

Tilki (*Vulpes vulpes*) cervical vertebrae'nin morfometrik özelliklerinin üç boyutlu rekonstrüksiyon kullanarak incelenmesi

Sema OZKADİF, Ayşe HALIGÜR

Department of Anatomy, Faculty of Ceyhan Veterinary Medicine, Cukurova University, Ceyhan-Adana/TURKEY

Anahtar Kelimeler:
cervical vertebrae
görüntüleme teknikleri
anatomi
tilki

Key Words:
cervical vertebrae
imaging techniques
anatomy
fox

Geliş Tarihi: 04.10.2019
Kabul Tarihi: 18.12.2019
Yayın Tarihi: 31.12.2019
Makale Kodu: 629362

Sorumlu Yazar:
S. OZKADİF
(semaerten80@gmail.com)

ORCID:
S. OZKADİF: 0000-0002-5398-9874
A. HALIGÜR: 0000-0002-3668-4286

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, multidedektör bilgisayarlı tomografi (MDBT) görüntüleri kullanarak üç boyutlu bilgisayar programı aracılığı ile elde edilen üç boyutlu (3B) rekonstrüksiyonlara dayanarak tilki cervical vertebrae'nin morfometrik özelliklerinin belirlenmesidir. Farklı zamanlarda trafik kazasında elde edilen toplam 6 erkek tilki (*Vulpes vulpes*) kullanıldı. Yüzüstü pozisyonunda genel bir diagnostik MDBT kullanılarak cervical vertebrae'nin yüksek çözünürlüklü görüntüleri elde edildi ve görüntüler 3B bir modelleme programı (Mimics) olan bir bilgisayara aktarıldı. Her bir vertebrae'nin (atlas hariç) corpus vertebrae uzunluğu, corpus vertebrae'nin transvers ve sagittal çapı, foramen vertebrae'nin transvers ve sagittal çapları, oluşturulan 3B modelden ölçüldü ve indeksler hesaplandı. Her bir ölçüm değerlerinin ortalamaları hesaplandı. Corpus vertebrae uzunluğunun C2'den C7'ye azaldığı, transvers çapının C2'den C4'e azaldığı, ancak C5'ten C7'ye arttığı, sagittal çapı transvers çapın aksine C2'den C4'e artarken, C5'ten C7'ye azaldığı, foramen vertebrae'nin transvers ve sagittal çapları C5'ten C7'ye arttığı görülmüştür. Bu çalışma tilki cervical vertebrae üzerinde yapılan ilk 3B rekonstrüksiyondur ve sonuçlar bu türün anatomi bilgisine katkıda bulunabilir. Ayrıca bu teknik, diğer vahşi hayvanlara zarar vermeden anatomilerini anlamak için de kullanılabilir.

The investigation of the morphometric features of cervical vertebrae in fox (*Vulpes vulpes*) using three-dimensional reconstruction

ABSTRACT

The aim of this study was to determine morphometric properties of cervical vertebrae of the fox based on three-dimensional (3D) reconstructions obtained by a 3D computer program from multidetector computed tomography (MDCT) images. A total of 6 male foxes (*Vulpes vulpes*) were used which collected at different times from traffic accident. The high resolution images of the cervical vertebrae were obtained by using a general diagnostic MDCT in prone position and the images transferred to a computer which has a 3D modelling program (Mimics). Vertebral body length, transverse and sagittal diameter of the vertebral body, transverse and sagittal diameter of the foramen vertebrae of each vertebrae (except atlas) were measured from the 3D model created and indexes were calculated. The mean of the measured values for each were calculated. It was found that the vertebral body length was decreased from C2 to C7, transverse diameter of the vertebrae was decreased C2 to C4 but it was increased C5 to C7, sagittal diameter of the vertebrae was unlike transverse diameter that it was increased C2 to C4, was decreased C5 to C7, transverse and sagittal diameter of the foramen vertebrae were increased from C5 to C7. This study is the first 3D reconstruction performed on the cervical vertebrae of the fox and results may contribute to knowledge of anatomy of this species. Also this technique may use for other wild animals to understand the anatomy without harming.

GİRİŞ

Columna vertebralis'in en küçük ve en hareketli vertebrae'leri olan cervical vertebrae'larda travma ve dejenerasyon daha çok oluşabilmektedir (1). Ayrıca artan yaş ve bazı doğumsal anomaliler nedeniyle instabilite ve ağrı açısından sorunlu bir alanıdır. Biyomekaniklerinin daha iyi anlaşılması, bu bölgedeki anatomik yapıların morfometrik özelliklerine bağlıdır (2). Spinal kanal stenozu'nda, canalis vertebralis'in boyutları daralmakta ve medulla spinosus'a baskı yapması sonucunda nörolojik problemler çıkabilmektedir. Bu nedenle canalis vertebralis'in sagittal ve transvers çapları önemlidir (3). Karmaşık anatomik

yapıların geometrik modelleri özel bir metodoloji gerektiren biyomedikal çalışmalar ile ortaya konulmaktadır (4).

Teknolojik gelişmeler ve klinik uygulamalarda anatomik bilgilerin kullanılması, columna vertebralis'teki hastalıkların teşhis ve tedavisinde yeni bir boyut getirmiştir (5). Geleneksel yöntemler kavisli anatomik yapıların analizinde yeterli detay sağlayamazlar. 2B bilgisayarlı tomografi (BT) görüntülerinden oluşturulan 3B modelleme, morfolojik değişikliklerin tahmini ve hastalığın teşhis edilmesinde, 2B görüntüden daha fazla bilgi vermektedir. Özellikle eğri bir yapıya sahip olan columna vertebralis'in 3B görüntüsü, detayları ortaya koyduğundan do-

layı, komplikasyonların teşhis edilmesine olanak sağlamaktadır (6). Bir organ veya kemiğin görüntü kalitesi düşük olduğunda standart görüntüleme üzerinde iyi görselleştirilemez. Uygulanan cerrahi yöntemlerden yüksek riskli olan vertebrae vida implantasyonlarında 3B modelleme uygulaması yapılırsa daha faydalı olabilir (7). Cervical vertebrae'nin sanal pin izleri ile 3B modeli üzerinde hem aksiyal hem de sagittal planda gösterilerek, cerrahın operasyonu planlaması ve uygulamasına yardımcı olabilmektedir (8).

Columna vertebralis üzerinde 3B rekonstrüktif çalışmalar yaygınlaşmıştır. Örneğin; insanda (4, 5, 8 -12) ve şinşillada (13) yapılmıştır.

Tilki (*Vulpes vulpes*) Canidae familyasına mensup olup, yaygın bir dağılım göstermektedir. Tilki Carnivora takımında oldukça popüler bir hayvandır ve bazıları postları için beslenmektedirler (14). Ayrıca parklarda, bahçelerde ve mezarlıklarda rastlanabilir (15). Yapılan literatür araştırmalarında kızıl tilki osteolojisi üzerindeki çalışmaların genellikle cranium ve appendicular iskelet üzerinde olduğu görülmüştür. Örneğin; kemik üzerinden craniometrik ve osteometrik ölçümlerin yapıldığı (16, 17), appendicular iskeletin morfolojisi ve morfometrisinin (18) ortaya konulduğu, vücudunun ve cranium'unun morfometrik ölçümlerinin (15, 19) alındığı, scapula'sının 3B rekonstrüksiyonu üzerinden morfometrik ölçümlerinin yapıldığı (20) çalışmalardır. Fakat columna vertebralis'in 3B rekonstrüksiyonunun ortaya konulduğu ve morfometrik ölçümlerinin gerçekleştirildiği herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışma MDBT görüntüleri kullanarak üç boyutlu bilgisayar programı aracılığı ile elde edilen 3B rekonstrüksiyonlara dayanarak tilki cervical vertebrae'nin morfometrik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'nden izin alınarak yapılmıştır (İzin numarası: 38002405-445.05-177733).

Bu çalışma farklı zamanlarda trafik kazası sonucu ölen ve Ceyhan Veteriner Fakültesi'ne getirilen 6 adet erkek tilki (*Vulpes vulpes*) üzerinde gerçekleştirildi. Yüzükoyun (prone) pozisyonundaki hayvanların multidedektör bilgisayarlı tomografi (MDBT) görüntüleri elde edildi. MDBT (Somatom Sensation 64; Siemens Medical Solutions, Germany) cihazının parametreleri; fiziksel dedektör sınırlaması, 32 x 0,6 mm; nihai kesit sınırlaması, 64 x 0,6 mm; kesit kalınlığı, 0,75 mm; portal dönme süresi; 330 msec; kVp; 120; mA, 300; çözünürlük, 512 x 512 pixel; çözünürlük aralığı, 0,92 x 0,92 olarak ayarlandı. Doz parametreleri ve taramalar, standart protokoller ve literatür (21, 22) esas alınarak gerçekleştirildi. Elde edilen görüntüler DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) formatında stoklandıktan sonra 3B modelleme programı Mimics 13.1 (Multimodal Immersive Motion rehabilitation with Interactive Cognitive Systems) yüklenen bir bilgisayara aktarıldı. Otomatik segmentasyon sürecinin ilk aşamasında cervical vertebrae'nin tek tek sınırları tespit edildi ve her bir vertebra farklı renklendirildi. Sınırları belirlenmiş olan görüntüler üst üste bindirilerek,

her bir vertebra ayrı ayrı Mimics 13.1 programının üç boyutlu çevirici bileşeni ile rekonstrüksiyon gerçekleştirildi (Şekil 1, Şekil 2). Rekonstrüksiyonu yapılan her vertebrae üst üste konularak, columna vertebralis'in pars cervicalis'i ortaya konuldu. Her bir vertebrae'da (atlas hariç) oluşturulan 3B model üzerinden programla otomatik olarak bazı morfometrik ölçümler alındı ve indeksler bu ölçümlerden hesaplandı.

Corpus Vertebra'lardan Alınan Morfometrik Ölçümler

Corpus Vertebra Uzunluğu: Corpus vertebra ön ucu ile arka ucu arasındaki en uzun mesafe.

Corpus Vertebra Trasvers Çapı: Vertebra'nın caudal yüzünden alınan en geniş transvers çapı.

Corpus Vertebra Sagittal Çapı: Vertebra'nın caudal yüzünden alınan en geniş sagittal çapı.

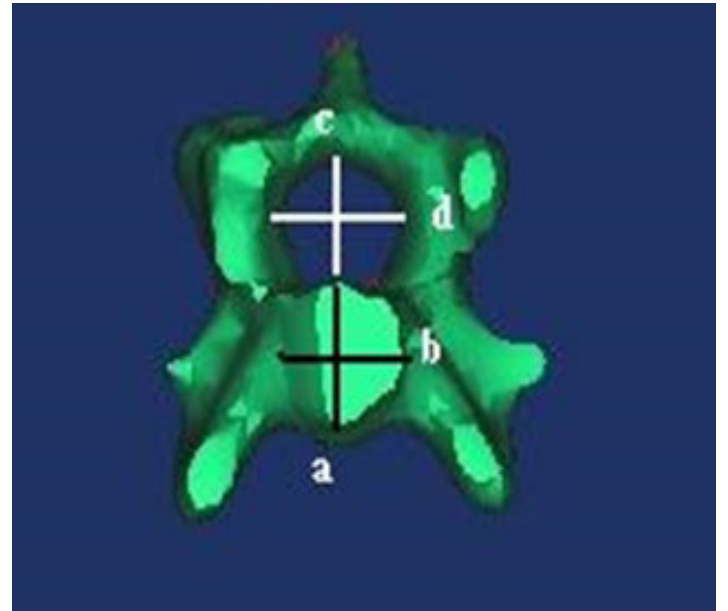
Foramen Vertebra Transvers Çapı: Foramen vertebra'nın caudal yüzünde her iki dış kenarlarından geçen sagittal eksenler arası en geniş transvers mesafe.

Foramen Vertebra Sagittal Çapı: Foramen vertebra'nın caudal yüzünde her iki dış kenarlarından geçen transvers eksenler arası en geniş sagittal mesafe.

İndeksler

Corpus Vertebra'nın Genişlik İndeksi: $100 \times \text{Corpus vertebra'nın sagittal çapı} / \text{Corpus vertebra'nın transvers çapı}$

Foramen Vertebra'nın Genişlik İndeksi: $100 \times \text{Foramen vertebra sagittal çapı} / \text{Foramen vertebra transvers çapı}$



Resim 1 Corpus vertebra'nın 3B rekonstrüksiyonu üzerinde ölçüm yerleri. (a) Corpus vertebra'nın sagittal çapı, (b) Corpus vertebra'nın transvers çapı, (c) Foramen vertebra'nın sagittal çapı, (d) Foramen vertebra'nın transvers çapı.

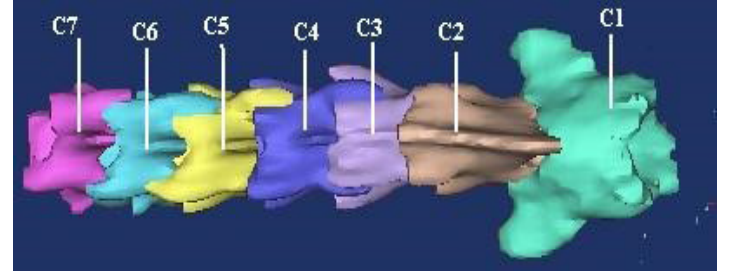
Figure 1 Measurement locations on 3D reconstruction of the corpus vertebra. (a) Sagittal diameter of corpus vertebra, (b) Transverse diameter of corpus vertebra, (c) Sagittal diameter of foramen vertebra, (d) Transverse diameter of the foramen vertebra.



Resim 2 Corpus vertebra uzunluğunun 3B rekonstrüksiyon üzerinde ölçüm yeri.
Figure 2 Measurement of the length of the corpus vertebra on 3D reconstruction.

BULGULAR

Tilkinin columna vertebralis'inin pars cervicalis'inin 3B rekonstrüksiyonu incelendiğinde 7 adet cervical vertebrae'dan oluştuğu gözlemlendi (Şekil 3). 3B model üzerinden elde edilen morfometrik ölçümler ve bunlardan elde edilen indeks verileri Tablo 1'de verildi.



Şekil 3 Columna vertebralis pars cervicalis'in 3B rekonstrüksiyonu.
Figure 3 3D reconstruction of pars cervicalis of columna vertebralis.

TARTIŞMA

Tilki cervical vertebrae'nın 3B modeli üzerinden yapılan ölçüm değerlerine göre C3 ve C4 haricinde transvers çapının sagittal çapından daha geniş olduğu gözlemlenmiştir. Tavşan ve insan cervical vertebrae'larının da transvers çaplarının sagittal çaplarından daha büyük olduğu bildirilmiştir. Ayrıca tilkide foramen vertebra'nın sagittal çapı ise transvers çapından daha büyük değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Tavşan ve insanda ise tam tersi transvers çapın sagittal çaptan daha geniş olduğu bildirilmiştir (1, 23).

Medulla spinalis'in cervical ve lumbal parçası diğer bölümlerine göre simetrik olarak biraz daha kalınlaşır. Servikal bölgedeki kalınlaşma C5- T2 arasında bulunur. Bu bölümden

Tablo 1 Elde edilen 3B verilere göre; cervical vertebrae'nın morfometrik ölçüm değerlerinin ortalamaları.
Table 1 Averages of morphometric measurements of cervical vertebrae according to the obtained 3D data.

Vertebra	Corpus Vertebra Uzunluğu (mm)	Corpus Vertebra Transvers Çapı (mm)	Corpus Vertebra Sagittal Çapı (mm)	Foramen Vertebra Transvers Çapı (mm)	Foramen Vertebra Sagittal Çapı (mm)	Corpus Vertebra Genişlik İndeksi (%)	Foramen Vertebra Genişlik İndeksi (%)
C2	28.25	7.11	6.62	5.79	10.64	93.10	183.76
C3	23.70	5.63	6.80	6.72	10.63	120.78	158.18
C4	21.40	5.42	7.34	6.04	10.14	135.42	184.43
C5	17.01	8.11	6.99	7.52	11.25	86.18	149.60
C6	15.04	8.12	6.73	8.82	11.33	82.88	128.45
C7	9.29	9.70	5.03	9.03	11.45	51.85	126.79

Tablo 1'e göre corpus vertebrae uzunluğunun C2'den C7'ye azaldığı, vertebra'nın transvers çapının C2'den C4'e azaldığı, ancak C5'ten C7'ye arttığı, vertebra'nın sagittal çapı transvers çapın aksine C2'den C4'e artarken, C5'ten C7'ye azaldığı, foramen vertebrae'nın transvers ve sagittal çapları C5'ten C7'ye arttığı görüldü.

ön ekstremiteler ile göğsün ön ve yan duvarını innerve eden sinirler başlangıç alır. Bu artışın plexus brachialis'den kaynaklandığı söylenebilir (24). Bu genişleme gri cevherdeki anterior columnada bulunan üst ekstremita kaslarını innerve eden segmentlere uyan motor hücre sayısındaki artıştan kaynaklanmaktadır (25). Tilikide yapılan bu çalışmada foramen vertebrae'nın

transvers ve sagittal çapları C5'ten C7'ye artışın literatürde (25) verilen bilgilere uyumlu olarak görülmüştür.

Tilki cervical vertebrae'lerinin corpus uzunluğu en fazla C2'de ölçüldü ve cranialden caudale doğru gidildikçe azaldığı tespit edildi. Bu da cervical vertebrae'lerin corpuslarının sonuncuya doğru yavaş yavaş kısalması ile uyumludur (26). Bu durum tavşanın cervical vertebrae'leriyle benzerlik göstermektedir (24). Erkek şinşilla'da ise corpus vertebrae'nin uzunluğunun columna vertebralis'in pars cervicalis uzunluğuna oranı C3-C6 arasında artmış, C7'de ise azalmıştır (13). İnsanda ise corpus vertebrae uzunluğunun columna vertebralis'in pars cervicalis uzunluğuna oranı C1-C3 arasında azalmış, C4- C7 arasında ise artmıştır (5).

Sonuç olarak, çalışmada kullanılan metodun ve bu metottan elde edilen verilerin; gerek gelecekte yapılacak araştırmalara zemin teşkil edeceği, gerekse veteriner anatomi eğitimi alan öğrencilere modern bir eğitim anlayışı ve bakış açısı kazandıracığı düşünülmektedir. Bu açıdan yapılan çalışmanın ayrıca klinisyenin premedikal ve postmedikal açıdan canalis vertebralis pars cervicalis'i ile ilgili nöropatolojik olguların tanı ve yorumlamasını pozitif yönde etkileyeceği düşünülmektedir. Beşeri hekimlikte son yıllarda özellikle cerrahi uygulamalarda oldukça yaygın olarak kullanılan 3B modellerin, veteriner hekimlikte de yerini bulması oldukça önemlidir.

Bu çalışma tilki cervical vertebrae üzerinde yapılan ilk 3B rekonstrüksiyondur ve sonuçlar bu türün anatomi bilgisine katkıda bulunabilir. Bundan sonraki çalışmalarda tilki columna vertebralis'inin diğer bölümlerinin de rekonstrüksiyonunun yapılması ve ayrıca çalışmaya her iki cinsiyeti de dahil ederek morfometrik ölçümlerin karşılaştırılması, cinsiyetler arasındaki farklılıkların ortaya konulması açısından önemlidir. Ayrıca bu teknik, diğer vahşi hayvanlara zarar vermeden anatomilerini anlamak için de kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Desdicioğlu K, Öztürk Erdoğan K, Çizmecici G, Malas MA. Morphometric Investigation of Anatomic Structures of Vertebrae and Clinical Evaluation: An Anatomical Study. SDÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2017; 8 (1). DOI: 10.22312 / sdsbed.224963
2. Sunar M, Kapakin S. Morphometric evaluation of cranio-cervical junction by magnetic resonance imaging method. Asian Journal of Neurosurgery 2019; 14: 702-9.
3. Başaloğlu H, Turgut M, Başaloğlu H. K. Lumbal canalis vertebralis'in sagittal ve transvers çaplarının incelenmesi morfometrik ve radyolojik bir çalışma. Ege Tıp Dergisi 2002; 41 (2): 63 – 66.
4. Aroeira RMC, Antônio Pertence EM, Kemmoku DT, Greco1 M. Three-dimensional geometric model of the middle segment of the thoracic spine based on graphical images for finite element analysis. Research on Biomedical Engineering 2017; 33 (2): 97-104.
5. Ince A, Eken E. Three-Dimensional Reconstruction of Columna Vertebralis Images of Elite Male Weightlifters Taken by a Multi-Detector Computerized Tomography (MDCT). International Journal of Morphology 2014; 32(4):1184-1189.
6. Arthertya JS, Poonguzhali S. 3d image reconstruction of the vertebral column. ieeexplore.ieee.org/iel5/.../06206812.pdf?.. 2012.
7. Clogenson M, Duff JM, Luethi M, Levivier M, Meuli R, Baur C, Henein S.. A statistical shape model of the human second cervical vertebra. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery 2014; DOI 10.1007/s11548-014-1121-x
8. Fu M, Lin L, Kong X, Zhao W, Tang L, Li J, Ouyang J. Construction and Accuracy Assessment of Patient- Specific Biocompatible Drill Template for Cervical Anterior Transpedicular Screw (ATPS) Insertion: An In Vitro Study. PLoS ONE 2013; 8(1): e53580. doi:10.1371/journal.pone.0053580
9. Yen C, Su HR, Lai SH. Reconstruction of 3D vertebrae and spinal cord models from CT and STIR-MRI Images. 2013 Second IAPR Asian Conference on Pattern Recognition 2013; 150-154.
10. Rehm J, Germann T, Akbar M, Pepke W, Kauczor HU, Weber MA, Spira D. 3D-modeling of the spine using EOS imaging system: Inter-reader reproducibility and reliability. PLOS ONE 2017; DOI:10.1371/journal.pone.0171258
11. Li Y, Li Z, Ammanuel, Gillan D, Shah V. Efficacy of using a 3D printed lumbosacral spine phantom in improving trainee proficiency and confidence in CT-guided spine procedures. BMC 2018; 4:7 <https://doi.org/10.1186/s41205-018-0031-x>
12. Bohl MA, Morgan CD, Mooney MA, et al. Biomechanical Testing of a 3D-printed L5 Vertebral Body Model. Cureus 2019; 11(1): e3893. DOI 10.7759/cureus.3893
13. Özkadif S, Eken E, Dayan MO, Beşoluk K. Determination of sex-related differences based on 3D reconstruction of the chinchilla (*Chinchilla lanigera*) vertebral column from MDCT scans. Veterinarni Medicina 2017; 62: 204-210.
14. Demirsoy A. Yaşamın Temel Kuralları. Omurgalılar/Amniyota (Sürüngenler, Kuşlar 277 ve Memeliler) Cilt-III/Kısım-II. 5. Baskı. Meteksan A.Ş. 2003. p. 745-750.
15. Zatoń-Dobrowolska M, Moska M, Mucha A, Wierzbicki H, Przywiecki P, Dobrowolski M. Variation in fur farm and wild populations of the red fox, *Vulpes vulpes* (Carnivora: Canidae)- Part I: Morphometry. Canadian Journal of Animal Science 2016; 96: 589– 597.
16. Onar V, Belli O, Owen PR. Morphometric Examination of Red Fox (*Vulpes vulpes*) from the Van-Yoncatepe Necropolis in Eastern Anatolia. International Journal of Morphology 2005; 23(3):253-260.
17. Munkhzul T, Reading RP, Buuveibaatar B, Murdoch JD. Comparative Craniometric Measurements of Two Sympatric Species of *Vulpes* in Ikh Nart Nature Reserve, Mongolia.

- Mongolian Journal of Biological Sciences 2018; 16 (1): 19- 28.
18. Bisailon A, DeRoth L. Morphology and morphometry of the appendicular skeleton of the red fox (*Vulpes vulpes*). Canadian Journal of Zoology 2011; 57 (11): 2089-2099.
19. Zatoń-Dobrowolska M, Moska M, Mucha A et al. Variation in fur farm and wild populations of the red fox, *Vulpes vulpes* (Carnivora: Canidae). Part II: Craniometry. Canadian Journal of Animal Science 2017; 98 (4). DOI: 10.1139/CJAS-2017-0015
20. Özkadif S, Haligür A, Eken E. A three-dimensional reconstruction of the scapula in the red fox (*Vulpes vulpes*). Indian Journal of Animal Research 2019; 53: 336-340.
21. Prokop M. General principles of MDCT. European Journal of Radiology 2003; 45: 4-10.
22. Kalra MK, Maher MM, Toth TL, Hamberg LM, Blake MA, Shepard J, Saini S. Strategies for CT radiation dose optimization. Radiology 2004; 230: 619-28.
23. Özkadif S, Korkmaz T. Yeni zelandalı tavşanı (*Oryctolagus cuniculus* L.)'nda boyun ve göğüs omurlarının morfolojik özelliklerinin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi Sayı 2010; 30: 01-23.
24. Dursun N. Veteriner Anatomi III. Medisan Yayınev. 2010. p. 96.
25. Malas MA, Salbacak A., Şeker M., Büyükmumcu M., Köylüoğlu B. SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi 1996; 3(2): 61-65.
26. Dyce KM, Sack WO, Wensing CJG. Textbook of Veterinary Anatomy Fourth Edition. (Turkish version). 2018. p. 36.