

## Kraniovertebral Bileşke Kemiklerinin Morfometrik Özellikleri Morphometric Features of Craniovertebral Junction Bones

Merve Sevgi İNCE<sup>1\*</sup>, Güneş AYTAÇ<sup>2</sup>, Esmâ Deniz BARÇ<sup>3</sup>, Yener BEKTAŞ<sup>4</sup>,  
Ahmet Cem ERKMAN<sup>5</sup>, Burcu KÜÇÜK BİÇER<sup>6</sup>, Rabet GÖZİL<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Yüksek İhtisas Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

<sup>3</sup>Yüksek İhtisas Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Dökümantasyon ve Sekreterlik Programı

<sup>4</sup>Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Arkeoloji Bölümü, Nevşehir, Türkiye

<sup>5</sup>Ahi Evran Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Antropoloji Bölümü, Kırşehir, Türkiye

<sup>6</sup>Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıp Eğitimi ve Bilişimi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

<sup>7</sup>Yüksek İhtisas Üniversitesi Tıp Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

### ÖZ

**Giriş:** Kraniovertebral bileşke oksipital kemik, atlas, axis ve destekleyici ligamentlerden oluşur. Instabilite tedavisine yönelik cerrahi müdahaleler, bu bölgenin morfometrik özelliklerinin bilinmesini gerektirir. Bu nedenle, çalışmanın amacı, kraniovertebral bileşkeye katılan kemiklerin morfometrik özelliklerini değerlendirmek ve analiz etmektir.

**Materyal ve Metod:** Arkeolojik kazılarda bulunan kuru kemikler üzerinde morfometrik analiz yapılmıştır. Çalışmamızda 9 oksipital kemik, 18 atlas ve 16 axis ölçülmüştür. Ölçümler arasındaki farklar t-testleri kullanılarak belirlenmiş ve p < 0.05'te anlamlı kabul edilmiştir.

**Bulgular:** Processus transversus'ların uçları arasındaki mesafe (p < 0,001), foramen transversarium'ların lateral uçları arasındaki mesafe (p = 0,011), foramen transversarium'ların medial uçları arasındaki mesafe (p = 0,013), canalis vertebralis'in maksimum transvers çapı (p = 0,014), canalis vertebralis'in maksimum anterior-posterior çapı (p = 0,014) ve facies articularis inferior genişliği (sol p < 0,001 ve sağ p = 0,005) kadınlarda anlamlı olarak daha kısa bulunmuştur. Dens axis genişliği (p < 0,01), corpus'un anterior yüksekliği (p = 0,034), processus transversus'ların uç noktalarından orta hatta olan mesafe (sol p = 0,049), facies articularis inferior maksimum uzunluğu (sol p = 0,04 ve sağ p = 0,05), facies articularis superior genişliği de (sağ p = 0,007) kadınlarda anlamlı olarak daha kısa bulunmuştur.

**Sonuç:** Morfometrik analiz, cerrahi tekniklerin geliştirilmesi ve iyileştirilmesinde oldukça önemlidir. Bu bağlamda, araştırmamızın sonuçları oldukça hassas çalışmaların yapılması gereken kraniovertebral ve vertebra ile ilgili cerrahi alanlara katkı sağlayabilecektir.

**Anahtar Sözcükler:** Atlas, axis, oksipital kemik, kraniovertebral bileşke

### ABSTRACT

**Introduction:** The craniovertebral junction comprises the occipital bone, atlas, axis and supporting ligaments. Surgical interventions for treatment of instability, require knowledge of morphometric properties of this area. Therefore, the aim of the present study was to evaluate adult dried human skulls to analyze morphometric features of the bones that joined the craniovertebral junction.

**Materials and Methods:** Morphometric analysis was performed on dry bones which found in the excavations. 9 occipital bone, 18 atlas and 16 axis were measured. Differences between measurements were determined using t-tests and were considered significant at p < 0.05.

**Results:** The distance between both tips of the transverse processes (p < 0.001), the distance between both outermost edges of the transverse foramen (p = 0.011), the distance between both innermost edges of the transverse foramen (p = 0.013), the maximum transverse diameter of the vertebral canal (p = 0.014), the maximum anteroposterior diameter of the vertebral canal (p = 0.014) and the width of the inferior articular facet (left p < 0.001 and right p = 0.005) were found significantly shorter in females atlases. The width of the dens axis (p < 0.001), the height of the corpus axis (p = 0.034), the distance from lateral most edge of the transvers process to midline (left p = 0.049), the length of the inferior articular facet (left p = 0.004, right p = 0.005), the width of the superior articular facet (right p = 0.007) were found significantly shorter in females axes.

**Conclusion:** Morphometric analysis is very important in the development and improvement of surgical techniques. In this context, the results of our study can contribute to developments in this area.

**Keywords:** Atlas, axis, occipital bone, craniovertebral junction

**Cite this article as:** İnce MS, Aytaç G, Barç ED, Bektaş Y, Erkman AC, Biçer Küçük B, Gözil R. Kraniovertebral Bileşke Kemiklerinin Morfometrik Özellikleri. YIU Sağlık Bil Derg 2021;2:67-75.

\*Bu çalışma, 3-5 Mayıs 2018 tarihinde, Nevşehir'de yapılan "Uluslararası Spor, Antropoloji, Beslenme, Anatomi ve Radyoloji Kongresi (SANAR2018)"nde poster olarak sunulmuştur.

**Correspondence Address/Yazışma Adresi:** Merve Sevgi İNCE, Yüksek İhtisas Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, 06520, Ankara, Türkiye  
**E-mail:** mervesevgiince@yiu.edu.tr, **M.S.İ.:** <https://orcid.org/0000-0002-7121-7210>, **G.A.:** <https://orcid.org/0000-0003-4902-2844>, **E.DB.:** <https://orcid.org/0000-0003-4636-4312>,  
**Y. B.:** <https://orcid.org/0000-0002-4423-1519>, **A.C.E.:** <https://orcid.org/0000-0003-3382-1019>, **B.K.B.:** <https://orcid.org/0000-0002-5615-264X>, **R.G.:** <https://orcid.org/0000-0002-5493-7734>

**Received/Geliş Tarihi:** 29.08.2021, **Accepted/Kabul Tarihi:** 07.12.2021, **Available Online Date/Çevrimiçi Yayın Tarihi:** 29.12.2021

©Copyright 2021 by Journal of Health Science Yüksek İhtisas University  
©Telif Hakkı 2021 Yüksek İhtisas Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi

## Giriş

Kraniovertebral (kranioservikal) bileşke, oksiput, atlas, axis ve destekleyici ligamentlerden oluşur. Aynı zamanda, beyin sapı, omurilik ve alt kranial sinirleri de kapsar (1, 2). Bu bölge, vertebral kolonun diğer bölümlerinden oldukça farklı olan benzersiz bir kemik mimarisine sahiptir. Bölgenin farklı anatomik yapıya sahip olmasının nedenleri; yük taşıma özelliği, hareketlilik ve geçiş bölgesi olmasıdır (3).

Oksipital kondiller, kafa iskeletinde atlas ile eklem yapan tek yüzey oldukları için kraniovertebral bileşkenin önemli bileşenleridir. Atlanto-oksipital eklem bütünlüğü, kraniovertebral bileşkenin stabilitesi için hayati önem taşır (4). Cerrahlar uzun yıllar boyunca a. vertebralis, columna vertebralis, n. hypoglossus ve foramen jugulare gibi kritik nörovasküler yapılarla yakın ilişkileri nedeniyle oksipital kondillere vida yerleştirmekten kaçınmışlardır (5). Ancak artık nörogörüntüleme ve intraoperatif nöronavigasyon tekniklerinin gelişmesiyle birlikte daha önce tehlikeli olduğu düşünülen bölgelere cerrahi müdahaleler yapılmakta ve vidalar yerleştirilebilmektedir (6, 7). Bu nedenle, oksipital kondillerin morfometrik özelliklerinin ayrıntılı bilgisi, transkondiler yaklaşımlar için çok önemlidir.

Atlanto-oksipital ve atlanto-axial eklemlerin bir bileşeni olan atlas, corpus'u ve processus spinosus'u olmayan halka şeklinde bir servikal vertebradır. Servikal vertebraların en güçlüsü olan axis ise, dış şeklindeki 'dens axis (odontoid process)'i ile diğer tüm vertebralardan kolaylıkla ayrılabilir. Atlas ve axis, hayati yapılarla olan yakınlıkları nedeniyle kraniovertebral bileşkenin çok önemli komponentleridir. Atlas ve axis üzerinden, stabilizasyon ve dekompresyon işlemlerinin güvenli yapılabilmesi için foramen vertebrale, fasetler, foramen transversarium, vertebral oluk ve dens axis'in morfometrik özelliklerinin bilinmesi gerekir (8).

Travma, romatoid artrit, enfeksiyonlar, tümörler, konjenital malformasyonlar ve dejeneratif durumlar gibi çeşitli patolojiler kraniovertebral bileşkenin instabilitesine yol açabilir (9). Stabilite tedavisinde uygulanacak cerrahi müdahaleler, kraniovertebral bileşkenin ve çevresindeki yapıların morfometrik özelliklerinin bilinmesini gerektirir. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı, kraniovertebral bileşkeye katılan kemiklerin morfometrik özelliklerini değerlendirmek ve analiz etmektir.

## Materyal ve Metod

Çalışmamızda, Ahi Evran Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Antropoloji Bölümü tarafından yapılan kazılarda bulunan kuru kemikler üzerinde morfometrik analizler yapılmıştır. Kemiklerin Anadolu bölgesinde yaşayan insanlara ait olduğu bilinmektedir. Kemiklerin cinsiyet ve yaş analizi antropologlar tarafından yapılmıştır. Toplamda, 9 oksipital kemik (erkek), 18 atlas (4 kadın/14 erkek) ve 16 axis (5 kadın/11 erkek) üzerinde ölçümler yapılmıştır. Oksipital kemik, atlas ve axis'lerin ait oldukları yaş aralıkları sırasıyla 18-65, 20-65, 35-65 olarak tahmin edilmiştir.

Çalışmaya yalnızca ölçümlere uygun sağlam kemikler dahil edilmiştir. Ölçümlerin yapılacağı referans noktaları net bir şekilde belirlenmiş ve aynı anatomist tarafından farklı günlerde iki kez ölçülmüştür. Bu ölçümlerin ortalama değeri istatistiksel analize dahil edilmiştir. Simetrik yapılar sol ve sağ taraflarda ölçülerek istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Ölçümler, 0.1 mm'ye kadar hassas bir dijital kumpas ile gerçekleştirilmiştir.

## İstatistiksel Analiz

Tüm parametreler için tanımlayıcı istatistikler olarak ortalama  $\pm$  standart sapma kullanılmıştır. İstatistiksel analiz, Statistical Package for Social Sciences (SPSS) 22.0 (SPSS Inc. Chicago, USA) kullanılarak yapılmıştır. Sağ ve sol taraf ölçümleri arasındaki cinsiyet farklılıkları ve farklılıklar t-testleri kullanılarak belirlenmiş ve  $p < 0.05$ 'te anlamlı kabul edilmiştir.

## Oksipital Kemik Ölçümleri

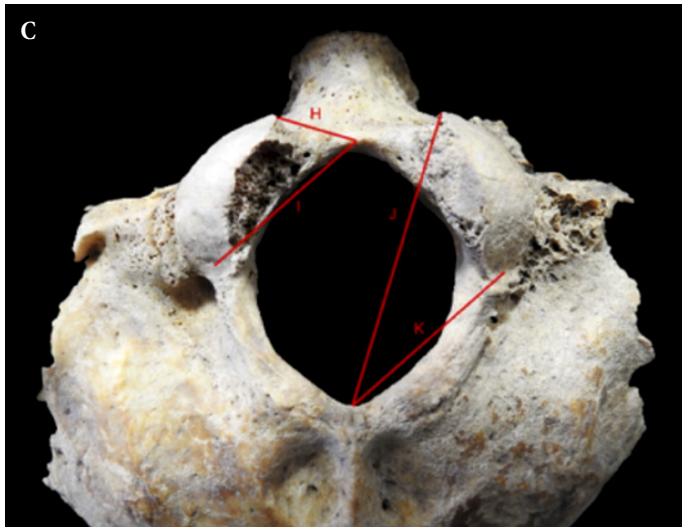
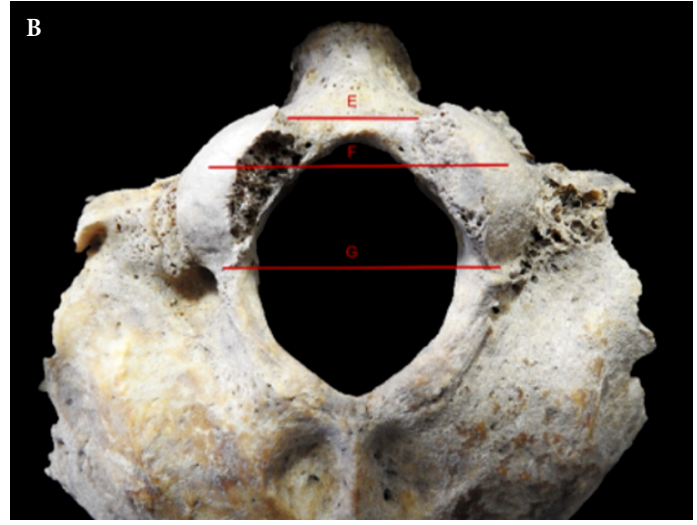
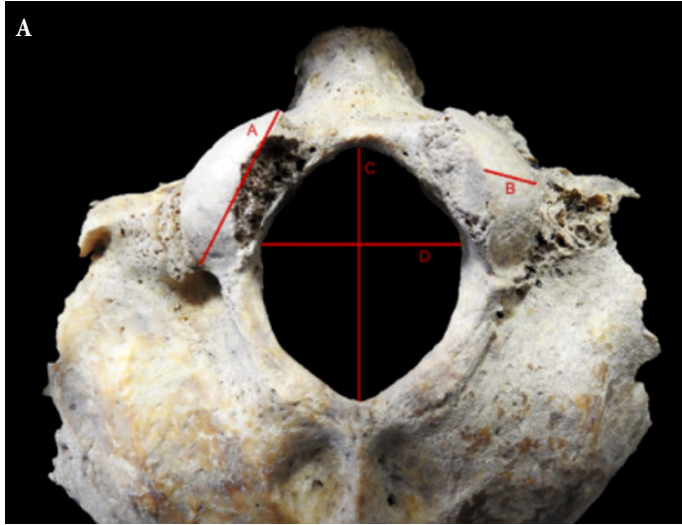
Oksipital kondil uzunluğu, oksipital kondil genişliği, oksipital kondil'in ön ucu ile opisthion arasındaki mesafe, oksipital kondil'in ön ucu ile basion arasındaki mesafe, oksipital kondil'in posterior ucu ile opisthion arasındaki mesafe, oksipital kondil'in posterior ucu ile basion, oksipital kondil apeksleri arasındaki mesafe, anterior interkondiler mesafe, posterior interkondiler mesafe, foramen magnum'un anterior-posterior çapı ve foramen magnum'un transvers çapı ölçülmüştür (Şekil 1).

## Atlas Ölçümleri

Processus transversus'ların uçları arasındaki mesafe (A), foramen transversarium'ların lateral uçları arasındaki mesafe (B), foramen transversarium'ların medial uçları arasındaki mesafe (C), sulcus arteria vertebralis'in orta hattan dış korteks lateral sınırına olan uzaklığı (D), sulcus arteria vertebralis'in orta hattan iç korteks lateral sınırına olan uzaklığı (E), canalis vertebralis'in maksimum transvers çapı (F), canalis vertebralis'in maximum anterior-posterior çapı (G), canalis vertebralis'in minimum anterior-posterior çapı (H), facies articularis superior uzunluğu (I), facies articularis superior genişliği (J), facies articularis inferior uzunluğu (K), facies articularis inferior genişliği (L), sulcus arteria vertebralis kalınlığı (M) ölçülmüştür (Şekil 2).

## Axis Ölçümleri

Dens axis genişliği (A), dens axis yüksekliği (B), corpus'un anterior yüksekliği (C), facies articularis superior en lateralinden orta hatta olan mesafe (D), processus transversus'ların uç noktasından orta hatta olan mesafe (E), facies articularis inferior maksimum uzunluğu (F), facies articularis inferior maksimum genişliği (G), canalis vertebralis'in maksimum anterior-posterior çapı (H), canalis vertebralis'in minimum anterior-posterior çapı (I), canalis vertebralis'in maksimum transvers çapı (J), canalis vertebralis'in minimum transvers çapı (K), facies articularis superior uzunluğu (L), facies articularis superior genişliği (M), pedikülün foramen transversarium seviyesinde medialden laterale genişliği (N) ölçülmüştür (Şekil 3).



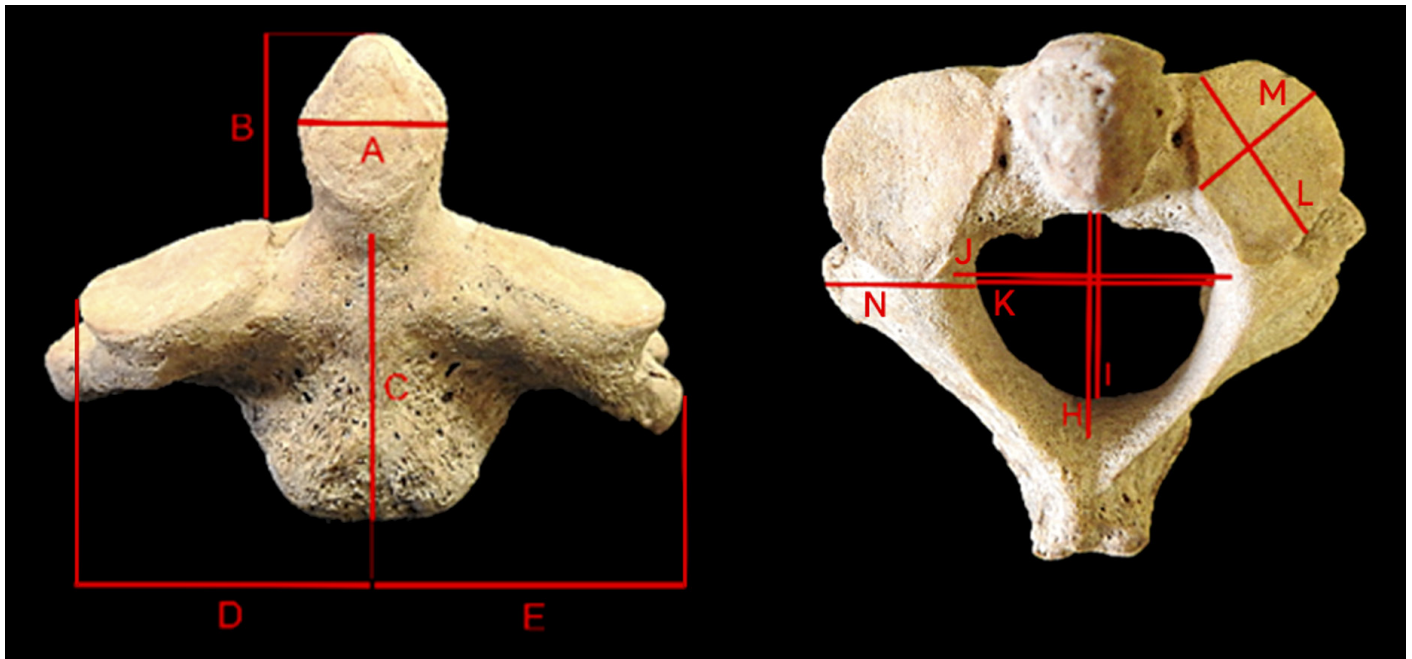
**Şekil 1.** Oksipital kemik ölçümleri

**A:** Oksipital kondil uzunluğu, **B:** Oksipital kondil genişliği, **C:** Foramen magnum anterior-posterior çapı, **D:** Foramen magnum transvers çap, **E:** Anterior interkondiler mesafe, **F:** Oksipital kondil apeksleri arasındaki mesafe, **G:** Posterior interkondiler mesafe, **H:** Oksipital kondil anterior ucu ile optisthion arası mesafe, **I:** Oksipital kondil posterior ucu ile optisthion arası mesafe, **J:** Oksipital kondil anterior ucu ile basion arası mesafe, **K:** Oksipital kondil posterior ucu ile basion arası mesafe.



**Şekil 2.** Atlas ölçümleri

**A:** Processus transversus'ların uçları arası mesafe, **B:** Foramen transversarium'ların lateral uçları arasındaki mesafe, **C:** Foramen transversarium'ların medial uçları arasındaki mesafe, **D:** Sulcus arteria vertebralis'in orta hattan dış korteks lateral sınırına mesafesi, **E:** Sulcus arteria vertebralis'in orta hattan iç korteks medial sınırına mesafesi, **F:** Canalis vertebralis'in maximum transvers çapı, **G:** Canalis vertebralis'in maximum çapı, **H:** Canalis vertebralis'in minimum AP çapı, **I:** Facies articularis superior uzunluğu **J:** Facies articularis superior genişliği, **K:** Facies articularis inferior uzunluğu, **L:** Facies articularis inferior genişliği, **M:** Sulcus arteria vertebralis kalınlığı.



Şekil 3. Axis ölçümleri

**A:** Dens axis genişliği, **B:** Dens axis yüksekliği, **C:** Axis corpus anterior yüksekliği, **D:** Facies articularis superior en lateralinden orta hatta olan mesafe, **E:** Processus transversus'ların uç noktasından orta hatta olan mesafe, **H:** Canalis vertebralis'in maximum AP çapı, **I:** Canalis vertebralis'in minimum AP çapı, **K:** Canalis vertebralis'in maximum transvers çapı, **L:** Canalis vertebralis'in minimum transvers çapı, **M:** Facies articularis superior uzunluğu, **N:** Facies articularis superior genişliği, **O:** Pediculus axis'in foramen transversarium seviyesinde medialden laterale genişliği

## Bulgular

### Oksipital Kemik Ölçümleri

Oksipital kemikte değerlendirilen mesafeler için ortalama  $\pm$  standart sapmaları ve p değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Kadın oksipital kemikleri bulunmadığı için cinsiyetler arası karşılaştırma yapılamamıştır. Sağ ve sol tarafta simetrik yapılar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ).

### Atlas Ölçümleri

Atlas üzerinde değerlendirilen mesafeler için ortalama  $\pm$  standart sapmaları ve p değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir. Processus transversus'ların uçları arasındaki mesafe ( $p < 0.001$ ), foramen transversarium'ların lateral uçları arasındaki mesafe ( $p = 0.011$ ), foramen transversariumlar'ın medial uçları arasındaki mesafe ( $p = 0.013$ ), canalis vertebralis'in maksimum transvers çapı ( $p = 0.014$ ), canalis vertebralis'in maksimum anterior-posterior çapı ( $p = 0.014$ ) ve facies articularis inferior genişliği (sol  $p < 0.001$  ve sağ  $p = 0.005$ ) kadınlarda anlamlı olarak daha kısa bulunmuştur (Tablo 2). Sağ ve sol tarafta simetrik yapılar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ).

### Axis Ölçümleri

Axis üzerinde değerlendirilen mesafeler için ortalama  $\pm$  standart sapmaları ve p değerleri. Tablo 3'te gösterilmiştir. Dens axis genişliği ( $p < 0.01$ ), corpus'un anterior yüksekliği ( $p = 0.034$ ), processus transversus'ların uç noktalarından orta hatta olan mesafe (sol  $p = 0.049$ ), facies articularis inferior maksimum uzunluğu (sol  $p = 0.04$  ve sağ  $p = 0.05$ ), facies articularis superior

Tablo 1. Oksipital kemik üzerinde yapılan ölçüm sonuçları.

Os occipitale		Ortalama ve Standart Sapma
A	Condylus occipitalis uzunluğu	Sağ
		23,65 $\pm$ 1,47
		Sol
		24,58 $\pm$ 2,97
B	Condylus occipitalis genişliği	Sağ
		11,62 $\pm$ 1,16
		Sol
		12,42 $\pm$ 0,94
C	Foramen magnum anterior-posterior çap	34,2 $\pm$ 2,8
D	Foramen magnum transvers çap	29,35 $\pm$ 3,17
E	Anterior intercondylar mesafe	17,6 $\pm$ 1,94
F	Condylus occipitalis tepeleri arasındaki mesafe	26,42 $\pm$ 3,01
G	Posterior intercondylar mesafe	32,49 $\pm$ 3,3
H	Condylus occipitalis anterior ucu ile opisthion arası mesafe	Sağ
		40,38 $\pm$ 3,35
		Sol
		39,71 $\pm$ 2,68
I	Condylus occipitalis posterior ucu ile opisthion arası mesafe	Sağ
		26,63 $\pm$ 3,05
		Sol
		26,55 $\pm$ 2,09
J	Condylus occipitalis anterior ucu ile basion arası mesafe	Sağ
		9,33 $\pm$ 0,82
		Sol
		10,37 $\pm$ 1,07
K	Condylus occipitalis posterior ucu ile basion arası mesafe	Sağ
		24,83 $\pm$ 3,02
		Sol
		23,58 $\pm$ 3,62

genişliği (sağ  $p = 0,007$ ) kadınlarda anlamlı olarak daha kısa bulunmuştur (Tablo 3). Sağ ve solda simetrik yapılar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

**Tablo 2.** Atlas üzerinde yapılan ölçüm sonuçları.

Atlas		Erkek	Kadın	P değeri
		Ortalama ve Standart Sapma	Ortalama ve Standart Sapma	
A	Processus transversus'ların uçları arası mesafe	82,37 ±3,3	73,88 ±1,39	$p<0,001$
B	Foramen transversarium'ların lateral uçları arasındaki mesafe	60,07 ±3,14	56,51 ±1,42	$p=0,011$
C	Foramen transversarium'ların medial uçları arasındaki mesafe	50,01 ±3,34	46,01 ±1,84	$p=0,013$
D	Sulcus arteria vertebralis in orta hattan dış kortex lateral sınırına mesafe*	Sağ	Sağ	-
		20,47 ±2,07	19,33 ±1,1	
		Sol	Sol	
E	Sulcus arteria vertebralis in orta hattan iç kortex medial sınırına mesafesi	Sağ	Sağ	-
		8,45 ±0,71	8,16 ±2,76	
		Sol	Sol	
F	Canalis vertebralis'in maximum transvers çapı	Sağ	Sağ	$p=0,014$
		27,4 ±2,13	25,39 ±0,56	
		Sol	Sol	
G	Canalis vertebralis'in maximum AP çapı	Sağ	Sağ	$p=0,014$
		32,29 ±2,54	29,68 ±1	
		Sol	Sol	
H	Canalis vertebralis'in minimum AP çapı	Sağ	Sağ	-
		26,82 ±2,13	24,04 ±1,88	
		Sol	Sol	
I	Facies articularis superior uzunluğu	Sağ	Sağ	-
		24,72 ±2,14	23,49 ±2	
		Sol	Sol	
J	Facies articularis superior genişliği	Sağ	Sağ	-
		11,47 ±0,87	10,6 ±1,55	
		Sol	Sol	
K	Facies articularis superior genişliği	Sağ	Sağ	-
		11,69 ±1,96	11,27 ±0,65	
		Sol	Sol	
L	Facies articularis inferior uzunluğu	Sağ	Sağ	-
		18,65 ±1,27	18,34 ±1,28	
		Sol	Sol	
M	Facies articularis inferior genişliği	Sağ	Sağ	$p=0,005$
		15,93 ±0,89	13,45 ±0,93	
		Sol	Sol	
N	Sulcus arteria vertebralis kalınlığı	Sağ	Sağ	-
		10,73 ±1,72	10,67 ±1,03	
		Sol	Sol	
O	Sulcus arteria vertebralis kalınlığı	Sağ	Sağ	-
		10,01 ±1,37	9,9 ±0,84	
		Sol	Sol	

**Tablo 3.** Axis üzerinde yapılan ölçüm sonuçları.

Axis		Erkek	Kadın	P değeri
		Ortalama ve Standart Sapma	Ortalama ve Standart Sapma	
A	Dens axis genişliği	10,61±10,54	9,03±0,57	$p<0,001$
B	Dens axis yüksekliği	15,22±11,66	14,69±11,42	-
C	Corpus'un anterior yüksekliği	24,62±0,85	22,6±1,47	$p=0,034$
D	Facies articularis superior en lateralinden orta hatta olan mesafe	Sağ	Sağ	-
		24,14±11,73	22,12±11,75	
		Sol	Sol	
E	Processus transversus'ların uç noktasından orta hatta olan mesafe	Sağ	Sağ	$p=0,049$
		22,15±12,01	22,39±12,24	
		Sol	Sol	
F	Facies articularis inferior maksimum uzunluğu	Sağ	Sağ	$p=0,005$
		14,04±11,13	11,54±11,17	
		Sol	Sol	
G	Facies articularis inferior maksimum genişliği	Sağ	Sağ	$p=0,004$
		11,53±11,94	9,46±12,03	
		Sol	Sol	
H	Canalis vertebralis'in maksimum anterior-posterior çapı	Sağ	Sağ	-
		18,71±2,28	19,89±1,5	
		Sol	Sol	
I	Canalis vertebralis'in minimum anterior-posterior çapı	Sağ	Sağ	-
		15,51±2,24	15,66±11,45	
		Sol	Sol	
J	Canalis vertebralis'in maksimum transvers çapı	Sağ	Sağ	-
		22,39±13,49	22,88±1,72	
		Sol	Sol	
K	Canalis vertebralis'in minimum transvers çapı	Sağ	Sağ	-
		19,28±1,73	21,12±2,4	
		Sol	Sol	
L	Facies articularis superior uzunluğu	Sağ	Sağ	-
		17,9±1,26	17,3±1,41	
		Sol	Sol	
M	Facies articularis superior genişliği	Sağ	Sağ	$p=0,007$
		17,93±1,5	17,29±0,6	
		Sol	Sol	
N	Pedikülün foramen transversarium seviyesinde mediolateral genişliği	Sağ	Sağ	-
		15,99±11,22	13,98±10,85	
		Sol	Sol	
O	Pedikülün foramen transversarium seviyesinde mediolateral genişliği	Sağ	Sağ	-
		14,81±2,73	13,87±0,6	
		Sol	Sol	
P	Pedikülün foramen transversarium seviyesinde mediolateral genişliği	Sağ	Sağ	-
		8,62±2,06	7,42±1,98	
		Sol	Sol	
Q	Pedikülün foramen transversarium seviyesinde mediolateral genişliği	Sağ	Sağ	-
		7,77±2,14	7,77±2,01	
		Sol	Sol	

## Tartışma ve Sonuç

Radyolojik görüntüleme ve nöroşirürji yaklaşım tekniklerindeki gelişmeler, kraniovertebral bileşke bölgesine yapılan müdahalelerin sayısını ve çeşitliliğini artırmıştır (9, 10). Ayrıca, kraniovertebral bileşke hayati nörovasküler yapılara yakın olduğu için bu alanda yapılan cerrahi müdahaleler büyük risklere sahiptir. Bu nedenle, bölgenin anatomik yapıları hakkında ayrıntılı bilgi çok önemlidir. Kraniovertebral bileşke için çeşitli morfometrik çalışmalar yapılmış olsa da, aynı bölgede farklı popülasyonlar ile yapılan çalışmalar, gelecekte yapılabilecek sistematik inceleme ve meta-analiz gibi daha yüksek kanıt değeri olan çalışmalar için bir veri tabanı oluşturmaktadır.

**Tablo 4.** Oksipital kemik ölçüm sonuçlarının daha önceki çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılması.

OKSİPİTAL KEMİK ÖLÇÜMLERİ	Bizim Çalışmamız	Bosco ve ark.	İlhan ve ark.	Lyrtsz ve ark.	Bodon ve ark.	Saluja ve ark.	Gökçe ve ark.	Kavitha ve ark.	Özer ve ark.	Ovaloğlu ve ark.	Naderi ve ark.
	2020	2018	2017	2017	2017	2016	2014	2013	2011	2005	2005
Condylus occipitalis uzunluğu	Sağ	18,8±2,3	Sağ	Sağ	23,6	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ
	23,65±1,47		23,44±2,60	23,66±2,84		22,90±3,11	24,5±2,5	21,97±2,5	23,9±3,4	22,99±2,78	23,6±2,5
	Sol		Sol	Sol		Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol
	24,58±2,97		23,49±2,71	23,66±2,67		22,60±2,72	22,5±2,1	22,34±2,3	24± 3,3	22,35±3,91	23,2±2,4
Condylus occipitalis genişliği	Sağ	10,3±1,5	Sağ	Sağ	10,5	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ
	11,62±1,16		11,31±1,78	11,77±1,52		12,98±1,62	-	13,05±1,7	11,9±2,3	12,09±2,39	10,6±1,4
	Sol		Sol	Sol		Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol
	12,42±0,94		11,49±1,47	11,85±1,63		12,97±1,46	-	13,30±1,7	10,7±2,3	11,57±1,32	10,6±1,4
Foramen magnum anterior-posterior çap	34,2±2,8	-	-	35,05±2,57	-	-	36,8±3,3	-	-	-	-
Foramen magnum transvers çap	29,35±3,17	-	-	30,19±2,69	-	-	30,9±2,6	-	-	-	-
Anterior intercondylar mesafe	17,6±1,94	-	22,47±2,98	21,17±2,71	23,6	17,81±2,93	19,0±2,5	-	20,9±3,6	17,68±2,05	21±2,8
Condylus occipitalis tepeleri arasındaki mesafe	26,42±3,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Posterior intercondylar mesafe	32,49±3,3	-	41,54±3,78	43,36±3,35	42,1	38,91±4,16	40,5±3,1	-	43,1±4	-	41,6±2,9
Condylus occipitalis anterior ucu ile opisthion arası mesafe	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ
	40,38±3,35	-	39,62±3,19	-	-	37,53±2,26	-	-	41,4±3,9	-	38,9±2,9
	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol
Condylus occipitalis posterior ucu ile opisthion arası mesafe	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ
	26,63±3,05	-	27,54±3,13	-	-	26,78±1,92	-	-	29±3,1	16,56±3,17	26,7±2,4
	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol
Condylus occipitalis anterior ucu ile basion arası mesafe	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ
	9,33±0,82	-	11,99±2,2	-	-	9,74±1,78	-	-	12,6±2,5	-	10,5±1,5
	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol
Condylus occipitalis posterior ucu ile basion arası mesafe	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ
	24,83±3,02	-	27,91±3,48	-	-	28,16±3,26	-	-	29,4±3,2	-	27,5±2
	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol
	23,58±3,62	-	27,96±2,48	-	-	26,93±2,16	-	-	29,5±2,9	-	28,1±2

Vertebral arter ile C1-C2 vertebra arasındaki ilişki, cerrahinin planlanmasında önemli bir role sahiptir. Örneğin, servikal instabilite tedavisi için interlaminar klemp, lateral vida ve plak fiksasyonu gibi çeşitli cerrahi teknikler tarif edilmektedir. Transpediküler vida fiksasyonu, atlas ve axis instabilitelerini tedavi etmek için kullanılan en karmaşık prosedürlerden biridir. Son zamanlarda, axis kırıklarının tedavisinde vidalı tespit popülerlik kazanmıştır. Ayrıca, omurga travmalarının ve geniş laminektomilerin tedavileri için transpediküler vidaların kullanımı bildirilmiştir. Günümüzde nörogörüntüleme ve intraoperatif nöronavigasyon teknikleri sayesinde tehlikeli bölgelere bu tip cerrahi müdahaleler yapılabilen ve vidalar yerleştirilebilmektedir (6, 7). Bu cerrahi tekniklerin gelişiminde ve cerrahilerin güvenli bir şekilde uygulanmasında atlas ve axis ait morfolojik veriler kullanılmaktadır (11).

Kraniyovertebral bileşke, onu subaksiyal omurgadan ayıran benzersiz anatomik ve biyomekanik özelliklere sahiptir. Bu

özellikler sayesinde bileşke büyük derecelerde hareketlere izin verir, ancak stabilizasyon açısından bazı zorluklara sebep olabilir. Kraniovertebral bileşkeye yönelik yeni cerrahi yaklaşımların ve fiksasyon yöntemlerinin geliştirilmesinde bu zorluklar etken olacağından bu bölgenin anatomisi, morfolojisi ve biyomekanikliğinin araştırılması önemlidir (12).

Atlanto-oksipital bileşkeye farklı cerrahi yaklaşımlar bildirilmiştir. (4, 10). Bu yaklaşımların çoğu, oksipital kondillerin kısmen veya tamamen rezeksiyonunu gerektirmektedir (4). Bu nedenle oksipital kemiğin morfometrik özelliklerinin detaylı bilgisi çok önemlidir. Birçok araştırmacı, çeşitli yöntemlerle oksipital kemik morfometrisi üzerinde çalışmıştır. (3, 4, 9, 10, 13-17). Oksipital kemik ölçümlerimizin sonuçları ile önceki çalışmaların sonuçları Tablo 4'te karşılaştırılmıştır. Ölçümlerin çoğu literatürdekilere yakın olmakla birlikte, bazı ölçümlerde farklılıklar bulunmaktadır. Çalışmamızda ön ve arka interkondiler mesafeler diğer çalışmalara

**Tablo 5.** Atlas ölçüm sonuçlarının daha önceki çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılması.

ATLAS ÖLÇÜMLERİ	ve ark. 2020	Gosavi ve ark. 2012	Şengül ve ark. 2006	Ovaloğlu ve ark. 2005	Lang J. ve ark. 1995
Processus transversus'ların uçları arası mesafe	80,36 ± 5,64	69,37±6,47	74,6 ± 9,7	-	78,2
Foramen transversarium'ların lateral uçları arasındaki mesafe	59,41 ± 4,53	55,66±5,01	59,5 ± 3,7	-	64
Foramen transversarium'ların medial uçları arasındaki mesafe	49,33 ± 4,67	45,93±4,22	48,6 ± 2,9	44,44±2,97	52,3
Sulcus arteria vertebralis'in orta hattın dış korteks lateral sınırına mesafesi	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ
	20,64 ± 2,59	-	16,2 ± 2,5	-	-
	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol
Sulcus arteria vertebralis'in orta hattın iç korteks medial sınırına mesafesi	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ
	8,58 ± 1,9	-	10,3 ± 1,6	13,76±2,50	-
	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol
Canalis vertebralis'in maximum transvers çapı	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ
	27,17 ± 2,82	26,89±1,93	28,7 ± 1,8	28,29±2,69	30,2
Canalis vertebralis'in maximum AP çapı	32,06 ± 2,53	27,89±2,59	46,2 ± 6,0	-	34,5
Canalis vertebralis'in minimum AP çapı	26,54 ± 2,45	25,66±2,59	31,4 ± 3,5	30,75±2,64	-
Facies articularis superior uzunluğu	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ
	24,49 ± 2,01	21,24±2,39	19,9 ± 3,4	-	-
	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol
Facies articularis superior genişliği	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ
	11,14 ± 1,07	10,36±1,72	9,6 ± 1,9	-	-
	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol
Facies articularis inferior uzunluğu	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ
	18,68 ± 1,19	16,57±1,91	17,1 ± 2,6	-	-
	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol
Facies articularis inferior genişliği	Sağ	Sağ	14,6 ± 2,5	Sağ	Sağ
	15,32 ± 1,49	14,01±1,93		-	-
	Sol	Sol		Sol	Sol
Sulcus arteria vertebralis kalınlığı	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ
	10,65 ± 1,45	3,72±1,06	8,8 ± 1,5	-	-
	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol
	10,3 ± 1,33	3,70±1,06	8,5 ± 1,5	-	-

göre belirgin şekilde daha düşük bulunmuştur. Bu sonucun ölçümlerdeki farklılıktan kaynaklandığını düşünmekteyiz. Ayrıca bazı çalışmalar ölçümlerin nasıl yapıldığını net olarak göstermezken, bazılarında kondil uçlarının orta noktaları arasında ölçümlerin yapıldığı görülmüştür (4, 10, 16, 17). Ölçümlerimiz, kondil uçlarının en iç noktaları arasında yapılmıştır. Ovaloğlu ve ark.'nın (3) çalışmasında oksipital kondillerin arka ucu ile opisthion arasındaki ortalama mesafe, farklı referans çizgileri kullandıkları için daha düşük bulunmuştur. Diğer parametrelere bakıldığında çalışmalar arasında küçük farklılıklar olduğu görülmektedir. Bu farklılıkların, çalışmamızda kadına ait oksipital kemik bulunmamasından, yöntem ve popülasyonlardaki farklılıklardan kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Atlas'a ait morfometrik ölçümlerin önceki çalışmalarla karşılaştırılması tablo 5'te verilmiştir. Bizim çalışmamızla karşılaştırıldığında Gosavi ve ark.'nın (11, 18) çalışmasında

sulcus arteria vertebralis'e ait değerler daha düşük; Şengül ve ark.'nın (11, 18) çalışmasında ise vertebral kanal çapları daha yüksek bulunmuştur

Dens axis kırıkları, tüm axis kırıklarının % 50-60'ını ve tüm servikal vertebra kırıklarının % 7-27'sini oluşturmaktadır (19). Dens axis kırıklarının ve diğer patolojik süreçlerin cerrahi tedavisi, anterior ve posterior stabilizasyon tekniklerini, odontoid vida fiksasyonunu ve transoral odontoidektomiye içermektedir (11, 20-22). Atlas ve axis'in a. vertebralis ile olan yakın ilişkileri, bu alanı yüksek riskli bir bölge haline getirmektedir. Birçok çalışmada bu bölgedeki operasyonlar sırasında a. vertebralis hasarı bildirilmiştir (8, 23, 24). Bu nedenle, axis morfometrisi hakkında detaylı bilgi oldukça önemlidir. Axis ölçümlerimizin sonuçları Tablo 6'da önceki çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Çalışmamızda ölçülen parametrelerin çoğunu karşılaştırabileceğimiz az sayıda çalışma bulunmuştur (11,

**Tablo 6.** Axis ölçüm sonuçlarının daha önceki çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılması.

AXIS ÖLÇÜMLERİ	ve ark. 2020	Alim ve ark. 2019	Singla ve ark. 2015	Lalit ve ark. 2014	Bakırcı ve ark. 2014	Gosavi ve ark. 2012	Naderi ve ark. 2006	Sengul ve ark. 2006
Dens axis genişliği	10±1	-	-	-	7,7±0,1	-	10.5±0.9	-
Dens axis yüksekliği	15,43±1,7	15,3±1,7	-	-	-	-	15.4±1.9	-
Axis corpus anterior yüksekliği	23,56±1,87	-	19,67±1,81	-	-	20,49	23.2±2.4	22.1
Facies articularis superior en lateralinden orta hatta olan mesafe	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol
	22,62±2,03	-	22,6 ±1,86	-	-	21,75	-	21,9
	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ
Processus transversus'ların uç noktasından orta hatta olan mesafe	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol
	29,57±2,72	-	29,06±2,87	-	-	26,66	-	27,2
	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ
Facies articularis inferior maximum uzunluğu	Sol	Sol	Sol	11,13±1,43	Sol	Sol	Sol	11,6
	13,14±1,45	-	12,02±2,29		-	9,61	-	
	Sağ	Sağ	Sağ		Sağ	Sağ	Sağ	
Facies articularis inferior maximum genişliği	Sol	Sol	Sol	7,89±1,30	Sol	Sol	Sol	9,5
	13,27±1,62	-	11,75		-	9,74	-	
	Sağ	Sağ	Sağ		Sağ	Sağ	Sağ	
Canalis vertebralis'in maximum AP çapı	Sol	Sol	Sol	7,89±1,30	Sol	Sol	Sol	9,5
	10,48±2,01	-	11,42±1,92		-	9,92	-	
	Sağ	Sağ	Sağ		Sağ	Sağ	Sağ	
Canalis vertebralis'in minimum AP çapı	Sol	Sol	Sol	7,89±1,30	Sol	Sol	Sol	9,5
	10,99±2,06	-	11,40±1,76		-	9,93	-	
	Sağ	Sağ	Sağ		Sağ	Sağ	Sağ	
Canalis vertebralis'in maximum transvers çapı	19,41±2,11	-	-	-	-	-	-	-
Canalis vertebralis'in minimum transvers çapı	15,57±1,87	-	-	-	-	-	-	-
Canalis vertebralis'in maximum transvers çapı	22,96±2,87	-	-	-	-	-	-	-
Canalis vertebralis'in minimum transvers çapı	20,21±2,61	-	-	-	-	-	-	-
Facies articularis superior uzunluğu	Sol	Sol	Sol	16,34±1,56	Sol	Sol	Sol	17,5
	17,96±1,42	-	16,7±1,49		-	16,66	-	
	Sağ	Sağ	Sağ		Sağ	Sağ	Sağ	
Facies articularis superior genişliği	Sol	Sol	Sol	14,35±1,75	Sol	Sol	Sol	14
	17,76±1,51	-	16,61±1,33		-	16,64	-	
	Sağ	Sağ	Sağ		Sağ	Sağ	Sağ	
Pediculus axis'in foramen transversarium seviyesinde medialden laterale genişliği	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol
	14,56±1,94	-	14,79±1,95	-	14,64	-	-	-
	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ
Pediculus axis'in foramen transversarium seviyesinde medialden laterale genişliği	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol
	7,99±2,07	-	-	-	-	-	-	-
	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ
Pediculus axis'in foramen transversarium seviyesinde medialden laterale genişliği	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol
	8,27±2,16	-	-	-	-	-	-	-
	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ	Sağ

22, 25). Genel olarak ölçümler arasında küçük farklılıklar gözlenirken, Gosavi ve ark.'nın (18) çalışma sonuçları diğer çalışmalardan daha düşük bulunmuştur (Tablo 6).

Kuru kemiklerin kullanıldığı çoğu çalışmada, kemiklerin yaşı ve cinsiyeti bilinmemektedir. (3, 11, 14, 18, 22). Çalışmamızın anatomi ve antropoloji bölümlerinin işbirliği ile yürütülmesi bu ayrımların yapılmasını sağlamıştır. Cinsiyete bağlı farklılıklar tablo 2 ve 3'te görülebilir. (Tablo 2, 3).

Kraniovertebral bileşkenin tespitinde çeşitli yöntemler kullanılır ve tüm yöntemlerin birbirine göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır (1, 26). Bu tekniklerin geliştirilmesi ve iyileştirilmesinde morfometrik analizler çok önemlidir. Gelişen teknoloji ile birlikte cerrahi tekniklerin uygulanmasında yapısal ilişkilerin ve milimetrik varyasyonların öneminin artacağına inanmaktayız. Bu bağlamda, çalışmamızın sonuçlarının bu alandaki gelişmelere katkı sağlayacağını düşünmekteyiz.



**Hakem Değerlendirmesi:** Dış Bağımsız.

**Yazar Katkıları:** Fikir - RG, GA, MSİ, EDB; Tasarım - RG, GA, MSİ, EDB; Denetleme - RG; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi - MSİ, EDB, GA; Analiz ve/veya Yorum - BKB, MSİ; Literatür Taraması - MSİ; Yazıyı Yazan - MSİ; Eleştirel İnceleme - RG.

**Çıkar Çatışması:** Yazarların herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

**Finansal Destek:** Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Concept - RG, GA, MSİ, EDB; Design - RG, GA, MSİ, EDB; Supervision - RG; Data Collection and/ or Processing - MSİ, EDB, GA; Analysis and/ or Interpretation - BKB, MSİ; Literature Search - MSİ; Writing - MSİ; Critical Reviews - RG.

**Conflict of Interest:** The authors do not have any conflicts of interest.

**Financial Disclosure:** The authors declared that this study has received no financial support.

## Kaynaklar

- LopezAJ, ScheerJK, LeiblKE, SmithZA, DlouhyBJ, DahdalehNS. Anatomy and biomechanics of the craniovertebral junction. *Neurosurg Focus*. 2015;38(4):E2. Epub 2015/04/02. <https://doi.org/10.3171/2015.1.FOCUS14807>. PubMed PMID: 25828496.
- Offiah CE, Day E. The craniocervical junction: embryology, anatomy, biomechanics and imaging in blunt trauma. *Insights Imaging*. 2017;8(1):29-47. Epub 2016/11/07. <https://doi.org/10.1007/s13244-016-0530-5> [pii]. PubMed PMID: 27815845; PubMed Central PMCID: PMC5265194.
- Ovalioglu C. Kranioservikal Bileşkenin Morfometrik Özellikleri [Dissertation]. İstanbul2005.
- Naderi S, Korman E, Citak G, Guvencer M, Arman C, Senoglu M, et al. Morphometric analysis of human occipital condyle. *Clinical neurology and neurosurgery*. 2005;107(3):191-9. Epub 2005/04/13. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2004.07.014>. PubMed PMID: 15823674.
- de Oliveira E, Rhoton AL, Peace D. Microsurgical anatomy of the region of the foramen magnum. *Surgical Neurology*. 1985;24(3):293-352. [https://doi.org/10.1016/0090-3019\(85\)90042-4](https://doi.org/10.1016/0090-3019(85)90042-4).
- Gonzalez LF, Klopfenstein JD, Crawford NR, Dickman CA, V.K.H. S. Use of dual transarticular screws to fixate simultaneous occipitotantal and atlantoaxial dislocations. *Journal of neurosurgery Spine*. 2005;3(4):318-23.
- Uribe JS, Ramos E, Vale F. Feasibility of occipital condyle screw placement for occipitocervical fixation: a cadaveric study and description of a novel technique. *J Spinal Disord Tech*. 2008;21(8):540-6. Epub 2008/12/06. <https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e31816d655e>. PubMed PMID: 19057245.
- Gupta S, Goel A. Quantitative anatomy of the lateral masses of the atlas and axis vertebrae. *Neurology India*. 2000;48(2):120-5. Epub 2000/07/06. PubMed PMID: 10878774.
- Bosco A, Venugopal P, Shetty AP, Shanmuganathan R, Kanna RM. Morphometric Evaluation of Occipital Condyles: Defining Optimal Trajectories and Safe Screw Lengths for Occipital Condyle-Based Occipitocervical Fixation in Indian Population. *Asian Spine J*. 2018;12(2):214-23. Epub 2018/04/13. <https://doi.org/10.4184/asj.2018.12.2.214>. PubMed PMID: 29713401.
- Ilhan P, Kayhan B, Erturk M, Sengul G. Morphological analysis of occipital condyles and foramen magnum as a guide for lateral surgical approaches. *MOJ Anat Physiol*. 2017;3(6):188-94.
- Sengul G, Kadioglu H. Morphometric anatomy of the atlas and axis vertebrae. 2006;16:69-76.
- Lopez AJ, Scheer JK, Leibl KE, Smith ZA, Dlouhy BJ, Dahdaleh NS. Anatomy and biomechanics of the craniovertebral junction. *Neurosurgical Focus FOC*. 2015;38(4):E2. <https://doi.org/10.3171/2015.1.FOCUS14807>.
- Gökce C, Cicekcibasi A, Yılmaz M, Kiresi D. The Morphometric Analysis of the Important Bone Structures on Skull Base in Living Individuals with Multidetector Computed Tomography. *International Journal of Morphology*. 2014;32(3):812-21.
- Kavitha S, Chandrasekaran S, Anand A, Shanthi KC. Morphometric study of Occipital Condyles in Adult Human Skulls. *Int J Cur Res Rev*. 2013;5(15):31-4.
- Lyrztis C, Piagkou M, Gkioka A, Anastasopoulos N, Apostolidis S, Natsis K. Foramen magnum, occipital condyles and hypoglossal canals morphometry: anatomical study with clinical implications. *Folia Morphol (Warsz)*. 2017;76(3):446-57. Epub 2017/02/06. <https://doi.org/VM/OJS/1/49106> [pii]. 10.5603/FM.a2017.0002. PubMed PMID: 28150268.
- Ozer MA, Celik S, Govsa F, Ulusoy MO. Anatomical determination of a safe entry point for occipital condyle screw using three-dimensional landmarks. *Eur Spine J*. 2011;20(9):1510-7. Epub 2011/03/19. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-1765-y>. PubMed PMID: 21416278; PubMed Central PMCID: PMC3175895.
- SALUJA S, DAS SS, VASUDEVA N. Morphometric Analysis of the Occipital Condyle and Its Surgical Importance. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2016;10(11):AC01-AC4.
- Gosavi SN, Vatsalawamy P. Morphometric Study of the Atlas Vertebra using Manual Method. *Malays Orthop J*. 2012;6(3):18-20. <https://doi.org/10.5704/MOJ.1207.015>. PubMed PMID: 25279050.
- Ochoa G. Surgical management of odontoid fractures. *Injury*. 2005;36 Suppl 2:B54-64. Epub 2005/07/05. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2005.06.015>. PubMed PMID: 15993118.
- Alim E, Atalar K, Gülekon İ. A morphometric study of the odontoid process using three-dimensional computed tomography (3-D CT) reconstruction. *Anatomy*. 2019;12(2):80-6.
- Bakirci S, Sendemir E, Kafa I. Morphometric analysis of C2 vertebra. *Acta Medica Mediterranea*. 2014;30(1):269-72.
- Gosavi S, Swamy V. Morphometric study of the Axis vertebra. *Eur J Anat*. 2012;16(2):98-103.
- Madawi AA, Casey AT, Solanki GA, Tuite G, Veres R, Crockard HA. Radiological and anatomical evaluation of the atlantoaxial transarticular screw fixation technique. *Journal of neurosurgery*. 1997;86(6):961-8. Epub 1997/06/01. <https://doi.org/10.3171/jns.1997.86.6.0961>. PubMed PMID: 9171174.
- Wright NM, Laurysen C. Vertebral artery injury in C1-2 transarticular screw fixation: results of a survey of the AANS/CNS section on disorders of the spine and peripheral nerves. *American Association of Neurological Surgeons/ Congress of Neurological Surgeons. Journal of neurosurgery*. 1998;88(4):634-40. Epub 1998/04/03. <https://doi.org/10.3171/jns.1998.88.4.0634>. PubMed PMID: 9525707.
- Singla M, Goel P, Ansari MS, Ravi KS, Khare S. Morphometric Analysis of Axis and Its Clinical Significance -An Anatomical Study of Indian Human Axis Vertebrae. 2015;9(5):AC04-AC9. Epub May 1,2015. <https://doi.org/10.7860/jcdr/2015/5931>.
- Marinkovic S, Milic I, Djoric I, Brigante L, Miljatovic A, Puskas L, et al. Morphometric multislice computed tomography examination of the craniovertebral junction in neck flexion and extension. *Folia Morphol (Warsz)*. 2017;76(1):100-9. Epub 2016/11/11. <https://doi.org/VM/OJS/J/45310> [pii]. 10.5603/FM.a2016.0037. PubMed PMID: 27830891.