

## HUMERUS, RADIUS VE ULNA'DAKİ FORAMEN NUTRICIUM'LARIN ANATOMİSİ (BİR DERLEME)

### ANATOMY OF THE NUTRIENT FORAMEN ON THE HUMERUS, RADIUS AND ULNA: A REVIEW

Esranur KORKMAZ, İlke Ali GÜRSES, Özcan GAYRETLİ, Adnan ÖZTÜRK\*

#### ÖZET

**Amaç:** Humerus, radius ve ulna kırıklarında kaynama ya da kaynamada gecikme problemlerinin foramen nutricium'lar (FN) ile ilgili olduğu bildirilmektedir. Bu kemiklerin kırılmalarından sonra görülen kaynama problemlerinin FN'in anatomisi ile ilişkili olup olmadığını irdelemeyi amaçladık.

**Gereç ve yöntem:** Pubmed ve Google Akademik arama motorları ile makale taraması yaparak humerus, radius ve ulna'yı ilgilendiren toplam 27 makaleye ulaştık. Çalışma kriterlerimize uygun 23 makaleden; 8'i sadece humerus, 1'i sadece radius, 1'i sadece ulna, 1'i radius ve ulna, 12'si humerus-radius-ulna'yı değerlendirmiştir. Ayrıca klinik değerlendirmeler için 21 makaleden yararlanırken, toplam 44 makale kaynaklarımızda yer aldı.

**Sonuçlar:** İncelediğimiz makalelerde, humerus için foraminal indeks (FI) (FN'in kemiğin proksimal ucuna olan mesafenin, kemiğin toplam uzunluğuna oranlanması) en düşük 32.7, en yüksek ise 59.1'dir. Humerus'ta FN'lerin en sık facies anteromedialis'te yer aldığı bildirilmiştir. Radius için FI en düşük 32.7, en yüksek ise 44.52'dir. Radius'ta FN'lerin en sık facies anterior'da yer aldığı kaydedilmiştir. Ulna için FI en düşük 35.7, en yüksek ise 41.97'dir. Ulna'da FN'lerin en sık facies anterior'da olduğu gösterilmiştir.

**Tartışma:** FN sayısı ve yerleşimi açısından anatomisi, farklı etnik gruplar arasında uyum içindedir. Humerus kırıklarından sonra görülen kaynama problemlerinin proksimal 1/3'ünde daha sık olması, bu bölgeye tutunan güçlü üst ekstremitte ve gövde kasları ile ilişkilendirilmiştir. Ön kol kırıklarında ise kaynama problemlerinin, FN'lerin lokalizasyonunda değil, arteria nutricia (AN)'nın dallarının azaldığı diafiz distal 1/3 bölgesinde daha sık rastlandığı gösterilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Foramen nutricium; arteria nutricia; humerus; radius; ulna

#### ABSTRACT

**Objective:** The nutrient foramina are reported as a cause for union defects in humerus, radius and ulna fractures. We aimed to review the relationship between the anatomy of the nutrient foramina and fractures of these bones.

**Materials and Methods:** We performed an internet search via Pubmed and Google Scholar. We obtained full-text articles of 27 papers. We included 23 articles in our study. Eight studies investigated only humerus, 1 investigated radius, 1 investigated ulna, 1 investigated radius and ulna, and 12 investigated all three bones. We used additional 21 articles for a clinical viewpoint. Therefore 44 references were included in our study.

**Results:** For humerus, foraminal index (the ratio of the distance between nutrient foramen and proximal end of the bone to total bone length) ranged between 32.7 and 59.1, and mostly the foramina located at the anteromedial surface. For radius, foraminal index ranged between 32.7 and 44.52, and mostly the foramina located at the anterior surface. For ulna, foraminal index ranged between 35.7 and 41.97, and mostly the foramina located at the anterior surface.

**Conclusion:** The number and location of the foramina are concordant among different ethical groups. The most common site of union defects for humerus is the proximal 1/3. This complication is attributed to the attachments of strong skeletal muscles to this region. In forearm, non-unions tend to occur at the distal 1/3. At this region, blood supply is diminished due to the decrease of number of branches from the nutrient artery.

**Key words:** Nutrient foramen; nutrient artery; humerus; radius; ulna

Date received/Dergiye geldiği tarih: 07.12.2015 – Date accepted/Dergiye kabul edildiği tarih: 04.01.2016

\* İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, İstanbul, TÜRKİYE

(Corresponding author/İletişim kurulacak yazar: dresranurkorkmaz@gmail.com)

*Istanbul Tıp Fakültesi Dergisi Cilt / Volume: 79 • Sayı / Number: 1 • Yıl/Year: 2016*

## GİRİŞ

Uzun kemiklerde kemik diafizinin beslenmesinden AN sorumludur. Kemikğin prenatal ve postnatal gelişim sürecinde, diafiz ve epifiz kırıkdağının büyümesi için AN'nin önemli olduğu bildirilmiştir (1). “Uzun kemiklerde FN'lerin lokalizasyonlarının bilinmesi, serbest vasküler kemik greftleri ve sirkülasyonun korunmasını gerektiren bazı cerrahi girişimler açısından da önemlidir” (2). Humerus ve ön kol kemiklerinin kırıklarında kaynamama ya da kaynamada gecikme problemlerinin FN'ler ile ilgili olduğu bildirilmektedir. Bu derlemenin amacı, literatürde bu konu ile ilgili bulunan bilgileri irdeleyerek bu savı değerlendirmektir.



**Resim 1:** Resimde foramen nutricium'lar siyah ok ile gösterilmektedir. Foraminal indeks formülünde yer alan: DNF; foramen nutricium'un kemikğin proksimal ucuna mesafesi, TL; kemikğin toplam uzunluğu resimde belirtilmektedir.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Pubmed ve Google Akademik arama motorlarında “foramen nutricium”, “nutrient foramen”, “nutrient foramina”, “arteria nutricia” anahtar kelimeleri kullanılarak makale taraması yaptık. Humerus, radius ve ulna'yı ilgilendiren toplam 27 makaleye ulaştık. İncelenen makalelerde FI'nın, FN'lerin kemiklerdeki lokalizasyonunun ve sayısının tespit edilmiş olmasını çalışmaya dahil edilme kriteri olarak belirledik. Dört makaleyi bu parametreleri karşılamadığı için çalışma dışı bıraktık. FI kullanmayıp diğer şartları sağlayan makaleleri ayrıca değerlendirdik. Çalışma kriterlerimize uygun 23 makalenin; 8'i sadece humerus, 1'i sadece radius, 1'i sadece ulna, 1'i radius ve ulna, 12'si humerus-radius-ulna'yı değerlendirmiştir. Derlememiz

için toplam 44 makaleden yararlandık. Bu 44 makalenin 21'ini ise klinik değerlendirmeler için kullandık.

Hughes, FN'lerin lokalizasyonunu belirtmek için FI formülünü tarif etmiştir (3). Hughes'e göre FI, FN'nin kemikğin proksimal ucuna olan mesafenin (DNF), kemikğin toplam uzunluğuna (TL) oranlanması ile elde edilir (Resim 1). Hughes'in formülü aşağıdaki gibidir;

$$FI = \frac{DNF}{TL} \times 100$$

FN'lerin kemiklerdeki lokalizasyonları her kemikte (humerus, radius, ulna), üç yüz ve üç kenar olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Bu şekilde sınıflandırmayan araştırmacıların verilerini, lokalizasyonları ile uyumlu olacak şekilde, bu sınıflamaya uygun hale getirdik.

## SONUÇLAR

İncelenen 20 makalede toplam 2396 humerus değerlendirilmiştir (2,4-22). Humerus uzunluğu en az 29.4 cm en fazla 31.5 cm olarak bulunmuştur (4,5). Humerusta FN, en sık facies anteromedialis'te en nadir olarak da margo anterior'da görülmektedir (2,4-22). FI en düşük 32.7 en yüksek ise 59.1 olarak bulunmuştur (6,7). Makalelerde incelenen toplam humerus sayısı, FN sayısı, FN'lerin kemikteki lokalizasyonları ve FI; Tablo 1'de özetlenmiştir.

FI yerine humerus boyunu eşit parçalara ayırarak lokalizasyon belirten yazarlar, FN'lerin yerleşimini orta 1/3 veya orta 1/5 olarak kaydetmişlerdir (4,9,10,2,17,21,15,20,18,14).

İncelenen 14 makalede toplam 1356 radius değerlendirilmiştir (2,5,7,9,10,13,14,16,18,6,20,22-24). Radius uzunluğu en az 22.5 cm en fazla 23.7 cm olarak ölçülmüştür (7,6). En sık FN yerleşimi facies anterior iken margo posterior'da FN yerleştiğini gözlemleyen çalışmaya rastlamadık (2,5,7,9,10,13,14,16,18,6,20,22-24). FI en düşük 32.7 en yüksek ise 44.52 olarak bulunmuştur (6,7). Makalelerde incelenen toplam radius sayısı, FN sayısı, FN'lerin kemikteki lokalizasyonları ve FI; Tablo 2'de özetlenmiştir.

FI yerine radius boyunu eşit parçalara ayırarak lokalizasyon belirten yazarlar, FN'lerin yerleşimini kemikğin proksimal 1/2'sinde (23,2,25), proksimal 1/3'ünde (18) ve orta 1/3'ünde bulmuşlardır (9,10,20,18). Karaoğlan ve Mağden ise radius'u altı eşit parçaya bölmüşler ve FN'lerin çoğunun proksimal 2. ve 3. parçalarda olduğunu kaydetmişlerdir (24). Murlımanju ve ark., radius'u beş eşit parçaya bölmüşler ve FN'lerin %87.7'sinin proksimal 2/5'inci parçaya yerleştiğini bulmuşlardır (14).

İncelenen 14 makalede toplam 1368 ulna değerlendirilmiştir (2,5-8,10,13,14,16,18,20,22,23,26). Ulna uzunluğu en az 23.9 cm en fazla 25.4 cm olarak ölçülmüştür (7,6). En sık FN yerleşimi facies anterior iken margo posterior'da FN yerleştiğini gözlemleyen çalışmaya rastlamadık (2,5-8,10,13,14,16,18,20,22,23,26). FI en düşük 35.7 en yüksek ise 41.97 olarak bulunmuştur (5,7). Makalelerde incelenen toplam ulna sayısı, FN sayısı, FN'lerin kemikteki lokalizasyonları ve FI; Tablo 3'de özetlenmiştir.

FI yerine ulna boyunu eşit parçalara ayırarak lokalizasyon belirten yazarlar, FN'lerin yerleşimini

## Humerus, radius ve ulna'da foramen nutricium

**Tablo 1: Humerus'ta FN ile ilgili yapılan 20 araştırma ve sonuçları**

ARAŞTIRMACI ADI (YIL), (KAYNAK NO)	TOPLAM KEMİK SAYISI	FN SAYISI					FN'LERİN YERLEŞİMİ						FI
		0	1	2	3	4	FAM	FP	FAL	MA	ML	MM	
Lütken (1950), (8)	316	3	228	81	4	-	315	80	7	-	-	-	-
Caroll (1963), (4)	71	-	48	20	3	-	74	25	1	-	-	-	-
Mysorekar (1967), (9)	179	-	104	69	4	2	207	50	-	-	-	-	-
Longia (1980), (10)	120	2%	85%	13%	-	-	91	22	2	4	4	-	-
Campos (1987), (2)	36	-	27	9	-	-	36	7	1	-	-	-	57,73
Şendemir (1991), (11)	29	1	22	4	2	-	29	5	2	-	-	-	54,6
Şendemir ve Çimen (1991), (5)	117	10	69	32	6	-	115	33	3	-	-	-	46,78
Kopuz(1994), (7)	60	-	44	13	3	-	54	20	2	-	-	-	59,1
Öztürk (1999), (12)	114	-	90	24	-	-	102	22	2	2	0	10	57,32
Kızıllkanat (2007), (13)	101	2	69	22	7	1	99	25	2	-	-	-	46,46
Murlimanju(2011), (14)	96	3	90	3	-	-	58	3	-	3	-	32	57,6
Joshi (2011), (15)	200	-	126	66	8	-	74	18	-	4	44	142	-
Pereira (2011), (16)	174	-	154	20	-	-	173	8	-	8	5	-	55,2
Chandersekar (2013), (17)	258	-	198	53	7	-	232	22	4	-	-	-	-
Ukoha (2013), (18)	150	39	99	12	-	-	109	9	-	-	-	1	56,28
Khan (2014), (19)	75	-	68	7	-	-	72	2	1	-	-	-	-
Parmar(2014), (6)	60	-	45	13	2	-	%89.6	%10.4	-	-	-	-	32,7
Solanke (2014), (20)	100	4	92	4	-	-	67	1	-	-	-	32	-
Yaseen (2014), (21)	100	-	79	19	2	-	123	11	5	-	-	-	-
Patel (2015), (22)	40	-	24	14	2	-	34	15	-	-	-	9	51,7

FN: foramen nutricium, FAM: facies anteromedialis, FP: facies posterior, FAL: facies anterolateralis, MA: margo anterior, ML: margo lateralis, MM: margo medialis, FI: foraminal indeks

**Tablo 2: Radius'ta FN ile ilgili yapılan 14 araştırma ve sonuçları**

ARAŞTIRMACI ADI (YIL), (KAYNAK NO)	TOPLAM KEMİK SAYISI	FN SAYISI				FN'LERİN YERLEŞİMİ						
		0	1	2	3	FA	FL	FP	MA	MP	MI	FI
Shulman (1959), (23)	164	2	161	3	-	135	4	-	-	-	25	-
Mysorekar (1967), (9)	180	4	168	8	-	80	-	17	38	-	29	-
Longia (1980), (10)	200	2	192	6	-	168	-	16	4	-	16	-
Campos (1987), (2)	33	-	33	-	-	33	-	-	-	-	-	36,34
Karaoğlan (1989), (24)	248	2	236	10	-	146	-	15	55	-	40	-
Şendemir (1991), (5)	99	11	85	3	-	78	-	-	2	-	11	35,73
Kopuz (1994), (7)	37	-	37	-	-	33	-	3	-	-	-	44,52
Kızıllkanat (2007), (13)	93	-	92	2	-	89	-	3	-	-	-	35,52
Murlimanju (2011), (14)	72	3	68	1	-	52	-	4	4	-	10	34,4
Pereira (2011), (16)	157	-	156	1	-	115	-	5	5	-	32	35,7
Ukoha (2013), (18)	50	16	34	-	-	32	-	3	-	-	-	33,74
Parmar (2014), (6)	60	-	58	2	-	35	-	5	4	-	2	32,7
Solanke (2014), (20)	80	4	74	2	-	53	-	4	6	-	17	-
Patel (2015), (22)	40	-	40	-	-	35	-	5	-	-	-	34,77

FN: foramen nutricium, FA: facies anterior, FL: facies lateralis, FP: facies posterior, MA: margo anterior, MP: margo posterior, MI: margo interosseus, FI: foraminal indeks

kemiğin proksimal 1/3'ünde (10), orta 1/3'ünde (9, 20, 18) ve proksimal 1/2'sinde (23) gözlemlenmişlerdir. Mağden ve Karaoğlan, ulna boyunu altı eşit parçaya bölmüşler ve FN'lerin en sık proksimal 2. ve 3. parçalara yerleştiğini bildirmişlerdir (26). Murlimanju ve ark. ise FN'lerin %83.6'sının proksimal 2/5'te yerleştiğini bulmuşlardır (14).

Makalelerde FN genişliğini değerlendirmek için 20 ve 24 Gauge (G) hipodermik iğneler kullanılmıştır (12, 4, 21). 20 G iğnenin girdiği delik büyük, 24 G iğnenin girdiği delik orta ve 24 G iğnenin giremediği delik ise küçük olarak sınıflandırılmıştır. Bu sınıflamaya göre humerus'ta FN'lerin %31-58'i büyük, %38-46'sı orta ve

%4-27'si küçük olarak değerlendirilmiştir (12, 4, 21). Kızılkanaat ve ark., tüm üst ve alt ekstremitelerde uzun kemiklerinde yaptıkları çalışmalarında, yalnız bir tane FN'den 24 G iğnenin girmediğini gözlemlenmişlerdir (13). Murlimanju ve ark. ise 24 G iğnenin tüm üst ekstremitelerde uzun kemiklerin FN'lerinden geçtiğini kaydetmişlerdir (14). Fakat Kızılkanaat ve ark. ile Murlimanju ve ark. yaptıkları çalışmalarda, 20 G'lık hipodermik iğne kullanmadıkları için deliklerin büyüklükleri ile ilgili sınıflandırma yapmamışlardır. Solanke ve ark. ise humerus'u inceledikleri çalışmada FN'lerin büyüklükleri ile kemiklerin uzunlukları arasında bir korelasyon olmadığını bildirmişlerdir (20).

**Tablo 3: Ulna'da FN ile ilgili yapılan 14 araştırma ve sonuçları**

ARAŞTIRMACI ADI (YIL) (KAYNAK NO)	TOPLAM KEMİK SAYISI	FN SAYISI				FN'LERİN YERLEŞİMİ						FI
		0	1	2	3	FA	FM	FP	MA	MP	MI	
Shulman (1959), (23)	164	1	149	14	-	136	4	-	-	-	24	-
Mysorekar (1967), (8)	180	2	168	10	-	137	-	-	32	-	19	-
Longia (1980), (10)	200	-	190	8	2	194	-	2	6	-	10	-
Campos (1987), (2)	33	-	30	3	-	33	-	-	-	-	-	36,81
Mağden (1989), (26)	248	3	256	12	1	244	1	-	27	-	11	-
Şendemir (1991), (5)	99	7	82	2	-	83	-	-	-	-	3	35,7
Kopuz (1994), (7)	37	-	35	2	-	39	-	-	-	-	-	41,97
Kızılkanaat (2007), (13)	102	-	101	1	-	81	-	2	-	-	-	38,84
Murlimanju (2011), (14)	75	-	75	-	-	65	-	-	8	-	2	34,4
Pereira (2011), (16)	158	-	156	2	-	121	-	-	18	-	9	37,9
Ukoha (2013), (18)	50	11	39	-	-	36	-	-	-	-	-	36,7
Parmar (2014), (6)	60	-	60	-	-	60	-	-	-	-	-	36
Solanke (2014), (20)	80	3	77	-	-	59	-	1	9	-	8	-
Patel (2015), (22)	40	-	44	-	-	44	-	-	-	-	-	38,13

FN: foramen nutricium, FA: facies anterior, FM: facies medialis, FP: facies posterior,

MA: margo anterior, MP: margo posterior, MI: margo interosseus, FI: foraminal indeks

## TARTIŞMA

Canalis nutricius'dan ilk olarak 1691 yılında Havers bahsetmiştir (8). Bernard 1835 yılında kemiğin büyüme ve ossifikasyonu ile kanal yönünün korele olduğunu belirtmiş, Clark da kanal yönünün üst ekstremitelerde dirseğe yaklaşır, alt ekstremitelerde ise dizden uzaklaşır doğrultuda olduğunu bildirmiştir (27, 3).

Çalışmalar, AN'nin kemik kanlanması %50'sinden sorumlu olduğunu bildirmektedir (1). Ancak, Kütchner çivi uygulaması sonrasında AN hasarı olmasına rağmen kemik korteksinin dış 1/3'lük bölümünde iskemi ve nekroz gözlenmediği vurgulanmıştır. Bu durum nedeniyle kemik korteksinin kanlanmasında periostun da önemli olduğu bildirilmektedir (28).

AN, humerus'a kemiğin 1/3 orta bölümünün distalinden girmektedir (29). Humerus'un bu kısmında AN'nin hasara uğramasının, kaynama problemlerine yol açtığı bildirilmiştir (30). Özellikle açık redüksiyon sırasında AN'nin yaralanmasına bağlı olarak kaynama problemlerinin meydana gelebileceği vurgulanmıştır (4). Ancak literatürde, humerus proksimal 1/3 kırıkları, orta ve distal kısımlara göre kaynama problemleri

açısından daha büyük risk faktörü taşıdığı bildirilmektedir. Bunun sebebi m. deltoideus, m. pectoralis major ve m. biceps brachii caput longum'un insersiyolarının kırık bölgesinde yer alması ve kırık uçlarını çekerek yer değiştirmeleri olarak açıklanmaktadır (31, 32, 33). Volgas ve ark. ise yaptığı derlemede, humerus kırıklarının görülme sıklığının tüm kırıklar arasında %5 ile %8 arasında olduğunu ve kaynama problemlerinin yaygın olmadığını bildirmişlerdir (34).

Kaynamama ya da yanlış kaynama için genel risk faktörlerinin; cinsiyet, yaş, diyabet, obezite, sigara ve alkol kullanımı, osteoporoz ve non-steroid anti-inflamatuvar ilaçlar olduğu bildirilmiştir. Vasküler hasarlar ise, lokal risk faktörleri arasında yer almaktadır (35, 34). Ön kolun a. radialis ve a. ulnaris tarafından oluşturulan kollateraller ile dolaşımı sağlanmaktadır. Bu nedenle vasküler hasar bir risk faktörü olsa da, bu iki arterden birinin yaralanmasında dahi dolaşım problemi görülmediği ve yaralanan arterin tamiri konusunda bir zorunluluk olmadığı kaydedilmiştir (36).

Ön kolda, a. nutricia radii ve a. nutricia ulnae, a. interossea anterior'un dallarıdır. Her iki arter de kemiklerin diafizlerinin proksimal ikinci 1/4'ünden girer (37). Shulman ve ark., ön kol kırıklarında, dikkatsizce yapılan manipülasyonlara bağlı gelişen AN yaralanmalarından sonra gecikmiş kaynama veya daha az sıklıkla yanlış kaynama görülebileceğini öne sürmüşlerdir (23). Benzer bir şekilde; Kopuz ve ark. da, ön kolda kaynama problemlerinin sık olduğu yerler ile radius ve ulna'da bulunan FN'lerin lokalizasyonlarının korele olduğunu bildirmişlerdir (7). Buna rağmen Brakenbury ve ark., izole ulnar diafiz kırıklarının kaynama problemlerini inceledikleri derlemede, kaynama problemlerinin FN'lerin yerleşim yerlerinde değil, AN tarafından zayıf beslenen orta ve distal kısımlarda daha sık görüldüğünü kaydetmişlerdir (38). Brakenbury'nin çalışması, ulna diafiz kırıklarında AN'nin uç dallarının beslediği orta-distal 1/3 bileşkesinin iskemi açısından daha fazla risk altında olduğunu ve bu bölge kırıklarının daha yüksek sıklıkla kaynama problemleri ile sonuçlandığını göstermektedir. Literatürde 2000 yılı sonrası makalelerde radius ve ulna'nın diafizler kaynamama risk faktörleri arasında AN yaralanması sayılmamaktadır. Ön kol kırıklarının lokal risk faktörleri arasında; anatomik ve fonksiyonel bozulma, el bileği ve dirsek eklemlerinde disfonksiyon, membrana interossea hasarlanması (39, 40), çok parçalı kırıklar, yüksek enerjili (trafik kazası, yüksekte düşme, ateşli silah yaralanması gibi) kırıklar, açık cerrahi, iyi olmayan cerrahi teknik (41), yetersiz redüksiyon, instabil fraktür fiksasyonu ve erken ekstremité mobilizasyonu sayılmaktadır (42). Çok sayıda risk faktörü bulunmasına rağmen standart cerrahi teknik uygulanan vakalarda, radius ve ulna'da sorunsuz kaynama görülme oranının %96'nın üzerinde olduğu bildirilmektedir (43, 44).

## SONUÇ

FN sayı ve yerleşimi açısından anatomisinin farklı etnik gruplar arasında bile uyum içinde olduğu görülmektedir. Ancak, 2000 yılı öncesi çalışmalarda AN/FN yerleşiminin kaynamama/geç kaynama/yanlış kaynama arasında bir ilişki olduğu savunulduysa da; 2000 yılı sonrası çalışmalar da, AN/FN yaralanmasını lokal risk faktörleri arasında sayılmamaktadır. Humerus kırıklarından sonra gelişen kaynama problemlerinin proksimal 1/3'te daha sık olması, bölgeye tutunan güçlü üst ekstremité ve gövde kaslarının kırık uçlarını farklı yönlere çekmesine bağlı olduğu savunulmaktadır. Ön kol kırıklarında ise kaynama problemlerine, FN'lerin lokalizasyonunda değil, AN'nin dallarının azaldığı diafiz distal 1/3 bölgesinde daha sık rastlandığı gösterilmiştir.

## KAYNAKLAR:

1. Trueta J. The role of the vessels in osteogenesis. J Bone Joint Surg Br 1963;45:402-18.
2. Campos FF, Pellico LG, Alias MG, Fernandez-Valencia R. A study of the nutrient foramina in human long bones. Surg Radiol Anat 1987;9:251-5.

3. Hughes H. The factors determining the direction of the canal for the nutrient artery in the long bones of mammals and birds. Acta Anat 1952;15:261-80.
4. Carroll SE. A study of the nutrient foramina of the humeral diaphysis. J Bone Joint Surg Br 1963; 45: 176-81.
5. Şendemir E, Çimen A. Nutrient foramina in the shafts of upper limb long bones. Medical Bulletin of İstanbul Medical Faculty 1991;24:253-60.
6. Parmar AM, Vaghela B, Shah K, Patel B, Trivedi B. Morphometric analysis of nutrient foramina in human typical long bones of upper limb. Natl J Integr Res Med 2014;5:26-9.
7. Kopuz C, Dabak N, Gülman B, Özyer D. Üst ekstremité uzun kemiklerinin diafizlerinde foramen nutricium'un sayı ve yerleşim analizi. SBAD 1994; 5: 185-9.
8. Lütken P. Investigation into the position of the nutrient foramina and the direction of the vessel canals in the shafts of the humerus and femur in man. Acta Anat 1950; 9: 57-68.
9. Mysorekar VR. Diaphyseal nutrient foramina in human long bones. J Anat 1967;101:813-22.
10. Longia GS, Ajmani ML, Saxena SK, Thomas RJ. Study of diaphyseal nutrient foramina in human long bones. Acta Anat 1980;107:399-406.
11. Şendemir E, Çimen A. Humerus diafizinde foramen nutricium sayısı ve yerleşimleri. Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi 1991;3:375-80.
12. Öztürk A, Arı Z, Bayraktar B, Şahinoğlu K, Olcay E. Humerus diafizinde foramen nutricium. Morfoloji Dergisi 1999;7:33-6.
13. Kizilkanat E, Boyan N, Ozsahin ET, Soames R, Oğuz O. Location, number and clinical significance of nutrient foramina in human long bones. Ann. Anat 2007;189:87-95.
14. Murlimanju BV, Prashanth KU, Prabhu LV, Saralaya VV, Pai MM, Rai R. Morphological and topographical anatomy of nutrient foramina in human upper limb long bones and their surgical importance. Rom J Morphol Embryol 2011; 52: 859-62.
15. Joshi H, Doshi B, Malukar O. A study of the nutrient foramina of the humeral diaphysis. Natl J Integr Res Med 2011;2:14-7.
16. Pereira GA, Lopes PT, Santos AM, Silveira FH. Nutrient foramina in the upper and lower limb long bones: Morphometric study in bones of Southern Brazilian adults. Int J Morphol 2011; 29: 514-20.
17. Chandrasekaran S, Shanthi KC. A study on the nutrient foramina of adult humeri. J Clin Diagn Res JCDR 2013;7:975-7.
18. Ukoha UU, Umeasalugo KE, Nzeako HC, Ezejindu DN, Ejimofor OC, Obazie IF. A study of nutrient foramina in long bones of Nigerians. Natl J Med Res 2013;2:304-8.
19. Khan AS, Shah Z, Qaiser I. Anatomical variations in diaphyseal nutrient foramina of humerus in cadavers from khyber pakhtunkhwa, Pakistan. KMUJ 2014;6:18-21.
20. Solanke KS, Bhatnagar R, Pokhrel R. Number and position of nutrient foramina in humerus, radius and



- ulna of human dry bones of Indian origin with clinical correlation. *OA Anatomy* 2014;2:1-4.
21. Yaseen S, Nitya W. Morphological and topographical study of nutrient foramina in adult humeri. *International Journal of Innovative Research and Development* 2014; 3: 7-10.
  22. Patel SM, Vora RK. Anatomical study of nutrient foramina in long bones of human upper limbs. *IAIM* 2015; 2: 94-8.
  23. Shulman SS. Observations on the nutrient foramina of the human radius and ulna. *Anat Rec* 1959; 134: 685-97.
  24. Karaoğlan O, Mağden A. Radius cisminde foramen nutricium'un incelenmesi. *DEÜ Tıp Fakóltesi Dergisi* 1989;4:42-52.
  25. Nagel A. The clinical significance of the nutrient artery. *Orthop Rev* 1993;22: 557-61.
  26. Mağden A, Karaoğlan O. Ulna cisminde foramen nutricium'un incelenmesi. *DEÜ Tıp Fakóltesi Dergisi* 1989;4:53-62.
  27. Patake SM, Mysorekar VR. Diaphysial nutrient foramina in human metacarpals and metatarsals. *J Anat* 1977;124:299-304.
  28. Trueta J and Cavadias AX. Vascular changes caused by the kúntscher type of nailing. *J Bone Joint Surg Br* 1955;37:492-505.
  29. Laing PG. The arterial supply of the adult humerus. *J Bone Joint Surg B* 1956;38:1105-16.
  30. Jupiter JB, von Deck M. Ununited humeral diaphyses. *J Shoulder Elbow Surg* 1998; 7: 644-53.
  31. Cadet ER, Yin B, Schulz B, Ahmad CS, Rosenwasser MP. Proximal humerus and humeral shaft nonunions. *J Am Acad Orthop Surg* 2013;21: 538-47.
  32. Prasarn ML, Achor T, Paul O, Lorich DG, Helfet DL. Management of nonunions of the proximal humeral diaphysis. *Injury* 2010; 41: 1244-8.
  33. Ring D, Chin K, Taghinia AH, Jupiter JB. Nonunion after functional brace treatment of diaphyseal humerus fractures. *J Trauma Acute Care Surg* 2007; 62:1157-8.
  34. Volgas DA, Stannard JP, Alonso JE. Nonunions of the humerus. *Clin Orthop* 2004; 419: 46-50.
  35. Calori GM, Albisetti W, Agus A, Iori S, Tagliabue L. Risk factors contributing to fracture non-unions. *Injury* 2007;38:11-8.
  36. Demirtaş AM, Kalem M. Erişkinlerde önkol kırıkları. *TOTBİD Dergisi* 2008;7:35-9.
  37. Giebel GD, Meyer C, Koebke J, Giebel G. Arterial supply of forearm bones and its importance for the operative treatment of fractures. *Surg Radiol Anat* 1997;19:149-53.
  38. Brakenbury PH, Corea JR, Blakemore ME. Nonunion of the isolated fracture of the ulnar shaft in adults. *Injury* 1981;12:371-5.
  39. dos Reis FB, Faloppa F, Fernandes HJA, Albertoni WM, Stahel PF. Outcome of diaphyseal forearm fracture-nonunions treated by autologous bone grafting and compression plating. *Ann Surg Innov Res* 2009;3:1-5.
  40. Tarr RR, Garfinkel AI, Sarmiento A. The effects of angular and rotational deformities of both bones of the forearm. An in vitro study. *J Bone Joint Surg Am* 1984;66:65-70.
  41. Kloen P, Wiggers JK, Buijze GA. Treatment of diaphyseal non-unions of the ulna and radius. *Arch Orthop Trauma Surg* 2010;130:1439-45.
  42. Faldini C, Miscione MT, Acri F, Chehrassan M, Bonomo M, Giannini S. Use of homologous bone graft in the treatment of aseptic forearm nonunion. *Musculoskelet Surg* 2011;95: 31-5.
  43. Richard MJ, Ruch DS, Aldridge JM. Malunions and nonunions of the forearm. *Hand Clin* 2007;23: 235-43.
  44. Bacorn RW, Kurtzke JF. Colles' fracture. *J Bone Joint Surg* 1953;35:643-58.