

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OS HAMATUM UN KEMİK YAPISININ MİKRO-
BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ (MİKRO-BT) YÖNTEMİ
İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hakan OCAK

**Anatomi Programı
DOKTORA TEZİ**

ANKARA

2019

**T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OS HAMATUM UN KEMİK YAPISININ MİKRO-
BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ (MİKRO-BT) YÖNTEMİ
İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hakan OCAK

**Anatomi Programı
DOKTORA TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Hakan Hamdi ÇELİK**

**ANKARA
2019**

ONAY SAYFASI**OS HAMATUM'UN KEMİK YAPISININ MİKRO-BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ
(MİKRO-BT) YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ****Öğrencinin Adı ve Soyadı: Hakan OCAK****Danışman: Prof. Dr. Hakan Hamdi ÇELİK**

Bu tez çalışması 12 Mart, 2019 tarihinde jürimiz tarafından "Anatomi Doktora Programı" nda doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:**Prof. Dr. Mine Ergun***H.Ü. Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı***Üye:****Prof. Dr. C. Cem DENK***H. Ü. Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı***Üye:****Prof. Dr. Eray TÜCCAR***A. Ü. Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı***Üye:****Prof. Dr. M. Deniz DEMİRYÜREK***H. Ü. Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı***Üye:****Doç. Dr. Burak BİLECENOĞLU***A.Ü. Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı*

Bu tez, Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun bulunmuştur.

27 Mart 2019

**Prof. Dr. Diclehan ORHAN****Enstitü Müdürü**

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 6 ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

27 /03/2019


Hakan OCAK

1

¹“*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*”

- (1) *Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.*
- (2) *Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internette paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.*
- (3) *Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir *. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.*
Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir
- * *Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.*

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Prof. Dr. Hakan Hamdi ÇELİK danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.



Hakan OCAK

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince bilgi ve tecrübesini her zaman benimle paylaşan Prof. Dr. Hakan Hamdi ÇELİK'e,

Eğitimimin ders ve yeterlilik aşamasında danışmanım olup beni hep destekleyen ve yol gösteren Prof. Dr. Mustafa Fevzi SARGON'a,

Eğitimim boyunca desteklerini her zaman arkamda hissettiğim Prof. Dr. Kadriye Mine ERGUN, Prof. Dr. Nuran YENER ve Prof. Dr. Cemil Cem DENK'e,

Eğitimim boyunca birarada olmaktan mutluluk duyduğum Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı'ndaki hocalarıma, asistan arkadaşlarıma ve Anabilim Dalı çalışanlarımıza,

Tez için Anabilim Dalı'nda bulunan kemikleri kullanmama izin veren başta Prof. Dr. Eray TÜCCAR ve Prof. Dr. Aysun UZ olmak üzere Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı'nın tüm akademik personeline,

Tez çalışmam boyunca bana her zaman yardımcı olan Dr. Mert OCAK, Dr. Ferhat GENECİ ve Dr. Muhammet Bora UZUNER'e

Bu aşamalara gelmemde hayatım boyunca maddi ve manevi olarak benden desteklerini esirgemeyen aileme,

Teşekkürü bir borç bilirim.

ÖZET

Ocak, H. Os Hamatum'un Kemik Yapısının Mikro-Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT) Yöntemi İle Değerlendirilmesi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Anatomi Programı Doktora Tezi, Ankara, 2019. Os hamatum proksimal bölümü dar, distal bölümü geniş olan kama şeklindeki bir kemiktir. Dorsal ve palmar yüzleri buralara tutunan bağlar nedeniyle pürüzlüdür. Palmar yüzün distal bölümünden öne doğru uzanan ve hamulus ossis hamati denilen çıkıntısı vasıtasıyla diğer karpal kemiklerden kolaylıkla ayırt edilebilir. Literatürde os hamatum ile ilgili kırık, avasküler nekroz, osteoblastoma gibi olgularla karşılaşılmakta iken; os hamatum'un yapısının Mikro-BT ile incelendiği yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Mikro-BT yüksek çözünürlüğüyle (9-15 µm) çeşitli dokulara ek olarak kemik dokusunun da hassas yapısını ortaya koyan bir yöntem olarak gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bu tez çalışmasının amacı os hamatum'un kemik yapısının Mikro-BT yöntemi kullanılarak ortaya konmasıdır. Bu çalışmaya yapısal olarak bütünlük sağlayan ve herhangi bir deformitesi olmayan 55 adet os hamatum dahil edildi. Çalışmamızda os hamatum ile ilgili doku hacmi, kemik hacmi, yüzdelik kemik hacmi (kemik hacmi/doku hacmi), kemik yüzeyi, kemik yüzey/hacim oranı, trabeküler sayı, trabeküler kalınlık, trabeküler seperasyon, yapı model indeksi ve anizotropi derecesi Mikro-BT yöntemi ile değerlendirildi. Bu tez çalışmasından çıkan detaylı ölçüm sonuçları ile os hamatum ile ilgili el bileği cerrahi operasyonlarına katkı oluşturulacaktır.

Anahtar Kelimeler: El bileği, Karpal kemikler, Os hamatum, Mikro-BT, Morfometri

ABSTRACT

Ocak, H. Evaluation of Hamate Bone Structure with Microcomputerized Tomography (Micro-CT) Method, Hacettepe University Graduate School of Health Sciences Anatomy Program Ph.D. Thesis, Ankara, 2019. Hamate is a wedge shaped carpal bone which is narrow at its proximal side and wide at distal part. Dorsal and palmar surfaces are roughened by ligament attachments on these surfaces. Hamate bone could easily be distinguished from other carpal bones via its so called hamulus process which extends from distal part of the bone through its anterior. There have been very few Micro-CT studies in the literature related with hamate bone while some exist regarding its fractures, avascular necrosis and osteoblastoma. With its high resolution (9-15 μm) Micro-CT is becoming a widely used method which reveals fine structure of bone in addition to various tissues. The aim of this thesis study is to elucidate the bone structure of hamate by using Micro-CT method. 55 hamate bones which have structural integrity and no deformity are included in this study. In our study tissue volume, bone volume, percent bone volume (bone volume/tissue volume), bone surface, bone surface/volume ratio, trabecular number, trabecular thickness, trabecular separation, structure model index and degree of anisotropy were evaluated with Micro-CT method. By the results of our detailed measurements we intended to contribute hamate bone related surgical operations of the wrist.

Key words: Wrist, Carpal bones, Hamate bone, Micro-CT, Morphometry

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
ŞEKİLLER	xii
TABLolar	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Embriyoloji	2
2.2. Histoloji	4
2.3. Anatomi	5
2.4. El bileği bölgesinin biyomekaniği	7
2.5. Klinik	8
2.6. Mikro BT'nin prensipleri	8
3. GEREÇ ve YÖNTEMLER	9
3.1. Çalışma grubu	9
3.2. Görüntü değerlendirme yöntemi	9
3.3. Verilerin Toplanması	9
3.4. İstatistiksel Analizler	11
4. BULGULAR	13
4.1. Veri Analizi	13
4.2. Verilerin Değerlendirilmesi	13
4.2.1. Doku Hacmi (mm ³)	13
4.2.2. Kemik Hacmi (mm ³)	14
4.2.3. Yüzdelik kemik hacmi: Kemik hacmi/Doku hacmi (%)	14
4.2.4. Kemik yüzeyi (mm ²)	14

4.2.5. Kemik yüzey/hacim oranı (mm^{-1})	15
4.2.6. Trabeküler sayı (mm^{-1})	15
4.2.7. Trabeküler kalınlık (mm)	16
4.2.8. Trabeküler seperasyon (mm)	16
4.2.9. Yapı model indeksi	17
4.2.10. Anizotropi derecesi	17
4.3. Mikro-BT Görüntüleri	18
5. TARTIŞMA	21
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	28
7. KAYNAKLAR	29
8.EKLER	
EK-1. Etik Kurul Kararı	
EK-2. Orjinallik Ekran Çıktısı	
EK-3. Dijital Makbuz	
9. ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR

Mikro-BT	Mikro-Bilgisayarlı Tomografi
Micro-CT	Microcomputerized Tomography
AEK	Apikal Ektodermal Kabartı
μm	Mikrometre
mA	Miliamper
kV	Kilovolt
mm^3	Milimetre küp
mm^2	Milimetre kare
mm^{-1}	1/milimetre

ŞEKİLLER

Şekil		Sayfa
3.1.	Trabeküler kalınlığın ölçümü	10
3.2.	Trabeküler seperasyonun ölçümü	11
4.1.	Os hamatum'un CTvox ile oluşturulmuş 3 boyutlu görüntüsü	18
4.2.	Os hamatum'un trabekül yapısına ait görüntü	19
4.3.	Os hamatum'un trabekül yapısına ait kesit görüntüleri	20

TABLULAR

Tablo	Sayfa
4.1. Doku hacmi	13
4.2. Kemik hacmi	14
4.3. Yüzelik kemik hacmi: kemik hacmi/doku hacmi	14
4.4. Kemik yüzeyi	15
4.5. Kemik yüzey/hacim oranı	15
4.6. Trabeküler sayı	16
4.7. Trabeküler kalınlık	16
4.8. Trabeküler seperasyon	16
4.9. Yapı model indeksi	17
4.10. Anizotropi derecesi	17

1. GİRİŞ

Os hamatum, karpal kemikler içerisinde distal sırada ve elin medial kısmında yer alır. Kama şeklinde olup kanca şeklinde bir çıkıntısı (hamulus ossis hamati) vardır. Hamulus ossis hamati öne doğru uzanır (1).

Os hamatum, os capitatum'un ulnar kısmıyla, 4. ve 5. metakarpal kemikler ve os triquetrum ile eklem yapar. Hamulus ossis hamati volar yüzden os pisiforme'ye 1-2 cm distal ve radial mesafede çıkar. Kemikleşmesi 15 yaşa kadar tamamlanmaz (2). Hamulus denilen çıkıntıya ligamentum pisohamatum, ligamentum carpi transversum ve musculus flexor carpi ulnaris'in tendonu tutunur ve sahip olduğu zayıf kan desteğiyle yer değiştirme ve kırık oluşumuna artmış bir yatkınlığa sahiptir (3). Ayrıca karpal tünel'in ulnar sınırını ve Guyon kanalının radial sınırını oluşturur.

Bilimsel literatür incelendiğinde os hamatum ile ilgili olarak kırık (4-7), avasküler nekroz (8-10), osteoblastom (11-13), osteokondrom (14,15), osteomyelit (16) gibi olgularla karşılaşılmaktadır. Os hamatum kırıkları, kemiğin gövde ve hamulus kısımlarında meydana gelmektedir. Her iki tip kırık da ulnar parestezi ile ilişkili olabilen ve el bileğinin ulnar tarafında hissedilen ağrı ile karakterizedir. Kırığın teşhisinin gecikmesi ulnar neuritis, arteria ulnaris trombozu, 4. ve 5. parmaklarla ilgili olarak musculus flexor digitorum profundus rüptürüne sebep olabilir (17).

Çalışmamızda 55 adet kuru os hamatum incelendi ve Mikro-BT cihazı ile taramalar gerçekleştirildi. Os hamatum'lara ait doku hacmi, kemik hacmi, yüzdelik kemik hacmi (kemik hacmi/doku hacmi), kemik yüzeyi, kemik yüzey/hacim oranı, trabeküler sayı, trabeküler kalınlık, trabeküler seperasyon, yapı model indeksi ve anizotropi derecesi değerleri elde edildi.

Bu tez çalışmasının hedefi; os hamatum'un kemik yapısının yapılan detaylı ölçümler sonucu aydınlatılarak bilimsel bilginin arttırılmasıdır. Ayrıca ortaya çıkan sonuçlarla os hamatum ile ilgili patolojik durumlarda teşhis ve tedavi aşamalarında hekimlere fayda sağlamaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Embriyoloji

Ekstremitte tomurcukları ventrolateral vücut duvarında gelişimin 4. haftasında belirir. Ekstremitte gelişimi lateral mezodermdaki mezenşimal hücre gruplarının aktivasyonu ile başlar (18). Omurgalı ekstremitelerinin gelişim düzenini Homeobox (Hox) içeren genler regüle eder (19,20). Gelişimin 26. veya 27. gününde üst ekstremitte tomurcukları belirginleşirken, 28. veya 29. günlerde alt ekstremitte tomurcukları belirginleşir. Her bir ekstremitte tomurcuğu ektoderm ile çevrili bir mezenşim kitlesi içerir. Bu mezenşim kitlesi lateral mezodermin somatik tabakasından gelişir. Ekstremitte tomurcuklarının uzaması, mezenşim kitlesindeki hücrelerin proliferasyonu ile gerçekleşir. Üst ekstremitte tomurcukları embriyo gövdesi üzerinde normalden daha aşağı pozisyonda görülmeye başlanır çünkü embriyonun kranial yarısı erken gelişir (21).

Üst ve alt ekstremitelerin erken gelişim dönemleri birbirine benzemesine karşın üst ekstremitte tomurcuklarının gelişimi alt ekstremitte tomurcuklarının gelişiminden yaklaşık 2 gün daha önce başlar. El ayak gelişimi arasında şekil ve fonksiyonları nedeniyle de belirgin farklılıklar mevcuttur. Alt ekstremitte tomurcuklarının gelişimi lumbal ve üst sakral segmentlerin karşısında meydana gelirken, üst ekstremitte tomurcuklarının gelişimi kaudal servikal segmentlerin karşısında meydana gelir (21).

Ekstremitte tomurcuklarının apikal kısmında ektodermin kalınlaşmasıyla **apikal ektodermal kabartı** (AEK) oluşur. AEK ile ekstremitteki mezenşimal hücreler arasında meydana gelen etkileşim ekstremitte gelişimi için önemlidir (22). Çok tabakalı yapı olan AEK ekstremitteki mezenşimi etkileyerek ekstremitte tomurcuğunun büyümesini ilerletir (18). AEK tarafından oluşturulan mezenşimdeki bu indüksiyon etkisi ekstremitelerin büyümesini ve gelişmesini başlatan etkidir. AEK'nın proksimalindeki hücreler kıkırdak kemik modellere ve kan damarlarına farklılaşırken, AEK'ye komşu olan mezenşim farklılaşmamış ve hızla çoğalan hücrelerden oluşur. Transforming büyüme faktörü- β gen ailesinin üyeleri, kemik morfogenetik proteinler (bone morphogenetic proteins, BMPs) ve aktivin-A kemik gelişimi ve yeniden modellenmesinde önemli rol oynarlar (23,24). Tokaç biçimindeki el ve ayak plakaları

palet şeklindeki ekstremite tomurcuklarının distal uçlarının yassılaşımasıyla oluşur. Endojen retinoik asit, ekstremite gelişimi ve şekillenmesi ile ilgili bir maddedir (25).

El parmak uzantıları altıncı haftanın sonuna kadar el plakasındaki mezenşim dokusunun yoğunlaşmasıyla şekillenir. Ayak parmaklarının şekillenmesi ise yedinci haftada benzer mezenşimal yoğunlaşmalar ile şekillenir. İlkel parmak kemiklerinin gelişmesi için her bir parmak çıkıntısının tepesindeki AEK parçası mezenşimi indükler. Gevşek yapıdaki mezenşim ile parmak çıkıntısı arasındaki aralık doldurulur. Parmak çıkıntıları arasındaki çentikler bu mezenşimin daha sonra yıkılmasıyla oluşur. Doku yıkımının sekizinci hafta sonuna doğru durmasıyla birbirinden ayrı parmaklar oluşur. Apoptosis parmaklar arasındaki doku yıkımından sorumludur. Bu olay ihtimalle kemik morfogenetik proteinler aracılığıyla gerçekleşmektedir. Sindaktili denilen el ve ayak parmaklarının perdeli veya yapışık olması durumu bu hücrel ve moleküler olaylar engellendiğinde meydana gelen bir durumdur (26).

Mezenşimal kemik modeli, beşinci haftada ekstremite uzarken hücrelerin biraraya gelmesiyle şekillenir. Kıkırdaklaşma merkezleri ise daha sonra belirir. Tüm ekstremite iskeleti altıncı haftanın sonuna kadar kıkırdak yapıdadır. Uzun kemiklerin kıkırdak modellerinin ortasındaki primer kemikleşme merkezlerinde yedinci hafta içinde kemikleşme (osteogenezis) başlar. Bütün uzun kemiklerde onikinci haftaya kadar primer kemikleşme merkezleri belirgin hale gelir. Karpal kemiklerde ise kemikleşme doğumdan sonraki ilk yılda başlar (21).

Uzun kemikler şekillenirken, her bir ekstremite tomurcuğunda büyük kas kitlelerinin oluşumu miyoblastların biraraya toplanmasıyla gerçekleşir. Bu kas kitlesi genel olarak, ventral (fleksör) ve dorsal (ekstansör) bölüm olarak ayrılır. Ekstremitte tomurcuğundaki mezenşim kemikleri, ligamentleri ve kan damarlarını oluşturur. Miyojenik öncü hücreler somitlerin dermatom bölgelerinden ekstremite tomurcuklarına göç eder ve miyoblast denilen öncü kas hücrelerine farklılaşırlar. Servikal ve lumbosakral miyotomlar, pektoral ve pelvik kavşak kaslarının oluşumuna katkıda bulunurlar. Ekstremiteler yedinci haftanın başlarında ventrale doğru uzarlar. Üst ve alt ekstremite gelişirken zıt yönde ve farklı derecede rotasyonlar gerçekleştirirler: Üst ekstremite, uzun eksenleri boyunca 90 derece lateral'e döner, böylece geleceğin dirseği dorsale bakarken ekstansör kaslar ise ekstremitenin posterior ve lateral yüzünde uzanır. Alt ekstremite ise 90 dereceye yakın bir şekilde medial'e

döner ve geleceğin dizi ventrale bakarken ekstansör kaslar ise alt ekstremitenin anterior tarafında bulunmuş olur (21).

2.2. Histoloji

Kemik gelişimi iki yolla gerçekleşir. Bunlar intramembranöz ve endokondral kemikleşmedir. Bu iki kemikleşme yolunun farkı endokondral kemikleşmede daha önce oluşmuş bir kıkırdak modelin bulunmasıdır. Cranium'un ve yüzün yassı kemikleri, mandibula ve clavicula intramembranöz kemikleşme ile ekstremitte kemikleri ise endokondral kemikleşme ile oluşurlar (27).

Intramembranöz kemik gelişimi gebeliğin yaklaşık olarak sekizinci haftasında başlar. Belirli alanlarda mezenkim hücreleri bir araya gelerek gruplar yaparlar. Bu tür kemikleşmenin intramembranöz olarak isimlendirilmesinin sebebi mezenkim dokusu içindeki hücrelerin yoğunlaşarak oluşturduğu alanların membrana benzetilmesidir. Bu alanlar hücre birikimi arttıkça damardan zenginleşir. Mezenkim hücreleri osteoprojenitör hücrelere dönüşürler. Osteoprojenitör hücreler ise osteoblastlara dönüşerek osteoid dokunun kollajen liflerini ve matriks proteinlerini salgılamaya başlarlar. Çevrelerinde gittikçe daha fazla kemik dokusu birikmesiyle bu doku içinde sıkılaşır. Osteoblastlar sentetik aktivitelerinin azalmasıyla osteositlere dönüşürler. Başlangıçta mineralize olmayan bu doku daha sonra mineralize olarak sertleşir. Osteoprojenitör hücreler, birbirlerinden ayrı çok sayıdaki kemikleşme merkezlerinde bulunan mezenkim hücrelerinden gelişirler ve mitoz bölünme ile çoğalarak ve farklılaşarak osteoblastlara dönüşmeye devam ederler. Trabeküllü süngerimsi kemik periferde doğru gittikçe genişleyen kemikleşme merkezlerinin birleşmesiyle oluşur. Daha sonra süngerimsi kemiklerden bir kısmı yeniden yapılanarak sıkı kemiğe dönüşür. Kemik iliği trabeküller arasındaki mezenkim dokusundan oluşur (27).

Endokondral kemikleşme, şekil bakımından oluşacak olan bir hyalin kıkırdak modelin içinde meydana gelir. İlk kemik dokusu, kıkırdak modelin diyafizini çevreleyen bir yaka şeklinde ortaya çıkar. Kemik yaka perikondrium etrafındaki osteoblastların aktivitesi sonucu oluşur. Bu yaka kıkırdak içine oksijen ve besin maddelerinin difüzyonunu engelleyerek burada dejeneratif değişimlerin oluşmasına yol açar. Kondrositler alkalik fosfataz üretirler, hipertrofiye uğrarlar ve lakünalarını genişletirler. Bu değişimler matriksi sıkıştırarak dar trabekülalara dönüştürürler ve bu

yapıların kalsifikasyonuna yol açarlar. Kondrositlerin ölümü, osteoblastlar tarafından çevrilmiş kalsifiye kıkırdak kalıntıları içeren gözenekli bir yapı meydana getirir. Perikondrium (artık periosteum)'dan kan damarları kemik yakaya penetre olurlar ve osteoprojenitör hücreleri gözenekli merkezi kısma getirirler. Daha sonra, osteoblastlar kalsifiye kıkırdak kalıntılarını yapışır ve dokunmuş kemik oluştururlar. Kalsifiye kıkırdak bu aşamada bazofilik görünürken; yeni oluşmuş kemik asidofilik görünür. Diyafizdeki bu işlem primer kemikleşme merkezini oluşturur. Daha sonra, buna benzer şekilde kıkırdak modelin epifizinde sekonder kemikleşme merkezleri oluşur. Genişlemeleri ve yeniden modellenmeleri sırasında primer ve sekonder kemikleşme merkezleri süngerimsi kemiğin trabekülaları ve kemik iliği ile doldurulmuş boşluklar oluştururlar (28).

2.3. Anatomi

Ossa manus (el kemikleri) proksimalden distale doğru; ossa carpi, ossa metacarpi ve ossa digitorum (phalanges) olmak üzere sınıflandırılır. Ossa carpi (karpal kemikler); el bileğinin iskeletini oluşturan küçük kemiklerdir. Bu kemikler, proksimal sırada dört adet ve distal sırada dört adet olmak üzere toplam sekiz adettirler. Proksimal sırada yer alan kemikler dıştan içe doğru os scaphoideum, os lunatum, os triquetrum ve os pisiforme olarak sıralanırlar. Distal sırada yer alan kemikler ise os trapezium, os trapezoideum, os capitatum ve os hamatum olarak sıralanırlar (29).

Os scaphoideum: Bu kemik, el bilek kemikleri içinde proksimal sırada ilk ve en büyük olandır. Uzun ekseni lateral, distal ve hafif palmar yöndedir. Tuberculum ossis scaphoidei, palmar yüzünün distolateral bölümünde anterolaterale doğru uzanır. Dorsal yüzü, palmar yüzünden daha dar olup hafif oluklu ve pürtüklüdür. Os scaphoideum, tüm karpal kemikler içinde en sık kırılan kemiktir (30).

Os lunatum: Semilunar bir kemik olup; os scaphoideum ve os triquetrum arasında yer alır. Alt yüzü konkavdır ve os capitatum'un başı ile eklem yapar; üst yüzü ise konvektir ve radius'taki facies articularis carpalis ile eklem yapar. Pürtüklü olan palmar yüz dorsal yüzden daha geniştir. Medial yüzü kare şeklinde olup os triquetrum ile eklem yapar; lateral yüzü ise dar ve semilunar şekilde olup os scaphoideum ile eklem yapar (30).

Os triquetrum: Kısmen piramidal bir kemik olan os triquetrum distal palmar yüzeyinde os pisiforme ile eklem yapan oval bir yüzey bulundurur. Medial ve dorsal yüzleri sürekli olup distal kısım ligamentum collaterale ulnare'nin tutunmasıyla pürtüklü iken proksimal kısım düzdür ve tam addüksiyonda articulatio radioulnaris distalis'in discus articularis'i ile temasa geçer (31).

Os pisiforme: Os pisiforme bezelyeye benzeyen sesamoid bir kemiktir. Dorsal kısmında os triquetrum ile eklem yapan düz bir yüzeye sahiptir. Musculus flexor carpi ulnaris tendonu, ligamentum pisometacarpale ve ligamentum pisohamatum palmar kısımda bulunan ve artiküler olmayan yüzeye yapışıktır (31).

Os trapezium: Karpal kemikler arasında distal sırada ve en lateralde bulunan kemiktir. Os scaphoideum ile eklem yapan proksimal medial yüzü konkavdır ve distal yüzünde birinci metakarpal kemiğin tabanı için eyer şeklinde bir yüzeyi vardır. Kemiğin palmar yüzünde musculus flexor carpi radialis'in tendonunun geçtiği tüberkül ve derin bir yarık bulunur. Os trapezium'un medial yüzünün proksimalinde os trapezoideum ile eklem yapabilmesi için büyük bir konkav yüzü ve distal köşesinde ikinci metakarpal kemik ile eklem yapabilmesi için oval bir yüzeyi vardır (32).

Os trapezoideum: Kama şeklinde bir kemiktir. Dörtgen şeklinde olan proksimal yüzeyi os scaphoideum ile eklem yapar. Distalde eyer şeklindeki yüzeyi ikinci metakarpal kemik ile eklem yapar. Lateral yüzü os trapezium için konvektir, medial yüzünde bulunan düzgün kısım ise os capitatum içindir (32).

Os capitatum: Karpal kemiklerin en büyüğüdür ve el bileğinin merkezinde bulunur. Proksimal kısmı bir küreye benzer ve os scaphoideum ile os lunatum'un oluşturduğu çukurluk içine girer. İki kenar aracılığıyla gövdesinin distal yüzü üç eklem yüzüne ayrılmıştır. 2., 3. ve 4. metakarpal kemikler bu yüzlerle eklem yaparlar. Dorsal yüzü geniş ve pürtüklüdür. Palmar yüzü daha dar olup buraya kas (musculus adductor pollicis'in caput obliquum'u) ve bağ tutunur. Os trapezoideum lateral yüzün distal kısmı ile os scaphoideum ise lateral yüzün proksimal kısmı ile eklem yapar. İkisi arasındaki pürtüklü sahaya ise bağlar tutunur. Os hamatum medial yüzün proksimal-dorsal tarafında bulunan eklem yüzü ile eklem yapar. Bunun palmar tarafında bulunan pürtüklü sahaya ise bağlar tutunur (33).

Os hamatum: El bileğinin iç-alt kısmında bulunur ve palmar tarafında hamulus ossis hamati denilen çengel şeklinde bir çıkıntısı vardır. Os lunatum dar ve

konveks olan proksimal yüzü ile eklem yapar. Distal yüzünde bir kenarla ayrılmış iki yüzü vardır. 4. ve 5. metakarpal kemikler bu yüzlerle eklem yapar. Üçgen şeklinde olan dorsal yüzüne bağlar tutunur. Retinaculum flexorum ve bazı kaslar hamulus ossis hamati'ye tutunur. Çengel şeklinde olan bu çıkıntının lateral tarafı oluk şeklindedir ve buradan fleksör kas girişleri geçer. Medial yüzü os triquetrum ile lateral yüzünün proksimal kısmı da os capitatum ile eklem yapar. Bağların tutunduğu distal kısmı ise pürtüklü bir saha şeklindedir (33).

2.4. El bileği bölgesinin biyomekaniği

El bileğinin proksimal ve distal eklemleri (radiokarpal ve mediokarpal eklem) birbirinden bağımsız olarak hareket etmez, fonksiyonel olarak bir bütün meydana getirirler (34).

Genellikle, ulnar ve radial abduksiyon ile palmar fleksiyonun önemli bir kısmı proksimal bilek ekleminde, distal ekstansiyonun önemli kısmının ise distal el bileğinde gerçekleştiği söylenebilir. Karpal kemiklerin her birinin kendine özgü hareketi ise daha karmaşıktır. Palmar fleksiyon esnasında proksimal karpal kemikler, radius'un ve discus articularis'in eklem yüzeyine göre; distal karpal kemikler ise proksimal karpal kemiklere göre rotasyon yapar. Rotasyonun proksimal eklemden daha fazla olması sebebiyle palmar fleksiyona proksimal eklem daha fazla katılır. Dorsal ekstansiyonda ise bunun tam tersi meydana gelir. Distal ekstansiyonda distal karpal kemikler daha geniş bir rotasyon gerçekleştirir ve sonuç olarak bu ekstansiyonun büyük kısmı mediokarpal eklem tarafından gerçekleştirilir (34).

Radial ve ulnar abduksiyon ise dorsalden palmara doğru os capitatum içinden geçen bir eksen tarafından gerçekleştirilir. Os lunatum nötr-sıfır konumundadır ve hem radius hem de discus articularis ile temas halindedir. Ulnar abduksiyonda, proksimal karpal kemikler radial tarafa doğru kayar ve sadece os lunatum radius'a bitişik olur. Radial abduksiyon ise daha çok distal bilek ekleminde gerçekleşir ve os lunatum proksimal bilek ekleminde büyük oranda orta konumda kalır. Distal karpal kemiklerin sırasının proksimal sıraya göre hareketi sayesinde os trapezium ve os trapezoideum, os scaphoideum'a göre hareket ettirilir. Os scaphoideum bu hareket için yeterli alan oluşturmak amacıyla ventrale doğru kayar. Os scaphoideum'un bu hareketi, radial

abduksiyon esnasında palmar yönden, başparmağın metakarpal kemiğinin basis kısmında palpe edilebilir. Burada hissedilen hareket os scaphoideum'a aittir (34).

2.5. Klinik

Klinikte os hamatum ile ilgili olarak kırık (4-7), avasküler nekroz (8-10), osteoblastom (11-13), osteokondrom (14-15), osteomyelit (16) gibi olgularla karşılaşılmaktadır. Kırıklar genellikle kemiğin hamulus veya gövde kısımlarında meydana gelmektedir (35). Tip I kırıklar hamulus kısmında görülür ve 3 alt tipe sınıflanabilir: taban kısmında meydana gelenler, orta bölümde meydana gelenler ve uç kısmında meydana gelenler. Tabanda ve 1/3'lük proksimal kısmında meydana gelen kırıklar (%76), orta 1/3'lük kısımda (%13) ve distal 1/3'lük (%11) kısımda meydana gelen kırıklardan daha sıktır. Tip II kırıklar os hamatum'un gövde kısmında meydana gelir (36). Gövdenin sagittal düzleminde meydana gelen kırıklar 2 alt gruba ayrılabilir: hamulus'un ulnar tarafında meydana gelenler ve radial tarafında meydana gelenler (37,38). Ayrıca coronal düzlemde meydana gelen kırıklar da rapor edilmiştir (39).

2.6. Mikro BT'nin prensipleri

Mikro-BT cihazı örneklerin 2 boyutlu görüntülerini elde etmek için bir X ışını kaynağına ve bir detektöre sahip olup bu görüntüleri 3 boyutlu bir rekonstrüksiyona dönüştürebilen bir teknolojiye sahiptir (40). Mikro-BT'nin temel bileşenleri: iyonize radyasyon, örnek manipülatörü ve bir detektördür (41). X ışınları mikro-odaklı X ışını tüpü tarafından oluşturulur. Bu tüp, 240 kV'a kadar çıkabilen bir voltaj tarafından hızlandırılan ve tungsten veya benzeri bir metal üzerine düşen elektron hüzmesi kullanır. Hızlı hareket eden elektronlar ve metal hedef arasındaki etkileşim X ışınlarını meydana getirir. Meydana gelen X ışınları taranacak olan örneğe yönlendirilir ve daha sonra gölge görüntü (projeksiyon görüntüsü veya radyograf da denilebilir) formunda 2 boyutlu bir X ışını detektörü tarafından toplanır. 2 boyutlu projeksiyonlar vasıtasıyla her voksel çeşitli açılardan görüntülenir ve bu görüntülerin toplamı asıl X ışını yoğunluğunun ve voksel parlaklığının bir temsilini verir (42). Rekonstrüksiyonu takiben data görselleştirmeleri için çeşitli yazılım araçları kullanılabilir (43).

3. GEREÇ ve YÖNTEMLER

3.1. Çalışma grubu

Bu çalışmada Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı ve Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı'nda bulunan 55 adet kuru os hamatum incelendi.

Çalışmamız Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmaları Etik Kurulu tarafından 06/02/2018 tarihinde yapılan 2018/04 numaralı toplantıda 16969557-285 sayı numarası ile incelenmiş olup GO 18/131-12 karar numarası ile tıbbi etik açıdan uygun bulunmuştur.

3.2. Görüntü değerlendirme yöntemi

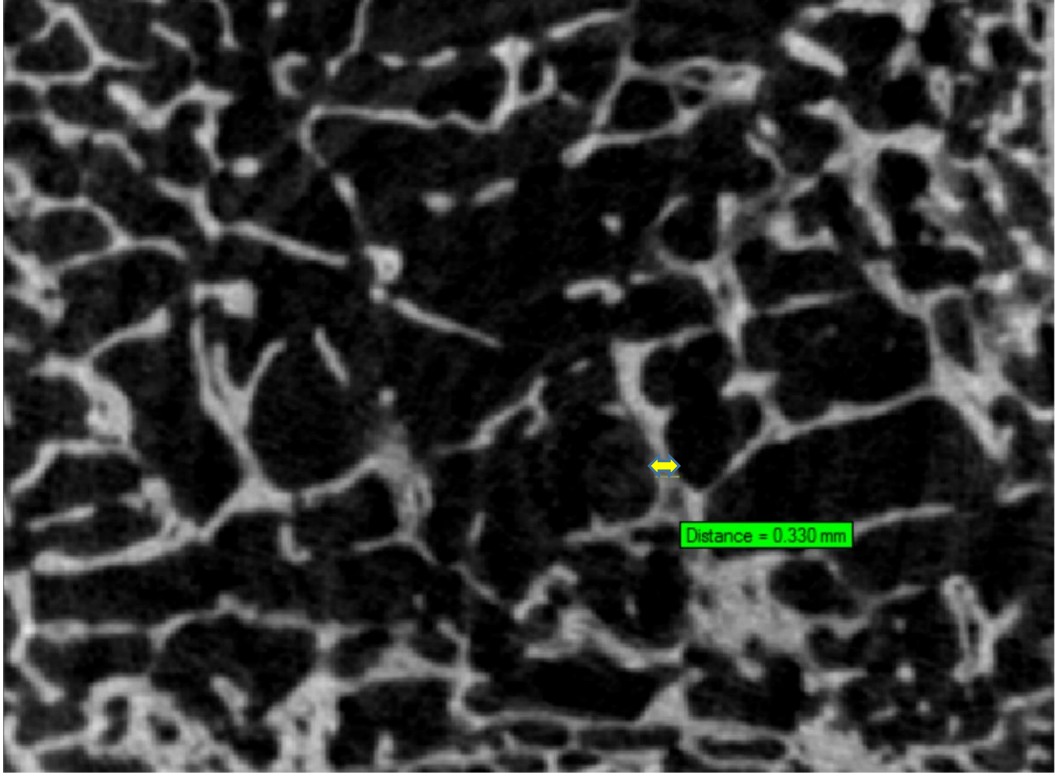
Çalışmamızda tarama ve ölçümler Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı'nda mevcut olan Mikro-BT cihazı (SkyScan 1174, SkyScan, Aartselaar, Belgium) ile yapıldı. Tarama parametreleri ise şu şekilde ayarlandı: 180 derece rotasyonda ve 2700 milisaniye maruziyet süresinde, 800 mA, 50 kVp, 33 µm'lik izdüşüm ve 90 dakikalık tarama süresi. Taramalar bittikten sonra elde edilen tft formatındaki ham datalar Nrecon yazılımı ile rekonstrükte edildi ve bmp formatında 33 µm kesit aralığında aksiyel görüntüler elde edildi. Daha sonra rekonstrüksiyon dataları Ctan yazılımına transfer edildi ve bu yazılımda 2 boyutlu ve 3 boyutlu analizler gerçekleştirildi. Aynı datalar CTvox ve CTvol yazılımları ile 3 boyutlu modeller oluşturularak renklendirildi.

3.3. Verilerin Toplanması

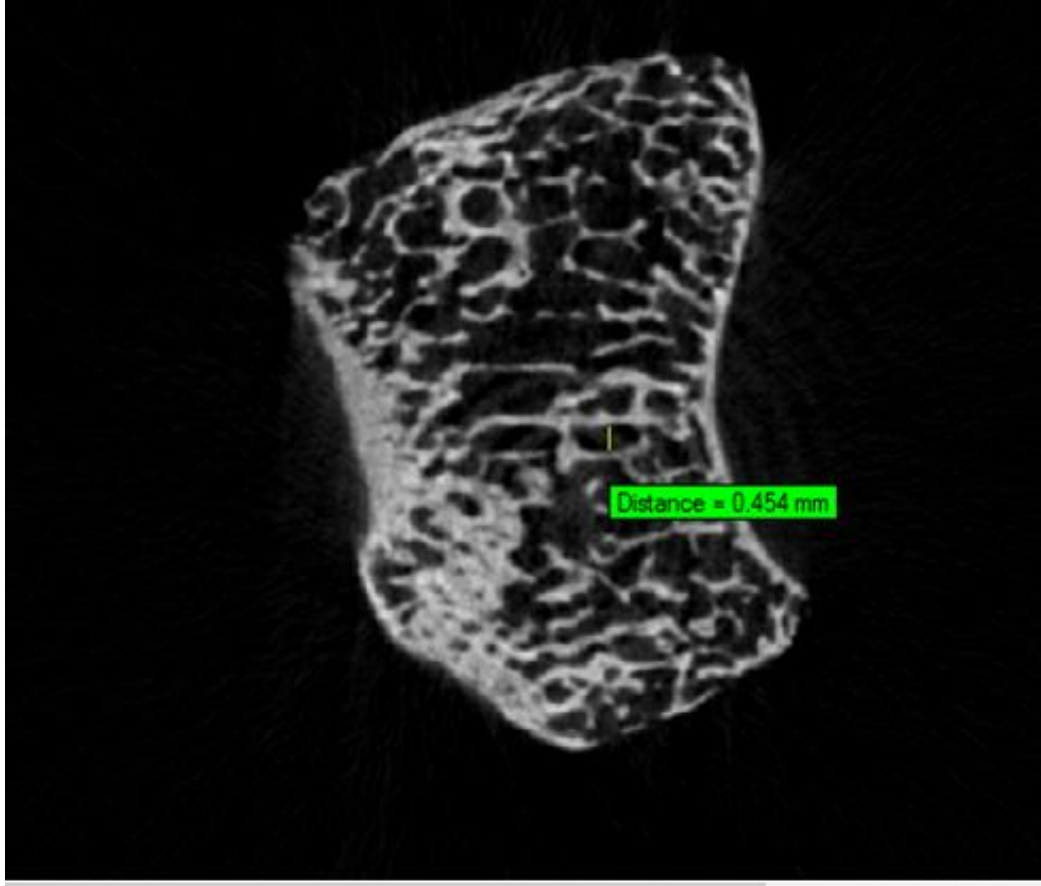
Çalışmamızda 55 adet os hamatum, aşağıdaki parametreler açısından Mikro-BT cihazı ile tüm kemik olarak tarandı ve değerlendirildi:

- 1) Doku hacmi (mm^3)
- 2) Kemik hacmi (mm^3)
- 3) Yüzdellik kemik hacmi: Kemik hacmi/Doku hacmi (%)
- 4) Kemik yüzeyi (mm^2)
- 5) Kemik yüzey/hacim oranı (mm^{-1})
- 6) Trabeküler sayı (mm^{-1})

- 7) Trabeküler kalınlık (mm)
- 8) Trabeküler seperasyon (mm)
- 9) Yapı model indeksi
- 10) Anizotropi derecesi



Şekil 3.1. Trabeküler kalınlığının ölçümü.



Şekil 3.2. Trabeküler seperasyonun ölçümü.

3.4. İstatistiksel Analizler

İstatistiksel değerlendirmelerde IBM SPSS Statistics 23.0 (IBM Corporation, Armonk, NY, USA) paket programı kullanıldı. Ölçümler birbirinden bağımsız olarak iki araştırmacı tarafından üçer hafta ara ile tekrarlandı. Yapılan ölçümlerin doğruluğunun tespit edilmesi için araştırmacı içi ve araştırmacılar arası istatistiksel doğruluk analizleri gerçekleştirildi. Araştırmacı içi ölçümlerin güvenilirliğinin belirlenmesi için Wilcoxon eşleştirilmiş iki örnek testi kullanıldı. Araştırmacılar arası güvenilirlik sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC) ve değişim katsayısı (CV) [$CV=(\text{STANDART SAPMA} / \text{ORTALAMA}) \times 100$] ile tespit edildi. 0,75'den büyük ICC değerleri iyi güvenilirlik göstermekte ve düşük CV, tekrarlanabilirlik için bir gösterge olarak hassas hatayı belirtmektedir (44).

Değişkenlerin normal dağılıma uyup uymadığı Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirildi. Tanımlayıcı istatistik olarak; sürekli sayısal değişkenler için minimum -maksimum değerler, ortalama (\pm) standart sapma ($\bar{x} \pm s$) istatistikleri kullanıldı.

4. BULGULAR

4.1. Veri Analizi

Çalışmamızda 55 adet kuru os hamatum kullanılarak taramalar gerçekleştirildi.

Her iki araştırmacının yaptığı ölçümlerin tutarlılığı incelendiğinde arada önemli bir fark gözlenmedi ($p>0,05$). Birinci araştırmacının kendi yaptığı ölçümler arasındaki tutarlılık % 92 ve % 95 olarak tespit edilirken; ikinci araştırmacı için bu değerler % 90 ve % 92 olarak bulundu. Yapılan ölçümlerin tümünde iki araştırmacı arasındaki tutarlılığın yüksek derecede olduğu ve araştırmacılar arasında anlamlı fark olmadığı gözlemlendi ($p>0,05$). Her iki araştırmacı arasındaki ölçümlerin tutarlılığı incelendiğinde ICC (Intraclass Correlation) değerinin 0,935 ile 0,986 arasında değiştiği belirlendi. Birinci ve ikinci araştırmacı arasında anlamlı derecede bir farklılık bulunmadığı gözlemlendi ($p<0,05$).

4.2. Verilerin Değerlendirilmesi

4.2.1. Doku Hacmi (mm^3)

Doku hacmi, incelenen alanın tamamının hacmini belirtir (45). Doku hacmi açısından kemikler incelendiğinde doku hacminin $2526,12 \pm 604,615 \text{ mm}^3$ olduğu gözlemlendi. En düşük ve en yüksek değerlere bakıldığında ise doku hacminin $1432,99 \text{ mm}^3$ ve $4358,62 \text{ mm}^3$ arasında değiştiği anlaşıldı.

Tablo 4.1. Doku hacmi.

Doku Hacmi (mm^3)	Ortalama	2526,12
	Standart Sapma	604,615
	Minimum	1432,99
	Maksimum	4358,62

4.2.2. Kemik Hacmi (mm³)

Kemik hacmi, inceleme alanındaki kemik olarak segmente edilmiş bölgenin hacmini ifade eder (44). Kemik hacmi açısından kemikler değerlendirildiğinde kemik hacminin $1137,10 \pm 318,973$ mm³ olduğu anlaşıldı. En düşük ve en yüksek değerler açısından ise kemik hacminin $540,46$ mm³ ve $1987,47$ mm³ arasında değiştiği belirlendi.

Tablo 4.2. Kemik hacmi.

Kemik Hacmi (mm ³)	Ortalama	1137,10
	Standart Sapma	318,973
	Minimum	540,46
	Maksimum	1987,47

4.2.3. Yüzdellik kemik hacmi: Kemik hacmi/Doku hacmi (%)

Yüzdellik kemik hacmi, incelenen alandaki segmente edilmiş kemik hacminin toplam hacime oranını temsil eder (45). Yüzdellik kemik hacmi açısından kemikler incelendiğinde yüzdellik kemik hacminin $\% 44,93 \pm 5,859$ olduğu belirlendi. En düşük ve en yüksek değerler açısından ise yüzdellik kemik hacminin $\% 29,65$ ve $\% 60,78$ arasında değiştiği gözlemlendi.

Tablo 4.3. Yüzdellik kemik hacmi: kemik hacmi/doku hacmi.

Yüzdellik kemik hacmi: Kemik hacmi/Doku hacmi (%)	Ortalama	44,93
	Standart Sapma	5,859
	Minimum	29,65
	Maksimum	60,78

4.2.4. Kemik yüzeyi (mm²)

Kemik yüzeyi, kemik olarak segmente edilmiş alanın yüzeyini ifade eder (45). Kemik yüzeyi açısından kemikler değerlendirildiğinde kemik yüzeyinin $12149,25 \pm$

3738,144 mm² olduğu anlaşıldı. En düşük ve en yüksek değerler açısından ise kemik yüzeyinin 6266,40 mm² ve 20443,43 mm² arasında değiştiği belirlendi.

Tablo 4.4. Kemik yüzeyi.

Kemik yüzeyi (mm ²)	Ortalama	12149,25
	Standart Sapma	3738,144
	Minimum	6266,40
	Maksimum	20443,43

4.2.5. Kemik yüzey/hacim oranı (mm⁻¹)

Kemik yüzey/hacim oranı, segmente edilmiş kemik yüzey alanının segmente edilmiş kemik hacmine oranıdır (45). Kemik yüzey/hacim oranı açısından kemikler incelendiğinde kemik yüzey/hacim oranının $10,78 \pm 2,006$ mm⁻¹ olduğu anlaşıldı. En düşük ve en yüksek değerler açısından ise bu değerlerin 7,78 mm⁻¹ ve 17,38 mm⁻¹ arasında değiştiği belirlendi.

Tablo 4.5. Kemik yüzey/hacim oranı.

Kemik yüzey/hacim oranı (mm ⁻¹):	Ortalama	10,78
	Standart Sapma	2,006
	Minimum	7,78
	Maksimum	17,38

4.2.6. Trabeküler sayı (mm⁻¹)

Trabekül sayısı, birim uzunlukta bulunan ortalama trabekül sayısıdır (45). Trabekül sayısı açısından kemikler değerlendirildiğinde trabekül sayısının $1,31 \pm 0,150$ mm⁻¹ olduğu anlaşıldı. En düşük ve en yüksek değerler açısından ise bu değerlerin 0,90 mm⁻¹ ve 1,61 mm⁻¹ arasında değiştiği belirlendi.

Tablo 4.6. Trabeküler sayı.

Trabeküler sayı (mm ⁻¹)	Ortalama	1,31
	Standart Sapma	0,150
	Minimum	0,90
	Maksimum	1,61

4.2.7. Trabeküler kalınlık (mm)

Trabekül kalınlığı, hesaplanan trabeküllerin ortalama kalınlığının bir ölçüsüdür (45). Trabekül kalınlığı açısından kemikler incelendiğinde trabekül kalınlığının $0,35 \pm 0,056$ mm olduğu bulundu. En düşük ve en yüksek değerler açısından ise bu değerlerin 0,23 mm ve 0,49 mm arasında değiştiği anlaşıldı.

Tablo 4.7. Trabeküler kalınlık.

Trabeküler kalınlık (mm)	Ortalama	0,35
	Standart Sapma	0,056
	Minimum	0,23
	Maksimum	0,49

4.2.8. Trabeküler seperasyon (mm)

Trabeküler seperasyon, trabeküller arası ortalama mesafenin ölçüsüdür (45). Trabeküler seperasyon açısından kemikler analiz edildiğinde trabeküler seperasyonun $0,57 \pm 0,087$ mm olduğu bulundu. En düşük ve en yüksek değerler açısından ise bu değerlerin 0,38 mm ve 0,83 mm arasında değiştiği belirlendi.

Tablo 4.8. Trabeküler seperasyon.

Trabeküler seperasyon (mm)	Ortalama	0,57
	Standart Sapma	0,087
	Minimum	0,38
	Maksimum	0,83

4.2.9. Yapı model indeksi

Yapı model indeksi, trabekül yapısının bir göstergesidir. Farklı trabekül yapılarına farklı değerler tekabül eder. 0, 3 ve 4 değerleri düzgün bir plaka, silindir ve küre şekilleri için elde edilirken; -3 ve -4 değerleri silindirik ve küresel oyuklar için elde edilir (45). Yapı model indeksi açısından kemikler incelendiğinde bu indeksin $-0,12 \pm 0,638$ olduğu bulundu. En düşük ve en yüksek değerler açısından ise bu değerlerin -1,40 ve 1,05 arasında değiştiği tespit edildi.

Tablo 4.9. Yapı model indeksi.

Yapı model indeksi	Ortalama	-0,12
	Standart Sapma	0,638
	Minimum	-1,40
	Maksimum	1,05

4.2.10. Anizotropi derecesi

Anizotropi derecesi, 3 boyutlu simetri veya belirli bir yön boyunca yapıların hizalanma varlığının veya yokluğunun bir ölçüsüdür. Bu değer, ortalama kesişme uzunluk vektörünün en kısa kesişme uzunluk vektörü tarafından bölünmesiyle bulunur. Bu değer 1'e eşit olması izotropik; 1'den büyük olması ise anizotropik bir yapılanmayı ifade eder (45). Anizotropi derecesi açısından kemikler incelendiğinde anizotropi derecesinin $1,30 \pm 0,093$ olduğu anlaşıldı. En düşük ve en yüksek değerler açısından ise bu değerlerin 1,13 ve 1,49 arasında değiştiği görüldü.

Tablo 4.10. Anizotropi derecesi.

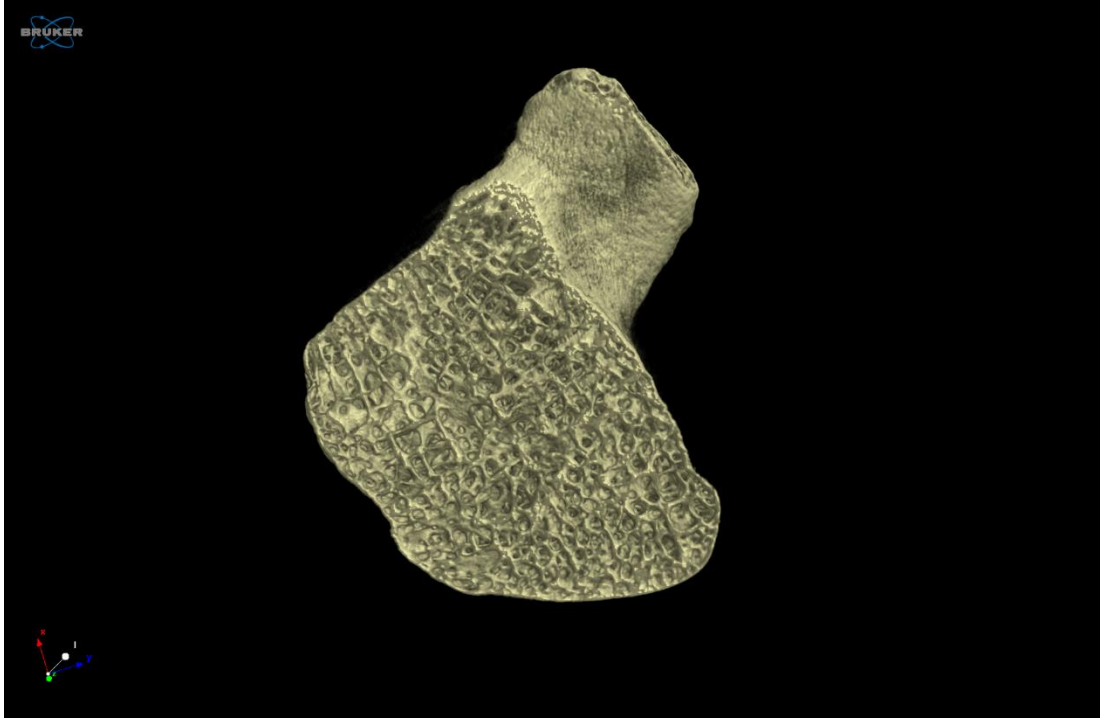
Anizotropi derecesi	Ortalama	1,30
	Standart Sapma	0,093
	Minimum	1,13
	Maksimum	1,49

4.3. Mikro-BT Görüntüleri

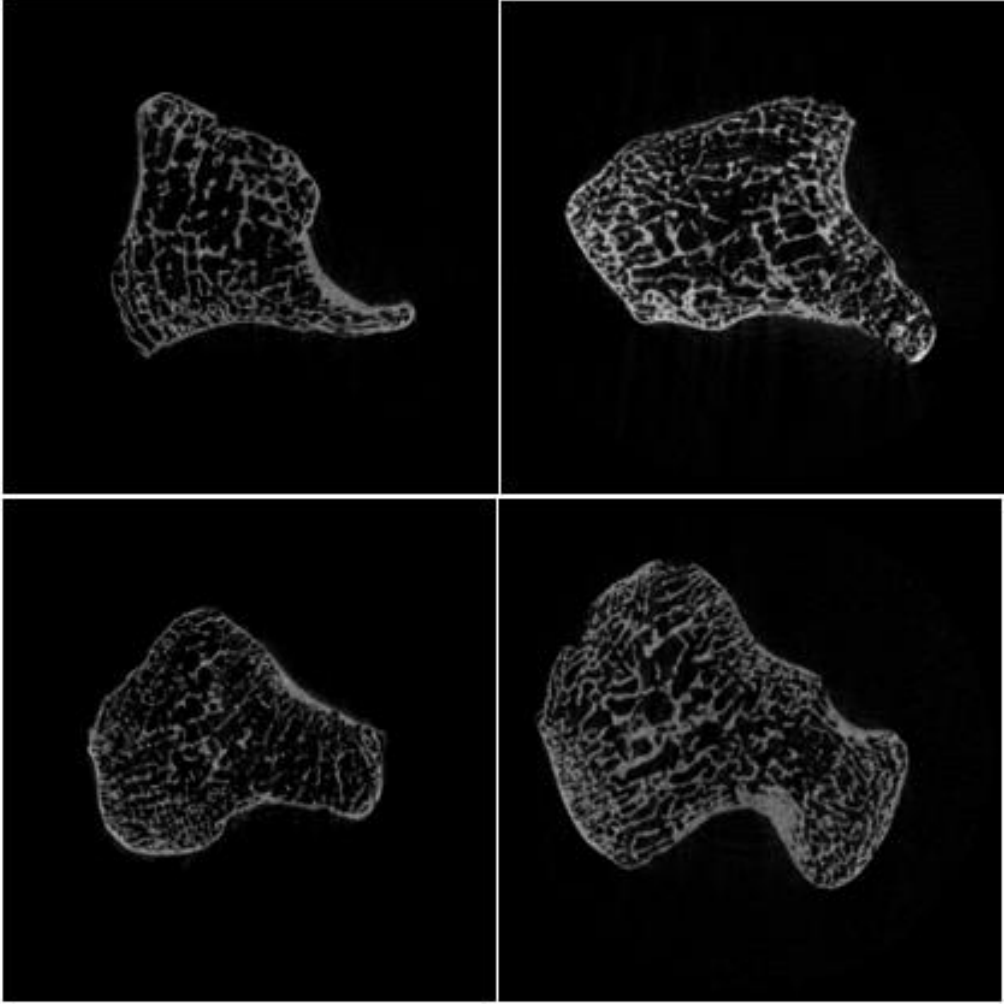
Çalışmada os hamatum'ların taramaları Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı'nda mevcut bulunan Mikro-BT (SkyScan 1174, SkyScan, Aartselaar, Belgium) cihazı ile gerçekleştirildi. Tarama sonucu elde edilen görüntülerin rekonstrüksiyonu Nrecon yazılımı (SkyScan, Aartselaar, Belgium) ile yapıldı ve aksiyel görüntüler alındı. Daha sonra 2 ve 3 boyutlu analizler Ctan yazılımı kullanılarak gerçekleştirildi. 3 boyutlu modeller ise CTvox ve CTvol yazılımları ile oluşturuldu.



Şekil 4.1. Os hamatum'un CTvox ile oluşturulmuş 3 boyutlu görüntüsü.



Şekil 4.2. Os hamatum'un trabekül yapısına ait görüntü.



Şekil 4.3. Os hamatum'un trabekül yapısına ait kesit görüntüleri.

5. TARTIŞMA

Mikro-BT yöntemi ilk olarak 1980'lerin sonunda Feldkamp ve arkadaşları tarafından ortaya konmuş bir yöntemdir (46). Bu yöntem kemik morfolojisi ve mikro mimarisini incelemek amacıyla kullanılan altın standart haline gelmiştir. Mikro-BT yöntemi, X ışını zayıflaması vasıtasıyla elde ettiği verileri materyal yoğunluğunun uzaysal dağılımını ifade eden 3 boyutlu bir temsil oluşturmak için kullanır. Günümüzdeki Mikro-BT cihazları çözünürlüğü birkaç mikrometreye kadar artabilen izotropik voksel boyutları elde eder (45).

İmplant tedavisinde önemli bir faktör kemik kalitesidir. Kemik kalitesi implant tedavisinin başarılı olmasını etkileyen kemik entegrasyonunun önemli bir belirleyicisidir. Yapılan bazı çalışmalarda kemik kalitesi ve implant başarı oranı arasında doğrudan bir korelasyon gözlemlenmiştir (47,48). Kemik kalitesini belirleyen bazı etmenler vardır; bu etmenler arasında kemik mineral yoğunluğu, kemik kütlesi, makro ve mikro seviyedeki mimari ve matriks özellikleri (elastisite modülü gibi) sayılabilir. Kemik sertliğinde önemli olan yapı kortikal kemiktir ve sağlamlığı etkileyen birincil etmenddir. Süngerimsi kemik ise kemik-implant ara yüzünün bir parçasıdır ve fonksiyonel yükün taşıyıcısıdır. Trabeküler kemik yapısının incelenmesi, implant tedavisi sonuçlarında ve daha ileri implant yüzey topografisi değerlendirmelerinde önem arz etmektedir. Osseointegrasyon sürecinin başarısı, kemik kalitesi ve kemik-implant ara yüzü ile ilgilidir (49). Kemik entegrasyonunun oluşumunda belirleyici rol oynayan trabeküler kemiktir. Kemik-implant arayüzü, esas olarak alveoler kemiğin içindeki trabeküler kemik tarafından sağlanır. Bu nedenle, alveoler kemik kalitesi ile ilgili objektif ve detaylı kalitatif ve kantitatif bilgi elde etmek için trabeküler kemik mimarisi mikro yapısal düzeyde araştırılmalıdır. Lee ve ark. 2017 yılında yaptıkları çalışmada 4 farklı kemik kalitesi kategorisindeki kemik örneklerini Mikro-BT ile taramışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda kemik kalitesi ile kemik hacim yoğunluğu, kemik yüzey alanı / kemik hacmi oranı arasında istatistiksel olarak ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır. Tüm yapısal parametreler arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyonlar bulunmuştur (50). Bu yüzden çalışmamızda kemik kalitesini belirleyen etmenler olan trabeküler parametreler (trabeküler sayı, trabeküler kalınlık, trabeküler seperasyon, yapı-model indeksi,

anizotropi derecesi) ve trabeküler parametreler tarafından etkilenen diğer parametreler de (doku hacmi, kemik yüzeyi, kemik hacmi, kemik yüzey/hacim oranı, yüzdellik kemik hacmi) değerlendirildi.

Doku hacmi, incelenen alandaki hem kemik dokunun hem de kemik dokusu arasındaki boşlukların toplam hacmini ifade etmektedir. Çalışmamızda doku hacmi $2526,12 \pm 604,615 \text{ mm}^3$ olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda kuru kemikler kullanılmıştır. Kuru kemiklerin sadece inorganik yapıdan oluşması ve depolanma esnasında bir miktar aşınmaya maruz kalma ihtimalleri nedeniyle kadavralardan elde edilen kemiklere oranla daha düşük doku hacmine sahip olmaları beklenmektedir. Diğer yandan trabekül sayısı, trabekül kalınlığı ve trabeküller arası seperasyona bağlı olan çok faktörlü bir değişken olduğu için çalışmamızda bu parametreler ile ilgili kesin yargıya varılamamaktadır. Literatürde os hamatum'un toplam doku hacmini belirten bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle ölçtüğümüz değerler başka çalışmalardan elde edilen değerler ile kıyaslanamamaktadır.

Kemik hacmi, incelenen alandaki tüm kemik dokusunun toplam hacmidir. Bu değere trabeküller arası boşluğun hacmi dahil değildir. Çalışmamızda ortalama kemik hacmi $1137,10 \pm 318,973 \text{ mm}^3$ olarak ölçüldü. Kadavralardan elde edilen örneklerle kıyasla kuru kemiklerde daha düşük kemik hacmi beklentisi olmakla beraber literatürde os hamatum'un kuru kemik hacmini veya kadavralardaki hacmini inceleyen bir çalışma bulunamamıştır. Bu nedenle bu parametre ile ilgili bir sonuca direkt olarak ulaşılammıştır.

Yüzdellik kemik hacmi, hesaplanan kemik dokusu hacminin toplam doku hacmine oranını ifade eden bir değerdir. Bu çalışmada yüzdellik kemik hacmini ortalama $\% 44 \pm 5,859$ olarak tespit edildi. Kuru kemikler için azalmış kemik dokusu beklentisinin, yüzdellik kemik hacmi oranını değiştireceği düşünülmektedir. Ancak literatürde os hamatum ile ilgili hem trabekül sayısı, hem trabekül kalınlığı hem de kemik ve doku hacmini inceleyen bir çalışma bulunmadığı için bu parametre ile ilgili kesin kanıya varılamamıştır.

Kemik yüzeyi, incelenen alandaki trabeküllerin ortalama yüzey alanını ifade etmektedir. Çalışmamızda ortalama kemik yüzeyi $12149,25 \pm 3738,144 \text{ mm}^2$ olarak gözlemlendi. Trabekül sayısı ve trabekül kalınlığı kemik yüzeyi ile doğru orantılı parametrelerdir. Wurnig ve ark. tarafından yapılan çalışmada kadavralardan elde

edilmiş os hamatumla ilgili olarak trabekül sayısı ve trabekül kalınlığı için $2.24 \pm 0.46 \text{ mm}^{-1}$ ve $0,229 \pm 32 \text{ mm}$ değerleri elde edilmiştir (51). Bizim çalışmamızda ise bu değerlerin sırasıyla $1,31 \pm 0,150 \text{ mm}^{-1}$ ve $0,35 \pm 0,056 \text{ mm}$ olduğu gözlemlendi. Wurnig'in çalışmasında trabeküllerin ortalama yüzey alanları ölçülmemiş olmakla beraber bizim çalışmamız ile kıyaslandığında trabeküllerin ortalama yüzey alanına artan ve azalan şekilde etki eden bu iki değer yaklaşık olarak birisinin arttığı oranda diğerinin azaldığı görülmüştür. Bununla birlikte belirtilen çalışmada kemik hacminin incelenmemiş olması kesin bir karşılaştırma yapmayı mümkün kılmamaktadır.

Kemik yüzey/hacim oranı, incelenen alan için hesaplanmış olan kemik yüzeyinin kemik hacmine oranını belirtmektedir. Bu değer çalışmamızda $10,78 \pm 2,006 \text{ mm}^{-1}$ olarak tespit edildi. Kemik hacmi hem trabekül sayısı tarafından hem de trabekül kalınlığı tarafından doğru orantılı olarak etkilenmektedir. Wurnig ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmaya nazaran çalışmamızda trabekül sayısı daha düşük çıkmışken trabekül kalınlığı daha yüksek çıkmıştır. İki parametrenin farklı yönlerde değişimi ve belirtilen çalışmada kemik yüzey hacim oranının incelenmemiş olması dolayısıyla bir karşılaştırma yapılamamaktadır.

Trabeküler sayı, incelenen alandaki mm başına hesaplanan ortalama trabekül sayısıdır. Trabekül sayısının artması kemik gücünü arttıran bir etmendir. Wurnig ve ark.'nın yaptığı çalışmada os hamatum için trabeküler sayı $2.24 \pm 0.46 \text{ mm}^{-1}$ olarak gözlemlenmişken (51) bizim çalışmamızda bu değer kendi örneklerimiz için $1,31 \pm 0,150 \text{ mm}^{-1}$ olarak ölçüldü. Yapılan çeşitli çalışmalarda bazı patoloji durumlarına sahip karpal kemikler ile normal karpal kemiklerin trabeküler yapısı karşılaştırılmıştır. Han ve ark. 2012 yılında yaptıkları araştırmada normal os lunatum ile Kienböck patolojisine sahip os lunatum'ları karşılaştırmışlardır. Normal os lunatum'lar için trabeküler sayıyı $1.57 \pm 0.41 \text{ mm}^{-1}$ bulmuşlardır (52). Nufer ve ark. 2008 yılında yaptıkları bir çalışmada normal trapezium'lar ile osteoartirit durumuna sahip trapezium'ları karşılaştırmışlardır ve normal os trapezium'lar için trabeküler sayı değerini $1.26 \pm 0.18 \text{ mm}^{-1}$ olarak gözlemlemişlerdir (53). Qu ve ark. ise 2008 yılında yaptıkları bir çalışmada normal os scaphoideum'lar ile kaynaşmamış kırık olgusuna sahip os scaphoideum'ları karşılaştırmışlardır. Normal os scaphoideum'lar için trabeküler sayı değerini proksimal kısım için $0.08 \pm 0.04 \text{ mm}^{-1}$ distal kısım içinse $0.07 \pm 0.05 \text{ mm}^{-1}$ bulmuşlardır (54). Daha yüksek trabekül sayısı kemiğin gücüne daha fazla

katkıda bulunacaktır. Yukarıda belirtilen ve kadavralardan elde edilen normal karpal kemikler trabeküler sayı açısından karşılaştırıldığında en sağlam olması beklenen kemiklerin sırasıyla os lunatum, os hamatum, os trapezium ve son olarak os scaphoideum olduğu anlaşılmaktadır.

Trabeküler kalınlık, inceleme alanında gözlemlenen trabeküllerin ortalama kalınlığını ifade etmektedir. Trabeküler kalınlık arttıkça kemik gücü de artacaktır. Yaptığımız çalışmada bu değeri ortalama $0,35 \pm 0,056$ mm olarak ölçüldü. Wurnig ve ark. os hamatum için bu değeri 229 ± 32 μ m ($0,229 \pm 0,032$ mm) olarak gözlemlemişlerdir (51). Yukarıda da belirttiğimiz gibi Wurnig ve arkadaşlarının bulduğu ortalama trabeküler kalınlık değeri bizim bulduğumuz değerden daha düşük olmasına rağmen, ortalama trabekül sayısı bizim bulduğumuz değerden daha yüksektir. Diğer karpal kemikler için baktığımızda Han ve ark. normal os lunatum'lar için bu değeri 0.16 ± 0.24 mm olarak gözlemlerken (52) Nufer ve ark. normal os trapezium'lar için trabeküler kalınlık değerini 0.17 ± 0.02 mm olarak belirlemişlerdir (53). Wurnig ve ark. os scaphoideum için trabeküler kalınlığı $0,22 \pm 0,036$ mm olarak gözlemlemişlerdir (51). Daha kalın trabekül yapısı kemik gücünü arttıran bir faktördür. Trabeküler kalınlık açısından bir karşılaştırma yaptığımızda en güçlü kemiklerin sırası ile os hamatum, os scaphoideum, os trapezium ve os lunatum olduğu anlaşılacaktır.

Trabeküler seperasyon, gözlemlenen trabeküller arasındaki mesafenin bir ölçüsüdür. Trabeküler sayı ve trabeküler kalınlık arttıkça trabeküler seperasyon azalacaktır ve bu üç parametrenin bu şekilde değişimi kemik gücünü arttıracaktır. Sonuç olarak trabeküler seperasyonun artması kemik gücünü azaltacaktır. Çalışmamızda trabeküler seperasyon değeri ortalama $0,57 \pm 0,087$ mm olarak tespit edildi. Wurnig ve ark. bu değeri os hamatum için 353 ± 167 μ m ($0,353 \pm 0,167$ mm) olarak gözlemlemişlerdir (51). Han ve ark. os lunatum için seperasyon değerini $0,52 \pm 0,21$ mm olarak hesaplamışlardır (52). Nufer ve ark. os trapezium için bu değeri $0,74 \pm 0,18$ mm olarak gözlemlemişlerdir (53). Qu ve ark. os scaphoideum'un proksimali için bu değeri $0,33 \pm 0,04$ mm, distali içinse $0,33 \pm 0,05$ mm olarak tespit etmişlerdir (54). Trabeküler seperasyon açısından değerlendirildiğinde en sağlam kemikler sırası ile os scaphoideum, os lunatum, os hamatum ve os trapezium'dur.

Görüldüğü üzere trabekül yapısıyla ilgili olarak tek parametre açısından kemik gücü değerlendirildiğinde farklı yargılara varılabilir. Osteoporoz gibi metabolik hastalıkların teşhisinde ve implant uygulanan kırıkların tedavisi ile ilgili olarak daha doğru kararlar verebilmek adına birden çok parametre göz önüne alınmalı ve kemikler arası karşılaştırma yapıldığında parametreler açısından elde edilen sayısal farkların kemikler arasında anlamlı olup olmadığı incelenmelidir.

Yapı model indeksi, trabekül yapısıyla ilgili bir parametredir. Yapı model indeksi değerleri -4, -3, 0, 3 ve 4 değerleri arasında değişmektedir. -4 ve -3 değerleri küresel ve silindirik oyuklara tekabül ederken; 0, 3 ve 4 değerleri ise düzgün bir plaka, silindir ve küre şeklindeki trabekül yapılarının bir göstergesidir. Yaptığımız çalışmada yapı model indeksi değerinin ortalama $-0,12 \pm 0,638$ olduğu gözlemlendi. Bu sonuç, incelediğimiz os hamatum örneklerindeki trabekül yapısının daha çok düzgün plakaya yakın olduğunu göstermektedir. Wurnig ve ark. çalışmalarında bu değeri incelememişlerdir (51). Han ve ark. os lunatum için yapı-model indeksini $1,99 \pm 0,31$ olarak tespit etmişlerdir (52). Nufer ve ark. os trapezium için bu değeri $1,35 \pm 0,44$ olarak ölçmüşlerdir (53). Qu ve ark. os scaphoideum için proksimalde $0,63 \pm 0,74$, distalde ise $0,63 \pm 1,00$ değerlerini elde etmişlerdir (54). Bu sonuçlar os hamatum ile beraber bahsedilen diğer üç karpal kemiğin de trabekül yapısının daha çok düzgün plakaya benzediğini ortaya koymaktadır. Yapı-model indeksinin değişimi, kemiğin trabekül yapısının ne yönde değiştiğini göstermektedir. Örneğin; Qu ve ark. normal os scaphoideum'lar ile kaynaşmamış kırık olgusuna sahip os scaphoideum'ları karşılaştırmışlar ve ikinci grupta distal bölümde kontrol grubuna kıyasla daha yüksek yapı-model indeksi değeri elde etmişlerdir ve kemiğin bu kısmında proksimal kısma göre trabeküler yapının bozulduğunu ve daha çok silindir benzeri trabekül yapılanmasına sahip olduğunu belirtmişlerdir. Proksimal kısımda ise distale nazaran daha düşük yapı model indeksi değerinin daha çok plaka benzeri trabekül yapısına işaret etmekte olup bunun yoğun trabekül oranı ve artmış kemik yoğunluğu ile ilgili olduğunu ifade etmişlerdir. Plaka benzeri trabekül yapısı daha yüksek mekanik stresin; silindir benzeri trabekül yapısı ise daha düşük mekanik stresin belirtecidir (54). Buna göre os hamatum'ların yüksek mekanik stres etkisine maruz kaldığını değerlendirebiliriz.

Anizotropi derecesi, incelenen alandaki trabeküllerin dağılımının bir ifadesidir. Bu değerin 1'e eşit olması trabeküllerin kemik içinde izotropik yani aynı hizada dağılım gösterdiğini; 1'den büyük olması ise anizotropik yani bu durumun tam tersi bir dağılımın varlığını göstermektedir. Biz çalışmamızda bu değer ortalama $1,30 \pm 0,093$ olarak gözlemlendi. Bu sonuç bize trabeküllerin anizotropik olarak dağıldığını ifade etmektedir. Wurnig ve ark. os hamatum için bu parametreyi $1,56 \pm 0,08$ olduğunu tespit etmişlerdir (51). Han ve ark. os lunatum için $0,44 \pm 0,86$ değerini elde etmişlerdir (52). Nufer ve ark. os trapezium için $1,28 \pm 0,04$ olarak gözlemlenmişlerdir (53). Qu ve ark. os scaphoideum için bu değeri incelememişlerdir (54). Sonuçlar incelendiğinde os hamatum ve os trapezium için trabeküllerin anizotropik olarak dağıldığını; os lunatum'da ise izotropik olarak dağıldığını görmekteyiz. Kanaatimizce izotropik bir kemikte kırık oluştuğunda trabeküllerin aynı yönde hizalanması nedeniyle kırık ilerlemesi tek yönde meydana gelirken; anizotropik bir kemikte ise trabeküllerin daha dağınık olması dolayısıyla kırık ilerlemesi kendine daha fazla yayılma alanı bulacak ve daha fazla hasara neden olacaktır. Anizotropi derecesi, yapı-model indeksinde olduğu gibi kemiğin değişen koşullara bağlı olarak gösterdiği uyumun bir ölçüsüdür. Örneğin, Han ve ark. kemik nekrozu ilerlemesi durumunda nekrotik olmayan dokunun da kompresif strese yanıt olarak trabekül yapısını daha anizotropik hale getireceğini belirtmişlerdir (52). Bu yüzden farklı koşullara bağlı olarak trabekül dağılımının nasıl değiştiği uygun tedavi yaklaşımının tespit edilmesi adına önem arz etmektedir.

Kemik kalitesi etkili vida implantasyonu için önemlidir ve düşük kemik kalitesi vida kararlılığını negatif yönde etkilemektedir (55). Bu yüzden vida uygulaması planlanırken kemik kalitesi ve gücünü etkileyen trabeküler yapının değerlendirilmesi gerekmektedir. Wolff kanunu'na göre kemik üzerindeki yük arttıkça kemik bunu dengelemek adına yükün uygulandığı bölgede trabeküler yapısını yeniden düzenler (56). Dolayısıyla el bileği bölgesi için herhangi bir karpal kemiğin diğer karpal kemikler arasında bulunduğu pozisyon ve bu kemiğe tutunan yapılar (kaslar, ligamentler, vs.) onun mikromimarisini ve farklı fizyolojik ve patolojik durumlara verdiği yanıtın diğer kemiklerden farklı olmasını sağlayacaktır. Bu yüzden her bir kemik bulunduğu pozisyona ve diğer kemiklerle olan izafi durumuna göre değerlendirilmelidir.

Bu çalışmayı yapmaktaki amacımız uygun tıbbi yaklaşımın belirlenebilmesi adına kemik gücünü belirleyen etmenler olan trabeküler yapının os hamatum için belirlenmesidir. Bu etmenler arasında trabeküler sayı, kalınlık, seperasyon, yapı-model indeksi, anizotropi derecesi gibi yapılar doğrudan etkiye sahipken; kemik hacmi, kemik yüzeyi gibi etmenler trabekül yapısı tarafından belirlenmiş olup kemik kalitesine dolaylı olarak etki ederler. Çalışmamızın kısıtlılıkları ise örneklerimizin kuru kemikler olması ve ayrıca yaş ve cinsiyet tayininin yapılamamasıdır. Yapılacak daha ileri çalışmalarda hem kuru kemiklerle kadavralardan elde edilen kemikler karşılaştırılabilir hem de çeşitli patolojilere sahip os hamatum'lar ile normal os hamatum'ların trabeküler yapıları ve damarsal yapıları karşılaştırılabilir.

Sonuç olarak, incelediğimiz parametreler ile ilgili os hamatum'u değerlendirdiğimizde trabeküler kalınlık ve sayı açısından vida implantasyonu için diğer karpal kemiklere göre daha uygun olup; trabeküler seperasyon açısından ise vida implantasyonu için daha zayıf kalmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yaptığımız çalışmada 55 adet kuru os hamatum'un kemik yapısı incelenmiş olup doku hacmi (mm^3), kemik hacmi (mm^3), yüzdelik kemik hacmi: kemik hacmi /doku hacmi (%), kemik yüzeyi (mm^2), kemik yüzey/hacim oranı (mm^{-1}), trabeküler sayı (mm^{-1}), trabeküler kalınlık (mm), trabeküler seperasyon (mm), yapı model indeksi ve anizotropi derecesi değerlendirilmiştir.

Ölçülen değerler ise aşağıdaki şekildedir:

- 1) Doku hacmi $2526,12 \pm 604,615 \text{ mm}^3$ olarak ölçülmüştür.
- 2) Kemik hacminin $1137,10 \pm 318,973 \text{ mm}^3$ olduğu gözlemlenmiştir.
- 3) Yüzdelik kemik hacmi: Kemik hacmi/Doku hacmi % $44 \pm 5,859$ olarak ölçülmüştür.
- 4) Kemik yüzeyinin $12149,25 \pm 3738,144 \text{ mm}^2$ olduğu tespit edilmiştir.
- 5) Kemik yüzey/hacim oranı değeri $10,78 \pm 2,006 \text{ mm}^{-1}$ olarak ölçülmüştür.
- 6) Trabeküler sayının $1,31 \pm 0,150 \text{ mm}^{-1}$ olduğu gözlemlenmiştir.
- 7) Trabeküler kalınlık (mm) $0,35 \pm 0,056 \text{ mm}$ olarak ölçülmüştür.
- 8) Trabeküler seperasyon (mm) $0,57 \pm 0,087 \text{ mm}$ olarak belirlenmiştir.
- 9) Yapı model indeksinin $-0,12 \pm 0,638$ olduğu belirlenmiştir.
- 10) Anizotropi derecesinin $1,30 \pm 0,093$ olduğu anlaşılmıştır.

11) Os hamatum el bileğinde distal sırada ve en medial'de bulunan karpal kemiktir. Musculus flexor carpi ulnaris'in insertio yaptığı ve retinaculum musculorum flexorum'un tutunduğu kemiklerden biri olup; Guyon kanalının radial sınırı ile karpal tünel'in ulnar sınırını oluşturur.

12) Kemik yoğunluğu ve kalitesi kemiğe uygulanan vida implantasyonu için önemlidir. Mineral yoğunluğu kemik yoğunluğu ile ilgiliyken; doku mineral yoğunluğu, trabeküler kalınlık, trabeküler seperasyon, trabeküler sayı, ve kemik hacim fraksiyonu ise kemik kalitesi ile ilgili parametrelerdir. Bu sebeple, os hamatum tedavisi ile ilgili uygun stratejilerin belirlenip uygulanabilmesi için kemiğin trabeküler yapısının bilinmesi önem arz etmektedir.

13) Yapılacak daha ileri düzey çalışmalarda normal os hamatum'lar ile çeşitli patolojilere sahip os hamatum'ların trabeküler yapısını karşılaştırmayı ve os hamatum'un damar yapısını Mikro-BT yöntemi ile araştırmayı amaçlamaktayız.

7. KAYNAKLAR

1. Moore K. L., Dalley A. F., Agur A. M. R. Bölüm 6. Üst Ekstremité. Kayıhan Şahinoğlu, editör. Kliniđe yönelik anatomi. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 2014.
2. Walsh JJt, Bishop AT. Diagnosis and management of hamate hook fractures. *Hand Clin.* 2000;16(3):397-403.
3. Foucher G, Schuind F, Merle M, Brunelli F. Fractures of the hook of the hamate. *J Hand Surg Br.* 1985;10(2):205-10.
4. Schrijver FD, Smet LD. Fracture of the hook of the hamate, often misdiagnosed as “wrist sprain”. *The Journal of Emergency Medicine*, Vol. 20, No. 1, pp. 47–51, 2001.
5. Evans MW. Hamate hook fracture in a 17-year-old golfer: importance of matching symptoms to clinical evidence. *J Manipulative Physiol Ther* 2004 Oct;27(8):516-8.
6. Cano Gala C, Pescador Hernández D, Rendón Díaz DA, López Olmedo J, Blanco Blanco J. Fracture of the body of hamate associated with a fracture of the base of fourth metacarpal: A case report and review of literature of the last 20 years. *International Journal of Surgery Case Reports* 4 (2013) 442– 445.
7. How Kit N, Malherbe M, Hulet C. Hamate hook stress fracture in a professional bowler: Case report of an unusual causal sport. *Hand Surg Rehabil.* 2017;36(1):62-5.
8. Van Demark RE, Parke WW. Avascular necrosis of the hamate: a case report with reference to the hamate blood supply. *J Hand Surg Am.* 1992;17(6):1086-90.
9. De Smet L. Avascular necrosis of multiple carpal bones. A case report. *Chir Main.* 1999;18(3):202-4.
10. Peters SJ, Verstappen C, Degreef I, Smet LD. Avascular necrosis of the hamate: three cases and review of the literature. *J Wrist Surg.* 2014;3(4):269-74.

11. van Dijk M, Winters HA, Wuisman PI. Recurrent osteoblastoma of the hamate bone. A two-stage reconstruction with a free vascularized iliac crest flap. *J Hand Surg Br.* 1999;24(4):501-5.
12. Gdoura F, Trigui M, Ellouze Z, Hamed YB, Ayadi K, Keskes H. Hamatum osteoblastoma. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2010;96(6):712-6.
13. Ayan I., Serinsöz E. Hamatum kemiğinde osteoblastom: Nadir bir olgu sunumu. *Eklemler Hastalıkları Cerrahisi.* 2014;25(1):56-9.
14. Koti M, Honakeri SP, Thomas A. A multilobed osteochondroma of the hamate: case report. *J Hand Surg Am.* 2009;34(8):1515-7.
15. Cha SM, Shin HD, Kim DY. A solitary unilobed osteochondroma of the hamate: a case report. *J Pediatr Orthop B.* 2017;26(3):274-6.
16. Santoshi JA, Pallapati SC, Thomas BP. Haematogenous pseudomonas osteomyelitis of the hamate--treatment by radical debridement and bone grafting. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2010;63(1):189-90.
17. O'Shea K, Weiland AJ. Fractures of the hamate and pisiform bones. *Hand Clin* 2012;28(3):287–300.
18. Carlson BM. Human embryology and developmental biology. 5th ed. Philadelphia; 2014.
19. Muragaki Y, Mundlos S, Upton J, Olsen BR. Altered growth and branching patterns in synpolydactyly caused by mutations in HOXD13. *Science.* 1996;272(5261):548-51.
20. Cohn MJ, Patel K, Krumlauf R, Wilkinson DG, Clarke JD, Tickle C. Hox9 genes and vertebrate limb specification. *Nature.* 1997;387(6628):97-101.
21. Moore K. L, Persaud T. V. N. Ekstremiteler. Yıldırım M, Okar İ, Dalçık H, (Editörler). İnsan embriyolojisi, klinik yönleri ile. 1. Baskı. İstanbul: Nobel Tıp Kitapevleri, 2002.
22. Hinrichsen KV, Jacob HJ, Jacob M, Brand-Saber B, Christ B, Grim M. Principles of ontogenesis of leg and foot in man. *Ann Anat.* 1994;176(2):121-30.
23. Centrella M, Horowitz MC, Wozney JM, McCarthy TL. Transforming growth factor-beta gene family members and bone. *Endocr Rev.* 1994;15(1):27-39.

24. Russell RGG. Cytokines and growth factors involved in bone metabolism and disease. *Bull Royal College of Pathologists* 95:ii, 1996.
25. Tabin CJ. Retinoids, homeoboxes, and growth factors: toward molecular models for limb development. *Cell*. 1991;66(2):199-217.
26. Zou H, Niswander L. Requirement for BMP signaling in interdigital apoptosis and scale formation. *Science*. 1996;272(5262):738-41.
27. Eşrefoğlu M. Genel histoloji. 2. Baskı. İstanbul: İstanbul Tıp Kitabevi; 2016. 6. Bölüm, Kemik Dokusu; s. 217-218.
28. Mescher A. L. Junqueira's basic histology text and atlas. 13th ed. McGraw-Hill Education. 2013. Chapter 8, Bone; p. 149-150.
29. Sargon M. F. Anatomi akıl notları. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2016. Üst Ekstremitate; s. 13.
30. Yıldırım M. İnsan anatomisi 1. Genel anatomi, Lokomotor sistem. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 2006. 2. Bölüm, Systema Skeletale; s. 67-68.
31. Standring S. Gray's anatomy. The anatomical basis of clinical practice. 41. ed. London: Churchill Livingstone Elsevier; 2016.
32. Netter F. H. Cilt 8 Kas-iskelet sistemi. Kısım I Anatomi fizyoloji ve metabolik bozukluklar. Arasıl T, Ak K. G, editörler. The netter collection of medical illustrations. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2009.
33. Arıncı K, Elhan, A. Anatomi. 1. Cilt Kemikler, eklemler, kaslar, iç organlar. 5. Baskı. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2014. Kemikler; s. 14.
34. Wascke J, Böckers TM, Paulsen F. Önkol ve El. Sargon MF (Editör). Sobotta Anatomi Konu Kitabı. Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri; 2016.
35. Hirano K IG. Classification and treatment of hamate fractures. *Hand Surg.* (2005) 10(2/3):151-7.
36. Wharton DM, Casaletto JA, Choa R, Brown DJ. Outcome following coronal fractures of the hamate. *J Hand Surg Eur Vol.* 2010;35(2):146-9.
37. Urch EY, Lee SK. Carpal fractures other than scaphoid. *Clin Sports Med* 2015;34(1):51-67.
38. Ploger MM, Kabir K, Friedrich MJ, Welle K, Burger C. Ulnar-sided wrist pain in sports. TFCC lesions and fractures of the hook of the hamate bone as uncommon diagnosis. *Unfallchirurg.* 2015;118(6):484-9.

39. Cockenpot E, Lefebvre G, Demondion X, Chantelot C, Cotten A. Imaging of Sports-related Hand and Wrist Injuries: Sports Imaging Series. *Radiology*. 2016;279(3):674-92.
40. Kotwaliwale N, Singh K, Kalne A, Jha SN, Seth N, Kar A. X-ray imaging methods for internal quality evaluation of agricultural produce. *J Food Sci Tech Mys*. 2014;51(1):1-15.
41. Duluu OG. Computer axial tomography in geosciences: an overview. *Earth-Sci Rev*. 1999;48(4):265-81.
42. Singhal A, Grande JC, Zhou Z. Micro/nano CT for visualization of internal structures. *Microscopy Today*. 2013;21(02):16-22.
43. du Plessis A, Broeckhoven C, Guelpa A, le Roux SG. Laboratory x-ray micro-computed tomography: a user guideline for biological samples. *Gigascience*. 2017;6(6):1-11.
44. Chang PC, Liang K, Lim JC, Chung MC, Chien LY. A comparison of the thresholding strategies of micro-CT for periodontal bone loss: a pilot study. *Dentomaxillofac Radiol*. 2013;42(2):66925194.
45. Bouxsein ML, Boyd SK, Christiansen BA, Guldberg RE, Jepsen KJ, Müller R. Guidelines for assessment of bone microstructure in rodents using micro-computed tomography. *J Bone Miner Res*. 2010 Jul;25(7):1468-86.
46. Feldkamp LA, Goldstein SA, Parfitt AM, Jesion G, Kleerekoper M. The direct examination of three-dimensional bone architecture in vitro by computed tomography. *J Bone Miner Res*. 1989;4:3-11.
47. Jemt T, Lekholm U. Oral implant treatment in posterior partially edentulous jaws: a 5-year follow-up report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:635-40.
48. Drago CJ. Rates of osseointegration of dental implants with regard to anatomical location. *J Prosthodont* 1992;1:29-31.
49. Puleo DA, Nanci A. Understanding and controlling the bone-implant interface. *Biomaterials*. 1999 Dec;20(23-24):2311-21.
50. Lee JH, Kim HJ, Yun JH. Three-dimensional microstructure of human alveolar trabecular bone: a micro-computed tomography study. *J Periodontal Implant Sci*. 2017 Feb;47(1):20-29.

51. Wurnig MC, Calcagni M, Kenkel D, Vich M, Weiger M, Andreisek G, Wehrli FW, Boss A. Characterization of trabecular bone density with ultra-short echo-time MRI at 1.5, 3.0 and 7.0 T – comparison with micro-computed tomography. *NMR Biomed.* 2014; 27: 1159–1166.
52. Han KJ, Kim JY, Chung NS, Lee HR, Lee YS. Trabecular microstructure of the human lunate in Kienbock's disease. *J Hand Surg Eur Vol.* 2012 May;37(4):336-41.
53. Nufer P, Goldhahn J, Kohler T, Kuhn V, Müller R, Herren DB. Microstructural adaptation in trapezial bone due to subluxation of the thumb. *J Orthop Res.* 2008 Feb;26(2):208-16.
54. Qu G., von Schroeder HP. Trabecular microstructure at the human scaphoid nonunion. *J Hand Surg Am.* 2008 May-Jun;33(5):650-5.
55. Alonso-Vázquez A, Lauge-Pedersen H, Lidgren L, Taylor M. The effect of bone quality on the stability of ankle arthrodesis. A finite element study. *Foot Ankle Int.* 2004 Nov;25(11):840-
56. Wolff J. *Das Gesetz der Transformation der Knochen.* Berlin: Hirschwald; 1892.

8.EKLER

EK-1. Etik Kurul Kararı



T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 16969557-285

Konu :

ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

Toplantı Tarihi : 06 ŞUBAT 2018 SALI
Toplantı No : 2018/04
Proje No : GO 18/131 (Değerlendirme Tarihi: 06.02.2018)
Karar No : GO 18/131- 12

Üniversitemiz Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı Öğretim Üyelerinden Prof. Dr. Hakan Hamdi ÇELİK' in sorumlu araştırmacı olduğu, Arş. Gör. Dr. Mert OCAK ile birlikte çalışacakları ve Arş. Gör. Hakan OCAK' ın doktora tezi olan, GO 18/131 kayıt numaralı, "*Os Hamatum' un Kemik Yapısının Mikro-Bilgisayarlı Tomografi (Mikro-BT) Yöntemi ile Değerlendirilmesi*" başlıklı proje önerisi araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, etik açıdan uygun bulunmuştur.

- | | |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1. Prof. Dr. Nurten AKARSU (Başkan) | 10 Prof. Dr. Oya Nuran EMİROĞLU (Üye) |
| 2. Prof. Dr. Sevda F. MÜFTÜOĞLU (Üye) | 11 Yrd. Doç. Dr. Özay GÖKÖZ (Üye) |
| İZİNLİ | |
| 3. Prof. Dr. M. Yıldırım SARA (Üye) | 12. Doç. Dr. Gözde GİRGİN (Üye) |
| 4. Prof. Dr. Necdet SAĞLAM (Üye) | İZİNLİ |
| | 13. Doç. Dr. Fatma Visal OKUR (Üye) |
| 5. Prof. Dr. Hatice Doğan BUZOĞLU (Üye) | 14. Doç. Dr. Can Ebru KURT (Üye) |
| 6. Prof. Dr. R. Köksal ÖZGÜL (Üye) | İZİNLİ |
| | 15. Yrd. Doç. Dr. H. Hüsrev TURNAGÖL (Üye) |
| 7. Prof. Dr. Ayşe İ Hale DOĞAN (Üye) | 16. Yrd. Doç. Dr. Müge DEMİR (Üye) |
| 8. Prof. Dr. Elmas Ebru YALÇIN (Üye) | 17. Öğr. Gör. Meltem ŞENGELEN (Üye) |
| 9. Prof. Dr. Mintaze Kerem GÜNEL (Üye) | 18. Av. Meltem ONURLU (Üye) |

EK-2. Orjinallik Ekran Çıktısı

OS HAMATUM`UN KEMİK
YAPISININ MİKRO-
BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ
(MİKRO-BT) YÖNTEMİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ

Yazar Hakan Ocak

Gönderim Tarihi: 27-Mar-2019 02:42PM (UTC+0300)

Gönderim Numarası: 1101353597

Dosya adı: Hakan_OCAK_Tez__HOCA_KOPYASI_1.docx (2.59M)

Kelime sayısı: 3889

Karakter sayısı: 25724

OS HAMATUM'UN KEMİK YAPISININ MİKRO-BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ (MİKRO-BT) YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

ORJİNALLİK RAPORU

%**3**

BENZERLİK ENDEKSİ

%**3**

İNTERNET
KAYNAKLARI

%**1**

YAYINLAR

%**1**

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	% 1
2	iconsanar.com İnternet Kaynağı	% 1
3	acikerisim.selcuk.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<% 1
4	www.tipdergi.duzce.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
5	bmccancer.biomedcentral.com İnternet Kaynağı	<% 1
6	www.tedu.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
7	Submitted to Hacettepe University Öğrenci Ödevi	<% 1

EK-3. Dijital Makbuz



Dijital Makbuz

Bu makbuz ödevinizin Turnitin'e ulaştığını bildirmektedir. Gönderiminize dair bilgiler şöyledir:

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

Gönderen: Hakan Ocağ
Ödev başlığı: OS HAMATUM'UN KEMİK YAPISINI...
Gönderi Başlığı: OS HAMATUM'UN KEMİK YAPISINI...
Dosya adı: Hakan_OCAK_Tez__HOCA_KOPY...
Dosya boyutu: 2.59M
Sayfa sayısı: 25
Kelime sayısı: 3,889
Karakter sayısı: 25,724
Gönderim Tarihi: 27 Mar-2019 02:42PM (UTC+0300)
Gönderim Numarası: 1101353597



9. ÖZGEÇMİŞ

I. Bireysel Bilgiler

- Adı-Soyadı: Hakan OCAK
- Doğum yeri ve tarihi: Ardahan \ 20.07.1984
- Uyuşu: T.C.
- İletişim adresi ve telefonu: Kalkınma Mah. Farabi Cad. 119. Sok. No:4 Merkez Ortahisar Trabzon

II. Eğitimi (tarih sırasına göre yeniden-eskiye doğru)

- 2015- Doktora: Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı
- 2011-2014 Y. Lisans: Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı
- 2005-2009 Lisans: Fatih Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü

III. Mesleki Deneyimi

- 2018-Halen Araştırma Görevlisi Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı
- 2015-2018 Araştırma Görevlisi Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı
- 2011-2015 Araştırma Görevlisi Karadeniz Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Anatomi Anabilim Dalı

IV. Bilimsel Faaliyetleri Yayınları:

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

- Tefik Yılmaz, Metehan Akca, Yahya Turan, **Hakan Ocak**, Kagan Kamasak, Mehmet Yıldırım. Efficacy of dexamethasone on penicillin-induced epileptiform activity in rats: An electrophysiological study. Brain Res. 2014 Mar 20;1554:67-72.

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (proceedings)

basılan bildiriler :

- **Hakan OCAK**, Özgür PALANCI, Ahmet KALAYCIOĞLU, Niyazi ACER, Gülay YEGİNOĞLU “Volume Calculation of Midbrain Structures in Parkinson Patients with Diffeomap Software”, XXIVth International Syposium on Morphological Sciences (Abstract Book, Page: 102-103), Istanbul University, September 2-6 2015, Istanbul, Turkey

E. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan

bildiriler:

- **Ocak H**, Vural C.A , Akdemir Aktaş H, Selvi S, Farımaz M, Erdal Ö.D, Sargon M.F. Foramen Parietale Varyasyonları ve Morfometrisinin Baş Ağrısı ile İlişkilendirilmesi. 17. Ulusal Anatomi Kongresi (Özet Kitapçığı, Sayfa: S100-S101), Osmangazi Üniversitesi, 5-9 Eylül 2016, Eskişehir, Türkiye

- Özgür Palancı, **Hakan Ocak**, Ahmet Kalaycıoğlu, İlker Eyüpođlu, Vildan A. Çakmak. “Migren Hastalarında Beyin Yapıları Hacminin Diffeomap Yazılımı Kullanılarak Hesaplanması“, Antropoloji Radyoloji & Anatomi Kongresi (ARA2015) (Özet Kitapçığı, Sayfa:70), Gürkent Hotel, 12-13 Kasım 2015, Ankara, Turkey

Sertifika

- Deney hayvanları kullanım sertifikası, Hacettepe Üniversitesi