic vs manual methods, *Dentomaxillofacial Radiology*, 44: 20150079.
- WANG Y, HE S, YU L, LI J, CHEN S.(2011) Accuracy of volumetric measurement of teeth in vivo based on cone beam computer tomography, *Orthodontics & craniofacial research*, 14: 206-12.

- WEISSHEIMER A, DE MENEZES L M, SAMESHIMA G T, ENCISO R, PHAM J, GRAUER D.(2012) Imaging software accuracy for 3-dimensional analysis of the upper airway, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 142: 801-13.
- WHITE S C, PHAROAH M J (2018). *Oral Radyoloji İlkeler ve Yorumlama* (Palme Yayınevi: Ankara).
- XU J, YUASA K, YOSHIURA K, KANDA S.(1994) Quantitative analysis of masticatory muscles using computed tomography, *Dentomaxillofacial Radiology*, 23: 154-58.
- YALÇIN E D, EREN H.(2019) Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi: Görüntü Kalitesi ve Kalite Kontrol, *Türkiye Klinikleri Oral and Maxillofacial Radiology-Special Topics*, 5: 7-15.
- YAŞAR Z F, BÜKEN E, TEKİNDAL M A.(2016) Demirjian Metodu Farklı Ülkelerde Yaş Tayininde Kullanılabilir mi?, *The Bulletin of Legal Medicine*, 21: 144-52.
- YE N, JIAN F, XUE J, WANG S, LIAO L, HUANG W, YANG X, ZHOU Y, LAI W, LI J.(2012) Accuracy of in-vitro tooth volumetric measurements from cone-beam computed tomography, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 142: 879-87.
- YILMAZ F, SONMEZ G, KAMBUROGLU K, KOC C, OCAK M, CELİK H.(2019) Accuracy of CBCT images in the volumetric assessment of residual root canal filling material: Effect of voxel size, *Nigerian journal of clinical practice*, 22: 1091.
- YUSHKEVICH P A, PIVEN J, HAZLETT H C, SMITH R G, HO S, GEE J C, GERIG G.(2006) User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: significantly improved efficiency and reliability, *Neuroimage*, 31: 1116-28.
- ZHANG D, CHEN J, LAN G, LI M, AN J, WEN X, LIU L, DENG M.(2017) The root canal morphology in mandibular first premolars: a comparative evaluation of cone-beam computed tomography and micro-computed tomography, *Clinical oral investigations*, 21: 1007-12.
- ZHANG F, SUH K-J, LEE K-M.(2016) Validity of intraoral scans compared with plaster models: an in-vivo comparison of dental measurements and 3D surface analysis, *PloS one*, 11: e0157713.

EKLER

Ek 1: Etik Kurul Onay Yazısı

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSSEL OLMAYAN ARAŞTIRMALAR ETİK KURUL KARARI	
Toplantı Tarihi: 03.10.2018 Toplantı Sayısı: 18/7 Karar No: 2018.09.05	
<p>Üniversitemiz Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu 03.10.2018 Çarşamba günü saat 11:00'de Prof.Dr. Berkant ÖZPOLAT başkanlığında toplanarak gündemdeki Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi AD. Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Zahit ADIŞEN'in "Dişlerde Hacim Ölçümü İçin Farklı Radyografik Görüntüleme Programlarının Doğruluğunun Karşılaştırılması" isimli başvurusunu görüştü.</p>	
KARAR: Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi AD. Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Zahit ADIŞEN'in "Dişlerde Hacim Ölçümü İçin Farklı Radyografik Görüntüleme Programlarının Doğruluğunun Karşılaştırılması" isimli başvurusu Kırıkkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu Yönergesinde belirtilmiş olan Etik İlkelerine uygun bulunmuştur.	
Prof.Dr. Berkant ÖZPOLAT Başkan	
Prof.Dr. Hakan ÖZMEN NAĞA Başkan Yardımcısı	Prof.Dr. Ali Ahmet DOĞAN Üye
Prof.Dr. Murat DEMİRBAŞ Üye	Dr.Öğr. Üyesi Oktay AYDIN (Katılmadı)Üye
Prof.Dr. Teoman Zafer APAN Üye	Dr.Öğr. Üyesi Mehmet Zahit ADIŞEN Üye

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

- **Adı Soyadı:** Merve Aydoğdu
- **Doğum Yeri:**
- **Doğum Tarihi:**
- **Yabancı Dil Bilgisi:** İngilizce
- **Görev Yeri:** Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi AD
- **E-posta Adresi:**
- **Telefon:**

İŞ TECRÜBELERİ

- Ankara Özel Sokullu Ağız ve Diş Sağlığı Polikliniği(Ekim 2015-Aralık 2015)
- Yozgat Saraykent İlçe Devlet Hastanesi (Mart 2017- Ekim 2017)
- Kırıkkale Üniversitesi Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi AD (Ekim 2017-halen çalışmaktadır.)

EĞİTİM BİLGİLERİ

- **Mezun olduğu Lise:** Kırıkkale Anadolu Öğretmen Lisesi/2010
- **Mezun Olduğu Üniversite/ Fakülte:**Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi/ 2015

YAYINLAR

A.Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- Evaluation of Mandibular Canal and Mental Foramen Variations on Cone-Beam Computed Tomography Images, Journal of Dental Research and Review,2021

B. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan

bildiriler

1. Pnömatize artiküler tüberkülu olan hastaların mastoid hava hücrelerinin volumetrik analizi. TDB 24. Uluslararası Dişhekimliği Kongresi (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4366596)/27-30 Eylül 2018,ANKARA
2. Osteopetrozisin Klinik ve Radyografik Bulguları: Bir Olgu Raporu. 1. Uluslararası Spor, Antropoloji, Beslenme, Anatomi ve Radyoloji Kongresi / SANAR2018, 3-5 Mayıs 2018 ,Kapadokya/Türkiye
3. Submandibuler Bez Kanalında Tıkanıklık Olan Bir Vakanın Üç Boyutlu Sialografi ile Görüntülenmesi. 1. Uluslararası Spor, Antropoloji, Beslenme, Anatomi ve Radyoloji Kongresi / SANAR2018, 3-5 Mayıs 2018, Kapadokya/Türkiye
4. Sert damaktan orbita tabanına kadar ilerlemiş malign bir lezyon. TDB 24. Uluslararası Dişhekimliği Kongresi (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:4366605) /27-30 Eylül 2018,ANKARA
5. Multipl myelom hastasında oral bulgular: bir olgu raporu. TDB 24. Uluslararası Dişhekimliği Kongresi (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:4366607) /27-30 Eylül 2018,ANKARA
6. Konik ışıklı bilgisayarlı tomografide tespit edilen bir fibröz displazi vakası. TDB 24. Uluslararası Dişhekimliği Kongresi (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:4366600) /27-30 Eylül 2018,ANKARA
7. Maksillada periferik osteoma: bir olgu sunumu. TDB 24. Uluslararası Dişhekimliği Kongresi (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:4366609)/27-30 Eylül 2018,ANKARA
8. Panoramik Radyografide Tesadüfen Görülen Lenf Nodu Kalsifikasyonları, 3. Uluslararası Oral diaqnoz ve maksillofasial radyoloji derneği kongresi (Tam Metin Bildiri/Poster)(Yayın No:5129577)
9. Rinolit: Bir Olgu Sunumu / Rhinolith: A Case Report, 3. Uluslararası Oral diaqnoz ve maksillofasial radyoloji derneği kongresi (Tam Metin Bildiri/Poster)(Yayın No:5057135)

10. Angulus Mandibulada Yer Alan Periferel Osteom: Olgu Sunumu, 3. uluslararası Oral diağnoz ve maksillo fasiyal radyoloji derneği kongresi (Tam Metin Bildiri/Poster)(Yayın No:5129579)
11. Stylohyoid Ligament Kalsifikasyonu: Olgu Sunumu, 3.Uluslararası Oral Diağnoz ve Maksillofasiyal Radyoloji Derneği Kongresi (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:5166798)
12. Submandibular Tükürük Bezinde Siyalolit: Olgu Sunumu. 3. Uluslararası Oral Diağnoz ve Maksillofasiyal Radyoloji Derneği Kongresi, PS55 (Özet Bildiri/Poster)
13. Giant Peripheral Osteoma. IAOMS-AÇBİD JOINT CONGRESS, 12, 339 (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:4297582)
14. Dental Kaynaklı Ekstraoral Kutanöz SinüsTraktusu Olan Hastaya Yaklaşım, TDB 25. Uluslararası Dişhekimliği Kongresi /4-7 Eylül 2019,İSTANBUL
15. Odontojenik Kistlerin Radyolojik, Klinik ve Cerrahi Değerlendirilmesi, TDB 25. Uluslararası Dişhekimliği Kongresi /4-7 Eylül 2019,İSTANBUL
16. Dildeki Vasküler Malformasyonun Klinik Görünümü ve Diş Hekimi Yaklaşımı, TDB 25. Uluslararası Dişhekimliği Kongresi /4-7 Eylül 2019,İSTANBUL
17. Tesadüfen Radyografik Olarak Rastlanılan Ateşli Silah Yaralanması, TDB 25. Uluslararası Dişhekimliği Kongresi /4-7 Eylül 2019,İSTANBUL
18. Oral Skuamöz Hücreli Karsinoma-Bir Olgu Sunumu, TDB 25. Uluslararası Dişhekimliği Kongresi /4-7 Eylül 2019,İSTANBUL
19. Maksiller Antrolit; Bir Olgu Sunumu, TDB 25. Uluslararası Dişhekimliği Kongresi /4-7 Eylül 2019,İSTANBUL
20. Mandibulada Gömülü 3.Molar Dişle İlişkili Odontojenik Keratokist, TDB 25. Uluslararası Dişhekimliği Kongresi /4-7 Eylül 2019,İSTANBUL
21. Mandibular Jaw Base Osteomyelitis With Trismus Secondary to Nasopharyngeal Cancer; CBCT Imaging Features At Initial Presentation . IAOMS-AÇBİD JOINT CONGRESS, 13 (Özet Bildiri/Poster)/24-28 Nisan,ANTALYA
22. Yumuşak Doku Lezyonuna Farklı Bir Yaklaşım - Bir Olgu Sunumu, Different Approach to Soft Tissue Lesion - A Case Report. Uluslararası Ağız Kanserleri Kongresi 2020 - International Congress of Oral Cancer 2020 (Özet Bildiri/Poster)(yayın no:6214063)

23. Unikistik Ameloblastoma - Olgu sunumu, Unicystic Ameloblastoma - A case report. Uluslararası Ağız Kanseri Kongresi 2020 - International Congress of Oral Cancer 2020 (özet bildiri/poster)(yayın no:6214061)

C.Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- Temporomandibular Eklem Bölgesinde Görülen Üç Osteoma Vakası, Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi,2020,Doi: 10.5336/dentalsci.2020-78756
- Diş Hekimliğinde Diagnostik ve Terapötik Ultrasonografi Kullanımı, Van Diş Hekimliği Dergisi 2021;2(1):28-41
- Anjina Bülloza Hemorajika: Bir Olgu Sunumu, Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi,2021,Doi: :10.24938/kutfd.795204

KATILDIĞI KONGRE, KONFERANS VE SEMPOZYUMLAR

- 1. Uluslararası Spor, Antropoloji, Beslenme, Anatomi ve Radyoloji Kongresi / SANAR2018, 3-5 Mayıs 2018 ,Kapadokya/Türkiye
- TDB 24. Uluslararası Dişhekimliği Kongresi /27-30 Eylül 2018, ANKARA
- TDB 25. Uluslararası Dişhekimliği Kongresi /4-7 Eylül 2019, İSTANBUL
- EBSCOhost Veri Tabanları ve Hizmetler Eğitimi, Kırıkkale, Ekim 2017
- GC Materyal Özellikleri ve Kullanım Alanları, Kırıkkale, Mayıs 2018
- Sağlıkta Kalite, Hastane Enfeksiyonları ve Sterilizasyon Eğitim Programı, Aralık 2018
- Mendeley Referans Yönetim Aracı Eğitim Semineri, Mayıs 2019
- Makale ve Biyoistatistik Atölyesi, Hayat Akademi & Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ekim 2019, Ankara
- Gebelikte Dental Sorunlara Yaklaşımlar, Bilim Günleri 2, Op. Dr. Necati Hançerlioğlu, Kırıkkale, Ekim 2019
- Diş Hekimliğinde Acil Tıbbi Durumlar ve Tedavileri, Bilim Günleri 3, Kırıkkale, Ekim 2019
- 2019-nCoV (Koronavirüs) Bilgilendirme Semineri, Doç. Dr. Serdar Gül, Kırıkkale, Şubat 2020

- EBSCO Literatür Tarama Teknikleri ve Pratik Araştırma İpuçları Webinarı ,Kırıkkale, Kasım 2020
- AÇBİD 5. Asistan Okulu, Aralık 2020
- Diş Hekimliğinde Ultrasonografi Kullanımı Semineri, Şubat 2021
- Eğiticilerin Eğitimi Semineri, Nisan 2021

ROTASYONLAR

- 2018 Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji A.D
- 2020 Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi A.D

DİĞER AKADEMİK FAALİYETLER

- Dişlerde Hacim Ölçümü İçin Farklı Radyografik Görüntüleme Programlarının Doğruluğunun Karşılaştırılması, Uzmanlık Tezi
- Diş Hekimliğinde Ultrasonografi Kullanımı, Seminer I
- Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografide Hacim Ölçümü, Kullanılan Teknikler ve Yazılım Programları, Seminer II