



TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**YENİ ZELANDA TAVŞANI'NDA (ORYCTOLAGUS  
CUNICULUS L.) ÖN BACAĞ EKLEMLERİNİN FARKLI  
TEKNİKLER KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Remzi Orkun AKGÜN**

**ANATOMİ ANABİLİM DALI  
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN  
Prof. Dr. İsmail Önder ORHAN**

**ANKARA  
2020**

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YENİ ZELANDA TAVŞANI'NDA (ORYCTOLAGUS  
CUNICULUS L.) ÖN BACAĞ EKLEMLERİNİN FARKLI  
TEKNİKLER KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Remzi Orkun AKGÜN**

**ANATOMİ ANABİLİM DALI  
DOKTORA TEZİ**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. İsmail Önder ORHAN**

**Bu tez, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 17L0239013 proje numarası ile desteklenmiştir.**

**ANKARA**

**2020**

## Etik Beyan

Ankara Üniversitesi

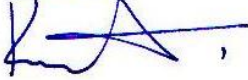
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Doktora tezi olarak hazırlayıp sunduğum “Yeni Zelanda Tavşanı'nda (*Oryctolagus cuniculus* L.) ön bacak eklemelerinin farklı teknikler kullanılarak değerlendirilmesi” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanıma ve bana aittir. Tezde yer alan deneysel çalışma/araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler ve yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Remzi Orkun AKGÜN

Tarih: 19.12.2019

İmza: 


## KABUL VE ONAY

Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü  
Anatomi Anabilim Dalı'nda,  
Remzi Orkun AKGÜN tarafından hazırlanan  
"Yeni Zelanda Tavşanı'nda (*Oryctolagus cuniculus L.*) ön bacak eklemlerinin farklı teknikler  
kullanılarak değerlendirilmesi" adlı tez çalışması  
aşağıdaki jüri tarafından DOKTORA TEZİ olarak oy birliği/~~oy çokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 19.12.2019

  
Prof. Dr. Saadettin TIPIRDAMAZ  
Selçuk Üniversitesi  
(Jüri Başkanı)

  
Prof. Dr. İ. Önder ORHAN  
Ankara Üniversitesi

  
Prof. Dr. Ali BUMİN  
Ankara Üniversitesi

  
Prof. Dr. Kamil BEŞOLUK  
Selçuk Üniversitesi

  
Doç. Dr. Okan EKİM  
Ankara Üniversitesi  
(Raportör)

Tez hakkında alınan jüri kararı, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu tarafından onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet AKAN  
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü



# İÇİNDEKİLER

Etik Beyan	ii
Kabul ve Onay	iii
İçindekiler	iv
Önsöz	vi
Simgeler ve Kısaltmalar	ix
Şekiller	x
Çizelgeler	xiv
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
1.1. Articulationes Membri Thoracici (Ön Ekstremitte Eklemleri)	2
1.1.1. Articulatio humeri (Omuz eklemi)	2
1.1.2. Articulatio cubiti (Dirsek eklemi)	3
1.1.3. Articulationes manus (Ön ayak eklemleri)	4
1.1.3.1. Articulatio carpi	4
1.1.3.2. Articulationes carpometacarpeae	5
1.1.3.3. Articulatio metacarpophalangea	6
1.1.3.4. Articulationes interphalangeae proximales manus	6
1.1.3.5. Articulationes interphalangeae distales manus	7
1.2. Tıbbi Görüntüleme Yöntemleri	7
1.2.1. Dijital Röntgen	7
1.2.2. Bilgisayarlı Tomografi	8
1.2.3. Mikro Bilgisayarlı Tomografi	10
1.2.4. Manyetik Rezonans Görüntüleme	12
1.3. Üç Boyutlu Rekonstrüksiyon	14
1.4. Medikal Alanda 3 Boyutlu Baskılama	17
1.5. Plastinasyon	19
1.5.1. Silikon Plastinasyonu	21
1.5.2. Epoksi Plastinasyonu	27
1.5.3. Polyester Plastinasyonu	32
1.6. Plastinasyon ve Tıbbi Görüntüleme Yöntemleri	33
<b>2. GEREÇ ve YÖNTEM</b>	<b>35</b>
2.1. Çalışma Materyali	35
2.2. Anestezi protokolü	36
2.3. Ön Bacak Eklemlerinin Görüntülenmesi	36
2.3.1. Bilgisayarlı Tomografi ile Görüntüleme	36
2.3.2. Manyetik Rezonans Görüntüleme	37
2.3.3. Mikro Bilgisayarlı Tomografi ile Görüntüleme	38
2.4. Üç Boyutlu Rekonstrüksiyon ve Baskılama	39
2.5. Ön Ekstremitte Eklemlerinin Silikon Plastinasyonu	41
2.5.1. Örneklerin Hazırlanması	42
2.5.2. Dehidrasyon	42
2.5.3. Zorlu İmpregnasyon	43
2.5.4. Gaz Kütleme - Sertleştirme	45
2.6. İstatistiksel Analiz	47

<b>3. BULGULAR</b>	48
3.1. BT Bulguları	48
3.2. Mikro-BT ve 3B Rekonstrüksiyon Bulguları	55
3.3. Silikon Plastinasyon Bulguları	72
3.4. MR Bulguları	73
<b>4. TARTIŞMA</b>	93
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER</b>	104
<b>ÖZET</b>	106
<b>SUMMARY</b>	107
<b>KAYNAKLAR</b>	108
<b>EKLER</b>	
Ek-1. Ankara Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu Başkanlığından alınan etik kurul kararı	124
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	125



## ÖNSÖZ

Yeni Zelanda Tavşanı (*Oryctolagus cuniculus* L.), deneysel birçok araştırmada kullanılması nedeni ile bilim insanları tarafından sıklıkla tercih edilen bir türdür. Sahip olduğu anatomik özellikler bakımından beşeri hekimlikte eklem bölgelerine yönelik deneysel operatif çalışmalarda kullanılacak hayvan modeli olarak ön plana çıkmaktadır. Eklem yapısında konjenital, gelişimsel nedenlere ve travmalara bağlı olarak farklı yapısal bozukluklar (kırık ya da çatlaklar), osteofit, osteoartrit gibi hastalıkların dışında eklem yapısını oluşturan tendo ve ligament'lerde kopma ya da yırtılmalar şekillenebilmektedir. Eklem hastalıklarının teşhis ve tedavisinde tanısal görüntüleme teknikleri olan dijital röntgen (DR), bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve mikro bilgisayarlı tomografi ( $\mu$ BT) yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca hastalıkların teşhis ve tedavisine yönelik olarak kullanılan bu tanısal yöntemler sağlıklı makro anatomik yapıların görüntülenmesinde de etkin bir role sahiptir. Günümüzde beşeri hekimlik alanında hem tedavi hem de klinik anatomi eğitimleri açısından oldukça fazla kullanılan bu yöntemlerin veteriner hekimlik alanında da kullanılabilirliği oldukça önem arz etmektedir. Yapılan bu çalışmanın amacı Yeni Zelanda Tavşanı'nda sağlıklı ön bacak eklemlerinin BT,  $\mu$ BT ve MRG yöntemleri ile elde edilen kesitsel görüntüleri değerlendirildikten sonra eklem bölgelerini uygun plastinasyon tekniği ile plastine etmektir. Ayrıca elde edilen kesitsel plastinatlardaki anatomik yapıların tanısal görüntüleme yöntemleriyle elde edilen görüntülerdeki anatomik yapılarla karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi diğer amaçlar arasında yer almaktadır. Bunlara ilave olarak BT ve  $\mu$ BT teknikleri ile elde edilen eklem bölgelerinin iki boyutlu görüntülerinden üç boyutlu modellerinin elde edilmesi, modeller üzerinde omuz ile dirsek eklemlerine ait morfometrik ölçümlerin sağlanması ve bu modellerden üç boyutlu yazıcılar kullanılarak üç boyutlu objeler üretilmesi yapılan çalışmanın diğer hedefleri arasındadır. Bu çalışmada Yeni Zelanda Tavşanı'nın ön bacak eklem bölgelerine ait anatomik yapıların farklı radyodiagnostik yöntemlerle değerlendirilmesinin, hem deneysel amaçlı cerrahi girişimlerde bulunan hem de klinik anatomi eğitimlerinde rol alan bilim insanlarına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Doktora eğitimim süresince hem bilimsel hem de manevi desteğini benden hiç esirgemeyen değerli hocam ve danışmanım Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Anatomi

Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. İsmail Önder ORHAN'a teşekkürlerimi içtenlikle sunarım.

Tezım sırasında hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen tez izleme komitesi hocalarım Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Cerrahi Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Ali BUMİN ve Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Doç. Dr. Okan EKİM'e teşekkürü bir borç bilirim.

Anatomi Anabilim Dalı'nda doktora eğitimime başladığım ilk günden beri üzerimde hem bilimsel hem de manevi emekleri olan Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. R. Merih HAZIROĞLU ve Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı Öğretim Üyeleri Prof. Dr. Ahmet ÇAKIR ile Prof. Dr. Çağdaş OTO'ya en içten duygularla teşekkürlerimi sunarım.

Anatomi Anabilim Dalındaki zamanımın birçoğunu beraber geçirdiğim ve kendisi ile çalıştığım için kendimi şanslı hissettiğim değerli ağabeyim Dr. Caner BAKICI'ya ve değerli mesai arkadaşlarım Vet. Hek. Muharrem AYVALI, Dr. Burcu İNSAL, Vet. Hek. Barış BATUR ile Vet. Hek. Hasen Awel YUNUS'a teşekkür ederim.

Tezimin medikal görüntüleme aşamasında her zaman yanımda olan ve desteklerini hiç esirgemeyen Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Cerrahi Anabilim Dalı Röntgen Teknisyenleri Çiydem ÇOLAK ile Nurgül KÜRKCÜ'ye, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı Öğretim Üyeleri ile teknik personeline ve istatistiksel analizlerde bana oldukça yardımcı olan değerli arkadaşım Arş. Gör. Ufuk KAYA'ya teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tezimin üç boyutlu baskılama aşamasında bana her zaman destek olan Trifolium Ar-Ge'ye teşekkür ederim.

Tezimin tamamlanmasında maddi açıdan destekleri olan Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğü'ne teşekkür ederim. Bu tez, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğü tarafından 17L0239013 proje numarası ile desteklenmiştir.

Son olarak doktora eğitimim süresince her zaman maddi ve manevi desteklerini gösteren, her daim varlıklarından güç aldığım sevgili eşim Pınar AKGÜN, annem Belgin AKGÜN, babam Ahmet Adnan AKGÜN ve kardeşim Orhan Onur AKGÜN' e teşekkürlerimi sunarım.



## SİMGELER VE KISALTMALAR

<b>°C</b>	santigrat derece
<b>2B</b>	2 boyutlu
<b>3B</b>	3 boyutlu
<b>ABS</b>	Akrilonitril Bütadiyen Stiren
<b>BT</b>	Bilgisayarlı Tomografi
<b>BTA</b>	Bilgisayarlı Tomografi Artrografi
<b>DR</b>	Dijital Röntgen
<b>g</b>	gram
<b>i.m.</b>	Intramusküler
<b>kg</b>	kilogram
<b>kV</b>	kilovolt
<b>mAs</b>	miliamper saniye
<b>MeCl</b>	Metilen klorür
<b>mg</b>	miligram
<b>ml</b>	mililitre
<b>mm</b>	milimetre
<b>mm<sup>3</sup></b>	milimetre küp
<b>MR</b>	Manyetik Rezonans
<b>MRA</b>	Manyetik Rezonans Artrografi
<b>MRG</b>	Manyetik Rezonans Görüntüleme
<b>ms</b>	milisaniye
<b>NEX</b>	Tekrarlama sayısı (Number of Excitations)
<b>PLA</b>	Poliaktik asit
<b>RF</b>	Radyo Frekans
<b>T1</b>	Transvers relaksasyon
<b>T2</b>	Longitudinal relaksasyon
<b>TE</b>	Eko zamanı (Time to Echo)
<b>TR</b>	Tekrarlama zamanı (Time to Repeat)
<b>US</b>	Ultrasonografi
<b>µBT</b>	Mikro Bilgisayarlı Tomografi
<b>µm</b>	mikrometre

## ŞEKİLLER

<b>Şekil 2.1.</b> Tavşanların hassas tezgah tartısı ile ağırlıklarının ölçümü.	35
<b>Şekil 2.2.</b> Tavşanların BT çekimi öncesi cihaz masasına yerleştirilmesi.	37
<b>Şekil 2.3.</b> Tavşanların MR çekimi öncesi cihaz masasına yerleştirilmesi.	38
<b>Şekil 2.4.</b> Tavşan ön ekstremitelerinin $\mu$ BT çekimi öncesi cihaz masasına sabitlenmesi (A) ve eklem bölgelerinin görüntülenme aşaması (B).	39
<b>Şekil 2.5.</b> Tavşan ön ekstremitelerine ait BT görüntüleri üzerinden kemik dokuya ait 3B modelleme aşaması.	40
<b>Şekil 2.6.</b> Tavşan ön ekstremitelerine ait $\mu$ BT görüntüleri üzerinden kemik dokuya ait 3B modelleme aşaması.	40
<b>Şekil 2.7.</b> 3B yazıcının görüntüsü ve 3B baskılama aşaması.	41
<b>Şekil 2.8.</b> Örneklerin aseton içerisindeki görüntüsü (A) ve günlük aseton derişiminin asetonometre ile ölçümü (B).	43
<b>Şekil 2.9.</b> Kabarcıklar halinde buharlaşan asetonun silikon polimeri yüzeyindeki görüntüsü.	45
<b>Şekil 2.10.</b> Örneklere uygulanan gaz kürlenme aşaması.	46
<b>Şekil 2.11.</b> Platinatların transversal olarak dilimlenme aşaması.	47
<b>Şekil 3.1.</b> Sağ articulatio humeri seviyesinden alınmış yumuşak doku (A) ve kemik doku penceresinde (B) transversal BT kesit görüntüsü (I).	50
<b>Şekil 3.2.</b> Sağ articulatio humeri seviyesinden alınmış yumuşak doku (A) ve kemik doku penceresinde (B) transversal BT kesit görüntüsü (II).	51
<b>Şekil 3.3.</b> Sağ humerus'un proximal seviyesinden alınmış yumuşak doku (A) ve kemik doku penceresinde (B) transversal BT görüntüsü.	51
<b>Şekil 3.4.</b> Sağ articulatio cubiti seviyesinden alınmış yumuşak doku (A) ve kemik doku penceresinde (B) transversal BT kesit görüntüsü.	52
<b>Şekil 3.5.</b> Sağ articulatio radioulnaris proximalis seviyesinden alınmış yumuşak doku (A) ve kemik doku penceresinde (B) transversal BT kesit görüntüsü.	52
<b>Şekil 3.6.</b> Sağ articulatio radioulnaris distalis seviyesinden alınmış yumuşak doku (A) ve kemik doku penceresinde (B) transversal BT kesit görüntüsü.	53
<b>Şekil 3.7.</b> Sağ articulatio carpi seviyesinden alınmış yumuşak doku (A) ve kemik doku penceresinde (B) transversal BT kesit görüntüsü.	53
<b>Şekil 3.8.</b> Sağ articulatio metacarpophalangea seviyesinden alınmış yumuşak doku (A) ve kemik doku penceresinde (B) transversal BT kesit görüntüsü.	54



<b>Şekil 3.9.</b> Sağ articulatio interphalangea distale seviyesinden alınmış yumuşak doku (A) ve kemik doku penceresinde (B) transversal BT kesit görüntüsü.	54
<b>Şekil 3.10.</b> Sağ phalanx proximalis digiti III'ün orta seviyesinden alınmış transversal BT kesit görüntüsü.	55
<b>Şekil 3.11.</b> Sol articulatio humeri seviyesinden alınmış farklı düzlemlerde (A- Transversal; B- Frontal; C- Sagittal) $\mu$ BT kesit görüntüleri (I).	56
<b>Şekil 3.12.</b> Sol articulatio humeri seviyesinden alınmış sagittal düzlemde $\mu$ BT kesit görüntüsü.	56
<b>Şekil 3.13.</b> Sol articulatio humeri seviyesinden alınmış farklı düzlemlerde (A- Transversal; B- Frontal; C- Sagittal) $\mu$ BT kesit görüntüleri (II).	57
<b>Şekil 3.14.</b> Sol articulatio cubiti seviyesinden alınmış farklı düzlemlerde (A- Transversal; B- Frontal; C- Sagittal) $\mu$ BT kesit görüntüleri (I).	57
<b>Şekil 3.15.</b> Sol articulatio cubiti seviyesinden alınmış farklı düzlemlerde (A- Transversal; B- Frontal; C- Sagittal) $\mu$ BT kesit görüntüleri (II).	57
<b>Şekil 3.16.</b> Sol articulatio radioulnaris distalis seviyesinden alınmış farklı düzlemlerde (A- Transversal; B- Frontal; C- Sagittal) $\mu$ BT kesit görüntüleri.	58
<b>Şekil 3.17.</b> Sol articulatio carpi'nin proximal seviyesinden alınmış farklı düzlemlerde (A- Transversal; B- Frontal; C- Sagittal) $\mu$ BT kesit görüntüleri.	58
<b>Şekil 3.18.</b> Sol articulatio carpi'nin distal seviyesinden alınmış farklı düzlemlerde (A- Transversal; B- Frontal; C- Sagittal) $\mu$ BT kesit görüntüleri.	58
<b>Şekil 3.19.</b> Sol articulatio metacarpophalangea seviyesinden alınmış farklı düzlemlerde (A- Transversal; B- Frontal; C- Sagittal) $\mu$ BT kesit görüntüleri.	59
<b>Şekil 3.20.</b> Sol articulatio interphalangea distale seviyesinden alınmış farklı düzlemlerde (A- Transversal; B- Frontal; C- Sagittal) $\mu$ BT kesit görüntüleri.	59
<b>Şekil 3.21.</b> $\mu$ BT görüntülerinden elde edilmiş sol articulatio humeri'ye ait 3B modelin lateral (A) ve medial (B) görüntüsü.	62
<b>Şekil 3.22.</b> BT görüntülerinden elde edilmiş sol articulatio humeri'ye ait 3B modelin lateral (A) ve medial (B) görüntüsü.	62
<b>Şekil 3.23.</b> $\mu$ BT görüntülerinden elde edilmiş sol articulatio cubiti'ye ait 3B modelin lateral (A), medial (B) ve cranial (C) görüntüsü.	63
<b>Şekil 3.24.</b> BT görüntülerinden elde edilmiş sol articulatio cubiti'ye ait 3B modelin lateral (A), medial (B) ve cranial (C) görüntüsü.	63
<b>Şekil 3.25.</b> $\mu$ BT görüntülerinden elde edilmiş sol regio manus'a ait 3B modelin	

dorsal (A) ve palmar (B) görüntüsü.	64
<b>Şekil 3.26.</b> BT görüntülerinden elde edilmiş sol regio manus'a ait 3B modelin dorsal (A) ve palmar (B) görüntüsü.	65
<b>Şekil 3.27.</b> Sol articulatio humeri ve articulatio cubiti'ye ait 3B baskı modelin lateral (A) ve medial (B) görüntüsü.	66
<b>Şekil 3.28.</b> Sol regio manus'a ait 3B baskı modelin dorsal (A) ve palmar (B) görüntüsü.	66
<b>Şekil 3.29.</b> 3B modeller üzerinden alınan morfolometrik ölçüm noktaları.	67
<b>Şekil 3.30.</b> Sol articulatio humeri'ye ait T2 ağırlıklı sagittal MR görüntüsü (I).	76
<b>Şekil 3.31.</b> Sol articulatio humeri'ye ait T2 ağırlıklı sagittal MR görüntüsü (II).	77
<b>Şekil 3.32.</b> Sağ articulatio humeri'ye ait T2 ağırlıklı sagittal MR görüntüsü.	77
<b>Şekil 3.33.</b> Sağ articulatio humeri'ye ait T2 ağırlıklı transversal MR görüntüsü (I).	78
<b>Şekil 3.34.</b> Sağ articulatio humeri'ye ait T2 ağırlıklı transversal MR görüntüsü (II).	78
<b>Şekil 3.35.</b> Sağ articulatio humeri'ye ait T1 ağırlıklı transversal MR görüntüsü.	79
<b>Şekil 3.36.</b> Sol articulatio humeri'ye ait T2 ağırlıklı frontal MR görüntüsü (I).	79
<b>Şekil 3.37.</b> Sol articulatio humeri'ye ait T2 ağırlıklı frontal MR görüntüsü (II).	80
<b>Şekil 3.38.</b> Sağ articulatio cubiti'ye ait T2 ağırlıklı sagittal MR görüntüsü.	80
<b>Şekil 3.39.</b> Sol articulatio cubiti'ye ait T2 ağırlıklı transversal MR görüntüsü.	81
<b>Şekil 3.40.</b> Sol articulatio cubiti'ye ait T1 ağırlıklı transversal MR görüntüsü.	81
<b>Şekil 3.41.</b> Sağ articulatio cubiti'ye ait T2 ağırlıklı transversal MR görüntüsü.	82
<b>Şekil 3.42.</b> Sağ articulatio cubiti'ye ait T1 ağırlıklı frontal MR görüntüsü.	82
<b>Şekil 3.43.</b> Sağ articulatio radioulnaris proximalis'e ait T2 ağırlıklı transversal MR görüntüsü.	83
<b>Şekil 3.44.</b> Sağ articulatio radioulnaris distalis'e ait T2 ağırlıklı transversal MR görüntüsü.	83
<b>Şekil 3.45.</b> Sağ articulatio carpi bölgesine ait T2 ağırlıklı transversal MR görüntüsü.	84
<b>Şekil 3.46.</b> Sağ articulatio carpi bölgesine ait T2 ağırlıklı frontal MR görüntüsü.	84
<b>Şekil 3.47.</b> Sağ metacarpus'ların proximal seviyesine ait T2 ağırlıklı transversal MR görüntüsü.	85
<b>Şekil 3.48.</b> Sağ phalanx proximalis digiti I'in proximal seviyesine ait T2 ağırlıklı transversal MR görüntüsü.	85
<b>Şekil 3.49.</b> Sağ regio manus'a ait T2 ağırlıklı frontal MR görüntüsü.	86
<b>Şekil 3.50.</b> Sağ articulatio humeri'ye ait transversal BT (A), T2 ağırlıklı MR (B) ve kesitsel plastinat (C) görüntüleri.	89
<b>Şekil 3.51.</b> Sağ articulatio cubiti'ye ait transversal BT (A), T2 ağırlıklı MR (B)	

ve kesitsel plastinat (C) görüntüleri.	90
<b>Şekil 3.52.</b> Sağ articulatio radioulnaris proximalis'e ait transversal BT (A), T2 ağırlıklı MR (B) ve kesitsel plastinat (C) görüntüleri.	90
<b>Şekil 3.53.</b> Sağ articulatio radioulnaris distalis'e ait transversal BT (A), T2 ağırlıklı MR (B) ve kesitsel plastinat (C) görüntüleri.	91
<b>Şekil 3.54.</b> Sağ articulatio carpi bölgesine ait transversal BT (A), T2 ağırlıklı MR (B) ve kesitsel plastinat (C) görüntüleri.	91
<b>Şekil 3.55.</b> Sağ metacarpus'ların proximal seviyesine ait transversal BT (A), T2 ağırlıklı MR (B) ve kesitsel plastinat (C) görüntüleri.	92
<b>Şekil 3.56.</b> Sağ phalanx proximalis digiti I'in proximal seviyesine ait transversal BT (A), T2 ağırlıklı MR (B) ve kesitsel plastinat (C) görüntüleri.	92



## ÇİZELGELER

**Çizelge 3.1.** 3B morfometrik ölçüm değerlerine ait istatistiksel veriler. 68

**Çizelge 3.2.** Aseton banyolarına ait aseton konsantrasyon değişimi. 72



## 1. GİRİŞ

Yeni Zelanda Tavşanı (*Oryctolagus cuniculus* L.); Chordata şubesi, Vertebrata alt şubesi, Mammalia sınıfı, Lagomorpha takımı, Laporidae ailesi ve *Oryctolagus* türüne ait kemirgen bir hayvandır (McLaughlin ve Chiasson, 1979). Biyomedikal araştırmalarda kullanılan evcil tavşanların kökeni, Avrupa tavşanı *Oryctolagus cuniculus*'a dayanmaktadır. Avrupa tavşanı, yirminci yüzyılın başından ortasına kadar immünoloji, aşı geliştirme, genetik ve bulaşıcı hastalıkların araştırılması gibi birçok biyomedikal alanda kullanılmıştır (Naff ve Craig, 2012).

En eski *Oryctolagus* türü olan *Oryctolagus larynsis*, İber Yarımadası'nda ortalama 3,5 milyon yıl önce varlığını sürdürmüştür. *Oryctolagus cuniculus*'un İber Yarımadası'ndaki fosil kayıtları yaklaşık 0,6 milyon yıl önce tespit edilmiştir (Naff ve Craig, 2012). Ankara Tavukçuluk Araştırma ve Planlama Enstitüsü tarafından ülkemize ilk defa getirilen Yeni Zelanda Tavşanı, 1672 ve 1797 yıllarında ilk kez bilimsel çalışmalarda kullanılmıştır (Poyraz, 2000).

Yapılması planlanan herhangi bir deneysel çalışmada uygun hayvan modeli seçmek oldukça önemlidir. Çalışmalarda kullanılacak hayvan modelinin seçim kriterlerinin başında deney hayvanının kolay bakımı ile maliyet açısından ucuz ve etik açıdan uygun olması gelmektedir (Yoshioka ve ark., 1996). Tavşanlar bakım besleme ve maliyet açısından uygun olmasının yanı sıra anatomik ile fizyolojik özelliklerinden dolayı insan hekimliğine yönelik yapılacak fizyolojik, farmakolojik ve patolojik deneysel çalışmalarda sıklıkla tercih edilen bir türdür (McLaughlin ve Chiasson, 1979; Naff ve Craig, 2012). Özellikle de ortopedik araştırmalarda tercih edilen deney hayvanı olarak ön plana çıkmaktadır (Martini ve ark., 2001; Neyt ve ark., 1998; Wolfensohn ve Lloyd, 2003).

Tavşan iskeleti vücut büyüklüğüne göre oldukça narindir. İskelet, vücut ağırlığının yaklaşık %8'ini oluşturur. *Oryctolagus cuniculus*'ta cingulum membri thoracici scapula ve bir çift clavícula tarafından oluşmuştur. Skeleton axiale'ye direkt bağlantı, ligamentum sternoclavicularis aracılığı ile gerçekleşir. Diğer önemli bağlantılar kas yapıları vasıtasıyla şekillenir. Humerus, radius ve ulna memelilerin tipik özelliklerini taşır. Carpus iki sıra kemikten oluşur. Distal sıra, metacarpal kemiklerle eklemleşir. Birinci parmak 2 phalanx, diğer dört parmak ise 3 phalanx'a sahiptir. Ossa sesamoidea ayağın palmar ve plantar yüzeyinde bulunur. Susam kemikleri articulatio metacarpophalangea'da bir çift transversal ve ikinci ile üçüncü phalanx'ların eklemlerinde bir çift doğrusal olarak yerleşmiştir (Naff ve Craig, 2012).

## **1.1. Articulationes Membri Thoracici (Ön Ekstremitte Eklemleri)**

### **1.1.1. Articulatio humeri (Omuz eklemi)**

Eklem çıkıntısının şekline göre sferoid grubu olan bu eklem scapula'nın cavitas glenoidalis'i ile humerus'un caput'u arasında bulunmaktadır. Cavitas glenoidalis'i labrum glenoidale denilen bir fibröz kıkırdak çevreler. Bu kıkırdak eklem çukurluğunu genişleterek eklem yüzlerinin birbirine uyumlu olmasını sağlar. Eklem yüzleri arasında ince bir capsula articularis bulunmaktadır. Omuz eklemi başlıca fleksiyon ve ekstensiyon hareketlerini yapabilmektedir (Dursun, 2008; Frandson ve ark., 2009).

Omuz ekleminin yapısında iki adet ligament bulunur. Bu ligamentler ligamentum coracohumerale ve ligamenta glenohumeralia'dır. Ligamentum coracohumerale scapula'nın processus coracoideus'u ile humerus'un tuberculum majus'u arasında yer alır. Ligamentum glenohumerale lateralis ve ligamentum glenohumerale medialis eklem kapsülünü güçlendiren bağlardır. Omuz ekleminde ligamentum collaterale bulunmamaktadır. Fakat musculus subscapularis'in tendosu ligamentum collaterale mediale, musculus infraspinatus'un tendosu ligamentum

collaterale laterale gibi işlev görür (Liebich ve ark., 2004). Tavşanlarda omuz eklemine bakıldığında ligamentum coracoclaviculare adında bir ligament daha bulunmaktadır. Bu ligament clavícula ile scapula'nın processus coracoideus'u arasında uzanır (Popesko ve ark., 1992).

### **1.1.2. Articulatio cubiti (Dirsek eklemi)**

Eklem çıkıntısının şekline göre ginglymus grubuna giren dirsek eklemi humerus'un condylus'ları ile radius ve ulna'nın proximal'i arasında yer alır. Eklemi oluşturan kemik sayısının ikiden fazla olması sebebiyle bileşik bir eklemdir. Articulatio humeroradialis, articulatio humeroulnaris ve articulatio radioulnaris proximalis olmak üzere üç eklemden oluşmuştur. Kuvvetli yan bağlara sahip olması sebebi ile yalnız fleksiyon ve ekstensiyon hareketlerini yapabilir. Capsula articularis radius'un proximal'ine, condylus'lara ve fossa olecrani'nin çevresine bağlanmış şekildedir (Dursun, 2008; Nickel ve ark., 1986).

Eklemin yapısında ligamentum collaterale cubiti mediale ve ligamentum collaterale cubiti laterale olmak üzere iki adet çok sağlam yanal bağ bulunmaktadır. Ligamentum collaterale cubiti laterale humerus'un epicondylus laterale'sinden başlangıç alıp radius ve ulna'nın proximal kısmının lateral'inde sonlanır. Ligamentum collaterale cubiti mediale ise epicondylus medialis'ten başlayarak radius ve ulna'nın proximal kısmının medial'inde sonlanır (Liebich ve ark., 2004). Tavşanlarda bu ligamentlere ilaveten humerus'un distal'i ile radius'un proximal ucu arasında ligamentum obliquum isminde bir bağ bulunur (Barone ve ark., 1973; Popesko ve ark., 1992).

Etçil hayvanlarda radius ile ulna proximal ve distal'de birbirlerine hareket edebilecek şekilde eklemleşmiştir. Bu durum sayesinde ulna sabit olmak üzere radius



ulna'nın etrafında hareket edebilmektedir. İnsandakine benzer olan bu hareketlere pronation ve supination denir (Dursun, 2008).

Tavşanlarda dirsek eklemi, ulna'nın incisura semilunaris'i ve radius'un caput'u ile birlikte humerus'un trochlea'sı ve capitulum'u tarafından oluşturulur. Etçil hayvanlarda olduğu gibi tavşanlarda da radius ile ulna proximal ve distal'de birbiri ile eklenmiştir. İki kemik arasında bulunan boşlukta ligamentum interosseus adında bir bağ bulunur (Craigie, 1969).

### **1.1.3. Articulationes manus (Ön ayak eklemleri)**

#### **1.1.3.1. Articulatio carpi**

Articulatio carpi 3 adet farklı eklemden oluşur. Bu eklemlerden ilki radius ve ulna'nın distal'i ile karpal kemiklerin proximal'i arasında bulunan articulatio antebrachioacarpeae'dır. İkinci eklem proximal karpal kemikler ile distal karpal kemikler arasında bulunan articulatio mediocarpeae'dır. Üçüncü eklem ise her sırada bulunan karpal kemikler arasında oluşan articulationes intercarpeae'dır. Ayrıca bu bölgede os carpi accessorium ile os carpi ulnare arasında articulatio ossis carpi accessorii bulunmaktadır (Dursun, 2008; Nickel ve ark., 1986).

Eklem yapılarında oldukça geniş yapıda eklem kapsülü yer almaktadır. Eklem kapsülü radius'tan başlayarak metacarpus'a kadar uzanır ve karpal kemiklerin üzerini örter (Frandsen ve ark., 2009).

Bu eklem yapılarında bulunan kemikler arasında çeşitli bağlar mevcuttur. Bu bağlar ligamentum collaterale carpi laterale, lig collaterale carpi mediale, ligamentum radiocarpeum dorsale, ligamentum radiocarpeum palmare, ligamentum ulnocarpeum

palmare, ligamenta intercarpea dorsalia ve ligamenta intercarpea palmaria olarak isimlendirilir (Dursun, 2008; Nickel ve ark., 1986).

Tavşanlarda karpal bölgede 9 farklı küçük kemik bulunmaktadır. Bu kemiklerden dördü proximal ve beşi distal'de yan yana sıralanmıştır. Proximal kemikler medial'den lateral'e sırasıyla os carpi radiale, os carpi intermedium, os carpi ulnare ve os carpi accessorium'dur. Distal kemiklerde aynı şekilde medial'den lateral'e os carpale primum, os carpale secundum, os carpale centrale, os carpale tertium ve os carpale quartum olarak sıralanır (Barone ve ark., 1973; Popesko ve ark., 1992). Tavşanlarda karpal eklem yapılarında bulunan bağlar; ligamentum collaterale carpi laterale, ligamentum collaterale carpi mediale, ligamentum radiocarpeum palmare, ligamentum radiocarpeum dorsale, ligamentum accessorioulnare, ligamentum accessoriocarpoulnare, ligamentum accessorioquartale, ligamentum accessoriometacarpeum, ligamenta carpometacarpea dorsalia, ligamenta intercarpea dorsalia ve ligamenta intercarpea palmaria'dır (Barone ve ark., 1973; Popesko ve ark., 1992).

### **1.1.3.2. Articulationes carpometacarpeae**

Bu eklem ossa carpi'nin distal sırası ile ossa metacarpi arasında bulunmaktadır. Amphiarthrosis sınıfına giren bu eklem, çıkıntısının şekline göre articulatio plana grubu içerisinde yer almaktadır. Yapısında bulunan kısa ligamentler kemikleri birbirine oldukça sıkı bir şekilde bağladığı için eklem hareketleri önemli derecede kısıtlanır. Sınırlı bir şekilde kayma hareketi yapabilmektedir. Nispeten sıkı bir capsula articularis'e sahiptir. Eklem yapılarında ossa carpi'nin distal sırası ile ossa metacarpi arasında uzanan ligamenta carpometacarpea dorsalia ve ligamenta carpometacarpea palmaria bulunmaktadır (Dursun, 2008; Frandson ve ark., 2009; Nickel ve ark., 1986).

Tavşanlarda bu eklem ossa carpi'nin distal'inde bulunun 5 adet küçük kemik ile her bir parmak için var olan 5 adet metacarpus arasında şekillenmiştir (Popesko ve ark., 1992).

### **1.1.3.3. Articulatio metacarpophalangea**

Bu eklem ossa metacarpi'nin distal kısmı ile phalanx proximalis'in proximal ucu arasında yer almaktadır. Eklem dış bükey yüzü metacarpus'ların trochlea'sı, iç bükey yüzü ise phalanx proximalis ve os sesamoideum proximale'nin fossa articularis'leri tarafından oluşmuştur. Eklem çıkıntısının şekline göre ginglymus sınıfına girmektedir. Sadece fleksiyon ve ekstensiyon hareketlerini yapabilmektedir. Capsula articularis dorsal'de ve palmar'da bir diverticul'e sahiptir. Eklem yapısında collateral ve susam kemiklerine ait ligamentler bulunmaktadır (Nickel ve ark., 1986). Bu ligamentler; ligamentum collaterale laterale, ligamentum collaterale mediale, ligamenta palmaria, ligamenta sesamoidea collateralia, ligamentum metacarpointersesamoideum, ligamentum intersesamoideum interdigitale, ligamentum sesamoideum rectum, ligamenta sesamoidea obliqua, ligamenta sesamoidea brevia ve ligamenta sesamoidea cruciata'dır (Dursun, 2008).

Tavşanlarda eklem yapısını metacarpus'un distal ucu, phalanx proximalis'in proximal ucu ve 2 adet os sesamoideum proximale oluşturur (Popesko ve ark., 1992).

### **1.1.3.4. Articulationes interphalangeae proximales manus**

Eklem çıkıntısının şekline göre sellar sınıfına giren bu eklem, phalanx proximalis'in distal ucu ile phalanx media'nın proximal kısmı arasında yer alır. Esas olarak fleksiyon ve ekstensiyon hareketlerini yapabilmektedir. Capsula articularis dorsal'de ve palmar'da birer adet çıkmaza sahiptir. Bu çıkmazların ismi recessus dorsales ve recessus palmares'tir. Eklem yapısında ligamenta collateralia ve

ligamenta palmaria olmak üzere iki tip bağ bulunmaktadır. Ligamenta collateralia tüm evcil memelilerde bulunurken, ligamenta palmaria sadece atlarda mevcuttur (Frandsen ve ark., 2009; Nickel ve ark., 1986).

### **1.1.3.5. Articulationes interphalangeae distales manus**

Yapısında bulunan kemik sayısına göre bileşik ve eklem çıkıntısının şekline göre sellar tip bir eklemdir. Phalanx media'nın distal ucu ve phalanx distalis'in proximal kısmı arasında bulunan eklem yapısına os sesamoideum distale'de katılır. Capsula articularis aynı articulationes interphalangeae proximales manus'da olduğu gibi dorsal'de ve palmar'da birer kör kese oluşturur. Eklem yapısında ligamenta collateralia ve ligamenta sesamoidea collateralia bulunmaktadır (Dursun, 2008; Nickel ve ark., 1986).

## **1.2. Tıbbi Görüntüleme Yöntemleri**

### **1.2.1. Dijital Röntgen**

Alman fizikçi Wilhelm Roentgen'in 1895 yılında x-ışınlarını keşfinden sonra kullanılmaya başlanan konvansiyonel röntgen tıbbi bilimlerde özellikle de cerrahide önemli bir yere sahiptir (Alkan, 1999). Günümüzde konvansiyonel radyografi dijital radyografiye göre daha yaygın olarak kullanılsa da her geçen gün bu kullanımda bir azalma meydana gelmektedir. Bu azalmanın başlıca sebepleri görüntülerde meydana gelen doğru olmayan gri tonlama etkisi ve hastanın maruz kaldığı yüksek doz radyasyon seviyesidir (Bansal, 2006). Konvansiyonel röntgende oluşan görüntü bir film üzerinde oluşur ve bu görüntü üzerinde herhangi bir değişiklik yapılması mümkün olmamaktadır. Ayrıca oluşan görüntülerin saklanması ve başka bir yere aktarılması da oldukça güçtür (Alkan, 1999; Bansal, 2006; Garmer ve ark., 2000).

Günümüz teknoloji alanında meydana gelen gelişmeler dijital görüntüleme yöntemlerinin de gelişmesini beraberinde getirmiştir. İlk dijital görüntüleme yöntemi olan RadioVisioGraphy (RVG), Dr. Frances Mouyens tarafından geliştirilmiş ve ilk kez 1989 yılında ABD’de diş hekimliği çalışmalarında kullanılmıştır (Parks ve Williamson, 2002). Dijital bir radyografik görüntü oluşturmak beş adımda gerçekleşmektedir (Harrison, 1988). Bu adımlar şu şekilde ifade edilmektedir;

- i. Bir x-ışın demetinin üretilmesi,
- ii. Hasta aracılığıyla foton iletimi,
- iii. İletilen fotonların saptanması ve bilgilerin dijital olarak kodlanması,
- iv. Edinim sonrası bilgileri işleme,
- v. Görüntünün oluşumu.

Dijital röntgenin (DR) konvansiyonel röntgene göre birçok üstünlüğü bulunmaktadır. Bunların başında elde edilen görüntülerin bilgisayarlı tomografi yönteminde olduğu gibi bilgisayar ortamında depolanıp görüntüler üzerinde istenilen şekilde inceleme yapılabilmesidir. Diğer bir üstünlüğü ise konvansiyonel röntgende kullanılan filmlerin kullanılmaması, elde edilen görüntülerin istenilen zamanda bilgisayar ortamından ulaşıp işlenebilmesidir (Körner ve ark., 2007; Kullendorff ve ark., 1996; Pettersson ve ark., 1988). DR, bu özelliği sayesinde bilgisayar ortamına aktarılan görüntüler üzerinde anatomik yapıların araştırmacılar tarafından istenilen şekilde ölçülebilmesine de imkan sağlamaktadır (Kullendorff ve ark., 1996; Parks ve Williamson, 2002).

### **1.2.2. Bilgisayarlı Tomografi**

Bilgisayarlı tomografi, x-ışını teknolojisine dayanan bir görüntüleme yöntemidir. BT, organizmaya gönderilen x-ışınlarının organizmada tutunamayan kısımlarının dedektör üzerinde oluşturduğu elektrik sinyallerinin bilgisayar aracılığı

ile görüntüye dönüştürülmesi esasına dayanmaktadır (Alkan, 1999). BT, beşeri hekimlikte 1970’li yılların başından beri kullanılmasına rağmen veteriner hekimlikteki yerini 1990’lı yılların sonlarına doğru almıştır (Brenner ve ark., 2007; Boztok Özgermen ve Bumin, 2016). Ancak günümüzde veteriner hekimlik alanında da BT kullanımının gitgide yaygınlaştığı görülmektedir (Akgün ve ark., 2018; de Araujo ve ark., 2013; Labruyere ve Schwarz, 2013). 1970’li yılların sonuna doğru hayvanlar üzerinde yapılan BT çalışmaları deneysel olup, ilk kez köpeklerde merkezi sinir sistemi hastalıklarında kullanılmıştır (Ohlerth ve Scharf, 2007).

Bilgisayarlı tomografinin konvansiyonel röntgenden farkı x-ışınlarının görüntülenmek istenen cismin etrafından dönen güçlü bir x-tüpü tarafından üretilmesidir. Röntgen ışını, algılanan radyasyonu bir elektrik sinyaline dönüştüren dedektör panele erişmesi sırasında cisim tarafından zayıflatılır. Sinyal çıkışı nüfuz edilen dokunun yoğunluğu ile orantılı olarak değişmektedir. Bilgisayar, farklı vücut parçalarının nispi yoğunluğuna karşılık gelen farklı yansıtım yoğunluğu değerlerinden bir matris görüntüsü üretir. BT ile görüntülenmek istenen vücut bölgesinden kesitsel görüntüler elde edilmektedir. Bu kesitsel görüntüler genellikle transversal düzlemde oluşmaktadır. Ancak belirli yazılım programları kullanılarak transversal görüntüler sagittal, dorsal veya oblik düzlemde yeniden düzenlenebilmektedir (Labruyere ve Schwarz, 2013). BT’nin sağladığı en büyük avantaj kemik dokusu üzerinde elde edilen kesit görüntülerin yüksek kalitede detay vermesidir (Stull ve ark., 2014). Ayrıca röntgende sıklıkla karşılaşılan görüntülerin üst üste binmesi (süperpozisyon) durumu BT’de ortadan kalkmaktadır (Alkan, 1999; De Rycke ve ark., 2002).

Bilgisayarlı tomografi, konvansiyonel radyografiden çok daha fazla doku kontrastına sahiptir. Bu nedenle, vücut dokuları arasındaki farklar ayırt edilebilmektedir. BT görüntülerinin değerlendirilmesi radyografik yorumlamaya benzemektedir. Akciğerler gibi düşük yoğunluklu dokular siyah görünür ve hipodens olarak tanımlanmaktadır. Kemik gibi yüksek yoğunluklu dokular parlak görünür ve hiperdens olarak belirtilir (Caldemeyer ve Buckwalter, 1999; Labruyere ve Schwarz, 2013).

Bilgisayarlı tomografi, kemik doku ve ilişkili yapıların değerlendirilmesinde diğer görüntüleme yöntemleri arasında oldukça önemli bir yere sahiptir. Teknolojinin gelişmesine bağlı olarak BT görüntülerindeki çözünürlük artmış ve görüntüleri yeniden yapılandırma imkanı doğmuştur. Bu durum hem beşeri hem de veteriner ortopedi alanında görüntüleme çalışmaları yapan bilim insanlarına yeni bir perspektif sağlamıştır. BT, 1990'lardan beri köpeklerin ön ve arka bacak iskeletleri üzerine özellikle de röntgenin yetersiz olduğu gelişimsel dirsek hastalıkları ve dirsek displazilerinde etkin bir şekilde kullanılmıştır. Günümüzde BT nörolojik, ortopedik ve onkolojik pet hastalarının görüntüleme çalışmaları için en değerli araçlardan biri olarak görülmektedir (Ohlerth ve Scharf, 2007).

Bilgisayarlı tomografi görüntülerinin iyi bir şekilde yorumlanması hastalıkların doğru teşhisini ve hastalıklara yönelik en uygun tedavi seçeneğini beraberinde getirmektedir. Bu anlamda görüntülenen vücut bölgesine ait anatomik yapıların çok iyi bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Laboratuvar tavşanlarının kullanılmasıyla yapılan BT çalışmalarına bakıldığında tavşanların boyun, göğüs ile karın bölgesi (Zotti ve ark., 2009), larynx'i (Ajlan ve ark., 2015), baş bölgesi (Caelenberg ve ark., 2011; De Rycke ve ark., 2012), göğüs bölgesi (Mullhaupt ve ark., 2017), kalp ve ilişkili damarları (Dimitrov ve ark., 2014), erkek üreme bezleri (Dimitrov, 2010; Dimitrov, 2013; Dimitrov ve ark., 2011; Dimitrov ve ark., 2013), antebrachium'u (Özkadif ve ark., 2015), pelvis boşluğu (Özkadif ve ark., 2014), kalça eklemi (Wang ve ark., 2009), mide bağırsak sistemi (Dayan, 2009) ve karaciğeri (Stamatova Yovcheva ve ark., 2013) ile ilgili olduğu görülmektedir.

### **1.2.3. Mikro Bilgisayarlı Tomografi**

İlk kez Feldkamp ve meslektaşları tarafından 1980'lerin sonunda tanıtılan mikro bilgisayarlı tomografi ( $\mu$ BT), farelerde ve diğer küçük hayvan modellerinde kemik morfolojisi ve mikro yapıların değerlendirilmesi için eşsiz bir öneme sahip modern görüntüleme tekniğidir (Bouxsein ve ark., 2010; Jiang ve ark., 2000). Kemik



morfolojisine ait  $\mu$ BT ölçümlerinin sonuçları ve bu sonuçların üst düzey doğruluğu birçok çalışmada ifade edilmiştir.  $\mu$ BT görüntüleri üzerinden yapılan ölçümlerin doğruluğu hem hayvan hem de insan örneklerinde 2 boyutlu (2B) yapılarından sağlanan geleneksel ölçümlerle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir (Bouxsein ve ark., 2010).

Wilhelm Roentgen'in 1895 yılında x-ışınlarını keşfetmesi günümüzde kullanılan modern görüntüleme tekniklerinin temelini oluşturmaktadır. Radyografide incelenen vücut bölgesinin içinden geçen x-ışınları vasıtası ile 2B görüntüler elde edilmektedir. Ancak incelenmek istenen bölge değişik açılardan birçok kez görüntülenmesiyle bölgeye ait 3 boyutlu (3B) yapılar oluşturulabilir. Bu olay tomografik rekonstrüksiyon olarak tanımlanır. Günümüzde kullanılan BT cihazları genel olarak 1 mm<sup>3</sup> hacimli voksellerden (üç boyutlu piksel) üretilen görüntüler oluştururken,  $\mu$ BT cihazları ise 5-50  $\mu$ m voksel üretebilen çok daha üstün düzeyde çözünürlüğe sahip görüntüler sağlamaktadır. BT ve  $\mu$ BT cihazları arasında temel olarak iki fark bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, x-ışını kaynağı ve dedektörün sabitliği veya hareket etmesi ile ilgilidir. Klinik BT cihazında ışın kaynağı ve dedektör görüntülenecek örnek etrafında hareket ederken,  $\mu$ BT cihazlarında x-ışını kaynağı ve dedektör sabit kalmak şartı ile görüntülenecek örnek hareket ettirilir. Bu durum  $\mu$ BT cihazlarında vibrasyonu azaltırken, görüntülerde çözünürlüğü arttırmaktadır. BT ve  $\mu$ BT arasındaki ikinci önemli fark ise x-ışını kaynağı boyutudur. Bu boyut BT'de 1 mm iken  $\mu$ BT'de 5-50  $\mu$ m'dir.  $\mu$ BT'de optik görüntüler gerçek büyütme olanağı sağladığı için, kemik dokuya ait en ufak ayrıntılar bile net olarak belirlenebilmektedir. Görüntülerde 1  $\mu$ m'den küçük yapıların ayrıntıları fark edilebilmektedir (Keleş ve Alçın, 2015).

Mikro bilgisayarlı tomografi'nin çalışma prensibinde X ışınının kaynağı olan mikrofokal spot ve oldukça yüksek bir çözünürlüğe sahip olan dedektörler aracılığı ile görüntülenmek istenen cismin 3B görüntüsü elde edilir. Elde edilen görüntüler bilgisayara aktarıldıktan sonra belli programlar kullanılarak 3B modellemeler oluşturulabilmektedir (Holdsworth ve Thornton, 2002; Rhodes ve ark., 1999; Yakıncı ve ark., 2016).

Günümüzde  $\mu$ BT biyomedikal başta olmak üzere maden, metalürji, jeoloji, zooloji, inşaat malzemeleri gibi çeşitli alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır (Yakıncı ve ark., 2016).  $\mu$ BT'nin biyomedikal alanında başlıca uygulamaları kemik yapının mikro analizi ile prelinik araştırmalar sırasında transgenik hayvan modellerinin fenotiplerinin karakterize edilmesidir (Roemer ve ark., 2005).

#### **1.2.4. Manyetik Rezonans Görüntüleme**

Manyetik rezonans görüntüleme, yapısal ve su içeriğindeki farklılıklardan dolayı farklı doku tipleri arasında ayırım yapabilen, iyonizan radyasyon içermeyen ve invaziv olmayan bir görüntüleme yöntemidir. Yüksek yumuşak doku kontrastı, yüksek alan kuvveti nedeniyle vücudun bölümlerinin görüntülenmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır (Oto ve ark., 2011). BT tekniğinde olduğu gibi MRG'de de kesitsel görüntüler elde edilmektedir (Herek ve Karabulut, 2010).

Manyetik rezonans görüntülemenin tarihsel gelişimi 1939 yılında Rabi ve arkadaşlarının Moleküler Rezonans'ın keşfi ile başlamıştır. İlk olarak Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) 1946'da Edward Purcell ve Felix Bloch tarafından başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Bu gelişimler takiben 1971 yılında Raymond Damadian ve 1973'te Paul Lauterbur insan vücudunda MRG sisteminin bir tanı yöntemi olarak kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Ülkemizde ise MRG ilk olarak 1989 yılında İzmir Dokuz Eylül Tıp Fakültesi'nde kullanılmıştır (Alkan, 1999; Oto, 2007).

Manyetik rezonans görüntülemeye görüntü, güçlü mıknatıs ve radyo dalgaları kullanılmasıyla oluşmaktadır. Görüntülenmek istenen vücut bölgesi sabit bir manyetik alan içine konulduğunda vücutta bulunan protonlar mıknatıs yönünde paralel ve antiparalel yerleşim göstermektedir. Protonlar küçük bir gezegen gibi davranış göstererek kendi çevrelerinde dönüş hareketi yapmaktadır. Bu dönüş spin hareketi olarak adlandırılır. Protonların dönüş esnasında radyo dalgaları kesilirse protonlar eski

konumlarına geri dönerler ve aldıkları enerjiyi geri verirler. Protonlardan salınan bu enerji bir alıcı vasıtası ile sinyale dönüştürülür. Her doku için meydana gelen sapma farklılığından, eski konumlarına dönüş zamanları da farklı olur. Bu sinyal farklılıklarının koil olarak adlandırılan parçalar tarafından algılanması sonucunda görüntüler meydana gelir (Herek ve Karabulut, 2010; Labruyere ve Schwarz, 2013). Hem dokusal yapılarıdaki hem de görüntüleme tekniğindeki farklılıklardan dolayı görüntüler değişiklik gösterir. Bundan dolayı aynı doku değişik görüntü parametreleri ile siyah (hipointens) veya beyaz (hiperintens) bir yapı sergiler. Canlı vücudunda hidrojen, karbon, sodyum ve fosfor atomları proton içermektedir. Bu atomlar arasından hidrojen, güçlü manyetizasyona sahip olması ve su ile yağ dokuda fazla bulunması sebebi ile MRG'de sinyal kaynağı olarak sıklıkla tercih edilmektedir (Alkan, 1999).

Manyetik rezonans görüntüleme'de kullanılan manyetik alan içerisine yerleştiren nesnenin yapısında bulunan protonların salınımı sonucu ortaya çıkan nükleer manyetizma (longitudinal manyetizasyon), koil adı verilen parçalardan gönderilen radyo frekans dalgaları (RF puls) yoluyla uyarılır. Uyarılan protonların yönü manyetik vektör yönünde 90° değişir. Bu anda oluşan manyetizasyona, transvers manyetizasyon denir. Nesnenin taranması esnasında RF puls gönderilmesi sonucunda dokularda bulunan protonlar antiparalel durumda yerleşim gösterirler. Bu durum sonucunda longitudinal manyetizasyon azalarak kaybolur ve transvers manyetizasyon oluşur. RF puls gönderimi bittiğinde, durum eski haline döner ve tekrar longitudinal manyetizasyon oluşur. Bu süre içerisinde longitudinal manyetizasyonun %63'ünün yeniden oluşması için geçen süreye "T<sub>1</sub> relaksasyon zamanı" denir. Longitudinal manyetizasyonun yeniden oluşurken bir yandan transvers manyetizasyon ortadan kaybolur. Transvers manyetizasyonun tamamen kaybolması için geçen süreye ise "T<sub>2</sub> relaksasyon zamanı" denir. Genel anlamda T<sub>1</sub> süresi, T<sub>2</sub> süresinden daha uzundur. T<sub>2</sub> süresi T<sub>1</sub>'e oranlandığında bu oran 1'e ne kadar yakınsa doku sıvıya, 1'den ne kadar azsa doku katıya benzer. MRG'de bir objenin görüntüsünün elde edilebilmesi için belli aralıklarla RF puls gönderilmesi gerekmektedir. Arka arkaya gönderilen RF puls arasında geçen süreye tekrarlama zamanı (TR), RF pulstan sonra maksimum eko oluşuncaya kadar geçen süreye ise eko zamanı (TE) denir (Alkan, 1999; Oto, 2007).

Günümüzde, düşük alanlı MRG tekniği veteriner bilimlerinde tedavi, teŖhis ve eğitim amaçlarıyla sıklıkla kullanılmaktadır. MRG yönteminin keŖfedilmesi tıp alanında hızlı bir gelişme sağlamıştır. Bu gelişme veteriner hekimlik alanında hayvanlarda hastalıkların özelliklerini tanımlayan çok sayıda bilimsel makale yayınlanmasına ve klinik veteriner alanındaki ilerlemelere büyük katkı sağlamıştır. MRG, BT gibi pahalı ve karmaşık bir yöntemdir. Fakat her iki teknoloji arasında da temel farklılıklar bulunmaktadır. Bunların en başında MRG’de iyonizan radyasyon bulunmaması gelmektedir. BT tekniği x-ışınları teknolojisine dayanmasına rağmen, MRG tekniğinin temeli manyetik alan ve radyo frekans dalgalarına dayanır. Genel olarak BT yöntemi kemik dokunun görüntülenmesi amacıyla kullanılırken, MRG tekniği ise yumuşak dokuların görüntülenmesinde kullanılır. Kas ve iskelet sistemlerinin görüntülenmesinde her iki yöntemden de yararlanılmaktadır. BT tekniği kullanılarak yüksek kalitede kemik dokusu detayı ortaya çıkarken, MRG’nin kullanılmasıyla eklem kıkırdağı, sinovyal sıvı, eklem bölgesindeki yumuşak dokular, tendo ve ligament yapıları hakkında son derece etkin görüntüler elde edilmektedir (Labruyere ve Schwarz, 2013).

Literatür araştırmasında MRG tekniği kullanılarak yapılan çalışmaların tavşanların kalça eklemi (Wang ve ark., 2009), karpal eklemi (Ekim ve ark., 2014c) ve baş bölgesine (Caelenberg ve ark., 2011) yönelik olduğu bilinmektedir.

### **1.3. Üç Boyutlu Rekonstrüksiyon**

Anatomi bilimi, hem lisans hem de lisansüstü tıp eğitiminin temel taşıdır. Geleneksel olarak anatomi eğitimi 2B atlas görüntüleri, anatomik maketler ile diseksiyon ve teorik dersler üzerine kurulmuştur (Murgitroyd ve ark., 2015). Son yıllarda bilgisayar teknolojisindeki olağan üstü gelişmeler özellikle tıp eğitimi alanı başta olmak üzere sağlık hizmetlerini ciddi şekilde etkilemiştir. Teknolojideki son gelişmelerin yanında öğretim sürelerinde meydana gelen azalmalar, sınıf boyutlarının artması ve kadavra temelli öğretim maliyetlerinin fazlaşması sonucu bilgisayar

temelli eğitim-öğretim kaynakları anatomi müfredatlarında öğrencilerin öğrenmesini güçlendirmek için giderek daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Bilgisayar temelli eğitim kaynakları üzerinde araştırma yapan birçok bilim insanı, anatomik yapılardan 3B modellerin üretilip geliştirilmesine odaklanmış ve bunların tıp eğitiminde kullanımı üzerine araştırmalar yapmıştır (Estai ve Bunt, 2016). Yıllarca tıp eğitimcileri tıp fakültesi müfredatlarındaki bilgisayar uygulamalarını kullanarak geleneksel öğretim yöntemlerini güçlendirmeyi amaçlamışlardır. İnsan anatomisi ve veteriner anatomi alanındaki tıp eğitimcileri, bu anlamda alternatif bir araç olarak 3B bilgisayar modellerine yönelmiştir (Nicholson ve ark., 2006; Pereira ve ark., 2003; Reiter ve ark., 2017). 3B anatomik modeller öğrenciler için iyi birer eğitim aracı haline gelmiştir. Modeller anatomik yapıların karmaşık olan topografik ve işlevsel ilişkilerini basitçe ve doğru bir şekilde anlaşılmasına yardımcı olmaktadır (Brazina ve ark., 2014).

Beşeri hekimlikte olduğu kadar veteriner hekimlikte de, patolojik tanı için birçok noninvazif görüntü tekniği kullanılmaktadır. En sık kullanılan teknikler arasında BT ve MRG yöntemleri gelmektedir. Genel olarak bu yöntemlerle, vücuda ait önemli yapıların anatomik ilişkisini göstermeyi zorlaştıran bir dizi 2B görüntü üretilir. 2B görüntüler, uluslararası standart DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) dosya biçiminde dijital olarak depolanır ve veri dönüştürme için ekstra maliyet olmaksızın farklı tıbbi sistemler ile çalıştırılmaktadır. Bu dosya biçimi, 3B yeniden yapılandırma ve kesitsel görüntüler ile ilgili gerekli verileri içerir. 2B görüntüleri içeren DICOM dosyaları için özel olarak geliştirilmiş yazılım programları ile ilgilenilen bölge için 3B modeller üretilmektedir. Yazılımlar sayesinde incelenen bölgenin anatomik yapısı açıkça gösterilebilmekte, ölçülebilmekte, vurgulanabilmekte veya aynı anda ayrı ayrı bölümlendirilebilmektedir (Freitas ve ark., 2011; Özkadif ve Eken, 2015). Ayrıca 3B olarak yeniden yapılandırılmış görüntüler cerrahi operasyonlar öncesi ilgili bölgenin anatomisi hakkında bir kılavuz olarak kullanılmaktadır (Estai ve Bunt, 2016; Kim ve ark., 2012; Murgitroyd ve ark., 2015).

Geleneksel olarak post-mortem anatomik örnekler üzerinde yapılan ölçümler; doğrusal, açısız ve hacimsel anatomik verilere ulaşmada mevcut olan tek yöntem

olmuştur. Doğrusal biyometrik ölçümler için sıklıkla standart radyografi görüntüleri kullanılmaktadır. Ancak radyografi görüntüleri üzerinden yapılan ölçümlerde 2B görüntüler kullanılması araştırmacılara oldukça sınırlı bilgi sağlamaktadır. Son zamanlarda 3B yeniden yapılandırılmış modeller üzerinden alınan ölçümlerin doğruluğu ve güvenilirliği araştırmacılar için merak konusu haline gelmiştir. Yapılan çalışmalarda 3B doğrusal ve açısal anatomik ölçümler, dijital kumpas ve gonyometre kullanılarak yapılan ölçümlerle karşılaştırılmıştır (Jamali ve ark., 2007). Elde edilen veriler değerlendirildiğinde 3B anatomik ölçümlerin doğruluk payının ve güvenilirliğinin oldukça yüksek olduğu ifade edilmiştir (Berco ve ark., 2009; Gribel ve ark., 2011; Kim ve ark., 2012; Lagravere ve ark., 2008; Moreira ve ark., 2009; Ogden ve ark., 2015; Ölmez ve ark., 2011; Stull ve ark., 2014; Varghese ve ark., 2010). 3B anatomik ölçümlerin, özellikle eklem bölgelerinde olmak üzere iskelet yapıları üzerinde de güvenle kullanılacağı bilinmektedir (Jamali ve ark., 2007).

Üç boyutlu yeniden yapılandırmanın ana yöntemleri arasında ‘volume-rendering’ olarak adlandırılan hacim oluşturma ve ‘surface-rendering’ olarak adlandırılan yüzey oluşturma yer almaktadır. Hacim oluşturma yönteminde, örneklerden bir seri kesit BT görüntüsü içeren 3B farklı veri kümesinin 2B izdüşümünü görüntülemek için bir dizi teknik kullanılır. Yüzey oluşturma tekniğinde ise bir organ modelinin yüzeyi tıbbi görüntülerden tahmin edilen şekilde görselleştirilir (Zhang ve ark., 2017).

Çalışmada kullanılan 3D Slicer programı ilk olarak MIT Yapay Zeka Laboratuvarı'nda ve Brigham Kadın Hastanesi Cerrahi Planlama Laboratuvarı'nda geliştirilen bir beyin görüntüleme ve görselleştirme uygulamasıdır (Borkin ve ark., 2007). 3D Slicer, biyomedikal araştırmalar için açık kaynaklı bir tıbbi görüntü bilgi işlem platformudur ve ücretsiz olarak ulaşılabilir (Egger ve ark., 2013). Program, operasyon öncesi hazırlık aşamasında cerrahlara yardımcı olmak, teşhis aracı olarak kullanmak ve beyin araştırması ile görselleştirme alanında fayda sağlamak için tasarlanmıştır. 3D Slicer, hacimleri hesaplama ve görüntüleme yeteneğine

sahiptir. Ayrıca bu program 3B boşlukta görüntülenebilen ve döndürülebilen hacimden kolayca 3B izdüşümsel modeller üretebilir (Borkin ve ark., 2007).

Tavşanlar üzerinde çeşitli yazılım programları kullanılarak yapılmış 3B yeniden yapılandırma çalışmalarında hayvanların böbrekleri (Eken ve ark., 2009), mide bağırsak sistemi (Dayan, 2009), pelvis bölgesi (Özkadif ve ark., 2014), omuz eklemi (Karabork, 2009; Varlık ve ark., 2015), solunum sistemi (Dayan ve Beşoluk, 2011), paranasal sinüsleri (Casteleyn ve ark., 2010; Özkadif ve Eken, 2013), antebrachium'u (Özkadif ve ark., 2015), kafatası (Özkadif ve Eken, 2016), mandibula'sı (Akgün ve ark., 2019), prostat bezi (Benoit ve ark., 1991) değerlendirilmiştir.

#### **1.4. Medikal Alanda 3 Boyutlu Baskılama**

Üç boyutlu baskılama teknolojisinin kullanıldığı tıbbi uygulamalar hızla gelişmektedir. Gelişmekte olan 3B baskılama teknolojisinin ilerleyen zamanlarda medikal alanında devrim yaratması beklenmektedir. 3B baskılama teknolojisi, doku ve organ yapımı; özelleştirilmiş protezlerin, implantların ve anatomik modellerin oluşturulması gibi alanlarda oldukça fayda sağlamaktadır (Ventola, 2014).

Üç boyutlu baskı temel olarak; plastik, metal, seramik, toz, sıvı, hatta canlı hücre gibi materyallerin katmanlar halinde birleştirilmesiyle veya biriktirilmesiyle yapılan bir nesne üretim yöntemidir. Charles Hull, 1980'lerin başında "stereolitografi" olarak adlandırdığı 3B baskıyı icat etmiştir. Mühendislik fiziği alanında lisans derecesine sahip olan Hull, Kaliforniya'daki "Ultra-Violet Products" şirketindeki fotopolimerlerden plastik nesnelere üretmek için çalışmalarda bulunmuştur. Stereolitografi'de, bir bilgisayar destekli tasarım (Computer Aided Design-CAD) dosyasındaki verileri yorumlamak için bir STL (Surface Tesselation Language) dosya formatı kullanılır ve bu dosya bilgileri elektronik olarak 3B yazıcıya iletilir. STL



dosyasındaki veriler, basılacak olan nesnenin rengi, dokusu ve kalınlığı gibi bilgileri içermektedir (Gross ve ark., 2014; Ventola, 2014).

Tüm 3B baskı işlemleri bazı avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Bir uygulama için seçilen 3B yazıcı tipi genellikle kullanılacak malzemelere ve son ürünlerdeki istenen özelliklere bağlıdır (Ventola, 2014). Medikal uygulamalarda en çok kullanılan 3B yazıcı teknolojileri; seçici lazer sinterleme (SLS), termal mürekkep püskürtmeli (TIJ) baskı ve füzyon depozisyon modellemesidir (FDM). SLS teknolojisinde, toz halindeki ham madde belirli noktalarda lazer veya elektron ışını gibi enerji kaynakları ile ısıtılıp eritilerek veya sinterlenerek birbirine kaynaştırılmaktadır. Bu yöntemle detaylı ve hassas metal, plastik veya seramik yapılar yaratmak mümkün olmaktadır. TIJ baskılama termal, elektromanyetik veya piezoelektrik teknolojisini kullanan bir "dokunulmaz" teknik olup, dijital mürekkeplere göre bir alt tabakaya küçük mürekkep damlacıkları (gerçek mürekkep veya diğer malzemeler) yerleştirmek için kullanılmaktadır. Mürekkep püskürtmeli baskıda, damlacık birikimi genellikle mürekkep damlalarını çıkarmak için ısı veya mekanik sıkıştırma kullanılarak yapılmaktadır. TIJ yazıcılar özellikle doku mühendisliği ve rejeneratif tıpta kullanılmaktadır. Memeli hücrelerindeki dijital hassaslığı, kontrolü, çok yönlülüğü ve olumlu etkileri nedeniyle, bu teknoloji halihazırda basit 2B ve 3B dokuları veya organları basmak için uygulanmaktadır. Bu yöntem aynı zamanda biyo-baskı olarak da bilinmektedir. FDM yazıcılar, SLS tipinden çok daha yaygın ve ucuzdur. FDM yazıcı, TIJ yazıcıya benzer bir yazıcı kafası kullanır. FDM teknolojisine dayanan 3B yazıcılarda çoğunlukla Akrilonitril Bütadiyen Stiren (ABS) ve Poliaktik Asit (PLA) gibi termoplastik polimer maddeler kullanılmaktadır. 3B yazıcılar termoplastik polimer malzemeleri ısıtıp sıvılaştırma özelliğine sahiptir. Sıvı hale geçen polimer bir tabla üzerinde katmanlar halinde katılaşır birikerek 3B nesneyi oluşturur (Chia ve Wu, 2015; Gross ve ark., 2014; Ventola, 2014; Xu ve ark., 2018).

Üç boyutlu yazıcıların tıbbi uygulamalarda sağladığı en büyük avantaj, özel yapım tıbbi ürünler ve ekipman üretme kabiliyetidir. Örneğin, protez ve implantları özelleştirmek için 3B baskı kullanımını hem hastalar hem de hekimler için önemli bir

değere sahiptir. 3B baskı teknolojisi ilk kez diş implantı ve özel protez yapımında kullanıldığı 2000'lerin başından beri medikal alanda uygulanmaktadır. Günümüze kadar 3B baskı teknolojisi, tıbbi uygulamalar için önemli ölçüde gelişmiştir. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda 3B baskının; çeşitli kemik, kulak, iskelet, nefes borusu, çene kemiği, göz, hücre kültürleri, kök hücreler, kan damarları, damar ağları ve çeşitli organların üretiminde kullanıldığı ifade edilmiştir (Chia ve Wu, 2015; Rengier ve ark., 2010; Ventola ve ark., 2014).

Üç boyutlu modeller özellikle radyoloji ve anatomi eğitimlerinde, öğrenciler için oldukça değerli eğitim materyali konumundadır. 3B baskı, karmaşık anatomik yapıların daha basit şekilde görselleştirilmesine imkan sağlamaktadır (Pujol ve ark., 2016). 3B baskılanmış anatomik örnek maliyetinin, eğitimlerde geleneksel olarak kullanılan kadavra maliyetine göre oldukça elverişli olduğu belirtilmiştir. Özellikle elde edilmesi zor olan kadvraların yerine 3B örneklerin kullanılması anatomi eğitimlerinde ciddi bir kolaylık sağlamaktadır (Bakıcı ve ark., 2019a; Fasel ve ark., 2016; Mitsouras ve ark., 2015; Rengier ve ark., 2010). Veteriner alanında yapılan bir çalışmada, 3B baskı örneklerinin anatomi eğitimlerinde kullanılmasının hem eğitim kalitesini hem de öğrencilerin öğrenme performansını arttırdığı ifade edilmiştir (Preece ve ark., 2013).

### **1.5. Plastinasyon**

Plastinasyon, eğitim ve öğretim amacıyla kullanılan biyolojik örneklerin korunması için uygulanan bir tekniktir (Riederer, 2014). Bu teknik ilk defa 1977 yılında Almanya Heidelberg Üniversitesi'nde profesör Gunther von Hagens tarafından ortaya konulmuştur (Ottone ve ark., 2014; Ottone ve ark., 2015). Plastinasyon, dokularda bulunan sıvıların yerine silikon, epoksi veya polyester resin gibi reaktif polimerlerin geçmesi yoluyla dokuların uzun süre korunması esasına dayanan aşamalı bir süreçtir (Pashaei, 2010; Steinke ve ark., 2008). Plastinasyon ile biyolojik dokuların (tüm vücut, beyin, karaciğer, akciğer, böbrek ve kalp gibi organlar, kaslar, eklemler,

komple kadavraların veya belli bölgelerin kesit dilimleri vb.) kalıcı bir şekilde yıllarca bozulmadan korunabilmesi sağlanmaktadır. Farklı polimerler kullanılarak dokular kuru ve bozulmaz hale gelir (Ottone ve ark., 2015; Suganthy ve Francis, 2012). Elastik, dayanıklı, kokusuz ve gerçeğe özdeş son ürünlerin elde edildiği bu eşsiz yöntem ile insan sağlığına zarar verebilecek toksik tehlikeler de ortadan kalkmaktadır (Kumro ve ark., 2013). Ayrıca plastine edilen örneklerde dokunun orijinal mikroskopik yapısı da korunabilmektedir (Latorre ve Rodriguez, 2007; Ottone ve ark., 2015). Birçok anatomist bu özelliklerinden dolayı plastinasyonu diğer doku koruma metotlarına ve yöntemlerine göre daha fazla tercih etmektedir. Bunun yanı sıra, plastine edilmiş örneklerin öğrenciler tarafından yararlı bulunduğu ve lisans ile lisansüstü öğrencilerinin ihtiyaçlarını karşılayabildiği yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Latorre ve ark., 2007). Son birkaç yılda bu teknik anatomik ve klinik birçok soruyu aydınlatmak için mükemmel bir araç haline gelmiştir. Bu yöntemin en büyük avantajlarından biri incelenecek olan vücut yapısının topografisinde herhangi bir değişiklik oluşturmamasıdır. Ayrıca uygun polimerin kullanımı ile vücut bölümlerinden elde edilebilecek 1 mm'den daha ince kesitsel görüntüler, dondurularak elde edilen kesitlerdekine göre daha fazla çözünürlük sağlamaktadır. Bu özellikleri bakımından çeşitli plastinasyon teknikleri ile elde edilen örnekler MRG ve BT gibi yöntemlerle edilen görüntülerle uyumlu bir şekilde karşılaştırılabilmektedir (Latorre ve Rodriguez, 2007).

Plastinasyon, elde edilmek istenen son ürünün yapısına göre temel olarak 3 farklı yöntemle yapılabilmektedir. Bunlar silikon plastinasyonu, polyester plastinasyonu ve epoksi plastinasyonudur (DeJong ve Henry, 2007; Ekim ve ark., 2014a; Ekim ve ark., 2014b).

### 1.5.1. Silikon Plastinasyonu

Silikon plastinasyonu, dokularda bulunana sıvıların yerine silikon polimerinin geçmesi ile karakterizedir (Henry, 2007). Öncelikle dokularda bulunan sıvıların silikon ile yer değiştirebilmesini sağlayabilmek için aracı bir solvent (aseton veya metilen klorür (MeCl)) kullanılır. Solventin kullanılması sonucu dokularda oluşan boşluğa silikon polimer karışımının geçmesi sağlanır. Soğuk ortam silikon plastinasyonunda bu aşamaların her birinin titizlikle uygulanması sonucu yüksek kalitede dayanıklı plastinatlar elde edilir (Henry, 2007; Raoof ve ark., 2007). Silikon plastinasyonu tıp, diş hekimliği gibi sağlık alanlarında kullanımının yanı sıra veteriner hekimlik alanında da sıklıkla kullanılmaktadır (Ekim ve ark., 2014a).

Silikon plastinasyonunda kullanılan kimyasallar şunları içerir;

- Aseton veya MeCl
- Silikon polimeri
- Silikon polimeri aktif hale getirmek için kullanılan katalizör
- Silikon moleküllerinde meydana gelecek zincir uzama reaksiyonlarını sağlayan kimyasallar
- Zincir uzamasını sağlayan silikon moleküllerinin çapraz bağlarla bağlanmasını sağlayan kimyasallar (DeJong ve Henry, 2007; Henry, 2007; Raoof ve ark., 2007).

Silikon plastinasyon tekniği birbirini takip eden 5 adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar sırasıyla; örneklerin hazırlanması, dehidrasyon, yağdan arındırma, zorlu impregnasyon ve gaz kürlemedir (DeJong ve Henry, 2007; Ekim ve ark., 2014a; Grondin, 1998; Henry, 2007; Henry ve ark., 1997; Tianzhong ve ark., 1998).

## **i. Örneklerin Hazırlanması**

Elde edilmesi istenen son ürünün anatomik yapısına ve şekline göre biyolojik materyaller üzerinde diseksiyon işlemleri yapılması gerekmektedir. Diseksiyon işlemleri sayesinde materyal üzerinde tutulması gereken anatomik veya patolojik yapılar korunurken, gereksiz olan yapılar da uzaklaştırılır. Diseksiyon işlemlerinin titizlikle yapılması son ürünün kalitesini ve görselliğini arttırmaktadır (DeJong ve Henry, 2007; Ekim ve ark., 2014a).

Örneklerin hazırlanmasında diseksiyon işlemlerinden önce veya sonra biyolojik materyalin tespiti sağlanmaktadır. Fakat nihai örnekte istenen şekli ve pozisyonu sağlamak için diseksiyon işlemlerinden sonra tespit yapılması arzu edilmektedir. Tespit aşamasında %37'lik formaldehit %100'lük olarak kabul edilerek %1-10'luk formalin solüsyonu kullanılabilceği gibi diğer tespit solüsyonları da tercih edilebilmektedir (Henry ve ark., 1997). Ancak alkol, gliserin, fenol ve glikol gibi kimyasalları içeren tespit solüsyonları kullanılmamaktadır. Bu tip kimyasallar materyali kırılabilir hale getirebilmekte veya yıllar sonra biyolojik ürün üzerinde çökelti oluşturabilmektedir (DeJong ve Henry, 2007; von Hagens ve ark., 1987).

Silikon plastinasyonu için her zaman tespit aşamasına ihtiyaç yoktur. Tespit uygulanmayan biyolojik materyallerin kullanılmasıyla elde edilen son ürünün doğal rengini daha fazla koruduğu belirtilmiştir (Holladay, 1989). Buna karşılık minimum tespit (düşük oran ve kısa süre, 1-2 gün) uygulanması ile daha esnek ve doğal görünen plastinatlar elde edilebilmektedir. Aynı zamanda organın şeklini ve lümenini koruyabilmek için içi boşluklu organlara tespit aşaması uygulanmalıdır (Henry ve ark., 1997). Bununla birlikte otolizin hızlı gerçekleşmesi muhtemel organlar (pankreas, beyin) veya patojen mikroorganizmalarla kontamine yapılar üzerinde yapılacak çalışmalarda doku tespitine gerek duyulmaktadır (DeJong ve Henry, 2007; von Hagens ve ark., 1987).

## ii. Dehidrasyon

Dehidrasyon aşamasında dokular arası ve doku içi sıvının organik bir solvent ile yer değiştirmesi amaçlanır. Dokularda bulunan sıvının ve yağın direk olarak reaktif polimerle yer değiştirememesinden dolayı bu aşama zorunlu hale gelmiştir (von Hagens ve ark., 1987). Kullanılacak olan organik solvent su ile homojen karışabilme ve zorlu impregnasyon aşamasında buharlaşabilme özelliğine sahip olmalıdır. Aseton, MeCl ve çeşitli alkol türevleri bu aşamada sıklıkla kullanılan solventler arasında yer almaktadır (DeJong ve Henry, 2007).

Alkol türevleri iyi bir solvent olmasına rağmen,  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcaklıktaki buharlaşması oldukça düşüktür. Bu sebeple zorlu impregnasyon aşamasındaki buharlaşması düzenli ve devamlı olamamaktadır. MeCl oldukça iyi bir uçucu ara solvent olarak kullanılmaktadır. Fakat bu kimyasalın da su ile homojen bir şekilde karışımı mümkün olmadığı için dehidrasyon aşamasında genellikle tercih edilmemektedir. Bu sebeplerden dolayı aseton diğer solventlere göre evrensel olarak daha sık kullanılmaktadır (DeJong ve Henry, 2007).

Dehidrasyon aşamasında dokularda genellikle bir büzüşme meydana gelmektedir. Uzun bir formalin tespitinden sonra yapılan dehidrasyonda büzüşme oranı azalmaktadır. Dehidrasyonun genellikle  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de yapılması ile asetonun doku sıvılarıyla yer değişimi dengeli ve düzenli şekilde olacağından büzüşme minimum seviyeye düşmektedir (Brown ve ark., 2002; Ekim ve ark., 2014a; Miklosova ve Miklos, 2004).

## iii. Yağdan Arındırma

Dehidrasyon aşamasından sonra oda sıcaklığında aseton banyosu ile yapılan bu adımda dokularda bulunan fazla yağ dokusunun dokudan uzaklaştırılması sağlanır.

Dokuda çok fazla yağın bulunması plastinasyon sonucu elde edilecek son ürünün dayanıklılığını azaltmaktadır. Fakat sinir dokunun büyük bir oranı yağ dokudan oluştuğu için sinir sistemi organlarına yağdan arındırma işlemi uygulanmamalıdır (DeJong ve Henry, 2007; Ekim ve ark., 2014a).

Lipitten zengin materyallerin (kemik, subkutan veya subseröz adipöz doku) yağdan arındırılması oldukça önemlidir. Dehidrasyonda olduğu gibi yağdan arındırma işleminde de MeCl kullanılabilmeyle birlikte ideal olarak aseton tercih edilmektedir. Bu aşama oda sıcaklığında son bir aseton banyosu ile karakterize olup genellikle 1 hafta sürmektedir (von Hagens ve ark., 1987).

#### **iv. Zorlu İmpregnasyon**

Zorlu impregnasyon, dehidrasyonda doku sıvılarının yerini alan asetonun silikon polimeri ile yer değiştirmesiyle karakterize oldukça önemli bir aşamadır (Ottone ve ark., 2015). Sıvı haldeki asetonun dokudan buharlaşarak ayrılması sırasında silikon polimerin dokunun içine doğru çekilmesi sağlanır. Asetonun düzgün ve dengeli bir şekilde buharlaşmasını sağlamak ve dokuda istenmeyen büzüşmeleri engellemek amacıyla zorlu impregnasyon aşaması soğuk ortamda (-25 °C) ve negatif bir basınç altında gerçekleştirilir (Ekim ve ark., 2014a).

Soğuk ortam silikon plastinasyonunda temel olarak S10 silikon polimer (Biodur Products, Heidelberg/ Almanya) ile bu polimeri aktif hale getiren S3 katalizör madde (Biodur Products, Heidelberg/Almanya) kullanılmaktadır. Silikon polimer karışımı hazırlanırken S10/S3 oranının 100/1 olması gerekmektedir (DeJong ve Henry, 2007; Sahoo ve Adda, 2013; Suganthi ve Francis, 2012). S10 silikon polimer ile S3 katalizör maddenin birbiriyle karıştırılması oldukça önemlidir. Kimyasal karışımının elektrikli karıştırıcı kullanılarak 10 dakika orta hızda karıştırılması önerilmektedir (DeJong ve Henry, 2007).

Zorlu impregnasyon aşaması için gerekli ekipmanlar; patlama korumalı derin dondurucu, camdan veya polikarbonatdan yapılmış saydam kapaklı vakumlama tankı, vakum pompası ve ekipmanları, vakum ölçer, vakumun kontrol edildiği valf ve örneklerin içine koyulabileceği metal sepettir (DeJong ve Henry, 2007; Ekim ve ark., 2014a).

Bu aşamada yağdan arındırma işlemi tamamlanan örnekler içinde silikon polimer karışımının bulunduğu vakumlama tankının içine yerleştirilmektedir. Örnekler silikon içine gömüldükten sonra vakumlama tankının cam kapağı kapatılmaktadır. Vakumlama tankının bir çıkışına vakum pompası, ikinci çıkışına basınç ölçecek olan Bennert manometresi ve üçüncü çıkışına basıncı ayarlayacak olan valf takılmaktadır. Vakum pompası çalıştırılarak tank içerisinde negatif bir basınç oluşturulmaktadır (Ekim ve ark., 2014a). Dehidrasyon aşamasında kullanılan ara solvent, düşük buhar basıncı ve yüksek bir kaynama noktasına (aseton: +56 °C, MeCl: +40 °C) sahipken, silikon polimeri yüksek buhar basıncı ve düşük kaynama noktasına sahiptir. Bu nedenle vakum pompası çalıştırılarak oluşturulan negatif basınç altında dokudan buharlaşan aseton, silikon polimeri yüzeyinde kabarcıklar şeklinde görülmektedir (von Hagens ve ark., 1987). İdeal olarak silikon polimeri yüzeyinde görülmesi gereken aseton kabarcığı sayısı her 5 cm<sup>2</sup> alanda saniyede 1-3 adet olmalıdır. Fazla veya az kabarcık çıkışları, vakum tankına bağlı olan valfin kullanılmasıyla tank içerisindeki negatif basınç değiştirilerek kontrol edilmektedir. Valfin tamamen kapalı dolayısıyla tank içi negatif basıncın maksimum olduğu durumda herhangi bir baloncuk çıkışı gözlenmiyorsa zorlu impregnasyon aşaması sonlandırılmaktadır. İmpregnasyon aşaması sonlandıktan sonra örnekler silikon polimeri içinden çıkartılarak yapısında bulunan fazla silikonun tank içerisine akması sağlanmaktadır (Ekim ve ark., 2014a).



## v. Gaz kürlenme – Sertleştirme

Zorlu impregnasyon aşaması tamamlandıktan sonra, plastine edilecek numuneler vakumlama tankındaki silikon polimerden dışarı çıkartılmaktadır. Vakumlama tankında bulunan polimer hâlihazırda sıvı haldedir ve bir sonraki impregnasyonda tekrar kullanılabilir. Gaz kürlenme aşamasında kullanılan silikonun türüne bağlı üç farklı kürlenme tekniği bulunmaktadır (Grondin, 1998).

Gaz kürlenmede, impregnasyon aşamasında örneklerin içine çekilmiş olan silikon polimerinin kimyasal bir madde kullanılarak sertleşmesi sağlanır. Temel olarak kürlenme-sertleştirme için sıvı halden buharlaşarak gaz hale dönüşen S6 (Biodur Products, Heidelberg/ Almanya) kimyasalı kullanılmaktadır. S6 evapore olarak örneklerin yapısında bulunan silikon polimer moleküllerinin kendi aralarında çapraz bağlanmasını ve böylelikle örneğin sertleşmesini sağlar (Ekim ve ark., 2014a; von Hagens ve ark., 1987; Weiglein ve Henry, 1993).

Bu aşamada temel olarak kullanılan ekipmanlar; hava sızdırmayan gaz kürlenme tankı, S6 kimyasalını buharlaştıracak akvaryum pompası veya küçük bir vantilatör, emici özelliğe sahip kağıt ve S6 kimyasalının içine koyulacağı küçük cam kaptır (DeJong ve Henry, 2007).

İmpregnasyondan sonra yapısındaki fazla silikonu alan örnekler gaz kürlenme tankına alınmaktadır. Örnekler doğal anatomik pozisyonları verildikten sonra tank içerisinde bulunan cam kaba 10-100 ml kadar S6 kimyasalı konulmaktadır. Normal şartlarda S6'nın buharlaşması oda sıcaklığında meydana gelebilmektedir. Fakat buharlaşmanın artırılması için akvaryum pompası veya küçük bir fan gibi materyaller kullanılmaktadır. Orta boyutlardaki gaz kürlenme tankı için 20-30 ml S6 miktarı ve 5-10 dakikalık zaman yeterli buharı oluşturmak için elverişlidir (Weiglein ve Henry, 1993).

Örneklerin yüzeyindeki S6 konsantrasyonuna ve zincir uzama derecesine bağlı olarak, numunenin yüzeyi yapışkan hale gelmekte ve daha sonra kurumaktadır. Örneğin yüzeyi kurduğunda kullanılabilir duruma gelmektedir. Fakat örneklerin daha iç katmanları kurumamış olabileceğinden örneklerdeki polimerin tam iç sertleşmesini sağlamak ve daha sonra polimerin sızmasını ortadan kaldırmak için numuneler hava geçirmez bir plastik torba veya gaz küreme tankında saklanmalıdır. Örneğin büyüklüğüne bağlı olarak gaz küreme aşaması 1-2 hafta sürebilmektedir (DeJong ve Henry, 2007; Ekim ve ark., 2014a).

Gaz küreme - sertleştirme aşamasının belli başlı problemleri veya dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar; S6 kimyasalının örneğin yüzeyinde beyaz bir çökelti oluşturabileceği, örnekten sızan polimerin örneğin yüzeyini kaplayabileceği ve örneğin büzüşebileceği olarak bildirilmiştir (Weiglein ve Henry, 1993).

### **1.5.2. Epoksi Plastinasyonu**

Epoksi plastinasyon yöntemi klasik olarak 2-5 mm kalınlığında şeffaf anatomik kesitler oluşturmak için kullanılır (Sora ve Cook, 2007; von Hagens ve ark., 1987). Epoksi yöntemi ile doku kesitlerinin plastinasyonu, kadavra üzerinde uygulanan diseksiyon işlemleri ile erişilmesi güç olan anatomik yapıların kolaylıkla araştırılmasına imkan sağlar (Ottone ve ark., 2016). Bu teknikle vücut bölümlerinden elde edilen anatomik ince kesitler, bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans ve ultrason görüntüleme yöntemleri ile elde edilen kesitsel anatomik görüntülerle birlikte kullanılabilir. Bu sayede anatomi eğitimleri klinik eğitimlere yönelik olarak etkin bir şekilde yürütülebilmektedir (Ottone ve ark., 2016; Pashaei, 2010; Phillips ve ark., 2002; Sora ve ark., 2007; Sora ve Matuzs, 2010).

Kesitsel plastinasyon işlemlerinde arzu edilen kesit kalınlığı 0.5-1.0 mm kadar ince ise ultra ince kesit plastinasyon yöntemi uygulanmaktadır. Ultra ince kesit

plastinasyon işleminde materyal önce blok halinde plastine edilir, daha sonra tel testere kullanılarak ince dilimler halinde kesitlendirilir. İmpregnasyon aşamasında uygulanan sıcaklık ve kullanılan hızlandırıcının (E600) oranı oldukça önemlidir. Diğer tüm plastinasyon yöntemlerinin aksine impregnasyon aşamasında yüksek sıcaklık (30–60 °C) arzu edilmektedir (Sora ve Matuzs, 2010).

Diğer plastinasyon yöntemlerinde olduğu gibi epoksi plastinasyonunda da sırasıyla örneklerin hazırlanması, dehidrasyon, yağdan arındırma, zorlayıcı impregnasyon ve gaz kütleme aşamaları uygulanmaktadır (Sora ve ark., 2007; Sora ve Cook, 2007; Steinke, 2001).

Epoksi plastinasyonunda kullanılacak olan örnek seçildikten sonra formalin solüsyonu ile tespit işlemi uygulanmaktadır. Fakat E12 ultra ince kesit plastinasyonu yönteminde tespit işlemine gerek yoktur. Genellikle tespit aşmasının uygulanmasının amacı dokularda bulunan sağlığa zarar verebilecek biyolojik riskleri ortadan kaldırmaktır. Bununla birlikte dokulara tespit işleminin uygulanmasının en büyük dezavantajlarından biri dokuların doğal renginde göze çarpan bir renk kaybı oluşturmasıdır. Dondurma veya tespit işlemleri uygulanmadan önce kullanılacak doku bloğunun maksimum büyüklüğünün 15 cm x 10 cm x 10 cm boyutlarında olması arzu edilir (Sora ve Cook, 2007).

Dehidrasyon aşamasında soğuk aseton kullanılması büzüşmenin düşük olması açısından oldukça önemlidir. Doku bloğu aseton banyosu aşamasına alınmadan önce -25 °C’de 2 gün dondurulur. Donmuş olan doku bloğu dehidrasyon aşaması için -25 °C’de bulunan %100’lük aseton banyosu içine alınır. Dehidrasyon aşamasının süresi kullanılacak olan doku bloğunun büyüklüğü ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Düzgün bir dehidrasyon aşamasının tamamlanması için aseton banyolarındaki asetonun saflık yüzdesi aralıklarla kontrol edilmeli ve asetonun saflığı sabit olana kadar bir sonraki banyo aşamasına geçilmemelidir. İlk aseton banyosunu iki veya üç haftada saflık açısından kontrol edilmelidir. Eğer ilk banyodaki aseton yüzdesi

sabitleşirse örnekler ikinci %100'lük aseton banyosuna alınır. Yine aynı şekilde ikinci aseton banyosundaki asetonun saflık yüzdesi iki veya üç hafta süresince kontrol edilir. Asetonun saflık yüzdesi sabitlendiğinde örnekler üçüncü %100'lük aseton banyosuna alınır. Üçüncü banyo tamamlandığında eğer asetonun saflık yüzdesi %98'in üzerinde hesaplanırsa dehidrasyon aşaması sonlandırılır. Dehidrasyon aşamasından sonra örnekler yağdan arındırma işlemi için oda sıcaklığında bulunan aseton ve MeCl içine alınır. MeCl asetona göre daha güçlü yağdan arındırma işlemi gerçekleştirmektedir. Yağdan arındırma işleminin tamamlandığını gösteren herhangi bir ölçüm metodu olmamasından dolayı bu aşamada aseton veya MeCl'nin renk değişimi takip edilmelidir. Yağdan arındırma işleminin gerçekleştiği kullanılan kimyasalın renginde meydana gelen değişikliklerle anlaşılır. Berrak olan saf aseton veya MeCl'nin rengi zamanla koyu sarı hale dönüşür. Kullanılan dokunun büyüklüğüne ve içerdiği yağ doku oranına bağlı olarak yağdan arındırma işlemi 4 hafta kadar sürebilmektedir (Sora ve ark., 2004a; Sora ve ark., 2007; Sora ve Cook, 2007).

Silikon plastinasyon yönteminde olduğu gibi dehidrasyon ve yağdan arındırma işlemleri tamamlandıktan sonraki aşama zorlu impregnasyondur. Zorlu impregnasyon işlemi diğer plastinasyon aşamaları içinde oldukça fazla öneme sahiptir. Ultra ince plastinasyon yönteminin zorlu impregnasyon aşamasında doku içi ve arası sıvılar polimer karışımı ile yer değiştirir. Doku bloğu aseton veya MeCl ile yağdan arındırma işleminden sonra içinde E12 (polimer), E6 (sertleştirici), E600 (hızlandırıcı) karışımının bulunduğu vakum tankına alınır. Karışımın E12: 100/ E6: 50/ E600: 0.2 oranında olmasına dikkat edilir. Vakum tankı sıcaklığı +30 °C'ye ayarlanmış bir fırın içinde tutulmaktadır. Doku bloğu vakum tankı içindeki polimer karışımına gömüldükten sonra E12 polimer karışımının dengelenmesi ve penetrasyonu için vakum hemen oluşturulmamalıdır. Bir sonraki gün +30 °C'deki vakum tankının içindeki basınç 40 cm Hg olacak şekilde ayarlanarak vakumlama işlemi başlatılır. Bu noktadan sonra vakum içi basınç 5 gün boyunca günde 8 cm Hg düzeyinde olacak şekilde sürekli olarak düşürülür. Beşinci gün sonundaki basıncın 2 mm Hg olması arzu edilir. Zorlu impregnasyon aşamasının ilk 4 gününde ortam sıcaklığı +30 °C iken, beşinci gün sıcaklık +60 °C'ye yükseltilir. Buradaki esas amaç sıcaklıkla birlikte polimer

karışımını oldukça sıvı hale getirerek doku bloğunun en dip kısımlarına kadar ulaşmasını sağlamaktır (Sora ve ark., 2004a; Sora ve ark., 2007; Sora ve Cook, 2007).

Zorlu impregnasyon aşaması tamamlandıktan sonra doku bloğu vakum tankından dışarı çıkartılır. Daha sonra suni köpükten oluşturulmuş ve polietilen folyo ile kaplanmış kalıp arasına doku kalıbı yerleştirilir. Bu aşamada taze polimer reaksiyon karışımı (E12: 100/ E6: 50/ E600: 0.2), hazırlanan kalıbı doldurmak ve örneği çevrelemek için kullanılır. Zorlu impregnasyon aşamasını tamamlamış örnek ve polimer karışımını içeren kalıp sıcaklığı +65 °C'ye ayarlanmış fırın içine yerleştirilir. Dört gün fırın içinde tutulan polimer karışımının sertleşmesi sağlanır. Bu işlemler tamamlandıktan sonra doku/ polimer bloğu fırın içerisinden çıkartılarak oda sıcaklığında soğutulur ve etrafındaki oluşturulmuş kalıp dokudan uzaklaştırılır (Sora ve ark., 2004a; Sora ve Cook, 2007).

Sertleşme aşamasını tamamlayan E12 doku kalıbı testere kullanılarak 1 mm veya daha ince dilimlere ayrılır. Böylelikle oldukça ince, sert ve şeffaf anatomik kesitler elde edilmiş olunur. Ultra ince kesitler bilim insanlarına ilgilenilen doku ile ilgili mikroskobik seviyeye inebilecek kadar son derece kullanışlı anatomik detaylar sunar (Sora ve ark., 2004a; Sora ve Cook, 2007).

Epoksi plastinasyonu ile ultra ince kesitler (0.5-1.0 mm) elde edilebildiği gibi daha kalın kesitler de (2.0-5.0 mm) hazırlanabilmektedir. Fakat ultra ince kesit plastinasyon yöntemine göre arasında belli başlı farklılıklar bulunmaktadır (Sora ve Matuzs, 2010).

Standart ince kesit (2.0-5.0 mm) plastinasyon yönteminde de diğer plastinasyon yöntemlerinde olduğu gibi sırasıyla örneklerin hazırlanması, dehidrasyon, yağdan arındırma, zorlu impregnasyon ve gaz kürlenme-sertleştirme aşamaları gerçekleştirilir (Ottone ve ark., 2016; Ottone ve ark., 2018; Sora ve ark., 2004a). E12 kesit

plastinasyon yöntemi ile organlardan veya ekstremitelerden kesitsel şeffaf anatomik yapılar elde edilebilmektedir (Ottone ve ark., 2018; von Hagens ve ark., 1987).

İnce kesit plastinasyon metodunda plastine edilecek örnekler 1 hafta süre ile -80 °C'de dondurulur. Bu aşamadan sonra dondurulmuş örnekler testere yardımı ile ince dilimlere (2.0-5.0 mm) ayrılmaktadır (Polgar ve ark., 2003; Sora ve ark., 2002; Sora ve ark., 2004b). Optimal kesit kalınlığının 2,5 mm olması arzu edilmektedir. Çünkü daha ince kesitlerde çok soluk bir yapı ortaya çıkarken daha kalın kesitlerde birçok anatomik yapı üst üste binebilmektedir (von Hagens ve ark., 1987). Testere yardımı ile elde edilen kesitler bir gecelik süre ile -25 °C'de saklanmaktadır. Dehidrasyon aşamasında diğer plastinasyon yöntemlerinde olduğu gibi ara solvent olarak aseton kullanılmaktadır. Soğuk ortamda (-25 °C) seri aseton banyoları ile dehidrasyon aşaması tamamlandıktan sonra kesitler yağdan arındırma işlemi için 1 hafta süre ile oda sıcaklığında MeCl veya %100'lük aseton içinde tutulmaktadır (Polgar ve ark., 2003; Sora ve ark., 2015). Zorlu impregnasyon aşaması için +5 °C sıcaklıkta E12 polimer karışımı (E12/ 95 pbw: E1/ 26 pbw: AE10/ 10 pbw) hazırlanır (von Hagens, 1985). Yağdan arındırma işleminden sonra kesitler direk olarak vakum tankında bulunan E12 polimer karışımı içine yerleştirilir. Zorlu impregnasyon aşaması +5 °C'de vakum tankı içindeki başlangıç basıncı 760 mm Hg'den 2 mm Hg'ye inecek şekilde 2 günde tamamlanmaktadır (Elnady ve Sora, 2009; Ottone ve ark., 2016; Polgar ve ark., 2003; Sora ve ark., 2002; Sora ve ark., 2004b; Sora ve ark., 2015). İmpregnasyon aşaması tamamlandıktan sonra kesitler iki cam levha arasına alınmakta ve esnek contalar vasıtası ile cam levhalar birbirine tutulmaktadır. Burada cam levhalar arası mesafenin 4 mm olması arzu edilmektedir. İçinde kesit bulunan iki cam levha arasındaki boşluğa taze E12 polimer karışımı (E12/ 95 pbw: E1/ 26 pbw: AE10/ 5 pbw) dökülür ve oluşturulan kalıp iç basıncı 3 mm Hg olan vakum tankında 1 saat tutulmaktadır. Böylelikle E12 polimer karışımı içinde bulunan küçük hava kabarcıkları uygulanan negatif basınçla uzaklaştırılmaktadır. Kabarcıklar uzaklaştırıldıktan sonra cam levha ertesi güne kadar 15° açı ile yatay bir şekilde bırakılmaktadır. Bu aşamada polimer karışımı oldukça yapışkan hale dönüşmektedir. Ertesi gün kesitleri içeren cam levha +45 °C'deki fırın içine yerleştirilir ve 4 gün boyunca bu ısıda tutulmaktadır. Cam levhalar bu süreç bittikten sonra fırın içerisinden

çıkartılır ve oda sıcaklığında soğuması sağlanmaktadır. Soğuyan levhalar kesitlerden dikkatli bir şekilde uzaklaştırılır ve sonuç olarak arzu edilen kesitler elde edilir (Elnady ve Sora, 2009; Polgar ve ark., 2003; Sargon ve Tatar, 2014; Sora ve ark., 2002; Sora ve ark., 2004b; Sora ve Genser-Strobl, 2005).

### 1.5.3. Polyester Plastinasyonu

Polyester plastinasyonu, temel olarak diğer plastinasyon yöntemlerine benzer özellikler taşımaktadır. Polyester plastinasyonunda doku sıvılarının yerini polyester reçine almaktadır. Bu yöntem baş, beyin ve çeşitli vücut bölümlerinin kesitsel plastinasyonu amacı ile sıklıkla tercih edilmektedir (Latorre ve ark., 2004; Sargon ve Tatar, 2014). Polyester plastinasyonunda kimyasal madde olarak, fiksatif maddeler, aseton, gerekli ise MeCl ve polyester polimeri kullanılmaktadır (Gao ve ark., 2006; Sui ve Henry, 2007). Diğer plastinasyon tekniklerinde olduğu gibi polyester plastinasyonu temel olarak; örneklerin hazırlanması, örneklerin tespiti (gerekirse), dilimleme, dehidrasyon, zorlu impregnasyon ve kürlenme-sertleştirme aşamalarını içermektedir. Örneklerin hazırlanması, doku tespiti, dilimleme ve dehidrasyon adımları epoksi plastinasyon yöntemindekiyle benzerlik göstermektedir. Tespit aşaması epoksi plastinasyonunda olduğu gibi genellikle tercih edilmez. Sıklıkla doku korunmasında ve tespitinde kullanılan formalin solüsyonları dokuların doğal renginde istenmeyen değişikliklere yol açmaktadır. Fakat beyin gibi yumuşak ve deformasyona müsait organların kesitsel plastinasyonu hazırlanmak isteniyorsa tespit aşaması uygulanması gerekmektedir (Sargon ve Tatar, 2014; Weber ve ark., 2007).

Polyester plastinasyonunda dilimleme işlemlerinin düzgün bir şekilde gerçekleşebilmesi için örnekler  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 1 hafta süre ile dondurulmaktadır. Örnekler donduktan sonra dehidrasyon aşaması için  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de aseton banyoları uygulanmaktadır. Vücut bölümlerinin polyester plastinasyonunda elde edilen kesitlerdeki görüntü ve çözünürlük kalitesini arttırmak için yağdan arındırma işlemi dehidrasyon işlemini takip etmektedir. Yağdan arındırma işlemi diğer plastinasyon

yöntemlerinde de kullanılan aseton veya MeCl kimyasalları aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Ancak beyin dokusunun polyester plastinasyonunda yağdan arındırma işlemi dokuda büzüşmelere sebep olduğundan tercih edilmemektedir. Yağdan arındırma işlemi tamamlandıktan sonraki diğer aşama zorlu impregnasyondur. Zorlu impregnasyonda örnekler içinde polyester polimerinin bulunduğu vakumlama tankına yerleştirilmekte ve 1 gün süre ile vakum oluşturmadan tank içinde tutulmaktadır. Tüm impregnasyon aşamasında vakumlama tankı karanlık bir ortamda bulunmaktadır. Zorlu impregnasyon aşaması sonlandığında örnekler polyester polimeri içerisinden dışarı çıkartılmaktadır. Bu aşamada da impregnasyon sırasında olduğu gibi örnekler karanlık ortamda tutulmaktadır. Polyester plastinasyonunda son aşama kütleme-sertleştirme aşamasıdır. Kütleme-sertleştirme aşamasında; 2 mm kalınlığında cam, silikon conta, katlanabilir kelepçe, mıknatıs, ucunda ufak bir kanca bulunan 1 mm kalınlığında tel, 1.2 mm hipodermik iğne ve UVA ışığı kullanılmaktadır. Bazı polyester polimerleri ile yapılan çalışmalarda UVA ışığı yerine sıklıkla 40 °C ye ısıtılmış su banyoları kullanılarak kütleme aşaması gerçekleştirilebilmektedir (Gao ve ark., 2006; Latorre ve ark., 2004; Sargon ve Tatar, 2014; Sui ve Henry, 2007).

## **1.6. Plastinasyon ve Tıbbi Görüntüleme Yöntemleri**

Beşeri veya veteriner hekimlikte BT, MRG ve ultrasonografi (US) gibi çoğunlukla teşhis ve tedavi amacıyla kullanılan tanısal görüntüleme yöntemlerinden etkin bir şekilde yararlanılabilmesi için görüntüsü alınacak vücut bölgesinin makro-anatomik yapısının iyi bilinmesi gerekmektedir (Smodlaka ve ark., 2004; Zotti ve ark., 2009). Vücudun herhangi bir bölgesine ait bir oluşumun anatomik yapısının ortaya konulması aşamasında bilim insanları anatomik örnek hazırlama ve koruma yöntemleri arasında eşsiz bir yere sahip olan plastinasyon yöntemine sıklıkla başvururlar (Buyruk ve ark., 1990; Kumro ve ark., 2013; Probst ve ark., 2006; Sagoo ve Adds, 2013; von Hagens ve ark., 1987). Plastine edilmiş ince vücut kesitleri dondurulmuş örneklerden alınan kesitlere göre daha yüksek bir çözünürlük sağladığı için BT ve MRG görüntüleri ile yüksek kalitede karşılaştırma imkanı sunmaktadır (Donoso ve ark., 2009; Steinke, 2001). Anatomi, radyoloji ve cerrahi eğitimleri ile



araştırmalarında dokuların veya organların kesitsel olarak incelenmesi büyük önem arz etmektedir. BT ve MRG ile elde edilen kesitsel görüntülerdeki anatomik yapıların plastinasyon yöntemi ile hazırlanmış kesitsel plastinatlarla karşılaştırılması ve tanımlanması klinik eğitimleri açısından oldukça faydalıdır (Cook ve Al-Ali, 1997; Donoso ve ark., 2009; Latorre ve Rodriguez, 2007; Polgar ve ark., 2003; Shanthi ve ark., 2015). BT, MRG ve US'nin gelişimiyle birlikte, 2B ve 3B rekonstrüksiyonlarda herhangi bir anatomik yapının oldukça detaylı görüntüleri elde edilebilir hale gelmiştir. Anatomi eğitimlerine medikal görüntülerin entegrasyonu, öğrencilere temel anatomik bilgileri 2B kesitsel BT ve MRG incelemelerine uygulayabilme ve anatomik bilgi ile klinik açıdan uygunluğu ilişkilendirebilme olanağı sunmaktadır (Estai ve Bunt, 2016; Sora ve ark., 2013). Topografik anatomi eğitimlerinde herhangi bir vücut bölgesinin kesitsel anatomik yapısının anlaşılması öğrenciler için genellikle zor bir durumdur. Plastine edilmiş doku kesitlerinin, görüntüleme yöntemleri ile elde edilmiş kesitsel görüntülerle karşılaştırılması bu zorluğu oldukça azaltmaktadır. Yapılan araştırmalarda özellikle plastine edilen ön ekstremite ve arka ekstremite bölgelerindeki kesitsel anatomik yapılar, BT ve MRG'deki görüntülerle karşılaştırılarak bu yöntemlerin birlikte kullanımın görüntüsel ve biyometrik açıdan ne derece etkin olduğunu ortaya koymaktadır (Buyruk ve ark., 1990).

Bu çalışmada, Yeni Zelanda Tavşanı'nda sağlıklı ön bacak eklemlerinin BT,  $\mu$ BT ve MRG yöntemleri ile elde edilen görüntüleri değerlendirildikten sonra eklem bölgelerini silikon plastinasyon tekniği ile plastine edilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen kesitsel plastinatlardaki anatomik yapıların BT ve MRG yöntemleriyle elde edilen eşlenik görüntülerdeki anatomik yapılarla karşılaştırmalı olarak incelenmesi diğer amaçlar arasında yer almaktadır. Ayrıca BT ve  $\mu$ BT yöntemleri ile elde edilen eklem bölgelerinin 2B görüntülerinden 3B dijital modellerinin elde edilmesi, modeller üzerinde omuz ile dirsek eklemlerine ait morfometrik ölçümlerin sağlanması ve bu modellerden 3B yazıcılar kullanılarak 3B baskı modellerinin üretilmesi yapılan çalışmanın diğer hedefleri arasındadır. Bu çalışmadan elde edilen verilerin hem deneysel amaçlı cerrahi girişimlerde bulunan hem de klinik anatomi eğitimlerinde rol alan bilim insanlarına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## 2. GEREÇ VE YÖNTEM

### 2.1. Çalışma Materyali

Çalışmada Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Deney Hayvanları ve Araştırma Laboratuvarı'ndan temin edilen 7 adet dişi ve 7 adet erkek olmak üzere 14 adet erişkin Yeni Zelanda Tavşanı (*Oryctolagus cuniculus L.*) kullanıldı. Tavşanlar temin edildikten sonra ilk olarak ağırlıkları hassas tezgah tartısı (Kern FKB, Stuttgart, Almanya) kullanılarak ölçüldü (Şekil 2.1). Ölçüm sonuçları erkek tavşanlar için  $3376,67 \pm 316,78$  g, dişi tavşanlar için  $3288,77 \pm 335,97$  g olarak belirlendi. Çalışmada canlı hayvanlar üzerinde yapılacak tüm uygulamalar Ankara Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan alınan, 2017-5-32 karar nolu etik kurul onayı doğrultusunda gerçekleştirildi.



Şekil 2.1. Tavşanların hassas tezgah tartısı ile ağırlıklarının ölçümü.

## **2.2. Anestezi protokolü**

Tavşanlar Xylazin HCl (5 mg/kg, i.m.) ve Ketamine (35 mg/kg, i.m.) ajanları kullanılarak genel anesteziye alındı (Koç ve ark., 2012). Anestezi altında gerekli tüm işlemler yapıldıktan sonra hayvanların ötenazisi yüksek doz anestetik maddenin (Ketamine, i.m.) enjeksiyonu ile gerçekleştirildi.

## **2.3. Ön Bacak Eklemlerinin Görüntülenmesi**

Genel anesteziye alınmış tavşanların ön bacak eklemleri BT ve MRG teknikleri kullanılarak görüntüledi. Çalışmada ayrıca ötenazisi sağlanmış tavşanların ön ekstremitelerine ait  $\mu$ BT görüntüleri elde edildi.

### **2.3.1. Bilgisayarlı Tomografi ile Görüntüleme**

Tavşanların eklemlerine ait BT görüntüleri Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Radyodiagnostik Ünitesi'nde bulunan General Electric (GE Medical Systems, Milwaukee, WI brand, 2119734-2 model) BT cihazı kullanılarak elde edildi. Genel anestezi altında olan tavşanlar prone pozisyonunda cihaza yerleştirildi. Bu aşamada ön bacakların bilateral simetrik olmasına özen gösterildi (Şekil 2.2).



**Şekil 2.2.** Tavşanların BT çekimi öncesi cihaz masasına yerleştirilmesi.

Ön ekstremitelere ait ilgili yapılar scapula'nın yaklaşık orta seviyesinden başlanarak phalanx distalis'in sonunda sonlanacak şekilde 1 mm kalınlıkta tarandı. BT görüntüleri 120 kV ve 190 mAs değerlerinde oluşturuldu. Çekimlerde 512 x 512 piksel matrix kullanıldı. DICOM dosyalarının 3D Slicer (3D Slicer, 4.9.0 version, GitHub, San Francisco) programına aktarılmasıyla elde edilen transversal görüntüler değerlendirildi. Transversal görüntülerdeki anatomik yapıların tanımlanmasında sagittal ve frontal reformat görüntülerinden faydalanıldı.

### **2.3.2. Manyetik Rezonans Görüntüleme**

Anestezi altında bulunan tavşanların ön bacak eklemleri, standart insan diz coil'i kullanılarak 0.3 Tesla MR (AIRIS II, Hitachi Medical Corporation, Tokyo, Japonya) cihazı tarafından görüntüledi. Tavşanların ön bacakları coil içerisine prone pozisyonunda yerleştirildi (Şekil 2.3). Tarama işlemleri T1 ve T2 ağırlıklı olarak 2 mm kalınlığında gerçekleştirildi. T1 ağırlıklı sekans kullanılan çekimlerde tekrarlama zamanı

(TR)=400 ms, echo süresi (TE)=20 ms, 256x256 matris, (NEX)=1, görüntü alanı (FOV)=150 mm; T2 ağırlıklı sekans kullanılan çekimlerde tekrarlama zamanı (TR)=500 ms, echo süresi (TE)=15 ms, 256x256 matris, (NEX)=1, görüntü alanı (FOV)=150 mm olarak belirlendi. Tarama sonrası elde edilen kesit görüntüleri içeren DICOM dosyaları kişisel bilgisayar ortamına aktarılarak görüntüler 3D Slicer programında değerlendirildi.

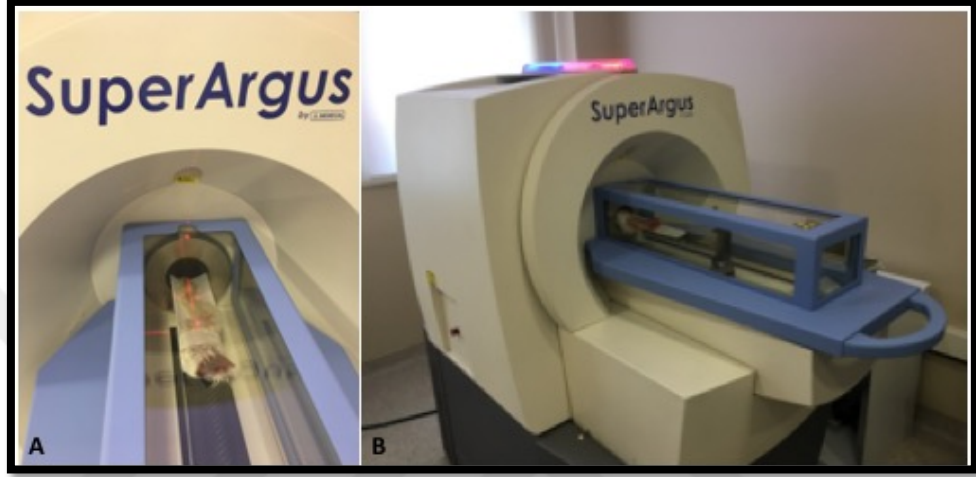


**Şekil 2.3.** Tavşanların MR çekimi öncesi cihaz masasına yerleştirilmesi.

### 2.3.3. Mikro Bilgisayarlı Tomografi ile Görüntüleme

Ötenazisi sağlanan tavşanların ön ekstremiteleri uygun diseksiyon yöntemiyle vücuttan uzaklaştırıldı. Ekstremitelerin görüntülenmesinde Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı'nda bulunan  $\mu$ BT cihazı (Super Argus PET/CT, Sedecal, İspanya) kullanıldı. Ekstremiteler anatomik yapılarına uygun şekilde medio-lateral pozisyonda cihaz masasına yerleştirilip sabitlendi (Şekil 2.4). Görüntüler

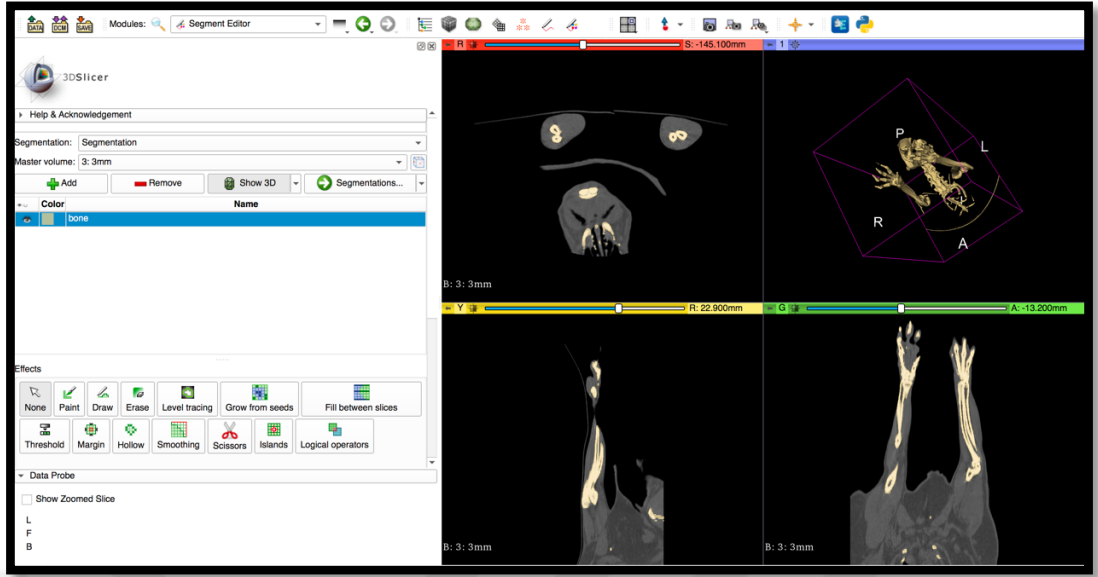
scapula'nın orta seviyesinden başlanarak phalanx distalis'in distal ucuna kadar 0.12 mm kalınlıkta tarandı. Görüntüleme işlemleri standart çözünürlükte, 40 kV ve 140  $\mu$ A değerlerinde gerçekleştirildi. Elde edilen DICOM dosyaları 3D Slicer programına aktarılarak transversal, frontal ve sagittal düzlemlerdeki görüntüler kişisel bilgisayar (MacBook Pro, macOS High Sierra, Apple Inc.) ortamında değerlendirildi.



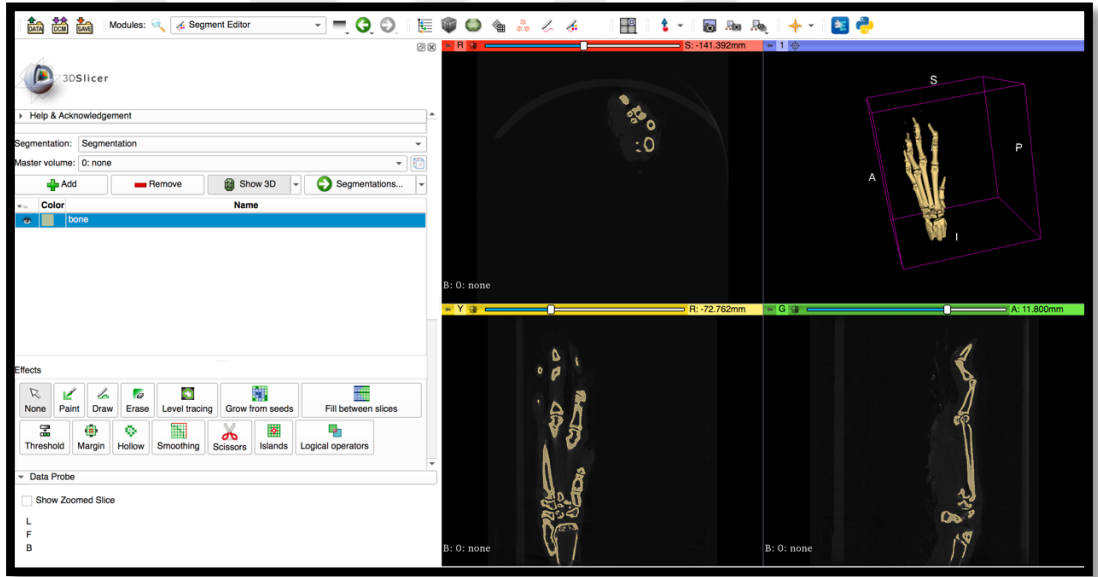
**Şekil 2.4.** Tavşan ön ekstremitelerinin  $\mu$ BT çekimi öncesi cihaz masasına sabitlenmesi (A) ve eklem bölgelerinin görüntülenme aşaması (B).

## 2.4. Üç Boyutlu Rekonstrüksiyon ve Baskılama

Ön bacak eklemlerinin BT ve  $\mu$ BT yöntemleri ile elde edilen 2B görüntüleri uluslararası standart DICOM dosya biçiminde dijital olarak CD ortamında depolandı. DICOM dosyaları bilgisayar ortamına aktarıldıktan sonra 3D Slicer yazılım programı kullanılarak transversal, frontal ve sagittal olmak üzere 3 farklı düzlemde görüntülere ulaşıldı. Kemik doku penceresi üzerinden hacimsel oynama (volume rendering) ve segmentasyon işlemi yapılarak kemik dokuya ait 3B görüntüler elde edildi (Şekil 2.5) (Şekil 2.6). 3B modeller üzerinden eklem bölgelerine ait anatomik ölçümler ilgili literatürler doğrultusunda gerçekleştirildi (Driesch, 1976; Özkadif ve ark., 2015; Pazvant ve Kahvecioğlu, 2009). Her noktaya ait ölçüm işlemi farklı zamanlarda 3 defa gerçekleştirilmiş olup son değer 3 ölçüm değerinin ortalaması olarak belirlendi.



**Şekil 2.5.** Tavşan ön ekstremitelerine ait BT görüntüleri üzerinden kemik dokuya ait 3B modelleme aşaması.

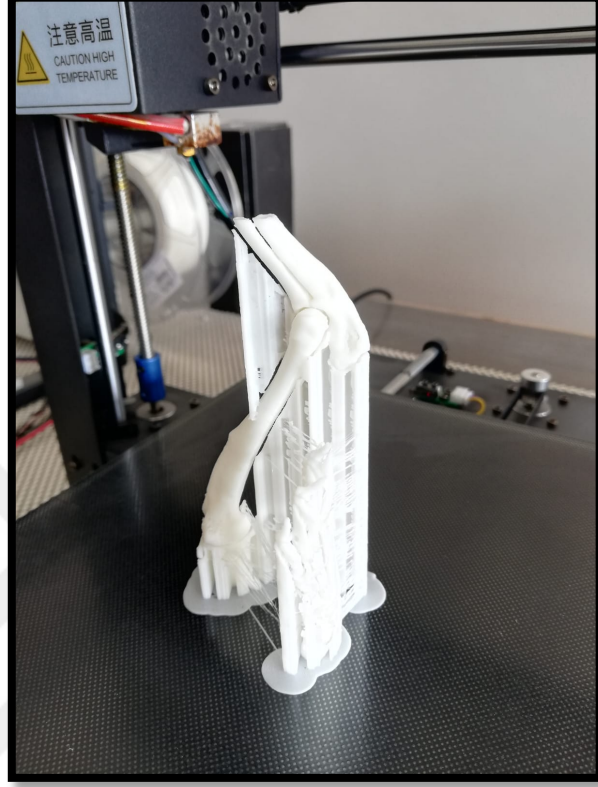


**Şekil 2.6.** Tavşan ön ekstremitelerine ait  $\mu$ BT görüntüleri üzerinden kemik dokuya ait 3B modelleme aşaması.

Eklem modellerine ait 3B baskılanmış objeler 3B yazıcı (Anycubic i3 Mega FDM printer) kullanılmasıyla üretildi. Baskılama işlemine başlamadan önce 3D Slicer programında PaintEffect (Threshold Paint) yöntemi kullanılarak kemik doku segmente edilip 3B modeller oluşturuldu. Segmentasyonu sağlanan kemik dokuya ait 3B eklem modelleri 'STL' dosya formatında bilgisayar ortamında kaydedildi. Daha sonra 'STL' uzantısına sahip dosyalar 3B yazıcıya yüklenerek baskılama işlemi başlatıldı.



Baskılama işlemi temel olarak Poliaktik asit (PLA) polimeri kullanılarak x, y, z koordinatlarında gerçekleştirildi (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. 3B yazıcının görüntüsü ve 3B baskılama aşaması.

## 2.5. Ön Ekstremitte Eklemlerinin Silikon Plastinasyonu

Sakrifiye edilmiş tavşanların ön ekstremitelerine ait  $\mu$ BT görüntüleri elde edildikten sonra silikon plastinasyon işlemi gerçekleştirildi. Bu aşamada silikon plastinasyon yönteminin birbirini izleyen adımları sırasıyla; örneklerin hazırlanması, dehidrasyon, zorlu impregnasyon ve gaz kütleme-sertleştirme olarak uygulandı.

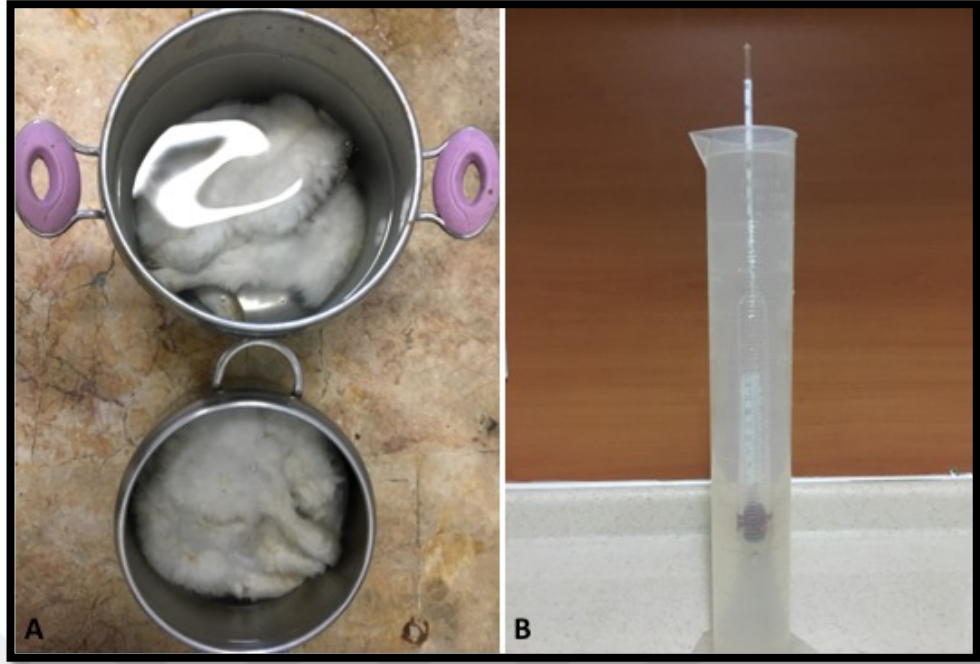


### 2.5.1. Örneklerin Hazırlanması

Bu aşamada tavşanlara ait ön ekstremiteler %4'lük formalin solüsyonu (Merck KGaA, Darmstadt, Almanya) içerisinde 10 gün süre ile tespit edildi. Tespit aşaması tamamlandıktan sonra gerekli görülen diseksiyon işlemleri gerçekleştirildi. Silikon plastinasyonunun diğer aşaması olan dehidrasyona geçilmeden önce tespit edilmiş örnekler 48 saat akan su altında tutuldu. Böylelikle dokulardaki fazla formaldehit kalıntısı uzaklaştırıldı.

### 2.5.2. Dehidrasyon

Doku içi ve dokular arası sıvıların direk olarak silikon polimeri ile yer değiştirememesinden dolayı örneklere dehidrasyon işlemi uygulandı. Bu aşamada doku sıvılarının hidrofilik özellikte bir solvent olan aseton (Birpa Kimya, Yenimahalle, Ankara) ile yer değiştirmesi sağlandı. Asetonun oda sıcaklığında çok hızlı buharlaşmasından dolayı örneklere uygulanan aseton banyoları -25 °C'deki derin dondurucuda gerçekleştirildi. İlk olarak örnekler içinde kendi hacminin 10 katı kadar aseton (%99,5) bulunan izolasyonlu çelik tank içerisine konuldu (Şekil 2.8, A). Aseton yoğunluğunda meydana gelecek azalmanın belirlenmesi için her gün aynı saatte olacak şekilde tank içinden karıştırıldıktan sonra alınan aseton derişimi ölçüldü (Şekil 2.8, B). Ölçümler öncesi aseton sıcaklığının asetonometre üzerinde belirtilen 20 °C'ye gelmesi beklendi. Ölçüm işlemi aseton derişimi sabit olana kadar devam ettirildi. Tanktaki aseton konsantrasyonu %95'in üzerine çıktığı ve sabitlendiği anda dehidrasyon aşaması sonlandırıldı. Çalışmanın dehidrasyon aşaması için temel olarak derin dondurucu (Uğur derin dondurucu, VDD 600 SC Model, Nazilli, Aydın) ve 35 litre kapasiteli, çelik contaya sahip paslanmaz izolasyonlu çelik tanklar (Biodur Products, Heidelberg/ Almanya) kullanıldı.



**Şekil 2.8.** Örneklerin aseton içerisindeki görüntüsü (A) ve günlük aseton değişiminin asetonometre ile ölçümü (B).

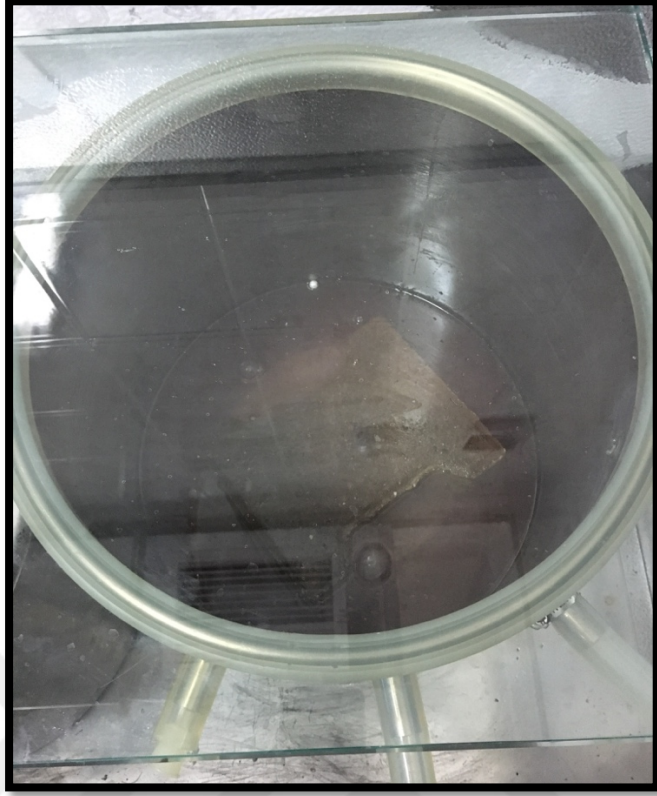
### 2.5.3. Zorlu İmpregnasyon

Dehidrasyon aşaması tamamlandıktan sonra bu aşamada ise dokularda bulunan asetonun buharlaşması yoluyla yerine sıvı haldeki silikon polimerin geçmesi sağlandı. Zorlu impregnasyon aşaması  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de negatif basınç altında gerçekleştirildi.

Silikon plastinasyonunun bu aşamasında; derin dondurucu (Uğur derin dondurucu, VDD 600 SC Model, Nazilli, Aydın), 35 litre kapasiteli 3 çıkışı bulunan cam kapaklı vakumlama tankı ve sepeti (Biodur Products, Heidelberg/Almanya), vakumlama pompası (Oerlikon/Almanya), Bennert manometresi (Biodur Products, Heidelberg/Almanya), S10B silikon polimer (Biodur Products, Heidelberg/Almanya) ile S3 katalizör madde (Biodur Products, Heidelberg/Almanya) kullanıldı.

Dehidrasyon işlemini tamamlayan örnekler hızlı bir şekilde vakumlama tankında bulunan S10B silikon polimer ve S3 katalizör madde karışımı içerisine alındı.

Tanktaki S10B/S3 karışımı 100/1 oranında olacak şekilde hazırlandı. Tankın 3 çıkışından birine Bennert manometresi, diğerine vakum pompası ve bir diğerine tank içerisindeki negatif basıncı ayarlamaya yarayan valf takıldı. Vakum pompası çalıştırılarak tank içerisinde negatif basınç oluşturuldu. Tank içi negatif basıncın artmasıyla birlikte örneklerden buharlaşan aseton, silikon polimerin yüzeyinde kabarcıklar şeklinde görülmeye başlandı (Şekil 2.9). Çok hızlı bir buharlaşmanın ve buna bağlı olarak dokularda istenmeyen bir büzüşmenin gerçekleşmemesi için tank içi negatif basınç valf ayarı yapılarak düzenli olarak kontrol edildi. İmpregnasyon aşamasının ilerleyen günlerinde valf ayarı yapılarak tank içi negatif basıncın artırılması sağlandı. Valf tamamen kapatılıp ve buna bağlı olarak tank içi negatif basıncın maksimum olduğu durumda baloncuk çıkışının devam ettiği gözlemlendi. Yine aynı şartlar altında hiçbir baloncuk çıkışının olmadığı anda zorlu impregnasyon aşaması sonlandırıldı. Vakum tankı kapatılıp örnekler 24 saat süre ile polimer karışımı içerisinde tutuldu. Daha sonra karışımdan çıkarılan örneklerin üzerindeki fazla silikonun tank içerisine akması sağlandı. Bu işlem 2 gün süreyle uygulandı. Örnekler derin dondurucudan çıkartılarak oda sıcaklığına alındı. Oda sıcaklığında bir süre daha silikon salınımı devam etti. Bu sürede örnekler emici özelliğe sahip kağıtlarla düzenli olarak silindi. Örneklerden silikon salınımı azaldığı veya bittiğinde bir sonraki aşamaya geçildi.



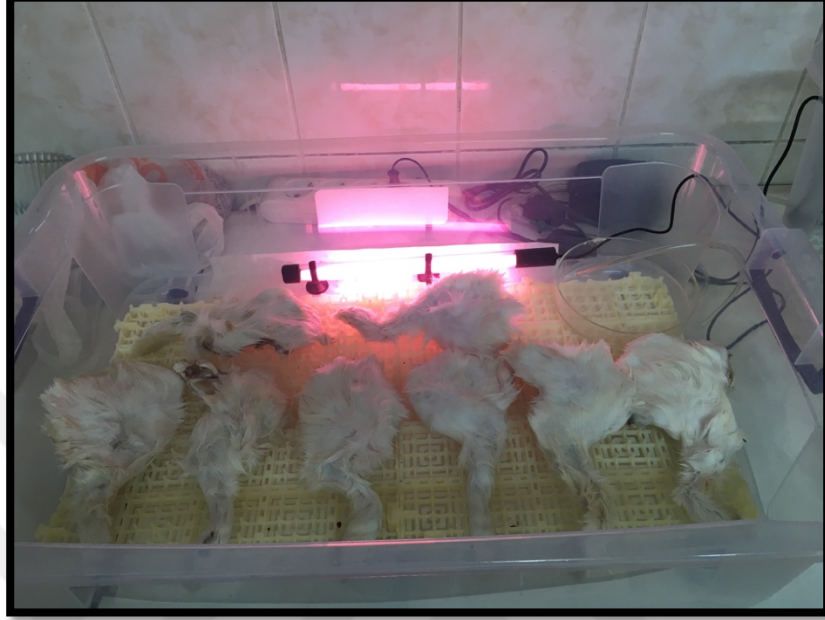
**Şekil 2.9.** Kabarcıklar halinde buharlaşan asetonun silikon polimeri yüzeyindeki görüntüsü.

#### **2.5.4. Gaz Kürleme - Sertleştirme**

Bu aşamada impregnasyonu tamamlamış örneklerin yapısında bulunan silikon polimerin gaz halinde bir kimyasalla kürlenmesi ve sertleşmesi sağlandı. Temel olarak şeffaf plastik izolasyonlu gaz kürleme tankı, tankın içerisine yerleştirilmiş akvaryum hava pompası (Eheim, Deizisau/Almanya) ve silikon polimerini sertleştirmeyi sağlayan S6 (Biodur Products, Heidelberg/Almanya) kimyasalı kullanıldı.

İlk olarak gaz kürleme tankına içerisinde 20 ml S6 kimyasalı bulunan ağzı açık cam bir kap konuldu. Akvaryum pompasından gelen plastik hortum kaptaki S6'ya hava üfleyecek şekilde kap içerisine yerleştirildi. Gaz kürleme aşaması süresinde akvaryum pompası günde 2 kere 5 dakikalık sürelerde çalıştırıldı. Böylelikle sıvı halden gaz hale geçen S6, dokunun yapısında bulunan silikon polimer molekülleri arasında çapraz bağlar kurarak dokunun sertleşmesini sağladı (Şekil 2.10). Sertleşmesi

tamamlanan örneklerde halihazırda çapraz bağ reaksiyonları süreceği düşünüldüğünden ön bacaklar izolasyonlu saklama kaplarında muhafaza edildi.



**Şekil 2.10.** Örnekler üzerine uygulanan gaz kürlenme aşaması.

Gaz kürlenme-sertleştirme aşaması tamamlandıktan sonra örneklerin kesitlendirilmesi gerçekleştirildi. Plastinatlar (son ürün) et kemik testesiyle (Mutaş Grup, VEKT-10 model, Ankara) ekstremite proximal'inden distal'ine doğru 0,7 cm kalınlığında transversal olarak dilimlendi (Şekil 2.11). Elde edilen kesitsel plastinatlar dijital fotoğraf makinesi ile fotoğraflanıp 'JPEG' dosya formatında bilgisayar ortamında kaydedildi. Kesitsel plastinat görüntüleri, daha önceden elde edilmiş kesitsel BT ve MR görüntüleri ile karşılaştırılıp eklem yapılarına ait anatomik yapılar tanımlandı.



**Şekil 2.11.** Plastinatların transversal olarak dilimlenme aşaması.

## **2.6. İstatistiksel Analiz**

Çalışmada  $\mu$ BT görüntülerinden elde edilen 3B dijital eklem modelleri üzerinden alınan biyometrik ölçümler istatistiki açıdan değerlendirildi. İstatistiksel analize geçmeden önce, veriler parametrik test varsayımları için normallik yönünden Shapiro-Wilk, varyansların homojenliği yönünden ise Levene testi ile incelendi. Tüm değişkenler için tanımlayıcı istatistikler hesaplandı ve "Aritmetik ortalama  $\pm$  Standart hata" şeklinde gösterildi. Ölçülen parametrelerin cinsiyet, yön (sağ-sol) ve etkileşimlerinin test edilmesinde tekrarlı ölçümlerde varyans analizinden yararlanıldı. Etkileşim teriminin anlamlı bulunduğu durumlar için Bonferroni düzeltmeli basit etki analizi uygulandı. Tüm istatistiksel analizler minimum %5 hata payı ile incelendi. Tüm analizler SPSS Windows 14.01 (Lisans No: 9869264) paket programı aracılığı ile gerçekleştirildi.

### 3. BULGULAR

Çalışmada tavşanların ön ekstremitte eklemlerine ait anatomik yapıların belirlenmesinde BT, MRG ve  $\mu$ BT görüntüleme yöntemlerinin etkinliği değerlendirildi. Eklem bölgelerine ait kesitsel görüntülerdeki anatomik yapılar, kesitsel plastinatlarla karşılaştırmalı olarak incelendi.  $\mu$ BT görüntülerinden elde edilen 3B dijital modeller üzerinde anatomik yapılar tanımlandı ve articulatio humeri ile articulatio cubiti'ye ait anatomik ölçümler sağlandı. Elde edilen morfometrik veriler cinsiyetler arasında istatistiki açıdan değerlendirildi. 3B baskılama işlemi sonucunda 3B baskı eklem modelleri üretildi.

#### 3.1. BT Bulguları

Görüntüleme sonucunda elde edilen DICOM dosyaları 3D Slicer programına yüklenerek eklem bölgeleri transversal düzlemde incelendi. Anatomik yapıların belirlenmesinde sagittal ve frontal reformat görüntülerinden de yararlanıldı. İncelemede kemik doku ve yumuşak doku penceresi kullanıldı. Kemik dokunun diğer dokulardan optimum ayrımı amacıyla gri ton başına düşen doku yoğunluğuna bağlı olarak pencere seviyesi (WL): 500 Hounsfield Units (HU), pencere genişliği (WW): 2750 HU olarak belirlendi. Yumuşak dokular için WL: 60 HU, WW: 500 HU olarak ayarlandı.

Görüntülerde eklem yapılarının anatomik bütünlüğünü koruduğu ve herhangi bir eklem deformasyonunun mevcut olmadığı tespit edildi. Genel olarak BT tekniği kullanılarak elde edilen kesit görüntülerinde kemik ve kas doku belirgin iken, eklem kapsülü, eklem sıvısı ve ligament yapıları hakkında herhangi bir bilgi elde edilemedi.

Articulatio humeri'de eklem yapısını oluşturan caput humeri ve cavitas glenoidalis net bir şekilde izlendi. Görüntülerdeki kemik doku hiperdens, kas doku

hipodens özellikteydi (Şekil 3.1) (Şekil 3.2). Caput humeri ve cavitas glenoidalis arasında bulunan cavum articulare kesitsel görüntülerde oldukça belirgindi. Cartilago articularis kemik doku penceresinde hiperdens olarak izlendi. Subkondral kemik doku, cartilago articularis ile trabeküler kemik doku arasında hafif hipodens olarak belirlendi (Şekil 3.3). Görüntüleme tekniğinin sınırlı çözünürlüğü ve yapıların oldukça küçük olması sebebi ile ekleme ait capsula articularis, labrum glenoidale, synovia ve ligamentler tanımlanamadı.

Articulatio cubiti'nin yapısına katılan trochlea humeri, olecranon ve caput radii hiperdens özellikteydi. Cavum articulare görüntülerde net olarak izlenirken, eklem yapısında bulunan ligamenta collateralia, capsula articularis ve synovia görüntülerde izlenemedi. Musculus biceps brachii, musculus brachialis, musculus extensor carpi radialis, musculus extensor digitorum communis, musculus flexor carpi ulnaris ve musculus flexor digitorum superficialis kemik dokunun çevresinde hipodens olarak belirlendi (Şekil 3.4).

Articulatio radioulnaris proximalis ve articulatio radioulnaris distalis'e ait kesitlerde eklem yapısına katılan kemik doku ile kemik doku çevresindeki kas doku tanımlandı. Her iki eklem bölgesine ait BT görüntülerinde herhangi ligament ve tendo yapısı izlenemedi (Şekil 3.5) (Şekil 3.6).

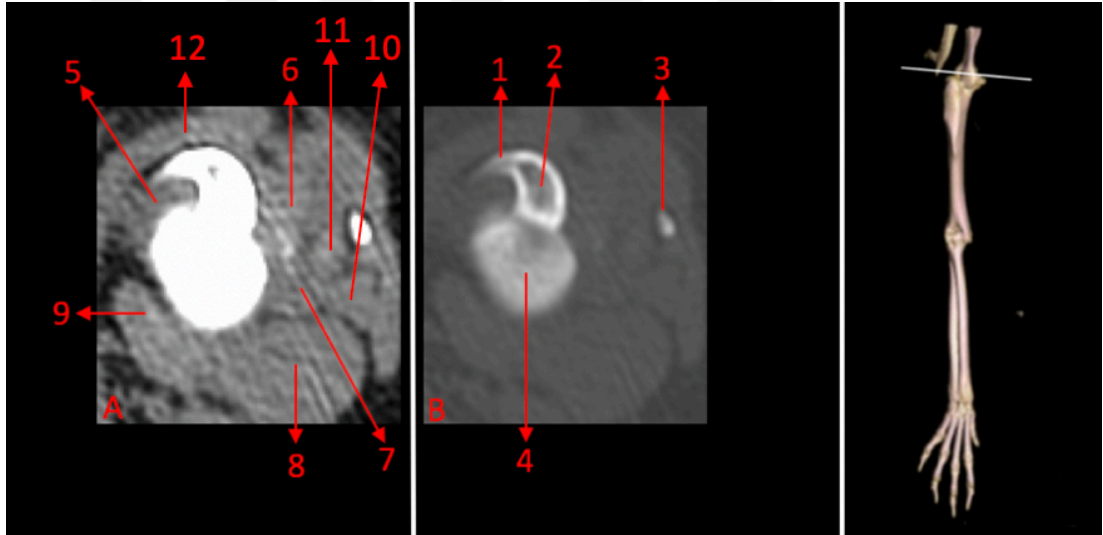
Articulatio carpi'de, proximal sıradaki karpal kemikler birbirinden belirgin bir şekilde ayırt edildi (Şekil 3.7). Distal sırada bulunan karpal kemikler düşük çözünürlük sebebiyle net olarak tanımlanamadı. Çözünürlük düşüklüğünün yanı sıra kesit kalınlığının yüksek olması ve ayrıca distal karpal kemiklerin çok küçük yapıda olması nedeniyle kemik sınırları birbirinden net olarak ayırt edilemedi.

Articulatio mediocarpeae seviyesinde karpal kemiklerin palmar'ında musculus flexor digitorum superficialis ve musculus flexor digitorum profundus'un tendosu

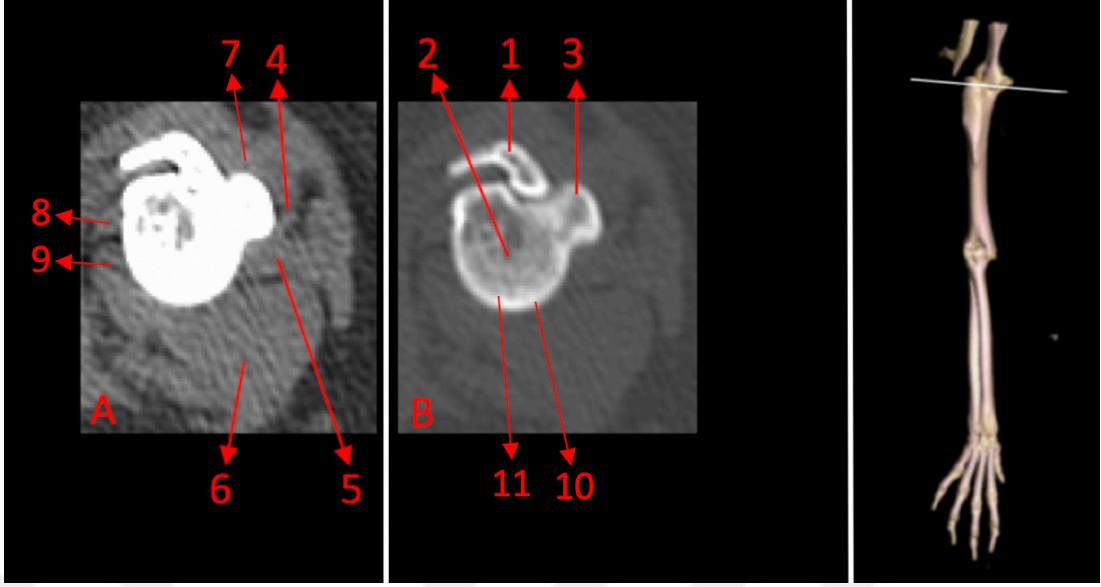


hiperdens olarak gözlemlendi. Birinci parmak hariç, articulatio metacarpophalangea'nın her birinin palmar yüzünde axial ve abaxial olmak üzere bir çift os sesamoideum proximale belirgindi (Şekil 3.8). Articulatio interphalangea distale seviyesinde musculus extensor digitorum communis'in tendosu hiperdens izlendi. Articulatio interphalangea distale'nin palmar yüzünde birinci parmak hariç bir adet os sesamoideum distale mevcuttu (Şekil 3.9).

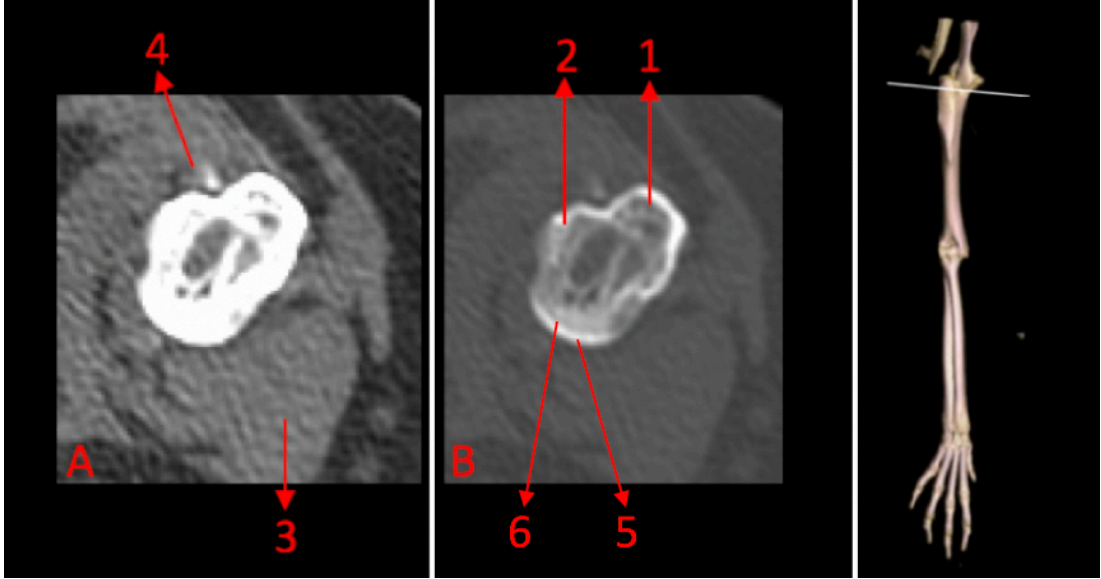
Sağ phalanx proximalis digiti III'ün orta seviyesinden alınmış transversal BT kesit görüntüsünde flexor ve extensor tendo yapıları hiperdens olarak belirlendi (Şekil 3.10).



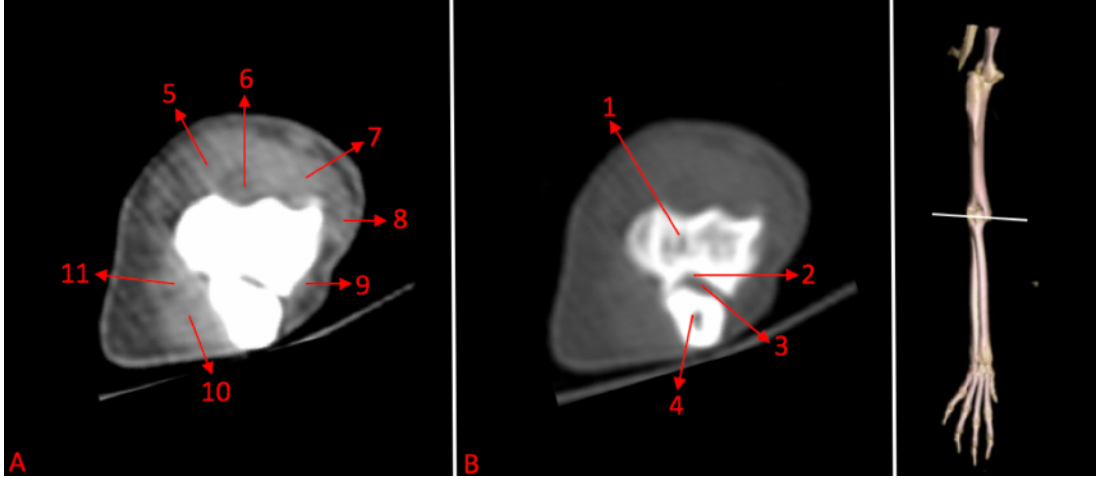
**Şekil 3.1.** Sağ articulatio humeri seviyesinden alınmış yumuşak doku (A) ve kemik doku penceresinde (B) transversal BT kesit görüntüsü (I). 1- Processus coracoideus; 2- Tuberculum supraglenoidale; 3- Processus hamatus; 4- Caput humeri; 5- Musculus subscapularis; 6- Musculus supraspinatus; 7- Musculus infraspinatus; 8- Musculus triceps brachii; 9- Musculus teres major; 10- Musculus deltoideus (pars acromialis); 11- Musculus deltoideus (pars scapularis); 12- Musculus pectoralis ascendens.



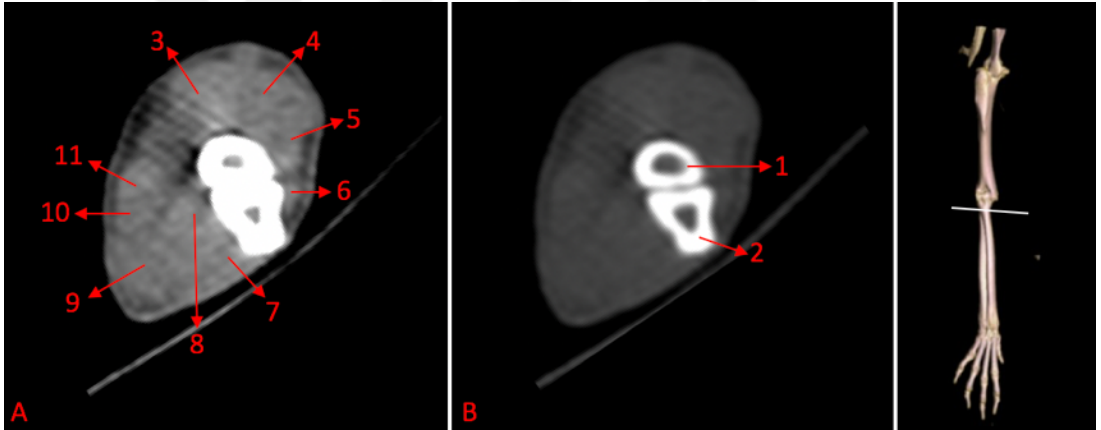
**Şekil 3.2.** Sağ articulatio humeri seviyesinden alınmış yumuşak doku (A) ve kemik doku penceresinde (B) transversal BT kesit görüntüsü (II). 1- Processus coracoideus; 2- Caput humeri; 3- Tuberculum majus; 4- Musculus supraspinatus'un insertio'su; 5- Musculus deltoideus (pars acromialis); 6- Musculus triceps brachii; 7- Musculus infraspinatus'un insertio'su; 8- Musculus subscapularis; 9- Musculus teres major; 10- Cartilago articularis; 11- Subkondral kemik doku.



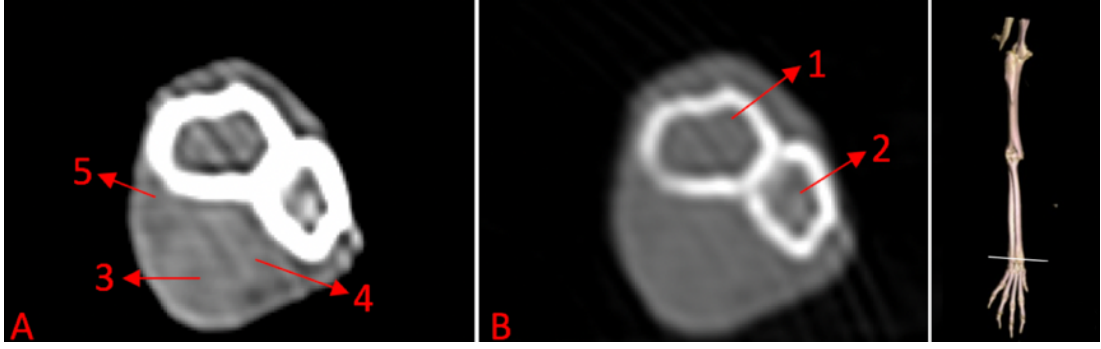
**Şekil 3.3.** Sağ humerus'un proximal seviyesinden alınmış yumuşak doku (A) ve kemik doku penceresinde (B) transversal BT görüntüsü. 1- Tuberculum majus; 2- Tuberculum minus; 3- Musculus triceps brachii; 4- Musculus biceps brachii'nin origo'su; 5- Cartilago articularis; 6- Subkondral kemik doku.



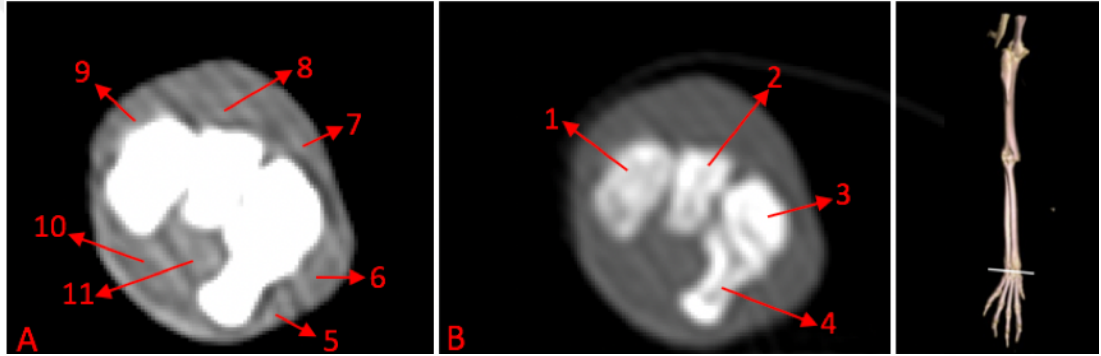
**Şekil 3.4.** Sağ articulatio cubiti seviyesinden alınmış yumuşak doku (A) ve kemik doku penceresinde (B) transversal BT kesit görüntüsü. 1- Humerus; 2- Incisura trochlearis; 3- Cavum articulare; 4- Olecranon; 5- Musculus biceps brachii; 6- Musculus brachialis; 7- Musculus extensor digitorum communis; 8- Musculus extensor carpi radialis; 9- Musculus anconeus; 10- Musculus flexor carpi ulnaris; 11- Musculus flexor digitorum superficialis.



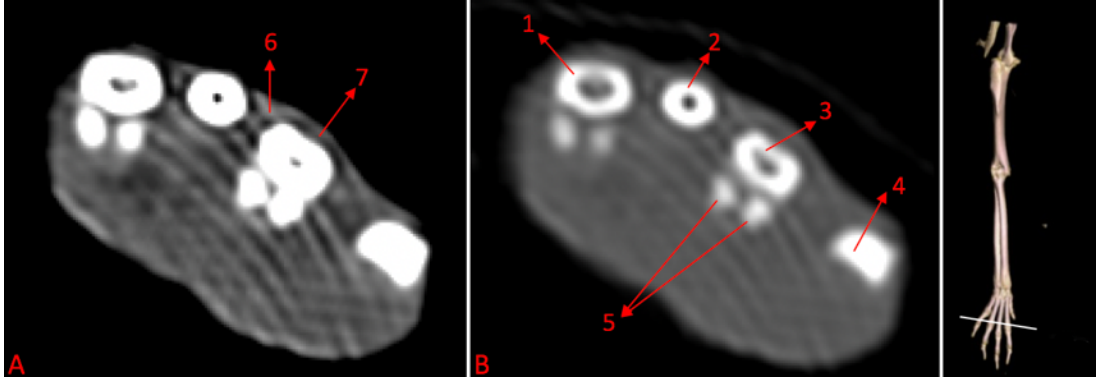
**Şekil 3.5.** Sağ articulatio radioulnaris proximalis seviyesinden alınmış yumuşak doku (A) ve kemik doku penceresinde (B) transversal BT kesit görüntüsü. 1- Radius; 2- Ulna; 3- Musculus extensor carpi radialis; 4- Musculus extensor digitorum communis; 5- Musculus extensor digitorum lateralis; 6- Musculus extensor carpi ulnaris; 7- Musculus flexor carpi ulnaris; 8- Musculus flexor digitorum profundus; 9- Musculus flexor digitorum superficialis; 10- Musculus flexor carpi radialis; 11- Musculus pronator teres.



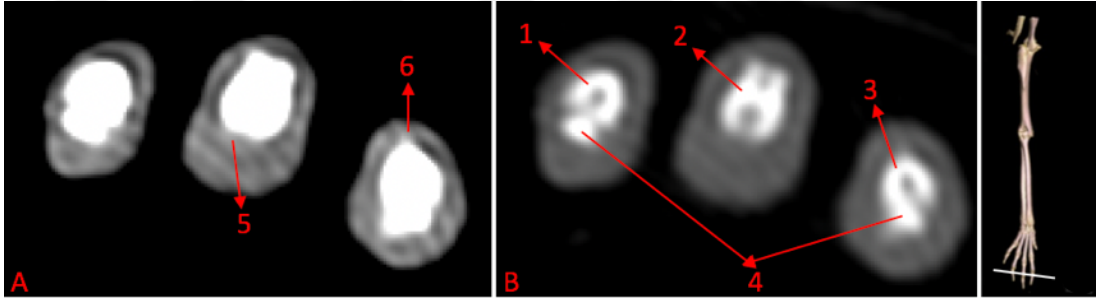
**Şekil 3.6.** Sağ articulatio radioulnaris distalis seviyesinden alınmış yumuşak doku (A) ve kemik doku penceresinde (B) transversal BT kesit görüntüsü. 1- Radius; 2- Ulna; 3- Musculus flexor digitorum superficialis; 4- Musculus flexor digitorum profundus; 5- Musculus flexor carpi radialis.



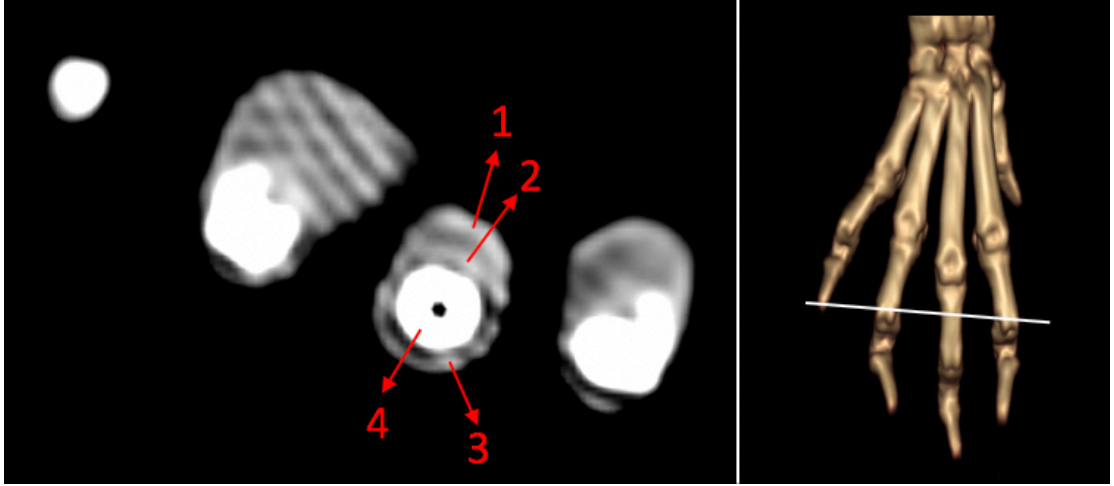
**Şekil 3.7.** Sağ articulatio carpi seviyesinden alınmış yumuşak doku (A) ve kemik doku penceresinde (B) transversal BT kesit görüntüsü. 1- Os carpi radiale; 2- Os carpi intermedium; 3- Os carpi ulnare; 4- Os carpi accessorium; 5- Musculus flexor carpi ulnaris; 6- Musculus extensor carpi ulnaris; 7- Musculus extensor digitorum lateralis; 8- Musculus extensor digitorum communis; 9- Musculus extensor carpi radialis; 10- Musculus flexor digitorum superficialis; 11- Musculus flexor digitorum profundus.



**Şekil 3.8.** Sağ articulatio metacarpophalangea seviyesinden alınmış yumuşak doku (A) ve kemik doku penceresinde (B) transversal BT kesit görüntüsü. 1- Os metacarpale II; 2- Os metacarpale III; 3- Os metacarpale IV; 4- Phalanx proximalis digiti V; 5- Ossa sesamoidea proximale; 6- Musculus extensor digitorum lateralis'in tendosu; 7- Musculus extensor digitorum communis'in tendosu.



**Şekil 3.9.** Sağ articulatio interphalangea distale seviyesinden alınmış yumuşak doku (A) ve kemik doku penceresinde (B) transversal BT kesit görüntüsü. 1- Phalanx distalis digiti II; 2- Phalanx media digiti III; 3- Phalanx distalis digiti IV; 4- Os sesamoideum distale; 5- Musculus flexor digitorum profundus'un tendosu; 6- Musculus extensor digitorum communis'in tendosu.



**Şekil 3.10.** Sağ phalanx proximalis digiti III'ün orta seviyesinden alınmış transversal BT kesit görüntüsü. 1- Musculus flexor digitorum superficialis'in tendosu; 2- Musculus flexor digitorum profundus'un tendosu; 3- Musculus extensor digitorum communis'in tendosu; 4- Phalanx proximalis digiti III.

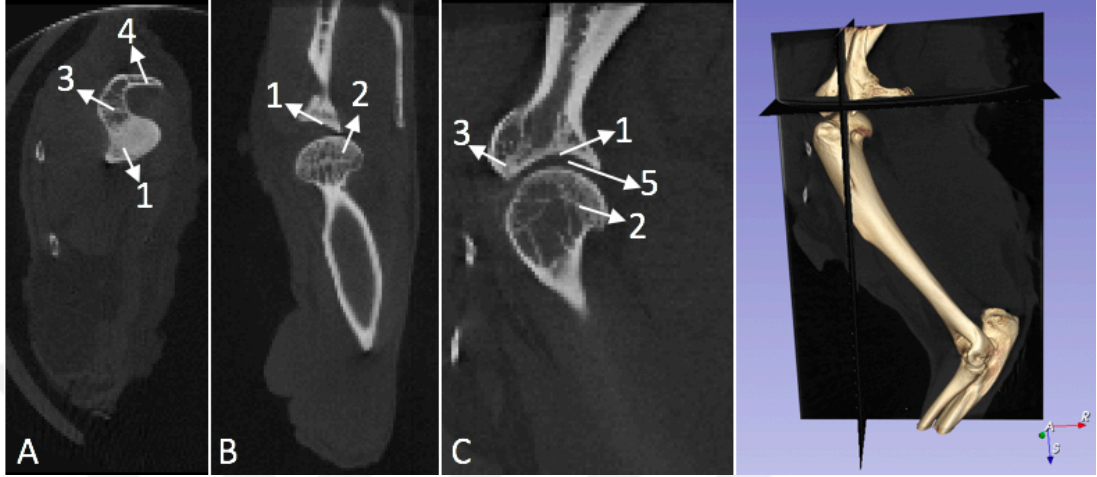
### 3.2. Mikro-BT ve 3B Rekonstrüksiyon Bulguları

Mikro bilgisayarlı tomografi görüntüleme tekniği kullanılarak eklem bölgelerine ait görüntüler elde edildi. DICOM dosyaları 3D Slicer programına yüklenip, kişisel bilgisayar ortamında articulatio humeri (Şekil 3.11) (Şekil 3.12) (Şekil 3.13), articulatio cubiti (Şekil 3.14) (Şekil 3.15), articulatio radioulnaris distalis (Şekil 3.16), articulatio carpi (Şekil 3.17) (Şekil 3.18), articulatio metacarpophalangea (Şekil 3.19) ile articulatio interphalangea distale'ye (Şekil 3.20) ait transversal, sagittal ve frontal düzlemlerde görüntüler değerlendirildi.

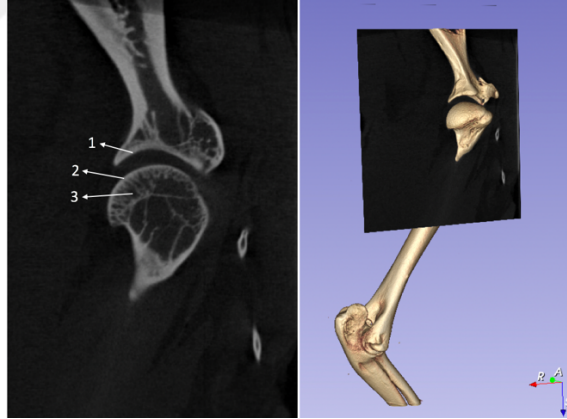
Kesit kalınlığının düşük ve dedektör kalitesinin yüksek olması sebebiyle kemik doku hakkında ayrıntılı veriler elde edildi. Kemik dokuya ait korteks yapısının yanında trabeküler yapı da net bir şekilde izlendi (Şekil 3.12).  $\mu$ BT görüntüleriyle BT görüntüleri karşılaştırıldığında kemik dokunun morfolojik sınırları oldukça belirgindi. Özellikle articulationes carpea'da bulunan karpal kemiklerin sınırları ve anatomik yapıları  $\mu$ BT görüntülerinde net bir şekilde izlendi. Ancak eklem yapılarına ait



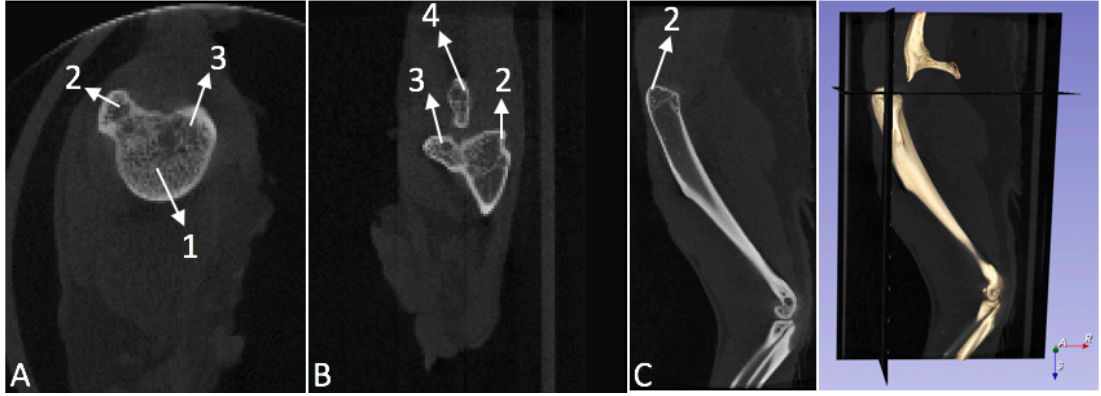
yumuşak doku hakkında  $\mu$ BT tekniği ile net bir veri elde edilmesi mümkün olmamıştır.



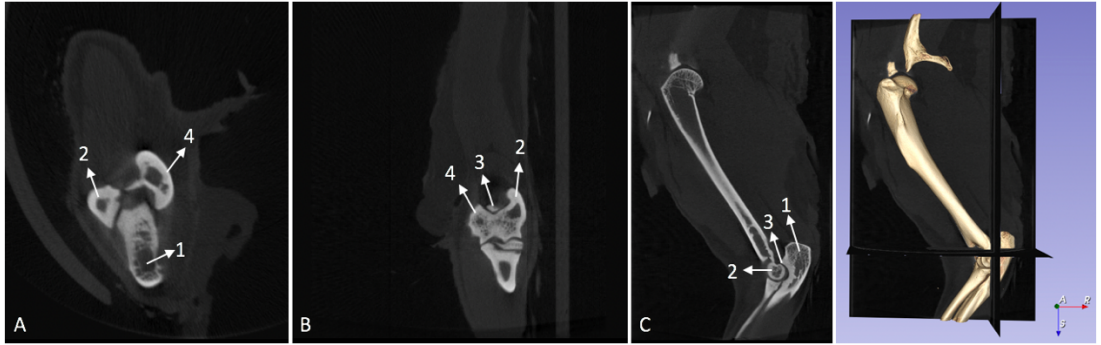
**Şekil 3.11.** Sol articulatio humeri seviyesinden alınmış farklı düzlemlerde (A- Transversal; B- Frontal; C- Sagittal)  $\mu$ BT kesit görüntüleri (I). 1- Cavitas glenoidalis; 2- Caput humeri; 3- Tuberculum supraglenoidale; 4- Processus coracoideus; 5- Cavum articulare.



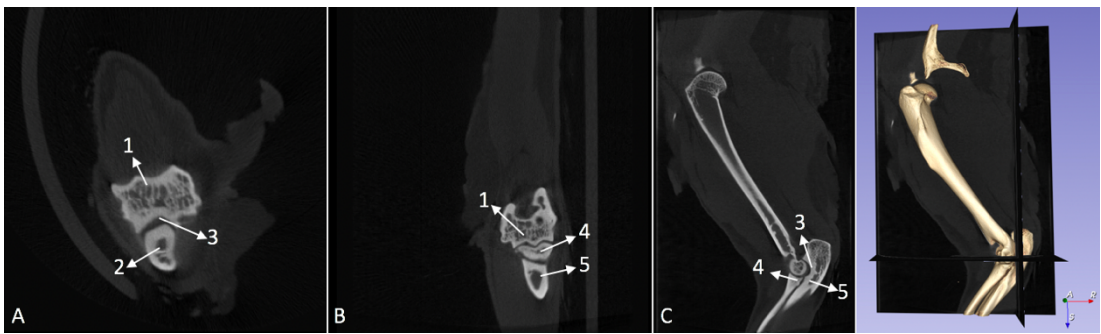
**Şekil 3.12.** Sol articulatio humeri seviyesinden alınmış sagittal düzlemde  $\mu$ BT kesit görüntüsü. 1- Cartilago articularis (cavitas glenoidalis); 2- Cartilago articularis (caput humeri); 3- Substantia spongiosa (trabeküler kemik yapısı).



**Şekil 3.13.** Sol articulatio humeri seviyesinden alınmış farklı düzlemlerde (A- Transversal; B- Frontal; C- Sagittal)  $\mu$ BT kesit görüntüleri (II). 1- Caput humeri; 2- Tuberculum majus; 3- Tuberculum minus; 4- Tuberculum supraglenoidale.

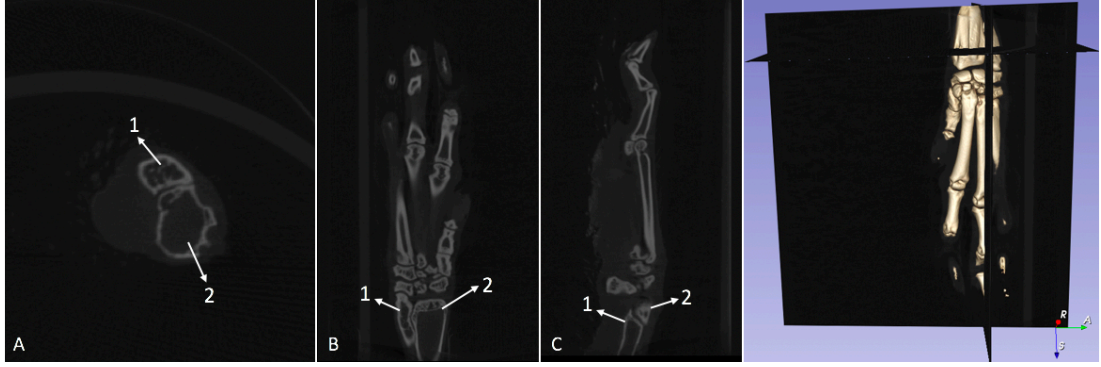


**Şekil 3.14.** Sol articulatio cubiti seviyesinden alınmış farklı düzlemlerde (A- Transversal; B- Frontal; C- Sagittal)  $\mu$ BT kesit görüntüleri (I). 1- Olecranon; 2- Epicondylus lateralis; 3- Processus anconae; 4- Epicondylus medialis.

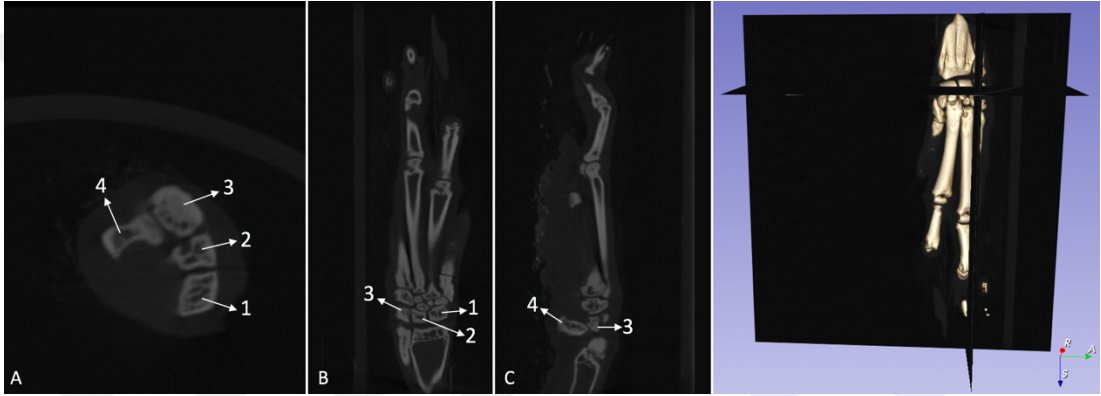


**Şekil 3.15.** Sol articulatio cubiti seviyesinden alınmış farklı düzlemlerde (A- Transversal; B- Frontal; C- Sagittal)  $\mu$ BT kesit görüntüleri (II). 1- Trochlea humeri; 2- Olecranon; 3- Incisura trochlearis; 4- Radius; 5- Ulna.

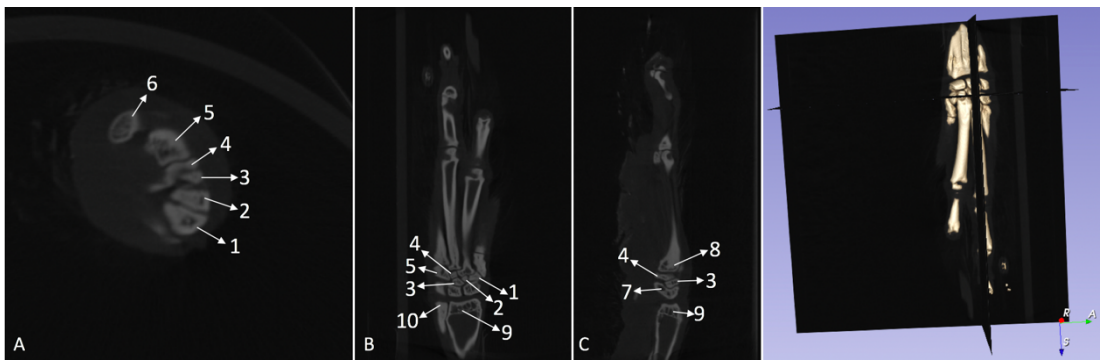




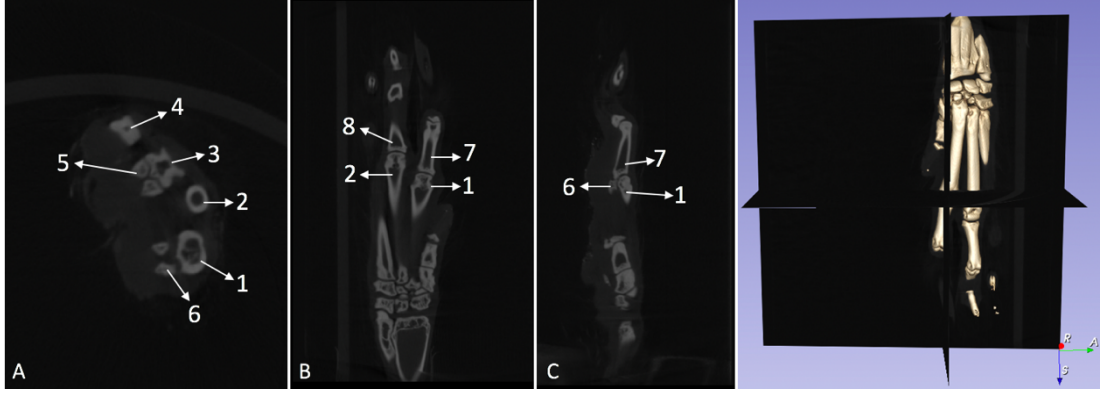
**Şekil 3.16.** Sol articulatio radioulnaris distalis seviyesinden alınmış farklı düzlemlerde (A- Transversal; B- Frontal; C- Sagittal)  $\mu$ BT kesit görüntüleri. 1-Distal ulna; 2- Distal radius.



**Şekil 3.17.** Sol articulatio carpi'nin proximal seviyesinden alınmış farklı düzlemlerde (A- Transversal; B- Frontal; C- Sagittal)  $\mu$ BT kesit görüntüleri. 1- Os carpi radiale; 2- Os carpi intermedium; 3- Os carpi ulnare; 4- Os carpi accessorium.



**Şekil 3.18.** Sol articulatio carpi'nin distal seviyesinden alınmış farklı düzlemlerde (A- Transversal; B- Frontal; C- Sagittal)  $\mu$ BT kesit görüntüleri. 1- Os carpale primum; 2- Os carpale secundum; 3- Os carpi centrale; 4- Os carpale tertium; 5- Os carpale quartum; 6- Os carpi ulnare; 7- Os carpi intermedium; 8- Os metacarpale III; 9- Radius; 10- Ulna.



**Şekil 3.19.** Sol articulatio metacarpophalangea seviyesinden alınmış farklı düzlemlerde (A- Transversal; B- Frontal; C- Sagittal)  $\mu$ BT kesit görüntüleri. 1- Os metacarpale II; 2- Os metacarpale III; 3- Os metacarpale IV; 4- Phalanx proximalis digiti V; 5,6- Ossa sesamoidea proximale; 7- Phalanx proximalis digiti II; 8- Phalanx proximalis digiti III.



**Şekil 3.20.** Sol articulatio interphalangea distale seviyesinden alınmış farklı düzlemlerde (A- Transversal; B- Frontal; C- Sagittal)  $\mu$ BT kesit görüntüleri. 1- Os sesamoideum distale; 2- Phalanx media digiti II; 3- Phalanx proximalis digiti III; 4- Phalanx distalis digiti IV (processus extensorius); 5- Phalanx media digiti IV; 6- Phalanx distalis digiti II; 7- Phalanx media digiti III; 8- Phalanx distalis digiti III; 9- Os sesamoideum distale.

Segmentasyon işlemi hem BT hem de  $\mu$ BT kesit görüntüleri üzerinde gerçekleştirildi. Öncelikle kesit görüntülere ait DICOM dosyaları 3D Slicer programına aktarılarak 2B kesit görüntülere ulaşıldı. 3B kemik dokunun rekonstrüksiyonu aşamasında ilk olarak kemik doku sınırları kesitsel görüntülerde belirlendi. Kemik dokunun segmentasyonunda ‘threshold’ ve ‘paint’ komutları kullanıldı. Her iki komut da kemik dokunun yoğunluğundan tam olarak faydalanılması açısından segmentasyon işlemi kemik doku penceresinde gerçekleştirildi. Threshold komutu, otomatik olarak tüm kemik dokuyu hızlı bir şekilde segmente edebilmesinin yanında elde edilen görüntülerde kemik dokunun hemen sınırındaki dokularla sınırları

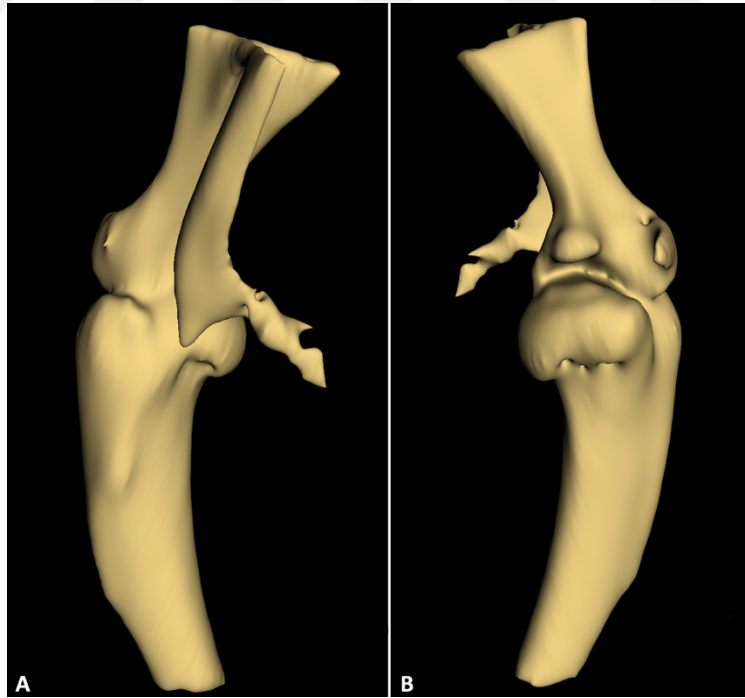
tam olarak ayrılmadığı tespit edildi. Ayrıca  $\mu$ BT cihazının kızak görüntüsü de segmente edilen kemik dokunun etrafında yuvarlak bir hare şeklinde görüldü. Bu durumda kemik dokunun etrafındaki hareyi ve diğer küçük doku parçalarını uzaklaştırmak için 'Keep selected island' komutu kullanıldı. Bu şekilde görüntülerde sadece kemik dokuya ait modeller izlenebildi. Paint komutunda ise kesit görüntülerdeki kemik doku tek tek segmente edildi. Böylelikle her kesitteki kemik sınırları ayrıntılı bir şekilde kontrol edilebildi. Bu komutun kullanılmasıyla yapılan segmentasyon işleminin 'threshold' komutuna göre daha uzun zaman aldığı tespit edildi.

Oluşturulan 3B dijital eklem modelleri ile gerçek eklem görüntüleri arasında anatomik bütünlük açısından herhangi bir farklılık gözlenmedi.  $\mu$ BT görüntülerinden elde edilen 3B modellerdeki anatomik yapı, BT görüntülerinden elde edilen modellerdekine göre oldukça ayrıntılıydı (Şekil 3.21) (Şekil 3.22) (Şekil 3.23) (Şekil 3.24) (Şekil 3.25) (Şekil 3.26). Articulatio humeri'ye ait  $\mu$ BT görüntülerinden oluşturulan 3B modellerde eklem kavitesi oldukça belirgin olup cavitas glenoidalis ile caput humeri arasındaki eklem boşluğu net bir şekilde gözlenmekteydi. Cavitas glenoidalis'in cranial kenarının üstünde tuberculum supraglenoidale, caudal kenarının üstünde ise tuberculum infraglenoidale belirgindi. Humerus'un proximal'inde konveks yapıda gözlenen caput humeri, craniomedial ve craniolateral'de tuberculum minus ve tuberculum majus tarafından sınırlanmaktaydı (Şekil 3.21). Bu ekleme ait BT görüntülerinden oluşturulan 3B modellerde eklem kavitesi ve boşluğu belirgin değildi. Modeller üzerindeki anatomik ayrıntı kalitesi oldukça düşüktü. Kemik çıkıntılarının sınırları ve yapısı net bir şekilde belirlenemedi (Şekil 3.22). Articulatio cubiti'ye ait  $\mu$ BT ve BT görüntülerinden elde edilen 3B modellere ait görüntüler birbiriyle karşılaştırıldığında modeller üzerindeki anatomik yapılar  $\mu$ BT ile oluşturulan 3B modellerde kolaylıkla tanımlandı. Trochlea humeri distal'de fovea capitis radii, caudal'de olecranon ile eklemleşmekteydi. Trochlea humeri'nin medial ve lateral kenarında epicondylus medialis ile epicondylus lateralis birer çıkıntı şeklindeydi. Incisura trochlearis'in trochlea humeri'ye caudal'den desteklediği ve iki anatomik oluşumun birbiriyle oldukça uyumlu olduğu belirlendi

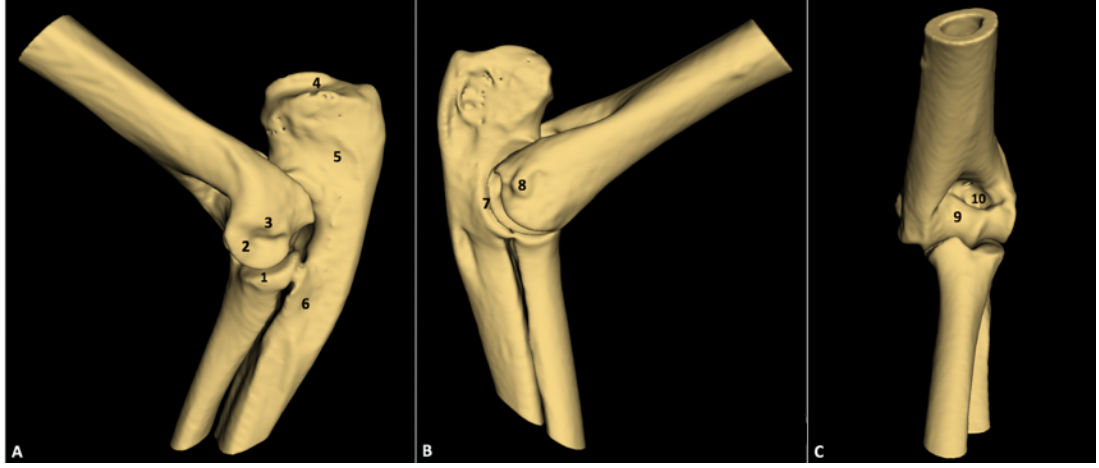
(Şekil 3.23). BT görüntülerinden oluşturulan 3B articulatio cubiti modellerinde her bir kemik sınırı birbiriyle birleşmiş şekilde görüldüğünden anatomik yapıların net bir şekilde tanımlanması mümkün olmadı (Şekil 3.24).  $\mu$ BT görüntülerinden elde edilmiş regio manus'a ait 3B model üzerinde tüm eklemlerin yapısına katılan kemik oluşumlarının detaylı bir şekilde belirlenmesi sağlandı (Şekil 3.25). Özellikle articulatio carpi'deki karpal kemiklerin anatomik yapısı ve sınırları BT görüntülerinden oluşturulan modellerde oldukça belirsizdi (Şekil 3.26).  $\mu$ BT görüntülerinden elde edilen modellerde karpal kemikler gibi oldukça ufak kemik yapıları dahil kolaylıkla tanımlandı (Şekil 3.25). Articulatio radioulnaris distalis, ulna'nın distal'indeki processus styloideus lateralis'in medial yüzü ile radius'un distal'indeki incisura ulnaris tarafından oluşmaktaydı. Articulatio radiocarpeae'nın yapısına radius'un distal'i ile os carpi radiale ve os carpi intermedium, articulatio ulnocarpeae'nın yapısına ise ulna'nın distal'i ile os carpi ulnare ve os carpi accessorium katılmaktaydı. Os carpi radiale distal'de os carpale I ve os carpale II ile; os carpi intermedium distal'de os carpale III ve os carpale IV ile; os carpi ulnare distale'de os carpale IV ile eklemleşmekteydi. Distal sırada yerleşmiş karpal kemiklerin distal'indeki kemiklerle eklemleşmeleri incelendiğinde os carpale I'in os metacarpale I ve os metacarpale II ile, os carpale II'nin os metacarpale II ile, os carpale III'ün os carpi centrale ve os metacarpale II ile, os carpi centrale'nin os metacarpale III ile, os carpale IV'ün os metacarpale III, os metacarpale IV ve os metacarpale V ile eklemleştiği belirlendi. Articulatio metacarpophalangea'nın palmar yüzünde biri axial diğeri abaxial olmak üzere bir çift os sesamoideum proximale mevcuttu. Aynı şekilde articulatio interphalangea distalis'in palmar yüzünde bir adet os sesamoideum distale bulunmaktaydı (Şekil 3.25).



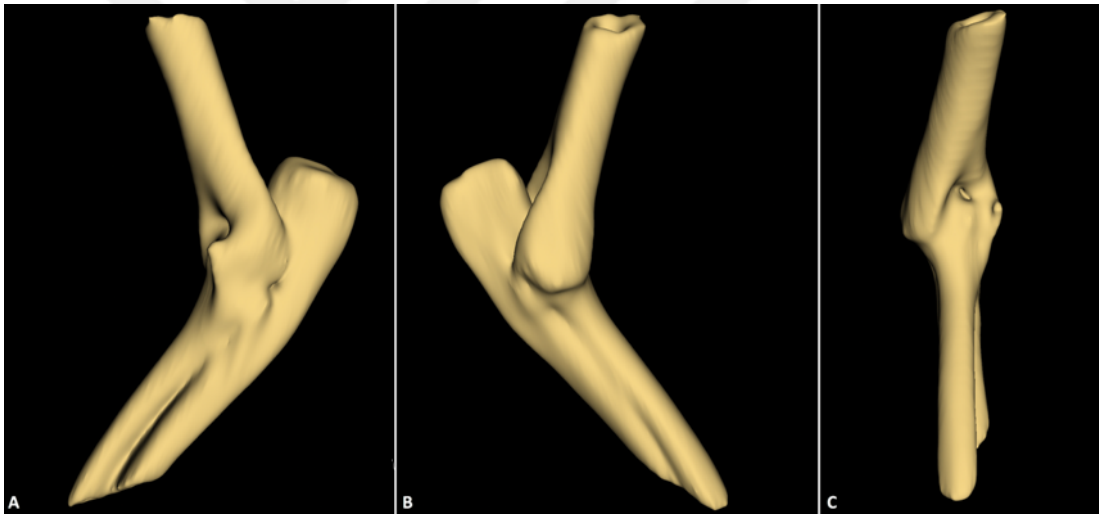
**Şekil 3.21.** µBT görüntülerinden elde edilmiş sol articulatio humeri'ye ait 3B modelin lateral (A) ve medial (B) görüntüsü. 1- Caput humeri; 2- Cavitas glenoidalis; 3- Tuberculum majus; 4- Tuberculum minus; 5- Tuberculum infraglenoidale; 6- Processus coracoideus; 7- Tuberculum supraglenoidale.



**Şekil 3.22.** BT görüntülerinden elde edilmiş sol articulatio humeri'ye ait 3B modelin lateral (A) ve medial (B) görüntüsü.

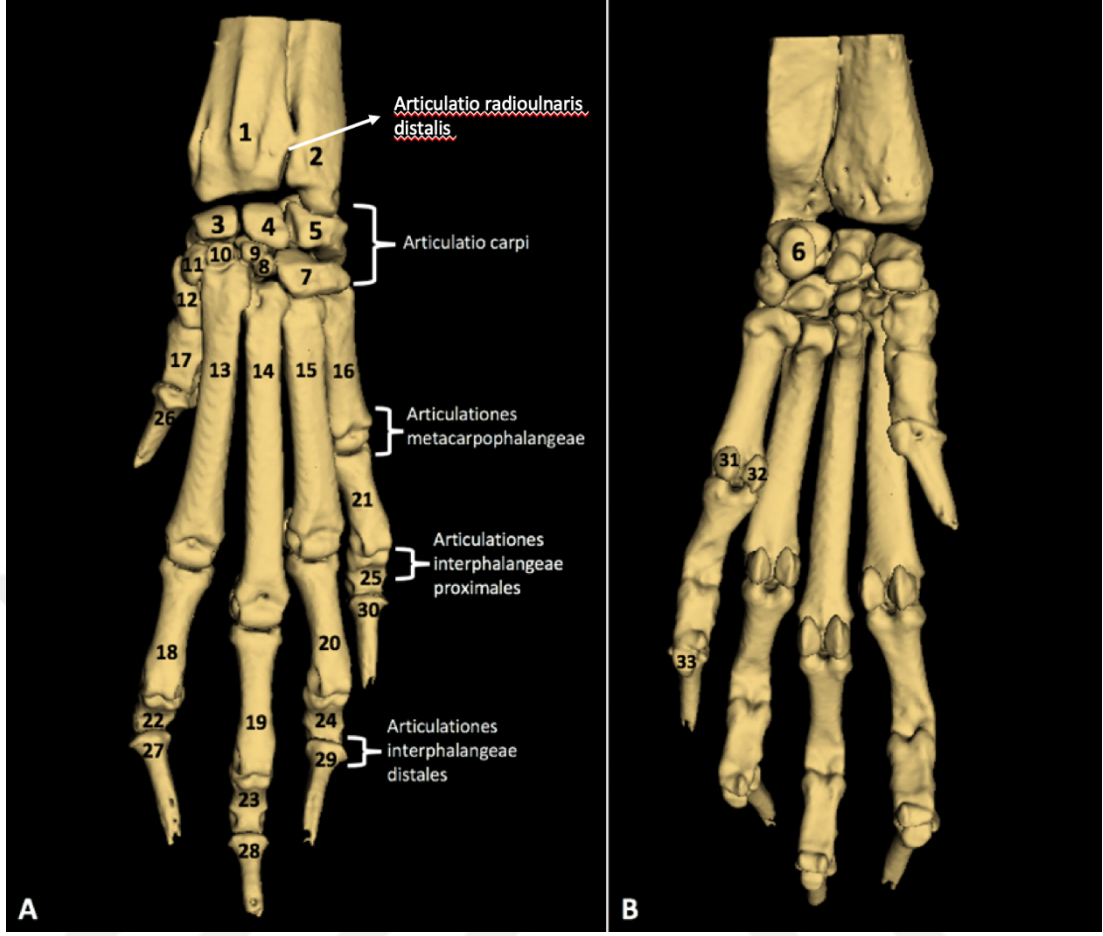


**Şekil 3.23.**  $\mu$ BT görüntülerinden elde edilmiş sol articulatio cubiti'ye ait 3B modelin lateral (A), medial (B) ve cranial (C) görüntüsü. 1- Fovea capitis radii; 2- Capitulum humeri; 3- Epicondylus lateralis; 4- Tuber olecrani; 5- Olecranon; 6- Corpus ulnae; 7- Incisura trochlearis; 8- Epicondylus medialis; 9- Trochlea humeri; 10- Fossa coronoidea.

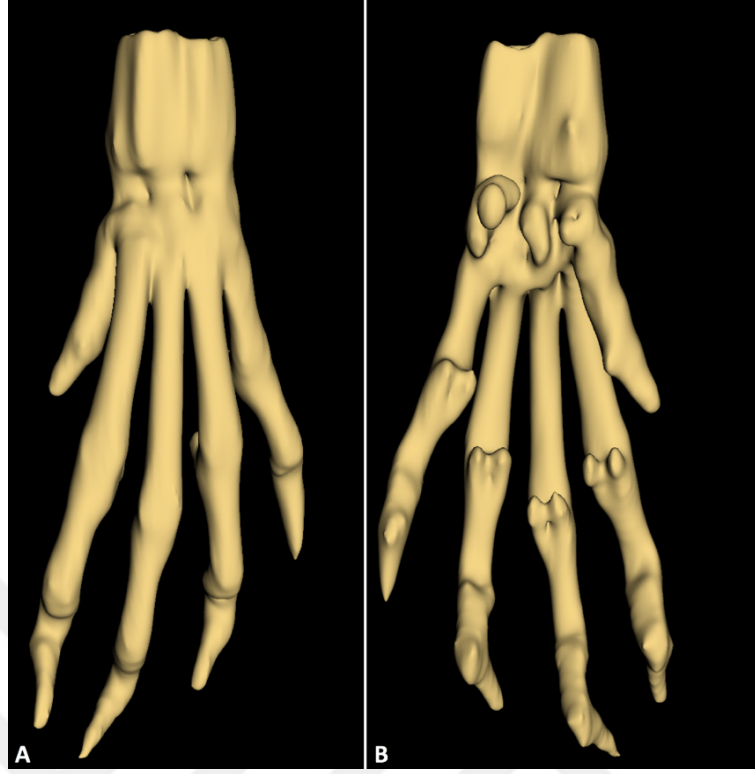


**Şekil 3.24.** BT görüntülerinden elde edilmiş sol articulatio cubiti'ye ait 3B modelin lateral (A), medial (B) ve cranial (C) görüntüsü.





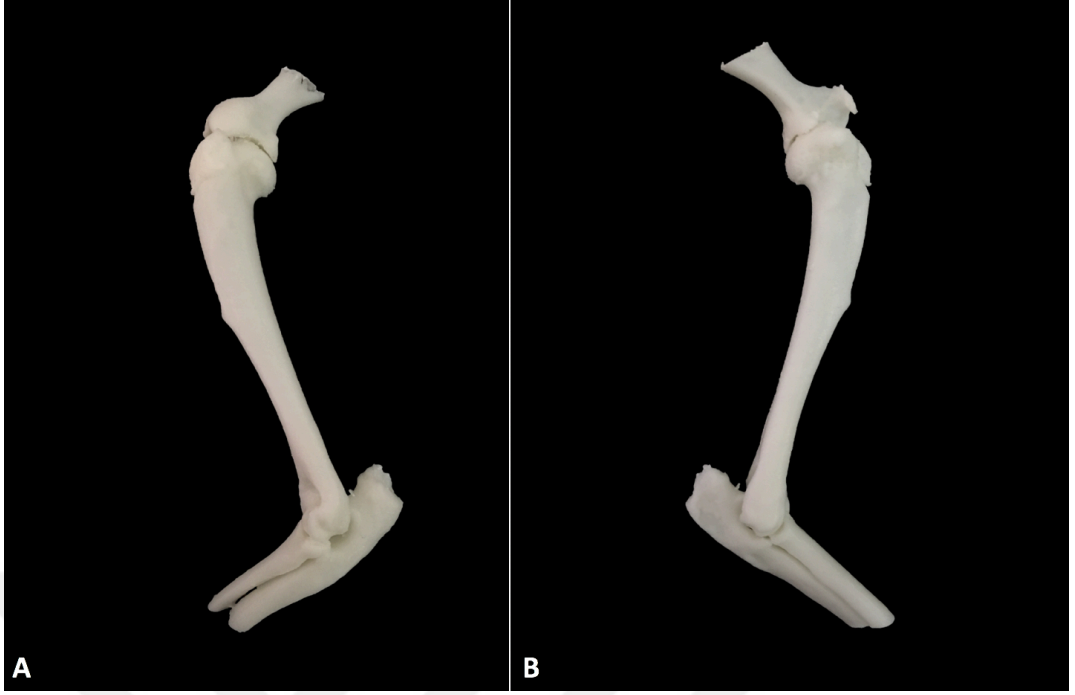
**Şekil 3.25.**  $\mu$ BT görüntülerinden elde edilmiş sol regio manus'a ait 3B modelin dorsal (A) ve palmar (B) görüntüsü. 1- Radius; 2- Ulna; 3- Os carpi radiale; 4- Os carpi intermedium; 5- Os carpi ulnare; 6- Os carpi accessorium; 7- Os carpale IV; 8- Os carpi centrale; 9- Os carpale III; 10- Os carpale II; 11- Os carpale I; 12- Os metacarpale I; 13- Os metacarpale II; 14- Os metacarpale III; 15- Os metacarpale IV; 16- Os metacarpale V; 17- Phalanx proximalis digiti I; 18- Phalanx proximalis digiti II; 19- Phalanx proximalis digiti III; 20- Phalanx proximalis digiti IV; 21- Phalanx proximalis digiti V; 22- Phalanx media digiti II; 23- Phalanx media digiti III; 24- Phalanx media digiti IV; 25- Phalanx media digiti V; 26- Phalanx distalis digiti I; 27- Phalanx distalis digiti II; 28- Phalanx distalis digiti III; 29- Phalanx distalis digiti IV; 30- Phalanx distalis digiti V; 31, 32- Os sesamoideum proximale; 33- Os sesamoideum distale.



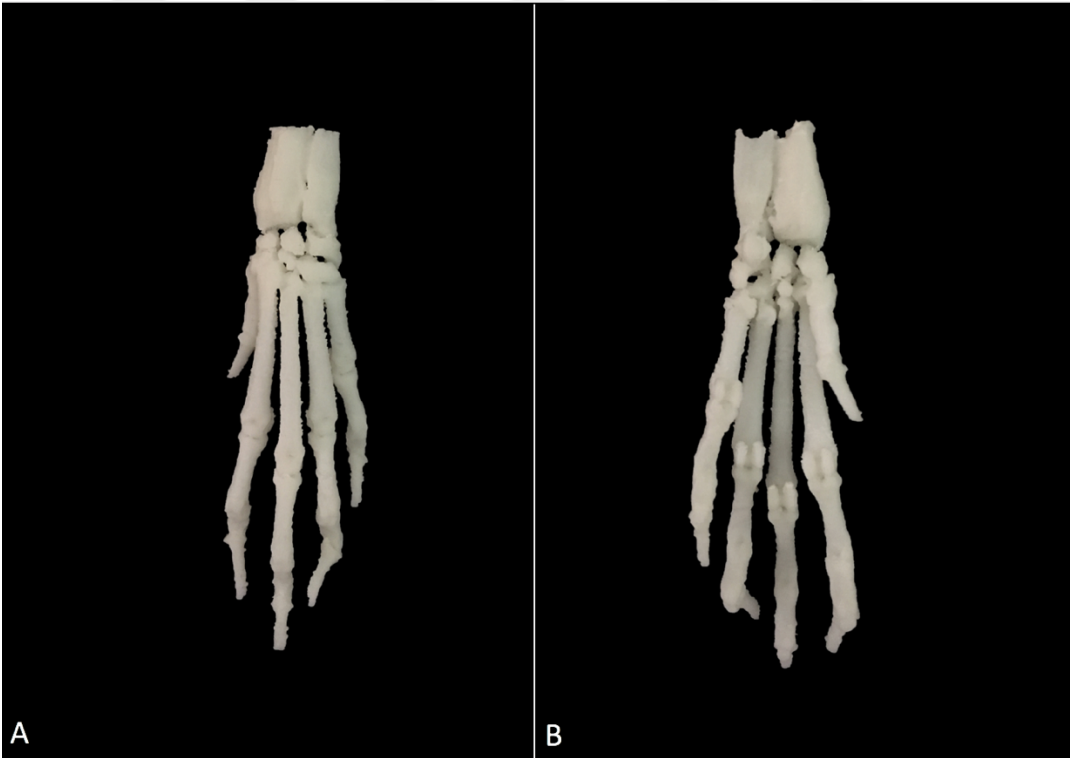
**Şekil 3.26.** BT görüntülerinden elde edilmiş sol regio manus'a ait 3B modelin dorsal (A) ve palmar (B) görüntüsü.

Üç boyutlu baskılama işlemi sonucunda dayanıklı, kokusuz, temiz ve gerçek yapıya özdeş 3B baskı modelleri üretildi (Şekil 3.27) (Şekil 3.28). Üretilen 3B baskı modelleri ile 3B yazıcıya baskı öncesi yüklenen 'STL' dosya formatındaki 3B dijital modeller arasında herhangi bir anatomik farklılık gözlenmedi. Baskı materyalleri oldukça küçük yapıda olduğu için baskılama işleminde destek dokudan faydalanıldı. Bu sebepten dolayı baskılama işleminden sonra üretilen örneklerin çevresindeki termoplastik polimerden oluşan destek dokunun temizlenmesi gerekti. Baskılanmış modeller üzerinde eklem bölgelerinde yer alan kemik dokuya ait yapıların anatomik özelliklerini koruduğu belirlendi. Özellikle articulatio carpi'de bulunan oldukça küçük yapıdaki karpal kemikler başta olmak üzere tüm eklem bölgelerine ait kemik yapı sınırlarının birbirinden kolaylıkla ayırt edilebildiği görüldü (Şekil 3.27) (Şekil 3.28).



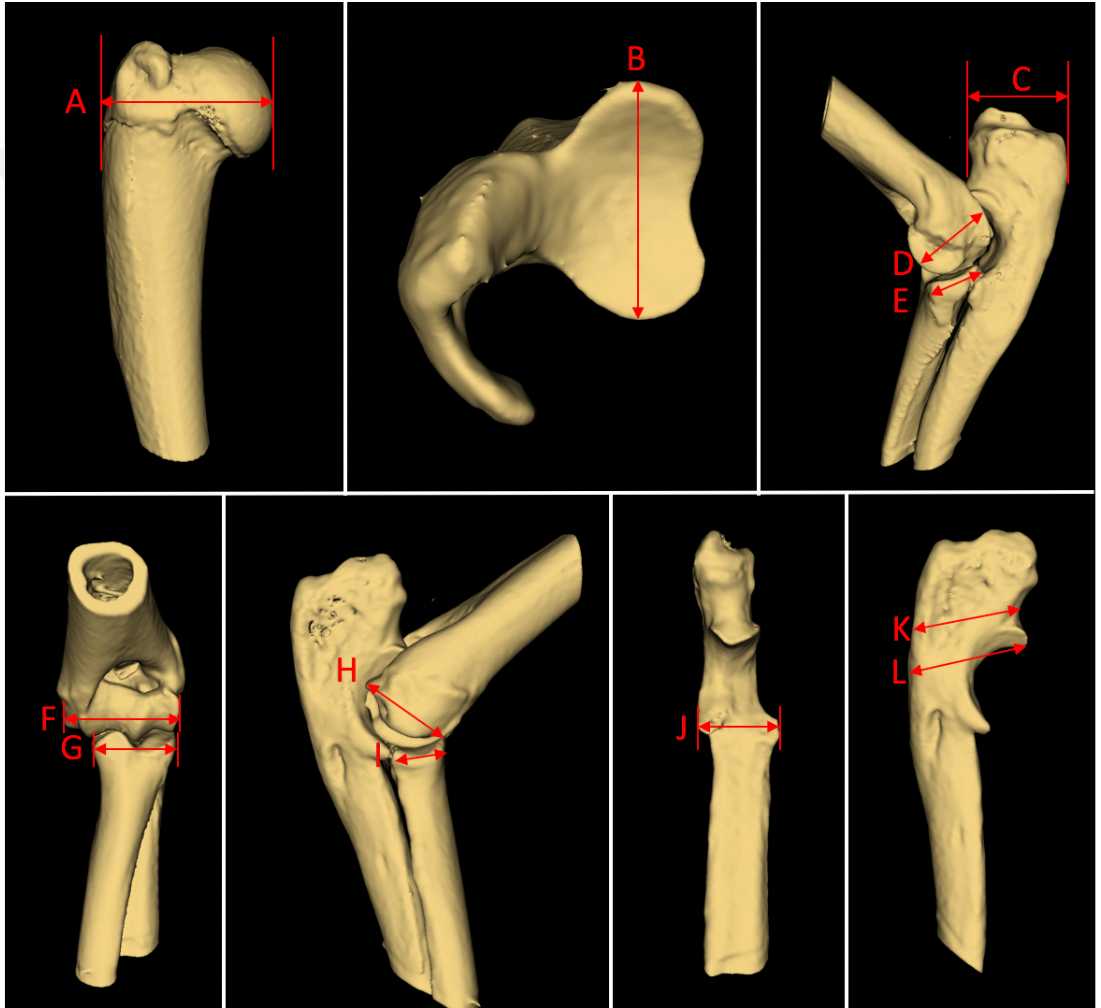


**Şekil 3.27.** Sol articulatio humeri ve articulatio cubiti'ye ait 3B baskı modelin lateral (A) ve medial (B) görüntüsü.



**Şekil 3.28.** Sol regio manus'a ait 3B baskı modelin dorsal (A) ve palmar (B) görüntüsü.

Mikro bilgisayarlı tomografi görüntülerinden elde edilen 3B modeller üzerinden articulatio humeri ve articulatio cubiti'ye ait morfometrik kemik ölçümleri sağlandı. Ölçüm noktaları şekilde belirtilmiştir (Şekil 3.29). Morfometrik ölçümler sonrasında elde edilen veriler dişi ile erkek tavşanlar arasında ve her cinsiyet için sağ ile sol ekstremiteler arasında istatistiki açıdan değerlendirildi. Ölçüm sonuçlarına ait değerler Çizelge 3.1'de belirtilmiştir.



**Şekil 3.29.** 3B modeller üzerinden alınan morfometrik ölçüm noktaları. A- Humerus'un proximal genişliği (HPG); B- Cavitas glenoidalis'in genişliği (CGG); C- Tuber olecrani derinliği (TOD); D- Epicondylus lateralis'in genişliği (ELG); E- Proximal radius'un lateral genişliği (PRLG); F- Humerus'un distal genişliği (HDG); G- Radius'un proximal genişliği (RPG); H- Epicondylus medialis'in genişliği (EMG); I- Proximal radius'un medial genişliği (PRMG); J- Processus coronoideus genişliği (PCG); K- Olecranon'un en küçük derinliği (OKD); L- Processus anconeus derinliği (PAD).

**Çizelge 3.1.** 3B morfometrik ölçüm değerlerine ait istatistiksel veriler.

Ölçüm Yeri	Özellikler		Yön		Genel	p		
			Sağ (mm)	Sol (mm)		Cinsiyet (C)	Yön (Y)	C*Y
HPG	Cinsiyet	Dişi	13,90±0,130	13,85±0,081	13,87±0,097	0,591	0,503	0,902
		Erkek	13,97±0,130	13,93±0,081	13,95±0,097			
	Genel	13,94±0,092	13,89±0,058					
CGG	Cinsiyet	Dişi	9,13±0,161	8,87±0,186	9,00±0,138 <sup>B</sup>	0,045	0,598	0,280
		Erkek	9,39±0,161	9,48±0,186	9,44±0,138 <sup>A</sup>			
	Genel	9,26±0,114	9,18±0,132					
TOD	Cinsiyet	Dişi	8,33±0,034	8,54±0,082	8,44±0,046	0,966	0,036	0,304
		Erkek	8,39±0,034	8,47±0,082	8,43±0,046			
	Genel	8,36±0,024 <sup>a</sup>	8,51±0,058 <sup>b</sup>					
ELG	Cinsiyet	Dişi	7,29±0,116	7,09±0,104 <sup>B</sup>	7,19±0,100	0,061	0,459	0,039
		Erkek	7,43±0,116	7,53±0,104 <sup>A</sup>	7,48±0,100			
	Genel	7,36±0,082	7,31±0,074					
PRLG	Cinsiyet	Dişi	4,86±0,158	5,02±0,162	4,94±0,153	0,779	0,957	0,250
		Erkek	4,96±0,158	4,79±0,162	4,88±0,153			
	Genel	4,91±0,112	4,91±0,114					

HDG	Cinsiyet	Dişi	10,65±0,116	10,57±0,107	10,61±0,10	0,256	0,143	0,732
		Erkek	10,85±0,116	10,71±0,107	10,78±0,10			
	Genel	10,75±0,082	10,64±0,075					
RPG	Cinsiyet	Dişi	7,58±0,092	7,39±0,079	7,49±0,061 <sup>B</sup>	0,005	0,161	0,445
		Erkek	7,81±0,092	7,75±0,079	7,78±0,061 <sup>A</sup>			
	Genel	7,70±0,065	7,57±0,056					
EMG	Cinsiyet	Dişi	7,27±0,101	7,11±0,078	7,19±0,086	0,099	0,016	0,254
		Erkek	7,44±0,101	7,38±0,078	7,41±0,086			
	Genel	7,35±0,071 <sup>a</sup>	7,24±0,055 <sup>b</sup>					
PRMG	Cinsiyet	Dişi	4,49±0,143	4,42±0,111	4,45±0,107	0,638	0,204	0,550
		Erkek	4,62±0,143	4,43±0,111	4,53±0,107			
	Genel	4,56±0,101	4,42±0,078					
PCG	Cinsiyet	Dişi	6,54±0,064	6,50±0,086	6,52±0,06	0,204	0,574	0,933
		Erkek	6,65±0,064	6,62±0,086	6,63±0,06			
	Genel	6,60±0,045	6,56±0,061					
OKD	Cinsiyet	Dişi	7,90±0,081	7,98±0,058	7,94±0,045	0,453	0,299	0,993
		Erkek	7,95±0,081	8,03±0,058	7,99±0,045			
	Genel	7,92±0,057	8,01±0,041					

PAD	Cinsiyet	Dişi	8,57±0,048	8,61±0,044	8,59±0,04	0,904	0,674	0,102
		Erkek	8,63±0,048	8,57±0,044	8,60±0,04			
	Genel	8,60±0,034	8,59±0,031					

a, b: Aynı satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ ); A, B: Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ ).

Humerus'un proximal genişliğine (HPG) ait ölçümlerde, dişi ve erkek hayvanların sağ ve sol değerleri arasında istatistiki açıdan bir fark gözlenmedi. Aynı zamanda sağ ve sol değerler için cinsiyetler arasındaki fark istatistiki bakımdan önemsizdi ( $p>0.05$ ) (Çizelge 3.1).

Cavitas glenoidalis genişliğine (CGG) ait ölçümlerde, dişi ve erkek tavşanların sağ ve sol değerleri arasındaki fark istatistiki bakımdan anlamsızdı. Ancak erkek tavşanlarda sağ ve sol değerlerin dişilerinkine göre fazla olduğu, bu farkın da istatistiki açıdan önemli olduğu belirlendi ( $p<0.05$ ) (Çizelge 3.1).

Tuber olecrani derinliğine (TOD) ait ölçümlerde, dişi ve erkeklere ait sol ölçüm değerleri sağ ölçüm değerlerine göre daha fazlaydı. Değerler arası fark istatistiki açıdan anlamlı görüldü ( $p<0.05$ ). Sağ ve sol ölçüm değerleri cinsiyetler arasında karşılaştırıldığında değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu belirlendi (Çizelge 3.1).

Epicondylus lateralis'in genişliğine (ELG) ait ölçümlerde, dişi ve erkeklere ait sağ ve sol değerler arasındaki fark istatistiki bakımdan önemsizdi. Bunun yanında erkeklerin sol ölçüm değerinin dişilerinkinden fazla olması istatistiki açıdan anlamlı bulundu ( $p<0.05$ ) (Çizelge 3.1).

Proximal radius'un lateral genişliği (PRLG) ve proximal radius'un medial genişliğine (PRMG) ait ölçümlerde, dişi ve erkek tavşanların sağ ve sol değerleri arasındaki fark istatistiki açıdan önemsiz olduğu gibi, sağ ve sol değerler için cinsiyetler arasındaki fark da istatistiki bakımdan anlamsızdı ( $p>0.05$ ) (Çizelge 3.1).

Humerus'un distal genişliğine (HDG) ait ölçümlerde, dişi ve erkek hayvanların sağ değerleri sol değerlerine göre daha fazlaydı. Aynı zamanda erkeklerin sağ ve sol değerlerinin dişilerinkine göre fazla olduğu belirlendi. Ancak bu farkların istatistiki öneme sahip olmadığı görüldü ( $p>0.05$ ) (Çizelge 3.1).

Radius'un proximal genişliğine (RPG) ait ölçümlerde, dişi ve erkeklerin sağ ve sol değerleri arasındaki fark istatistiki açıdan anlamsızdı. Ancak erkek tavşanlarda sağ ve sol değerlerin dişilerinkine göre daha fazla olduğu, bu farkın da istatistiki bakımdan önemli olduğu belirlendi ( $p<0.05$ ) (Çizelge 3.1).

Epicondylus medialis'in genişliğine (EMG) ait ölçümlerde, dişi ve erkeklerde sağ ve sol değerler arasındaki fark istatistiki bakımdan anlamlı bulundu ( $p<0.05$ ). Her iki cinsiyet için sağ değerler sol değere göre fazlaydı. Ancak sağ ve sol ölçüm değerleri cinsiyetler arasında karşılaştırıldığında değerler arasındaki fark istatistiki açıdan önemsiz bulundu ( $p>0.05$ ) (Çizelge 3.1).

Processus coronoideus genişliğine (PCG) ait ölçümlerde, dişi ve erkek tavşanların sağ ve sol değerleri arasındaki fark istatistiki bakımdan önemsiz olduğu gibi, sağ ve sol değerler için cinsiyetler arasındaki fark da istatistiki açıdan anlamsızdı ( $p>0.05$ ) (Çizelge 3.1).

Olecranon'un en küçük derinliğine (OKD) ait ölçümlerde, dişi ve erkek hayvanların sağ ve sol değerleri arasında istatistiki açıdan bir fark gözlenmedi. Aynı

zamanda sağ ve sol değerler için cinsiyetler arasındaki fark istatistiki bakımdan önemsizdi ( $p>0.05$ ) (Çizelge 3.1).

Processus anconeus derinliğine (PAD) ait ölçümlerde, dişi ve erkek tavşanların sağ ve sol değerleri arasındaki fark istatistiki bakımdan anlamsızdı. Aynı zamanda sağ ve sol değerler göz önünde bulundurulduğunda cinsiyetler arasındaki farkın da istatistiki açıdan önemli olmadığı tespit edildi (Çizelge 3.1).

### 3.3. Silikon Plastinasyon Bulguları

Tavşanların ön bacaklarına yönelik uygulanan silikon plastinasyon işleminde örneklerin normal anatomik pozisyonlarını korumak amacı ile formalin fiksasyonu aşamasının uygulanması gerektiği tespit edildi. Ön bacakların dehidrasyon aşamasında 2 aseton banyosu yeterli oldu. Dehidrasyon aşaması toplamda 17 gün sürdü. Aseton banyolarındaki asetona ait konsantrasyon değişimi Çizelge 3.2’de belirtilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Aseton banyolarına ait aseton konsantrasyon değişimi.

Aseton Banyo Sayısı	Giriş Aseton Konsantrasyonu	Çıkış Aseton Konsantrasyonu	Değişimin Sabitlendiği Süre
1. Banyo	% 99,5	% 90	9. gün
2. Banyo	% 99,5	% 97	8. gün

Dehidrasyon aşamasının soğuk ortam tekniği ile yapılması ve ayrıca aseton derişiminin istenilen seviyede sabitlenmesiyle, zorlu impregnasyon aşaması sonucunda dokularda meydana gelebilecek istenmeyen doku büzüşmesinin önüne geçilmiş olundu.

Dehidrasyon aşamasından sonra dokularda meydana gelebilecek morfolojik değişiklere sebep olmaması için örneklere yağdan arındırma işlemi uygulanmadı. Dehidrasyon işlemini tamamlayan örnekler -22 °C’de S10B/S3 karışımı içerisinde alındı ve zorlu impregnasyon aşaması başlatıldı. Zorlu impregnasyon aşaması silikon polimer karışımının yüzeyinde aseton baloncuğu görülmediği ana kadar devam ettirildi. Zorlu impregnasyon aşaması toplamda 13 gün sürdü. Zorlu impregnasyon aşamasında pigmentli polimer (S10B) kullanılması dokularda meydana gelebilecek istenmeyen renk değişimine olumlu katkı yaptığı görüldü. Bu aşama tamamlandıktan sonra örnekler silikon karışımı içerisinde çıkartılıp, soğuk ortamda 2 gün boyunca örnek yüzeyinden fazla silikonun salınması sağlandı. Soğuk ortamdaki çıkarılan örneklerin oda sıcaklığında da 5 gün boyunca silikon salınımına devam ettiği görüldü. Bu aşamada örnekler üzerindeki fazla silikon kağıt havlu ile sürekli olarak temizlendi. Böylelikle gaz kürlenme aşamasından sonra dokuların yüzeyinde istenmeyen silikon kalıntısının mevcudiyeti önlenmiş oldu. Gaz kürlenme-sertleştirme aşamasında örneklerin yapısında bulunan akışkan haldeki silikonun sertleşmesi sağlandı. Gaz kürlenme-sertleştirme aşamasında örnekler toplam 7 gün boyunca S6 kimyasalı ile kürlendi. Gaz kürlenme aşamasında örneklerin dış yüzeyinin yeterli derecede sertleştiği görüldü. Ancak doku içi sertleşmeden emin olmak için örnekler gaz kürlenme tankında 5 gün daha tutuldu. Bu aşamadan sonra her bir örnek kilitli poşetlerde saklandı.

Silikon plastinasyon aşamalarını tamamlayan ön bacaklar transversal olarak dilimlere ayrıldı ve eşlenik BT ile MR görüntüleriyle karşılaştırıldı. Kesitsel plastinat örneklerinin son derece kuru, temiz, esnek olduğu, doğal anatomik yapı ve görünüşlerini koruduğu gözlemlendi. Kesitsel plastinatlardaki eklem bölgelerinde kemik doku, kas doku, tendo, ligament, cavum articulare, cartilago articularis belirlendi.

### **3.4. MR Bulguları**

Articulatio humeri, articulatio cubiti ve articulationes manus’a ait T1 ile T2 ağırlıklı kesitsel MR görüntüleri transversal, frontal ve sagittal düzlemlerde



değerlendirildi.  $\mu$ BT görüntülemesinde kemik ve yumuşak doku arasında yüksek çözünürlük ve kontrast farkı olduğundan dolayı,  $\mu$ BT'deki kemik doku detayı MR görüntülerine göre daha üstündü. Eklem bölgelerine ait yumuşak doku yapıları BT görüntülerine oranla MR görüntülerinde daha belirgindi. MR görüntülerinde dokuların sinyal özellikleri göz önünde bulundurulduğunda düşük sinyal veren (hipointens) dokuların siyah, orta sinyal veren (izointens) dokuların gri, yüksek sinyal veren (hiperintens) dokuların beyaz olarak görüldüğü belirlendi. Kemik korteksi serbest yapıdaki hidrojen atomlarından yoksun olması sebebi ile T1 ve T2 ağırlıklı görüntülerde hipointens özellikteydi. Kemik doku sınırları BT görüntülerindekiyle karşılaştırıldığında, MR görüntülerinde daha zor tanımlanabildi. T1 ağırlıklı görüntülerde cartilago articularis hafif hiperintens, medulla ossea ve yağ doku hiperintens özellikte olup kesitlerde beyaz görünümdeydi. Kas doku, synovia, capsula articularis, ligament ve tendon yapıları hipointens özellikte olup, kesitlerde griden siyaha değişen renklerde görüldü. T2 ağırlıklı görüntülerde medulla ossea orta sinyal yoğunluğuna sahip iken cartilago articularis, yağ doku ve synovia hiperintens görünümdeydi. Capsula articularis, kas doku, ligament ve tendon yapıları ise hipointens özellikteydi.

Articulatio humeri'ye ait T2 ağırlıklı sagittal MR görüntülerinde cavum articulare net bir şekilde izlendi. Cavum articulare'de bulunan synovia hiperintens olarak belirlendi. Hem sagittal hem de transversal T2 ağırlıklı kesitlerde musculus biceps brachii'nin tendosu hipointens olarak gözlemlendi. Sagittal T2 ağırlıklı görüntülerde humerus'a ait cartilago articularis hiperintens olarak izlenirken, subkondral kemik doku hipointens özellikteydi. Ligamentum coracohumerale ve ligamentum glenohumarale mediale caput humeri ile musculus biceps brachii'nin tendosu'nun kaidesinde düşük sinyal yoğunluğuna sahip olarak hipointens olarak gözlemlendi. Eklem bölgesinin çevresinde bulunan kas dokusu izointens özellikte olup gri tonlarında izlendi (Şekil 3.30) (Şekil 3.31) (Şekil 3.32). T2 ağırlıklı transversal kesitlerde tuberculum majus'un sınırında musculus supraspinatus'un tendosu, tuberculum minus'un sınırında musculus subscapularis'in tendosu hipointens olarak siyah tonda belirlendi. T1 ağırlıklı transversal kesitlerde synovia hipointens

özellikeyken, T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens olarak gözlendi (Şekil 3.33) (Şekil 3.34) (Şekil 3.35). T2 ağırlıklı frontal kesitte labrum glenoidale hafif hipointens özellikeyte cavitas glenoidalis'in sınırında tanımlandı (Şekil 3.36) (Şekil 3.37).

Articulatio cubiti'ye ait T2 ağırlıklı sagittal kesitlerde eklem ait kemik doku, cavum articulare, musculus triceps brachii'nin tendosu net bir şekilde belirlendi (Şekil 3.38). Capsula articularis, transversal ve frontal kesitlerde tanımlanabildi (Şekil 3.39) (Şekil 3.41) (Şekil 3.42). T1 ağırlıklı görüntülerde medulla ossea hiperintens, T2 ağırlıklı görüntülerde hipointens olarak gözlendi (Şekil 3.39) (Şekil 3.40). T2 ağırlıklı transversal kesitlerde ligamentum collaterale mediale ile ligamentum collaterale laterale eklem medial ve lateral sınırında, ligamentum obliquum humerus'un cranial kenarında hipointens olarak tanımlandı (Şekil 3.39) (Şekil 3.41).

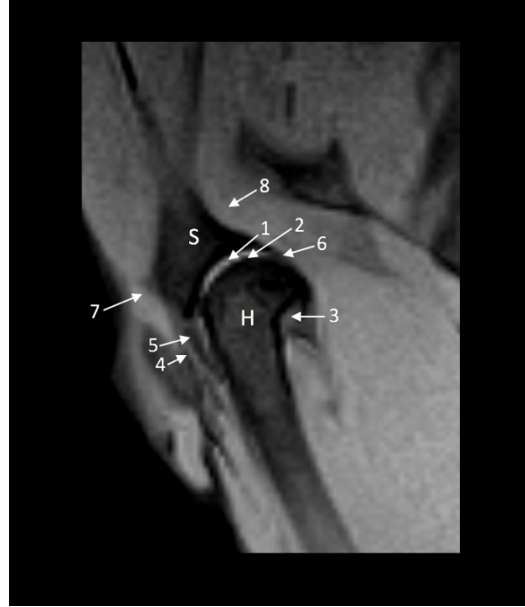
Articulatio radioulnaris proximalis'e ait T2 ağırlıklı transversal kesitte ligamentum collaterale mediale, ligamentum collaterale laterale ve musculus biceps brachii'nin insertio tendosu hipointens olarak belirlendi. Radius ve ulna'nın çevresinde bulunan flexor ile extensor kas yapıları izointens özellikeyte olup gri tonlarda gözlendi (Şekil 3.43).

Articulatio radioulnaris distalis'e ait T2 ağırlıklı transversal kesitte radius ve ulna hiperintens, flexor ile extensor tendolar düşük sinyal yoğunluğuna sahip hipointens olarak gözlendi (Şekil 3.44).

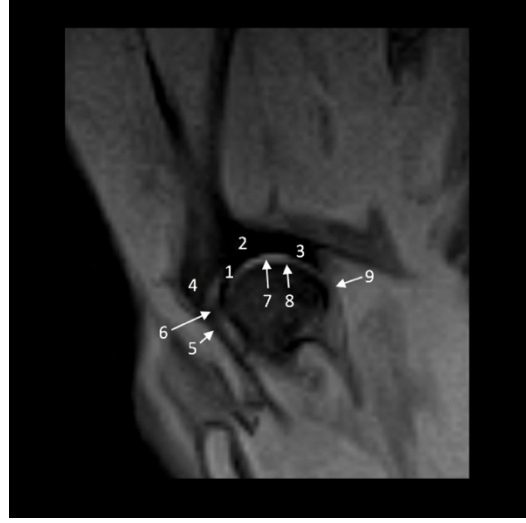
Articulatio carpi'ye ait T2 ağırlıklı transversal kesitte karpal kemiklerin tespiti oldukça zor bir şekilde gerçekleşti. Musculus flexor digitorum superficialis ve musculus flexor digitorum profundus'un tendo yapıları düşük sinyal yoğunluğuna sahipti. T2 ağırlıklı frontal görüntüde ligamentum collaterale carpi laterale ve ligamentum collaterale carpi mediale eklem bölgesinin lateral ve medial'inde hipointens olarak tanımlandı. Ayrıca frontal kesitte karpal kemik sınırlarının

transversal kesitlerdekine nazaran daha belirgin olduğu gözlemlendi (Şekil 3.45) (Şekil 3.46).

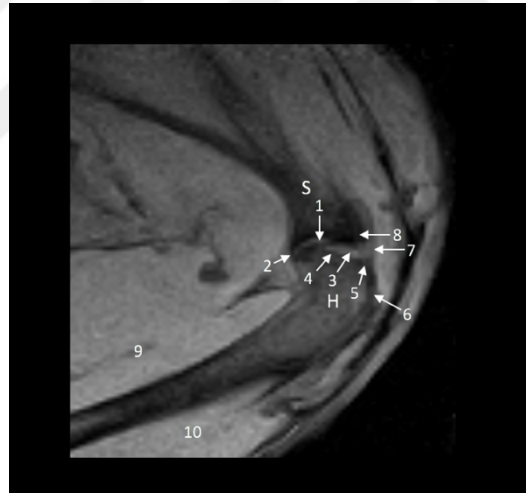
Metacarpus'ların proximal seviyesine ait T2 ağırlıklı transversal kesitlerde kemik yapılarına ait medulla ossea hafif hiperintens olarak belirlendi. Musculi interossei metacarpal kemiklerin palmar'ında orta sinyal yoğunluğunda gri renkte izlendi. Musculus extensor digitorum communis, musculus flexor digitorum profundus ile musculus flexor digitorum superficialis'in tendoları düşük sinyal yoğunluğuna sahipti ve görüntülerde siyah renkte belirlendi (Şekil 3.47). Phalanx proximalis digiti I'in proximal seviyesine ait T2 ağırlıklı transversal MR görüntüsünde kemik doku hafif hiperintens, kas doku izointens, tendo yapıları ise hipointens olarak gözlemlendi (Şekil 3.48). Regio manus'a ait T2 ağırlıklı frontal kesitte articulationes metacarpophalangeae'nın lateral ve medial sınırında ligamenta collateralia hipointens olarak belirlendi (Şekil 3.49).



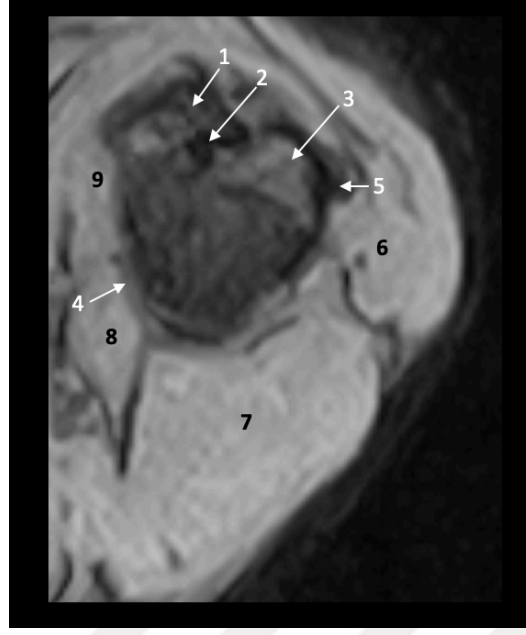
**Şekil 3.30.** Sol articulatione humeri'ye ait T2 ağırlıklı sagittal MR görüntüsü (I). H- Humerus; S- Scapula; 1- Cavum articulare ve synovia; 2- Caput humeri; 3- Caudal kese; 4- Musculus biceps brachii'nin tendosu; 5,6- Capsula articularis; 7- Musculus supraspinatus; 8- Musculus subscapularis.



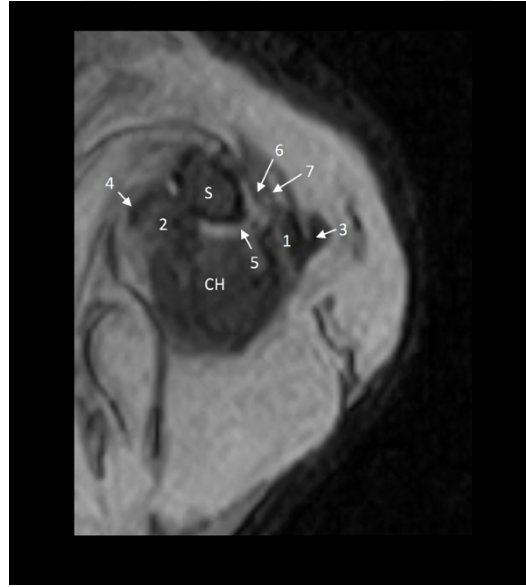
**Şekil 3.31.** Sol articulatio humeri'ye ait T2 ağırlıklı sagittal MR görüntüsü (II). 1- Processus hamatus; 2- Acromion; 3- Processus suprahamatus; 4- Tuberculum supraglenoidale; 5- Musculus biceps brachii'nin tendosu; 6- Ligamentum coracohumerale et glenohumerale mediale; 7- Cartilago articularis; 8- Subkondral kemik doku; 9- Capsula articularis.



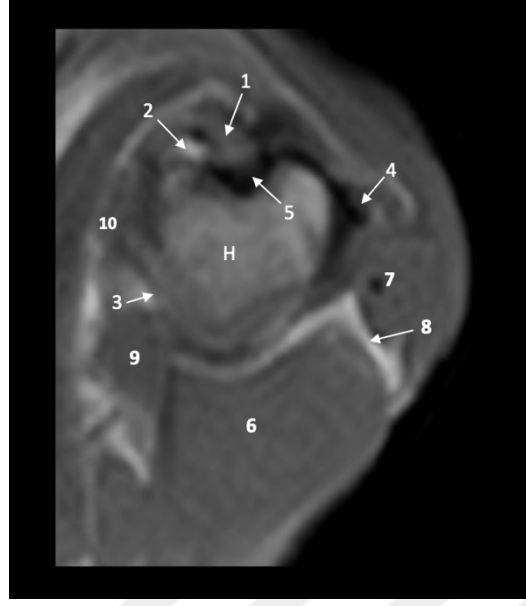
**Şekil 3.32.** Sağ articulatio humeri'ye ait T2 ağırlıklı sagittal MR görüntüsü. H- Humerus; S- Scapula; 1- Cavum articulare ve synovia; 2- Capsula articularis; 3- Cartilago articularis; 4- Subkondral kemik doku; 5- Tuberculum majus; 6, 7- Musculus biceps brachii'nin tendosu; 8- Tuberculum supraglenoidale; 9- Musculus triceps brachii; 10- Musculus biceps brachii.



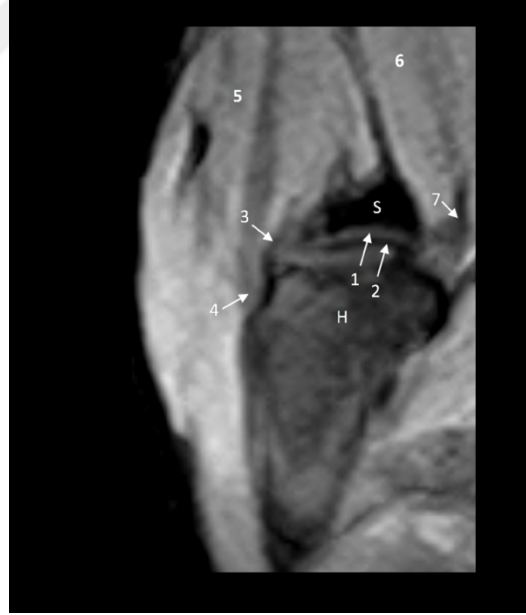
**Şekil 3.33.** Sağ articulatio humeri'ye ait T2 ağırlıklı transversal MR görüntüsü (I). 1- Processus coracoideus; 2- Musculus biceps brachii'nin tendosu; 3- Tuberculum majus; 4- Capsula articularis; 5- Musculus supraspinatus'un insertio tendosu; 6- Musculus deltoideus; 7- Musculus triceps brachii (caput longum); 8- Musculus teres major; 9- Musculus subscapularis.



**Şekil 3.34.** Sağ articulatio humeri'ye ait T2 ağırlıklı transversal MR görüntüsü (II). S- Scapula; CH- Caput humeri; 1- Tuberculum majus; 2- Tuberculum minus; 3- Musculus supraspinatus'un insertio tendosu; 4- Musculus subscapularis'in insertio tendosu; 5- Cavum articulare ve synovia; 6- Capsula articularis; 7- Ligamentum coracohumerale.



**Şekil 3.35.** Sağ articulatio humeri'ye ait T1 ağırlıklı transversal MR görüntüsü. 1- Processus coracoideus; 2, 8- Yağ doku; 3- Capsula articularis; 4- Musculus supraspinatus'un insertio tendosu; 5- Cavum articulare ve synovia; 6- Musculus triceps brachii (caput longum); 7- Musculus deltoideus; 9- Musculus teres major; 10- Musculus subscapularis.



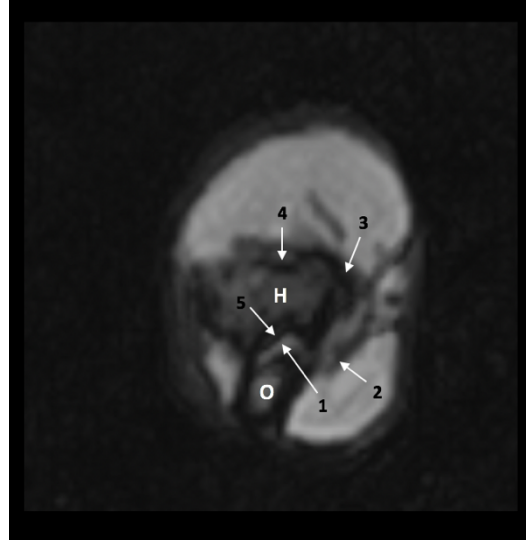
**Şekil 3.36.** Sol articulatio humeri'ye ait T2 ağırlıklı frontal MR görüntüsü (I). S- Scapula; H- Humerus; 1- Cavum articulare; 2- Subkondral kemik doku; 3- Ligamentum glenohumerale laterale; 4- Musculus supraspinatus'un insertio tendosu; 5- Musculus supraspinatus; 6- Musculus subscapularis; 7- Musculus subscapularis'in tendosu.



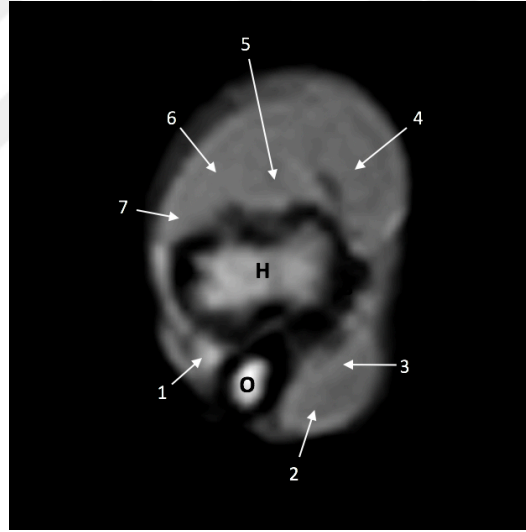
**Şekil 3.37.** Sol articulatio humeri'ye ait T2 ağırlıklı frontal MR görüntüsü (II). CG- Cavitas glenoidalis; 1- Cavum articulare ve synovia; 2- Subkondral kemik doku; 3- Labrum glenoidale.



**Şekil 3.38.** Sağ articulatio cubiti'ye ait T2 ağırlıklı sagittal MR görüntüsü. O- Olecranon; H- Humerus; U- Ulna; R- Radius; 1- Musculus triceps brachii'nin tendosu; 2- Cavum articulare; 3- Processus anconeus.

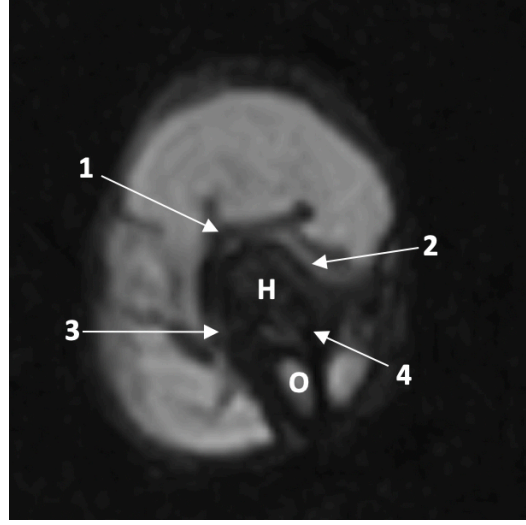


**Şekil 3.39.** Sol articulatio cubiti'ye ait T2 ağırlıklı transversal MR görüntüsü. O- Olecranon; H- Humerus; 1- Cavum articulare; 2,3- Capsula articularis; 4- Ligamentum obliquum; 5- Incisura trochlearis.

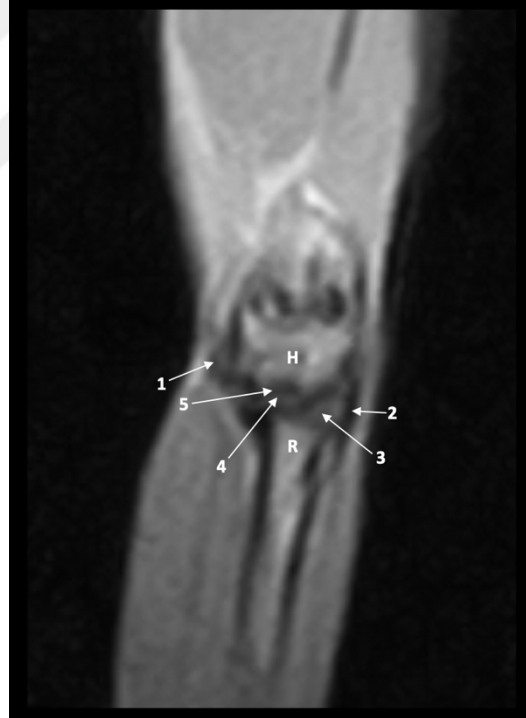


**Şekil 3.40.** Sol articulatio cubiti'ye ait T1 ağırlıklı transversal MR görüntüsü. O- Olecranon; H- Humerus; 1- Musculus anconeus; 2- Musculus flexor carpi ulnaris; 3- Musculus flexor digitorum superficialis; 4- Musculus biceps brachii; 5- Musculus brachialis; 6- Musculus extensor digitorum communis; 7- Musculus extensor carpi radialis.

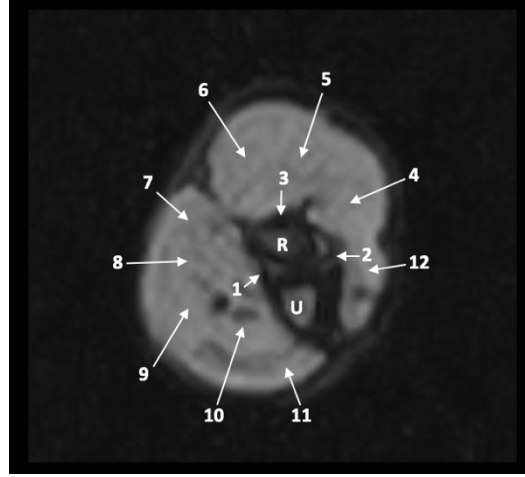




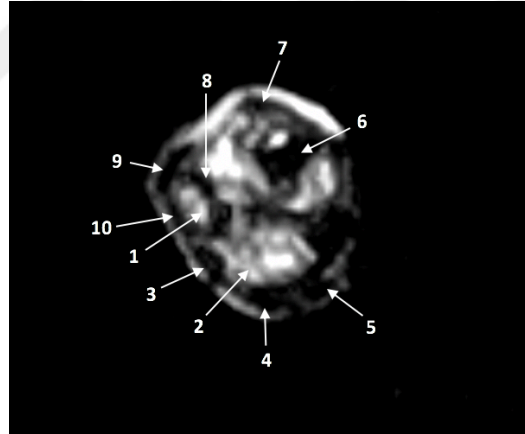
**Şekil 3.41.** Sağ articulatio cubiti'ye ait T2 ağırlıklı transversal MR görüntüsü. O- Olecranon; H- Humerus; 1- Capsula articularis; 2- Cavum articulare; 3- Ligamentum collaterale mediale; 4- Ligamentum collaterale laterale.



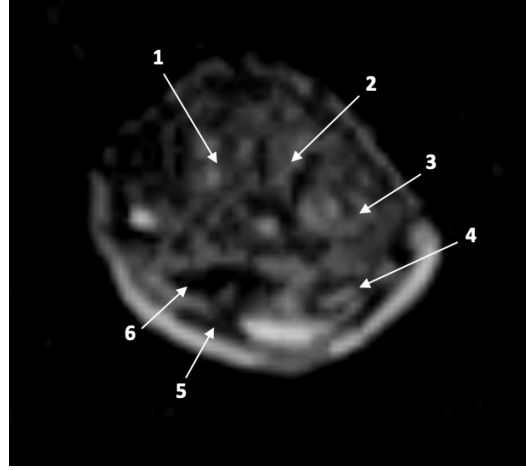
**Şekil 3.42.** Sağ articulatio cubiti'ye ait T1 ağırlıklı frontal MR görüntüsü. R- Radius; H- Humerus; 1,2- Capsula articularis; 3- Cavum articulare; 4- Cartilago articularis; 5- Subkondral kemik doku.



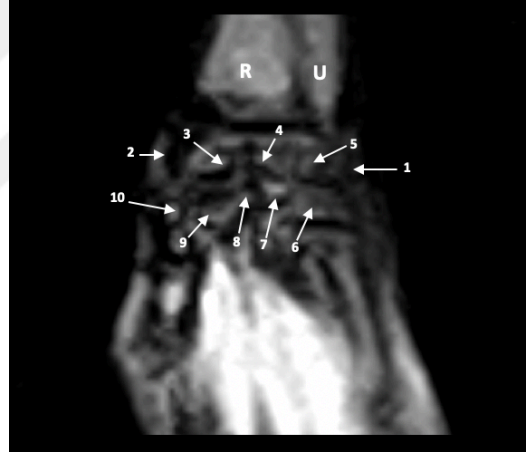
**Şekil 3.43.** Sağ articulatio radioulnaris proximalis'e ait T2 ağırlıklı transversal MR görüntüsü. R- Radius; U- Ulna; 1- Ligamentum collaterale mediale; 2- Ligamentum collaterale laterale; 3- Musculus biceps brachii'nin insertio tendosu; 4- Musculus extensor digitorum lateralis; 5- Musculus extensor digitorum communis; 6- Musculus extensor carpi radialis; 7- Musculus pronator teres; 8- Musculus flexor carpi radialis; 9- Musculus flexor digitorum superficialis; 10- Musculus flexor digitorum profundus; 11- Musculus flexor carpi ulnaris; 12- Musculus extensor carpi ulnaris.



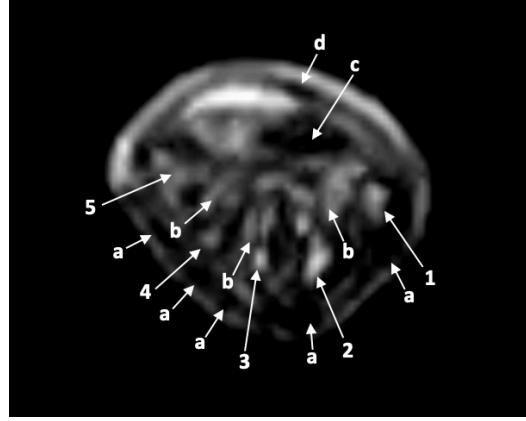
**Şekil 3.44.** Sağ articulatio radioulnaris distalis'e ait T2 ağırlıklı transversal MR görüntüsü. 1- Ulna; 2- Radius; 3- Musculus extensor digitorum communis'in tendosu; 4- Musculus extensor carpi radialis'in tendosu; 5- Musculus abductor digiti I longus'un tendosu; 6- Musculus flexor digitorum profundus'un tendosu; 7- Musculus flexor digitorum superficialis'in tendosu; 8- Musculus flexor carpi ulnaris'in tendosu; 9- Musculus extensor carpi ulnaris'in tendosu; 10- Musculus extensor digitorum lateralis'in tendosu.



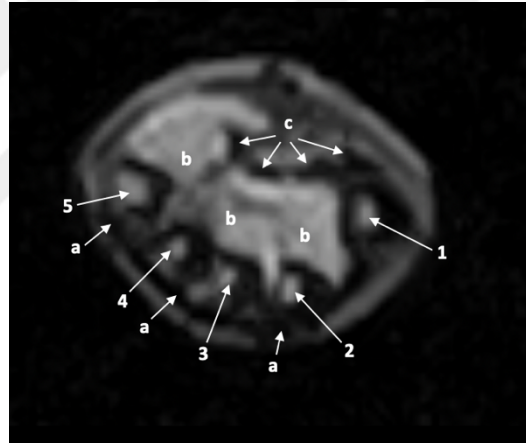
**Şekil 3.45.** Sağ articulatio carpi bölgesine ait T2 ağırlıklı transversal MR görüntüsü. 1- Os carpi radiale; 2- Os carpi intermedium; 3- Os carpi ulnare; 4- Os carpi accessorium; 5- Musculus flexor digitorum superficialis'in tendosu; 6- Musculus flexor digitorum profundus'un tendosu.



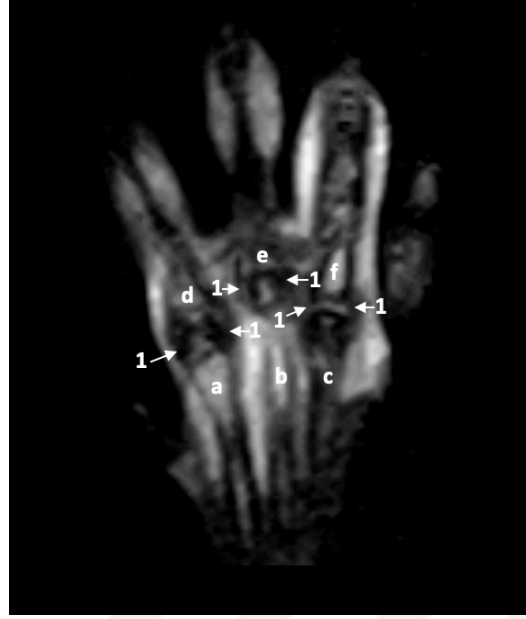
**Şekil 3.46.** Sağ articulatio carpi bölgesine ait T2 ağırlıklı frontal MR görüntüsü. R- Radius; U- Ulna; 1- Ligamentum collaterale carpi laterale; 2- Ligamentum collaterale carpi mediale; 3- Os carpi radiale; 4- Os carpi intermedium; 5- Os carpi ulnare; 6- Os carpale IV; 7- Os carpale III; 8- Os carpi centrale; 9- Os carpale II; 10- Os carpale I.



**Şekil 3.47.** Sağ metacarpus'ların proximal seviyesine ait T2 ağırlıklı transversal MR görüntüsü. 1- Os metacarpale I; 2- Os metacarpale II; 3- Os metacarpale III; 4- Os metacarpale IV; 5- Os metacarpale V; a- Musculus extensor digitorum communis'in tendosu; b- Musculi interossei; c- Musculus flexor digitorum profundus'un tendosu; d- Musculus flexor digitorum superficialis'in tendosu.



**Şekil 3.48.** Sağ phalanx proximalis digiti I'in proximal seviyesine ait T2 ağırlıklı transversal MR görüntüsü. 1- Phalanx proximalis digiti I; 2- Os metacarpale II; 3- Os metacarpale III; 4- Os metacarpale IV; 5- Os metacarpale V; a- Musculus extensor digitorum communis'in tendosu; b- Musculi interossei; c- Musculus flexor digitorum profundus'un tendosu.



**Şekil 3.49.** Sağ regio manus'a ait T2 ağırlıklı frontal MR görüntüsü. 1- Ligamenta collateralia; a- Os metacarpale II; b- Os metacarpale III; c- Os metacarpale IV; d- Phalanx proximalis digiti II; e- Phalanx proximalis digiti III; f- Phalanx proximalis digiti IV.

Transversal BT, MR ve kesitsel plastinat görüntüleri birbiriyle eşleştirildi. Articulatio humeri (Şekil 3.50), articulatio cubiti (Şekil 3.51), articulatio radioulnaris proximalis (Şekil 3.52), articulatio radioulnaris distalis (Şekil 3.53), articulatio carpi (Şekil 3.54), metacarpus'ların proximal'i (Şekil 3.55) ve phalanx proximalis digiti I'in proximal'ine (Şekil 3.56) ait elde edilen transversal kesitlerdeki anatomik yapılar BT, MR ve plastinat görüntüleri üzerinde karşılaştırmalı olarak tanımlandı.

Transversal görüntüler incelendiğinde hem BT hem de MR görüntülerinde kemik yapıların tanımlanması gerçekleşti. Ancak kemik doku yapılarının sınırları BT görüntülerinde oldukça belirgin iken MR görüntülerindeki kemik sınırları belirsizdi. Ayrıca diğer dokularla arasındaki yüksek kontrast farkından dolayı BT görüntülerindeki kemik doku detayı MR görüntülerine oranla daha üstündü. Buna karşın BT görüntülerindeki yumuşak doku yapıları MR görüntülerine kıyasla daha az belirgindi. Genel olarak tüm görüntüler incelendiğinde kemik doku BT, MR ve kesitsel plastinat görüntülerinde tanımlanırken, birçok yumuşak doku ise yalnızca MR ve plastinat görüntülerinde belirlendi.

Articulatio humeri'ye ait her üç görüntüde de kemik doku ve kas doku belirgindi. Bölgeye ait tendo yapıları en net olarak MR ve plastinat görüntülerinde tanımlandı. T2 ağırlıklı MR görüntüsünde musculus supraspinatus'un tendosu tuberculum majus'un sınırında hipointens olarak gözlenirken, aynı tendo eşlenik kesitsel plastinat görüntüsünde beyaz renkte izlendi. Musculus biceps brachii'nin tendosu T2 ağırlıklı MR ve kesit plastinat görüntülerinde sulcus intertubercularis seviyesinde belirlendi. Capsula articularis caput humeri'nin sınırında T2 ağırlıklı MR ve kesitsel plastinat görüntülerinde tanımlandı (Şekil 3.50).

Articulatio cubiti'ye ait transversal görüntüler karşılaştırıldığında humerus ve olecranon tüm görüntülerde izlendi. Kemik dokunun çevresinde musculus flexor carpi ulnaris, musculus flexor digitorum superficialis, musculus biceps brachii, musculus brachialis, musculus extensor digitorum communis, musculus extensor carpi radialis ve musculus anconeus BT, MR ve plastinat görüntülerinde tanımlandı. Cavum articulare plastinat görüntüsündekine nazaran BT ve MR görüntülerinde daha belirgindi. Capsula articularis sadece MR ve plastinat görüntülerinde tanımlanabildi. Cartilago articularis kesitsel plastinat görüntüsünde humerus'un sınırında beyaz bir hat şeklinde izlendi. Ligamentum obliquum hem MR hem de plastinat kesit görüntülerinde humerus'un cranial kenarında belirlendi (Şekil 3.51).

Articulatio radioulnaris proximalis'e ait BT, MR ve plastinat görüntüleri karşılaştırıldığında radius ve ulna'nın anatomik yapı ve konumları tüm görüntülerde birbirine oldukça benzerdi. Tüm görüntülerde musculus extensor carpi ulnaris, musculus extensor digitorum lateralis, musculus extensor digitorum communis ve musculus extensor carpi radialis antebrachium'un dorsolateral'ine yerleşmiş olarak belirlendi. Antebrachium'un medial ile palmar tarafında ise musculus flexor carpi ulnaris, musculus pronator teres, musculus flexor carpi radialis, musculus flexor digitorum profundus ve musculus flexor digitorum superficialis kasları izlendi. Musculus biceps brachii'nin insertio tendosu MR ve plastinat görüntülerinde radius'un cranial kenarında belirlendi. MR ve kesitsel plastinat görüntülerinde ligamentum collaterale mediale ve ligamentum collaterale laterale radius ve ulna'nın medial ve

lateral sınırında tanımlandı. Eşlenik BT görüntüsünde ise ligament yapılarına ilişkin herhangi bir veri elde edilemedi (Şekil 3.52).

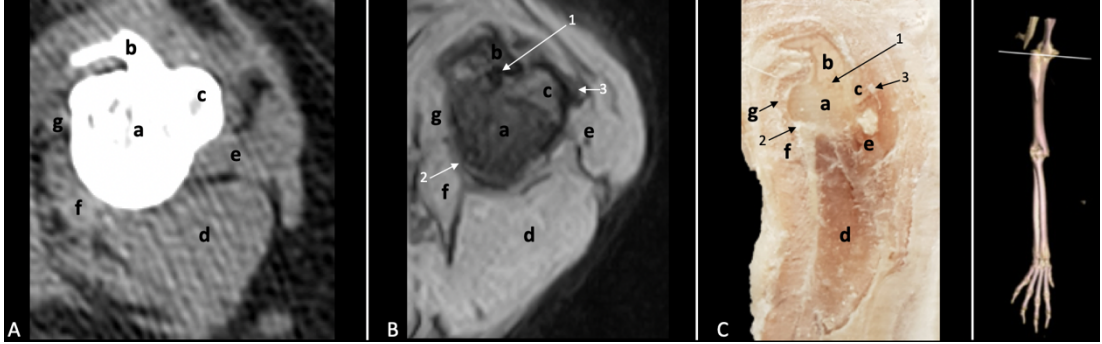
Articulatio radioulnaris distalis'e ait elde edilen eşlenik BT, MR ve plastinat görüntülerinin tamamında radius ve ulna oldukça benzer konumdaydı. Radius ve ulna'nın palmar tarafında musculus flexor digitorum superficialis ve musculus flexor digitorum profundus tüm görüntülerde belirlendi. MR ve plastinat görüntülerinde ulna'nın medial kenarında musculus flexor carpi ulnaris'in tendosu, lateral'inde ise musculus extensor carpi ulnaris'in tendosu izlendi. Aynı şekilde radius'un dorsal kenarında musculus extensor carpi radialis'in tendosu, radius ve ulna'nın birleşim yerinin dorsal'inde musculus extensor digitorum communis'in tendosu tanımlandı (Şekil 3.53).

Articulatio carpi'ye ait BT, MR ve kesitsel plastinat görüntülerinde os carpi radiale, os carpi intermedium, os carpi ulnare ve os carpi accessorium medial'den lateral'e doğru yerleşim göstermekteydi. Karpal kemiklerin sınırları ve anatomik yapıları BT ve kesitsel plastinat görüntülerinde son derece belirginken, MR görüntüsünde kemik sınırları belirgin değildi. Karpal kemiklerin palmar'ında bulunan musculus flexor digitorum profundus ve musculus flexor digitorum superficialis'in tendoları BT, MR ve kesit plastinat görüntülerinde izlendi. Musculus extensor digitorum communis'in tendosu eşlenik MR ve plastinat kesit görüntülerinde tanımlandı (Şekil 3.54).

Metacarpus'ların proximal seviyesine ait transversal BT, MR ve kesitsel plastinat görüntüleri karşılaştırmalı olarak incelendiğinde os metacarpale I, os metacarpale II, os metacarpale III, os metacarpale IV ve os metacarpale V tüm kesit görüntülerinde belirlendi. MR görüntüsündeki kemiklere ait medulla ossea hafif hiperintens olarak beyaz renkte tespit edildi. Metacarpus'ların anatomik sınırları ve konumları en net BT ve plastinat görüntülerinde belirlenirken, kemik yapılarının belirlenmesinde MR görüntüsü oldukça yetersizdi. MR ve kesitsel plastinat

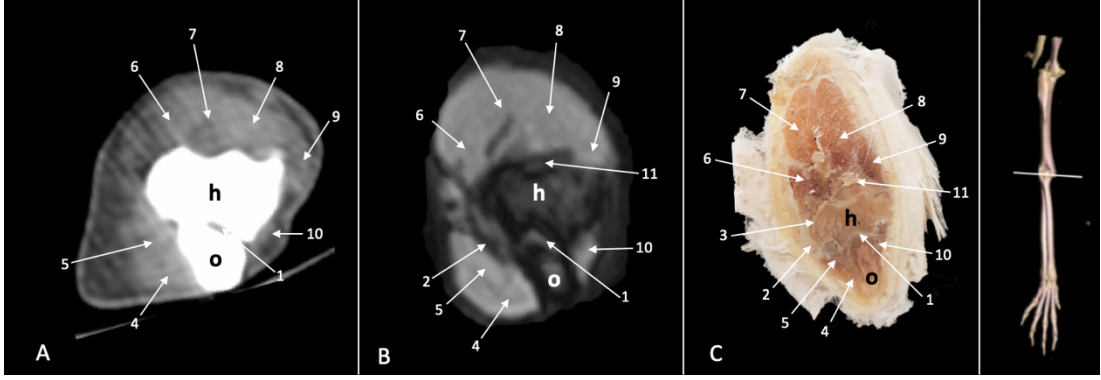
görüntülerinde her bir parmak için metacarpus'ların dorsal tarafında yerleşim gösteren musculus extensor digitorum communis'in tendosu tanımlandı. Metakarpal kemikler ile flexor tendolar arasında bulunan muscoli interossei BT görüntüsünde belirgin değilken MR ve plastinat görüntülerinde karşılaştırmalı olarak izlendi. Musculus flexor digitorum profundus ve musculus flexor digitorum superficialis'in tendoları MR görüntüsünde hipointens olarak tanımlanırken, eşlenik plastinat görüntüsünde benzer anatomik yapı ve konumda beyaz renkte belirlendi (Şekil 3.55).

Phalanx proximalis digiti I'in proximal seviyesine ait tüm kesitsel görüntülerde kemik doku net olarak belirlenirken, kas doku ve tendo yapıları sadece MR ve kesitsel plastinat görüntülerinde izlendi. T2 ağırlıklı MR görüntüsünde musculus flexor digitorum profundus'un tendosuna ait kırışlar düşük sinyal yoğunluğunda siyah renkte oldukça belirgindi. Kesitsel plastinat görüntüsü incelendiğinde aynı tendoya ait kırış yapıları muscoli interossei'nin palmar'ında beyaz renkte izlendi (Şekil 3.56).

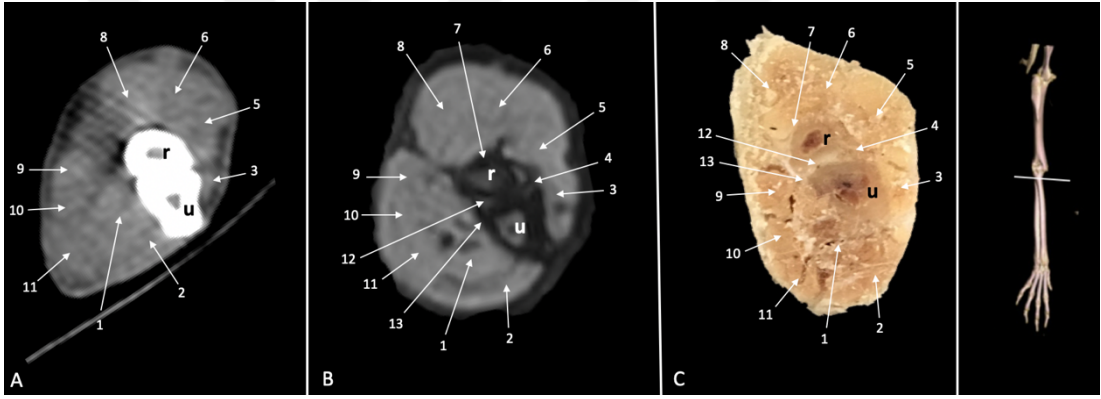


**Şekil 3.50.** Sağ articulatio humeri'ye ait transversal BT (A), T2 ağırlıklı MR (B) ve kesitsel plastinat (C) görüntüleri. 1- Musculus biceps brachii'nin tendosu; 2- Capsula articularis; 3- Musculus supraspinatus'un insertio tendosu; a- Caput humeri; b- Processus coracoideus; c- Tuberculum majus; d- Musculus triceps brachii (caput longum); e- Musculus deltoideus; f- Musculus teres major; g- Musculus subscapularis.

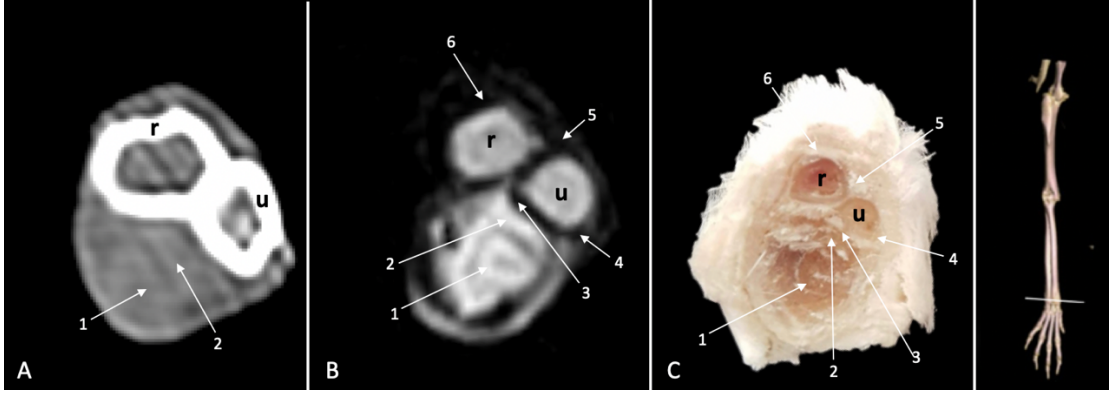




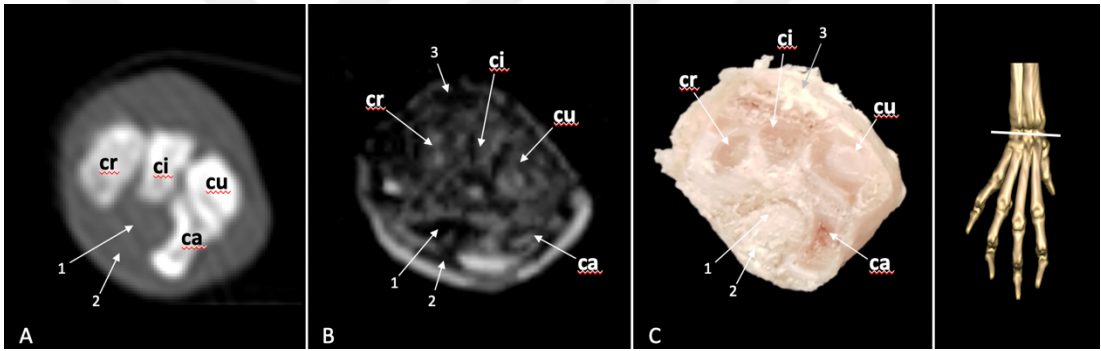
**Şekil 3.51.** Sağ articulatio cubiti'ye ait transversal BT (A), T2 ağırlıklı MR (B) ve kesitsel plastinat (C) görüntüleri. o- Olecranon; h- Humerus; 1- Cavum articulare; 2- Capsula articularis; 3- Cartilago articularis; 4- Musculus flexor carpi ulnaris; 5- Musculus flexor digitorum superficialis; 6- Musculus biceps brachii; 7- Musculus brachialis; 8- Musculus extensor digitorum communis; 9- Musculus extensor carpi radialis; 10- Musculus anconeus; 11- Ligamentum obliquum.



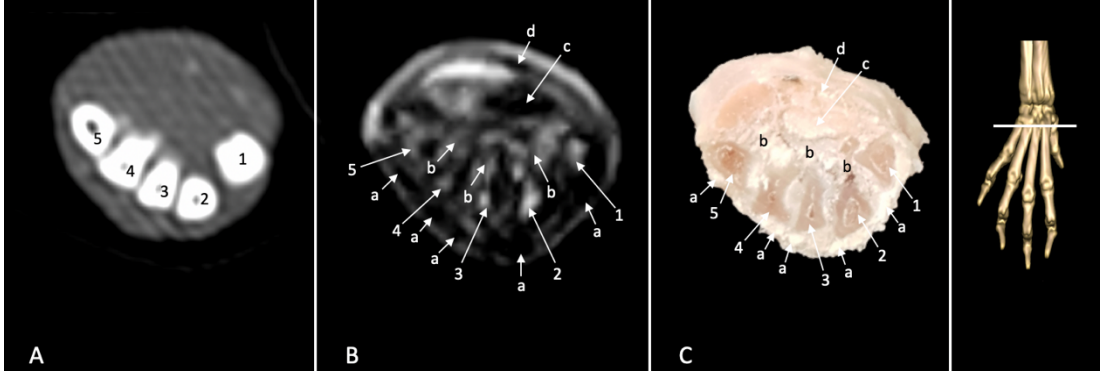
**Şekil 3.52.** Sağ articulatio radioulnaris proximalis'e ait transversal BT (A), T2 ağırlıklı MR (B) ve kesitsel plastinat (C) görüntüleri. r- Radius; u- Ulna; 1- Musculus flexor digitorum profundus; 2- Musculus flexor carpi ulnaris; 3- Musculus extensor carpi ulnaris; 4- Ligamentum collaterale laterale; 5- Musculus extensor digitorum lateralis; 6- Musculus extensor digitorum communis; 7- Musculus biceps brachii'nin insertio tendosu; 8- Musculus extensor carpi radialis; 9- Musculus pronator teres; 10- Musculus flexor carpi radialis; 11- Musculus flexor digitorum superficialis; 12- Cavum articulare; 13- Ligamentum collaterale mediale.



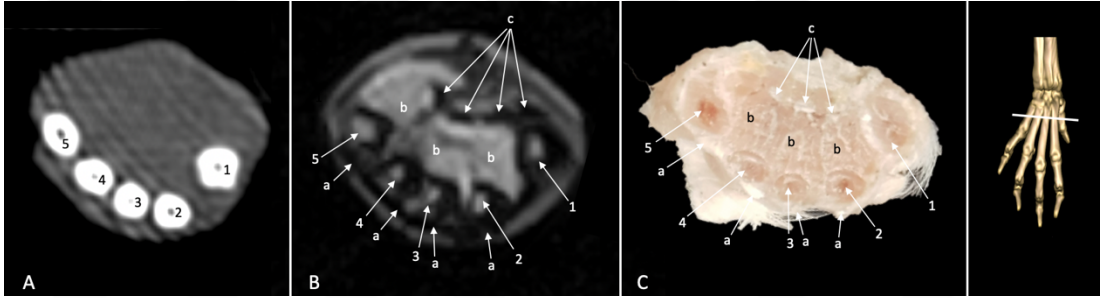
**Şekil 3.53.** Sağ articulatio radioulnaris distalis'e ait transversal BT (A), T2 ağırlıklı MR (B) ve kesitsel plastinat (C) görüntüleri. r- Radius; u- Ulna; 1- Musculus flexor digitorum superficialis; 2- Musculus flexor digitorum profundus; 3- Musculus flexor carpi ulnaris'in tendosu; 4- Musculus extensor carpi ulnaris'in tendosu; 5- Musculus extensor digitorum communis'in tendosu; 6- Musculus extensor carpi radialis'in tendosu.



**Şekil 3.54.** Sağ articulatio carpi bölgesine ait transversal BT (A), T2 ağırlıklı MR (B) ve kesitsel plastinat (C) görüntüleri. cr- Os carpi radiale; ci- Os carpi intermedium; cu- Os carpi ulnare; ca- Os carpi accessorium; 1- Musculus flexor digitorum profundus'un tendosu; 2- Musculus flexor digitorum superficialis'in tendosu; 3- Musculus extensor digitorum communis'in tendosu.



**Şekil 3.55.** Sağ metacarpus'ların proximal seviyesine ait transversal BT (A), T2 ağırlıklı MR (B) ve kesitsel plastinat (C) görüntüleri. 1- Os metacarpale I; 2- Os metacarpale II; 3- Os metacarpale III; 4- Os metacarpale IV; 5- Os metacarpale V; a- Musculus extensor digitorum communis'in tendosu; b- Musculi interossei; c- Musculus flexor digitorum profundus'un tendosu; d- Musculus flexor digitorum superficialis'in tendosu.



**Şekil 3.56.** Sağ phalanx proximalis digiti I'in proximal seviyesine ait transversal BT (A), T2 ağırlıklı MR (B) ve kesitsel plastinat (C) görüntüleri. 1- Phalanx proximalis digiti I; 2- Os metacarpale II; 3- Os metacarpale III; 4- Os metacarpale IV; 5- Os metacarpale V; a- Musculus extensor digitorum communis'in tendosu; b- Musculi interossei; c- Musculus flexor digitorum profundus'un tendosu.

## 4. TARTIŞMA

Labruyere ve Schwarz (2013) ve Deruddere ve ark. (2014), eklem bölgelerine yönelik incelemelerde, BT'nin kemik doku detayının, MRG'nin ise cartilago articularis, synovia, tendo ve ligament gibi yumuşak doku yapılarının görüntülenmesinde etkin bir role sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Soler ve ark. (2007), MR görüntülerinde değerlendirilen yumuşak doku yapılarından bir kısmının yumuşak doku penceresi kullanılmasıyla BT görüntülerinde de tanımlanabileceğini ancak BT görüntülerinin MR görüntülerindeki yumuşak doku detayını sağlayamadığını belirtmişlerdir. Rivero ve ark. (2005) ve De Rycke ve ark. (2002), BT görüntülerinde WL ve WW pencere değerleri değiştirilerek benzer yoğunluğa sahip dokular arasında ayırım sağlanabileceğini bildirmişlerdir. Keleş ve Alçin (2015),  $\mu$ BT tekniği kullanılarak elde edilen görüntülerdeki çözünürlüğün BT tekniğiyle elde edilenlere oranla oldukça yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca  $\mu$ BT ile oldukça küçük yapıdaki kemik yapılarının net bir şekilde görüntülenebileceğini belirtmişlerdir. Yapılan bu çalışmada eklem bölgelerine ait kemik doku en net BT ve  $\mu$ BT, yumuşak dokular ise MRG tekniği kullanılarak değerlendirilmiştir. BT görüntüleri hem kemik doku hem de yumuşak doku penceresinde incelenmiştir. Kemik doku penceresinde eklem yapılarını oluşturan kemikler, yumuşak doku penceresinde kas ve tendo yapıları tanımlanmıştır.  $\mu$ BT görüntülerinin BT görüntülerine göre oldukça yüksek çözünürlüğe sahip olduğu gözlenmiştir. Özellikle eklem bölgelerindeki kemiklerin anatomik konum ve yapıları  $\mu$ BT görüntülerinde net bir şekilde belirlenmiştir. Deruddere ve ark. (2014), BT tekniği ile elde edilen kesitsel görüntülerde damar yapılarının damar içi kontrast madde verilmesiyle daha net bir şekilde görünebileceğini ifade etmişlerdir. Yapılan çalışmada hem kullanılan materyalin anatomik yapı açısından oldukça küçük olması hem de damar içi kontrast madde kullanılmaması sebebi ile damar yapıları görüntülerde belirlenememiştir. Claerhoudt ve ark. (2014), synovia ve capsula articularis yapılarının BT görüntülerinde tanımlanması için eklem içi kontrast madde kullanılmasının faydalı olacağını ifade etmişlerdir. De Rycke ve ark. (2015), köpeklerin omuz bölgesine yönelik yaptıkları çalışmada eklem içi kontrast madde kullanılmasıyla elde ettikleri BT görüntülerinde

capsula articularis'i belirleyebilmişlerdir. Yapılan bu araştırmada eklem içi kontrast madde uygulanmamış olup, elde edilen BT ve  $\mu$ BT görüntülerinde capsula articularis ve synovia izlenememiştir.

De Rycke ve ark. (2002), BT görüntülerinin transversal düzlemin yanında sagittal ve frontal düzlemlerde de incelenmesiyle kompleks anatomik yapıların daha doğru bir şekilde yorumlanacağını bildirmişlerdir. Yapılan bu çalışmada transversal BT ve  $\mu$ BT görüntülerindeki anatomik yapıların tanımlanmasında frontal ve sagittal reformat görüntülerinden faydalanılmıştır. Böylelikle transversal düzlemdeki anatomik bir yapının tanımlanması daha doğru ve güvenilir bir şekilde gerçekleşmiştir.

Hagag ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada sığırda tarsus'u BT tekniği ile görüntülemişlerdir. Kemik doku penceresi kullanılmasıyla, bölgeye ait tüm kemiklerin sınırlarını net bir şekilde belirlemişlerdir. Kemik medulla'sı ve korteks'i arasındaki farkın görüntülerde oldukça belirgin olduğunu ifade etmişlerdir. Yumuşak doku penceresi ayarlarının kullanılmasıyla, yumuşak doku yapılarını grinin farklı tonlarında görüntülemişlerdir. Bölgesel kas dokusunu hipodens, tendo ve ligament yapılarını hiperdens olarak tanımlamışlardır. Bu araştırmada, kemik medulla'sı ve korteks'i en net olarak  $\mu$ BT görüntülerinde ayırt edilebildi. Medulla ossea hipodens olarak izlenirken, kemik korteks'i hiperdens özellikteydi. Literatüre paralel olacak şekilde BT görüntülerindeki kas dokusu hipodens, tendo yapıları ise yumuşak doku penceresinde hiperdens olarak izlendi.

Deruddere ve ark. (2014), MRG'nin yumuşak doku anatomisinin ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesinde oldukça etkin bir yöntem olduğunu ifade etmişlerdir. MRG ile transversal, sagittal ve frontal düzlemlerde elde edilen görüntüler incelenerek her düzlemde farklı yapıdaki anatomik oluşumların tanımlanabileceğini ifade etmişlerdir. Transversal düzlemin, yumuşak doku yapılarının tanımlanması için en kullanılışlı düzlem olduğunu bildirmişlerdir. Tendo yapılarının en net şekilde sagittal düzlemde görüntülenmesinin mümkün olduğunu ifade etmişlerdir. Bu araştırmada

eklem bölgelerine ait farklı yumuşak doku yapıları T1 ile T2 ağırlıklı transversal, sagittal ve frontal MR görüntülerinde tanımlanabildi. Soler ve ark. (2007), eklem yapısına ait ligament ve tendo yapılarının her iki sekansta da düşük sinyal yoğunluğuna, cartilago articularis'in T1 ağırlıklı görüntülerde düşük sinyal, T2 ağırlıklı görüntülerde ise yüksek sinyal yoğunluğuna sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmada, eklem bölgelerine ait T1 ve T2 ağırlıklı MR görüntülerinde ligament ve tendo yapıları hipointens olarak belirlendi. Sagittal T2 ağırlıklı görüntülerde humerus'a ait cartilago articularis hiperintens olarak izlenirken, subkondral kemik doku hipointens özellikteydi. Articulatio cubiti'ye ait T2 ağırlıklı transversal kesitlerde ligamentum collaterale mediale, ligamentum collaterale laterale ve ligamentum obliquum hipointens olarak tanımlandı. Hagag ve Tawfiek (2018), yaptıkları çalışmada synovia, cartilago articularis ve subkondral kemik dokunun en net T1 ağırlıklı sagittal MR görüntülerinde tespit edildiğini ifade etmişlerdir. Sinyal yoğunluğu bakımından, cartilago articularis'in homojen yüksek sinyal, kemik korteksi ve subkondral kemik dokunun homojen düşük sinyal, tendo yapılarının düşük sinyal, capsula articularis ve ligamentlerin orta sinyal yoğunluğunda olduğunu belirlemişlerdir. Yapılan araştırmada, synovia en net olarak transversal ve sagittal MR görüntülerinde izlenirken, subkondral kemik doku ise sagittal düzlemde belirlendi. T2 ağırlıklı MR görüntülerinde cartilago articularis hiperintens; kemik korteksi, capsula articularis, ligament ve tendo yapıları hipointens olarak izlendi. Deruddere ve ark. (2014), kemik korteksinin serbest hidrojen atomlarından yoksun olması sebebi ile MR kesitlerinde hipointens özellikte olduğunu, bu durumun kemik sınırlarının tanımlanmasını oldukça zorlaştırdığını bildirmişlerdir. Literatüre paralel şekilde çalışmada da MR görüntülerindeki kemik yapılarının sınırları net olarak belli olmayıp, kemik dokunun görüntü kalitesi BT görüntülerine göre oldukça düşüktü.

De Rycke ve ark. (2015), köpeklerde omuz bölgesini BT ve MRG yöntemleri ile görüntülemişlerdir. Çalışmada eklem bölgesine ait yumuşak doku yapılarının daha net tanımlanabilmesi için eklem içi kontrast madde kullanmışlardır. Cartilago articularis'i tüm bilgisayarlı tomografi artrografi (BTA) görüntülerinde tespit etmişlerdir. Ligamenta glenohumeralia, dorsal ve transversal BTA ile manyetik rezonans artrografi (MRA) görüntülerinde izlenirken, T2 ağırlıklı MR görüntülerinde belirlenememiştir.

Musculus supraspinatus, musculus infraspinatus ve musculus subscapularis ile tendo yapılarını en net olarak MRA ve T2 ağırlıklı MR görüntülerinde belirlemişlerdir. Yapılan bu çalışmada, articulatio humeri'ye ait transversal BT görüntülerinde musculus supraspinatus, musculus infraspinatus ve musculus subscapularis tanımlandı. Musculus supraspinatus ve musculus subscapularis en net sagittal ve frontal T2 ağırlıklı MR görüntülerinde tanımlanırken, bu kaslara ait tendo yapıları ise transversal ve frontal T2 ağırlıklı MR görüntülerinde izlendi. Ligamentum glenohumerale laterale T2 ağırlıklı frontal MR görüntülerinde, ligamentum coracohumerale T2 ağırlıklı transversal MR görüntülerinde hipointens olarak belirlendi.

Ober ve Freeman (2009), köpeklerde regio manus'a ait anatomik yapıları BT ve MRG teknikleri ile görüntülemişlerdir. Birçok kemik yapısını, BT ve MR görüntülerinde net olarak tanımlamışlardır. BT görüntülerinde ossa sesamodiae dahil tüm kemikler, çevredeki yumuşak dokularla karşılaştırıldığında belirgin bir şekilde hiperdens olarak görülmüştür. MR görüntülerinde kemik korteks'inin oldukça düşük sinyal yoğunluğuna sahip olduğu ifade edilmiştir. Musculus extensor digitorum communis, musculus flexor digitorum profundus ve musculus flexor digitorum superficialis'in tendoları oval şekilli olarak BT görüntülerinde hafif hiperdens, MR görüntülerinde ise hipointens olarak belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada da eklem bölgelerine ait tüm kemik yapıları BT ve  $\mu$ BT görüntülerinde hiperdens özellikte gözlenirken, flexor ve extensor tendolar T2 ağırlıklı MR görüntülerinde hipointens olarak tanımlandı.

Ekim ve ark. (2014c), tavşanlarda karpal bölgenin anatomik yapısını MR görüntüleri üzerinden değerlendirmişlerdir. 1.5 Tesla MR kullanılmasıyla elde edilen T1 ağırlıklı kesitlerde karpal tünel anatomisini belirlemişlerdir. T1 ağırlıklı görüntülerde karpal kemikleri hiperintens olarak izlemişlerdir. T1 ve T2 ağırlıklı görüntülerde musculus flexor digitorum superficialis ve musculus flexor digitorum profundus'un tendo'larının düşük sinyal yoğunluğuna sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Frontal düzlemdeki görüntülerde nervus medianus'un hiperintens, tendo

yapılarının hipointens, medulla ossea'nın izointens olduğu belirlenmiştir. Yapılan bu tez çalışmasında karpal bölgeye ait MR bulguları literatürle uyum sağlamaktaydı. Ancak literatürde frontal 3D-FLASH ve transversal T2 ağırlıklı görüntülerde belirlenen nervus medianus, yapılan bu çalışmada izlenememiştir.

Çeşitli ticari yazılım programları kullanılarak 2B kesitsel görüntülerden 3B dijital anatomik modellerin tasarlanması mümkün olmaktadır. Farklı yazılım programlarının kullanılması ile 2B görüntülerden 3B modellerin üretilme mekanizmaları yapılan çalışmalarla açıklanmıştır (Brazina ve ark., 2014). Bu çalışmada kullanılan 3D Slicer yazılım programı ile transversal BT ve  $\mu$ BT kesit görüntülerini içeren DICOM dosyaları kullanılarak sagittal ve frontal düzlemlerde reformat görüntüler oluşturuldu. Elde edilen kesitsel görüntülerden kemik dokunun segmentasyonu gerçekleştirildi. Segmentasyon işlemi sonucunda 3B modeller başarılı bir şekilde görselleştirildi. Ayrıca, 3D Slicer programının herhangi bir ücret ödmeden internet ortamından erişilebilir olması araştırma maliyetini oldukça azalttı.

Anatomi eğitimlerinde 3B baskı teknolojisinin birçok faydası bulunmaktadır. Medikal alanda çalışan bilim insanlarının bu teknolojiye olan ilgisinin artma sebeplerinin başında kadavra bulma zorlukları ile dokuların tespitinde ve saklanması için kullanılan formaldehitin insan sağlığına oldukça zararlı olması gelmektedir (Jones, 2019; Li ve ark., 2018). Yapılan bu çalışmada 3B baskı teknolojisi ile kemik modellerinin üretilmesinin organik kemik örneklerinin hazırlanmasında sürekli olarak gerekli olan kadavra kullanımını oldukça azaltacağı düşünülmektedir.

Eğitimlerde 3B baskı modellerin hem eğitici hem de öğrenci açısından güvenilirlikle kullanılabileceği, baskı modellerin yardımıyla oldukça karmaşık anatomik yapıların basitçe görselleştirilebileceği ifade edilmiştir (Li ve ark., 2018; Preece ve ark., 2013). Yapılan bu çalışmada eklem bölgelerine ait kemik baskı modelleri üretilmiştir. Özellikle articulatio carpi'deki oldukça küçük karpal



kemiklerin birbirine olan komşulukları ve anatomik yapıları modeller üzerinde kolaylıkla belirlenmiştir.

Li ve ark. (2018), yaptıkları çalışmada sığırlara ait bazı kemiklerin 3B baskı modellerini üretmişlerdir. Bu baskı modellerinin anatomi eğitimindeki etkinliğini öğrencilere yönelik yapmış oldukları anketle değerlendirmişlerdir. Ankete katılan öğrencilerin büyük bir çoğunluğu 3B baskı modellerindeki anatomik yapıların organik kemik örneklerinkinden farklı olmadığını, modellerin kokusuz, hafif ve dayanıklı olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen 3B baskı modellerinin de oldukça hafif, kokusuz, dayanıklı ve temiz olduğu belirlendi. 3B baskı ve dijital modeller karşılaştırıldığında aralarında anatomik açıdan herhangi bir farklılık görülmedi.

Beşeri tıp eğitimlerinde eğitim materyali olarak sıklıkla kullanılan 3B modellerin veteriner hekimlik eğitimlerinde de kullanımının yaygınlaştığı ifade edilmiştir (Böttcher ve Maierl, 1999). Anatomi eğitiminde 3B modellerin öğrenciler için oldukça kullanışlı ve faydalı olduğu belirtilmiştir (Brazina ve ark., 2014; Nicholson ve ark., 2006). 3B dijital anatomik modellerin hem lisans hem de lisansüstü eğitimlerde kullanılmasının yanı sıra cerrahi operasyon planlanmada da oldukça etkin şekilde kullanılabilirliği ifade edilmiştir (Murgitroyd ve ark., 2015). Raappana ve ark. (2008), operasyon öncesi oluşturulan 3B modellerin ameliyat sırasında cerrahlar tarafından güvenle kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Javaid ve Haleem (2018), yaptıkları derleme çalışmasında 3B baskı teknolojisinin ortopedi alanındaki kullanım alanlarını açıklamışlardır. Vaccarezza ve Papa (2015), 3B baskı modellerin cerrahi planlamada, hastaya özgü ekipman oluşturmada, hastaya özel düşük ağırlıklı implant tasarlamada, kemik kırıkları ile osteokondral defektlerde, anatomi ve cerrahi eğitimlerinde sıklıkla kullanıldığı ifade etmişlerdir. Harrysson ve ark. (2015), veteriner hekimlik alanında birçok canlı türün ve türler arasında geometrik ve boyutsal açıdan morfometrik farklılıkların oldukça fazla olduğunu belirtmişlerdir. Bu sebeple hastaya özel implant tasarlamada 3B modellerin veteriner hekimlikte kullanımının beşeri hekimlikte kullanımından daha önemli olduğunu ifade etmişlerdir. Anatomi eğitimi alanında 3B dijital ve baskı modellerinin etkinliklerinin araştırıldığı çalışmalar

mevcuttur. Brewer ve ark. (2012), geleneksel anatomi eğitimlerinin yanında 3B dijital yapıların da kullanılmasının öğrenciler tarafından anlaşılması güç olan nöroanatomi alanındaki eğitim kalitesini arttırdığını bildirmişlerdir. Glittenberg ve Binder (2006), okulomotor sistemin nöroanatomi, fizyolojisi ve patofizyolojisinin öğrenilmesi üzerine konvansiyonel eğitimi 3B interaktif animasyon ile yapılan eğitimle karşılaştırmışlardır. Benzer şekilde Nicholson ve ark. (2006), orta kulak ve iç kulağa ait anatomik yapıların MRG ile elde edilen görüntülerinden 3B modeller üretmişler ve eğitimdeki etkinliğini değerlendirmişlerdir. Hu ve ark. (2010), gırtlak anatomisine yönelik yüksek çözünürlüklü BT ile MRG görüntüleri kullanarak 3B yapılar modellemiş ve öğrencilerin eğitimi üzerindeki etkinliğini araştırmışlardır. Schoenfeld-Tacher ve ark. (2017), yaptıkları bir çalışmada veteriner nöroanatomi alanında, 3B köpek beyin modellerinin plastine ve formalinle tespit edilmiş beyinlere alternatif bir eğitim materyali olabileceğini ifade etmişlerdir. Nemanic ve ark. (2016), köpek larynx'i ile dil kemiğinin diseksiyonu sonucunda normal anatomik yapılarının hasar gördüğünü ve bu yapılara ait 3B modellerin veteriner anatomi eğitimlerinde etkin bir şekilde kullanılabilmesini öğrenciler üzerinden yaptıkları anketle belirlemişlerdir. Li ve ark. (2018), yaptıkları çalışmada sığırlara ait kemiklerin 3B dijital ve baskı modellerini üretmişlerdir. Bu modellerin eğitimlerde etkin bir şekilde kullanılabilirliğini öğrencilere yönelik yaptıkları anketle açıklamışlardır. Winer ve ark. (2017), yaptıkları araştırmada köpek ile kedilerde ağız, çene ve yüz cerrahisinde ameliyat öncesi planlama için 3B baskı teknolojisinin oldukça etkin bir şekilde kullanılabilirliğini bildirmişlerdir. Bu tez çalışmasında yapılan 3B modellemeyle, diseksiyon ve maserasyon işlemleri sırasında meydana gelebilen anatomik yapının zarar görmesi ve eklem bütünlüğünün bozulması gibi istenmeyen durumların önüne geçildiği anlaşıldı. Tavşanların ön bacak eklemlerine ait elde edilen 3B dijital ve baskı eklem modellerinin anatomi eğitimlerinin yanı sıra deneysel ortopedi ve cerrahi girişimlerinde faydalı olarak kullanılabilmesi öngörüldü.

Jamali ve ark. (2007), radyografi görüntüleri kullanılarak yapılan morfometrik ölçümlerde 2B görüntülerin kullanılmasının ölçüm işlemlerini oldukça sınırlandırdığını ifade etmişlerdir. Raji ve ark. (2008), BT'nin sadece tanısal amaçla değil, aynı zamanda birçok biyometrik araştırmalarda ve deneysel çalışmalarda

kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir. Literatür araştırmasında Yeni Zelanda Tavşanı'nın morfometrik çalışmalarda sıklıkla tercih edildiği görülmektedir. Çalışmaların bir kısmında tavşanların ön ve arka ekstremite uzun kemikleri (Pazvant ve Kahvecioğlu, 2009), mandibulası (Akbulut ve ark., 2014; Monfared, 2013; Salih, 2016), kafatası (Gürbüz ve ark., 2015) üzerinden dijital kumpas kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmişken bir kısmında ise tavşanların böbreklerine (Eken ve ark., 2009), antebrachium'una (Özkadif ve ark., 2015), mide bağırsak sistemine (Dayan, 2009), cavum pelvis'ine (Özkadif ve ark., 2014), paranazal sinüslerine (Casteleyn ve ark., 2010; Özkadif ve Eken, 2013), solunum sistemine (Dayan ve Beşoluk, 2011), kafatasına (Özkadif ve Eken, 2016), prostat bezine (Benoit ve ark., 1991), diz eklemine (Akkoyun Sert, 2009), mandibula'sına (Akgün ve ark., 2019), burun ve beyin boşluğuna (Bakıcı ve ark., 2019b) ait ölçüm işlemleri 3B modeller üzerinden yapılmıştır. Tavşanların çeşitli anatomik yapılarına ait BT görüntüleri üzerinde yapılan 3 boyutlandırma işlemlerinde ilk olarak otomatik segmentasyon komutu kullanıldığı daha sonra her kesitteki ilgili anatomik yapının sınırlarının kontrol edildiği, sınır dışında kalan bölgelerin silindiği bildirilmiştir (Eken ve ark., 2009; Özkadif ve Eken, 2013). Araştırmada  $\mu$ BT görüntülerinden elde edilen transversal kesitlerdeki kemik doku 3D Slicer yazılım programında 'paint' ve 'level tracing' komutları kullanılarak kesit kesit segmente edilmiştir. Segmentasyon aşaması tamamlandıktan sonra elde edilen 3B modeller 3D Slicer yazılım programı sayesinde istenilen anatomik pozisyona getirilerek articulatio humeri ve articulatio cubiti'ye ait ölçüm işlemleri kolaylıkla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, modeller üzerindeki kemik sınırlarının tam olarak belirlenememesinden dolayı BT görüntülerinden elde edilen 3B modeller ölçüm işlemleri için tercih edilmemiştir.

Pazvant ve Kahvecioğlu (2009), yaptıkları çalışmada tavşanlarda ön ve arka uzun kemiklerinin homotipik varyasyonlarını araştırmışlardır. Maserasyon sonucu elde ettikleri kemik örnekleri üzerinden dijital kumpas yardımı ile morfometrik ölçümleri sağlamışlardır. Humerus'un proximal genişliğine ait ölçümlerde dişilerin sağ ortalama değeri 13,87 mm, sol ortalama değeri 13,82 mm olarak belirlenmiştir. Erkeklerle ait ölçümlerde ortalama olarak sağ değer 13,67 mm ve sol değer 13,66 mm olarak hesaplanmıştır. Humerus'un distal genişliğine ait ölçümlerde dişilerin sağ

ortalama değeri 10,67 mm, sol ortalama değeri 10,88 mm olarak belirtilmiştir. Erkeklerle ait ölçümlerde ortalama olarak sağ değer 10,75 mm ve sol değer 11,32 mm olarak hesaplanmıştır. Yapılan bu tez çalışmasında humerus'un proximal ve distal genişliğine ait elde edilen 3B morfometrik ölçüm değerlerinin literatürdeki değerlere paralellik gösterdiği, istatistiki açıdan cinsiyetler arasında ve cinsiyetlerde sağ ve sol değerler arasında bir fark gözlenmediği saptandı. Literatürde radius'un proximal genişliğine ait alınan ölçümlerde cinsiyetler arası ve aynı cinsiyetlerde sağ ve sol değerler arasında istatistiki bir fark bulunmadığı ifade edilmiştir. Yapılan bu araştırmada da dişi ve erkeklerin sağ ve sol değerleri arasındaki fark istatistiki açıdan anlamsızdı. Ancak erkek tavşanlarda sağ ve sol değerlerin dişilerinkine göre daha fazla olduğu, bu farkın da istatistiki bakımdan anlamlı olduğu belirlendi. İlgili literatürde olecranon'un derinliğine ait morfometrik değerler bu araştırmada elde edilen değerlere benzerlik göstermekteydi. Literatürden farklı olarak çalışmada elde edilen dişi ve erkeklerle ait sol ölçüm değerleri sağ ölçüm değerlerine göre daha fazlaydı. Değerler arası fark istatistiki açıdan anlamlıydı.

Özkadif ve ark. (2015), tavşanlarda antebrachium'un multidedektör BT görüntülerinden 3B modellerini üretmiş ve modeller üzerinden morfometrik ölçümler sağlamışlardır. Ölçüm değerlerini istatistiki açıdan dişi ve erkek hayvanlar arasında karşılaştırmışlardır. Radius'un proximal genişliğine ait ölçümlerde dişi ve erkeklerin sağ ile sol değerleri arasındaki fark istatistiki açıdan anlamsız bulunmuştur. Ancak erkek tavşanlara ait sağ ve sol ölçüm değerleri dişilerinkine göre fazla bulunmuş ve bu farkın istatistiki açıdan anlamlı olduğu ifade edilmiştir. Yapılan bu çalışmada  $\mu$ BT görüntülerinden 3B modeller üretilmiştir. Radius'un proximal genişliğine ait elde edilen tüm ölçüm değerleri literatürde belirtilen değerlere göre fazla bulunmuştur. İstatistiki açıdan değerlendirildiğinde literatüre paralel olacak şekilde erkek tavşanlarda sağ ve sol değerlerin dişilerinkine göre daha fazla olduğu, bu farkın da istatistiki bakımdan önemli olduğu belirlenmiştir.

Varlık ve ark. (2015), tavşanlarda fotogrametrik yöntemle oluşturdukları caput humeri ve cavitas glenoidalis'in 3B modelleri üzerinden alan ölçümlerini

hesaplamışlardır. Dişilere ait sağ ve sol ölçüm değerleri erkeklerinkine oranla daha fazla bulunmuş ve bu farkın da istatistiki yönden anlamlı olduğu ifade edilmiştir. Yapılan bu çalışmada, µBT yöntemi ile elde edilen 3B modeller üzerinden doğrusal ölçümler gerçekleştirilmiştir. Cavitas glenoidalis'in genişliğine ait elde edilen ölçümlerde erkeklerin sağ ve sol değerlerinin dişilerinkinden fazla olduğu görülmüştür. İstatistiki açıdan bu farklılık anlamlı bulunmuştur.

Yapılan çalışmalarda plastinasyon yöntemiyle hazırlanan anatomik örneklerin elastik, dayanıklı, kokusuz ve gerçeğe özdeş olduğu ve ayrıca insan sağlığına zarar verebilecek toksik tehlikelerin de ortadan kalktığı belirtilmiştir (Bolinteanu ve ark., 2017; Kumro ve ark., 2013; Ottone ve ark., 2014). Bu tez çalışmasında elde edilen kesitsel plastinatların da son derece dayanıklı, kokusuz ve gerçek yapıya özdeş olduğu görülmüştür.

Plastinasyonun en büyük avantajlarından birinin incelenecek olan vücut yapısının topografisinde herhangi bir değişiklik oluşturmadığı, bu sebeple MRG ve BT gibi yöntemlerle edilen görüntülerle uyumlu bir şekilde karşılaştırılabileceği ifade edilmiştir (Latorre ve Rodriguez, 2007). Bu çalışmada da plastine edilen ön bacak eklemlerinin kesitsel anatomik yapısında topografik bir değişiklik görülmediği ve kesitsel örneklerin transversal BT ve MR görüntüleriyle uyumluluk sağladığı belirlenmiştir. Kesitsel plastinatlarda tanımlanan kemik dokuların BT görüntüleriyle, yumuşak dokuların ise MR görüntüleriyle daha uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Örneklere uygulanan fiksasyon aşamasının son üründe istenmeyen hacimsel büzüşmeler meydana getirdiği daha önceki çalışmalarda belirtilmiştir (Brown ve ark., 2002; Ekim ve ark., 2014a; Pereira-Sampaio ve ark., 2011). Fiksasyon süresinin ve bu aşamada kullanılan formaldehit derişiminin düşük tutulmasının plastine edilen örneklerde büzüşme oranını azaltacağı bildirilmiştir (Ekim ve ark., 2014a). Çalışmada dokularda meydana gelebilecek büzüşmeleri minimum seviye düşürmek için fiksasyon aşamasında %4'lük formalin kullanılmıştır. Plastinasyon işleminin önemli bir aşaması olan dehidrasyonun genellikle -25 °C'de yapılması ile asetonun doku sıvılarıyla yer değişimi dengeli ve düzenli şekilde olacağı buna bağlı olarak

dokulardaki büzüşmenin minimum seviyede kalacağı daha önceki çalışmalarda bildirilmiştir (Brown ve ark., 2002; Miklosova ve Miklos, 2004). Çalışmada dehidrasyon aşamasının 2 aseton banyosu şeklinde -25 °C'de gerçekleşmesiyle istenmeyen doku büzüşmelerinin önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Silikon plastinasyonda dehidrasyon aşamasını tamamlayan örneklerin 1 hafta süre ile oda sıcaklığındaki aseton içerisinde tutularak yağdan arındırma işlemi uygulanması daha önceki çalışmalarda belirtilmiştir (Cannas ve Fuda, 1991; DeJong ve Henry, 2007; von Hagens ve ark., 1987). Kesitsel örneklere yönelik yapılan silikon plastinasyonda yağdan arındırma işleminin uygulanmasının doğal anatomik yapıda değişikliğe sebep olabileceği bildirilmiştir (Ekim, 2018). Bu çalışmada kesitsel örneklerin anatomik yapısında herhangi bir değişikliğe sebep vermemek için yağdan arındırma işlemi uygulanmamıştır. Soğuk ortam silikon plastinasyonda, temel olarak S10 silikon polimer ile bu polimeri aktif hale getiren S3 katalizör madde kullanıldığı bildirilmiştir (Sagoo ve Adds, 2013). Zorlu impregnasyon aşamasında pigmentli yapıya sahip olan S10B Reddish polimeri kullanılmasının dokular üzerinde gerçeğe daha yakın renkler oluşmasını sağladığı ifade edilmiştir (Ekim, 2018). Çalışmada S10 silikon polimeri yerine pigmentli olma özelliği taşıyan S10B polimerin kullanılmasıyla örneklerin doğal renginin daha fazla korunması amaçlanmıştır. İmpregnasyon aşamasını tamamlayan örneklerden belli bir süre boyunca silikon salınımının meydana geldiği bildirilmiştir. Ayrıca, son ürünün kalitesini arttırmak amacıyla örneklerden salınan fazla silikonun kağıt havlu, kurutma kağıdı gibi materyallerle belli aralıklarla temizlenmesi gerektiği ifade edilmiştir (Ekim, 2018; Ekim ve ark., 2017). Yapılan bu çalışmada literatürde ifade edildiği gibi impregnasyon aşaması sonucunda örneklerden belli bir süre silikon salınımı gerçekleşmiştir. Çalışmada örneklerin özellikle tüylü bir yapıya sahip olmasından dolayı gaz kürlenme aşamasına geçmeden önce örneklerin üzerinde bulunan fazla silikon kağıt havluyla sürekli temizlenmiştir. Gaz kürlenme-sertleştirme aşamasında, ortalama büyüklükteki bir gaz odası için 20 ile 30 ml arasında S6 kimyasalının 5-10 dakikalık süre ile havalandırılmasının yeterli buharlaşmayı sağlayacağı ifade edilmiştir (Weiglein ve Henry, 1993). Yapılan bu çalışmada literatüre paralel olacak şekilde 20 ml S6 kullanılmış olup, günde 2 kere olmak üzere 5 dakikalık süre ile akvaryum pompası çalıştırılarak kimyasalın buharlaşması sağlanmıştır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Beşeri hekimlikte sıklıkla kullanılan modern görüntüleme tekniklerinin veteriner hekimlik alanında da etkin bir şekilde kullanılabileceği öngörülmüştür.

Eklem bölgelerine ait kemik dokunun görüntülenmesinde  $\mu$ BT ve BT tekniklerinin, yumuşak dokunun görüntülenmesinde ise MRG tekniğinin oldukça kullanışlı olduğu belirlenmiştir.

Çeşitli yazılım programları kullanılarak 3B dijital anatomik modellerin kolayca üretilebileceği, bu modellerden 3B yazıcılar kullanılmasıyla 3B baskı modellerinin basitçe tasarlanabileceği tespit edilmiştir. 3B yapılandırma teknolojisinin özellikle anatomi olmak üzere cerrahi ve radyoloji gibi alanlarda faydalı bir şekilde kullanılabileceği düşünülmektedir.

Üç boyutlu dijital ve baskı modellerinin anatomi eğitimlerinde kullanılmasının kadavra ve buna bağlı olarak formaldehit gibi zararlı kimyasal maddelerin kullanımını oldukça azaltacağı öngörülmektedir.

Geleneksel olarak organik kemik örnekleri kullanılarak yapılan morfometrik ölçümlerin 3B modeller üzerinde de kolaylıkla gerçekleştirilebileceği anlaşılmıştır.

Silikon plastinasyon tekniği ile hazırlanan anatomik materyallerin gerçek yapıya özdeş olması sebebiyle anatomi eğitimlerinde etkin bir şekilde kullanılabileceği düşünülmektedir. Ayrıca kesitsel plastinasyon örneklerinin BT ve MR gibi tekniklerle elde edilen kesitsel görüntülerle birlikte karşılaştırmalı olarak kullanımının klinik anatomi alanına modern bir açılım sağlayacağı öngörülmektedir. Anatomi eğitiminde plastinasyon modellerinin eğitim ve araştırma amaçlı kullanılmasının, çeşitli anatomik

örneklerin tespiti ve muhafazasında sıklıkla tercih edilen formaldehit gibi oldukça zararlı kimyasalların kullanımını oldukça azaltacağı tahmin edilmektedir.

Sonuç olarak, bu tez çalışmasında elde edilen verilerin veteriner anatomi, cerrahi ve radyoloji alanlarına fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca, bu çalışmanın anatomi alanına modern bir yaklaşım getirebileceği ve laboratuvar tavşanlarının ön bacak eklemleri üzerinde araştırma yapacak bilim insanlarına yararlı bir kaynak olacağı öngörülmektedir.





## ÖZET

### **Yeni Zelanda Tavşanı'nda (*Oryctolagus cuniculus L.*) ön bacak eklemlerinin farklı teknikler kullanılarak değerlendirilmesi**

Yeni Zelanda Tavşanı ortopedik çalışmalar başta olmak üzere birçok deneysel araştırmada hayvan modeli olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Çalışmada tavşanların ön bacak eklemlerinin bilgisayarlı tomografi (BT), mikro bilgisayarlı tomografi ( $\mu$ BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) teknikleri ile anatomik açıdan incelenmesi amaçlanmıştır. Transversal BT ve MR görüntülerinin kesitsel plastinat görüntüleriyle karşılaştırılıp örnekler üzerindeki anatomik yapıların tanımlanması hedeflenmiştir. Ayrıca tomografi görüntülerinden 3 boyutlu (3B) dijital rekonstrüksiyon ve baskı modellerinin oluşturulması, 3B dijital modeller üzerinden omuz ve dirsek eklemlerine ait anatomik ölçümlerin belirlenmesi çalışmanın diğer amaçları arasındadır.

Çalışmada 14 (7 dişi, 7 erkek) adet tavşan kullanıldı. BT ve MR görüntüleme işlemleri tamamlandıktan sonra vücuttan uzaklaştırılmış ön bacakların  $\mu$ BT görüntüleri elde edildi. Plastinasyon işlemi formalinle tespit edilmiş ön bacaklara sırasıyla dehidrasyon, zorlu impregnasyon ve gaz kütleme-sertleştirme aşamaları uygulandı. Eklem bölgelerine ait kemik doku en net olarak  $\mu$ BT görüntülerinde değerlendirilirken, yumuşak dokular MR görüntülerinde tanımlandı. Kesitsel plastinat örnekleri kemik doku bakımından BT, yumuşak doku bakımından MR görüntüleriyle oldukça uyumluydu.  $\mu$ BT görüntülerinden oluşturulan 3B dijital modeller BT görüntüleri kullanılarak elde edilen 3B modellere göre anatomik açıdan oldukça ayrıntılıydı. Omuz ve dirsek bölgelerine ait 3B kemik ölçümleri 3D Slicer programı kullanılarak gerçekleştirildi ve ölçüm verileri istatistiksel olarak dişi ile erkek tavşanlar arasında değerlendirildi. Cavitas glenoidalis genişliğine (CGG) ait ölçümlerde, erkek tavşanlarda sağ ve sol değerlerin dişilerinkine göre fazla olduğu, bu farkın da istatistiki açıdan anlamlı olduğu belirlendi ( $p<0.05$ ). Radius'un proximal genişliğine (RPG) ait ölçümlerde, erkeklerin sağ ve sol değerleri sırasıyla  $7,81 \pm 0,092$  ve  $7,75 \pm 0,079$  (ortalama  $\pm$  standart hata (SH) mm), dişilerin ki ise sırasıyla  $7,58 \pm 0,092$  ve  $7,39 \pm 0,079$  (ortalama  $\pm$  SH mm) olarak hesaplandı. Epicondylus medialis'in genişliğine (EMG) ait ölçümlerde, dişi ve erkeklerde sağ ile sol değerler arasındaki fark istatistiki olarak anlamlıydı ( $p<0.05$ ). Her iki cinsiyette sağ değerler sol değerlere göre daha fazla olarak belirlendi.

Araştırmada tavşanların ön bacak eklemlerine ait elde edilen anatomik, radyolojik ve morfolometrik verilerin, hem deneysel amaçlı cerrahi girişimlerde bulunan hem de klinik anatomi eğitimlerinde rol alan bilim insanlarına bir zemin teşkil edeceği düşünülmektedir. Aynı zamanda modern görüntüleme teknikleri ve 3B anatomik modellerin klinik anatomi eğitimleri açısından oldukça kullanışlı olacağı ön görülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Ön bacak eklemleri, Plastinasyon, Tıbbi görüntüleme, Üç boyutlu rekonstrüksiyon, Yeni Zelanda Tavşanı.

## SUMMARY

### **Evaluation of the thoracic limb joints in the New Zealand Rabbit (*Oryctolagus cuniculus L.*) using different techniques**

The New Zealand Rabbit is frequently used as an animal model in many experimental studies, especially in orthopedic studies. The aim of this study was to investigate the anatomical features of rabbit forelimb joints by computed tomography (CT), microcomputed tomography ( $\mu$ CT) and magnetic resonance imaging (MRI) techniques. Comparison of the transversal CT and MR images with the cross-sectional plastinated specimens in order to define the anatomical structures on the samples was also aimed. Besides, creation of 3-dimensional (3D) reconstructed images and printed models from tomography images, and determination of anatomical measurements of shoulder and elbow joints through 3D reconstructed digital images obtained with  $\mu$ CT technique are the other objectives of this study.

In this study, 14 rabbits (7 females, 7 males) were used. Following the CT and MR scanning process, forelimbs were removed from the body and scanned with  $\mu$ CT device. Dehydration, forced impregnation and gas curing-hardening processes were applied respectively to the formalin-fixated samples. The osseous tissue of the joints could clearly be determined mostly on  $\mu$ CT images, whereas soft tissues were identified on MR images. While the osseous parts on the plastinated cross-sections were highly compatible with CT images, structures formed by soft tissue were in accordance with the MR images. The 3D reconstructed digital models created from  $\mu$ CT images were anatomically detailed compared to 3D models obtained from CT images. 3D measurements of shoulder and elbow regions were performed using 3D Slicer software. The quantitative data were statistically evaluated between female and male rabbits. In the measurements of cavitas glenoidalis width (CGG), the right and left values of male rabbits were higher than that of females, and this difference was statistically significant ( $p < 0.05$ ). For the proximal width (RPG) of the radius, the right and left values of males were  $7.81 \pm 0.092$  and  $7.75 \pm 0.079$  (mean  $\pm$  standard error (SE) mm), and females were  $7.58 \pm 0.092$  and  $7.39 \pm 0.079$  respectively (mean  $\pm$  SE mm). In the measurement of the width of the epicondylus medialis (EMG), the difference between right and left values was statistically significant in both males and females ( $p < 0.05$ ). Values of the right extremity were higher than the left for both genders.

It is considered that the anatomical, radiological and morphometric data obtained from the forelimb joints of rabbits will provide a basis for scientists who will perform surgical approaches and clinical anatomy training. Besides, modern imaging techniques and 3D anatomical models are expected to be very useful for clinical anatomy education.

**Keywords:** Medical imaging, New Zealand Rabbit, Plastination, Thoracic limb joints, Three-dimensional reconstruction.

## KAYNAKLAR

- AJLAN AM, AL-KHATIB T, AL-SHEIKAH M, JASTANIAH S, SALIH A, ALTHUBAITI A, ALJOHANI A, MARZOUKI H, ALHERABI A, MARGLANI O, RABAH S, KARROUF G (2015). Helical computed tomography scanning of the larynx and upper trachea in rabbits. *Acta Vet Scand.*, 57:67.
- AKBULUT Y, DEMİRASLAN Y, GÜRBÜZ İ, ASLAN K (2014). Yeni Zelanda Tavşanı (*Oryctolagus cuniculus L.*)’nda Cinsiyet Faktörünün Mandibula Morfometrisine Etkisi. *FÜ Sağ Bil Vet Derg.*, **28(1)**: 15-18.
- AKGÜN RO, BAKICI C, EKİM O, BUMİN A, ORHAN İÖ (2018). Sectional evaluation of anatomic structures in cat (*Felis catus*) thoracic cavity by computed tomography imaging and silicone plastination methods. *Int J Morphol.*, **36(4)**: 1246-1251.
- AKGÜN RO, BAKICI C, EKİM O, KAYA U, KÜÇÜK NÖ (2019). Accuracy And Reliability Of Measurements Obtained From 3-Dimensional Rabbit Mandible Model: A Micro-Computed Tomography Study. *Acta Veterinaria-Beograd*, **69(2)**: 192-200.
- AKKOYUN SERT Ö (2009). Yeni Zelanda Tavşanlarında Diz Eklemine Diseksiyon, Bilgisayarlı Tomografi ve Manyetik Rezonans Görüntülerinden Üç Boyutlu Verilerinin Elde Edilmesi. Doktora Tezi. Konya.
- ALKAN Z (1999). Veteriner Radyoloji. 1. Baskı. Ankara. Mina Ajans. s.: 82-83, 94-95, 106-111.
- BAKICI C, AKGÜN RO, OTO Ç (2019a). The applicability and efficiency of 3 dimensional printing models of hyoid bone in comparative veterinary anatomy education. *Vet Hekim Der Derg.*, **90(2)**: 71-75.
- BAKICI C, AKGÜN RO, EKİM O, ÇİĞDEM S, OTO Ç (2019b). Volumetric analysis of the cranial and nasal cavity from micro-computed tomography scans in the rabbit. *Folia Morphol.*, DOI: 10.5603/FM.a2019.0073.
- BANSAL GJ (2006). Digital radiography. A comparison with modern conventional imaging. *Postgrad Med J.*, **82**: 425-428.
- BARONE R, PAVAUX C, BLIN PC, CUQ P (1973). Atlas of Rabbit Anatomy. Mason & Cie, Editeurs. Paris. p.: 19-23, 35-36.

- BENOIT G, CAILLEAUX F, QUILLARD J, LEDROUX X, MOUKARZEL M, GNAGNE MY, JARDIN A (1991). Computer assisted anatomical reconstruction: a prostate model. *Surg Radiol Anat.*, **13**: 45-47.
- BERCO M, RIGALI PH, MINER RM, DELUCA S, ANDERSON NK, WILL LA (2009). Accuracy and reliability of linear cephalometric measurements from cone-beam computed tomography scans of a dry human skull. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, **136(1)**: 1-9.
- BOLINTINEANU SL, POP E, STANCU G, STANCU G, VAIDA MA, SISU AM, PATRASCU JM, FLORESCU S (2017). Anatomical Structures Preservation Using Plastination Techniques. *Materiale Plastice*, **54(2)**: 221-224.
- BORKIN M, GOODMAN A, HALLE M, ALAN D (2007). Application of Medical Imaging Software to 3D Visualization of Astronomical Data. *Astronomical Data Analysis Software and Systems*, **376**: 621-624.
- BOTTCHER P, MAIERL J (1999). Macroscopic cryosectioning: A simple new method for producing digital, three-dimensional databases in veterinary anatomy. *Anat Histol Embryol.*, **28**: 97-102.
- BOUXSEIN ML, BOYD SK, CHRISTIANSEN BA, GULDBERG RE, JEPSEN KJ, MULLER R (2010). Guidelines for Assessment of Bone Microstructure in Rodents Using Micro-Computed Tomography. *Journal of Bone and Mineral Research*, **25(7)**: 1468-1486.
- BOZTOK ÖZGERMEN B, BUMİN A (2016). Köpeklerde akciğer hastalıklarının tanısında bilgisayarlı tomografi kullanımı. *İstanbul Üniv Vet Fak Derg.*, **42(2)**: 198-205.
- BRAZINA D, FOJTIK R, ROMBOVA Z (2014). 3D visualization in teaching anatomy. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, **143**: 367-371.
- BRENNER DJ, HALL EJ (2007). Computed tomography-an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med.*, **357(22)**: 2277-2284.
- BREWER DN, WILSON TD, EAGLESON R, DE RIBAUPIERRE S (2012). Evaluation of neuroanatomical training using a 3D visual reality model. *Stud Health Technol Inform.*, **173**: 85-91.
- BROWN MA, REED RB, HENRY RW (2002). Effects of dehydration mediums and temperature on total dehydration time and tissue shrinkage. *J Int Soc Plastination*, **17**: 28-33.

- BUYRUK HM, GROEN GJ, KEMPERMAN H, ALTUNİÇN A, ARI Z (1990). Bugün Plastinasyon 1: Yöntemin Geçmişi ve Uygulanabilirliği. *Türk Patoloji Dergisi*, **6(2)**: 73-77.
- CAELENBERG AIV, DE RYCKE LM, HERMANS K, VERHAERT L, BREE HJ, GIELEN IM (2011). Low-field magnetic resonance imaging and cross-sectional anatomy of the rabbit head. *The Veterinary Journal*, **188**: 83-91.
- CALDEMEYER KS, BUCKWALTER KA (1999). The basic principles of computed tomography and magnetic resonance imaging. *J Am Acad Dermatol.*, **41(5)**: 768-771.
- CANNAS M, FUDA P (1991). Plastination of old formalin-fixed specimens. *J Int Soc Plastination*, **5**: 11-15.
- CASTELEYN C, CORNILLIE P, HERMENS A, LOO DV, HOOREBEKE LV, BROECK WV, SIMOENS P (2010). Topography of the rabbit paranasal sinuses as a prerequisite to model human sinusitis. *Rhinology*, **48**: 300-304.
- CHIA HN, WU BM (2015). Recent advances in 3D printing of biomaterials. *Journal of Biological Engineering*, **9(4)**: 1-14.
- CLAERHOUDT S, BERGMAN EHJ, SAUNDERS JH (2014). Computed Tomographic Anatomy of the Equine Foot. *Anat Histol Embryol.*, **43**: 395-402.
- COOK P, AL-ALI S (1997). Submacroscopic Interpretation of Human Sectional Anatomy using Plastinated E12 Sections. *J Int Soc Plastination*, **12(2)**: 17-27.
- CRAIGIE EH (1969). Practical Anatomy of the rabbit. An Elementary Laboratory Text-Book in Mammalian Anatomy. 8th Ed. Press of Toronto University. Toronto. p.: 202-203.
- DAYAN MO (2009). Yeni Zelanda Tavşanlarında Mide ve Bağırsakların Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinden Üç Boyutlu Görüntü Elde Edilmesi. Doktora Tezi. Konya.
- DAYAN MO, BEŞOLUK K (2011). Three-dimensional reconstruction from computed tomography images of respiratory system in New Zealand rabbits. *Eurasian J Vet Sci.*, **27(3)**: 145-148.
- DE ARAUJO FAP, SESEKO NF, RAHAL SC, TEIXERIA CR, MULLER TR, MACHADO MRF (2013). Bone Morphology of the Hind Limbs in Two Caviomorph Rodents. *Anat. Histol. Embryol.*, **42**: 114-123.

- DE RYCKE LM, GIELEN IM, BREE H, SIMOENS PJ (2002). Computed tomography of the elbow joint in clinically normal dogs. *AJVR.*, **63(10)**: 1400-1407.
- DE RYCKE LM, BOONE MN, CAELENBERG AIV, DIERICK M, HOOREBEKELV, BREE HV, GIELEN IM (2012). Micro-computed tomography of the head and dentition in cadavers of clinically normal rabbits. *Am J Vet Res.*, **73**: 227-232.
- DE RYCKE LM, GIELEN IM, DINGEMANSE W, KROMHOUT K, BREE HV (2015). Computed Tomographic and Low-Field Magnetic Resonance Arthrography: A Comparison of Techniques For Observing Intra-Articular Structures of the Normal Canine Shoulder. *Veterinary Surgery*, **44**: 704-712.
- DEJONG K, HENRY RW (2007). Silicone plastination of biological tissue: Cold-temperature technique Biodur™ S10/S15 technique and products. *J Int Soc Plastination.*, **22**: 2-14.
- DERUDDERE KJ, MILNE ME, WILSON KM, SNELLING SR (2014). Magnetic Resonance Imaging, Computed Tomography, and Gross Anatomy of the Canine Tarsus. *Veterinary Surgery*, **43**: 912-919.
- DIMITROV RS (2010). Computed tomography imaging of the prostate gland in the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Vet archiv.*, **80(6)**: 771-778.
- DIMITROV R, YONKOVA P, STAMATOVA K (2011). Agreement between sagittal plane cross sectional anatomy, sonoanatomy and computed tomography of rabbit prostate and bulbourethral glands. *BJVM.*, **14(1)**: 11-16.
- DIMITROV R (2013). Anatomical Imaging Analysis of the Prostate gland in Rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) - Helical computed tomography study. *Revue Med Vet.*, **164(5)**: 245-251.
- DIMITROV R, STAMATOVA K, KOSTOV D (2013). Comparative imaging of the vesicular glands in New Zealand white rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Turk J Vet Anim Sci.*, **37**: 97-101.
- DIMITROV R, VLADOVA D, STAMATOVA YOVCHEVA K, YONKOVA P, KOSTOV D, STEFANOV M (2014). Comparative Imaging Anatomical Study of the Heart and Selected Mediastinal Vessels in the Rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *J Fac Vet Med Istanbul Univ.*, **40(1)**: 20-28.
- DONOSO S, SORA MC, PROBST A, BUDRAS KD, KÖNIG HE (2009). Mesoscopic structures of the equine toe demonstrated by using thin slice plastination (E12). *Vet Med Austria*, **96(11)**: 286-291.

- DRIESCH AVD (1976). A Guide to the measurement of animal bones from archaeological sites. Pea body Museum Bulletin 1. Harward University. Massachusetts. p.: 74-81.
- DURŞUN N (2008). Veteriner Anatomi I. 12. Baskı. Ankara. Medisan Yayınevi. s.: 162-173.
- EGGER J, KAPUR T, FEDOROV A, PIEPER S, MILLER JV, VEERARAGHAVAN H, FREISLEBEN B, GOLBY AJ, NIMSKY C, KIKINIS R (2013). GBM Volumetry using the 3D Slicer Medical Image Computing Platform. *Sci Rep.*, **3**: 1364.
- EKEN E, ÇORUMLUOĞLU Ö, PAKSOY Y, BEŞOLUK K, KALAYCI İ (2009). A study on evaluation of 3D virtual rabbit kidney models by multidetector computed tomography images. *Anatomy*, **3**: 40-44.
- EKİM O, TUNALI S, HAZIROĞLU RM, AYVALI M (2014a). Evcil memeli hayvanlarda böbreklerin soğuk ortam tekniği ile silikon plastinasyonu. *Vet Hekim Der Derg.*, **85(2)**: 1-11.
- EKİM O, İNSAL B, BAKICI C, HAZIROĞLU RM, AKGÜN RO (2014b). Yılanlarda Soğuk Ortam Tekniği ile Tüm Vücut Silikon Plastinasyonu. *Dicle Üniv Vet Fak Derg.*, **1(1)**: 1-14.
- EKİM O, OTO Ç, ALGIN O (2014c). Magnetic resonance (MR) imaging of the carpal tunnel and related structures in New Zealand Rabbit (*Oryctolagus cuniculus*): An anatomic and radiologic evaluation on an animal model. *Ankara Üniv Vet Fak Derg*, **61**: 1-7.
- EKİM O, HAZIROĞLU RM, İNSAL B, BAKICI C, AKGÜN RO, TUNALI S (2017). A modified S10B silicone plastination method for preparation and preservation of scaled reptile specimens. *Ankara Üniv Vet Fak Derg.*, **64**: 155-160.
- EKİM O (2018). Evcil kanatlı hayvan örneklerine uygulanan farklı silikon plastinasyonu protokollerinin etkinliğinin değerlendirilmesi. *Vet Hekim Der Derg.*, **89(1)**: 74-84.
- ELNADY F, SORA MC (2009). Anatomical exploration of a dicephalous goat kid using sheet plastination (E12). *Congenit Anom.*, **49(2)**: 66-70.
- ESTAI M, BUNT S (2016). Best teaching practices in anatomy education: A critical review. *Annals of Anatomy*, **208**: 151-157.
- FASEL JHD, AGUIAR D, KISS-BODOLAY D, MONTET X, KALANGOS A, STIMEC BV, RATIB O (2016). Adapting anatomy teaching to surgical trends:

a combination of classical dissection, medical imaging, and 3D-printing technologies. *Surg Radiol Anat.*, **38**: 361-367.

FRANDSON RD, WILKE WL, FAILS AD (2009). Anatomy and Physiology of Farm Animals. 7th Ed. Blackwell Publishing. Chapter 6.

FREITAS EP, NORITOMI PY, SILVA JVL (2011). Use of rapid prototyping and 3D reconstruction in veterinary medicine. In: Advanced Applications of Rapid Prototyping Technology in Modern Engineering. Ed.: Hoque, M.E., InTech. Chapter 7.

GAO H, LIU J, YU S, SUI H (2006). A new Polyester Technique for Sheet Plastination. *J Int Soc Plastination*, **21**: 7-10.

GARMER M, HENNIGS SP, JAGER HJ, SCHRICK F, LOO T, JACOBS A, HANUSCH A, CHRISTMANN A, MATHIAS K (2000). Digital Radiography Versus Conventional Radiography in Chest Imaging: Diagnostic Performance of a Large-Area Silicon Flat-Panel Detector in a Clinical CT-Controlled Study. *AJR.*, **174**: 75-80.

GLITTENBERG C, BINDER S (2006). Using 3D computer simulations to enhance ophthalmic training. *Ophthal Physiol Opt.*, **26**: 40-49.

GRIBEL BF, GRIBEL MN, FRAZAO DC, MCNAMARA JA, MANZI FR (2011). Accuracy and reliability of craniometric measurements on lateral cephalometry and 3D measurements on CBCT scans. *Angle Orthodontist*, **81(1)**: 26-35.

GRONDIN G (1998). Plastination: a modern approach to chiropractic teaching. *JCCA*, **42(2)**: 107-112.

GROSS BC, ERKAL JL, LOCKWOOD SY, CHEN C, SPENCE DM (2014). Evaluation of 3D Printing and Its Potential Impact on Biotechnology and the Chemical Sciences. *Anal Chem.*, **86**: 3240-3253.

GÜRBÜZ İ, DEMİRASLAN Y, ASLAN K (2015). Morphometric Analysis of the Skull of New Zealand Rabbit (*Oryctolagus cuniculus L.*) According to Gender. *AJAVS*, **1(2)**: 27-32.

HAGAG U, TAWFIEK M, BREHM W, GERLACH K (2016). Computed Tomography of the Normal Bovine Tarsus. *Anat Histol Embryol.*, **45**: 469-478.

HAGAG U, TAWFIEK MG (2018). Ultrasonography, computed tomography and magnetic resonance imaging of the bovine metacarpo/metatarsophalangeal joint. *The Veterinary Journal*, **233**: 66-75.



- HARRISON RM (1988). Digital Radiography. *Phys Med Biol.*, **33(7)**: 751-784.
- HARRYSSON OLA, MARCELLIN-LITTLE DJ, HORN TJ (2015). Applications of Metal Additive Manufacturing in Veterinary Orthopedic Surgery. *JOM*, **67(3)**: 647-654.
- HENRY RW, JANICK L, HENRY C (1997). Specimen preparation for silicone plastination. *J Int Soc Plastination*, **12(1)**: 13-17.
- HENRY RW (2007). Silicone Plastination of Biological Tissue: Room-temperature Technique North Carolina Technique and Products. *J Int Soc Plastination.*, **22**: 26-30.
- HEREK D, KARABULUT N (2010). Manyetik Rezonans Görüntüleme. *TTD Toraks Cerrahisi Bülteni*, **1(3)**: 214-222.
- HOLDSWORTH D, THORNTON M (2002). Micro-CT in small animal specimen imaging. *Trends Biotechnol*, **8**: 34–39.
- HOLLADAY SD (1989). Plastination of Inflated Hollow Gastrointestinal Organs From Large Animals. *Int Soc Plastination*, **3**: 34-37.
- HU A, WILSON T, LADAK H, HAASE P, DOYLE P, FUNG K (2010). Evaluation of a three-dimensional educational computer model of the larynx: voicing a new direction. *J Otolaryngol Head Neck Surg.*, **39**: 315-322.
- JAMALI AA, DEUEL C, PERREIRA A, SALGADO CJ, HUNTER JC, STRONG EB (2007). Linear and angular measurements of computer-generated models: Are they accurate, valid, and reliable? *Computer Aided Surgery*, **12(5)**: 278-285.
- JAVAID M, HALEEM A (2018). Additive manufacturing applications in orthopaedics: A review. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, **9**: 202-206.
- JIANG Y, ZHAO J, WHITE DL, GENANT HK (2000). Micro CT and Micro MR imaging of 3D architecture of animal skeleton. *J Musculoskel Neuron Interact*, **1**: 45-51.
- JONES DG (2019). Three-dimensional Printing in Anatomy Education: Assessing Potential Ethical Dimensions. *Anat Sci Educ.*, **0**: 1-9.
- KARABORK H (2009). Three- dimensional measurements of glenohumeral joint surfaces in sheep, cat and rabbit by photogrammetry. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, **8(7)**: 1248-1251.

- KELEŞ A, ALÇİN H (2015). Mikro Bilgisayarlı Tomografi ve Endodontik Araştırmalardaki Yeri. *Türkiye Klinikleri J Endod-Special Topics*, **1(3)**: 32-39.
- KIM M, HUH KH, YI WJ, HEO MS, LEE SS, CHOI SC (2012). Evaluation of accuracy of 3D reconstruction images using multi-detector CT and cone-beam CT. *Imaging Sci Dent.*, **42**: 25-33.
- KOÇ B, SARITAŞ ZK, ŞENEL OO (2012). Veteriner Anesteziyoloji ve Reanimasyon. 2. Baskı. Medipres Matbaacılık Yayıncılık. s.: 253-254.
- KORNER M, WEBER CH, WIRTH S, PFEIFER KJ, REISER MF, TREITL M (2007). Advances in Digital Radiography: Physical Principles and System Overview. *RadioGraphics.*, **27**: 675-686.
- KULLENDORFF B, NILSSON M, ROHLIN M (1996). Diagnostic accuracy of direct digital dental radiography for the detection of periapical bone lesions. Overall comparison between conventional and direct digital radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.*, **82**: 344-350.
- KUMRO SL, CROCKER AV, POWELL RL (2013). Injection plastination: A low-tech, inexpensive method for silicone preservation of small vertebrates. *J Int Soc Plastination*, **25(1)**: 12-17.
- LABRUYERE J, SCHWARZ T (2013). CT and MRI in veterinary patients: an update on recent advances. *In Practice*, **35**: 546-563.
- LAGRAVERE MO, CAREY J, TOOGOOD RW, MAJOR PW (2008). Three-dimensional accuracy of measurements made with software on cone-beam computed tomography images. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, **134(1)**: 112-116.
- LATORRE R, ARENCIBIA A, GIL F, RIVERO M, RAMIREZ G, VAQUEZ-AUTON JM, HENRY RW (2004). Sheet plastination with Polyester: An alternative for all tissues. *J Int Soc Plastination*, **19**: 33-39.
- LATORRE R, RODRIGUEZ MJ (2007). In search of clinical truths: equine and comparative studies of anatomy. *Equine Vet J.*, **39(3)**: 263-268.
- LATORRE RM, GARCIA-SANZ MP, MORENO M, HERNANDEZ F, GIL F, LOPEZ O, AYALA MD, RAMIREZ G, VAZQUEZ JM, ARENCIBIA A (2007). How useful is plastination in learning anatomy? *J Vet Med Educ.*, **34(2)**: 172-176.

- LI F, LIU C, SONG X, HUAN Y, GAO S, JIANG Z (2018). Production of Accurate Skeletal Models of Domestic Animals Using Three-Dimensional Scanning and Printing Technology. *Anat Sci Educ.*, **11**: 73-80.
- LIEBICH HG, KONIG HE, MAIERL J (2004). Forelimb or thoracic limb. In: *Veterinary Anatomy of Domestic Mammals Textbook and Colour Atlas*. Ed.: König H.E., Liebich H.G. 1st Ed. Stuttgart, Schattauer. Chapter 3.
- MARTINI L, FINI M, GIAVARESI G, GIARDINO R (2001). Sheep Model in Orthopedic Research: A Literature Review. *Comparative Medicine*, **51(4)**: 292-299.
- MCLAUGHLIN CA, CHIASSON RB (1979). *Laboratory Anatomy of the Rabbit*. 2nd Ed. Wm. C. Brown Publishers. USA. p.: 1-2.
- MIKLOSOVA M, MIKLOS V (2004). Plastination with silicone method S10-monitoring and analysis causes of failure. *Biomed Papers*, **148**: 237-238.
- MITSOURAS D, LIACOURAS P, IMANZADEH A, GIANNOPOULOS AA, CAI T, KUMAMARU KK, GEORGE E, WAKE N, CATERSON EJ, POMAHAC B (2015) Medical 3D printing for the radiologist. *RadioGraphics*, **35(7)**: 1965-1988.
- MONFARED AL (2013). Applied anatomy of the rabbits skull and its clinical application during regional anesthesia. *Glob Veter.*, **10**: 653-657.
- MOREIRA CR, SALES MAO, LOPES PML, CAVALCANTI MGP (2009). Assessment of linear and angular measurements on three-dimensional cone-beam computed tomographic images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.*, **108**: 430-436.
- MULLHAUPT D, WENGER S, KIRCHER P, PFAMMATTER N, HATT JM, OHLERTH S (2017). Computed tomography of the thorax in rabbits: a prospective study in ten clinically healthy New Zealand White rabbits. *Acta Vet Scand.*, **59**:72.
- MURGITROYD E, MADURSKA M, GONZALEZ J, WATSON A (2015). 3D digital anatomy modelling - Practical or pretty? *The Surgeon*, **13**: 177-180.
- NAFF KA, CRAIG S (2012). The Domestic Rabbit, *Oryctolagus Cuniculus*: Origins and History. In: *The Laboratory Rabbit, Guinea Pig, Hamster and Other Rodents*. Ed.: Suckow, M.A., Stevens, K.A., Wilson, R.P. 1st Ed. London, Academic Press. Chapter 6.

- NEMANIC S, MILLS S, VIEHDORFER M, CLARK T, BAILEY M (2016). The Effectiveness of a 3D Computerized Tutorial to Enhance Learning of the Canine Larynx and Hyoid Apparatus. *Journal of Veterinary Medical Education*, **43(3)**: 243-254.
- NEYT JG, BUCKWALTER JA, CARROLL NC (1998). Use of animal models in musculoskeletal research. *Iowa Orthop J.*, **18**: 118-123.
- NICHOLSON DT, CHALK C, FUNNELL WRJ, DANIEL SJ (2006). Can virtual reality improve anatomy education? A randomised controlled study of a computer-generated three-dimensional anatomical ear model. *Medical Education*, **40**: 1081-1087.
- NICKEL R, SCHUMMER A, SEIFERLE E, FREWEIN J, WILKENS (1986). The Anatomy of the Domestic Animals. Volume 1. The Locomotor System of the Domestic Mammals. 5th ed. Verlag Paul Parey. Berlin, Hamburg. p.: 181-189.
- OBER CP, FREEMAN LE (2009). Computed tomographic, magnetic resonance imaging, and cross-sectional anatomic features of the manus in cadavers of dogs without forelimb disease. *AJVR*, **70(12)**: 1450-1458.
- OGDEN KM, ASLAN C, ORDWAY N, DIALLO D, TILLAPAUGH-FAY G, SOMAN P (2015). Factors Affecting Dimensional Accuracy of 3-D Printed Anatomical Structures Derived from CT Data. *J Digit Imaging*, **28**: 654-663.
- OHLERTH S, SCHARF G (2007). Computed tomography in small animals – Basic principles and state of the art applications. *Vet J.*, **173**: 254-271.
- OTO Ç (2007). Merkepte (*Equus Asinus*) Encephalon'un Anatomisi ve Transversal Kesitlerinin İncelenmesi. Doktora Tezi. Ankara.
- OTO Ç, EKİM O, ALGIN O, ŞENEL OO, İNCE N, HAZIROĞLU RM (2011). 3 Tesla Magnetic resonance imaging and multiplanar reconstruction of the brain and its associated structures in pig. *Ankara Üniv Vet Fak Derg*, **58**: 73-78.
- OTTONE NE, CIRIGLIANO V, LEWICKI M, BIANCHI H, AJA-GUARDIOLA S, ALGIERI RD, CANTIN M, FUENTES R (2014). Plastination technique in laboratory rats: An alternative resource for teaching, surgical training and research development. *Int J Morphol.*, **32(4)**: 1430-1435.
- OTTONE NE, CIRIGLIANO V, BIANCHI HF, MEDAN CD, ALGIERI RD, BRUM GB, FUENTES R (2015). New contributions to the development of a plastination technique at room temperature with silicone. *Anat Sci Int.*, **90**: 126-135.

- OTTONE NE, DEL SOL M, FUENTES R (2016). Report on a sheet plastination technique using commercial epoxy resin. *Int J Morphol.*, **34(3)**: 1039-1043.
- OTTONE NE, VARGAS CA, VEUTHEY C, DEL SOL M, FUENTES F (2018). Epoxy sheet plastination on a rabbit head–new faster protocol with Biodur® E12/E1. *Int J Morphol.*, **36(2)**: 441-446.
- ÖLMEZ H, GÖRGÜLÜ S, AKIN E, BENĞİ AO, TEKDEMİR İ, ÖRS F (2011). Measurement accuracy of a computer-assisted three-dimensional analysis and a conventional two-dimensional method. *Angle Orthodontist*, **81(3)**: 375-382.
- ÖZKADİF S, EKEN E (2013). Three-dimensional reconstruction of multidetector computed tomography images of paranasal sinuses of New Zealand rabbits. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, **37(6)**: 675-681.
- ÖZKADİF S, EKENE E, KALAYCI İ (2014). A three-dimensional reconstructive study of pelvic cavity in the New Zealand Rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *The Scientific World Journal*, 1-6, doi: 10.1155/2014/489854.
- ÖZKADİF S, EKEN E (2015). Contribution of Virtual Anatomic Models to Medical Education. *Atatürk Üniversitesi Vet Bil Derg.*, **10(1)**: 46-54.
- ÖZKADİF S, EKEN E, BEŞOLUK K, DAYAN MO (2015). Three-dimensional reconstruction of New Zealand rabbit antebrachium by multidetector computed tomography. *Iranian Journal of Veterinary Research*, **16(2)**: 205-209.
- ÖZKADİF S, EKEN E (2016). Craniometric Measurements of New Zealand Rabbits Skull from Three-Dimensional Reconstruction Images. *ARC Journal of Animal and Veterinary Sciences*, **2(1)**: 9-14.
- PARKS ET, WILLIAMSON GF (2002). Digital Radiography: An Overview. *J Contemp Dent Pract.*, **4(3)**: 23-39.
- PASHAEI, S (2010). A brief review on the history, methods and applications of plastination. *Int J Morphol.*, **28(4)**:1075-1079.
- PAZVANT G, KAHVECİOĞLU KO (2009). Tavşanlarda ön ve arka bacak uzun kemiklerinin homotipik varyasyonları üzerinde araştırmalar. *İstanbul Üniv Vet Fak Derg.*, **35(2)**: 23-39.
- PEREIRA JA, MERI A, MOLINA-ROS A, MOLINA-ANDREU O (2003). Web-based course for teaching Human Anatomy. The UPF experience. *Eur J Anat*, **7(1)**: 19-22.

- PEREIRA-SAMPAIO MA, MARQUES-SAMPAIO BPS, SAMPAIO FJB, HENRY RW (2011). Shrinkage of Renal Tissue After Impregnation via the Cold Biodur Plastination Technique. *The Anatomical Record*, **294**: 1418-1422.
- PETTERSSON H, ASPELIN P, BOIJSEN E, HERRLIN K, EGUND N (1988). Digital radiography of the spine, large bones and joints using stimuable phosphor. *Acta Radiologica*, **29(3)**: 267-271.
- PHILLIPS MN, NASH LG, BARNETT R, NICHOLSON H, ZHANG M (2002). The Use of Confocal Microscopy for the Examination of E12 Sheet Plastinated Human Tissue. *J Int Soc Plastination*, **17**: 12-16.
- POLGAR M, PROBST A, SORA MC, KONIG HE (2003). Plastination of whole-body slices: A new aid in cross-sectional anatomy, demonstrated for thoracic organs in dogs. *Wien Tierärztl Mschr.*, **90**: 45-52.
- POPESKO P, RAJTOVA V, HORAK J (1992). A Colour Atlas of The Anatomy of Small Laboratory Animals. Wolfe Publishing Ltd. London. p.: 88-103.
- POYRAZ Ö (2000). Laboratuvar Hayvanları Bilimi. Ankara. Kardelen Ofset. s.: 279-280.
- PREECE D, WILLIAMS SB, LAM R, WELLER R (2013). “Let’s Get Physical”: Advantages of a Physical Model Over 3D Computer Models and Textbooks in Learning Imaging Anatomy. *Anat Sci Educ.*, **6**: 216-224.
- PROBST A, SORA MC, BÖCK P, BUDRAS KD, LIEBICH HG, KÖNIG HE (2006). Plastinated sections of the hoof: an invaluable didactic addition to the demonstration of anatomical structures. *Vet Med Austria*, **93**: 98-102.
- PUJOL S, BALDWIN M, NASSIRI J, KIKINIS R, SHAFFER K (2016). Using 3D modeling techniques to enhance teaching of difficult anatomical concepts. *Acad Radiol.*, **4**: 507-516.
- RAAPPANA A, KOIVUKANGAS J, PIRILA T (2008). 3D modeling-based surgical planning in transsphenoidal pituitary surgery preliminary results. *Acta Oto-Laryngologica*, **128**: 1011-1018.
- RAJI AR, SARDARI K, MOHAMMADI HR (2008). Normal Cross - Sectional Anatomy of the Bovine Digit: Comparison of Computed Tomography and Limb Anatomy. *Anat Histol Embryol.*, **37**: 188-191.
- RAOOF A, HENRY RW, REED RB (2007). Silicone Plastination of Biological Tissue: Room-temperature Technique Dow™/Corcoran Technique and Products. *J Int Soc Plastination*, **22**: 21-25.

- REITER R, VIEHDORFER M, HESCOCK K, CLARK T, NEMANIC S (2017). Effectiveness of a Radiographic Anatomy Software Application for Enhancing Learning of Veterinary Radiographic Anatomy. *J Vet Med Educ*. **28**: 1-9.
- RENGIER F, MEHNDIRATTA A, TENGG-KOBLIGK H, ZECHMANN CM, UNTERHINNINGHOFEN R, KAUCZOR HU, GIESEL FL (2010). 3D printing based on imaging data: review of medical applications. *Int J CARS*., **5**: 335-341.
- RHODES JS, PITT FORD TR, LYNCH JA, LIEPINS PJ, CURTIS RV (1999). Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *International Endodontic Journal*, **32**: 165-170.
- RIEDERER BM (2014). Plastination and its importance in teaching anatomy. Critical points for long-term preservation of human tissue. *J Anat.*, **224**: 309-315.
- RIVERO MA, RAMIREZ JA, VAZQUEZ JM, GIL F, RAMIREZ G, ARENCIBIA A (2005). Normal Anatomical Imaging of the Thorax in Three Dogs: Computed Tomography and Macroscopic Cross Sections with Vascular Injection. *Anat Histol Embryol.*, **34**: 215-219.
- ROEMER FW, MOHR A, LYNCH JA, META MD, GUERMAZI A, GENANT HK (2005). Micro-CT arthrography: a pilot study for the ex vivo visualization of the rat knee joint. *AJR Am J Roentgenol*, **184**: 1215-1219.
- SAGOO MG, ADDS PJ (2013). Low-temperature dehydration and room-temperature impregnation of brain slices using Biodur™ S10/S3. *J Int Soc Plastination*, **25**: 3-8.
- SALIH QM (2016). Morphological and morph metric study of the mandible in the local Rabbits (*Oryctolagus Cuniculus*). *The Iraqi Journal of Veterinary Medicine*, **40(1)**: 25-29.
- SARGON MF, TATAR İ (2014). Plastination: basic principles and methodology. *Anatomy*, **8**: 13-18.
- SCHOENFELD-TACHER RM, HORN TJ, SCHEVIAK TA, ROYAL KD, HUDSON LC (2017). Evaluation of 3D Additively Manufactured Canine Brain Models for Teaching Veterinary Neuroanatomy. *Journal of Veterinary Medical Education*, **44(4)**: 612-619.
- SHANTHI P, SINGH RR, GIBIKOTE S, RABI S (2015). Comparison of CT Numbers of Organs Before and After Plastination Using Standard S-10 Technique. *Clinical Anatomy*, **28**: 431-435.

- SMODLAKA H, HENRY RW, DANIELS GB, REED RB (2004). Correlation of computed tomographic images with anatomic features of the abdomen of ringed seals (*Phoca hispida*). *AJVR*, **65(9)**: 1240-1244.
- SOLER M, MURCIANO J, LATORRE R, BELDA E, RODRIGUEZ MJ, AGUT A (2007). Ultrasonographic, computed tomographic and magnetic resonance imaging anatomy of the normal canine stifle joint. *The Veterinary Journal*, **174**: 351-361.
- SORA MC, BRUGGER PC, STROBL B (2002). Shrinkage During E12 Plastination. *J Int Soc Plastination*, **19**: 23-27.
- SORA MC, STROBL B, RADU J (2004a). High Temperature E12 Plastination to Produce Ultra-thin Sheets. *J Int Soc Plastination*, **19**: 22-25.
- SORA MC, STROBL B, STAYKOV D, FORSTER-STREFFLEUR S (2004b). Evaluation of the Ankle Syndesmosis: A Plastination Slices Study. *Clinical Anatomy*, **17**: 513-517.
- SORA MC, GENSER-STROBL B (2005). The sectional anatomy of the carpal tunnel and its related neurovascular structures studied by using plastination. *European Journal of Neurology*, **12(5)**: 380-384.
- SORA MC, COOK P (2007). Epoxy Plastination of Biological Tissue: E12 Technique. *J Int Soc Plastination*, **22**: 31-39.
- SORA MC, GENSER-STROBL B, RADU J, LOZANOFF S (2007). Three-Dimensional Reconstruction of the Ankle by Means of Ultrathin Slice Plastination. *Clinical Anatomy*, **20**: 196-200.
- SORA MC, MATUSZ P (2010). General considerations regarding the thin slice plastination technique. *Clinical Anatomy*, **23(5)**: 734-736.
- SORA MC, JILAVU R, MATUSZ P (2013). Three dimensional reconstruction of a female pelvis using plastinated cross-sections - Using Plastination for 3D Reconstruction. *The Journal of Plastination*, **25(1)**: 22-27.
- SORA MC, BINDER M, MATUSZ P, PLES H, SAS I (2015). Slice Plastination and Shrinkage. *Materiale Plastice*, **52(2)**: 186-189.
- STAMATOVA YOVCHEVA K, DIMITROV R, TONEVA Y, YONKOVA P, KOSTOV D, RUSENOV A, UZUNOVA K, YORDANOVA V (2013). Helical computed tomography application in rabbit liver anatomy: comparison with frozen cross-sectional cuts. *Turk J Vet Anim Sci*, **37**: 553-558.



- STEINKE H (2001). Plastinated body slices for verification of magnetic resonance tomography images. *Ann Anat.*, **183**: 275-281.
- STEINKE H, RABI S, SAITO T, SAWUTTI A, MIYAKI T, ITOH M, SPANEL-BOROWSKI K (2008). Light-weight plastination. *Ann Anat.*, **190**: 428-431.
- STULL KE, TISE ML, ALI Z, FOWLER DR (2014). Accuracy and reliability of measurements obtained from computed tomography 3D volume rendered images. *Forensic Science International*, **238**: 133–140.
- SUGANTHY J, FRANCIS DV (2012). Plastination Using Standard S10 Technique-Our Experience in Christian Medical College, Vellore. *J Anat Soc India*, **61(1)**: 44-47.
- SUI HJ, HENRY RW (2007). Polyester Plastination of Biological Tissue: Hoffen P45 Technique. *J Int Soc Plastination*, **22**: 78-81.
- TIANZHONG Z, JINGREN L, KERMING Z (1998). Plastination at Room Temperature. *J Int Soc Plastination*, **13(2)**: 21-25.
- VACCAREZZA M, PAPA V (2015). 3D printing: a valuable resource in human anatomy education. *Anat Sci Int.*, **90**: 64-65.
- VARGHESE S, KAILASAM V, PADMANABHAN S, VIKRAMAN B, CHITHRANJAN A (2010). Evaluation of the accuracy of linear measurements on spiral computed tomography derived three-dimensional images and its comparison with digital cephalometric radiography. *Dentomaxillofacial Radiology*, **39**: 216–223.
- VARLIK A, ÖZKADIF S, EKEN E, KALAYCI İ (2015). Investigation of Biometric Sexual Differences on Humeral Articular Surfaces of New Zealand Rabbits via Photogrammetric Technique. *Animal and Veterinary Sciences*, **3(6)**: 153-157.
- VENTOLA CL (2014). Medical Applications for 3D Printing: Current and Projected Uses. *Pharmacy and Therapeutics*, **39(10)**: 704-711.
- VON HAGENS G (1985). Heidelberg Plastination Folder. Anatomisches Institut I, Universität Heidelberg, D-6900 Heidelberg.
- VON HAGENS G, TIEDEMANN K, KRIZ W (1987). The Current Potential of Plastination. *Anatomy and Embryology*, **175**: 411-421.
- WANG HH, WANG YX, SHENG H, ZHANG G, QIN L, AHUJA AT, TENG LS (2009). Fossa Trochanterica of the Proximal Femur in Rabbits: An Anatomic

Structure for Potential Misinterpretation on Magnetic Resonance Images. *Acta Radiologica*, **50(2)**: 212-216.

WEBER W, WEIGLEIN A, LATORRE R, HENRY RW (2007). P35 Technique. *J Int Soc Plastination*, **22**: 50-58.

WEIGLEIN AH, HENRY RW (1993). Curing (hardening, polymerization) of the polymer – Biodur™ S10. *J Int Soc Plastination*, **7**: 32-35.

WINER JN, VERSTRAETE FJM, CISELL DD, LUCERO S, ATHANASIOU KA, ARZI B (2017). The application of 3-dimensional printing for preoperative planning in oral and maxillofacial surgery in dogs and cats. *Veterinary Surgery*, **46**: 942-951.

WOLFENSOHN S, LLOYD M (2003). Handbook of Laboratory Animal Management and Welfare. 3rd Ed. Blackwell Publishing. United Kingdom.

XU W, WANG X, SANDLER N, WILLFOR S, XU C (2018). Three-Dimensional Printing of Wood-Derived Biopolymers: A Review Focused on Biomedical Applications. *ACS Sustainable Chem Eng.*, **6**: 5663-5680.

YAKINCI ME, ONAR K, DEPCİ T, ORHAN K, TURAN CC (2016). Sağlık, Fen ve Mühendislik Bilimlerinde Mikro-Bilgisayarlı Tomografinin (Mikro-CT) Önemi. Tıp Teknolojileri Kongresi. Antalya.

YOSHIOKA M, COUTTS RD, AMIEL D, HACKER SA (1996). Characterization of a model of osteoarthritis in the rabbit knee. *Osteoarthr Cartil.*, **4**: 87-98.

ZHANG B, WANG X, LIANG X, ZHENG J (2017). 3D Reconstruction of human bones based on dictionary learning. *Medical Engineering and Physics*, **49**: 163–170.

ZOTTI A, BANZATO T, COZZI B (2009). Cross-sectional anatomy of the rabbit neck and trunk: Comparison of computed tomography and cadaver anatomy. *Research in Veterinary Science*, **87**: 171–176.

## EKLER

### Ek-1. Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu Kararı.



T.C.  
ANKARA ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ  
Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu  
HAYVAN DENEYLERİ YEREL ETİK KURULU KARARI

TOPLANTI TARİHİ : 01/03/2017  
TOPLANTI NO : 2017-5  
DOSYA NO : 2016-154  
KARAR NO : 2017-5-32

Yürütücülüğünü Üniversitemiz Veteriner Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Prof.Dr.İ.Önder Orhan'ın yaptığı, araştırmacı olarak Prof.Dr.Ali Bumin, Yrd.Doç.Dr.Okan Ekim ve Vet.Hek.R.Orkun Akgün'ün katıldığı "Yeni Zelanda Tavşanı'nda (*Oryctolagus cuniculus L.*) Diz Eklemi Anatomisinin Farklı Teknikler Kullanılarak Değerlendirilmesi" başlıklı araştırma Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulumuzun 04/01/2017 tarihli toplantısında alınan 2017-1-6 sayılı kararla onaylanmıştır.

Çalışma yürütücüsü tarafından 08/02/2017 tarih ve 3728 sayılı Dilekçe ile Kurulumuza yapılan başvuruda, söz konusu çalışma başlığının "Yeni Zelanda Tavşanı'nda (*Oryctolagus cuniculus L.*) Ön Bacak Eklemlerinin Farklı Teknikler Kullanılarak Değerlendirilmesi" olarak değiştirilmesi talebi Kurulumuzca incelenmiş olup, söz konusu değişiklik talebi Üniversite Senatosunun 12/2/2016 tarihli toplantısında 430/3642 sayılı kararı ile kabul edilen ve Hayvan Deneyleri Merkezi Etik Kurulu'nun 19/2/2016 tarih ve 42 sayılı kararı ile onaylanan Ankara Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu Yönergesi'nin 11 (5) maddesine göre oybirliği ile uygun bulunmuştur.

ETİK KURUL ÜYELERİ				
Ünvanı / Adı / Soyadı	Uzmanlık Dalı	Kurumu	Cinsiyeti	İmza
Prof.Dr.M.Taner KARAOĞLU (Başkan)	Viroloji Anabilim Dalı	Veteriner Fakültesi	E	
Prof.Dr.Tanju ÖZÇELİKAY (Başkan Vekili)	Farmakoloji Anabilim Dalı	Eczacılık Fakültesi	E	
Prof.Dr.Nuri YILGIT (Üye)	Zooloji Anabilim Dalı	Fen Fakültesi	E	
Prof.Dr.Fatin CEDDEN (Üye)	Hayvan Yetiştirme Anabilim Dalı	Ziraat Fakültesi	E	
Prof.Dr.Mine KIRKAĞAÇ (Üye)	Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü	Ziraat Fakültesi	K	
Prof.Dr.Emine DEMİREL YILMAZ (Üye)	Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı	Tıp Fakültesi	K	
Yrd.Doç.Dr.Mehmet SAĞLAM (Üye)	Cerrahi Anabilim Dalı	Veteriner Fakültesi	E	
Yrd.Doç.Dr.Atilla ÖZGÜR (Üye)	Veteriner Hekimliği Tarihi ve Deontoloji Anabilim Dalı	Veteriner Fakültesi	E	
Yrd.Doç.Dr.Gölnur GÖLLÜ BAHADIR (Üye)	Çocuk Cerrahisi Anabilim Dalı	Tıp Fakültesi	K	
Uzm. Vet.Hek. Atilla İŞGÖREN (Üye)	Deney Hayvanları Yetiştirme ve Araştırma Laboratuvarı	Tıp Fakültesi	E	
Dr. Vet.Hek.Gürbüz ERTÜRK (Üye)	Active Veteriner Sağlık Merkezi	Serbest	E	
Uzm. Vet.Hek.Hüseyin DEDE (Üye)	Veteriner Hekimler Derneği	Serbest	E	
Fatma Aysun COŞKUN (Üye)	İktisat	Serbest	K	

# ÖZGEÇMİŞ

## **I. Bireysel Bilgiler**

Adı: Remzi Orkun

Soyadı: AKGÜN

Doğum yeri ve tarihi: İzmir – 12.02.1990

Uyruğu: Türkiye Cumhuriyeti

Medeni durumu: Evli

Askerlik durumu: Tecilli

İletişim adresi: Çankaya mah. Kilis sok. No:3/6 Çankaya / ANKARA

E-mail: akgunorkun@hotmail.com

## **II. Eğitimi**

Doktora Eğitimi: Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Anatomi AD (2014-Devam ediyor)

Lisans Eğitimi: Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi (2008-2013)

Erasmus Eğitimi: University of Veterinary Medicine, Hannover, Almanya (2011-2012)

Lise Eğitimi: Tire Kutsan Anadolu Lisesi (2004-2008)

İlköğretim: Kazım Dirik İlköğretim Okulu

**Yabancı Dili:** İngilizce (YÖKDİL: 80,00 – YDS: 72,50)

## **III. Ünvanları**

2018: Araştırma Görevlisi

2013: Veteriner Hekim

## **IV. Üye olduğu Bilimsel Kuruluşlar**

Veteriner Anatomi Derneği

## **V. Bilimsel İlgi Alanları**

Plastinasyon

Tıbbi Görüntüleme

3 Boyutlu Modelleme

## **VI. Yayınları**

BAKICI C, AKGÜN RO, ÖZEN D, ALGIN O, OTO Ç (2019). The volume fraction values of the brain compartments using the Cavalieri principle and a 3T MRI in brachycephalic and mesocephalic dogs. *Veterinarni medicina*, 64(11), 482-489.

**AKGÜN RO**, EKİM O, BAKICI C, İNSAL B, AYVALI M, ORHAN İÖ, OTO Ç, ATANASOFF A (2019). Preparation of Internal Genital Organs of Adult Cows by S10B Silicone Plastination Method. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 14(2), 137-141.

**AKGÜN RO**, BAKICI C, EKİM O, KAYA U, KÜÇÜK NÖ (2019). Accuracy and Reliability of Measurements Obtained From 3-Dimensional Rabbit Mandible Model: A Micro-Computed Tomography Study. *Acta Veterinaria-Beograd*, 69(2), 192-200.

BAKICI C, **AKGÜN RO**, EKİM O, ÇİĞDEM S, OTO Ç (2019). Volumetric analysis of the cranial and nasal cavity from micro-computed tomography scans in the rabbit. *Folia Morphol.*, DOI: 10.5603/FM.a2019.0073.

BAKICI C, **AKGÜN RO**, OTO Ç (2019). The applicability and efficiency of 3 dimensional printing models of hyoid bone in comparative veterinary anatomy education. *Vet Hekim Der Derg*, 90(2), 71-75.

BAKICI C, **AKGÜN RO**, EKİM O, ORHAN İÖ, BUMİN A (2019). Comparative Evaluation of Anatomic Structures in Regio manus and Regio pedis on Computed Tomography Images and Plastinated Cross-Sections of Horse. *International Journal of Morphology*, 37(1), 118-122.

**AKGÜN RO**, BAKICI C, EKİM O, BUMİN A, ORHAN İÖ (2018). Sectional evaluation of anatomic structures in cat (*Felis catus*) thoracic cavity by computed tomography imaging and silicone plastination methods. *International Journal of Morphology*, 36(4), 1246-1251.

EKİM O, AYVALI M, BAKICI C, **AKGÜN RO**, ARSLAN M, BEZGAL C, ATANASOFF A (2017). An alternative method for the preparation and preservation of various insect specimens. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 20(1), 33-36.

BAKICI C, **AKGÜN RO**, EKİM O, OTO Ç, ÖZEN D, BİLSAY M (2017). Is Kaiserling solution a convenient fixative for mammalian organ specimens? Evaluation of morphometric, colorimetric and volumetric properties. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 20(1), 62-67.

**AKGÜN RO**, BAKICI C, EKİM O, OTO Ç, ORHAN İÖ, KAYA U (2017). Volumetric and colorimetric evaluation of formalin and Kaiserling fixation methods in domestic avian specimens. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 20(1), 57-61.

EKİM O, HAZIROĞLU RM, İNSAL B, BAKICI C, **AKGÜN RO**, TUNALI S (2017). A Modified S10B Silicone Plastination Method for Preparation and Preservation of Scaled Reptile Specimens. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 64(3), 155-160.

EKİM O, İNSAL B, BAKICI C, HAZIROĞLU RM, **AKGÜN RO** (2014). Yılanlarda Soğuk Ortam Tekniği ile Tüm Vücut Silikon Plastinasyonu. *Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 2104(1), 9-22.

## **VII. Sözlü Bildirileri**

İNSAL B, TAŞTEPE T, BAKICI C, KÖKSAL AKYOL A, **AKGÜN RO**, EKİM O, HAZIROĞLU RM (2018). Koruma ve Bakım Altında Bulunan Çocukların Okul Dışı Öğrenme Deneyimleri: Ankara Veteriner Anatomi Müzesi Örneği. 3. Uluslararası Sosyal Beşeri ve Eğitim Bilimleri Kongresi.

BAKICI C, **AKGÜN RO**, BOYNUEĞRİ S, OTO Ç (2018). The efficiency of 3D printed models of hyoid bone for better education in comparative anatomy. International Symposium on 3D Printing in Medicine. Ankara, Türkiye.

**AKGÜN RO**, BAKICI C, OTO Ç (2018). 3D Printed Skull Models for Comparative Veterinary Anatomy. International Symposium on 3D Printing in Medicine. Ankara, Türkiye.

EKİM O, OTO Ç, ÖZDOĞAN ÖZBAL E, BAKICI C, **AKGÜN RO** (2018). Comparison and Efficiency Evaluation of The Veterinary Undergraduate Programs in English and Turkish Languages in Ankara University. 3rd International Congress on Advances in Veterinary Science and Technics. Belgrad, Sırbistan.

**AKGÜN RO**, EKİM O, ORHAN İÖ, BUMİN A, KAYA U (2018). Evaluation of Shoulder and Elbow Joints in New Zealand Rabbit (*Oryctolagus Cuniculus L.*) by Micro- Computed Tomography Technique. 3rd International Conference on Advances in Veterinary Sciences Technics. Belgrad, Sırbistan.

ÇAKIR A, BAKICI C, **AKGÜN RO** (2018). The Importance of Anatomical Structures in Animal Rescue. International Animal Rescue Conference. Afyon, Türkiye.

BAKICI C, **AKGÜN RO**, EKİM O, İNSAL B, BİLGİLİ H, BUMİN A, ÇAKIR A (2018). Colorimetric and Radiologic Investigation of S10B Plastination Stages of Dog Knee Joints. 1st International Congress on Sports, Anthropology, Nutrition, Anatomy and Radiology. Nevşehir, Türkiye.

**AKGÜN RO**, EKİM O, ORHAN İÖ, BUMİN A, BAKICI C, OTO Ç (2018). Evaluation of shoulder and elbow joints in New Zealand Rabbit by computer tomography, magnetic resonance imaging, digital radiography and silicone plastination methods. 1st International Congress on Sports, Anthropology, Nutrition, Anatomy and Radiology. Nevşehir, Türkiye.

**AKGÜN RO**, BAKICI C, EKİM O, OTO Ç, ORHAN İÖ, KAYA U (2017). Volumetric and colorimetric evaluation of formalin and Kaiserling fixation methods in domestic avian specimens. International scientific conference "Veterinary medicine in service of people". Stara Zagora, Bulgaristan.

BAKICI C, **AKGÜN RO**, EKİM O, OTO Ç, ÖZEN D, BİLSAY M (2017). Is Kaiserling solution a convenient fixative for mammalian organ specimens? Evaluation of morphometric, colorimetric and volumetric properties. International scientific conference "Veterinary medicine in service of people". Stara Zagora, Bulgaristan.

**AKGÜN RO**, ORHAN İÖ, BUMİN A, EKİM O, BAKICI C (2017). Sectional Evaluation of Anatomic Structures in Cat (*Felis catus*) Thoracic Cavity by Computed Tomography Imaging and Silicone Plastination Methods. Ist International Veterinary Anatomy Congress of Turkey Xth National Veterinary Anatomy Congress. Afyon, Türkiye.

EKİM O, AKYOL AA, HAZIROĞLU RM, KÖKSAL AA, İNSAL B, ARAL N, BAKICI C, ÖZDOĞAN ÖZBAL E, **AKGÜN RO** (2017). Children Voices in A Silent Department: A Different Perspective on Anatomy Departments. Young Generation of Veterinary Anatomists. Nineth YGVA meeting in Brno, Çek Cumhuriyeti.

EKİM O, HAZIROĞLU RM, ÇAKIR A, ORHAN İÖ, OTO Ç, AYVALI M, BAKICI C, **AKGÜN RO** (2017). Ankara Veteriner Anatomi Sergisi'nin Faaliyetleri ve Sergi Koleksiyonu Hakkında Genel Değerlendirme, Geleceğe Dönük Planlamalar. III. Sağlık Tarihi ve Müzeciliği Sempozyumu.

EKİM O, HAZIROĞLU RM, ÇAKIR A, ORHAN İÖ, OTO Ç, AYVALI M, BAKICI C, **AKGÜN RO**, İNSAL B (2015). Ankara Veteriner Anatomi Müzesi'nin Kuruluş Süreci ve Güncel Faaliyetlerinin değerlendirilmesi. 9. Ulusal Veteriner Anatomi Kongresi. Elazığ, Türkiye.

### **VIII. Poster Bildirileri**

EKİM O, AYVALI M, BAKICI C, **AKGÜN RO**, ARSLAN M, BEZGAL C, ATANASOFF A (2017). An alternative method for the preparation and preservation of various insect specimens. International scientific conference "Veterinary medicine in service of people". Stara Zagora, Bulgaristan.

İNSAL B, ORHAN İÖ, **AKGÜN RO** (2017). Farklı Tespit Solüsyonlarının Koyun Kalbi Üzerindeki Etkilerinin Renk Değişimi Yönünden Analizi. Ist International Veterinary Anatomy Congress of Turkey / Xth National Veterinary Anatomy Congress. Afyon, Türkiye.

BAKICI C, ORHAN İÖ, EKİM O, **AKGÜN RO**, BUMİN A (2017). Atlarda Regio Manus ve Regio Pedis'teki Anatomik Yapıların Bilgisayarlı Tomografi Görüntüleri ve Plastinasyon Kesitleri Üzerinden Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi. Ist International Veterinary Anatomy Congress of Turkey / Xth National Veterinary Anatomy Congress. Afyon, Türkiye.

EKİM O, **AKGÜN RO**, BAKICI C, İNSAL B (2015). Silicone plastination of mammalian bones with low-temperature technique: An alternative method for the preservation of osseous structures. International Congress of Anthropological Sciences. Ankara, Türkiye.

EKİM O, İNSAL B, HAZIROĞLU RM, BAKICI C, **AKGÜN RO** (2015). Low-temperature silicone plastination of scaled reptiles. International VETistanbul Group Congress.

İNSAL B, EKİM O, BAKICI C, **AKGÜN RO**, HAZIROĞLU RM, TUNALI S (2015). Plastinasyon tekniğinin medulla spinalis üzerindeki büzüşme etkisinin kalitatif ve kantitatif yöntemlerle değerlendirilmesi. 9. Ulusal Veteriner Anatomi Kongresi. Elazığ, Türkiye.

BAKICI C, EKİM O, **AKGÜN RO**, İNSAL B, ÇAKIR A (2015). Sinir dokunun farklı impregnasyon polimerleri ile silikon plastinasyonu: Pigmentasyonun son ürünlerdeki etkilerinin değerlendirilmesi. 9. Ulusal Veteriner Anatomi Kongresi. Elazığ, Türkiye.

**AKGÜN RO**, EKİM O, BAKICI C, İNSAL B, AYVALI M, ORHAN İÖ, ATANASOFF A (2015). Veteriner jinekoloji eğitiminde kullanılmak üzere dişi genital organlarına silikon plastinasyon metodu ile hazırlanması. 9. Ulusal Veteriner Anatomi Kongresi. Elazığ, Türkiye.

EKİM O, BAKICI C, İNSAL B, **AKGÜN RO**, BİLGİLİ H, ÇAKIR A (2015). Low temperature silicone plastination of knee joint. 3. Veteriner Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi. Ankara, Türkiye.

### **IX. Ödüller**

EKİM O, OTO Ç, ÖZDOĞAN ÖZBAL E, BAKICI C, **AKGÜN RO** (2018). Comparison and Efficiency Evaluation of The Veterinary Undergraduate Programs in English and Turkish Languages in Ankara University. 3rd International Congress on Advances in Veterinary Science and Technics. Belgrad, Sırbistan. (Sözlü sunum üçüncülük ödülü)

BAKICI C, **AKGÜN RO**, EKİM O, OTO Ç, ÖZEN D, BİLSAY M (2017). Is Kaiserling solution a convenient fixative for mammalian organ specimens? Evaluation of morphometric, colorimetric and volumetric properties. International scientific conference "Veterinary medicine in service of people". Stara Zagora, Bulgaristan. (Klinik öncesi alanda en iyi çalışma ödülü)

EKİM O, BAKICI C, İNSAL B, **AKGÜN RO**, BİLGİLİ H, ÇAKIR A. Alternative Methods for Veterinary Orthopaedic Education: Low Temperature Silicone Plastination of Knee Joint. 3. Veteriner Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi. 2015. Ankara, Türkiye. (Poster sunum üçüncülük ödülü).

**AKGÜN RO**, EKİM O, BAKICI C, İNSAL B, AYVALI M, ORHAN İÖ, ATANASOFF A. Veteriner Jinekoloji Eğitiminde Kullanılmak Üzere Dişi Genital Organlarının Silikon Plastinasyon Metodu ile Hazırlanması. 9. Ulusal Veteriner Anatomi Kongresi. 2015. Elazığ, Türkiye. (Poster sunum birincilik ödülü).



## **X. Kitap veya Kitap Bölümleri**

International Animal Rescue Conference, Bölüm adı:(The Importance Of Anatomical Structures In Animal Rescue) (2018)., ÇAKIR AHMET, BAKICI CANER, **AKGÜN REMZİ ORKUN**, Medipres Yayıncılık Ltd. Şti., Editör: Gürbüz AKSOY, Emine Hesna KANDIR, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 274, ISBN: 978-605-82095-1-0, İngilizce (Bilimsel Kitap)

3.Sağlık Tarihi ve Müzeciliği Sempozyumu, Bölüm adı:(Ankara Veteriner Anatomi Sergisi'nin Tarihçesi, Faaliyetleri ve Sergi Koleksiyonu Hakkında Genel Değerlendirme, Geleceğe Yönelik Planlamalar) (2018). EKİM OKAN, HAZIROĞLU REŞİDE MERİH, ÇAKIR AHMET, ORHAN İSMAİL ÖNDER, OTO ÇAĞDAŞ, AYVALI MUHARREM, BAKICI CANER, **AKGÜN REMZİ ORKUN**, Zeytinburnu Belediyesi Kültür Yayınları, Editör: Semih Atış, Murat Çekin, Basım sayısı:1, ISBN: 978-975-2485- 20-4, Türkçe (Bilimsel Kitap)

## **XI. Projeler**

Yeni Zelanda Tavşanı'nda (*Oryctolagus cuniculus L.*) ön bacak eklemlerinin farklı teknikler kullanılarak değerlendirilmesi (2019). Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi. Proje kodu: 17L0239013. Araştırmacı: **AKGÜN RO.**

Ankara Veteriner Anatomi Müzesi Eğitim Projesi. (2015) Tübitak Projesi. TÜBİTAK 4004 Proje No: 115B131. Rehber: **AKGÜN RO.**

Ankara Bilim Şenliği. (2017) Tübitak Projesi. TÜBİTAK 4006 Proje No: 1117B356. Rehber: **AKGÜN RO.**

Çevre Bilinci ve Barınak Gönüllülüğü Eğitim Projesi. (2018) Tübitak Projesi. Proje No: 118B591. Eğitimci: **AKGÜN RO.**

## **XII. Sertifika**

Deney Hayvanları Kullanım Sertifikası, Anküsem, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Morfoloji Binası, 02.09.2019-11.09.2019 (Eğitmen)

Araştırma Görevlileri İçin Eğitimcilerin Eğitimi Sertifika Programı, Ankara Üniversitesi, 28.01.2019-27.02.2019.

Deney Hayvanları Kullanım Sertifikası, Ankara Üniversitesi, Anküsem, 13.02.2017-22.02.2017 (Kursiyer)

VEDEK Değerlendirici Eğitim Sertifika Programı, İstanbul, 13.02.2015-15.02.2015.

## **XIII. Kurs**

Hayvan Sinir Sistemi Diseksiyonu, 1. Multidisipliner Sinirbilim Kongresi, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, 04.05.2019- 05.05.2019 (Eğitmen)

14. Ulusal Sinir Bilim Kongresi - Beyin Plastinasyonu Kursu, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Morfoloji Binası / TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Tıp Fakültesi, 26.05.2016 -26.05.2016 (Eğitmen)

#### **XIV. Çalıştay**

Temel Silikon Plastinasyonu Çalıştayı / ARA 2015, Anatomi Radyoloji Antropoloji Kongresi, TOBB ETÜ Tıp Fakültesi Morfoloji Laboratuvarı, 11.11.2015-11.11.2015 (Eğitmen)

Veteriner Patolojide Plastinasyon Teknikleri ve Kullanım Alanları, Plastinasyon Tekniginin Patoloji Anabilim Dalında kullanım alanları, Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi, 02.12.2016-02.12.2016 (Eğitmen)

