

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERESÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
VETERİNER CERRAHİ
DOKTORA PROGRAMI
DR-2025-000

**KEDİLERDE KOLUMNA VERTEBRALİS VE MEDULLA
SPİNALİS'İN BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ VE
MANYETİK REZONANS İLE GÖRÜNTÜLENMESİ**

DİDEM EREN
DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Murat SARIERLER

**Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından VTF-20033 proje numarası ile desteklenmiştir.**

AYDIN – 2025

KABUL VE ONAY

T.C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Cerrahi Anabilim Dalı Doktora Programı çerçevesinde Vet. Hek. Didem Eren tarafından hazırlanan “Kedilerde Kolumna Vertebralis ve Medulla Spinalis’in Bilgisayarlı Tomografi ve Manyetik Rezonans ile Görüntülenmesi” başlıklı tez, aşağıdaki jüri tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 16.07.2025

Üye (T.D.)	: Prof. Dr. Murat SARIERLER	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	
Üye	: Prof. Dr. Ali BELGE	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	
Üye	: Prof. Dr. M. Erkut KARA	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	
Üye	: Doç. Dr. Osman BULUT	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	
Üye	: Doç. Dr. Ali GÜLAYDIN	Siirt Üniversitesi	

ONAY:

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Sağlık Bilimleri Enstitüsünün tarih ve sayılı oturumunda alınannolu Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Süleyman AYPAK
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Çocukluğumdan bu yana, beşerî nöroloji uzmanlarının BT ve MR görüntülerini nasıl değerlendirdiğini hep merak etmişimdir. Bu merak, Cerrahi Anabilim Dalı'nda çıktığım doktora yolculuğunun da temelini oluşturmuştur. Veteriner Fakültesi'nden 15 yıl önce mezun olmama rağmen, bana inanan, güvenen ve tez konumu belirlerken bu çocukluk ilgimi bilimsel bir çalışmaya dönüştürmemde ilham kaynağı olan, tez sürecinin her aşamasında doğru noktalarda yönlendiren ve doktora eğitimim boyunca ilgi ve desteğini esirgemeyen değerli danışmanım Prof. Dr. Murat SARIERLER'e, her zaman beni destekleyen ve yanımda olan Anabilim Dalımız öğretim üyesi Prof. Dr. Ali Belge'ye, Doç. Dr. Zeynep BOZKAN ÜNAL'a, Doç. Dr. Büşra KİBAR KURT'a, öğrencilik yıllarımdan itibaren akademik ve mesleki yaşamım boyunca en ufak desteklerini benden esirgemeyen, her daim sorularıma yanıt bulduğum ve yanımda olan Anatomi Anabilim Dalı öğretim üyesi Prof. Dr. Mehmet Erkut KARA'ya ve Prof. Dr. Erkut TURAN'a, fakülte hayatım boyunca dostluğunu ve desteğini hiç kaybetmediğim, her daim yanımda olan, dostluk terimini bana bir kez daha hatırlatan, tez süresince aklımdaki tüm soruları yılmadan yanıtlayan canım dostum Anatomi Anabilim Dalı öğretim üyesi Doç. Dr. Figen SEVİL KİLİMCİ'ye, öğrenciliğimden beri mesleki hayatım boyunca benden hiç şüphe duymayan ve her zaman yanımda olduğunu hissettiren İç Hastalıkları Anabilim Dalı öğretim üyesi Prof. Dr. Hüseyin VOYVODA'ya, sorularımı hiç bıkmadan sabırla yanıtlayan ve yardımını hiç esirgemeyen sevgili arkadaşım Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı öğretim üyesi Prof. Dr. Murat BOYACIOĞLU'na, doktora sürecimde bana motivasyon kazandıran beraber çalıştığım ve tez çalışmalarımızı beraber yürüttüğümüz kardeşim gibi gördüğüm Veteriner Hekim Dr. Duygu TANER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu zorlu tez sürecini başarı ile tamamlamamda çok büyük emeği olan, çalışabilmem için her türlü emeği sarfeden, benimle birlikte yorulan, her sıkıntılı anda yanımda olarak motivasyon kaynağım olan sevgili eşim Emre EREN'e, hayatım için şans olduğuna inandığım bana her daim inanan ve zorlu süreçlerde en ufak desteklerini bile esirgemediğim yanımda olan, zorluklarda güçlü durmayı öğrendiğim bana ilham olan sevgili annem Mualla ALP'e, doktora süreci boyunca annelik sorumluluklarımı zaman zaman aksatmak zorunda kaldığım anlarda bana hiçbir zaman pişmanlık duygusu hissettirmeyen, varlıklarıyla bana

güç veren, sevgi dolu çocuklarım yakışıklı oğlum Selim'e ve biricik güzel kızım Bade'ye sonsuz teşekkür ederim. Son olarak, tezimin yazım sürecinde gösterdikleri anlayış ve destekten dolayı Vancouver, Kanada'daki Hollyburn Veterinary Hospital'da görev yapan Veteriner Hekim Dr. Neil Cropper'a ve değerli çalışma arkadaşlarıma içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
RESİMLER DİZİNİ.....	xii
TABLolar DİZİNİ.....	xvii
ÖZET	xix
ABSTRACT	xxiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Bilgisayarlı Tomografinin Tanımı ve Tarihçesi	4
2.2. BT Cihazının Temel Yapıları	8
2.3. Bilgisayarlı Tomografi Genel Çalışma Prensibi.....	9
2.4. Bilgisayarlı Tomografide Görüntü Oluşumu.....	10
2.5. Kedilerde Kolumna Vertebralis ve Medulla Spinalis Bölgesinde Bilgisayarlı Tomografi'nin Önemi	15
2.6. Manyetik Rezonansın Tanımı ve Tarihçesi	17
2.7. Manyetik Rezonans Cihazının Temel Yapıları	18
2.7.1. Magnet.....	18
2.7.2. Koiller (Sargılar)	20
2.7.3. Gantri.....	21
2.7.4. Görüntü İşleme ve Operatör Bilgisayarları	21

2.8. Manyetik Rezonansın Genel Çalışma Prensipleri ve Görüntü Oluşumu.....	21
2.9. Kedilerde Kolumna Vertebralis ve Medulla Spinalis Bölgesinde Manyetik Rezonansın Önemi	25
2.10. Manyetik Rezonans Görüntülemesinde Medulla Spinalisin Görünümü.....	25
2.11. Kedilerde Kolumna Vertebralis ve Medulla Spinalis'in Anatomisi.....	26
2.11.1. Servikal Vertebraalar.....	28
2.11.2. Torakal Vertebraalar	31
2.11.3. Lumbal Vertebraalar	32
2.11.4. Sakral Vertebraalar.....	33
2.11.5. Kolumna Vertebralisin Eklemleri.....	34
2.11.6. Kolumna Vertebralisin Ligamentleri.....	34
2.11.7. Canalis vertebralis	36
2.11.8. İntervertebral Diskler.....	36
2.11.9. Medulla Spinalis Anatomisi	37
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	41
3.1. Gereç.....	41
3.1.1. Çalışmanın Hayvan Materyali	41
3.1.2. Cihazlar.....	41
3.2. Yöntem	42
3.2.1. Bilgisayarlı Tomografi ile Görüntülerin Elde Edilmesi	42
3.2.1.1. Kedilerin Kolumna Vertebralis Bölgesinin BT Görüntülerinin İncelenmesi	44
3.2.2. Manyetik Rezonans ile Görüntülerin Elde Edilmesi	60
3.2.2.1. Kedilerin Kolumna Vertebralis Bölgesinin MR Görüntülerinin İncelenmesi.....	61
3.2.3. İstatiksel Değerlendirme.....	68
4. BULGULAR	69
4.1. BTG ile Elde Edilen Bulgular	69

4.2. MRG ile Elde Edilen Bulgular	95
5. TARTIŞMA.....	108
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	122
KAYNAKLAR.....	124
EKLER.....	133
Ek 1 (AYDIN ADÜ-HADYEK KARARI).....	133
BİLİMSEL ETİK BEYANI.....	134
ÖZ GEÇMİŞ.....	135

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

BT	: Bilgisayarlı Tomografi
BTG	: Bilgisayarlı Tomografi Görüntüleme
C1	: Vertebra cervicalis I (atlas)
C2	: Vertebra cervicalis II (axis)
C3	: Vertebra cervicalis III
C4	: Vertebra cervicalis IV
C5	: Vertebra cervicalis V
C6	: Vertebra cervicalis VI
C7	: Vertebra cervicalis VII
CV	: Corpus vertebra
CvG	: Canalis vertebralis genişliği
CVG	: Corpus vertebra genişliği
CVU	: Corpus vertebra uzunluğu
CvY	: Canalis vertebralis yüksekliği
CvY	: Canalis vertebralis yüksekliği
CVY	: Corpus vertebra yüksekliği
For.	: Foramen
FOV	: Field of View
FTSG	: For. transversarium sagittal genişlik
FTTG	: For. transversarium transversal genişlik
IVAG	: İntervertebral aralık genişliği
IVAY	: İntervertebral aralık yüksekliği
IVDD	: İntervertebral disk hastalıkları

L1	: Vertebra lumbalis I
L2	: Vertebra lumbalis II
L3	: Vertebra lumbalis III
L4	: Vertebra lumbalis IV
L5	: Vertebra lumbalis V
L6	: Vertebra lumbalis VI
L7	: Vertebra lumbalis VII
MR	: Manyetik Rezonans
MRG	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
MS	: Medulla spinalis
MsG	: Medulla spinalis genişliği
MsY	: Medulla spinalis yüksekliği
PU	: Pedikül uzunluğu
SCVU	: Sagittal corpus vertebra uzunluğu
SCvY	: Sagittal canalis vertebralis yüksekliği
SMsY	: Sagittal medulla spinalis yüksekliği
SNpG	: Sagittal nükleus pulposus genişliği
SNpY	: Sagittal nükleus pulposus yüksekliği
T1	: Vertebra Torakalis I
T10	: Vertebra Torakalis X
T11	: Vertebra Torakalis XI
T12	: Vertebra Torakalis XII
T13	: Vertebra Torakalis XIII
T2	: Vertebra Torakalis II
T3	: Vertebra Torakalis III
T4	: Vertebra Torakalis IV

T5	: Vertebra Torakalis V
T6	: Vertebra Torakalis VI
T7	: Vertebra Torakalis VII
T8	: Vertebra Torakalis VIII
T9	: Vertebra Torakalis IX
TCvG	: Transversal canalis vertebralis genişliği
TCVG	: Transversal corpus vertebra genişliği
TCvY	: Transversal canalis vertebralis yüksekliği
TCVY	: Transversal corpus yüksekliği
TMsG	: Transversal medulla spinalis genişliği
TMsY	: Transversal medulla spinalis yüksekliği
TNpG	: Transversal nükleus pulposus genişliği
TNpY	: Transversal nükleus pulposus yüksekliği
TPA	: Transversal pedikül açısı
TPG	: Transversal pedikül genişliği
VY	: Vertebra yüksekliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. BT sagittal kesitte, kolumna vertebraliste bölgelere göre, CVU (mm).....	69
Şekil 2. BT sagittal kesitte, kolumna vertebraliste bölgelere göre, IVAG (mavi) ve IVAY (turuncu) değerleri (mm).	70
Şekil 3. BT transversal kesitte, kolumna vertebraliste bölgelere göre, CVY (mavi) (mm) ve CVG (turuncu) (mm).	71
Şekil 4. BT transversal kesitte, kolumna vertebralis'te bölgelere göre CVY'nin CVG'ne oranı -yuvarlaklık indeksi (CVY/CVG).	73
Şekil 5. BT transversal kesitte, kolumna vertebraliste bölgelere göre, MsG (sarı) ve MsY (turuncu) (mm), CvG (kahverengi) ve CvY (yeşil) (mm).	73
Şekil 6. BT transversal kesitte, kolumna vertebraliste bölgelere göre, MS (turuncu) ve Cv (mavi) yuvarlaklık indeksi (genişlik/yükseklik).	75
Şekil 7. BT transversal kesitte, Cv (turuncu) ve CV'nin (mavi) VY'ne oranı (%).	76
Şekil 8. BT transversal kesitte, kolumna vertebraliste bölgelere göre PU (mm).	77
Şekil 9. BT transversal kesitte, kolumna vertebraliste bölgelere göre, TPG (mm).	78
Şekil 10. BT transversal kesitte, kolumna vertebraliste bölgelere göre, TPA (⁰).	79
Şekil 11. MR sagittal kesitte, kolumna vertebraliste bölgelere göre, SMsY (turuncu) (mm)ve SCvY (sarı) (mm).	95
Şekil 12. MR görüntülemelerde MS alanının Cv alanına oranı (MS/Cv) (*100).	96
Şekil 13. MR transversal kesitte, kolumna vertebralis boyunca, TCvY (turuncu) (mm) ve TCvG (sarı) (mm).	97
Şekil 14. MR transversal kesitte, kolumna vertebralis boyunca TMsY (turuncu) (mm) ve TMsG (sarı) (mm).	98
Şekil 15. MR sagittal kesitte, kolumna vertebralis boyunca SNpY (turuncu) (mm) ve SNpG (sarı) (mm).	98

Şekil 16. MR transversal kesitte, kolumna vertebralis boyunca TNpY (turuncu) (mm) ve TNpG (sarı) (mm).....	99
---	----

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1. Birinci jenerasyon cihazlarda t�p ve dedektör.....	5
Resim 2. İkinci jenerasyon cihazlarda t�p ve dedektör.....	6
Resim 3. ����nc� jenerasyon cihazlarda t�p ve dedektör	6
Resim 4. Dördüncü jenerasyon cihazlarda t�p ve dedektör.....	7
Resim 5. BT’de görüntü oluşumu; A) yapılan tarama, B) Dedektörlerde elde edilen rakamsal veriler, C-D) Görüntü matriksini belirleyen rakamsal verilerin hesaplanması. E-F) �rnek görüntüdeki piksellerin oluşumu, G) Gerçek BT görüntüsü.	11
Resim 6. Bir köpekte abdomen bölgesinin tomografi kavramını gösteren BT kesiti. Görüntü küçük bilgi birimlerinden oluşan bir doku dilimini gösterir	12
Resim 7. Voksel (a), x, y ve z düzlemlerini kapsayan üç boyutlu bir hacim birimidir. BT görüntülerinde voksel, attenuasyon (ı�ın soğurma) değerlerini; MR görüntülerinde ise sinyal yo�unlu�unu içerir. Her bir voksel içinde farklı dokuların karışık (heterojen) yoğunluk veya sinyal değerleri bulunabilir. Ancak bu değerlerin ortalaması, görüntüde tek bir piksel (b) olarak, aynı parlaklık düzeyinde gösterilir	12
Resim 8. Piksel ve voksel.	12
Resim 9. Hounsfield �l�e�i	13
Resim 10. Farklı dokulardaki HU değerleri.....	13
Resim 11. Farklı özelliklerde süper iletken magnetler. A. Siemens 3 T Vario sistem, B. Philips 1 T Panorama sistem, C. General Electric 1.5 T Discovery MR450 sistem.....	18
Resim 12. Permanent magnet.....	19
Resim 13: S�perkond�ktiv magnet.....	20
Resim 14. Gradient Magnet	20
Resim 15. Protonların spin hareketi.	23

Resim 16. a) Sabit manyetik alanın etkisi olmadan hidrojen atomlarının davranışı, b) Manyetik alan etkisinde hidrojen atomlarının davranışı.....	24
Resim 17 . A) Atlasın dorsal (yukarıda) ve ventral (aşağıda) görüntüsü, B) Aksisin lateralden görünümü, C) C5'in kaudal görünümü. 1. Arcus dorsalis, 2. Arcus ventralis, 3. Tuberculum ventrale, 4. Proc. transversum, 5. For. transversarium, 6. Inscura alaris. 7. For. vertebrale laterale, 8. Canalis vertebralis, 9. Fovea articulare cranialis, 10. Fovea articulare caudale, 11. Dens, 12. Kranial artiküler yüzey, 13. Proc. spinosus, 14. Corpus vertebra, 15. Proc. articularis cranialis, 16. Proc. articularis caudalis, 17. Ala atlantis.....	29
Resim 18. A) T4 kranio-latereale görünüm, B) T1 lateral görünüm. 1. Proc. transversum, 2. Canalis vertebralis, 3. Corpus vertebra, 4. Proc. articularis cranialis, 5. Fovea costalis, 6. Proc. spinosus, 7. Proc. articularis caudalis.....	31
Resim 19. L6 sol lateral görünüm. 1. Proc. articularis cranialis, 2. Proc. articularis caudalis, 3. Proc. accessorius, 4. Proc. transversum, 5. Proc. spinosus, 6. Corpus vertebra.....	33
Resim 20. Occipital kemik, atlas ve axis'in ligamentleri.....	35
Resim 21. Kedi 3D BT'de anatomik yapılar. A) servikal, B) Torakal, C) lumbal bölge vertebralarında önemli anatomik yapılar. 1. C1 (atlas) proc. transversum, 2. C2 (aksis) pro. spinosus, 3. C3 proc. transversum, 4. C4 proc. spinosus, 5. L2/L6 proc. transversum, 6. T9/L2/L6 proc. spinosus, 7. L2/L6 proc. articularis kranialis, 8. L2/L6 proc. accessorius, 9. yedinci kosta, 10. T11 (antiklinikal vertebrae) (Olgu 6).....	39
Resim 22. BT transversal kesit görüntüsünde servikal (A) ve lumbal (B) vertebrada anatomik yapılar. 1. Proc. spinosus, 2. Lamina, 3. Pedikül, 4. Proc. transversum, 5. Corpus vertebra, 6. For. transversum, 7. Canalis vertebralis, 8. Medulla spinalis (Olgu 4).	39
Resim 23. MR görüntülemeye, T2 ağırlıklı sagittal (A), transversal (B) ve T1 ağırlıklı sagittal (C) ve transversal (D) kesitte önemli anatomik yapılar; 1. medulla spinalis, 2. subarachnoid boşluktaki BOS ve epidural yağ (hiperintens), 3. nükleus pulposus, 4. annulus fibrosus, 5. corpus vertebra, 6. subarachnoid boşluk (hipointens) (Olgu 5).....	40

Resim 24. BT muayenesi için kedilerin sternal olarak pozisyonlandırılması	43
Resim 25. BT`de çekilen görüntülerin elde edilmesi.....	44
Resim 26. BT`de kolumna vertebralis'in sagittal kesitte bölümlendirilmesi. A) servikal, B) Torakal, C) lumbal (Olgu 5).	45
Resim 27. Sagittal BT görüntü kesitinde, C2-C7 arası corpus vertebra uzunlukları (Olgu 6).....	46
Resim 28. Sagittal BT görüntü kesitinde, T1-T13 arası corpus vertebra uzunlukları (Olgu 1).....	46
Resim 29. Sagittal BT görüntü kesitinde, L1-L7 arası corpus vertebra uzunlukları (Olgu 1).....	47
Resim 30. Sagittal servikal BT görüntü serisinde corpus vertebra uzunlukları A) C2-C4 arası, B) C5, C) C6-C7 arası (Olgu 7).	47
Resim 31. Sagittal BT görüntü serisinde, A) servikal C2-T1, B) torakal T1-L1, C) lumbal L1-Sakrum intervertebral aralık yükseklikleri (Olgu 4).....	48
Resim 32. Sagittal BT görüntü serisinde, A) servikal C2-T1, B) torakal T1-L1, C) lumbal L1-S1 intervertebral aralık genişlikleri (Olgu 4).....	49
Resim 33. C1 ve C7 Servikal vertebraların ölçümü için “çapraz eğri MPR” oluşturulması. Mavi renkteki çizgiler Çapraz Eğri MPR`ın lokalizatörüdür (Olgu 1, Olgu 5). 51	
Resim 34. Transversal BT görüntüde servikal bölgede A) Sagittal kesitte çapraz eğri MPR ile seçilen ölçüm noktası, B) Seçilen ölçüm noktasındaki transversal kesit.....	51
Resim 35. Transversal BT görüntüde torakal bölgede A) Sagittal kesitte çapraz eğri MPR ile seçilen ölçüm noktası, B) Seçilen ölçüm noktasındaki transversal kesit.....	52
Resim 36. Transversal BT görüntüde lumbal bölgede A) Sagittal kesitte çapraz eğri MPR ile seçilen ölçüm noktası, B) Seçilen ölçüm noktasındaki transversal kesit.....	52
Resim 37. BT transversal kesit; A) C1, B) C3; canalis vertebralis yüksekliği (a), canalis vertebralis genişliği (b) (Olgu 1 ve Olgu 5).	53
Resim 38. BT transversal kesit, A) T6, B) T13; canalis vertebralis yüksekliği (a), canalis vertebralis genişliği (b) (Olgu 5).	53

Resim 39. BT transversal kesit, A) L1, B) L7; canalis vertebralis yüksekliği (a), canalis vertebralis genişliği (b) (Olgu 5).	53
Resim 40. BT transversal kesit, A) C1, B) C3; medulla spinalis yüksekliği (a), medulla spinalis genişliği (b) (Olgu 8).	54
Resim 41. BT transversal kesit, A) T5, B) L5; medulla spinalis yüksekliği (a), medulla spinalis genişliği (b) (Olgu 8).	54
Resim 42. BT transversal kesit, A) C3, B) T7, C) L3 corpus vertebra yüksekliği (a), corpus vertebra genişliği (b), (Olgu 6).	55
Resim 43. BT transversal kesit, A) C3, B) C7 pedikül genişliği (Olgu 2).	56
Resim 44. BT transversal kesit, A) T1, B) L1 pedikül genişliği (Olgu 2).	56
Resim 45. BT transversal kesit, A) C2, B) T7, C) T13, D) L3 pedikül uzunluğu (Olgu 5).	57
Resim 46. BT transversal kesit, A) C2, B) T9, C) L4 transversal pedikül açısı (Olgu 6). ...	58
Resim 47. BT transversal kesit, A) C3, B) T5, C) L4 vertebra yüksekliği (Olgu 5).	58
Resim 48. BT transversal kesitte, for. transversarium ölçümlerinin belirlendiği kesit (Olgu 1).	59
Resim 49. BT transversal kesitte, A) For. transversarium sagittal genişlik, B) For. transversarium transversal genişlik (Olgu 1).	59
Resim 50. MR muayenesi için sternal pozisyonda baş ve boyun bölgesi baş coili (head coil) içerisinde, boyun bölgesinden kuyruk başlangıç noktasına kadar olan kısım ise abdomen coil içerisinde pozisyonlandırılması.	60
Resim 51. MR sagittal kesit; C6-C7 seviyesinde, T1 ağırlıklı A), T2 ağırlıklı B); T2 ağırlıklı C) C1-C2 seviyesinde, görüntüde sagittal canalis vertebralis yüksekliği (mavi çizgi), sagittal medulla spinalis yüksekliği (kırmızı çizgi) (Olgu 1).	63
Resim 52. MR sagittal kesit; C6-C7 seviyesinde A) T1 ağırlıklı görüntüde sagittal nükleus pulposus yüksekliği (turuncu çizgi), sagittal nükleus pulposus genişliği (yeşil çizgi), B) T2 ağırlıklı görüntüde sagittal disk yüksekliği (turuncu çizgi), sagittal disk genişliği (yeşil çizgi) (Olgu 1).	64
Resim 53. MR transversal kesit; T1 ağırlıklı görüntüde, T2-T3 seviyesinde, A) Transversal kesitte yapılacak ölçümün sagittal kesitedeki seçim noktası (sarı	

- çizgi) ve kesitin geçtiği düzlem, B) Transversal canalis vertebralis yüksekliği (a), Transversal canalis vertebralis genişliği (b) (Olgu 5). 65
- Resim 54.** MR transversal kesit; T2 ağırlıklı görüntüde, L4-L5 seviyesinde, A) Transversal kesitte yapılacak ölçümün sagittal kesitteki seçim noktası (sarı çizgi) ve kesitin geçtiği düzlem, B) Transversal canalis vertebralis yüksekliği (a), Transversal canalis vertebralis genişliği (b) (Olgu 7). 66
- Resim 55.** MR transversal kesit; T1 ağırlıklı görüntüde, T8-T9 seviyesinde, A) Transversal kesitte yapılacak ölçümün sagittal kesitteki seçim noktası (sarı çizgi) ve kesitin geçtiği düzlem, B) Transversal medulla spinalis yüksekliği (a), Transversal medulla spinalis genişliği (b) (Olgu 8). 66
- Resim 56.** MR transversal kesit; T2 ağırlıklı görüntüde, C3-C4 seviyesinde, A) Transversal kesitte yapılacak ölçümün sagittal kesitteki seçim noktası (sarı çizgi) ve kesitin geçtiği düzlem, B) Transversal medulla spinalis yüksekliği (a), Transversal medulla spinalis genişliği (b) (Olgu 11). 67
- Resim 57.** MR transversal kesit; T1 ağırlıklı görüntüde, T11-T12 seviyesinde, A) Transversal kesitte yapılacak ölçümün sagittal kesitteki seçim noktası (sarı çizgi) ve kesitin geçtiği düzlem, B) Transversal nükleus pulposus yüksekliği (a), Transversal nükleus pulposus genişliği (b) (Olgu 7). 67
- Resim 58.** MR transversal kesit; T2 ağırlıklı görüntüde, C6-C7 seviyesinde, A) Transversal kesitte yapılacak ölçümün sagittal kesitteki seçim noktası (sarı çizgi) ve kesitin geçtiği düzlem, B) Transversal nükleus pulposus yüksekliği (a), Transversal nükleus pulposus genişliği (b) (Olgu 2). 68

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Çalışmada yer alan kedilere ait bilgiler.	42
Tablo 2. BT çekiminde kullanılan protokol.	43
Tablo 3. BT, kolumna vertebralis sagittal kesit ölçüm parametreleri.	45
Tablo 4. BT, kolumna vertebralis transversal kesit ölçüm parametreleri.	50
Tablo 5. MR çekiminde kullanılan protokol.	61
Tablo 6. MR, kolumna vertebralis sagittal kesitlere ait ölçüm parametreleri.	62
Tablo 7. MR, kolumna vertebralis transversal kesitlere ait ölçüm parametreleri.	64
Tablo 8. For. transversarium servikal vertebralardaki (C1-C6) ortalama değerleri (mm).	79
Tablo 9. BT’de kolumna vertebralisin bölgelerinin karşılaştırılması, Ort±SS; %95 Güven aralığı (Alt sınır-Üst sınır).	81
Tablo 10. BT Servikal vertebra ölçümleri..	82
Tablo 11. BT Torakal vertebra ölçümleri..	84
Tablo 12. BT Lumbal vertebra ölçümleri..	86
Tablo 13. BT Servikal bölgede intervertebral aralık ölçümleri (Sagittal kesit).	87
Tablo 14. BT torakal vertebralarda intervertebral aralık ölçümleri.	88
Tablo 15. Lumbal vertebralarda intervertebral aralık ölçümleri.	89
Tablo 16. BT transversal kesit, pediküle ait parametrelerin bölgeler bazında karşılaştırılması, Ort±SS; %95 Güven aralığı (Alt sınır-Üst sınır).	90
Tablo 17. BT transversal kesit, servikal bölgede pediküle ait parametrelerin karşılaştırılması.	91
Tablo 18. BT transversal kesit, torakal bölgede pediküle ait parametrelerin karşılaştırılması.	92
Tablo 19. BT transversal kesit, lumbal bölgede pediküle ait parametrelerin karşılaştırılması.	94

Tablo 20. MR’da kolumna vertebralisin bölgelerinin karşılaştırılması, Ort±SS; %95 Güven aralığı (Alt sınır-Üst sınır).....	100
Tablo 21. MR Servikal vertebra ölçümleri..	102
Tablo 22. MR Torakal vertebra ölçümleri.	104
Tablo 23. MR Lumbal vertebra ölçümleri.	106

ÖZET

KEDİLERDE KOLUMNA VERTEBRALİS VE MEDULLA SPİNALİS'İN BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ VE MANYETİK REZONANS İLE GÖRÜNTÜLENMESİ

Eren D. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Cerrahi (Veteriner) Programı, Doktora Tezi, Aydın, 2025.

Amaç: İnsan hekimliğinde BTG ve MRG birçok hastalığın teşhisinde konvansiyonel radyografinin yetersiz kaldığı noktada başvurulmuş ileri görüntüleme yöntemleridir. Kolumna vertebralis ve medulla spinalise ait insan hekimliğinde referans değerleri ve patolojileri gösteren sayısız kitap ve literatürler yer almaktadır. 1990'lı yılların sonlarından itibaren veteriner hekimliğinde de kullanılmaya başlanan BTG ve MRG yöntemleri ile ülkemizde yapılan çalışmalar henüz sınırlı düzeydedir. Genel olarak veteriner literatür ve kitaplara bakıldığında çalışmaların çoğunluğu köpek ağırlıklı olup kedi ile ilgili çalışmalar sınırlı düzeydedir. Bununla birlikte kedilerde yüksekten düşme, trafik kazası ve benzeri nedenlerle kolumna vertebralis ve medulla spinalise ilgili lezyonlarla veteriner kliniklerine intikal eden çok sayıda vaka bulunmaktadır. Bu nedenle sunulan çalışmada kedilerde kolumna vertebralis ve medulla spinalisin BT ve MR ile anatomisinin detaylı olarak ortaya konması amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmanın hayvan materyalini kliniğimize farklı şikayetlerle getirilen ancak kolumna vertebralis ve medulla spinalise ilişkin herhangi bir klinik şikâyeti olmayan 10 adet kedi oluşturmuştur. Çalışmamızda 1 ila 5 yaş arasında, vücut ağırlıkları $4,22 \pm 0,96$ kg olan yetişkin melez ırk kediler kullanılmıştır. Kedilerin kolumna vertebralisine ait kontrastsız sagittal ve transversal bilgisayarlı tomografi görüntülerinde, anatomik yapılar tanımlanmış, boyutsal ölçümler gerçekleştirilmiş ve çeşitli morfometrik indeksler hesaplanmıştır. BT görüntülerinde, sagittal ve transversal kesitlerde kolumna vertebralis servikal, torakal ve lumbal olarak üç bölüme ayrıldı. BT çalışmasında, sagittal ve transversal kesitlerde her bir vertebra seviyesinde; corpus vertebra uzunluğu, intervertebral aralık yüksekliği ve genişliği, canalis vertebralis yüksekliği ve genişliği, medulla spinalis

yüksekliği ve genişliği, corpus vertebra yüksekliği ve genişliği, pedikül genişliği ve uzunluğu, transversal pedikül açısı, vertebra yüksekliği, Foramen transversum sagittal ve transversal genişlikleri ölçülmüştür. Ayrıca corpus vertebra yuvarlaklık indeksi ile medulla spinalis ve canalis vertebralis yuvarlaklık indeksleri hesaplanmıştır. MR çalışmasında ise sagittal ve transversal kesitlerde, her bir disk seviyesinde; canalis vertebralis yüksekliği ve genişliği, medulla spinalis yüksekliği ve genişliği, nükleus pulposus yüksekliği ve genişliği ölçülmüş; ayrıca medulla spinalisin canalis vertebralise oranı hesaplanmıştır.

Bulgular: BT çalışmamızda; sagittal kesitlerde, kolumna vertebralis boyunca en yüksek CVU değeri servikal bölgedeki C2 vertebra 20,45 mm olarak kaydedilmiştir. CVU en düşük T3 seviyesinde 8,06 mm olarak belirlenmiştir. IVAY, tüm kolumna vertebralis boyunca en düşük değerini T3–T4 aralığında (3,65 mm), en yüksek değerini L6–L7 aralığında (6,25 mm) almıştır. IVAG değerleri ise tüm kolumna vertebralis boyunca homojen bir şekilde seyretmiştir.

Transversal BT görüntüleri değerlendirildiğinde, CVY, kolumna vertebralis boyunca en düşük düzeyine C4 seviyesinde (3,53 mm), en yüksek değerine L7 seviyesinde (5,91 mm) ulaşmıştır. CVG, kolumna vertebralis boyunca en düşük T2 seviyesinde 5,71 mm, en yüksek L7 seviyesinde 10,39 mm olarak belirlenmiştir. CVY/CVG oranı (yuvarlaklık indeksi) en yüksek C2’de (1,12) ve en düşük L6 (0,43) seviyesinde belirlenmiştir. Torakal bölgede, T3–T5 seviyelerinde yuvarlaklık indeksinde belirgin bir düşüş gözlenmiş; en düşük değer ise T5 seviyesinde tespit edilmiştir. Lumbal bölgede, yuvarlaklık indeks değerleri En düşük değer lumbal bölgede L6 vertebra 0,43 olarak belirlendi. Servikal bölgedeki C1 ve C2 vertebra seviyelerinde hem medulla spinalis hem de canalis vertebralis değerlerinde belirgin bir yükseklik ve genişlik farkı gözlemlenmiştir. Torakal bölge boyunca, medulla spinalis ve canalis vertebralis parametreleri en yüksek düzeyine C1 seviyesinde, en düşük değerlere ise torakal bölgede ulaşmıştır. Medulla spinalis ve canalis vertebralis’in yuvarlaklık indeksi incelendiğinde özellikle C2 seviyesinde belirgin bir artış gözlemlendi. Alan oranlamasında, servikal bölgede MS/Cv alanına oranının genel olarak yüksek seyrettiği, özellikle kolumna vertebralis boyunca en yüksek değerine C5–C6 düzeyinde %24,82 ile ulaştığı görülmektedir. Bu oran kolumna vertebralis boyunca en düşük değere Th13–L1 aralığında (%6,66) ulaşmıştır. Lumbal bölgeye geçişle birlikte MS/Cv oranında yeniden bir artış eğilimi gözlenmiş, L5–L6 düzeyinde oran %15 civarına yükselmiştir. Hem medulla spinalis hem de canalis vertebralis yuvarlaklık indeksi C6–C7 seviyelerinde yaklaşık 0.8 değerine inmesi medulla spinalisin daha silindirik bir forma geçtiğini,

beraberinde torakal bölgede, değerlerin birbirine yakın seyretmesi medulla spinalisin bu bölgede silindirik bir yapı sergilediğini, lumbal bölgede her iki yuvarlaklık indeks değerlerinin azalması ise, medulla spinalisin bu bölgede daha dikdörtgenimsi bir yapı haline geldiğini gösterir. Kolumna vertebralisin tamamında PU en düşük T10 seviyesinde (4,19 mm), en yüksek değer L5 seviyesinde (7,33 mm) tespit edilmiştir. Kolumna vertebralis boyunca TPG'nin en düşük olduğu nokta T4 seviyesinde (1,17 mm), en yüksek olduğu nokta L7 seviyesinde (2,36 mm) belirlenmiştir. Kolumna vertebralis boyunca en yüksek TPA değeri C6 seviyesinde 42.81°, en düşük TPA değeri L3 seviyesinde 21.54° tespit edilmiştir. For. transversarium transversal genişlik değerleri, en yüksek değer C5 seviyesinde (1,12 mm), en düşük değer C4 seviyesinde (0,98 mm) tespit edilmiştir. For. transversarium sagittal genişlik değerleri en yüksek değer C6 seviyesinde (1,2 mm), en düşük değer ise C4 seviyesinde (1,03 mm) belirlenmiştir.

MR çalışmamızda, sagittal kesit MR görüntüleri değerlendirildiğinde, SCvY'nin doğal olarak her bölgede SMsY'den daha fazla olduğu gözlemlenmektedir. SCvY ve SMsY değerleri servikal bölgede torakal ve lumbal bölgeye göre daha yüksek seyretmektedir. Servikal bölgede, MS/Cv oranı, C2-C6 arasında oldukça yüksek bulunmuştur. Torakal bölgede bu oran iyice düşmüş, lumbal bölgeye geçiş ile bu oran yükselişe geçmiştir. SNpY, kolumna vertebralis boyunca en düşük T1-T2 aralığında (2,35 mm), en yüksek L2-L3 aralığında (3,67 mm) belirlenmiştir. SNpG ise, en düşük T1-T2 aralığında 1,32 mm, en yüksek L7-S1 aralığında 2,31 mm olarak ölçüldü.

Transversal MR görüntüleri değerlendirildiğinde, TCvY'nin kolumna vertebralis boyunca en yüksek değeri servikal bölgede C5-C6 aralığında 9,75 mm olarak ölçüldü. TCvY'nin, kolumna vertebralis boyunca en düşük değeri lumbal bölgede L6-L7 aralığında 6,85 mm olarak ölçüldü. TCvG'nin, kolumna vertebralis boyunca en yüksek değeri C1-C2 aralığında 12,78 mm ve en düşük olduğu seviye T6-T7 aralığında 7,63 mm olarak ölçüldü. TMsY ve TMsG değerleri servikal bölgede diğer bölgelerden daha yüksek bulunmuştur. Her iki değer en yüksek C5-C6 aralığında, TMsY (4,33 mm) ve TMsG (6,68 mm) aralığında ölçüldü. TMsY ve TMsG'nin her ikisinin de en düşük olduğu bölge Torakal bölgedir. TMsY, T12-T13 aralığında 1,76 mm; TMsG, T10-T11 aralığında 2,18 mm olarak ölçüldü. TNpY'nin, kolumna vertebralis boyunca en düşük değeri T7-T8 aralığında 3,29 mm ve en yüksek değeri, L7-S1 aralığında 9,70 mm olarak ölçüldü. TNpG, en düşük C3-C4 aralığında 2,25 mm, en yüksek L5-L6 aralığında 3,41 mm olarak ölçüldü.

Sonuç: Bu tez çalışmasında kedilerde kolumna vertebralis ve medulla spinalisin BT ve MR anatomisine ile ilgili önemli veriler elde edilmiştir ki bulguların bir bölümü kedilerde ilk kez bu çalışma ile ortaya konmuştur. Dolayısıyla bu çalışmanın literatüre büyük katkı sağlayacağı, kedi hekimliği ile uğraşan veteriner hekimler için önemli bir kılavuz olacağı ve yeni çalışmalara da rehberlik edeceği kanaatindeyiz.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayarlı tomografi, kedi, kolumna vertebralis, manyetik rezonans, medulla spinalis.

ABSTRACT

COMPUTED TOMOGRAPHY AND MAGNETIC RESONANCE IMAGING OF THE VERTEBRAL COLUMN AND SPINAL CORD IN CATS

Eren D. Aydın Adnan Menderes University, Health Sciences Institute, Surgery (Veterinary) Program, Doctorate Thesis, Aydın, 2025.

Objective: In human medicine, advanced imaging modalities such as Computed Tomography (CT) and Magnetic Resonance Imaging (MRI) are widely utilized in the diagnosis of numerous diseases, especially when conventional radiography proves insufficient. While reference values and pathological evaluations of the vertebral column and spinal cord are extensively documented in human medicine, the use of these imaging modalities in veterinary medicine, particularly in Turkey, has remained limited since their introduction in the late 1990s. Most veterinary studies and reference texts predominantly focus on dogs, with considerably fewer investigations addressing cat subjects. However, in clinical practice, a significant number of cat cases involving vertebral and spinal cord lesions—often resulting from trauma such as falls or vehicular accidents—are frequently encountered. The present study aimed to delineate the detailed CT and MRI anatomy of the vertebral column and spinal cord in domestic cats.

Materials and Methods: The study was conducted on 10 adult mixed-breed cats, aged between 1 and 5 years and weighing an average of 4.22 ± 0.96 kg, which were presented to the clinic for unrelated clinical complaints and exhibited no signs of vertebral or spinal cord pathology. Non-contrast sagittal and transverse CT images were obtained and analyzed to identify anatomical structures, perform dimensional measurements, and compute various morphometric indices. The vertebral column was segmented into cervical, thoracic, and lumbar regions. At each vertebral level, multiple measurements were recorded, including vertebral body length, intervertebral disc height and width, vertebral canal height and width, spinal cord height and width, vertebral body height and width, pedicle width and length, transverse pedicle angle, and foraminal dimensions. Additional indices, such as vertebral body roundness and spinal cord-to-canal roundness indices, were calculated. MRI scans

were evaluated for spinal canal and spinal cord dimensions, nucleus pulposus height and width, and the spinal cord-to-canal ratio at each disc level.

Results: In our CT study, the highest CVU value in sagittal sections along the columna vertebralis was recorded at the C2 vertebra in the cervical region (20,45 mm), while the lowest value was measured at the T3 level (8,06 mm). The IVAY reached its lowest value at the T3–T4 interval (3,65 mm) and the highest at the L6–L7 interval (6,25 mm) along the entire vertebral column. IVAG values showed a relatively homogeneous distribution throughout the columna vertebralis.

In transverse CT images, CVY reached its minimum at the C4 level (3,53 mm) and maximum at the L7 level (5,91 mm). The lowest CVG value was observed at the T2 level (5,71 mm), while the highest was recorded at the L7 level (10,39 mm). The CVY/CVG ratio (roundness index) was highest at C2 (1.12) and lowest at L6 (0.43). A marked decrease in the roundness index was observed at T3–T5 levels, with the lowest value detected at T5. In the lumbar region, the lowest roundness index was also identified at L6 (0.43). At C1 and C2 vertebral levels, a significant difference was observed between the height and width values of both the medulla spinalis and the canalis vertebralis. While these parameters reached their highest values at the C1 level, they were at their lowest throughout the thoracic region. The roundness index of both the medulla spinalis and canalis vertebralis demonstrated a prominent increase at the C2 level. In terms of area ratio, the MS/Cv ratio was generally higher in the cervical region, reaching its peak at the C5–C6 level with a value of 24.82%. This ratio showed the lowest value along the vertebral column at the Th13–L1 transition, with a value of 6.66%. Following the transition to the lumbar region, a renewed increasing trend in the MS/Cv ratio was observed, rising to approximately 15% at the L5–L6 level. At C6–C7, both indices declined to approximately 0.8, indicating a more cylindrical morphology. The close values of these indices in the thoracic region suggest a proportionate, cylindrical structure. In the lumbar region, both indices gradually decreased, indicating a transition to a more rectangular form. Across the entire columna vertebralis, PU reached its lowest value at T10 (4,19 mm) and its highest at L5 (7,33 mm). TPG was lowest at T4 (1,17 mm) and highest at L7 (2,36 mm). The highest TPA value was measured at C6 (42.81°), while the lowest was recorded at L3 (21.54°). Regarding the transverse and sagittal diameters of the foramen transversum, the highest transverse width was measured at C5 (1,12 mm), and the lowest at C4 (0,98 mm). The sagittal diameter ranged from 1,03 mm at

C4 to 1,20 mm at C6, which corresponds with the relatively larger passage of the a. vertebralis at this level.

In our MRI study, sagittal MR images revealed that SCvY values were consistently higher than SMsY values across all regions. Both parameters were higher in the cervical region compared to the thoracic and lumbar regions. The MS/Cv ratio was significantly elevated between C2 and C6, showed a marked decline in the thoracic region, and increased again toward the lumbar region. SNpY was lowest at the T1–T2 interval (2,35 mm) and highest at the L2–L3 interval (3,67 mm). SNpG showed its minimum value at T1–T2 (1,32 mm) and maximum at L7–S1 (2,31 mm). In transverse MR images, TCvY reached its maximum at the C5–C6 interval (9,75 mm) and its minimum at the L6–L7 interval (6,85 mm). TCvG was highest at the C1–C2 interval (12,78 mm) and lowest at the T6–T7 level (7,63 mm). TMsY and TMsG values were found to be highest in the cervical region. The highest TMsY and TMsG values were recorded at C5–C6 (4,33 mm and 6,68 mm, respectively). Both values were lowest in the thoracic region, with TMsY measured at 1,76 mm (T12–T13) and TMsG at 2,18 mm (T10–T11). TNpY reached its minimum at T7–T8 (3,29 mm) and its maximum at L7–S1 (9,70 mm). TNpG was lowest at C3–C4 (2,25 mm) and highest at L5–L6 (3,41 mm).

Conclusion: This thesis yielded significant anatomical insights into the vertebral column and spinal cord of cats through the use of CT and MRI. Some findings represent the first documented measurements in cats, thus offering significant contributions to the existing veterinary anatomical literature. The data provided here in are expected to serve as an essential reference for veterinary clinicians specializing in cat medicine and will guide further investigations in the field.

Keywords: Computed tomography, cat, feline, magnetic resonance, spinal cord, vertebral column.

1. GİRİŞ

Tıp multidisipliner bir bilimdir. Birçok branşın iş birliği ile daha net bilgi edinme esasına dayanır. Tıp alanında radyoloji biliminin özellikle hastalıkların teşhis ve tedavisinde önemli bir yeri vardır. Radyoloji biliminin diğer bir deyiş ile medikal görüntüleme metodlarının gelişmesi ile hastalıkların teşhisi daha kolay hale gelmiştir. Radyolojiyi, diagnostik (teşhis amaçlı) radyoloji ve girişimsel radyoloji olarak iki başlık altında sınıflandırdığımızda, bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans (MR) diagnostik radyolojinin içerisindeki yedi metottan ikisidir (Yıldırım ve diğerleri, 2020).

Tomografi vücuttan kesit şeklinde görüntü alma işlemi olarak tanımlanır. Kelime anlamı olarak TOMOS (kesit) ve GRAPHY (şekil, resim, görüntü) şeklinde iki eski Yunanca kelimenin birleşiminden oluşur.

BT, cismin farklı açılardan alınan iz düşüm bilgilerinden elde edilen kesit görüntülerine dayanır. Radon 1917’de yazdığı makalede bir fonksiyonun tekrar izdüşümlerinden elde edildiğini yayınlasa da günümüzde kullanılan tomoŞekil görüntüleme Housfield’in X-ışını tarayıcısını buluşuna dayanır (Arslan, 2005).

Medikal görüntüleme sayesinde, teşhis amaçlı, hastanın vücudunda gerekli görülen doku veya bölgeye zarar vermeden, vücut içinin görüntülenmesi sağlanır. Görüntüleme işlemi çeşitli sayısal ve işaret işleme tekniklerinden yararlanılarak oluşturulur. Bu yöntemlerle oluşturulan BT, X ışınlarını kullanarak; MR ise manyetik alanı kullanarak görüntü oluşumunu sağlar (Mai, 2018).

MR görüntülemenin temeli, atom çekirdeklerinin manyetik alanda rezonans yapma özelliği üzerine kuruludur. Bu teknoloji, ilk kez 1950’li yıllarda atom çekirdeklerinin manyetik alanda rezonans yapma özelliğinden faydalananarak görüntüleme yapmak için kullanılmaya başlandı (Mai, 2018).

MR’da hasta manyetik bir alan içerisine yatırılır ve radyo dalgaları kullanılarak hastanın vücudundaki su moleküllerine bağlı olarak görüntü oluşturulur. Radyolog MR görüntülerinde su arar ve patolojik durumlar genellikle yüksek su içeriğine sahip olduğundan kolaylıkla tespit edilebilir (Gielen ve diğerleri, 2012).

BT ve MR görüntüleme, küçük hayvan görüntülemede çok değerli olduğu kanıtlanmış ileri görüntüleme yöntemleridir (Cole ve Hespel, 2020).

BT ve MR görüntüleme yöntemleri, konvansiyonel radyografilere göre kesitsel görüntü ve yüksek kontrast çözünürlüğü gibi öncelikli iki avantajı sayesinde üstün tanı olanakları sunar. Üç boyutlu yapıların, iki boyutlu ya da düz bir projeksiyonlarını veren radyografin aksine, BT ve MR'da ince kesitlerde dokuların ya da yapıların süperpoze olması engellenir. Bu sayede organlar ve diğer yapılar daha kolay tanımlanabilir ve ayrıştırılabilir (d'Anjou, 2013).

Veteriner hekimlikte klinik bir ortamda BT'nin kullanımı ilk olarak köpeklerde merkezi sinir sistemi ve neoplazilerinin araştırılması amacı ile 1980'lerde belgelenmiştir (Keane ve diğerleri, 2017).

Diğer vücut sistemlerinden farklı olarak, nörolojik sistemin normal fonksiyonunu yapabilmesi için büyük ölçüde normal bir yapıya sahip olması gerekir. Bu nedenle, birçok nörolojik problemde, sinir sistemindeki anormal bir yapının varlığını tespit edebilmek için tanısal görüntüleme yöntemlerinden faydalanılır (Lorenz ve diğerleri, 2011).

BT ve MR görüntüleme yöntemleri günümüzde veteriner hekimlikte daha ulaşılabilir hale gelmiştir. Omurların ve medulla spinalisin noninvaziv ve mükemmel ayrıntılı detaylarını gösterebilme yeteneği sayesinde hem insanlarda hem hayvanlarda spinal hastalıklar açısından bu teknikler devrim yaratmıştır (Adams, 1999).

Kolumna vertebralis ve medulla spinalisde şekillenen lezyonlarda, vertebral yapıların kompleks bir yapıya sahip olması ve buna bağlı şekillenen süper pozisyonlardan dolayı lezyonun yerinin belirlenmesi, kemikteki dejenerasyonun ve kemik dansitesinin değerlendirilmesi açısından BT konvansiyonel radyografilere göre daha net sonuçlar vermektedir (Okada ve diğerleri, 2009). BT, farklı düzlemlerde ayarlanabilen yapısı itibarı ile vertebral yapıların morfolojik ölçümlerinde ve çeşitli patolojik durumlarda tanı amacı ile kullanılan güvenilir bir tanı yöntemidir (Lim ve diğerleri, 2018). BT'de teşhis edilen lezyonların yaklaşık olarak %25'i radyografilere gözden kaçırılır (Costa ve Samii, 2010). BT'nin yanı sıra özellikle yumuşak dokudaki lezyonların (ektradural, intradural, ekstramedullar ve intradural gibi) görüntülenmesine izin veren MR' da spinal lezyonların tanımlanmasında güvenilir bir yöntemdir (Lim ve diğerleri, 2018). Bununla birlikte MR, lezyonun medulla spinalis ile olan ilişkisini ve medulla spinalisteki lezyon varlığını-lokalizasyonu ve büyüklüğünü ortaya çıkarmak açısından büyük öneme sahiptir ve bu

nedenle pek çok olguda BT ve MR'ın birlikte kullanımı tanı açısından daha kapsamlı bir bilgi verebilir (Okada ve diğeri, 2009).

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Bilgisayarlı Tomografinin Tanımı ve Tarihçesi

Bilgisayarlı Tomografi vücudun iç yapısını detaylı bir şekilde gösteren, X-ışını kullanılarak yapılan tıbbi bir görüntüleme tekniğidir. X ışınları 1895 yılında ünlü fizikçi Wilhelm Conrad Röntgen tarafından bulunmuştur. Sonraki yıllarda, hastalara operasyon yapılmadan X ışınları ile vücutlarının içinin görülmesine izin verilmesi ile 1895 yılında X ışınları, tıbbi teşhiste devrim yaratmıştır (Bhide ve diğerleri, 2021). Bu çalışması ile Wilhelm Conrad Röntgen 1901’de Nobel Tıp ödülünü almıştır (Tan ve Poole, 2020). 1917 yılında ise matematikçi J. Radon, teorik olarak objelerin projeksiyonlarının iki ya da üç boyutlu oluşturulabileceğini tanımlamıştır (Kahraman, 2010).

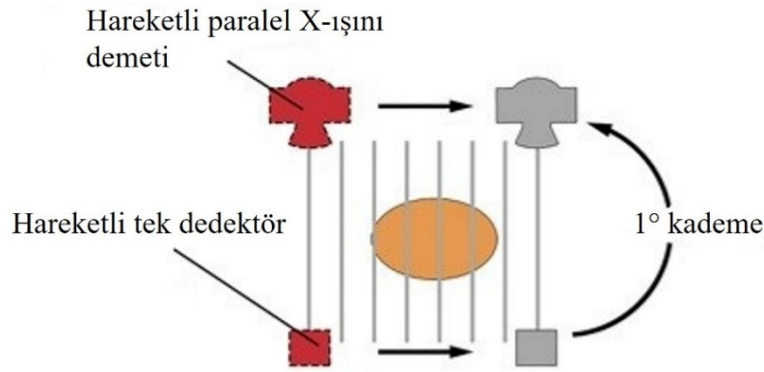
X-ışını teknolojisi, fotoğraf filmi üzerinde görüntülenen nesnelerin gölgelerini kaydetmek için yıllar içinde geliştirilmiştir. Ancak son yıllarda X ışınlarından elde edilen bilginin en verimli yöntemin röntgen olmadığı anlaşılmıştır (Hounsfield, 1973). Her ne kadar X ışınları, hastaların iç yapılarını görmemize olanak sağlasa da, yumuşak dokuların iç yapılarını üç boyutlu gösterememesinden dolayı patolojinin tam olarak anlaşılamaz (Tan ve Poole, 2020).

İlk klinik BT X-ışını ünitesi 1972 yılında İngiltere’de G.N. Hounsfield tarafından geliştirilmiştir. Bu dönemlerde kranial BT yardımıyla aksiyal kesitler alınmış ve böylece anatomik oluşumları görüntüleme teknikleri geliştirilmiştir (Kahraman, 2010). Güney Afrika doğumlu Amerikalı fizikçi Allan MacLeod Cormack, BT üzerine yaptığı çalışmalar nedeniyle 1979’da Nobel Fizyoloji veya Tıp Ödülü’nü (Godfrey Hounsfield ile birlikte) kazanmıştır (Tan ve Poole, 2020). Klinisyenler için BT, insan vücudunun içinin üç boyutlu olarak görülmesine olanak sağlayan önemli bir keşiftir (Tan ve Poole, 2020). 1970’lerin başından beri BT sadece diagnostik radyolojide değil tüm tıp alanında devrim yaratmıştır (Ohlerth ve Scharf, 2007).

BT teknolojisinin gelişimine baktığımızda, 1960-1970 yılları arasında ilk kez geliştirildiğini ve tıbbi alanda kullanılmaya başlandığını görmekteyiz. 1980’lerde, kullanım alanı genişlemiş ve daha fazla sağlık kuruluşu tarafından benimsenmiştir. 1990’lı yıllarda

ise, farklı görüntüleme teknikleriyle entegre edilen kombine tarayıcıların yaygınlaşmasıyla birlikte BT teknolojisi daha da gelişmiştir (Bhide ve diğerleri, 2021).

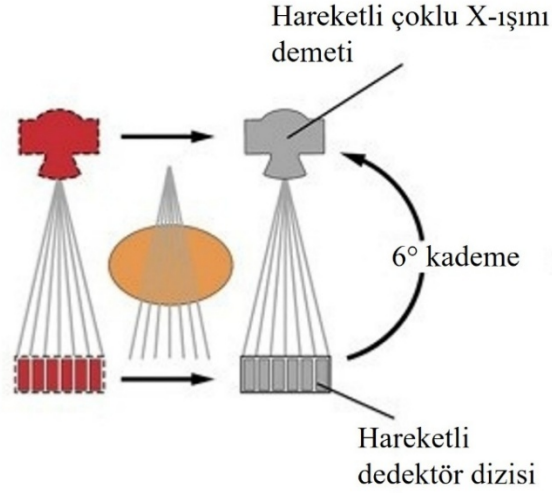
BT sürekli gelişim göstermektedir. Bu gelişim ve değişimleri 1.2.3.4. ve 5. jenerasyonlar olarak ele almakla birlikte artık günümüzde 1. ve 2. Jenerasyonlar kullanılmamaktadır (Resim 1, Resim 2) (Thrall, 2018). Birinci nesil cihazlarda, tek dedektör kullanılıyordu. Bu jenerasyondaki cihazlar, tüp ve dedektör hasta çevresinde doğrusal bir çizgi boyunca birbirini görecek şekilde hareket ederken tarama yapar. Tarama tamamlandıktan sonra tüpe 1 derecelik açı verilip aynı işlem devam edilir ve bu işlem 180 derecelik tek bir dönüş tamamlanana kadar devam eder. Bu 180 derecelik dönüşün tamamlanması yaklaşık 5 dakika sürmektedir. Kesit almak için oldukça uzun bir süre (Resim 1) (Thrall, 2018; McCollough ve Rajiah, 2023).



Resim 1. Birinci jenerasyon cihazlarda tüp ve dedektör (McCollough ve Rajiah, 2023).

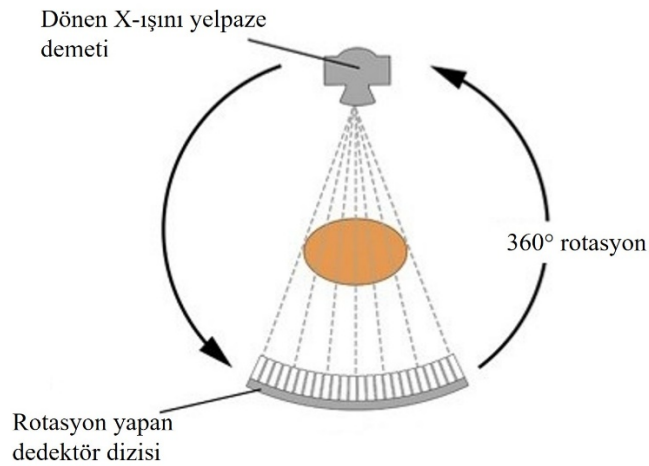
İkinci jenerasyon cihazlarda, doğrusal olarak dizilmiş üç dedektör kullanılmıştır. Üç tane de X ışını demeti, her dedektöre denk gelecek şekilde yelpaze gibi genişletilmiştir. Bu jenerasyondaki cihazlarda da birinci jenerasyondaki gibi tüp ve dedektör hasta çevresinde doğrusal bir çizgi boyunca birbirini görecek şekilde hareket ederken tarama yapılır. Tarama tamamlandıktan sonra tüpe 10 derecelik açı verilip, 180 derecelik tek bir dönüş tamamlanana kadar devam eder. Bu cihazlarda, hız bir öncekine göre arttırılmış olup dedektör sayısındaki artışa bağlı olarak anatomik ayrıntıda artış sağlanmıştır (Thrall, 2018; McCollough ve Rajiah, 2023). Tarama süresi her bir kesit başına 20 saniyeye düşmüştür (Ohlerth ve Scharf, 2007). Birinci ve ikinci jenerasyon cihazlar, ancak beyin incelemeleri yapabilecek kadar gelişmişlerdir (Thrall, 2018; McCollough ve Rajiah, 2023). Az sayıda

dedektörle tarama yapan birinci ve ikinci jenerasyon cihazlar artık günümüzde kullanılmamaktadır (Demir, 2008).



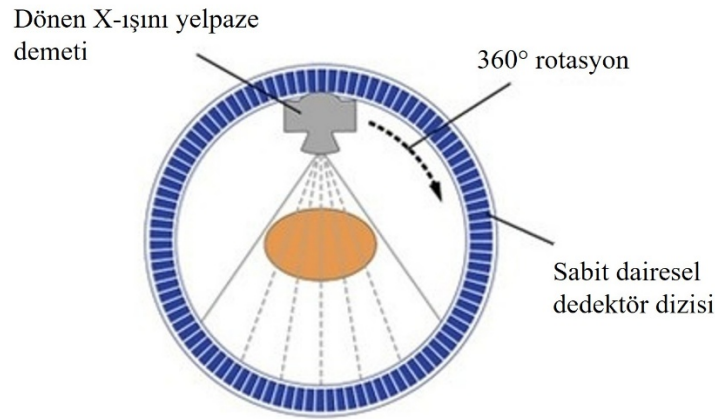
Resim 2. İkinci jenerasyon cihazlarda tüp ve dedektör (McCollough ve Rajiah, 2023).

Üçüncü jenerasyon cihazlarda (Resim 3), kolime edilmiş X ışını demeti yelpaze şeklindedir. Karşısında ışın demetini gören çok sayıdaki (300-600 adet) dedektörler sayesinde hasta etrafında 360 derecelik bir dönüş yaparlar. Bu cihazlarda da bir önceki jenerasyonlara göre, gantri'nin tek bir dönüşünde birden fazla kesit alması süreyi oldukça kısaltmıştır. Artık üçüncü jenerasyon cihazlarda tüm vücut incelemeleri yapılabilir hale gelmiştir (Thrall, 2018; McCollough ve Rajiah, 2023).



Resim 3. Üçüncü jenerasyon cihazlarda tüp ve dedektör (McCollough ve Rajiah, 2023).

Dördüncü jenerasyon cihazlarda (Resim 4), gantri boşluğunu 360 derece çevreleyen en az 1000 dedektör bulunur. Bu cihazlarda dedektör sabittir ve hasta çevresinde sadece X ışını tüpü döner. Hem üçüncü hem de dördüncü jenerasyon cihazlarda tek bir kesit alım süresi 1 saniyeye düşmüştür (Ohlerth ve Scharf, 2007; McCollough ve Rajiah, 2023).



Resim 4. Dördüncü jenerasyon cihazlarda tüp ve dedektör (McCollough ve Rajiah, 2023).

Boyd ve diğerleri tarafından 1979 yılında “Ultrafast” BT, “Cine” BT ismiyle beşinci jenerasyon BT üretilmiştir. Bu cihazlarda X-ışını kaynağı ve dedektör sabittir. Gantri çok büyük bir X ışını haline getirilmiştir. Yüksek temporal rezolüsyona sahip olan bu cihazlarda 50-100 msn/kesit gibi kısa sürede kesit elde edilebilmektedir (Thrall, 2018; McCollough ve Rajiah, 2023). Elektron-beam tomografi olarak adlandırılan bu sistem bir süre devreye girdikten sonra multidedektör BT geliştirilmiştir.

Spiral (Helikal) (6. Jenerasyon BT) BT yönteminde, X ışını tüpü ve dedektörler hasta etrafında 360 derece dönüş yapar (Thrall, 2018). *Slip ring* teknolojisi sayesinde tüp ve dedektör devamlı aynı yönde döner ve böylece hasta masası kaydırılırken, kesitler oldukça yüksek bir süratle, kesitler arası bekleme süresi olmadan bir rotasyon süresinde 0,5-1 saniyede kesitler alınır (Demir, 2008). Böylece incelenen alandan kesintisiz olarak veriler toplanır. İncelenen alandan spiral şekilde kesit alındığı için tarama süresi çok kısaldı. Bu yöntemde, taramaya başlamadan önce gantri açısı, kesit kalınlığı (kolimasyon), görüntü alanı (FOV) Kv matriks, rekonstrüksiyon aralığı, masa hareketi ve pitch değeri gibi parametreler belirlenir (Thrall, 2018). Spiral hacim verilerinde görüntü herhangi bir düzlemde rekonstrükte edilebilir (Ohlerth ve Scharf, 2007). Helikal BT tarayıcılar, gantrinin her bir rotasyonunda maksimum sayıda kesit görüntü elde etmesine göre; tek bölümlü (tek

kesit, tek dedektörlü), çift bölümlü (çift kesit, çift dedektör) veya çok bölümlü (çoklu kesit, çoklu dedektör) olarak isimlendirilmişlerdir (Saunders ve Ohlerth, 2011).

Multidedektör (Multi-slice, yedinci jenerasyon) BT'ler, günümüzde son teknoloji ürünlerinden olup, uygulanan çekim yöntemleri Spiral BT'den farklı değildir. Birden fazla sayıda sıralı dedektör bulunduğu için, bir taramada birden fazla kesit alınır. Bu aynı anda birden fazla alanın ölçülmesini sağlar (Ohlerth ve Scharf, 2007). Multidedektör BT'de, gantri dönüş süresi yarım saniyenin altındadır. Bu da hasta kaynaklı artefaktları azaltarak görüntü üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirir. Ayrıca sürenin kısa olması, daha geniş bir alanın taranmasına da olanak verir (Thrall, 2018).

2.2. BT Cihazının Temel Yapıları

BT ünitesi üç ana yapıdan oluşur. Bunlar tarayıcı (gantri ve hasta masası), bilgisayar ve görüntüleme ünitesidir (Thrall, 2018).

Tarayıcı bölümü, gantri ve hasta masasından oluşur (Thrall, 2018). Gantri içerisinde, X-ışını tüpü ve dedektörler bulunur (Cole ve Hespel, 2020). Bu cihaz, görüntülerini oluştururken konvansiyonel X-ışını cihazlarda rastladığımız X-ışını tüplerinin bir benzerini kullanır. Ancak diğer X-ışını cihazlarının aksine, bu cihaz sürekli dönmekte olan Gantri'ye bağlıdır (Ünal ve Karadağ, 2008). Kesit alma esnasında tüp hastanın çevresinde döner. Ortasında gantri açıklığı denilen, hastanın girdiği yuvarlak bir açıklık vardır. Son yıllarda bilgisayarlı tomografi cihazlarında büyük gelişmeler yaşanmış olup, gantri ünitesi, öne ve arkaya doğru +30 ile -30 derece arasında eğilme özelliğine sahiptir. Bu açılma derecesi, aksiyal ve koronal kesit düzlemde X-ışınlarının, incelenecek alana en uygun şekilde ulaşmasını sağlar. Hasta masası, manuel ya da uzaktan kumanda ile kontrol edilip, masanın gantri açıklığına giriş ve çıkışı sağlanır (Thrall, 2018; McCollough ve Rajiah, 2023). Seçilen kesit kalınlığına ve kesitler arasındaki aralığa göre her kesitten sonra hasta masası hareket eder. Dedektörler, gelen X-ışını fotonunu kaydetmekten ve bu fotonu bir elektrik sinyaline dönüştürmekten sorumludur (Cole ve Hespel, 2020).

Bilgisayar görüntüleme ünitesi, dedektörlerden gelen dijitalize verilerin işlendiği yerdir. Çok gelişmiş bir bilgisayar sistemi olup, bilgiler birçok matematiksel işlem ve algoritmalarla işlenir. Burada elde edilen sonuçlar, tarama alanını temsil eden sayılardan oluşmuş bir haritaya dönüştürülür. Böylece vücudun üç boyutlu bir görüntüsü yeniden

oluşturulur. Bu işleme *rekonstrüksiyon* adı verilir (Thrall, 2018; McCollough ve Rajiah, 2023).

Görüntüleme ünitesi, sayısal değerlerden oluşan görüntünün ortaya çıktığı ve işlendiği bölümdür. Çözünürlüğü yüksek bir monitor ve kayıt sistemi bulunur. Bu ünite bilgisayar ekranı (monitor) ve multiformat (lazer) kameralar olmak üzere iki bölümden oluşur (Thrall, 2018; McCollough ve Rajiah, 2023).

2.3. Bilgisayarlı Tomografi Genel Çalışma Prensibi

BT, bilgisayar hesaplama gücünü tıbbi görüntüleme ile birleştiren ve böylece dijital görüntüleme çağını başlatan ilk kesitsel tekniktir. BT'nin çalışma prensibi, X-ray dansitometrisine dayanır ve konvansiyonel radyografideki aynı temel prensipleri kullanır. Röntgen tüpü ve dedektörlerin hasta etrafında döndürülmesi ile 3 boyutlu kesitsel görüntüler alınır ve böylece ilgili bölgenin detaylı görünümü sağlanır (Yıldırım ve diğerleri, 2020).

BT, bir nesnenin iç yapısının, o nesnenin birden çok görünümünden yeniden oluşturulabileceği ilkesini kullanır (Olby ve Thrall, 2012). Hastanın dokularına yönlendirilmiş yüksek kV X-ışınının bazıları dokular tarafından emilirken diğerleri direkt olarak geçer (Ohlerth ve Scharf, 2007). Hayvandan yansıyan X-ışınları dedektörler tarafından ölçülür. X-ışını tüpü hastanın etrafında dairesel yönde hareket ederek hastadan birden fazla görüntü elde eder ve dedektörler tarafından ölçülen veriler bilgisayar ortamında sayısal verilere dönüştürülerek görüntü oluşturulur (Olby ve Thrall, 2012; Yıldırım ve diğerleri, 2020). Tomografi, incelenen seviyenin üstünde veya altında bulunan yapılardan etkilenmeden görüntüyü elde eder (Kealy ve diğerleri, 2011).

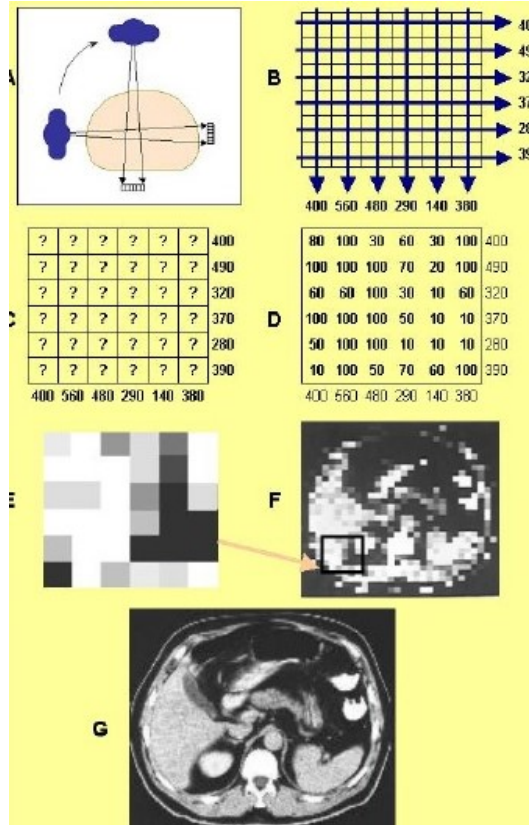
BT'nin avantajı, beyin beyaz ve gri maddesi veya karaciğer ve safra kesesi gibi farklı yumuşak doku tiplerini ayırt etme yeteneğidir. BT, bu kontrast derecesini, dokuların içinden geçen X ışınlarını durdurma yeteneğindeki çok ince farkları ölçerek elde eder (Kealy, McAllister, & Graham, 2011). Konvansiyonel radyografide radyogram üzerinde farklı kontrast sayısı yaklaşık 20 iken, BT 'de ise bu sayı 2000'den fazladır. BT'de kontrast sayısının fazla olması sayesinde dokular birbirinden daha kolay ayırt edilebildiği için su, ödem, hematoma gibi yapılar doğru bir şekilde tanımlanabilir (Thrall, 2018).

BT ile yapı ve oluşumların dansite farklılıklarını ve geometrik yapılarını ortaya koymak için rezolüsyon (çözünürlük) kavramı kullanılır. Genel anlamıyla rezolüsyon, en küçük farklılıkları ayırt edebilme yeteneğidir (Kahraman, 2010). Radyolojide, görüntü çözünürlüğü üç aşamada incelenir. Birincisi temporal (zamansal), ikincisi spatial (boyutsal-uzaysal) ve üçüncüsü de kontrast (dansite-yoğunluk) çözünürlüktür. Temporal çözünürlük, ardışık alınan görüntülerin sıklığıdır. Daha çok BT ve MR gibi kesitsel görüntüleme yapan modalitelerde öne çıkan bir özelliktir. Konvansiyonel radyolojide floroskopi üniteleri dışında temporal çözünürlük yoktur (Thrall, 2018). Uzaysal çözünürlük birbirine yakın detayların algılanabilirliğini belirtir (Yalçın ve Eren, 2019). Yani yüksek obje kontrastına sahip küçük yapıları görüntüleyebilme özelliğidir. FOV'un (görüntü alanı) küçültülmesi uzaysal rezolüsyonu arttıran faktörlerden biridir. Ancak uzaysal rezolüsyonu artırırken gürültü (noise) adı verilen istenmeyen bir sonucu da beraberinde getirir (Kahraman, 2010). Kontrast çözünürlük ise, farklı dansitelere sahip dokuları ayırt etme yeteneğidir (Yalçın ve Eren, 2019). Yani benzer obje kontrastına sahip dokuları (karaciğer-dalak-böbrek gibi) birbirinden ayırt edebilme özelliğidir. Görüntülerin kontrastı, genel olarak X ışını kalitesi, doku dansitesi ve yayılan enerjiyi ölçmek için kullanılan dedektörlerin özelliklerine bağlıdır (Kahraman, 2010). BT ve MR da kontrast çözünürlüğü yüksektir ve bu sayede kullanıcılar dokular arasındaki farkı tanımlayabilir (Cole ve Hespel, 2020; Thrall, 2018).

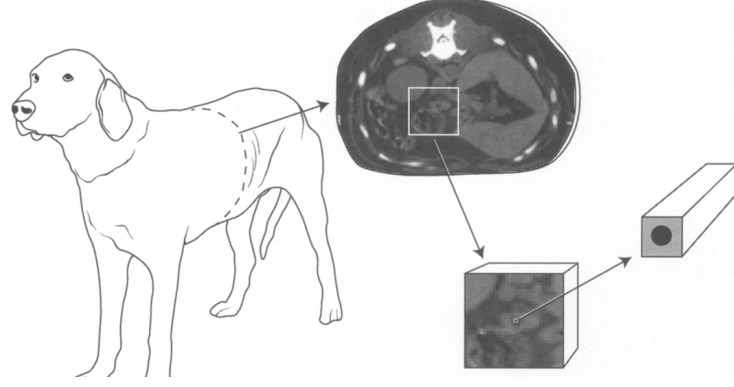
2.4. Bilgisayarlı Tomografide Görüntü Oluşumu

BT, vücuda X ışını demetini, röntgenden farklı olarak inceltip çizgisel şekilde düşürerek kesitsel görüntüleme sağlayan bir yöntemdir. Kesitsel görüntü, röntgen tüpü ve görüntü alıcılarının (dedektör) hastanın etrafında döndürülmesi ile sağlanmaktadır. Tarayıcı ünitelerden gelen bilgiler, birçok matematiksel işlem ve algoritmalarla işlenir ve değerlendirilir. Burada elde edilen sonuçlar tarama alanını temsil eden sayılardan oluşmuş haritaya dönüştürülür. Görüntüleme biriminde harita elemanlarının aldıkları rakamsal değerlere göre gri renk skalasından bir renk kodu verilir. Bilgisayar ekranında harita gri renk tonlarıyla renklendirilir ve siyahtan beyaza kadar değişen noktalardan oluşan bir resim elde edilir. Bu dijital görüntüyü oluşturan en küçük resim hücresine *piksel* adı verilir (Resim 8) (Thrall, 2018). Yani her bir pikseli temsil eden rakamsal değerler kendisine karşılık gelen renk tonu ile renklendirilir. Yatay ve dikey sıradaki toplam piksel sayısına *matriks* adı verilir. Matriks boyutları, cihazın teknolojik gelişimine göre 64x64, 256x256, 512x512 veya

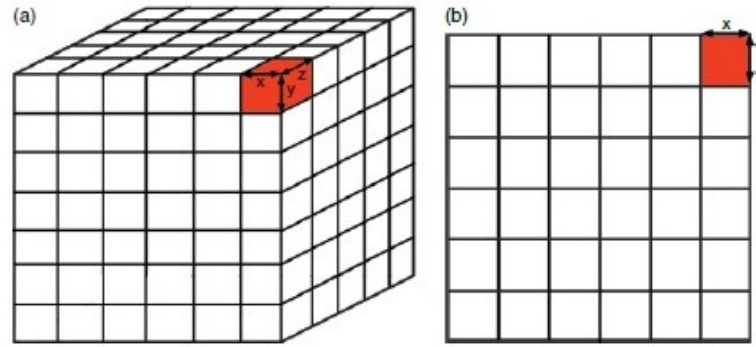
1024x1024 şeklinde ifade edilir. Bu sayılar haritanın eleman sayıları olarak isimlendirilir ise, örneğin, 256x256 eleman sayılı bir haritada, alt alta sıralanan 256 çizgi ve her bir çizgide 256 eleman olduğunu ifade eder. Tarama sonucu elde edilen veriler, haritadaki eleman sayısı kadar değeri hesaplar. Bir pikselin üç boyutlu karşılığına *voksel* adı verilir (Resim 7) (Thrall, 2018). Voksel, piksel ile kesit kalınlığının çarpılması ile oluşan bir dikdörtgen prizmayı ifade eder (Resim 5). Voksel aynı zamanda bize, X ışını atenuasyonunun organizmadaki değerini yansıtan bir terimdir (Kahraman, 2010). Piksel bir noktayı iki boyutlu tanımlarken, voksel bir noktayı üç boyutlu tanımlamaktadır (Thrall, 2018). Bu üç boyut yükseklik, genişlik ve derinliği ifade etmektedir (Cole ve Hespel, 2020).



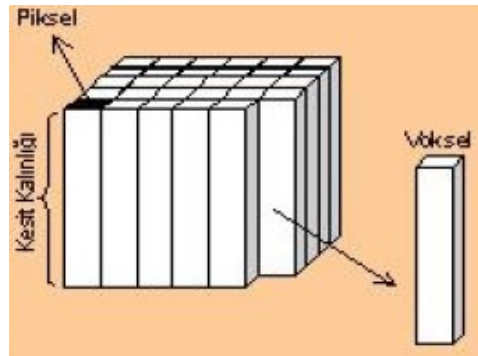
Resim 5. BT'de görüntü oluşumu; A) yapılan tarama, B) Dedektörlerde elde edilen rakamsal veriler, C-D) Görüntü matriksini belirleyen rakamsal verilerin hesaplanması. E-F) Örnek görüntüdeki piksellerin oluşumu, G) Gerçek BT görüntüsü (Cole ve Hespel, 2020).



Resim 6. Bir köpekte abdomen bölgesinin tomografi kavramını gösteren BT kesiti. Görüntü küçük bilgi birimlerinden oluşan bir doku dilimini gösterir (Tidwell, 1999).

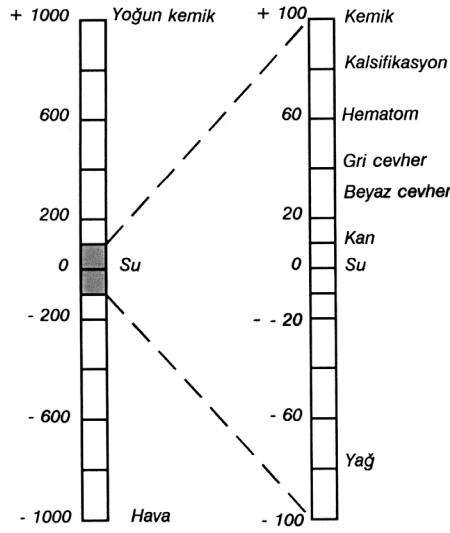


Resim 7. Voksel (a), x, y ve z düzlemlerini kapsayan üç boyutlu bir hacim birimidir. BT görüntülerinde voksel, attenuasyon (ışın soğurma) değerlerini; MR görüntülerinde ise sinyal yoğunluğunu içerir. Her bir voksel içinde farklı dokuların karışık (heterojen) yoğunluk veya sinyal değerleri bulunabilir. Ancak bu değerlerin ortalaması, görüntüde tek bir piksel (b) olarak, aynı parlaklık düzeyinde gösterilir (Cole ve Hespel, 2020).



Resim 8. Piksel ve voksel. (Cole ve Hespel, 2020).

BT’de her bir vokselin, X ışınını zayıflatma değeri farklı olup, bu değeri standart bir değer ile belirlemek için Hounsfield Skalası denilen bir sistem kullanılır (Thrall, 2018). Bu skala, cihazı geliştiren İngiliz fizikçi Godfrey Hounsfield’in adıyla anılmaktadır. Skalada saptanan rakamsal veriler Hounsfield Ünitisi (HU) (Resim 9) olarak isimlendirilir. Bu skaladaki değerler aracılığı ile, çok küçük yoğunluk farkları olan nesneleri ayırt edebilen gri tonlamalı bir aksenel görüntü oluşturulur (Gielen, 2018).



Resim 9. Hounsfield ölçeği (Gielen, 2018).

Doku	Hounsfield Değeri (HU)
Beyin ve/veya medulla spinalis	+25 - +50
Serebrospinal sıvı	0 - +15
Akut kanama (<24 saat)	+55 - +95
Kas	+40
Pıhtılaşmış kan	+50 - +100
Taze kan	+30 - +45
Eksudat	+4 - +30
Transudat	+10 - +15
Yağ	(-50) - (-100)
Kemik	+600 - +1000
Akut mineralize disk	+100 - +500
Kronik fıtıklaşmış mineralize disk	+450 - +1000

Resim 10. Farklı dokulardaki HU değerleri (Gielen, 2018).

Hounsfield Ünit (HU) numaraları olarak isimlendirilen BT numaralarında, yoğunluk -1000 ile +1000 arasında değerlendirilmektedir (Kahraman, 2010). Bu değerlerin ortasındaki sıfır (0) sayısı genel olarak suyu temsil eder (Thrall, 2018). -1000 havayı, sıfıra yakın eksiler (-10,-20) yağ dokularını, sıfıra yakın artılar (+10,+30) sıvı yapılarını, +300,+350 kalsifiye yapıları, +1000 ise en yoğun olan kemik yapısını göstermektedir (Kahraman, 2010). Genel olarak yağ dokusu ve hava skalanın negatif; yumuşak dokular, kan ve kemik pozitif yönünde yer alır (Milli Eğitim Bakanlığı, 2011). Herhangi bir yapı sudan daha fazla atenüasyon gösteriyor ise 0'dan daha yüksek bir değere, eğer daha az atenüasyon gösteriyor ise 0'dan daha düşük bir değere sahiptir (Cole ve Hespel, 2020).

Konvansiyonel radyografilerle karşılaştırıldığında, BT çok yüksek doku kontrastına sahiptir. Siyah, beyaz ve grinin farklı tonları (32-64 seviye) farklı HU'lara görüntüyü oluşturmak için atanır. İnsan gözü ancak grinin 20-30 farklı tonunu ayırt edebilir (Ohlerth ve Scharf, 2007). İnsan gözünün bu yüksek yoğunluk farkı gösteren görüntüleri istenilen ayarda algılayabilmesi için piksellerdeki rakamsal değerler üzerinde ayarlama yapılır. Tüm BT görüntülerinde uygulanan bazı temel post-işleme teknikleri vardır (Saunders ve Schwarz, 2011). Çoğu BT tarayıcısı 12 bit sistemdir. Bu görüntülenebilen 4096 gri tonu anlamına gelir. Her gri ton, hesaplanmış bir HU'ni temsil eder (Cole ve Hespel, 2020; Olby ve Thrall, 2012). Bilgisayar monitörleri gibi elektronik görüntüleme cihazları yaklaşık 8 bit (256 gri tonu) görüntüleme özelliğine sahiptir. İnsan gözünün sınırlı bir yeteneği vardır (30 ila 90 gri tonu) ve 6 ila 8 bit, görüntünün görülmesi için yeterli kabul edilir (Saunders ve Schwarz, 2011). Gri sakala, kemik ve yumuşak doku gibi spesifik dokuları vurgulamak için ayarlanabilir (Kealy ve diğerleri, 2011). Bu olaya *pencereleme (windowing)* denilir. Pencerelemenin merkezi *pencere seviyesi (WL: windowinglevel)*, Hounsfield skalasında pencereleme yapılan aralık *pencere genişliği (WW: windowwidth)* olarak isimlendirilir (Ohlerth ve Scharf, 2007). Pencere seviyesi ve pencere genişliği görüntüleme esnasında görüntünün değerlendirilmesini en üst düzeye çıkarmak için ayarlanır. Bu sayede HU değerlerinin kullanımı, klinisyenin normalde tanınamayacak küçük farklılıkları, opasiteleri ayırt etmesine olanak tanır (Cole ve Hespel, 2020).

Pencere genişliği, görmek istediğimiz durumları HU değeri içerisine almamızı sağlar. Böylece ilgilenmediğimiz alan dışarıda kalarak bir Hounsfield skalası seçilir. Bu durumda sadece seçtiğimiz bant içerisinde kalan HU değerleri gri tonu alır iken bant dışında kalan HU değerleri ya beyaz ya da siyah renkte boyanırlar. Pencere genişliği daraldıkça gri ton başına düşen absorbsiyon farklılığı yani doku sayısı azalır ve görüntüde yüksek kontrast

sağlanır. Pencere genişliği genişledikçe, gri ton başına düşen doku sayısı artar ve inceleme alanı oldukça homojen görünür. Bu da küçük dansite değişikliklerinin saptanmasını zor hale getirir (Saunders ve Schwarz, 2011).

Pencere seviyesi, Hounsfield skalası cinsinden seçtiğimiz pencere genişliğinin orta noktasıdır. Buna bir örnek verecek olur isek, -50- +150 arasındaki oluşumları iyi görmek istiyorsak pencere genişliği 200, pencere seviyesi +50 olacaktır. Bu durumda -50HU üstünde kalan siyah, +150 HU üstünde olan tüm değerler beyaz görünecektir (Saunders ve Schwarz, 2011).

BT görüntülemeye, dokular ve yapılar, bir dokunun X-ışınlarının durdurma kapasitesinin bir ölçüsü olan *atenüasyon* açısından tanımlanır. Radyografide radio-opasitenin karşılığıdır (Kealy ve diğerleri, 2011). Diğer bir deyişle *atenüasyon*, X-ışınlarının dokulardan geçerken absorpsiyon veya saçılma sonucu şiddetinin azalmasıdır (Thrall, 2018). Bir dokunun görünüşü bir referans dokuya ya da beklenen normal görünümüne göre tanımlanır. *İzoatenüasyon (izodens)* gri tonda olup referans dokuya eş yoğunluk veren alanları ifade eder. Doku X-ışınlarını referans dokudan daha az veya beklenenden daha az zayıflatıyor ya da durduruyor ise, bu durum *hipoatenüasyon (hipodens)* olarak tanımlanır ve daha koyu bir gri tonu olarak tasvir edilir. Beklenenden daha yüksek *atenüasyon* görülen dokular ise *hiperatenüasyon (hiperdens)* olarak ifade edilir. Hipodens siyah görülen alanları ifade ederken, hiperdens ise beyaz görülen alanları ifade eder (Kealy ve diğerleri, 2011).

2.5. Kedilerde Kolumna Vertebralis ve Medulla Spinalis Bölgesinde Bilgisayarlı Tomografi'nin Önemi

Nörolojik hastalıkların, kliniklere sevkleri kedilerde köpeklere göre daha az sıklıkla görülse de, hastalık süreçleri benzerdir ve kedinin yaşam kalitesi için benzer riskler taşır. Ancak vakaların çoğunda konvansiyonel radyografinin tanısal yetenekleri sınırlıdır. Vertebra'ların kompleks anatomisinden dolayı lezyon lokalizasyonu ve kemiklerdeki destrüksiyon ya da kemik yoğunluğunun analizi, konvansiyonel radyografilere göre BT'de daha kolaydır (Okada ve diğerleri, 2009). Bu nedenle nörolojik belirtileri olan kedi hastaların tam incelenmesi için ileri görüntüleme yöntemlerine gereksinim duyulur (Holland ve Hudson, 2020). Her görüntüleme tekniği, kontrast ve uzamsal çözünürlük açısından farklı özelliklere sahiptir ve bu da medulla spinalis, intervertebral diskler, vertebralar ve

paravertebral yumuşak doku gibi farklı spinal yapılar için teşhis detayını etkiler (Ricciardi ve diğerleri, 2018). Miyelografinin teşhiste sonuçsuz kaldığı durumda BT görüntülerinde küçük lezyonların belirginliği tanısallı olabilir (Olby ve Thrall, 2012).

Küçük hayvanlarda BT kullanımı en yaygın olarak, torakal ve abdominal hastalıklarda, intrakranial ve ekstrakranial lezyonlarda ve apendiküler iskelet ve omurga dahil olmak üzere muskuloskeletal sistem bozukluklarında endikedir. BT’de görüntüler çok hızlı oluştuğu için anestezi ve sedasyonun zor olduğu durumlarda bu tanı yöntemi önem kazanır (Yitbarek ve Dagnaw, 2022)

Beyin hastalıklarının teşhisinde kullanılan BT aynı zamanda spinal hastalıkların teşhisinde de önemli bir yer tutar. Kontrastlı (miyelografi) kullanımı olmakla birlikte kontrastsız kullanımı da bazı hastalıkların teşhisinde önemli bir yer tutar. Akut intervertebral disk hastalıkları (IVDD)’nın ve lumbosakral hastalıkların teşhisinde önemli bir yer tutar (Dewey ve diğerleri, 2016). Lumbosakral bölgede kemiğin remodelling’i sayesinde intervertebral disklerdeki bulging, cauda equina kompresyonunun varlığı, faset eklemler ve sakro-iliac eklemler, for. intervertebrale superpozisyon olmadan değerlendirilebilir (Gielen ve diğerleri, 2012). Aynı zamanda insanlarda BT, spinal kırık ya da lükzasyonların teşhisinde altın standart bir teşhis yöntemi olduğu için kedilerde de spinal travma olgularında başvurulmuş bir teşhis yöntemidir. Kemik dokusu ve akut hemorajileri MR’a göre çok daha iyi görüntüler ki bu nedenle akut kafa travması hastalıklarında MR’a göre tercih edilir (Dewey ve diğerleri, 2016). Ayrıca akut hemorajiler, subarachnoid kontrast bir maddeye gereksinim duyulmadan teşhis edilebilir. L5-S3 arasındaki sinir kökleri görüntülenebilir ve foramenlerinden çıkış noktaları izlenebilir (Ricciardi ve diğerleri, 2018).

BT, medulla spinalis ve etrafındaki dokular hakkında konvansiyonel radyografiye göre farklı bilgiler sunar. BT, osteoliz ve kalsifikasyon gibi kemiklerdeki değişiklikleri tanımlamakta yararlıdır. Aynı zamanda intervertebral eklemlerin yapısı hakkında daha kesin bilgiler verir. Vakum fenomeni olarak da bilinen, intervertebral alanda vertebral aralarında yer alan gaz intervertebral disk dejenerasyonlarının bir bulgusu olup çoğunlukla BT’de saptanır. Mineralize ve mineralize olmayan materyalin oluşumu ile disk anormallikleri, spinal tümörler ve servikal spondilozis BT’de değerlendirilebilir. Özellikle spinal kanaldaki mineralize intervertebral disk materyali BT’de miyelografi yapılmadan teşhis edilebilir. Aynı zamanda spinal arachnoid kistlerde BT’de teşhis edilebilir.

2.6. Manyetik Rezonansın Tanımı ve Tarihçesi

Manyetik rezonans, manyetik titreşim anlamına gelmektedir. MR (manyetik rezonans görüntüleme) cihazı, protonların manyetik alan altındaki titreşimlerinden yola çıkarak oluşturulmuş tanı amaçlı bir görüntüleme cihazıdır (Ünal ve Karadağ, 2008).

Wolfgang Pauli 1924’de gerçek bir nükleer spin olasılığının varlığını ortaya atan ilk kişiydi. Bir yıl sonra, George Eugene Unlenbeck ve Samuel A. Goudsmit dönen elektron kavramı ile tanıştı (Ünal ve diğerleri, 2008). Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) ilk olarak 1946 yılında Purcell ve Bloch tarafından tanımlanmıştır ve 1952 yılında Nobel ödülüne layık görülmüşlerdir. Peter Mansfield ve Paul Lauterber 1970’lerin sonunda MR görüntüleme cihazını geliştirdiler. Lauterbur ve Mansfield 1973’te fiziksel yapıların analiz edilmesinde NMR tekniğini kullanmışlar ve farklı kimyasal yapı içerisinde bulunan nükleusların (proton ve nötronlar) rezonans frekanslarında küçük fakat özgün sapmaların olmasından yararlanarak kesitsel çözümleme ile görüntü elde edilmesini sağlamışlardır (Ünal ve diğerleri, 2008). Bu çalışmaların hız kazanmasının ardından MR tekniği birçok biyomedikal, kimya ve mühendislik uygulamalarında kullanılır hale gelmiştir. Tıbbi görüntüleme yöntemleri arasında son yıllarda giderek artan bir öneme sahip olan bu yöntem, 1980’lerin sonlarından itibaren uygulama alanı bulmuştur. Cihazın ilk prototipleri 1981 yılında geliştirilmiş, 1984 yılında ilk defa MR’de kontrast madde kullanılmıştır. 1986 yılından itibaren de hızlı görüntüleme yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır (Ünal ve diğerleri, 2008; Bakanlığı, 2011). Türkiye’de ilk defa 1989 yılında İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Radyodiagnostik Anabilim Dalında MR kullanılmaya başlanmıştır (TC. Bakanlığı, 2011).

MR, güçlü manyetik alanları, manyetik alan gradyanları ve radyo dalgalarını kullanarak organlarının görüntüsünü oluşturur. Radyo dalgaları kullanılarak manyetize dokular uyarılır ve ardından uyarılmış olan dokulardan geri dönen radyo dalgaları yakalanarak görüntüler oluşturulur (Yitbarek ve diğerleri, 2022).

MR yöntemleri de BT’de olduğu gibi kesitsel görüntü ve yüksek kontrast çözünürlüğü sayesinde üstün tanı olanakları sunar. MR’da ince kesitlerde dokuların ya da yapıların süperpoze olması engellenir. Bu sayede organlar ve diğer yapılar daha kolay tanımlanabilir ve ayrıştırılabilir (d’Anjou, 2013).

MR, özellikle yumuşak dokuları görselleştirmek için önemli bir potansiyele sahip bir görüntüleme yöntemidir. Çok geniş bir uygulama alanına sahiptir. Günümüzde veteriner hekimlikte sıklıkla kullanılabilmektedir ve nörolojik, ortopedik, onkolojik ya da diğer hastalıkların teşhisinde değerini kanıtlamıştır. Hayvanlarda, naviküler hastalığın patofizyolojisi gibi, kas- iskelet sistemi hastalıklarının birçoğu, travmatik artritis ve köpeklerde wobblers sendromu bununla ele alınabilir (Yitbarek ve diğerleri, 2022).

2.7. Manyetik Rezonans Cihazının Temel Yapıları

Manyetik rezonans sistemi; magnetler, koiller, gradientler, gantri ve bilgisayar kontrol ünitesinden oluşur (Cole ve diğerleri, 2020; Dance ve diğerleri, 2014).

2.7.1. Magnet

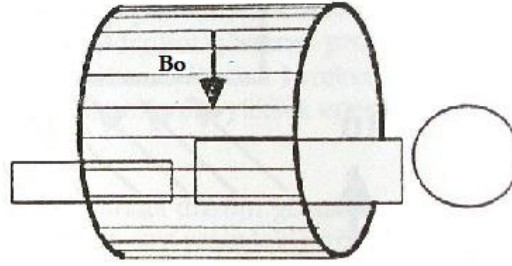
MR cihazının en önemli bileşenidir. Manyetik alanın en kolay yaratılabileceği yöntem mıknatıslardır. Adını bu mıknatıslardan alan magnet, sadece manyetik alan yaratmada kullanılır. Oluşturulan manyetik alanın içerisine hasta yatırılır ve görüntü alımı için RF (radyo frekans) sinyalleri uygulanır (Ünal ve Karadağ, 2008; T.C. Milli Eğitim, 2011).



Resim 11. Farklı özelliklerde süper iletken magnetler. A. Siemens 3 T Vario sistem, B. Philips 1 T Panorama sistem, C. General Electric 1.5 T Discovery MR450 sistem (Dance ve diğerleri, 2014).

Magnet (Resim 11) tipleri, geçmişten günümüze doğru *permanent magnet*, *rezistif magnet*, *süper iletken magnet* ve *hibrid (hem rezistif hem de permanent magnet özellikleri gösteren)* olarak sıralanmaktadır. Bunların içerisinde en çok kabul göreni Süper İletken Magnet olmuştur. Bunun yanı sıra Açık MR sisteminde Rezistif Magnet kullanılmaktadır (Ünal ve Karadağ, 2008; T.C. Milli Eğitim, 2011).

Permanent Magnet: Bu magnet tiplerinde, elektriksel manyetik alan oluşturmada doğal ve sürekli manyetik alan gücü oluşur, bu nedenle manyetik alan sabit kalır. Bu nedenle manyetik alan için herhangi bir enerjiye gereksinim duyulmaz. Manyetik alanın yönü hastaya diktir (Resim 12) (T.C. Milli Eğitim, 2011).

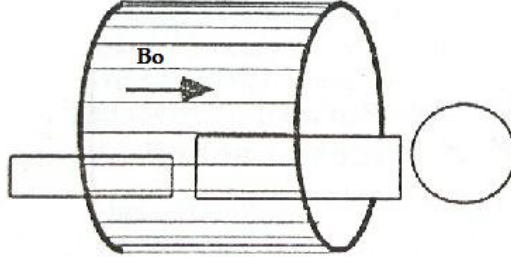


Resim 12. Permanent magnet (T.C. Milli Eğitim, 2011).

Rezistif Magnet: Bu magnet tiplerinde sanal bir iletkenle elektrik akımı geçirilerek manyetik alan oluşturulur. Pratik alan şiddeti 0,2T ile sınırlıdır. Bu cihazların bir dezavantajı yüksek elektrik enerjisine ihtiyaç duymalarıdır (Ünal ve Karadağ, 2008).

Süper İletken Magnetler: Çok güçlü manyetik alan oluştururlar. Bu magnetler gantrinin çevresini saran iletken sargılardan oluşur. Süper iletkenlik yasasına göre çalışan bu magnetler, “Mutlak Sıfır (-2730C, 00K) soğutulmuş iletkenlerin direnci sıfır olur” der. İletken sargıları mutlak sıfır noktasına düşürebilmek için, sıvı Helyum (He) kullanılır. Süper iletken magnetlerin özelliği, sıvı helyum derecelerinde çalışmasıdır. Sıvı He -2690C’dir ve çok yüksek basınç uygulandığında oda sıcaklığında sıvı halde kalır. İşte bu sayede tanka sıvı He depolandığında sargıların sıcaklığı mutlak sıfıra çok yakın bir sıcaklık olan -2690C’ye soğumuş olur. Sonrasında sargılara verilen 600A’lık akım (1.5T’lık manyetik alan için) direnç sıfıra çok yakın olduğu için uzun bir süre yaklaşık olarak aynı değerlerde sargılarda devir daim yapar. Faraday kanunlarına göre sürekli içerisinde 600A akım akan tellerin ortasındaki manyetik alan da 1.5T olacaktır. Bu yöntem ile çok uzun süre ve yüksek bir

manyetik alan yaratılmış olur. Manyetik alan yönü hastaya paraleldir (Resim 11, Resim 13) (Ünal ve Karadağ, 2008; T.C. Milli Eğitim, 2011).

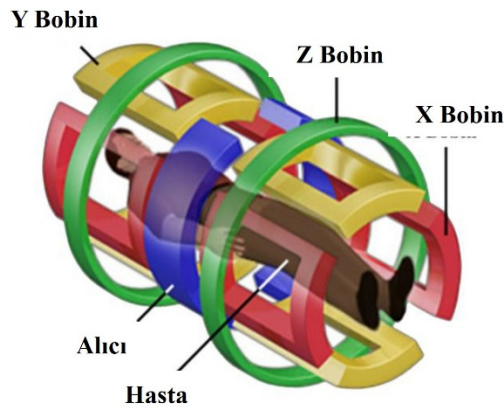


Resim 13: Süperkondüktiv magnet (T.C. Milli Eğitim, 2011).

2.7.2. Koiller (Sargılar)

a) Shim Sargıları: Süperiletken magnetlerde manyetik homojeniteyi daha da arttırmak için geliştirilmiş sargılardır.

b) Gradient Sargıları: Statik manyetik alan yönüne zıt yönde manyetik alan üreten ayrı bir mıknatıs sistemidir. Bu özelliği ile X,Y, Z yönlerinde değişiklik yapan ayrı gradient sargıları vardır. Böylelikle incelenen bölgenin her üç düzlemde (sagittal, aksiyal ve koronal) de görüntüsünün alınmasını sağlar (Resim 14).



Resim 14. Gradient Magnet (Flos, 2008)

c) Radyofrekans (RF) Sargıları: İncelenen dokulardaki hidrojen çekirdeklerini uyarmak için RF pulsu gönderen ve dokulardan gelen sinyalleri saptayan koillerdir. Uygun parametreler kumanda panelinden girildikten sonra sistem bilgisayarı ne kadar ara ile ve ne güçte RF pulsu göndereceğini belirleyerek RF sargısına akımı gönderir. RF sargısı bütün işlevlerini kendi içinde elektromanyetik bir alan oluşturarak gerçekleştirmektedir. Vücudun çeşitli bölmeleri için “Head Coil”, “Neck Coil”, “Body Coil”, “Spine Coil” gibi ayrı ayrı koiller mevcuttur.

d) Düz Sargı: Günümüz MR sistemlerinde kullanılmamaktadır.

e) Kuş Kafesi Sargı: Günümüzde en yaygın kullanılan RF sargı tiplerinden birisidir. Rutin uygulamalarda diz ve beyin sekanslarında kullanılan RF sargıları bu tipte imal edilmiştir (Ünal ve Karadağ, 2008; T.C. Milli Eğitim, 2011; Dance ve diğerleri, 2014).

2.7.3. Gantry

MR cihazlarındaki gantri, BT cihazlarından farklı olarak vücudun tamamını içerisine alan uzun tünel şeklindedir. İnceleme süresince hasta ve hasta masası sabittir, kesit alma süresince hareket ettirilmez (T.C. Milli Eğitim, 2011; Dance ve diğerleri, 2014).

2.7.4. Görüntü İşleme ve Operatör Bilgisayarları

RF sargıları tarafından dokulardan algılanan sinyaller osiloskop aracılığıyla ölçülüp güçlendirilir, çeşitli filtrasyonlardan geçer ve dijitalize edilip gri skala değerleri ile bu bilgisayarlarda görüntüye çevrilir (Ünal ve Karadağ, 2008; Cole ve Hespel, 2020).

2.8. Manyetik Rezonansın Genel Çalışma Prensipleri ve Görüntü Oluşumu

MRG'nin temeli radyo dalgalarına dayanır. Dokulardaki hidrojen atomlarının yoğunluklarına ve hareketlerine göre görüntü oluşur. Manyetik alan birimi Gauss olarak isimlendirilir. Dünyanın manyetik alanı yaklaşık olarak 0,5 Gauss'tur. Bir Tesla, 10 bin Gauss'a eşit bir manyetik alan güç birimidir. Bir Gauss 1 santimetrekareden geçen 1

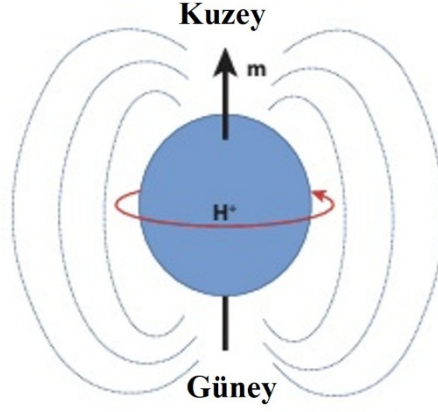
manyetik vektör gücüne eşit bir birimdir. Bu durumda 1,5 Tesla gücündeki bir cihazın gantri boşluğunun merkezindeki manyetik alan gücü dünyanın manyetik alan gücünün 30 bin katı kadardır (Karaali, 2020; Gavin ve Bagley, 2009; Özer, 2016).

MR fiziği son derece karışıktır. MR fiziğini anlayabilmek için maddenin temel yapı taşı olan atomdan başlamak gereklidir. Bir atom, proton ve nötronlardan oluşan bir çekirdek ve yörüngesinde bulunan elektronlardan oluşur (Karaali, 2020).

Dokulardaki protonlar radyo dalgaları ile uyarıldıklarında enerji absorbe ederler. Radyo dalgaları kesildiğinde absorbe edilen bu enerji, radyo sinyalleri şeklinde ortama yayılır. Cihazın içerisinde bulunan özel alıcılarla bu radyo dalgaları toplanır ve bilgisayar aracılığı ile görüntüye dönüştürülür (Devecioğlu ve Yücel, 2002).

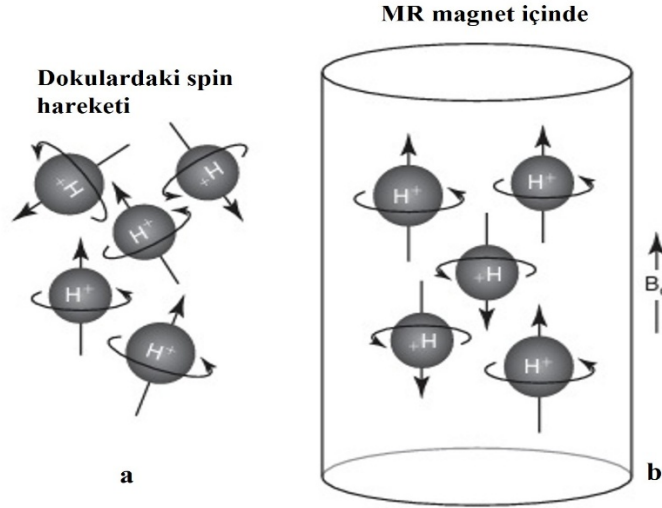
Protonlar pozitif, elektronlar negatif yüklü olup nötronlar yüksüzdür. Normalde elektronlar ile protonların sayısı birbirine eşittir. Nötron ve proton sayısı eşit olan atomlara *kararlı atomlar* denilir. Atom ağırlığının çok yüksek olduğu atomlarda, proton ve nötron sayıları birbirinden farklı olur. Proton ve nötron sayıları arasındaki farkın çok fazla olduğu atomlara *kararsız atom* olarak tanımlanır. İşte bu kararsız atomlar radyoaktif özellik taşırlar (Karaali, 2020).

Tek sayıda proton içeren her atom çekirdeği kendi etrafında döner. Bu özellik kuantum fiziğinde, protonun *spin hareketi* olarak tanımlanır (Resim 15). Bu spin hareketi, klasik fizikte dönme ve devinme hareketine benzetilir. Burada proton olarak bahsettiğimiz tek bir protona sahip olan “Hidrojen atomu”dur. Canlı dokunun %60-80’ninin su moleküllerinden oluştuğunu düşünürsek, suyun temel yapısını oluşturan “Hidrojen atomunun” öneminden bahsedebiliriz. Suyun yapısında bol miktarda bulunan hidrojen atomu, bir proton ve bir elektron içerir, nötron içermez (Karaali, 2020; Dance 2014). Hidrojen atomu, küçük elektrik yüküne sahip olmasına rağmen çok hızlı döner ve temel fizik kurallarına göre, bu hareketlilik, bir elektriksel alan ve sonucunda da manyetik bir alan oluşturur. Bu özellik *nükleer manyetik rezonans* olarak bilinmektedir. Günümüzde kullanılan MR yönteminin temelini bu mekanizma oluşturmaktadır (Uwagie-Ero ve Awasum, 2017; Moore, 2021).



Resim 15. Protonların spin hareketi (Mai, 2018).

Vücut içerisinde hidrojen atomlarının bolluğu sebebi ile algılanabilir bir manyetik alan oluşur (Uwagie-Ero ve Awasum, 2017). Ancak vücut dışında güçlü bir manyetik alan yok ise bu manyetik alan farklı farklı yönleri gösterir (Resim 16 (a)). Bu nedenle de dokularda net bir manyetik alan oluşmaz (Karaali, 2020; Cole ve Hespel, 2020). Protonlar, kendilerini yüksek ya da düşük olmak üzere iki farklı enerjide hizalarlar. Dışarıdan uygulanan güçlü bir manyetik alan karşısında bu protonlar manyetik alan vektörü ile ya aynı yönde (paralel) ya da tam zıt yönde (anti paralel) dizilime zorlanırlar (Resim 16 (b)). Dışarıdan uygulanan güçlü bir manyetik alan karşısında düşük enerjili nükleusların çoğu kendilerini paralel, yüksek enerjili nükleuslar ise anti paralel olarak hizalandırırlar. Paralel olarak dizilen düşük enerjili nükleuslar *spin up nükleus*, anti paralel olarak dizilen yüksek enerjili nükleuslar *spin down nükleus* olarak adlandırılır. Protonların manyetik vektöre paralel olması anti paralel olmasına göre daha düşük enerji gerektirir. Bu durumda paralel dizilen protonların sayısı daha fazla olur. Anti paralel dizilen vektörlerle paralel dizilenler arasında ciddi bir fark oluşur. Bu aradaki fark dokuda manyetik bir vektör oluşmasına yani dokunun mıknatıs görevi görmesine neden olur. İşte dokuda oluşan bu manyetik alanın değeri bize MR sinyalini oluşturur (Karaali, 2020; Cole ve Hespel, 2020).



Resim 16. a) Sabit manyetik alanın etkisi olmadan hidrojen atomlarının davranışı, b) Manyetik alan etkisinde hidrojen atomlarının davranışı (Thrall, 2018).

MRG'nin oluşumunda paralel ve anti paralel dizilimin dışında, *presesyon (Salınım)*, *rezonans* ve *relaksasyon (gevşeme) hareketleri* de bu görüntüleme yönteminin fiziki temelini oluşturur. Presesyon frekansı, protonun spin hareketi esnasında oluşturduğu dairesel hareketin birim zamanda kaç kere tekrarlandığını gösterir. Rezonans, enerji aktarımı demektir. Relaksasyon gevşeme anlamına gelir. Yani protonlar eski konumuna dönmeleridir ve bu aşamada bulundukları örgüye ölçülebilir bir enerji transferi yaparlar. Longitudinal relaksasyon (T1 relaksasyon) ve transversal relaksasyon (T2 relaksasyon) olmak üzere iki çeşit olarak incelenir. Longitudinal relaksasyon z ekseninde, transversal relaksasyon ise xy ekseninde şekillenir. Relaksasyon süreleri dokudan dokuya farklılık gösterir. Bu farklılık da kontrast mekanizmalarını oluşturur, MRG'de görüntü olarak bize yansır (Karaali, 2020; Cole ve Hespel, 2020; Yitbarek ve Dagnaw, 2022; Easton, 2012; Özer, 2016).

Transversal, sagittal ve coronal olmak üzere 3 farklı kesitte değişik sekanslarda (T1,T2, STIR, FLAIR, Gradient-Eko, proton ağırlıklı vb.) görüntüler alınmaktadır (Özer, 2016). Vücutta en kısa T1 zamanı yağ dokusunda, en yüksek T2 zamanı ise serbest sıvılarda elde edilir (Karaali, 2020).

MRG'de görüntüde beyaz olan alanlar hiperintens, siyah olan alanlar hipointens, gri tonlarda olan alanlar ise izointens kavramlarıyla sınıflandırılır. Farklı sekanslarda dokuların görünümü değişiklik göstermektedir (Mai, 2018).

2.9. Kedilerde Kolumna Vertebralis ve Medulla Spinalis Bölgesinde Manyetik Rezonansın Önemi

MR, özellikle tümör, enfeksiyon, inflamasyon, kanama veya kronik hastalıkların değerlendirilmesi için daha fazla yumuşak doku detayı gerektiren beyin veya medulla spinalis hastalıklarında, paha biçilmez bir öneme sahiptir (Cole ve Hespel, 2020).

Kedilerde intervertebral disk hastalıkları (IVDD) nadiren görülür ve kedilerdeki medulla spinalis hastalıklarının yaklaşık %5'ini oluşturur. Vakaların çoğu ekstrüzyona bağlı ventral ekstradural kompresyon ya da nükleus pulposusun protrüzyonu ile ilgilidir. Ancak son yıllarda kesitsel görüntüleme yöntemlerinin artması ile intervertebral disk fıtığı hastalığının farklı tipleri teşhis edilebilmektedir (Debreuque ve diğerleri, 2020). Aynı zamanda IVDD'nin üçüncü formunda medulla spinalis parenşiminin değerlendirilmesi kritik bir öneme sahiptir. Travmaya bağlı olarak parenşimde şekillenen hasar epidural bileşende minimal ya da hiç kompresyona neden olmaz. Bu son zamanlarda *akut nonkompresif nükleus pulposus ekstrüzyonu (ANNPE)* olarak adlandırılmaktadır. Bu hastalığın tek görüntüleme bulgusu MRG'de tanımlanabilen fokal medulla spinalis ödemi ve/veya annulus fibrozisin dorsalindeki hemorajidir. Kedilerdeki medulla spinalis hastalıklarının %14'ünü oluşturan medulla spinalis travmalarında yaygın olarak BT kullanılsa da medulla spinalisin ya da perinöral dokuların (sinir sıkışması gibi) değerlendirilebilmesi için MRG'ye ihtiyaç duyulmaktadır (Holland ve Hudson, 2020) .

2.10. Manyetik Rezonans Görüntülemeye Medulla Spinalisin Görünümü

Spinal görüntülemeler için en ideal sekanslardan birisi Spin Eko sekansıdır. T1 ağırlıklı görüntülerde epidural yağ hiperintens (beyaz) görünür. Epidural yağın hiperintens görünmesi sayesinde medulla spinalisin etrafında çok iyi bir kontrast oluşur. Medulla spinalis, sinir kökleri ve kemik iliği izointens bir görüntü verir. Aynı şekilde intervertebral disklerde izointens görüntü vermesine rağmen medulla spinalis ile karşılaştırıldığında daha yüksek sinyal verir. Yani medulla spinalise göre daha parlak görünürler. Vertebral kortikal kemik hidrojen atomu eksikliğine bağlı olarak siyah (hipointens) bir kabuk şeklinde görünür. Kemik iliğinin izointens görüntüsü ve paraspinal yağların hiperintens görüntüsü bu kabuğun kolay ayırt edilmesini sağlar. Lig. longitudinale dorsale, lig. longitudinale ventrale

ve lig. interarkuata düşük sinyal gösterirler ve komşu kortikal kemikten ayırt edilemez. Bu ligamentler, kemikten ayrıldıkları intervertebral disk aralıklarında ve spasyum interarcuale üzerinde net bir şekilde görülebilirler (Adams, 1999).

T2 ağırlıklı görüntülerde intervertebral disklerin merkezi hiperintens (beyaz), çevresini saran kısım ise izointens görünmektedir. Epidural yağ orta sinyal yoğunluğuna sahip olup, T1 ağırlıklı görüntülerde görülenden oldukça düşüktür ve düşük sinyali olan medulla spinalis ve sinir kökleri ile iyi bir kontrast oluşturur. Vertebral kemik iliği yağlardan veya medulla spinalisden daha düşük sinyale sahiptir. T2 ağırlıklı görüntülerde medulla spinalisin etrafının hiperintens görünümü sanki miyelogram uygulanmış gibi bir görüntü verir. T1 ağırlıklı görüntülerde olduğu gibi kortikal kemik, omurganın ligamentleri düşük sinyal verdiği için ayırt edilemez (Adams, 1999).

T1 ağırlıklı görüntülerde yağ, kanama, protein içerikli sıvılar, kontrast maddeler hiperintens görünür. T2 ağırlıklı görüntülerde tümöral oluşumlar, su, ödem, yağ hiperintens görünür (Fitzmaurice, 2010).

2.11. Kedilerde Kolumna Vertebralis ve Medulla Spinalis'in Anatomisi

Kolumna vertebralis, önde kafatası ile eklem yapan ilk boyun omurundan başlayıp kuyruk ucuna kadar devam eden, omurların (*vertebrae*) art arda eklemleşmesiyle oluşan kemikten bir sütündür. Omurlar birbirleriyle hareketli, az hareketli ya da hareketsiz tipte eklemleşirler. Destek ve hareket için önemli bir yapıdır ve memelilerde zaman içerisinde belirgin beş bölgeye evrimleşmiştir. En önde boyun bölgesinde *servikal vertebralar* (*boyun omurları*), bunları gövde de kaburgaları taşıyan *torakal vertebralar* (*sırt omurları*) takip eder. Sonraki *lumbal vertebralar* (*bel omurları*) abdomenin dorsoline doğru torakal ve *sakral vertebralar* (*sağrı omurları*) arasında uzanır. Sakral vertebralar tek bir birim olarak kaynaşmış ve pelvis ile eklemleşmiştir. Son olarak da *kaudal vertebralar* (*kuyruk omurları*) kuyruğu oluşturur (De Luliis ve Pulera, 2011). Kedilerde 7 servikal, 13 torakal, 7 lumbal, 3 sakral ve yaklaşık 20 adet kaudal vertebra bulunmaktadır (Singh, 2018). Farklı bölgelere ait vertebralar farklı işlevleri yerine getirmek zorundadır ve bu yüzden de farklı özelliklere sahiptirler. Ancak tüm vertebralar ortak bir temel yapıyı paylaşır. Vertebralar, merkezinde süngerimsi madde (*substantia spongiosa*) ve çevresinde kompakt kemik (*substantia*

compacta) bulunan kısa kemikler (*ossabrevia*) olarak sınıflandırılır (Liebich ve König, 2020).

Omurların corpus ve arcus'ları arasında, uzun eksen boyunca uzanan ve içinde omuriliğin yerleştiği büyük bir delik (*foramen vertebrale*) bulunur. Bu delikler omurganın merkezinde uzunlamasına bir kanal (*canalis vertebralis*) oluşturur ve bu kanal içerisinde omurilik (*medulla spinalis*) yer alır. Her vertebra'nın üzerinde kas ve ligamentlerin yapışmalarına özgü çıkıntılar, damar ve sinirlerin geçtiği delikler/çentikler ve eklem oluşumuna katılan bazı anatomik yapılar bulunur (Evans ve Lahunta, 2013; Liebich ve König).

Foramen vertebrale'nin ventralindeki omur gövdesi *corpus vertebrae*, yanlardan ve dorsalden bu deliği sınırlandıran kemer biçimindeki bölüm ise *arcus vertebrae* olarak isimlendirilir. Arcus vertebra'nın yanlarda corpus ile birleşen bölümüne *pediculus arcus vertebrae*, dorsal'de birbirine doğru median hatta birleşen kısmına ise *lamina arcus vertebrae* denilmektedir (Evans ve Lahunta, 2013; Liebich ve König).

Corpus vertebrae'nin dışbükey olan ön ucuna *extremitas cranialis (caput vertebrae)*, içbükey olan arka ucuna *extremitas caudalis (fossa vertebrae)* adı verilir. Bu bölgeler hyalin kıkırdak ile kaplıdır. Her iki uç arasında ventromedian olarak uzanan kemikten bir pervaz var ise buna da *crista ventralis* denir. Sırt omurları göğüs kafesini şekillendirmek üzere kaburgalarla da eklem oluşturduğu için corpus vertebra'ların ön ve arka uçlarının lateral kısımlarında caput costa'larla eklemleşen birer fovea costalis bulunur. Bunlardan önde olan *fovea costalis cranialis*, arkada olan ise *fovea costalis caudalis* adını alır. Fovea costalis caudalis yedinci servikal omurunda da vardır, ancak son torakal omurunda bulunmaz (Liebich ve König, 2020).

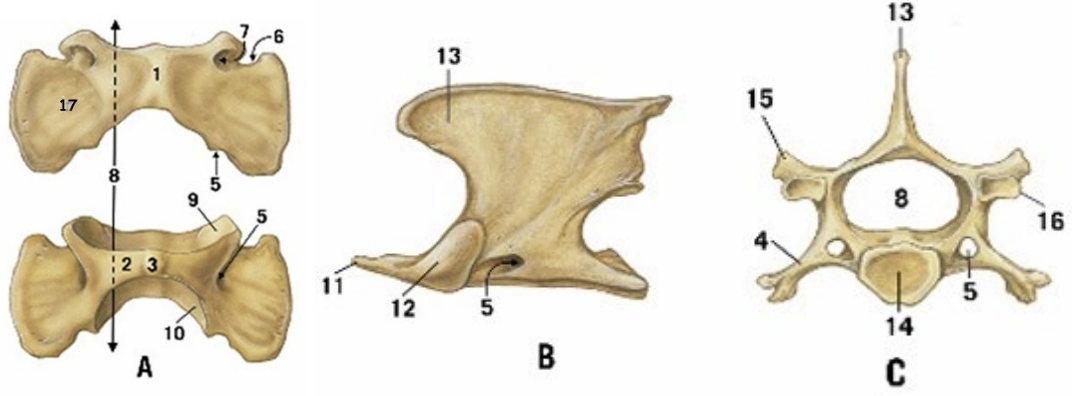
Arcus vertebrae'nin dorsomedian'ında bulunan çıkıntı *processus spinosus*, omurun yanlara doğru uzanan çıkıntısı *processus transversum* olarak isimlendirilir. Bazı boyun omurlarında, processus transversum'un caudodorsal'e doğru uzanan çıkıntısına tuberculum dorsale (3-6. cervical vertebrae), cranioventral'e doğru olan çıkıntısına tuberculum ventrale (3-5. cervical vertebrae) denilmektedir. Sadece sırt omurlarında (sonuncusu hariç), processus transversum'lar üzerinde kaburgaların tuberculum costae adlı çıkıntıları ile eklem yapan *fovea costalis processus transversus*'ler bulunur. Arcus'ları aracılığıyla eklem yapan omurlarda kıkırdakla kaplı eklem yüzlerini (facies articularis) taşıyan çıkıntılara processus articularis denir. Sağlı sollu yer alan bu eklem çıkıntılarından omurun önünde yer alanlar *processus articularis cranialis (prezigapofiz)*, arkada olanlar *processus articularis caudalis*

(*postzigafosis*) olarak tanımlanır. *Processus articularis kranialis*, kranio-dorsale ya da mediale dönük ve *processus articularis kaudalis* kaudo-ventrale ya da laterale dönük olarak yer alır Bazı omurların lateralinde *canalis vertebralis*'e açılan bir delik *foramen vertebrale laterale* bulunur. Bazı omurların ise önünde ve/veya arkasında, sağlı-sollu, *arcus* ve *corpus*'un birleştikleri düzeyde birer çentik yer alır. Önde olanlar *incisura vertebralis cranialis*, arkada olanlar *incisura vertebralis caudalis* adını alır. Sadece torakal ve lumbal omurlarda, *processus articularis cranialis*'ler ile *processus transversum*'lar arasında mememsi küçük çıkıntılar (*processus mamillaris*) vardır. Carnivor'ların son torakal ve lumbal omurlarında *processus articularis kaudalis* ile *processus transversum* arasında yönü caudal'e dönük eklenik çıkıntılar (*processus accessorius*) bulunur. Birbiriyle eklemleşen omurlardan öndekinin *incisura vertebralis caudalis*'i ile arkadakinin *incisura vertebralis cranialis*'i karşı karşıya gelerek birlikte *foramen intervertebrale* adlı deliği oluşturur. Bu delikten spinal sinirler geçer. Ardışık iki omurun *arcus vertebra*'ları arasında dorsalde oluşan açıklığa *spatium interarcuale* denir. Bu açıklıklardan klinik öneme sahip üç bölge mevcuttur. Bu bölgeler, oksipital kemik ile birinci servikal vertebra (atlas) arasında *atlanto-oksipital boşluk*, birinci (atlas) ve ikinci (axis) servikal vertebralar arasında *atlanto-aksial boşluk* ve son lumbal vertebra ile sakrum arasında *lumbosakral boşluk*'tur (Dursun, 2001; Singh, 2018; Evans ve Lahunta, 2013; Liebich ve König, 2020;).

Canalis vertebralis birinci ve ikinci servikal vertebra düzeyinde en geniş formdadır. Bu genişlik servikal omurga boyunca azalır, kranial torasik bölgede tekrar artar ve kaudal torasik bölgede iyice daralır. Lumbal bölgede genişlik tekrar artar ve birinci kaudal vertebra düzeyinde ciddi oranda daralır (Singh, 2018; Liebich ve König, 2020;).

2.11.1. Servikal Vertebralar

Kedilerde servikal bölgede yedi adet servikal vertebra (boyun omuru) bulunmaktadır. İlk iki vertebra (*C1-atlas* ve *C2-axis*) birbirlerinden oldukça farklıdır ve diğer vertebralardan oldukça kolay ayırt edilebilir. Üçüncü, dördüncü ve beşinci vertebra birbirlerine benzerdir ve ayırt edilmeleri zordur. Altıncı ve yedinci servikal vertebralar tanımlanmalarına olanak sağlayacak kadar farklılıklar gösterir (Evans ve Lahunta, 2013).



Resim 17. A) Atlasın dorsal (yukarıda) ve ventral (aşağıda) görüntüsü, B) Aksisin lateralden görünümü, C) C5'in kaudal görünümü. 1. Arcus dorsalis, 2. Arcus ventralis, 3. Tuberculum ventrale, 4. Proc. transversum, 5. For. transversarium, 6. Incisura alaris, 7. For. vertebrale laterale, 8. Canalis vertebralis, 9. Fovea articulare craniale, 10. Fovea articulare caudale, 11. Dens, 12. Kranial artiküler yüzey, 13. Proc. spinosus, 14. Corpus vertebra, 15. Proc. articularis cranialis, 16. Proc. articularis caudalis, 17. Ala atlantis (Hudson ve Hamilton, 2010).

Birinci (*atlas*) ve ikinci (*axis*) servikal vertebra başın serbest hareket etmesine izin verecek şekilde oldukça gelişmiş omurlardır (Liebich ve König, 2020). Atlas hem yapı hem de işlevsel olarak atipiktir. Kranialde kafatası ile kaudalde axis ile eklemleşir (Evans ve Lahunta, 2013). Diğer omurlarda oldukça gelişmiş olarak bulunan corpus vertebrae'nın bulunmaması en tipik özelliğidir. Foramen vertebrale'nin dorsal'inde *arcus dorsalis*, ventral'inde *arcus ventralis* bulunur. Arcus dorsalis'in dorsomedian'ında *tuberculum dorsale* adında bir tümseklik bulunur. Arcus ventralis'in, caudal'inde ikinci boyun omurunun dens'inin eklemleştiği *fovea dentis* adında sığ bir çukurluk bulunur. Bu bölgede, diğer omurlarda transversal olarak uzanan processus transversus isimli çıkıntılar kanat şeklinde olduğundan *ala atlantis* olarak isimlendirilmiştir. Carnivor'da; atlas'a kelebek görünümünü veren ala atlantis üzerinde foramen vertebrale laterale ve foramen transversarium mevcut olup, foramen alare yerine *incisura alaris* adında bir de çentik bulunur. Carnivor'da arcus ventralis çok dardır (Resim 17 (A)) (Dewey, 2017).

İkinci boyun omuru (*axis*) omurlar içerisinde en uzun olanıdır. C2'nin processus spinosusu farklı olup bıçağa benzeyen bir yapı halindedir ve craniodorsal ucu dens'in ön kenarı hizasına kadar öne doğru, kaudal tarafı ise daha kalın olup kısmen C3'ün dorsal

tarafına doğru uzanır (Dewey, 2017). C2'nin kranial ucunda bulunan ve *dens* adı verilen çıkıntı, C1'in kaudalinde bulunan *fovea dentis* ile eklemleşir. Bu durumda atlas (C1), yani baş, dens etrafında dönme hareketi yapar. Dens'in üst yüzü, dens'in yerinden çıkmasına engel olan *ligamentum transversum atlantis* denilen bir bağ ile eklem yapar (Dursun, 2001). Omurun her iki yanında bulunan processus transversum'lar caudolateral yönde uzanır. Axis'in büyük oltralean processus transversum'unun kök kısmında bulunan foramen transversarium'dan a., v., n. vertebralis geçer. Sadece carnivor'larda foramen vertebrale laterale yerine geniş bir çentik (*incisura vertebralis cranialis*) vardır (Singh, 2018; Evans ve Lahunta, 2013). C1 ve C2 arasında intervertebral disk yoktur (Resim 17 (B)) (Dewey, 2017).

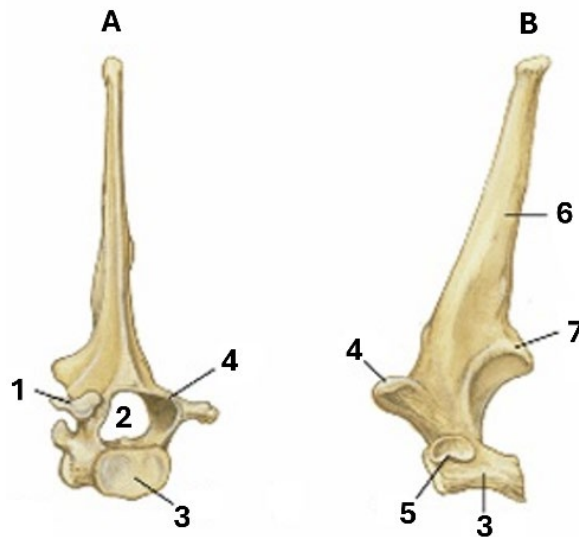
Aralarında belirgin bir sabit anatomik farklılık olmayan üçüncü (C3), dördüncü (C4) ya da beşinci (C5) boyun omurlarında, foramen transversarium bulunur, crista ventralis belirgindir ve processus transversum iki (*tuberculum dorsale*, *tuberculum ventrale*) çıkıntılıdır. C3'ten C7'ye kadar processsus spinosuslar kranial yönde eğilimlidirler ve kranialden kaudale doğru gidildikçe uzunlukları artar. C3'ün processus spinosus'u çok küçük ve bazen belli bile değildir (Dewey, 2017). Altıncı boyun omurunda (C6) aynı C3-C5'te olduğu gibi for. transversarium bulunur. Ayrıca C6'da, crista ventralis çok belirgin değildir ve processus transversum'un ventrale doğru olan çıkıntısı (*lamina ventralis*) genişlemiştir. Yedinci boyun omurunda (C7), for. transversarium yoktur ve birinci costa ile eklem yapması için fovea costalis caudalis'i bulunur. (Resim 17 (C)) (Singh, 2018; Evans ve Lahunta, 2013).

Servikal omurların tümünde proc. transversumlar ventro-lateral seyrederken C6'da daha ventrale yönelmiş olup oldukça belirgin bir görünüm alır. Bu durum, servikal omurlarda yapılacak operasyonlarda belirleyici bir unsurdur. Bu bölgeye ventral yaklaşım esnasında kolayca palpe edilebilen çok çıkıntılı yapılar olarak kolayca fark edilir (Devecioğlu, 1999). C3-C7 arasında processus articularis caudalis'in dorsal yüzünde processus muscularis adında bir çıkıntı mevcuttur (Singh, 2018; Evans ve Lahunta, 2013).

Prekaudal vertebralar kedilerde köpeklerdekinden daha ince ve farklıdır ve incelenmek istendiğinde tanınması kolay ancak tanımlanması zordur (Singh ve diğerleri, 2018).

2.11.2. Torakal Vertebralar

Göğüs bölgesinin iskelet oluşumuna katılan torakal vertebralar (sırt omurları) gerek birbirleri ile gerekse göğüs kafesinin yan duvarlarını oluşturan kostalarla (kaburgalarla) eklem yaparlar. Kedilerde toplamda 13 adet torakal vertebra bulunmaktadır. Aynı sıradaki kaburga (costa) çiftiyle eklemleşirler. En belirgin özellikleri processus spinosus'larının oldukça uzun olması ve kaburga ile eklemleştikleri *fovea costalis cranialis*, sonuncu torakal vertebra hariç *fovea costalis caudalis* ve *fovea costalis processus transversi*'lere sahip olmalarıdır. Ayrıca torakal vertebral omurların pedikülleri ve korpusları servikal ve lumbal bölgedekilere göre daha kısadır (Resim 18) (Evans ve Lahunta, 2013; Dursun, 2001; Singh, 2018; Liebich ve König, 2020).



Resim 18. A) T4 kranio-latereale görünüm, B) T1 lateral görünüm. 1. Proc. transversum, 2. Canalis vertebralis, 3. Corpus vertebra, 4. Proc. articularis cranialis, 5. Fovea costalis, 6. Proc. spinosus, 7. Proc. articularis caudalis (Hudson ve Hamilton, 2010).

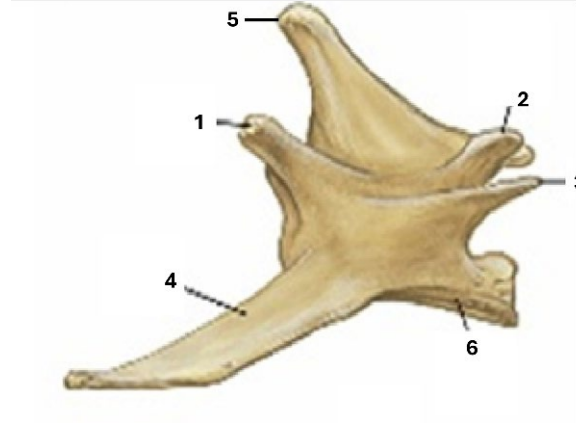
Birinci torakal vertebra, yedinci servikal vertebra ile ikinci torakal vertebra arasında bir morfolojidedir. Birinci torakal vertebranın (T1) processus spinosus'u yedinci servikal vertebradan uzun ancak ikinci torakal vertebradan oldukça kısadır. Processus spinosus'larının yüksek olduğu cidago bölgesinden (*regio interskapularis*) sonra yükseklikleri kaudale doğru giderek azalır. Yedinci veya sekizinci torakal vertebraya kadar processus spinosus'ların yüksekliğinde ve yönünde çok az değişiklikler vardır. Processus

spinosus'ların eğimleri başlangıçta kaudodorsal yönlü iken antiklinikal vertebra (*vertebra anticlinalis-eğim göstermeyen omur*) düzeyinde tam olarak dorsale doğru dik uzanır. Antiklinikal vertebra, processus spinosus'un dorsale doğru dik olduğu vertebra olup lokalizasyon olarak sondan üçüncü torakal vertebraya denk gelir (T11). Antiklinikal vertebradan sonraki vertebraların processus transversum'ları hafifçe kraniale doğru eğimlidir. Torakal vertebralarda kaudale doğru gidildikçe processus spinosus'ların enleri genişler ve lumbal vertebralarinkine benzemeye başlar (Resim 18)) (Evans ve Lahunta, 2013; Dursun, 2001; Singh, 2018; Liebich ve König, 2020).

Processus mamillaris (metamofizis) sadece torakal ve lumbal vertebralarda bulunur. Processus transversum üzerinde yer alan bu çıkıntı son sırt omuruna doğru proc. articularis kranialis'e doğru yaklaşır ve sonuçta iki çıkıntı birleşir. Bu çıkıntı *processus mamillo articulares* olarak adlandırılır. Servikal vertebralardan lumbal vertebralara doğru fasies artikularis'lerin konumunda belirgin bir değişiklik olup son iki torakal vertebrada kemer kısmının kaudalinde ve arkadaki vertebraya doğru uzanan bir çıkıntı *proc. accessorius* bulunur (Resim 18) (Evans ve Lahunta, 2013; Dursun, 2001; Singh, 2018; Liebich ve König, 2020).

2.11.3. Lumbal Vertebralar

Torakal vertebralardan, korpuslarının daha uzun ve şeklinin hemen hemen her lumbal vertebrada aynı olmasından ayrılır. Kedilerde toplamda 7 adet lumbal vertebra bulunmaktadır. Lumbal vertebralarda torakal vertebralardan farklı olarak kostalar için eklem yüzü bulunmaz. En karakteristik özellikleri, proc. transversum'larının çok uzun olması ve kranioventral yönde eğim göstermesi ayrıca proc. spinosus'larının kısa olmasıdır. Beşinci ya da altıncı lumbal vertebrada proc. spinosus çok daha uzun iken birinci lumbal vertebrada en kısadır. Proc. spinosus'lar öne eğimli olup torakal vertebralardan kısa, servikal vertebralardan uzundur (Evans ve Lahunta, 2013; Dursun, 2001; Singh, 2018; Liebich ve König, 2020).



Resim 19. L6 sol lateral görünüm. 1. Proc. articularis cranialis, 2. Proc. articularis caudalis, 3. Proc. accessorius, 4. Proc. transversum, 5. Proc. spinosus, 6. Corpus vertebra (Hudson ve Hamilton, 2010).

Processus articularis'ler sagittal düzlemde bulunur. Proc. articularis kaudalis'ler bir sonraki vertebranın proc. articularis kranialis'i arasında yer alır ve böylece lateral fleksiyon kısıtlanmış olur ancak ventral ve dorsal yönde hareket edilebilir (Evans ve Lahunta, 2013), (Liebich ve König, 2020). Lumbal vertebralarda proc. mamillarisler proc. artikularis kranialisler üzerinde bulunup bunlar ile birleşirler. Proc. articularis kaudalis ile proc. transversum arasından geriye doğru *processus accessorius* uzanır) (Evans ve Lahunta, 2013; Dursun, 2001; Singh, 2018; Liebich ve König, 2020).

Spasyum interarcuale lumbal bölgede dardır. Fakat kedilerde köpeklerden farklı olarak son iki lumbal vertebra arası oldukça geniş olup (spasyum interarcuale lumbosacrale) canalis vertebralis içerisine enjeksiyon yapmamıza olanak sağlar (Evans ve Lahunta, 2013; Singh, 2018; Dursun, 2001; Liebich ve König, 2020).

2.11.4. Sakral Vertebralar

Kedilerde 3 omurun birbirleriyle hareket etmeyecek şekilde kaynaşarak tek bir kemik haline dönüşmesiyle şekillenir. Processus spinosus'lar kedilerde birinci ayrı, diğer ikisi kaynaşmış olarak görülür (Seiler ve diğerleri, 2011).

2.11.5. Kolumna Vertebralisin Eklemleri

Kolumna vertebralis yumuşak doku, kıkırdak ve kemik dokusu gibi multikompozit bir yapı ile birçok işlevi yerine getirmek zorundadır. İki omur arasındaki diskler, eklemler ve ligamentler hareket esnasında uzuvlardan gelen itme kuvvetini vücuda iletmekten sorumlu olan fonksiyonel bir birim oluştururlar. Omurlar arası eklemler, omur gövdeleri arasındaki simfizisleri ve eklem yüzeyleri arasındaki sinovyal eklemleri birleştirir (Liebich ve König, 2020). Omurlar arasında iki çeşit eklem vardır. Bunlardan birisi *articulationes cartilaginea*, diğeri de *articulationes synoviale*'dir. Ard arda gelen omurların arasındaki eklem yani intervertebral diskler *articulationes cartilaginea*'dır. *Articulationes synoviale* ise omurların *proc. articularis cranialis* ve *proc. articularis kaudalis* arasında yer almaktadır. Vücudun kranial kısmında atlas'ın şekillendirdiği iki eklem ulunmaktadır. Bunlardan birisi *articulatio atlantooccipitalis* olup osoccipitale'nin *condylus occipitalis*'i ile atlas'ın *fovea articulari skranialis*'i arasında yer alır. Diğer eklem ise *articulatio atlanto axialis* olup atlas ile axis arasındaki eklemdir (Liebich ve König, 2020; Seiler ve diğerleri, 2011).

2.11.6. Kolumna Vertebralisin Ligamentleri

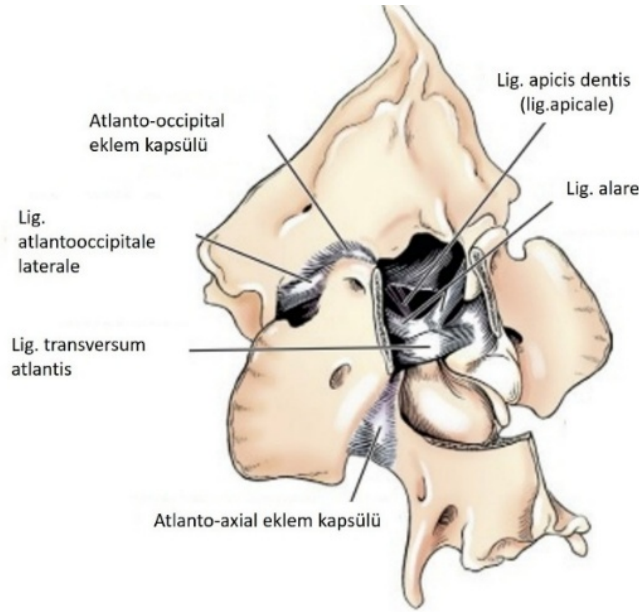
Kolumna vertebralis'e ait ligamentler kısa ve uzun ligamentler olarak iki grupta sınıflandırılır.

Kısa ligamentler *lig. interarkuata* (*lig. flava-sarı ligament*) *lig. intertranservaria*, *lig. interspinosus*'tur. *Lig. interarkuata*; spasyum interarkuata'yı dolduran esnek yapraklardan oluşur. Gövde ve sağrı kaslarının ağırlığını desteklemeye yardım ederler ve sırt kaslarına yardımcı olurlar. *Lig. intertranservaria*; lumbal vertebralarda *proc. transversumlar* arasında uzanır ve lateral fleksiyon ve rotasyon süresince gerilirler. *Lig. interspinosus*; vertebraların *proc. spinosus*larının arasında uzanır. Bunlar kedilerde torakal ve lumbal bölgelerde kassel yapılar şeklindedir. Bu ligamentler omurganın dorsale kaymasını önler ve aynı zamanda omurganın ventral fleksiyonunu sınırlar (Liebich ve König, 2020; Evans ve Lahunta, 2013).

Uzun ligamentler *lig. longitudinale dorsale*, *lig. longitudinale ventrale* ve *lig. supraspinale*'dir. *Lig. longitudinale dorsale*; axis'in dens'inden başlayıp *canalis vertebralisin* tabanından, vertebranın dorsalinden sakruma kadar uzanır ve her bir

intervertebral diske yapışır. *Lig. longitudinale ventrale*; sekizinci torakal vertebradan sakruma kadar vertebraların ventral kısmında uzanır ve her bir intervertebral diske yapışır. Kedilerde köpeklerden farklı olarak lig. nüçhae bulunmaz ve lig. supraspinale mevcuttur. *Lig. supraspinale* birinci torakal vertebradan üçüncü kaudal vertebraya kadar uzanır ve proc. spinosus'ların serbest uçlarına tutunur (Liebich ve König, 2020).

Lig. apicis dentis (*lig. apicale*) densin apex kısmından ayrılır ve for.magnum'un ventralinde basiokspital kemiğin kranialinden geçer. *Lig. alare* iki adet olup lig. apicale'den daha geniş ve ağırdır. Lig. alare'ler lig. apicale'lerin her iki tarafında dens'e yapışırlar ve oksipital kondüllerin kaudal kısımlarının medialinde oksipital kemiğe bağlanmak için birbirinden ayrılırlar (Evans ve Lahunta, 2013). Lig. taransversum ile birlikte alar ligamentler, atlantoaksiyel eklemin stabilize olmasına yardımcı olurlar. Atlantoaksiyel eklemdaki insatabilite axis'in dosal sublukzasyonuna sebep olan overfleksiyona zemin hazırlayarak atlas ve medulla spinalisda travmaya neden olur. Konvansiyonel radyografler ile atlantoaksiyel instabilite teşhis edilebilse de ileri görüntüleme tekniklerinden BT ve MR daha ayrıntılı bilgi verir ve cerrahi yaklaşım için olanak sunar (Slanina, 2015).



Resim 20. Occipital kemik, atlas ve axis'in ligamentleri, (Evans ve Lahunta, 2013).

Lig. intercapitale, diskin dorsal yüzünden ve lig. longitudinale dorsalenin altından geçmek kaydı ile bir tarafın kostasının baş kısmından diğer tarafın kostasının baş kısmına uzanır (Singh, 2018). Disk prolapsuslarının patogenezisinde önemli bir role sahiptir (Liebich

ve König, 2020). Özellikle de T1-T2 ekleminden T9-T10 arasına kadar bu ligamentin varlığı torasik korda disk fıtıklarına karşı hemen hemen tam koruma sağlamaktadır. İntervertebral disk problemlerinin %85'ini torakolumbal (T11-T12 ile L1-L2) lezyonlar oluşturur. Lig. longitudinale dorsale omurganın kaudal torasik ve lumbal kısmında daha ince olduğu için dorsal protrüzyonlar ve una ağırlı medulla spinalis basıları daha sık görülmektedir (Singh, 2018).

Dorsal longitudinal ligamentler servikal bölgede çok iyi gelişmiş olup disk materyalinin canalis vertebralis içerisine dorsal fıtıklaşmasını engeller (Singh ve diğerleri, 2018).

Köpeklerde axis'in (C2) proc. spinosus'u ile birinci torakal (T1) vertebra'nın proc. spinosus'u arasında uzanan *lig. nuchae* kedilerde bulunmaz. Kedilerin servikal bölgede nöromüsküler hastalıklara eğilimli olmasının sebebi bu destek bağlayıcı yapılarının olmayışdır (Prassinis ve diğerleri, 2019).

2.11.7. Canalis vertebralis

Canalis vertebralisin genişliği birinci ve ikinci servikal vertebra seviyesinde en fazladır. Canalis vertebralisin genişliği servikal omurga boyunca azalır, kranial torasik bölgede tekrar artar ve kaudal torasik bölgede tekrar azalır. Medulla spinalisin bel bölgesinde genişlemesine bağlı olarak canalis vertebralisin çapı lumbal bölgede tekrar genişler ve sonrasında kuyruğa doğru daralır (Singh ve diğerleri, 2018).

2.11.8. İntervertebral Diskler

Komşu iki vertebra, *diskus intervertebralis* (*intervertebral disk*) denilen fibrokartilaginöz bir yapı ile birbirine bağlanmıştır (Dursun, 2001). İntervertebral disk; merkezi jel yapısında olan *nukleus pulposus* ve bunun etrafını saran, çok sayıda laminayla birlikte yüksek düzeyde organize fibröz dokudan oluşan *annulus fibrosus*'dan oluşur. Diskin kalın olan annulus fibrozusu komşu vertebralara sıkıca yapışarak jeletinimsi olan bu merkez için koruyucu bir duvar oluşturur (Evans ve Lahunta, 2013; Liebich ve König, 2020; Seiler ve diğerleri, 2011).

İntervertebral diskler C1-C2 intervertebral aralık hariç tüm intervertebral boşluklarda yer alırlar. Bu diskler omurganın esnekliğine ve omurların ekstremiteleri üzerindeki basıncın dağılımına katkıları nedeniyle fonksiyonel olarak önemlidir (Evans ve Lahunta, 2013; Liebich ve König, 2020; Seiler ve diğerleri, 2011).

2.11.9. Medulla Spinalis Anatomisi

Canalis vertebralisin içerisinde yer alan medulla spinalis dorsoventral basık ve beyazımsı silindirik bir organdır (König ve diğerleri, 2020). Foramen magnum düzeyinde medulla oblongata'nın arkasından başlar sakrum'un ortasına kadar uzanır. Bu durumda medulla spinalis canalis vertebralis'in uzunluğundan kısadır (Dursun, 2000). Beyaz ve gri cevherden oluşur. Medulla spinalisin transversal kesitlerinde ortasında yer alan ve H harfine benzer olan kısım gri cevher (*substantia grisea*)'dir. Miyelinsiz sinir liflerini, sinir hücrelerini ve kan damarlarını içerir. H harfinin tam ortasında nöral tüpün boşluğunu oluşturan *canalis centralis* bulunur (Dursun, 2000). Canalis centralis'in içerisi beyin medulla spinalis sıvısı ile doludur (König ve diğerleri, 2020). Gri cevherin dış kısmını saran kısım beyaz cevher (*substantia alba*)'dir. Bu kısım fazla miktarda miyelin liflerini içerir (Dursun, 2000).

Medulla spinalis biçim ve çap bakımından belirli bölgelerde varyasyonlar gösterir. Kol ve bacaklara giden sinirlerin çıktığı her iki bölgede de çapı nispi olarak artar. Servikal genişleme (*intumescentia cervicalis*) servikal omurganın kaudal kısmını ve torasik omurganın başlangıç kısmını içerir ve torasik uzuvları innerve eden *brachial plexus*'u oluşturur (König ve diğerleri, 2020). Bu genişleme C6, C7 ve C8 segmentleri ile T1'in bir bölümünü içerir (Fletcher, 2013). Lumbal genişleme (*intumescentia lumbalis*), pelvis boşluğunu ve pelvis uzuvunu innerve eden sinirleri oluşturur (König ve diğerleri, 2020). Bu genişleme L5, L6 ve L7 ile S1'in bir bölümünü içerir (Fletcher, 2013). Bu bölgelerdeki genişlemeler medulla spinalis patolojisi olarak algılanmamalıdır (Seiler ve diğerleri, 2011).

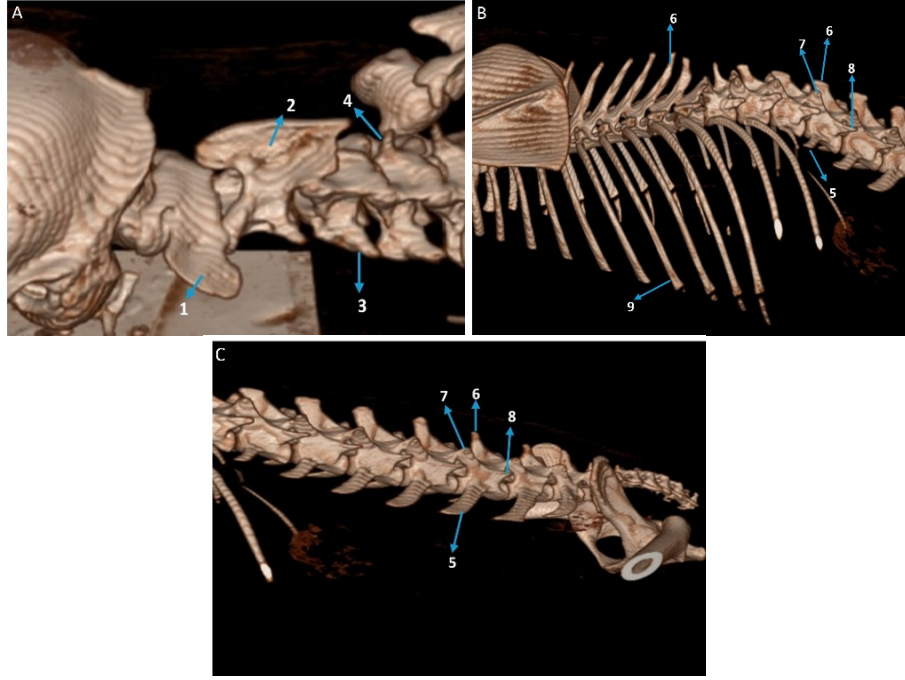
Fötüste, medulla spinalis ve kolumna vertebralis aynı uzunluğa sahiptir. Her bir spinal sinir, canalis vertebralis'i kendi orjinleri seviyesinde foramen intervertebrale yoluyla terk eder. Ancak gelişim esnasında kolumna vertebralisin uzunluğu medulla spinalisten daha fazla uzar ve medulla spinalisin kaudal ucu kolumna vertebralisin kaudal ucunun kranialinde kalır. Bu durumda spinal sinirler canalis vertebralis'i orjin yerlerinde terk etmek

yerine kendilerine uygun for. intervertebrale'den ayrılacak şekilde canalis vertebralisin içerisinde kaudale doğru ilerler (König ve diğerleri, 2020).

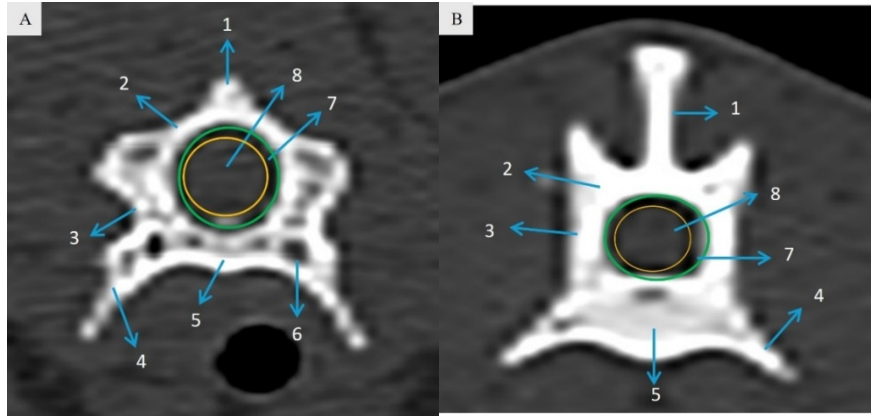
Medulla spinalis'in kaudal kısmı konik bir şekilde sonlanır ve bu kısım *conus medullaris* olarak adlandırılır. Sakral ve kaudal spinal kökler, ilgili for. intervertebrale'lerinden çıkmak için conus medullarisin arkasına kadar kaudal olarak devam ederler. Toplu olarak bu kökler bir atın kuyruğuna benzediği için *cauda equina* olarak adlandırılır. Bu sebeple medulla spinalisin L7 ve S1 arasındaki kompresyonu *cauda equina sendromu* olarak adlandırılır (Dursun, 2000; König ve diğerleri, 2020).

Medulla spinalis ve sinir kökleri meninks adı verilen üç koruyucu tabaka ile sarılıdır. *Dura mater* en dıştaki zar olup fibröz ve kalındır. Medulla spinalis'i çevreleyen bir silindir şeklindedir. Yanal uzantıları ile o ve diğer meningeal tabakalar sinir köklerini de sarar (Fletcher, 2013). Vertebraların canalis vertebralis'e bakan iç yüzlerini sıkıca örten periosteum'dan dar bir aralık ile ayrılır. Bu aralığa *cavum epidurale (epidural boşluk)* denilir (Dursun, 2000). Epidural boşluk yağ ve venöz sinüsleri içerir. İntervertebral disk boşluklarında ventral venöz sinüsler eşleşir ve her iki taraftan foramen intervertebrale'ler aracılığıyla çıkarlar. Arterler, medulla spinalis'in lateral, dorsal ve kranial olarak ventral yönleri boyunca seyreder (Seiler ve diğerleri, 2011). *Dura mater*'in altında yer alan damardan yoksun ikinci katman ise *arachnoid* zardır. Çok ince bir zardır. Arka tarafta *cauda equina*'yı çepeçevre sararak 2. Sakral omura kadar uzanır. *Dura mater* ile aralarındaki kapiller boşluğa *cavum subdurale (subdural boşluk)* denir (Dursun, 2000). Subdural boşluk postmortem olarak görülse de normalde miyeloŞekil çalışmalar esnasında kontrast verilmesi ile ancak ayırt edilebilir (Seiler ve diğerleri, 2011). *Piamater*, en derinde yer alan en vasküler zardır. Arachnoid zar ile piamater arasında, içinde serebrospinal sıvının yer aldığı *cavum subarachnoidale (subarachnoid boşluk)* adı verilen boşluk yer alır (Fletcher, 2013). Subarachnoid boşluk aynı zamanda miyelografi için kontrast maddenin verildiği aralıktır (Singh, 2018).

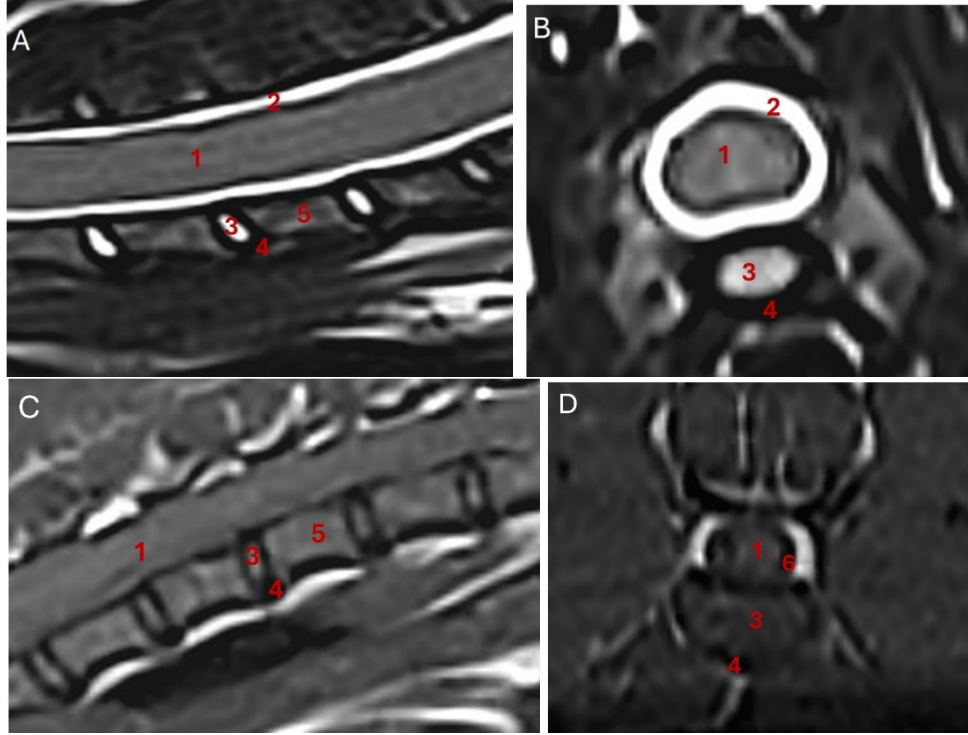
Medulla spinalis yaklaşık olarak L5 seviyesinde sonlanır, ancak hayvanın vücut ağırlığına göre değişiklik gösterebilir (Seiler ve diğerleri, 2011).



Resim 21. Kedi 3D BT’de anatomik yapılar. A) servikal, B) Torakal, C) lumbal bölge vertebralarında önemli anatomik yapılar. 1. C1 (atlas) proc. transversum, 2. C2 (aksis) pro. spinosus, 3. C3 proc. transversum, 4. C4 proc. spinosus, 5. L2/L6 proc. transversum, 6. T9/L2/L6 proc. spinosus, 7. L2/L6 proc. articularis kranialis, 8. L2/L6 proc. accesorius, 9. yedinci kosta, 10. T11 (antiklinikal vertebrae) (Olgu 6).



Resim 22. BT transversal kesit görüntüsünde servikal (A) ve lumbal (B) vertebrada anatomik yapılar. 1. Proc. spinosus, 2. Lamina, 3. Pedikül, 4. Proc. transversum, 5. Corpus vertebra, 6. For. transversum, 7. Canalis vertebralis, 8. Medulla spinalis (Olgu 4).



Resim 23. MR görüntüleme, T2 ağırlıklı sagittal (A), transversal (B) ve T1 ağırlıklı sagittal (C) ve transversal (D) kesitte önemli anatomik yapılar; 1. medulla spinalis, 2. subarachnoid boşluktaki BOS ve epidural yağ (hiperintens), 3. nükleus pulposus, 4. annulus fibrosus, 5. corpus vertebra, 6. subarachnoid boşluk (hipointens) (Olgu 5).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Gereç

3.1.1. Çalışmanın Hayvan Materyali

Araştırma materyalini Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Cerrahi Anabilim Dalı Kliniği ile yakın çevremizdeki veteriner kliniklerine farklı şikayetlerle getirilen, kolumna vertebralis ve medulla spinalis bölgesine ilişkin herhangi bir sağlık problemi bulunmayan, 1-5 yaş aralığında ve ortalama $4,22 \pm 0,96$ kg vücut ağırlığına sahip biri British Shorthair, diğer 9'u melez olmak üzere toplam 10 kedi oluşturmuştur (Tablo 1).

Bu çalışma, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu (AYDIN ADÜ-HADYEK)'nin 09/07/2020 tarih ve 64583101/2020/103 sayılı onayı ile gerçekleştirilmiştir.

3.1.2. Cihazlar

Tomografi çekimleri, 128 kesitli Somatom Go Top model bilgisayarlı tomografi (SIEMENS Healthineers Company, Erlangen, Germany) cihazında, MR çekimleri 1.5 Tesla özelliğine sahip Magnetom Altea manyetik rezonans (Siemens Healthineers Company, Forchheim, Germany) cihazında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada yer alan kedilere ait bilgiler.

Hayvan No	İrki	Yaşı	Vücut Ağırlığı	Cinsiyeti	Kısır/ Kısır değil
1	Melez	2 yıl 5 ay	4 kg	Erkek	Kısır
2	Melez	1 yıl	3,6 kg	Erkek	Kısır değil
3	Melez	1 yıl 5 ay	2,8 kg	Dişi	Kısır
4	British Shorthair	4 yıl 5 ay	6 kg	Dişi	Kısır
5	Melez	2 yıl 5 ay	4,5 kg	Dişi	Kısır
6	Melez	3 yıl	4,2 kg	Erkek	Kısır
7	Melez	3 yıl	5,8 kg	Erkek	Kısır
8	Melez	3 yıl	5,5 kg	Erkek	Kısır
9	Melez	1 yıl 5 ay	5,5 kg	Dişi	Kısır
10	Melez	2 yıl	4,5 kg	Dişi	Kısır

3.2. Yöntem

3.2.1. Bilgisayarlı Tomografi ile Görüntülerin Elde Edilmesi

BT çekimi öncesi anestezi verilebilmesi için kedilerin önce vücut ağırlıkları ölçüldü ve sonrasında her bir kedide v.cephalica antebrachii'ye periferik intravenöz katater uygulandı.

Kediler çekimden 12 saat önce aç bırakıldı. Sedasyon amacıyla her bir kediye intramusküler (im) yolla medetomidin hidroklorür (80 µg/kg; 0,08 ml/kg) (Domitor® 10 ml, Orion Pharma, Zoetis, Finland) enjekte edildi. Bu uygulamanın ardından 15 dakika geçtikten sonra, genel anestezi sağlamak için intramusküler yolla ketamin hidroklorür (5-7,5 mg/kg; Alfamine %10 10 ml, Alfasan, Hollanda) uygulandı. Tomografi çekimi için kediler anestezi altında sternal pozisyonda yatırıldı, on ayaklar öne doğru çekildi ve kafanın her iki yanında simetrik olacak şekilde konumlandırıldı. Kolumna vertebralisin simetrik konumda olmasına dikkat edildi (Resim 24).



Resim 24. BT muayenesi için kedilerin sternal olarak pozisyonlandırılması.

Tablo 2. BT çekiminde kullanılan protokol.

Gantriye Konumlandırma	Sternal Yatış Pozisyonu
Seri	Kontrastsız kemik doku penceresi
Tarama alanı	Servikal birinci vertebradan (C1) sakruma kadar tüm kolumna vertebralis
Tarama yönü	Kranialden kaudale
Voltaj (Kv)	120
Rotasyon zamanı (S)	0,33
X-Ray Tube Current (Ma)	60
Exposure (Mas)	350
Pitch factor (Ratio)	0,70
Kesit kalınlığı	0,5 - 2 mm

Tomografi çekimlerinde literatürlerde belirtilen veriler çerçevesinde çekim protokolü oluşturuldu (Tablo 2). Tüm kedilerin BT görüntüleri aynı protokol ile çekildi.

Tomografi çekimi sonrası elde edilen transversal görüntülerden rekonstrüksiyon yapılarak (Resim 25) transversal ve sagittal kesit görüntüler oluşturuldu.



Resim 25. BT çekimlerinin gerçekleştirilmesi.

3.2.1.1. Kedilerin Kolumna Vertebralis Bölgesinin BT Görüntülerinin İncelenmesi

Alınan tüm görüntüler Sectra IDS7 programı ile incelendi ve ölçümleri alındı.

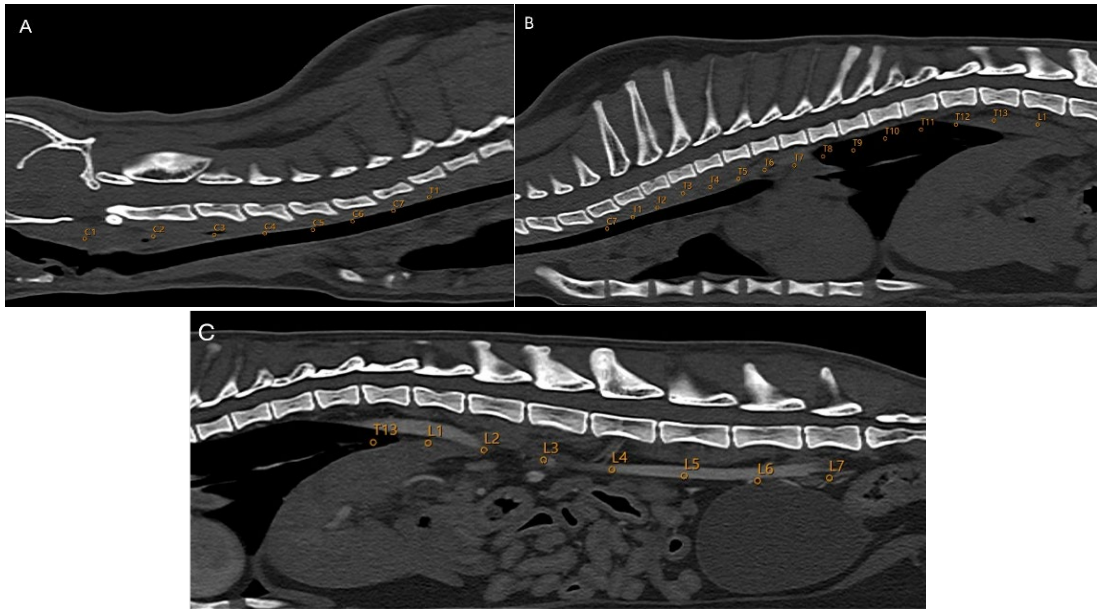
Kolumna vertebralisin değerlendirilmesi amacıyla, kemik doku penceresinde kontrastsız sagittal ve transversal kesit görüntüleri incelendi. Ölçümlerin standart bir protokol doğrultusunda gerçekleştirilmesi için, sagittal kesitlerde kolumna vertebralis servikal, torakal ve lumbal olmak üzere üç ayrı bölüme ayrılarak değerlendirildi.

Sagittal kesitlerde, servikal, torakal ve lumbal bölgelerde her vertebrada corpus vertebra uzunluğu (Vallefuoco ve diğerleri, 2013), komşu intervertebral disk yüksekliği (Kot ve diğerleri, 2021) ve intervertebral disk genişliği (Kot ve diğerleri, 2021; Roels ve diğerleri, 2022) belirlendi (Tablo 3).

Tablo 3. BT, kolumna vertebralis sagittal kesit ölçüm parametreleri.

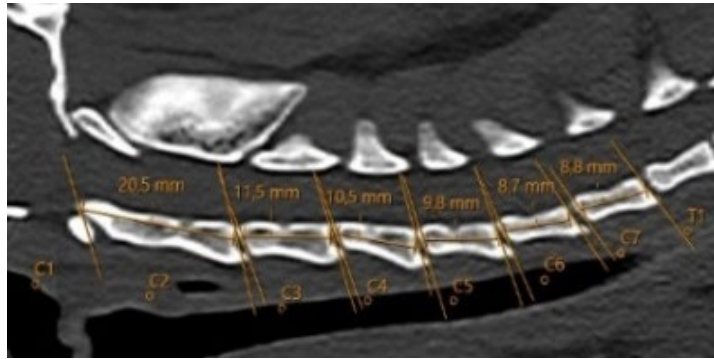
Corpus vertebra uzunluğu	(CVU)	Corpus vertebra'nın kranial orta noktasından kaudal orta noktası arası uzunluk
İntervertebral aralık yüksekliği	(IVAY)	Her disk seviyesinde, corpus vertebra'nın son plaklarının dorsal ve ventral uç noktaları arasındaki mesafe
İntervertebral aralık genişliği	(IVAG)	Ardışık vertebra'lar arasında, corpus vertebra'nın kaudal orta noktası ile diğerinin kranial orta noktası arasındaki mesafe

Ölçümler alınmadan önce, vertebra'lar üzerinde kenar belirginliğini arttırmak ve anatomik yapıların daha net değerlendirilmesini sağlamak amacıyla Sectra IDS7 programında kenar keskinleştirme işlemi uygulandı ve ölçüm öncesi her bir bölgede vertebra numaraları belirlendi (Resim 25).

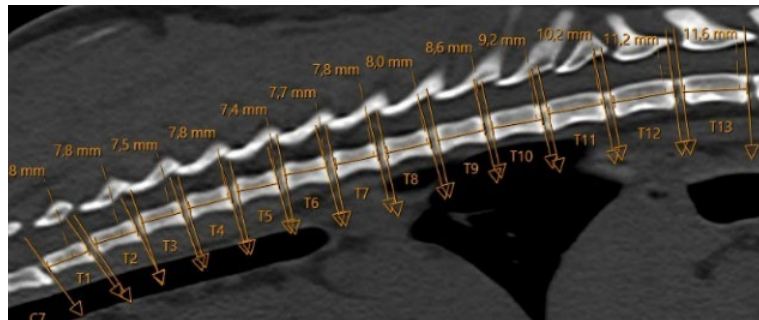


Resim 26. BT'de kolumna vertebralis'in sagittal kesitte bölümlendirilmesi. A) servikal, B) torakal, C) lumbal (Olgu 5).

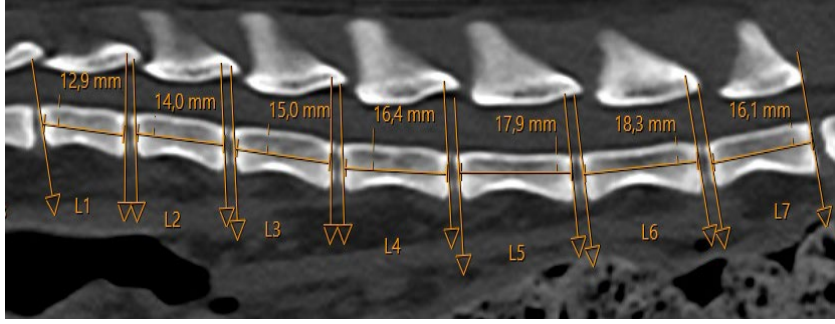
Sagittal kesitlerde corpus vertebra uzunlukları değerlendirilirken, corpus vertebra'nın kranial ve kaudal son plakaları (endplate'leri) referans noktaları olarak belirlendi. Standart ve doğru ölçüm sağlamak için rehber çizgiler, medulla spinalise dik olacak şekilde her vertebra'nın kranial ve kaudal uç noktalarından indirildi. Bu rehber çizgiler yardımıyla, vertebra'nın ön ve arka sınırları arasındaki en uzun mesafe corpus vertebra uzunluğu (CVU) olarak ölçüldü (Sharma ve diğerleri 2013; Vallefucoco ve diğerleri, 2013). Servikal vertebralarda, C1 (atlas)'in kendine has anatomik yapısı nedeniyle corpus vertebra uzunluğu bu omurda alınmadı (Seo ve diğerleri, 2014). Servikal bölgede C2-C7 vertebraları arasında (Resim 27), torakal bölgede T1-T13 vertebraları arasında (Resim 28) ve lumbal bölgede L1-L7 vertebraları arasında alındı (Resim 29). C2'nin (axis), corpus vertebra uzunluğu alınırken vertebra'nın kranialindeki en uç nokta kılavuz çizginin başlangıcını oluşturdu (Resim 30 (A)). Belirtilen protokolde bu ölçümler her bir kedi için ayrı ayrı alındı. Sagittal kesitlerde, bölge bölge bakıldığında her zaman tüm vertebralar aynı görüntü kesitinde düzgün bir şekilde görülmediği için, görüntüde ileri geri gidilerek corpus vertebraların en iyi olduğu görüntü seçilerek ölçümler alındı (Resim 30).



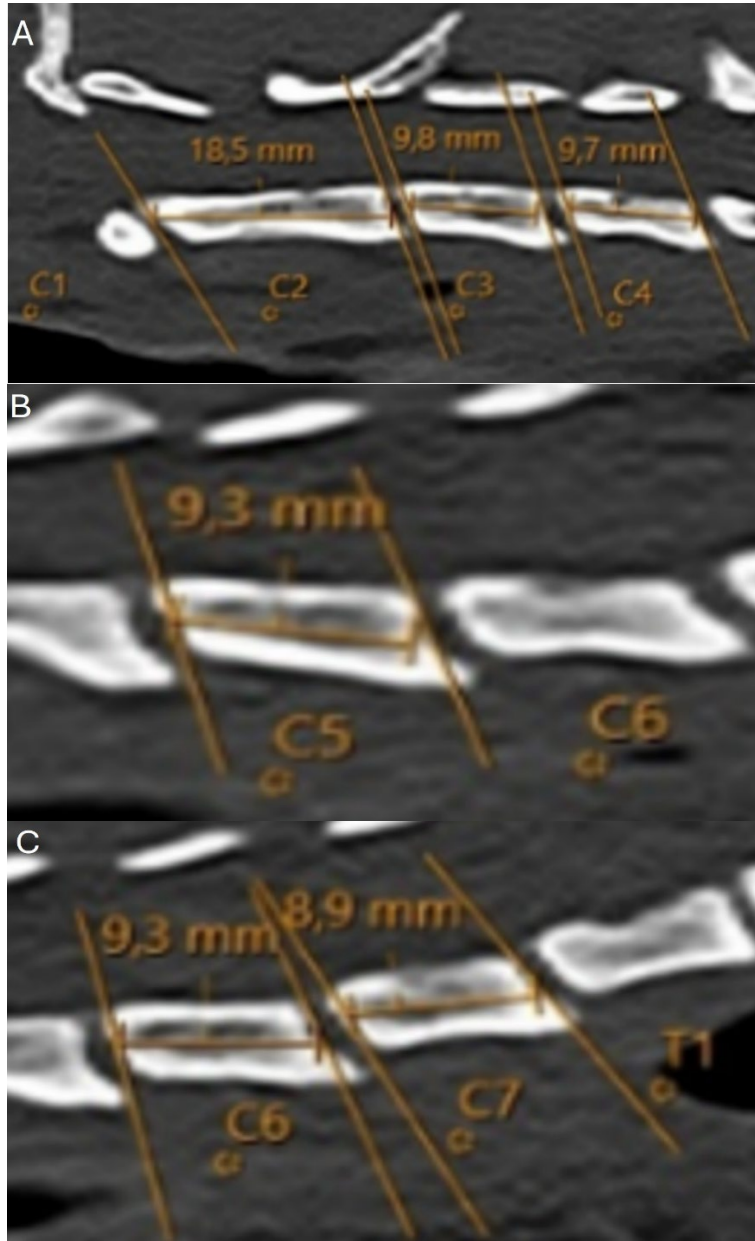
Resim 27. Sagittal BT görüntü kesitinde, C2-C7 arası corpus vertebra uzunlukları (Olgu 6).



Resim 28. Sagittal BT görüntü kesitinde, T1-T13 arası corpus vertebra uzunlukları (Olgu 1).

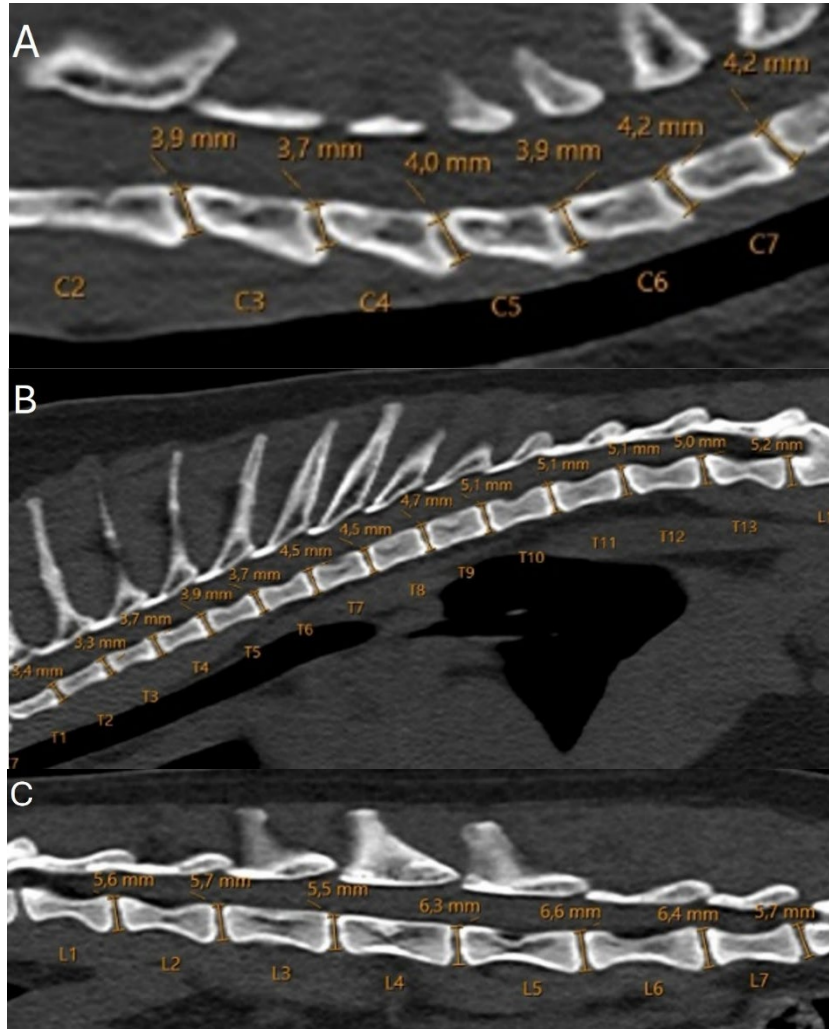


Resim 29. Sagittal BT görüntü kesitinde, L1-L7 arası corpus vertebra uzunlukları (Olgu 1).

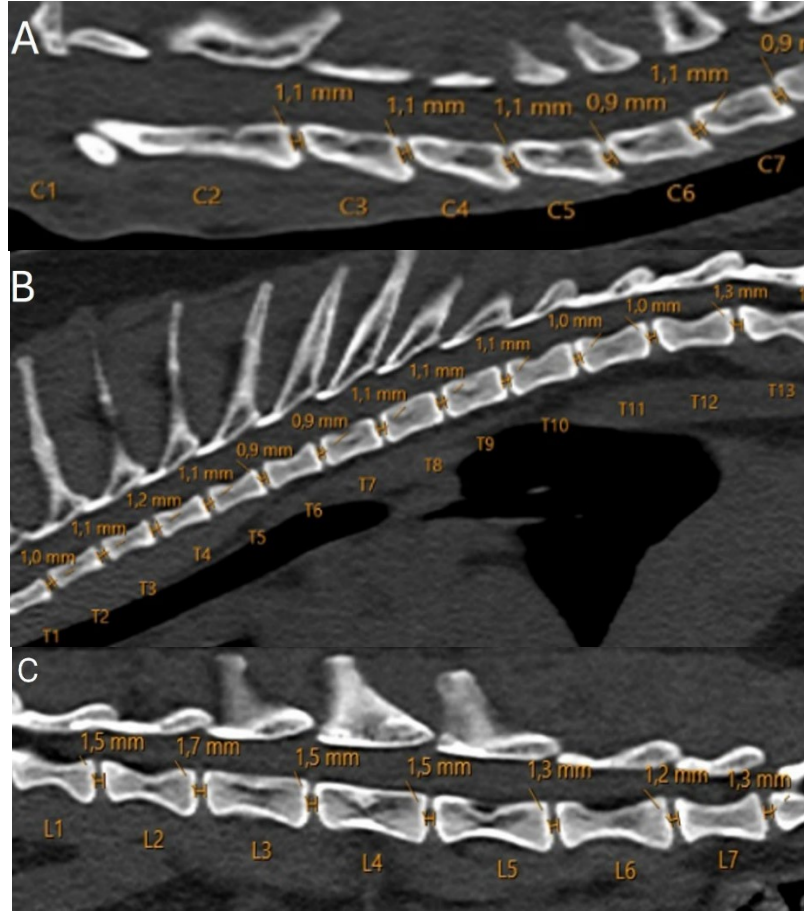


Resim 30. Sagittal servikal BT görüntü serisinde corpus vertebra uzunlukları A) C2-C4 arası, B) C5, C) C6-C7 arası (Olgu 7).

İntervertebral disk yükseklikleri ve intervertebral disk genişlikleri her iki komşu vertebralar arasında yapıldı. Her disk seviyesi için, corpus vertebranın üst (superior) ve alt (inferior) son plakaları arasındaki dik mesafe intervertebral aralık yüksekliği (IVAY) olarak belirlendi (Resim 31), (Kot ve diğerleri, 2021; Knell ve diğerleri, 2021). Ardışık corpus vertebralar arasında, bir vertebranın kaudal orta noktası ile diğer vertebranın kranial orta noktası arasındaki en geniş mesafe intervertebral aralık genişliği (IVAG) olarak belirlendi (Resim 32) (Kot ve diğerleri, 2021; Roels ve diğerleri 2022). Ancak hem C1'in kendine has anatomi yapısı hem de C1-C2 arası bölge anatomisinin her kerede net görünmemesi nedeni ile bu aralıktan IVAY ve IVAG ölçümleri alınmadı (Seo ve diğerleri, 2014).



Resim 31. Sagittal BT görüntü serisinde, A) servikal C2-T1, B) torakal T1-L1, C) lumbal L1-S1 intervertebral aralık yükseklikleri (Olgu 4).



Resim 32. Sagittal BT görüntü serisinde, A) servikal C2-T1, B) torakal T1-L1, C) lumbal L1-S1 intervertebral aralık genişlikleri (Olgu 4).

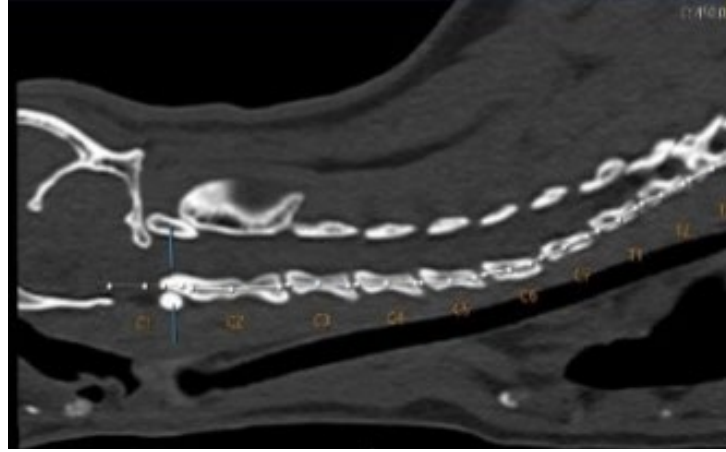
Transversal kesitlerde, sagittal kesitlerde olduğu gibi kolumna vertebralis servikal, torakal ve lumbal olmak üzere üç bölüme ayrılarak canalis vertebralis yüksekliği ve genişliği, medulla spinalis yüksekliği ve genişliği, corpus vertebra yüksekliği ve genişliği, pedikül genişliği, pedikül uzunluğu, transversal pedikül açısı ve for. transversarium'un sagittal ve transversal genişlik ölçümleri alındı (Tablo 4).

Transversal kesit görüntülerinde, servikal, torakal ve lumbal bölgelerde yapılan ölçümler benzerlikler gösterse de for. transversarium yalnızca servikal vertebralarda bulunduğundan (C7 hariç), torakal ve lumbal kesitlerde bu yapıya yönelik ölçümler alınmadı. Ayrıca, servikal vertebralarda C7 seviyesinde for. transversarium bulunmadığı için, for. transversarium ölçümleri yalnızca C1-C6 vertebraları arasında gerçekleştirildi.

Tablo 4. BT, kolumna vertebralis transversal kesit ölçüm parametreleri.

Canalis vertebralis yüksekliği	CvY	Canalis vertebralisin dorsal orta noktası ile ventral orta noktası arası mesafe
Canalis vertebralis genişliği	CvG	Bir pedikülün iç kortikal kenarından karşı taraftaki pedikülün iç kortikal kenarına olan mesafe
Medulla spinalis yüksekliği	MsY	Vertebral gövde seviyesinde, medulla spinalisin dorsal sınırından ventral sınırına olan dorsoventral mesafe
Medulla spinalis genişliği	MsG	Vertebral gövde seviyesinde, medulla spinalisin latero-lateral mesafesi
Corpus vertebra yüksekliği	CVY	Canalis vertebralisin orta ventral noktasından corpus vertebranın orta ventral noktası arası mesafe
Corpus vertebra genişliği	CVG	Corpus vertebranın lateral sınırları arasındaki mesafe
Transversal pedikül genişliği	TPG	Pedikülün en dar bölgesinde, medial ve lateral dış korteksler arasındaki mesafe
Pedikül uzunluğu	PU	Dorsal pedikül korteksi ile canalis vertebralisin ventral sınırından teğet geçen iki çizgi arasındaki
Transversal pedikül açısı	TPA	Pedikülün uzun eksenine ile corpus vertebranın uzun eksenine arasındaki açı
Vertebra yüksekliği	VY	Proc. spinosusun ventral sınırı ile corpus vertebranın ventral sınırı arasındaki transversal eksene dik gelen uzunluk
For. transversarium sagittal genişliği	FTSG	Transversal düzlemde for. transversariumda dorso-ventral mesafe (C1-C6 arası)
For. transversarium transversal genişliği	FTTG	Transversal düzlemde for. transversariumda medio-lateral mesafe (C1-C6 arası)

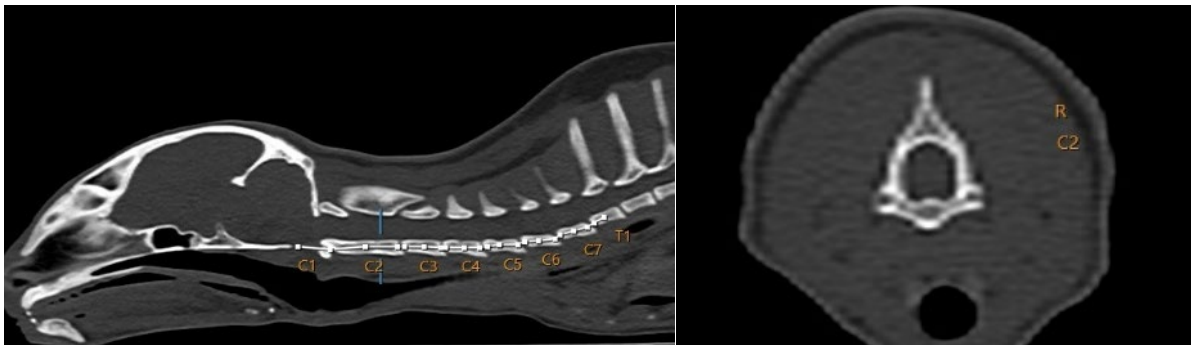
Transversal kesitlerde ölçüm yapılacak bölge seçildikten sonra vertebra lar üzerinde kenar belirginliğini arttırmak ve anatomik yapıların daha net değerlendirilmesini sağlamak amacıyla Sectra IDS7 programında kenar keskinleştirme işlemi uygulandı ve ölçüm öncesi her bir bölgede vertebra numaraları belirlendi. Transversal kesitleri değerlendirirken özellikle kolumna vertebralis, medulla spinalis ve intervertebral disklerin kompleks anatomik ilişkilerini daha iyi görselleştirmek, daha kapsamlı ve güvenilir morfometrik ölçümler alabilmek amacıyla Sectra IDS7 programında Çapraz Eğri MPR (Multiplanar Reformat) tekniğinden yararlanıldı (Resim 33).



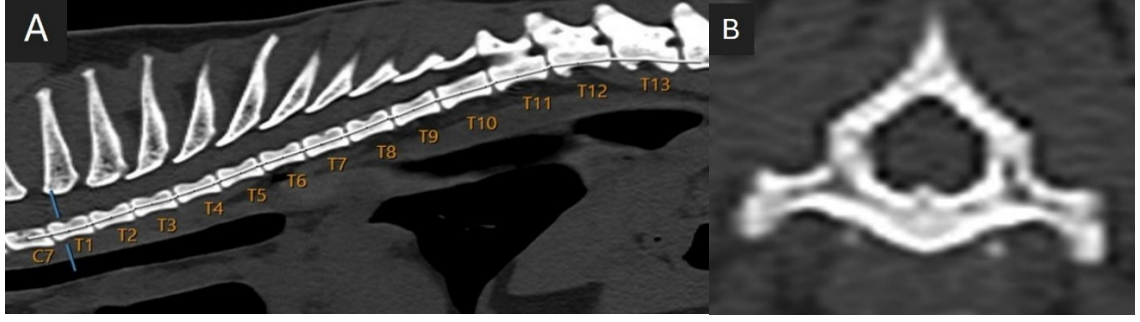
Resim 33. C1 servikal vertebranın ölçümü için “çapraz eğri MPR” oluşturulması. Mavi renkteki çizgiler Çapraz Eğri MPR’ın lokalizatörüdür (Olgu 1).

Tüm olgularda, servikal vertebralarda tüm transversal ölçümler, for. transversumların en net görüldüğü kesit düzeylerinde alındı. C1 ölçümleri için, dens ve for. transversumların, C2-C6 arası için ise for. transversumların en net görüldüğü nokta belirlenerek ölçümler alındı (Resim 34). Torakal ve lumbal vertebralardan alınan tüm transversal ölçümler, vertebranın en net şekilde görüldüğü kesitten gerçekleştirildi (Resim 35, Resim 36).

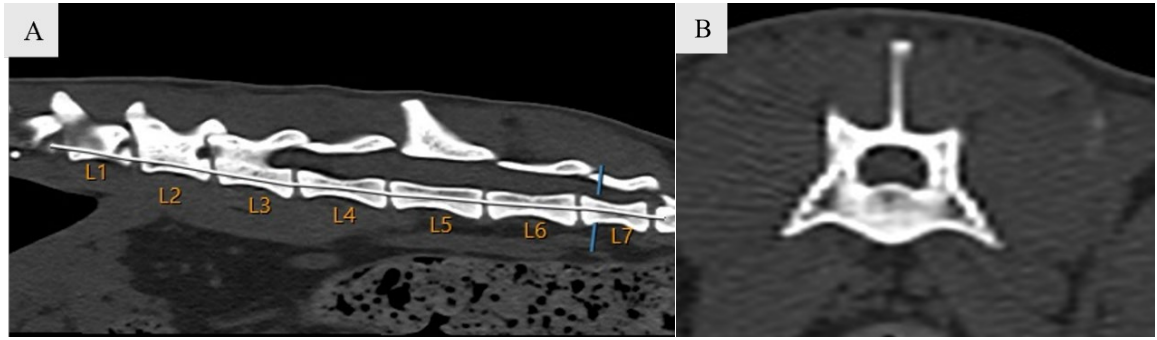
Servikal vertebralarda, canalis vertebralis yüksekliği (CvY) ve canalis vertebralis genişliği (CvG) ölçümleri, C1 seviyesinde dens ve for. transversumların en iyi görüldüğü noktadan alındı. C2-C6 arasında ise for. transversumların en net görüldüğü ve genellikle her bir corpus vertebranın kaudaline doğru olan kesit düzeylerinde alındı (Resim 37).



Resim 34. Transversal BT görüntüde servikal bölgede A) Sagittal kesitte Çapraz Eğri MPR ile seçilen ölçüm noktası, B) Seçilen ölçüm noktasındaki transversal kesit.

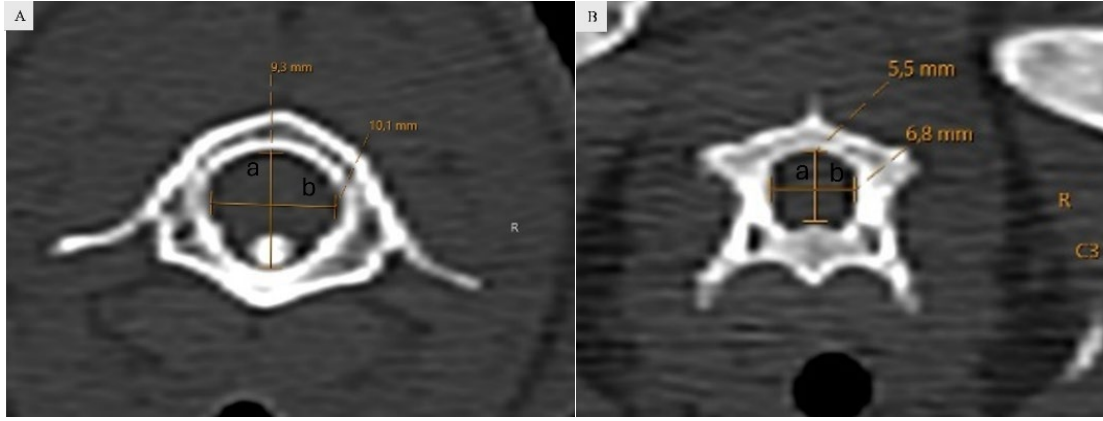


Resim 35. Transversal BT görüntüde torakal bölgede A) Sagittal kesitte Çapraz Eğri MPR ile seçilen ölçüm noktası, B) Seçilen ölçüm noktasındaki transversal kesit.

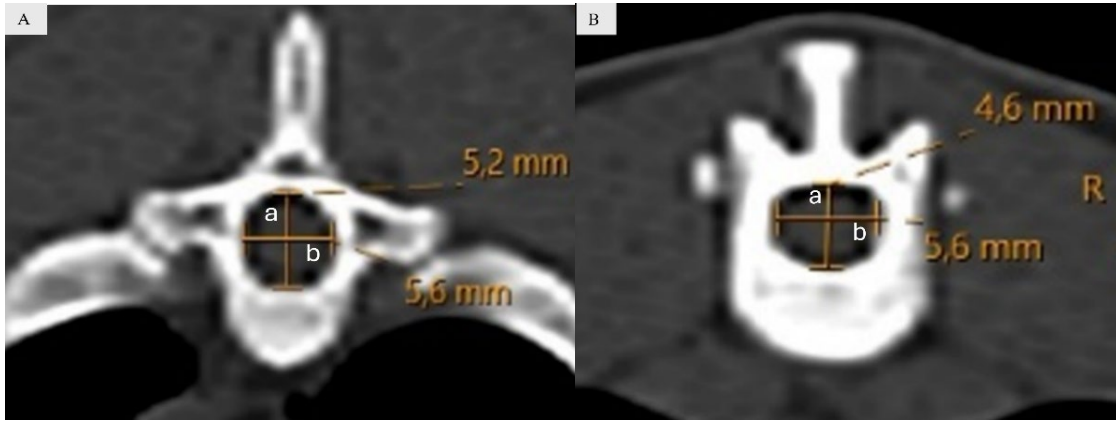


Resim 36. Transversal BT görüntüde lumbal bölgede A) Sagittal kesitte çapraz eğri MPR ile seçilen ölçüm noktası, B) Seçilen ölçüm noktasındaki transversal kesit.

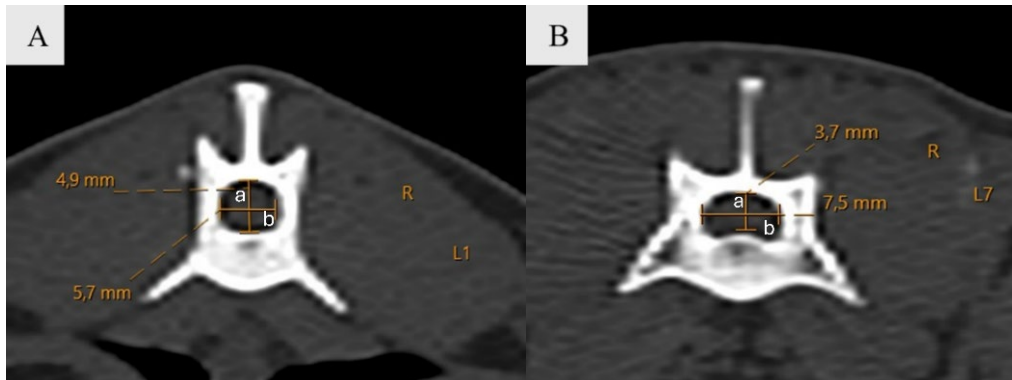
Transversal kesit, corpus vertebranın proc. spinosus'unun tabanından corpus vertebranın dorsal korteksine olan uzunluk CvY olarak ölçüldü (Resim 37 (a), Resim 38 (a), Resim 39 (a)). Corpus vertebranın bir pedikülünün iç kortikal kenarından karşı taraftaki pedikülün iç kortikal kenarına kadar olan uzunluk ise CvG olarak ölçüldü (Resim 37 (b), Resim 38 (b), Resim 39 (b)) (Griffith ve diğerleri, 2016; Lim ve diğerleri, 2018; Mageed ve diğerleri; 2013 Seo ve diğerleri 2014).



Resim 37. BT transversal kesit; A) C1, B) C3; canalis vertebralis yüksekliği (a), canalis vertebralis genişliği (b) (Olgu 1 ve Olgu 5).

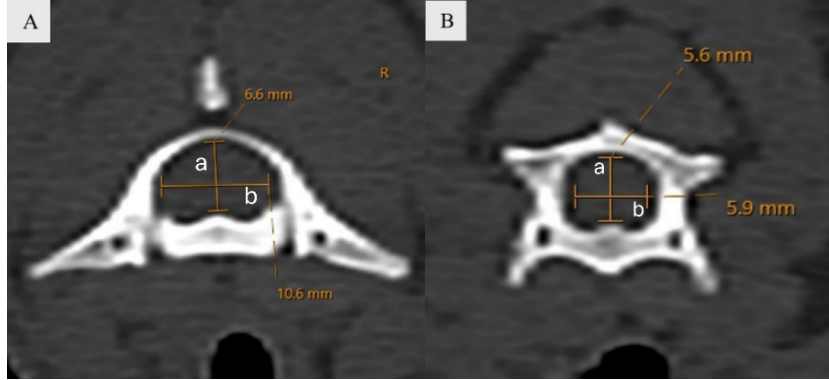


Resim 38. BT transversal kesit, A) T6, B) T13; canalis vertebralis yüksekliği (a), canalis vertebralis genişliği (b) (Olgu 5).

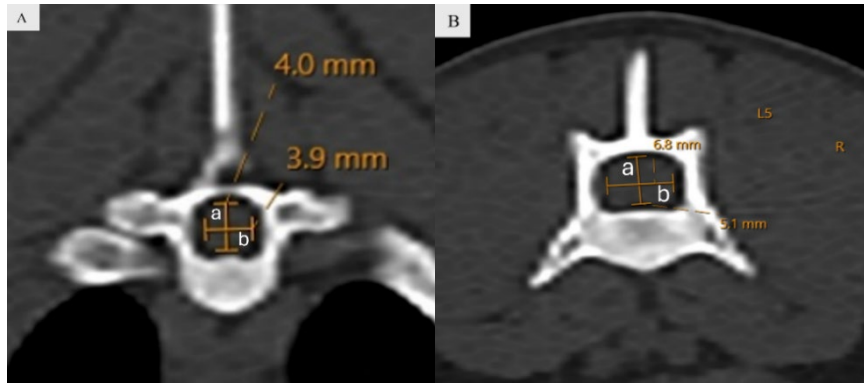


Resim 39. BT transversal kesit, A) L1, B) L7; canalis vertebralis yüksekliği (a), canalis vertebralis genişliği (b) (Olgu 5).

Transversal kesitlerde, vertebral gövde seviyesinde, medulla spinalisin dorsoventral eksenini medulla spinalis yüksekliği (MsY) (Resim 40 (a), Resim 41 (a)), medulla spinalisin laterolateral eksenini medulla spinalis genişliği (MsG) (Resim 40 (b), Resim 41 (b)) olarak ölçüldü (Lim ve diğerleri, 2018; Mageed ve diğerleri, 2013; Seo ve diğerleri 2014; Sotome ve diğerleri, 2022).

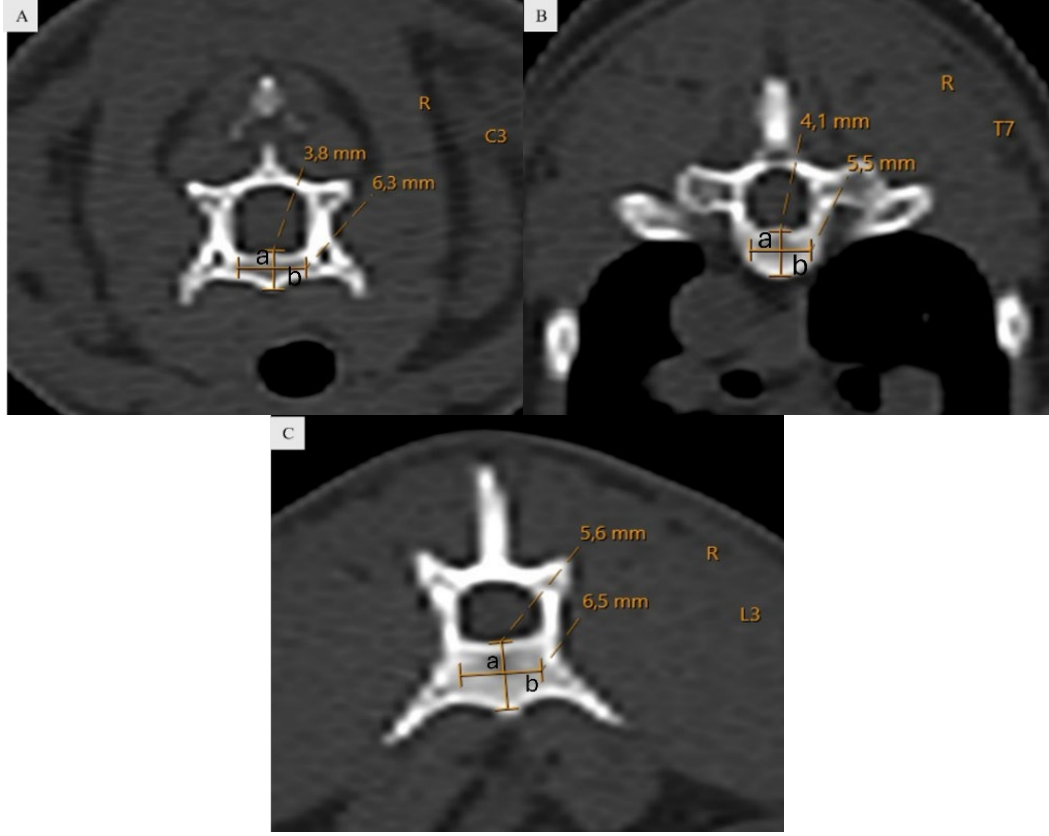


Resim 40. BT transversal kesit, A) C1, B) C3; medulla spinalis yüksekliği (a), medulla spinalis genişliği (b) (Olgu 8).



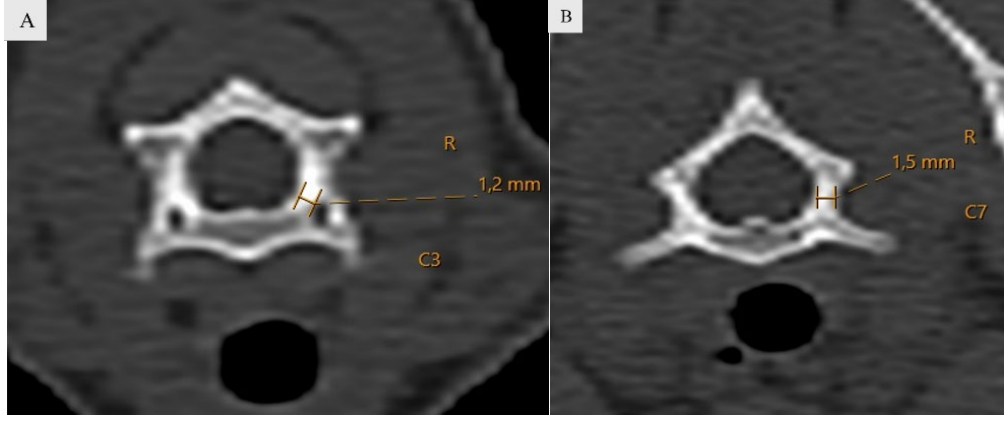
Resim 41. BT transversal kesit, A) T5, B) L5; medulla spinalis yüksekliği (a), medulla spinalis genişliği (b) (Olgu 8).

Transversal kesitlerde, canalis vertebralisin orta ventral noktası ile corpus vertebranın orta ventral noktası arasındaki mesafe, corpus vertebra yüksekliği (CVY)(Resim 42 (a)), corpus vertebranın lateral sınırları arasındaki mesafe corpus vertebra genişliği (CVG) olarak ölçüldü (Resim 42 (b)) (Mageed ve diğerleri 2013; Vallefucio ve diğerleri 2013).

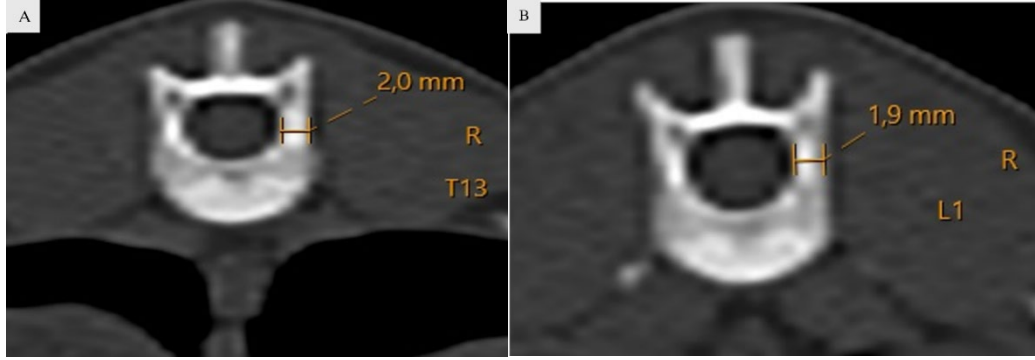


Resim 42. BT transversal kesit, A) C3, B) T7, C) L3 corpus vertebra yüksekliği (a), corpus vertebra genişliği (b), (Olgu 6).

Transversal kesitlerde, servikal bölgede transversal pedikül genişliği, pedikül uzunluğu ve transversal pedikül açısı C2-C7 arasında ölçüldü. Torakal ve lumbal bölgelerde standart şekilde tüm vertebralardan ölçüm alındı. Servikal, torakal ve lumbal bölgelerde, pedikülün en dar bölgesinde medial ve lateral dış korteksler arası uzunluk transversal pedikül genişliği (TPG) olarak tanımlandı (Resim 43, Resim 44) (Abuzayed ve diğerleri, 2010; Alsaleh ve diğerleri, 2021; Demiroz ve Erdem, 2019; Ketenci ve diğerleri, 2018; Korkmaz ve Özevren, 2021; Kwon ve diğerleri, 2022; Mageed ve diğerleri, 2013; Morita, ve diğerleri, 2021).

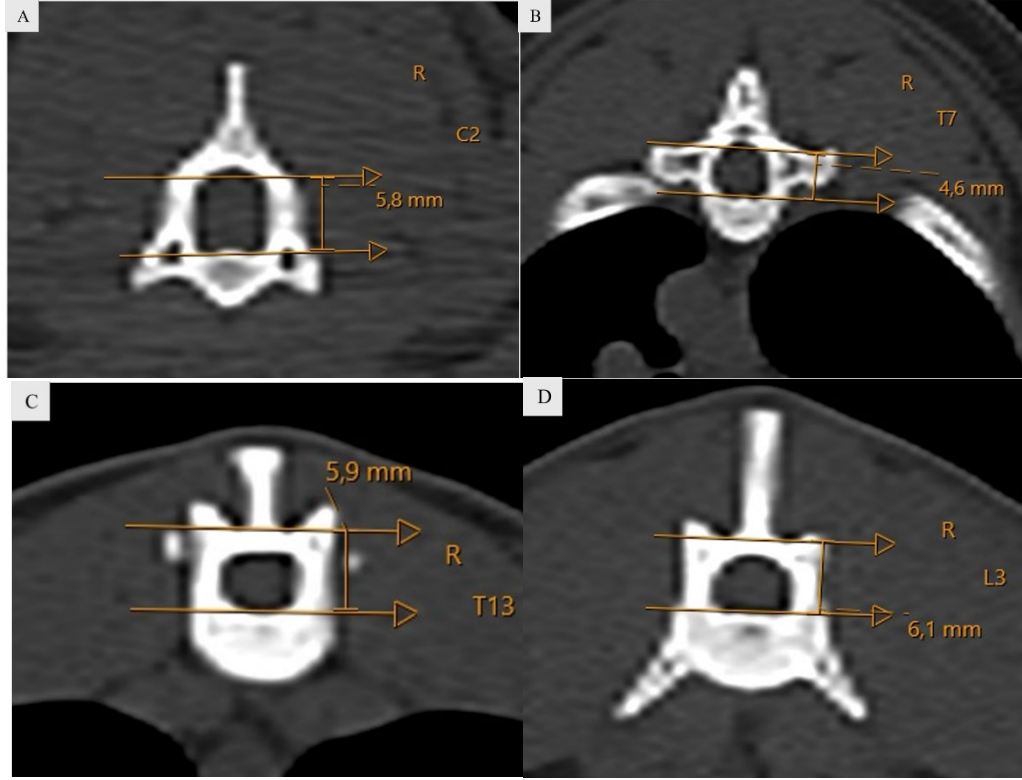


Resim 43. BT transversal kesit, A) C3, B) C7 transversal pedikül genişliği (Olgu 2).



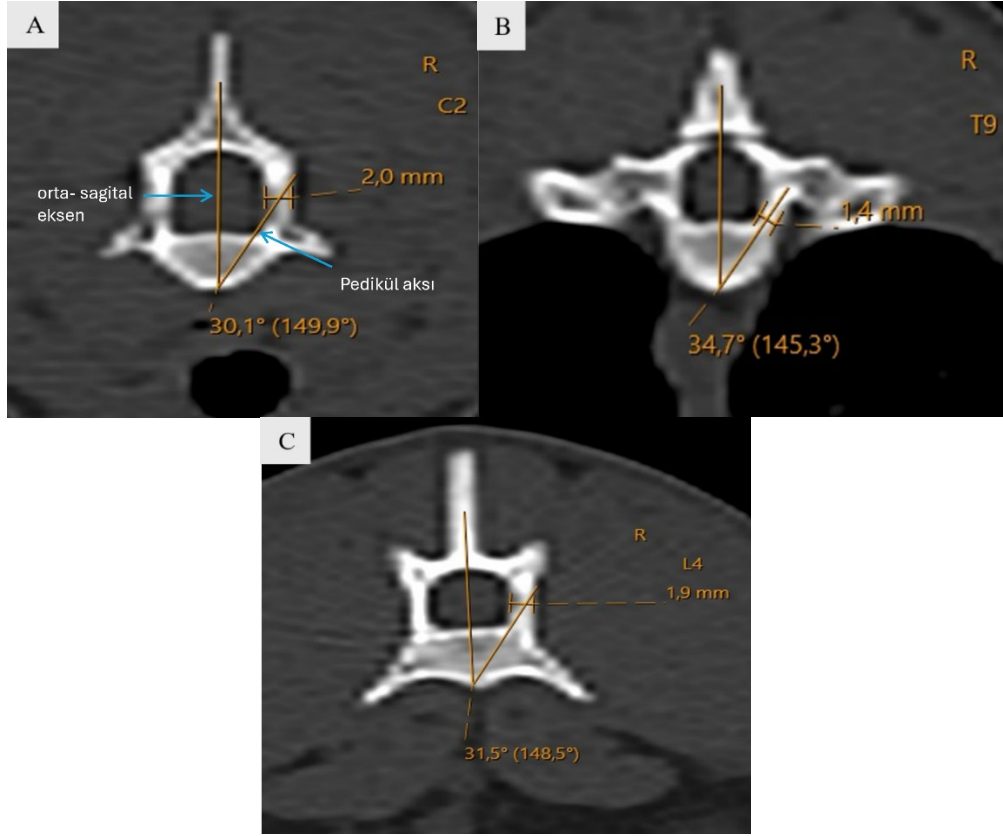
Resim 44. BT transversal kesit, A) T1, B) L1 transversal pedikül genişliği (Olgu 2).

Transversal kesitlerde pedikül uzunluğunun standart ve doğru ölçümünü sağlamak amacıyla rehber çizgiler kullanıldı. Bu doğrultuda, ölçüm sırasında dorsalde pedikül korteksinden, ventralde ise canalis vertebralisin ventral sınırından geçen iki teğet çizgi belirlendi. Bu iki teğet çizgi arasındaki mesafe pedikül uzunluğu (PU) olarak ölçüldü (Resim 45) (Abuzayed ve diğerleri, 2010; Liao ve diğerleri, 2006; Mageed ve diğerleri, 2013; Roels ve diğerleri, 2022).



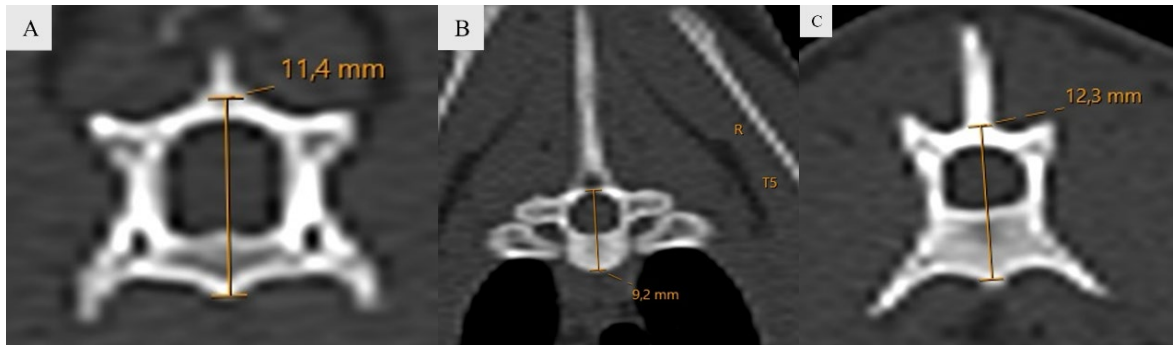
Resim 45. BT transversal kesit, A) C2, B) T7, C) T13, D) L3 pedikül uzunluğu (Olgu 5).

Transversal kesitlerde, transversal pedikül açısını belirlemek için öncelikle orta-sagittal eksen ve pedikül genişliğinin orta noktası belirlendi. Orta-sagittal eksen, proc. spinosus'un ortasından geçerek korpus vertebranın ventral sınırında sonlanan bir çizgi olarak tanımlandı. Pedikülün en dar kısmının dik açısı ortayı pedikül aksı olarak tanımlandı. Bu orta-sagittal eksen ile pedikül aksı arasında oluşan açı transversal pedikül açısı (TPA) olarak ölçüldü (Resim 46) (Cachon ve diğerleri, 2019; Ketenci ve diğerleri, 2018; Liau ve diğerleri, 2006; Mageed ve diğerleri, 2013; Morita ve diğerleri, 2021).



Resim 46. BT transversal kesit, A) C2, B) T9, C) L4 transversal pedikül açısı (Olgu 6).

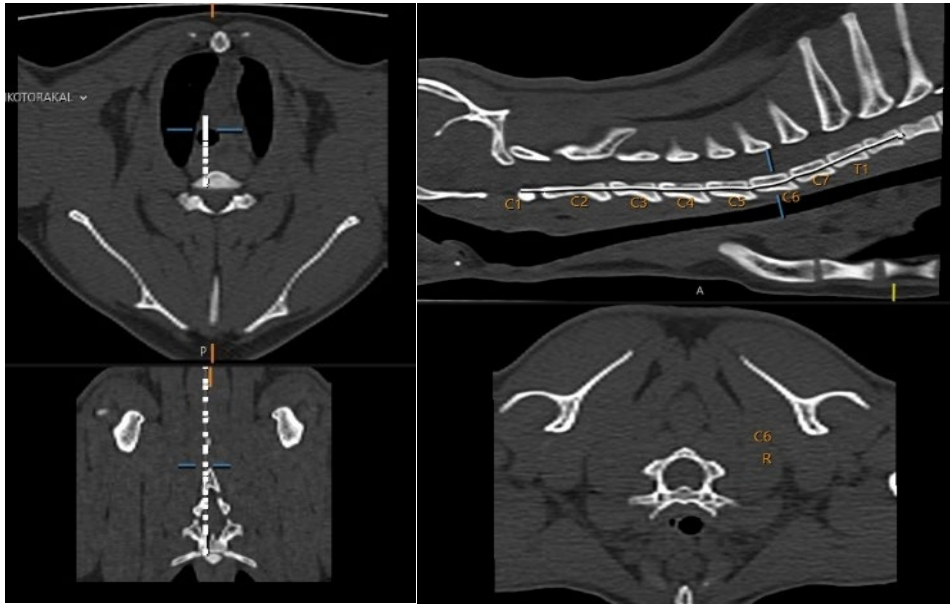
Vertebranın proc. spinosus'unun ventral sınırı ile corpus vertebrae'nin ventral sınırı arasındaki transversal eksene dik gelen uzunluk vertebra yüksekliği (VY) olarak ölçüldü (Resim 47) (Ketenci ve diğerleri, 2018; Korkmaz ve Özevren, 2021).



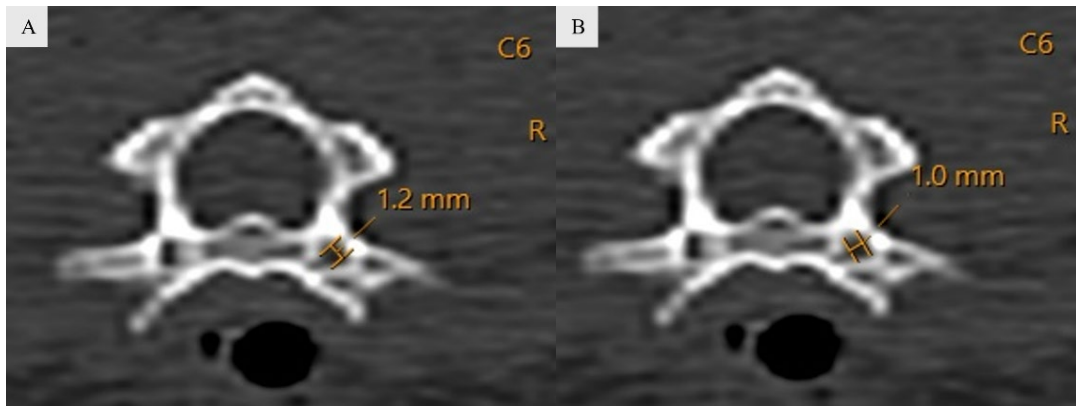
Resim 47. BT transversal kesit, A) C3, B) T5, C) L4 vertebra yüksekliği (Olgu 5).

Transversal kesitlerde servikal bölgedeki foramen transversarium ölçümleri, çapraz eğri MPR ile elde edilen görüntülerde for. transversariumların en net görüldüğü corpus

vertebranın kaudal kısmına denk gelen en uygun noktalardan alındı (Resim 48). Her bir olgunun sağ tarafındaki for. transversariumdan ölçüm alınmaya çalışıldı ancak bazı kesitlerin net olamaması nedeni ile iki olguda sol for. transversariumdan ölçüm yapıldı. Tüm ölçümler C1-C6 arasında yapıldı. For. transversariumda dorso-ventral mesafe for. transversarium sagittal genişliği (FTSG) (Resim 49 (A)), medio-lateral mesafe ise for. transversarium transversal genişliği (FTTG) (Resim 49 (B)) olarak ölçüldü (Evangelopoulos ve diğerleri 2012; Hassanali ve diğerleri, 2020).



Resim 48. BT transversal kesitte, for. transversarium ölçümlerinin belirlendiği kesit (Olgu 1).



Resim 49. BT transversal kesitte, A) For. transversarium sagittal genişlik, B) For. transversarium transversal genişlik (Olgu 1).

3.2.2. Manyetik Rezonans ile Görüntülerin Elde Edilmesi

BT görüntülerinin hemen ardından MR görüntüleri alındı. Bu amaçla kediler sternal pozisyonda yatırıldı. Baş ve boyun bölgesi head coil içerisine (Resim 50), boyun bölgesinden kuyruk başlangıç noktasına kadar olan kısım ise abdomen coil (Resim 50), içerisine yerleştirildi. Sırasıyla önceden oluşturduğumuz standart protokol (Tablo 5) üzerinden MR görüntüleri alındı. Tüm spinal bölgenin MR görüntülerinin alınması uzun sürmesi nedeni ile her olguda intramüsküler idame doz uygulandı. T2 ağırlıklı görüntülerde sagittal ve transversal kesitlerde ölçümler C2'den sakruma kadar alındı.



Resim 50. MR muayenesi için sternal pozisyonda baş ve boyun bölgesi baş coili (head coil) içerisinde, boyun bölgesinden kuyruk başlangıç noktasına kadar olan kısım ise abdomen coil içerisinde pozisyonlandırılması.

Tablo 5. MR çekiminde kullanılan protokol.

T1 Sekans Medulla Spinalis MRI Protokolü		
Hastanın pozisyonu	Sternal	
Görüntüleme Düzlemi	Sagittal, Transversal	
Cihaz alan gücü	1.5T	
Coil tipi	Head Coil ve Abdomen Coil	
	Sagittal kesit	Transversal kesit
TR (Repetition time) (ms)	487-609	488-650
TE (Echo time) (ms)	9.1-9.3	9.1
Kesit kalınlığı (Slice Thickness) (mm)	2-2.5	3
Kesitler arası mesafe (Slice Gap) (mm)	2.2-2.75	3.3
Matriks Boyutu	264x240	92x224
FOV	180 mm	160 mm
T2 Sekans Medulla Spinalis MRI Protokolü		
Hastanın pozisyonu	Sternal	
Görüntüleme Düzlemi	Sagittal, Transversal	
Cihaz alan gücü	1.5T	
Coil tipi	Head Coil ve Abdomen Coil	
	Sagittal kesit	Transversal kesit
TR (Repetition time) (ms)	2930-3840	3170-5930
TE (Echo time) (ms)	67-86	93
Kesit kalınlığı (Slice Thickness) (mm)	2-2.5	3
Kesitler arası mesafe (Slice Gap) (mm)	2.2-2.75	3.3
Matriks Boyutu	264x240	176x160
FOV	160 mm	160 mm

Çekimler sona erdikten sonra anestezinin sonlandırılması amacı ile atimepazole hydrochloride (0,2ml/5kg Antisedan®, 5mg/ml; Orion Pharma, Zoetis, Finland) intramusküler yolla uygulanarak kediler uyandırıldı (doz pratik olarak uygulanan medetomidin hydrochloride (Domitor® 10 ml, Orion Pharma, Zoetis, Finland) dozunun (ml) yarısı olarak ayarlanmıştır).

3.2.2.1. Kedilerin Kolumna Vertebralis Bölgesinin MR Görüntülerinin İncelenmesi

Alınan tüm görüntüler Sectra IDS7 programı ile incelendi ve ölçümleri alındı. Ölçümlerin standart bir protokol doğrultusunda gerçekleştirilmesi için, sagittal kesitlerde kolumna vertebralis servikal, torakal ve lumbal olmak üzere üç ayrı bölüme ayrılarak değerlendirildi. Ölçümler T2 ağırlıklı görüntülerde alındı.

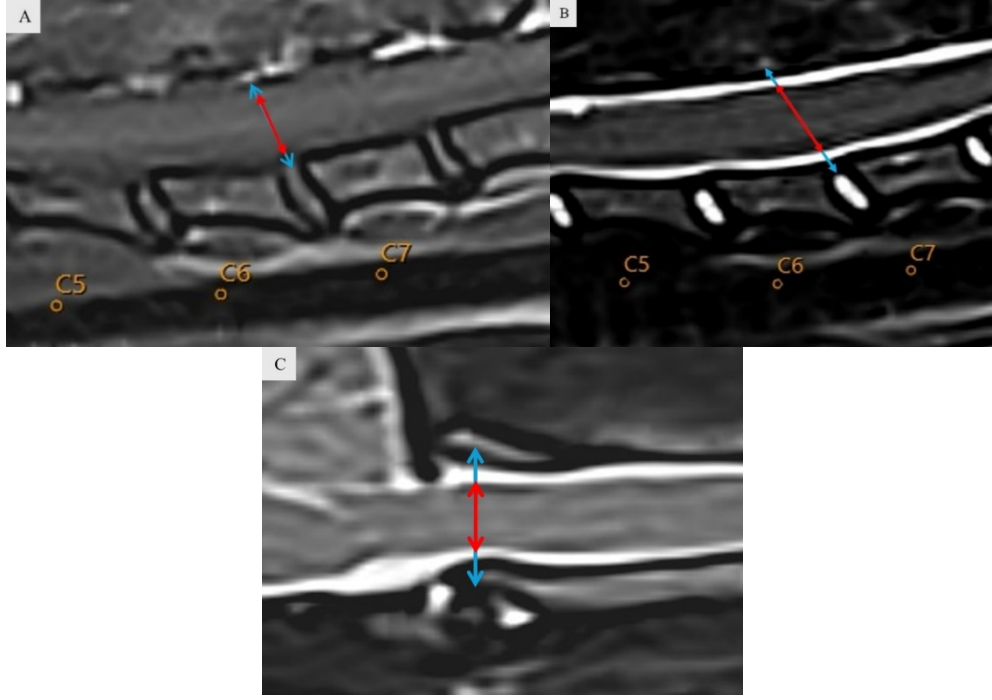
Sagittal kesitlerde, servikal, torakal ve lumbal bölgelerde aynı ölçüm parametreleri her bir vertebraya uygulanarak sırasıyla ölçümler alındı (Tablo 6). Tüm bölgelerde, ölçüm noktaları medulla spinalis düzlemine dik kesitlerden seçilerek belirlendi.

Tablo 6. MR, kolumna vertebralis sagittal kesitlere ait ölçüm parametreleri.

SAGİTTAL	Sagittal canalis vertebralis yüksekliği	SCvY	Kolumna vertebralis dik düzlemde, intervertebral disk seviyesinde, diskin dorsal noktası ile proc. spinosus'un tabanına kadar olan dorsoventral mesafe
	Sagittal medulla spinalis yüksekliği	SMsY	İntervertebral disk seviyesinde medulla spinalisin dorsal sınırından ventral sınırına olan dorsoventral mesafe
	Sagittal nükleus pulposus yüksekliği	SNpY	İntervertebral aralıkta, nükleus pulposusun en dorsal noktasından en ventral noktasına olan dorsoventral mesafe
	Sagittal nükleus pulposus genişliği	SNpG	İntervertebral aralıkta nükleus pulposusun en geniş olduğu orta noktada diskin kranial sınırından kaudal sınırına olan laterolateral mesafe

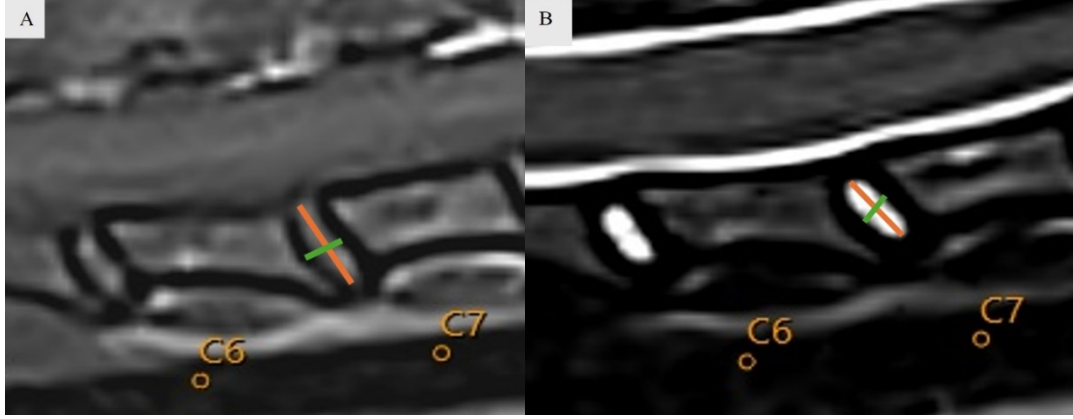
Sagittal kesitlerde, sagittal canalis vertebralis yüksekliği (SCvY) ve medulla spinalis yüksekliği (SMsY) (da Costa ve diğerleri, 2006; Lee ve diğerleri, 2021; Pierro ve diğerleri, 2017) ve ayrıca C2'den sakruma kadar olan intervertebral aralıklarda sagittal disk yüksekliği ve genişliği ölçümleri yapıldı (da Costa ve diğerleri, 2006).

Sagittal canalis vertebralis yüksekliği (SCvY) ve sagittal medulla spinalis yükseklik (SMsY) ölçüm noktaları, intervertebral disk seviyesinde ve her üç bölgede kolumna vertebralis düzlemine dik olacak şekilde seçildi. İntervertebral disk seviyesinde, diskin dorsal noktası ile proc. spinosus'un tabanına kadar olan dorsoventral mesafe SCvY olarak tanımlandı (Resim 51) (Olgu 1). Aynı noktada, medulla spinalisin dorsal sınırı ile ventral sınırı arasındaki dorsoventral mesafe ise SMsY olarak tanımlandı. C1-C2 seviyesinde ölçümler alınırken densin kranial ucunun görüldüğü seviyede ölçümlerin alınmasına dikkat edildi (Resim 51) (Olgu 1). Bu ölçümlerin tamamı, T2 ağırlıklı görüntülerde, tüm medulla spinalis boyunca her vertebra seviyesinde aynı şekilde ölçüldü (Hecht ve diğerleri, 2013; da Costa ve diğerleri, 2006; Pierro ve diğerleri, 2017; Lee ve diğerleri, 2021).



Resim 51. MR sagittal kesit; C6-C7 seviyesinde, T1 ağırlıklı A), T2 ağırlıklı B); T2 ağırlıklı C) C1-C2 seviyesinde, görüntüde sagittal canalis vertebralis yüksekliği (mavi çizgi), sagittal medulla spinalis yüksekliği (kırmızı çizgi) (Olgu 1).

Sagittal kesitte, her bir vertebra seviyesinde, intervertebral aralıkta, sagittal nükleus pulposus yüksekliği ve genişliği C1 ve C2 arasında disk olmadığı için, ölçümler C2'den sakruma kadar alındı. Kolumna vertebralis düzlemine dik olacak şekilde diskin en dorsal noktasından en ventral noktasına olan mesafe SNpY (Resim 52) (Olgu 1) (Yeung ve diğerleri, 2022), diskin en geniş olduğu orta noktasında, diskin kranial sınırından kaudal sınırına olan mesafe SNpG olarak tanımlandı (Resim 52) (Olgu 1) (da Costa ve diğerleri, 2006).



Resim 52. MR sagittal kesit; C6-C7 seviyesinde A) T1 ağırlıklı görüntüde sagittal nükleus pulposus yüksekliği (turuncu çizgi), sagittal nükleus pulposus genişliği (yeşil çizgi), B) T2 ağırlıklı görüntüde sagittal disk yüksekliği (turuncu çizgi), sagittal disk genişliği (yeşil çizgi) (Olgu 1).

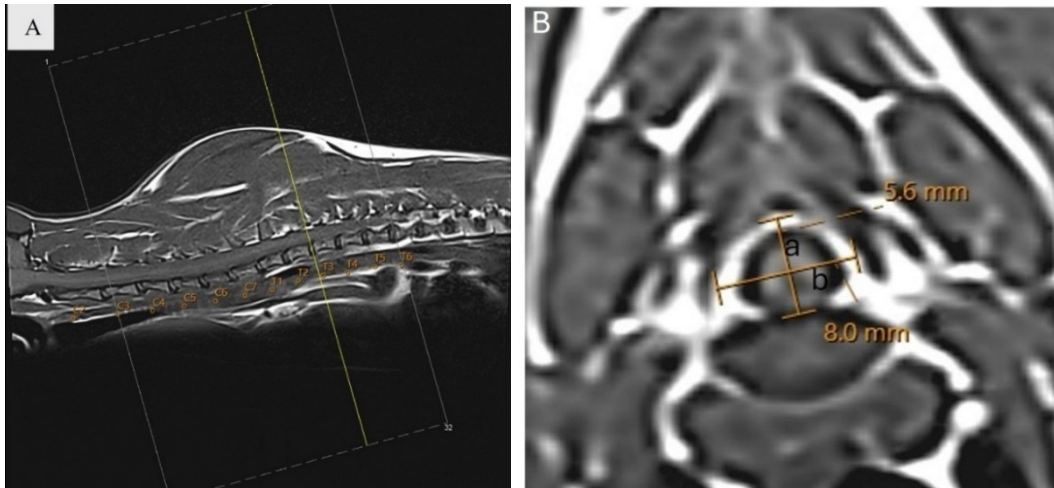
Transversal MR kesitlerde, sagittal kesitlerde olduğu gibi kolumna vertebralis servikal, torakal ve lumbal olmak üzere üç ayrı bölüme ayrılarak incelendi. Her bir kedide, ölçümler T2 ağırlıklı görüntülerde, transversal canalis vertebralis yüksekliği (TCvY) ve genişliği (TCvG), transversal medulla spinalis yüksekliği (TMsY) ve genişliği (TMsG), transversal nükleus pulposus yüksekliği (TNpY) ve genişliği (TNpG) ölçümleri alındı (Tablo 7).

Tablo 7. MR, kolumna vertebralis transversal kesitlere ait ölçüm parametreleri.

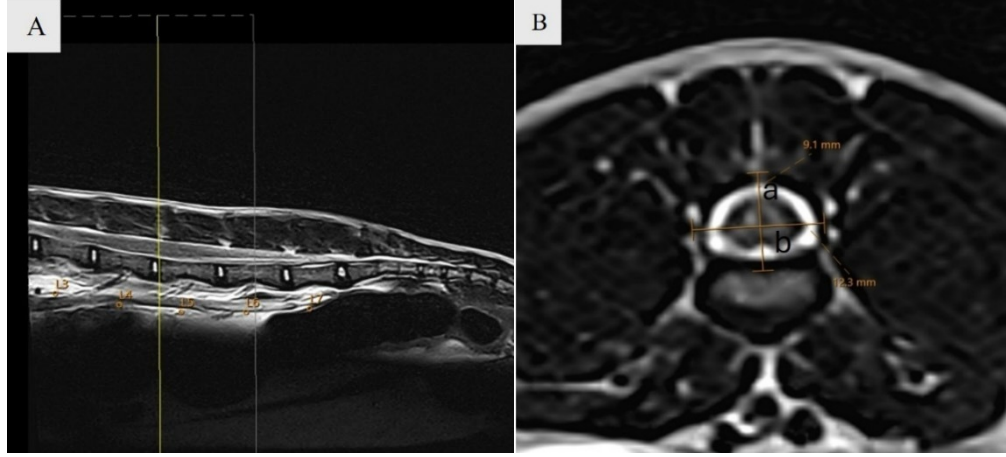
TRANSVERSAL	Transversal canalis vertebralis yüksekliği	TCvY	Proc. spinosus'un tabanından corpus vertebranın dorsal korteksine olan mesafe
	Transversal canalis vertebralis genişliği	TCvG	TCvY çizgisine dik gelecek şekilde, bir pedikülün iç kortikal kenarından karşı taraftaki pedikülün iç kortikal kenarına kadar olan mesafe
	Transversal medulla spinalis yüksekliği	TMsY	Medulla spinalisin dorsal sınırından ventral sınırına olan mesafe
	Transversal medulla spinalis genişliği	TMsG	Medulla spinalisin kranial sınırından kaudal sınırına olan mesafe
	Transversal nükleus pulposus yüksekliği	TNpY	Nükleus pulposusun dorsal orta noktasından ventral orta noktasına olan mesafe
	Transversal nükleus pulposus genişliği	TNpG	Nükleus pulposusun kranialdeki en uç noktasından kaudaldeki en uç noktasına olan mesafe

Transversal kesitlerde elde edilen T2 ağırlıklı görüntüler üzerinde, canalis vertebralis ile medulla spinalis'in yüksekliği ve genişliği ölçülmüştür. Bu ölçümler, sagittal kesitlerdeki seviyelerle uyumlu olacak şekilde ve standardize edilmiş ölçüm protokolüne göre yapılmıştır. Bu sayede, her iki düzlemde yapılan değerlendirmelerin karşılaştırılabilirliği ve ölçümsel tutarlılığı sağlanmıştır.

Transversal kesitlerde, proc. spinosus'un tabanından corpus vertebranın dorsal korteksine olan mesafe TCvY olarak tanımlandı. TCvY çizgisine dik gelecek şekilde, bir pedikülün iç kortikal kenarından karşı taraftaki pedikülün iç kortikal kenarına kadar olan en geniş mesafe ise TCvG olarak tanımlandı (Resim 53, Resim 54) (Olgu 5) (Lee ve diğerleri, 2021; Choi ve diğerleri, 2024). Bu ölçümler C1 den sakruma kadar her bir vertebra için gerçekleştirildi.

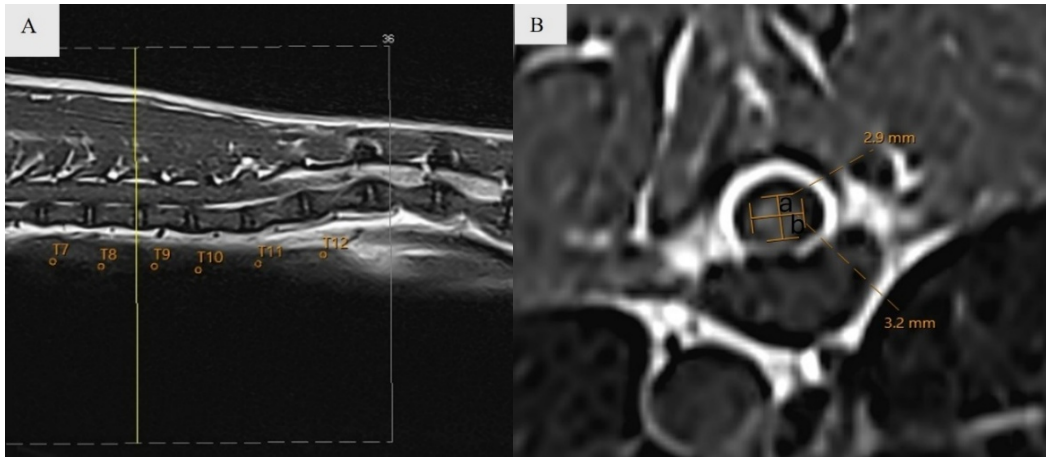


Resim 53. MR transversal kesit; T1 ağırlıklı görüntüde, T2-T3 seviyesinde, A) Transversal kesitte yapılacak ölçümün sagittal kesitteki seçim noktası (sarı çizgi) ve kesitin geçtiği düzlem, B) Transversal canalis vertebralis yüksekliği (a), Transversal canalis vertebralis genişliği (b) (Olgu 5).

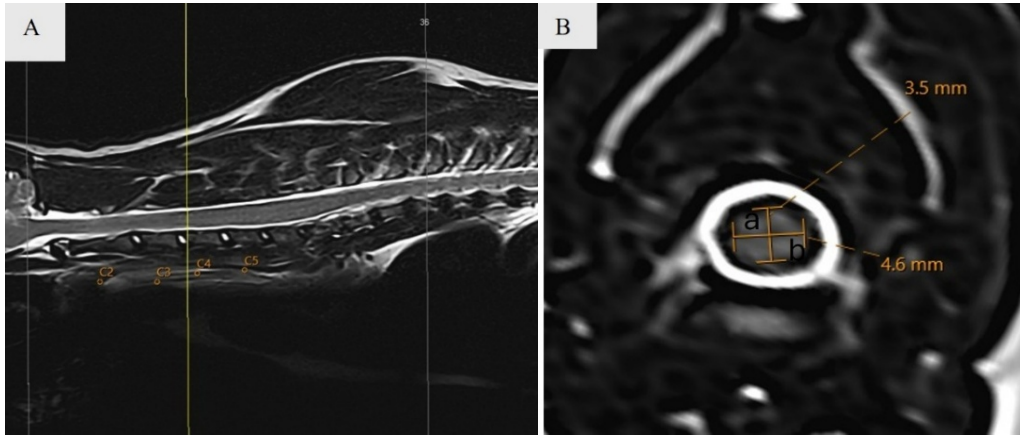


Resim 54. MR transversal kesit; T2 ağırlıklı görüntüde, L4-L5 seviyesinde, A) Transversal kesitte yapılacak ölçümün sagittal kesitteki seçim noktası (sarı çizgi) ve kesitin geçtiği düzlem, B) Transversal canalis vertebralis yüksekliği (a), Transversal canalis vertebralis genişliği (b) (Olgu 7).

Transversal kesitlerde, medulla spinalisin dorsal sınırından ventral sınırına olan mesafe TMsY, TMsY'ne dik olacak şekilde medulla spinalisin laterolateral en geniş mesafesi ise TMsG olarak tanımlandı (Resim 55, Resim 56) (Olgu 8 ve Olgu 11) (Lee ve diğerleri, 2021; da Costa ve diğerleri, 2006; Choi ve diğerleri, 2024). Bu ölçümler C1'den sakruma kadar her bir vertebra seviyesinde uygulandı.

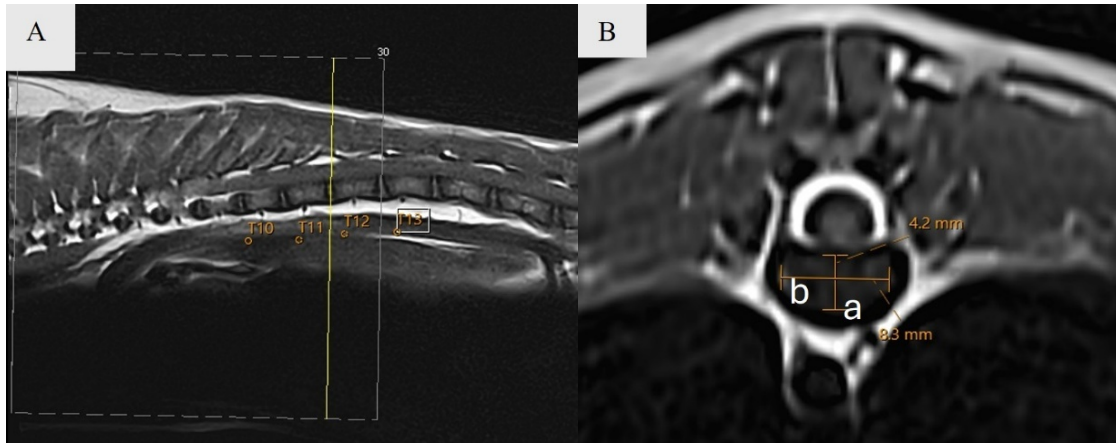


Resim 55. MR transversal kesit; T1 ağırlıklı görüntüde, T8-T9 seviyesinde, A) Transversal kesitte yapılacak ölçümün sagittal kesitteki seçim noktası (sarı çizgi) ve kesitin geçtiği düzlem, B) Transversal medulla spinalis yüksekliği (a), Transversal medulla spinalis genişliği (b) (Olgu 8).

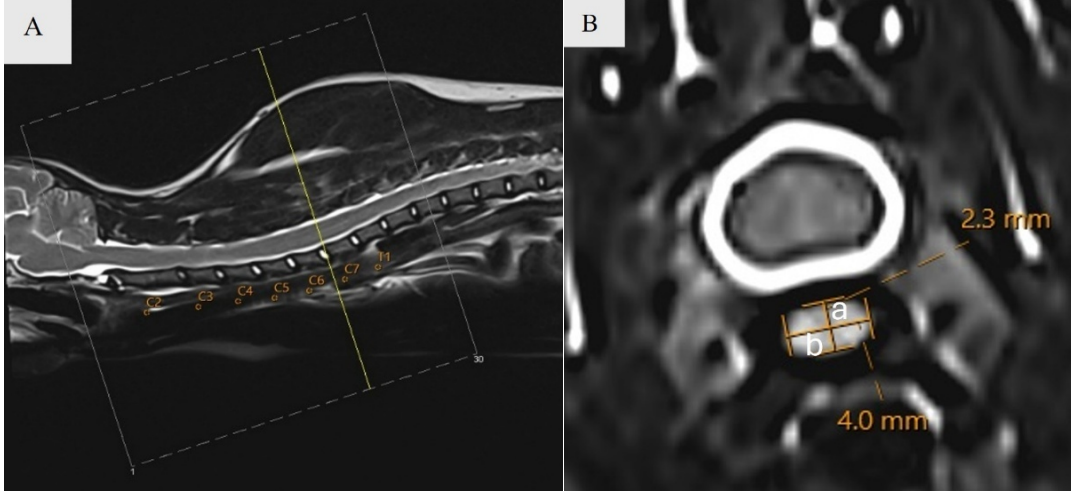


Resim 56. MR transversal kesit; T2 ağırlıklı görüntüde, C3-C4 seviyesinde, A) Transversal kesitte yapılacak ölçümün sagittal kesitedeki seçim noktası (sarı çizgi) ve kesitin geçtiği düzlem, B) Transversal medulla spinalis yüksekliği (a), Transversal medulla spinalis genişliği (b) (Olgu 11).

Transversal kesitlerde, her bir vertebra seviyesinde, nükleus pulposusun dorsal en üst noktasından ventral en alt noktasına olan mesafe TNpY, TNpY'ne dik olacak şekilde, nükleus pulposusun en geniş olduğu mesafe ise TNpG olarak tanımlandı (Resim 57, Resim 58) (Olgu 7, Olgu 2).



Resim 57. MR transversal kesit; T1 ağırlıklı görüntüde, T11-T12 seviyesinde, A) Transversal kesitte yapılacak ölçümün sagittal kesitedeki seçim noktası (sarı çizgi) ve kesitin geçtiği düzlem, B) Transversal nükleus pulposus yüksekliği (a), Transversal nükleus pulposus genişliği (b) (Olgu 7).



Resim 58. MR transversal kesit; T2 ağırlıklı görüntüde, C6-C7 seviyesinde, A) Transversal kesitte yapılacak ölçümün sagittal kesitteki seçim noktası (sarı çizgi) ve kesitin geçtiği düzlem, B) Transversal nükleus pulposus yüksekliği (a) ve genişliği (b) (Olgu 2).

3.2.3. İstatiksel Değerlendirme

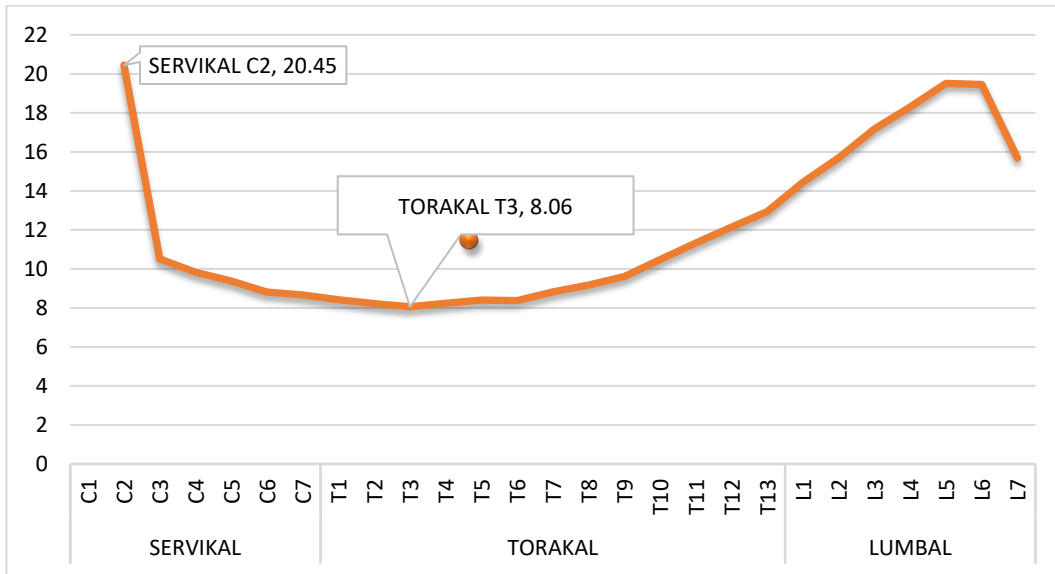
Çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel analizleri SPSS İstatistik Paket Programı (Sürüm 29,0, SPSS Inc, Chicago, II, ABD) kullanılarak yapıldı. Verilerin normal dağılımı Shapiro-Wilk testi kullanılarak kontrol edildi. Normal dağılım gösteren değişkenlerin homojenliği Levene testi ile kontrol edildi. Homojen olmayan grupların karşılaştırılmasında Welch T testi, homojen grupların karşılaştırılmasında One-Way ANOVA testi uygulandı. Post-hoc olarak homojen olmayan verilerde Tamhane, homojen verilerde Tukey testi kullanılarak yapıldı. Nonparametrik veriler için Kruskal-Wallis testi kullanıldı. Veriler, tablolarda ortalama değer $\pm$ standart sapma (Ort $\pm$ SS) ve %95 güven aralıkları (Alt sınır-Üst sınır) olarak sunuldu. İstatistiksel anlamlılık $P < 0,05$ olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

4.1. BTG ile Elde Edilen Bulgular

BT görüntüleri üzerinden sagittal kesitte yapılan ölçümlerde, kolumna vertebralis boyunca CVU servikal, torakal ve lumbal bölgeler olmak üzere üç anatomik bölümde ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Sagittal kesitlerde, kolumna vertebralis boyunca en yüksek ortalama CVU değeri C2 vertebra 20,45 mm olarak kaydedildi. Bu, üst servikal bölgenin anatomik olarak daha kompleks ve hacimli yapısına işaret etmektedir. C2'den sonra ölçümlerde belirgin bir düşüş görülmekte ve bu azalma torakal bölge boyunca devam etmektedir. En düşük CVU değeri ise T3 seviyesinde 8,06 mm olarak belirlenmiştir. T3-T6 arasında neredeyse sabit devam eden CVU T7'den T13'e doğru belirgin bir artış göstermiştir (Şekil 1).

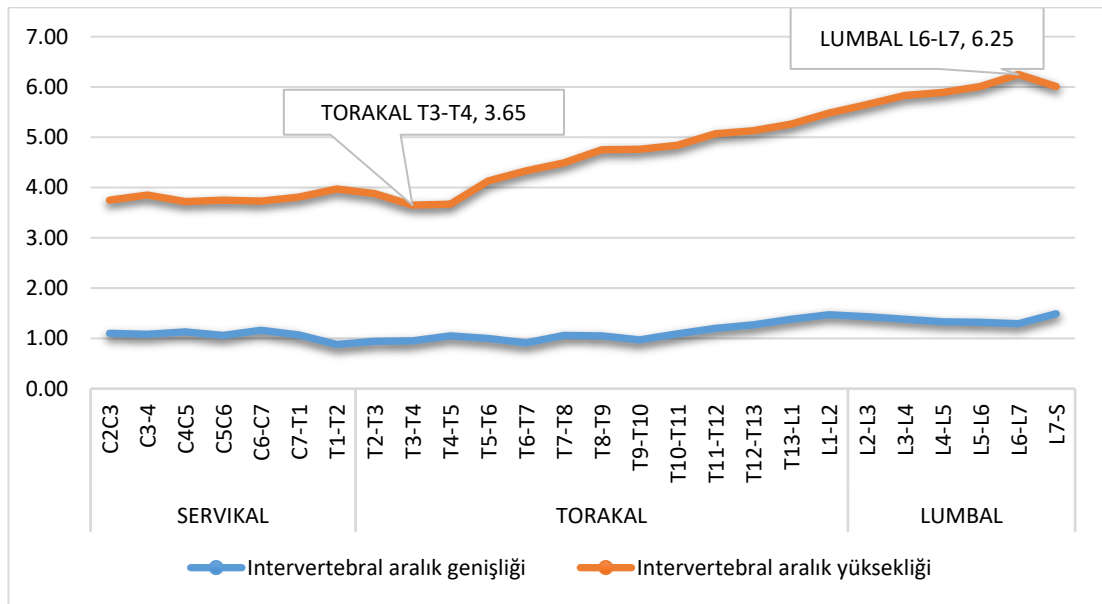


Şekil 1. BT sagittal kesitte, kolumna vertebraliste bölgelere göre, CVU (mm).

Torakal bölgeden lumbal bölgeye geçişle birlikte CVU'da kademeli bir artış gözlenmektedir. L4 ve L5, torakal vertebralara kıyasla belirgin derecede daha uzun CVU'na sahiptir ve C2 CVU değerlerine benzer bir ölçüm sergilemektedir (Şekil 1).

Sagittal kesitlerde, IVAG ve IVAY ölçümleri kolumna vertebralisin farklı segmentlerine (servikal, torakal ve lumbal) göre karşılaştırmalı olarak sunulmuştur (Şekil 2).

IVAG, servikal bölgede C2–C3'ten C6–C7'ye kadar olan seviyelerde oldukça homojen seyretmektedir. Bu bölgede belirgin bir artış ya da azalma eğilimi gözlenmemekle birlikte en yüksek değer C6-C7, en düşük değer C5-C6 arasında değerlendirildi. Torakal bölgede de IVAG oldukça düzenli seyrettiği belirlendi. IVAG en düşük T1-T2 ve T6-T7 arasında ve en yüksek değer T13-L1 aralığında belirlendi. IVAG'nin genel olarak T10-T11 aralığı itibari ile lumbal vertebralara doğru artışa geçtiği gözlemlendi. Lumbal vertebralara geçişle birlikte, IVAG'de çok hafif bir artış eğilimi gözlenmektedir. IVAG, L1-L2 ve L7-S arasında en yüksek değere ulaştığı, diğer aralıklarda ise homojen bir şekilde seyrettiği belirlendi (Şekil 2).

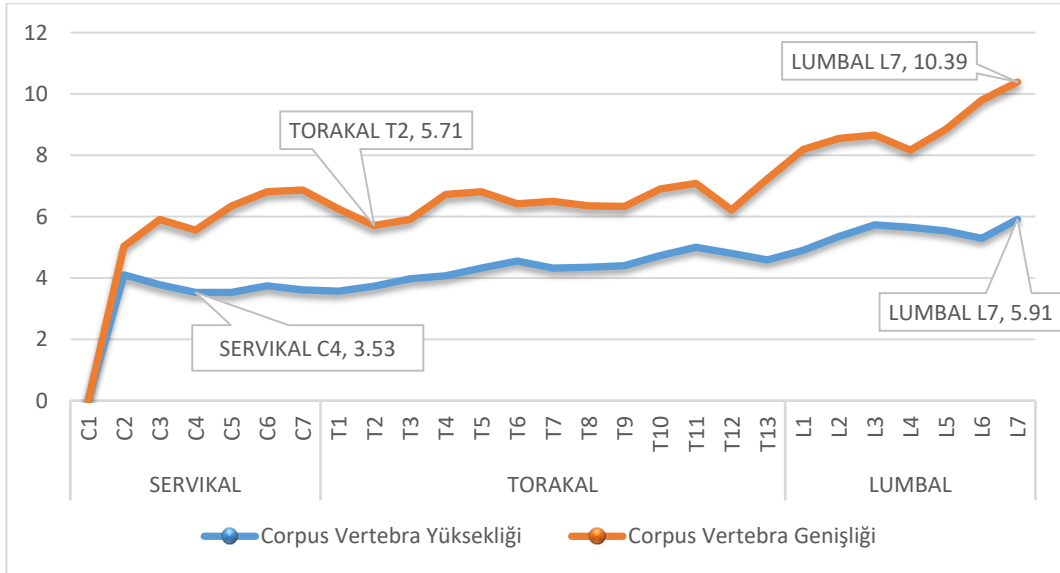


Şekil 2. BT sagittal kesitte, kolumna vertebraliste bölgelere göre, IVAG (mavi) ve IVAY (turuncu) değerleri (mm).

IVAY, bölgelere göre farklılıklar göstermektedir. Servikal bölgede IVAY homojen olarak sabit seyretmiştir. Tüm kolumna vertebralisin boyunca en yüksek IVAY, L6–L7 aralığında 6,25 mm, en düşük ise T3–T4 aralığında 3,65 mm ölçülmüştür. Torakal bölgedeki

en yüksek IVAY ise T13-L1 aralığında gözlemlendi. Genel olarak IVAY’de, T3-T4 aralığından itibaren lumbal vertebralara doğru bir artış gözlenmiştir (Şekil 2). Lumbal bölgede IVAY’de kendi içinde belirgin bir yükseliş eğilimi gözlenmiş olup, en yüksek L6–L7 segmentinde 6,25 mm olarak ölçülmüş en düşük IVAY ise L1-L2 düzeyinde belirlendi. IVAG değerleri tüm kolumna vertebralis boyunca homojen bir şekilde seyretmektedir (Şekil 2).

Transversal kesitlerde, CVY ve CVG vertebra segmentlerine göre karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Mavi çizgi CVY, turuncu çizgi ise CVG’ni temsil etmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. BT transversal kesitte, kolumna vertebraliste bölgelere göre, CVY (mavi) (mm) ve CVG (turuncu) (mm).

CVY, kolumna vertebralis boyunca en düşük düzeyine C4 seviyesinde (3,53 mm) ulaştı. Servikal bölgede, CVY’de vertebraalar arasında fark minimal düzeyde görüldü (Şekil 3). Torakal bölgede CVY’de vertebraalar arasında küçük dalgalanmalar olsa da, genel olarak değerler birbirine yakındı. CVY, torakal bölgede en yüksek değerine T11 seviyesinde, en düşük değerine ise T1 seviyesinde ulaştı. Genel olarak CVY, T1 den T13’e doğru bir artış göstererek yükselmiştir (Şekil 3).

Lumbal bölgede CVY’de tüm kolumna vertebralise göre belirgin bir artış eğilimi gözlemlenmektedir. Lumbal bölgedeki en düşük CVY, L1 seviyesinde olup L3’e kadar artış

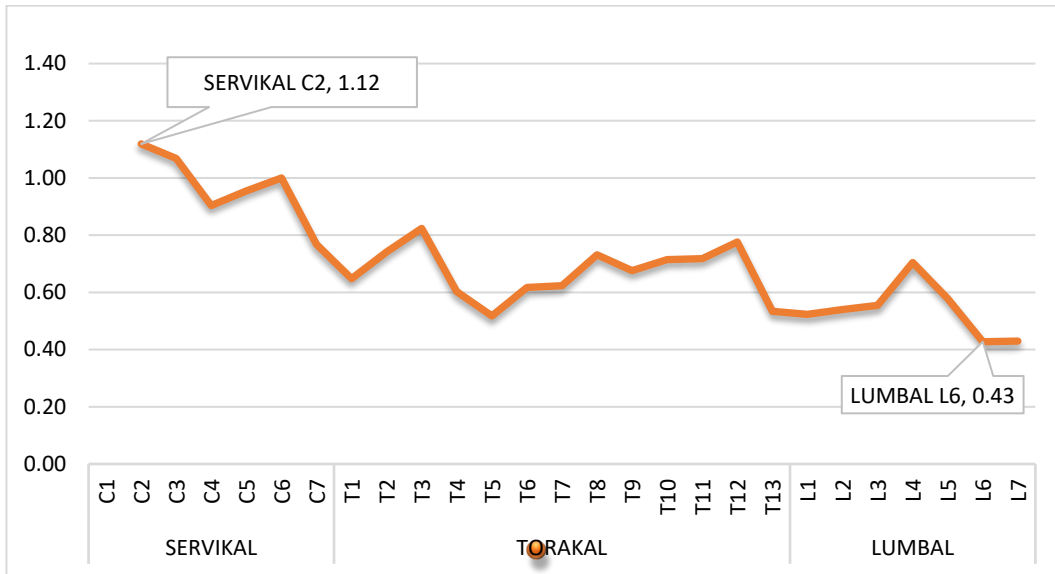
göstererek L6 seviyesinde değeri düşmüş ve kolumna vertebralis boyunca en yüksek seviyesine L7’de (5,91 mm) ulaştı (Şekil 3).

CVG, servikal bölgede C2 vertebra ile belirgin bir artış göstermektedir. Bu bölgede CVG en yüksek değerine C7 ve en düşük değerine C2’de ulaştı. Torakal bölgede CVG’de T2’den T13’e doğru bir artış gözlemlendi. Kolumna vertebralis boyunca en düşük CVG değeri T2 seviyesinde 5,71 mm olarak belirlendi. Lumbal bölgede ise CVG’de L1’den L4’e doğru ılımlı bir artış var iken L4’den L7’ye doğru belirgin bir artış kaydedildi. Kolumna vertebralis boyunca en yüksek CVG L7 seviyesinde 10,39 mm olarak belirlendi (Şekil 3).

Şekil 4’de, kolumna vertebralis boyunca her bir vertebra corpus vertebra genişliğinin yüksekliğine oranı (yuvarlaklık indeksi) gösterilmektedir. Bu oran, corpus vertebra ne kadar “yuvarlak” ya da “yassı” bir morfolojiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. BT çalışmamızda elde edilen bulgulara göre, en yüksek yuvarlaklık indeksi 1,12 ile C2 seviyesinde gözlemlendi. Servikal bölgedeki diğer vertebralarda da indeks değerleri torakal ve lumbal bölgeye göre hafif yüksek seyretmektedir (özellikle C1–C6 arasında).

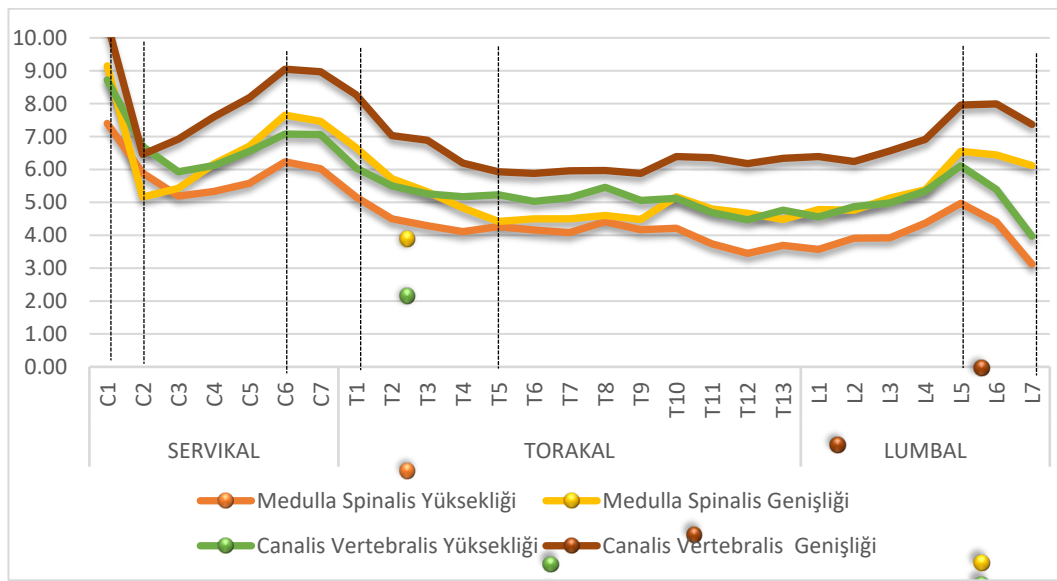
Torakal bölgede, T3–T5 seviyelerinde yuvarlaklık indeksinde belirgin bir düşüş gözlenirken en düşük değer T5 (0,52) seviyesinde tespit edildi (Şekil 4).

Lumbal bölgede, yuvarlaklık indeks değerleri torakal bölgeye göre tekrar bir artış göstermekte ve bu artış düzensiz bir seyir izlemektedir. En düşük değer lumbal bölgede L6 vertebra da 0,43 olarak belirlendi. Bu bulgu, L6 corpus vertebra sının yüksekliğinin daha fazla olduğunu ve genişliğe göre daha uzun bir yapı sergilediğini ortaya koymaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. BT transversal kesitte, kolumna vertebralis'te bölgelere göre CVY'nin CVG'ne oranı-yuvarlaklık indeksi (CVY/CVG).

Genel olarak değerlendirildiğinde, CVY'nin CVG'ne oranı-yuvarlaklık indeksi (CVY/CVG) servikalden kaudale doğru ilerledikçe azalma eğilimi göstermektedir. Tüm kolumna vertebralis boyunca yuvarlaklık indeksi en yüksek C2'de (1,12) ve en düşük L6 (0,43) seviyesinde belirlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 5. BT transversal kesitte, kolumna vertebralis'te bölgelere göre, MsG (sarı) ve MsY (turuncu) (mm), CvG (kahverengi) ve CvY (yeşil) (mm).

Şekilte 5'de, kolumna vertebralis boyunca medulla spinalis'in genişlik ve yüksekliği ile canalis vertebralisin genişlik ve yüksekliğine ait ortalama ölçüm değerleri vertebral segmentlere göre sunulmaktadır.

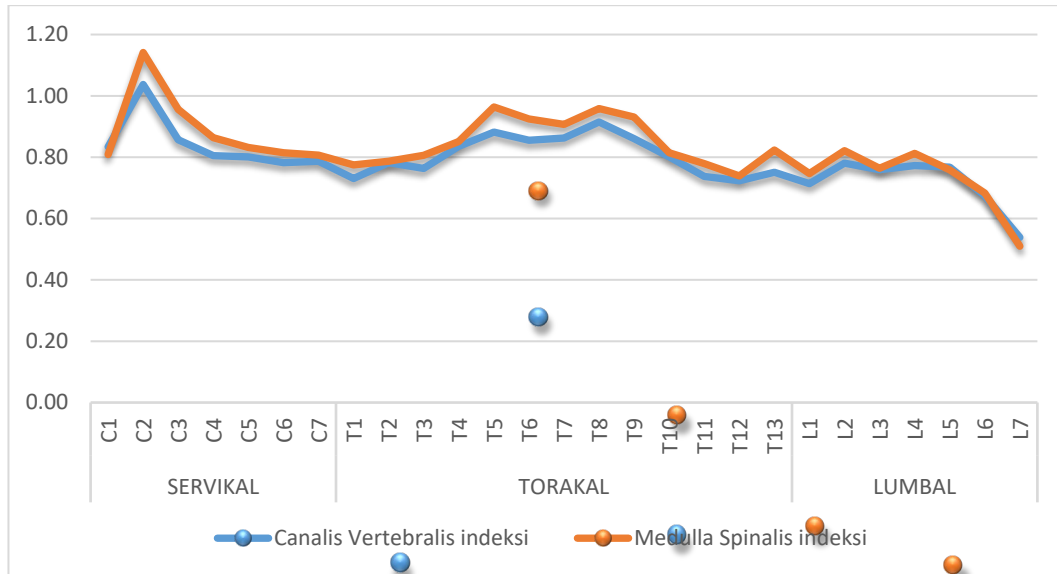
BT transversal kesitte, C1 ve C2 vertebra seviyelerinde hem medulla spinalis hem de canalis vertebralis değerlerinde belirgin bir yükseklik ve genişlik farkı gözlemlendi. Özellikle C1 seviyesinde tüm parametreler (CvG, $10,46 \pm 0,80$ mm; CvY, $8,72 \pm 1,59$ mm; MsG, $9,15 \pm 1,09$ mm; MsY, $7,40 \pm 1,72$ mm) en yüksek düzeyde belirlendi (Şekil 5). Servikal bölgenin diğer seviyelerinde (C3–C7) medulla spinalis ve canalis vertebralis parametrelerinde nispeten dengeli ancak belirgin bir artış eğilimi gözlenmiştir. Bu artış C6

seviyelerinde en belirgin hâlini almakta, ardından torakal bölgeye geçişle birlikte değerlerde genel bir düşüş izlenmektedir (Şekil 5).

Torakal bölge boyunca, medulla spinalis ve canalis vertebralis parametreleri göreceli olarak sabit ve servikal bölgeye göre daha düşük düzeyde seyretmiştir. Medulla spinalisin hem genişlik hem de yüksekliği torakal bölgede minimum değerlere ulaşmakta, buna paralel şekilde canalis vertebralis ölçümleri de azalmaktadır (Şekil 5).

Lumbal bölgeye geçişle birlikte medulla spinalis ve canalis vertebralis parametrelerinde L1'den L5'e doğru bir artış gözlenmektedir. Buradaki en belirgin artış canalis vertebralis genişliğinde belirlenmiştir. Medulla spinalis ve canalis vertebralis parametreleri lumbal bölgede en yüksek düzeyine L5 seviyesinde ulaşmıştır. L5'den sonra medulla spinalis ve canalis vertebralis yüksekliklerinde ciddi bir düşüş, genişliklerinde ise hafif bir düşüş olduğu belirlenmiştir. L4 seviyesinden sonra medulla spinalis parametreleri düşmüş, canalis vertebralis ölçümleri ise L5 ve L6 seviyelerinde görece daha yüksek kalmaktadır. Bu durum, medulla spinalisin konus medullaris düzeyinde sonlanmasına bağlı olarak kaudal bölgede spinal kanalın nispeten geniş kalmasına rağmen, medulla spinalis'in artık bulunmamasından kaynaklı olarak boyutsal farkın artmasını açıklamaktadır (Şekil 5).

Şekil 6'da, medulla spinalis ve canalis vertebralisin her bir vertebral seviyedeki yuvarlaklık indeksleri (genişlik/yükseklik oranları) karşılaştırmalı olarak gösterildi.



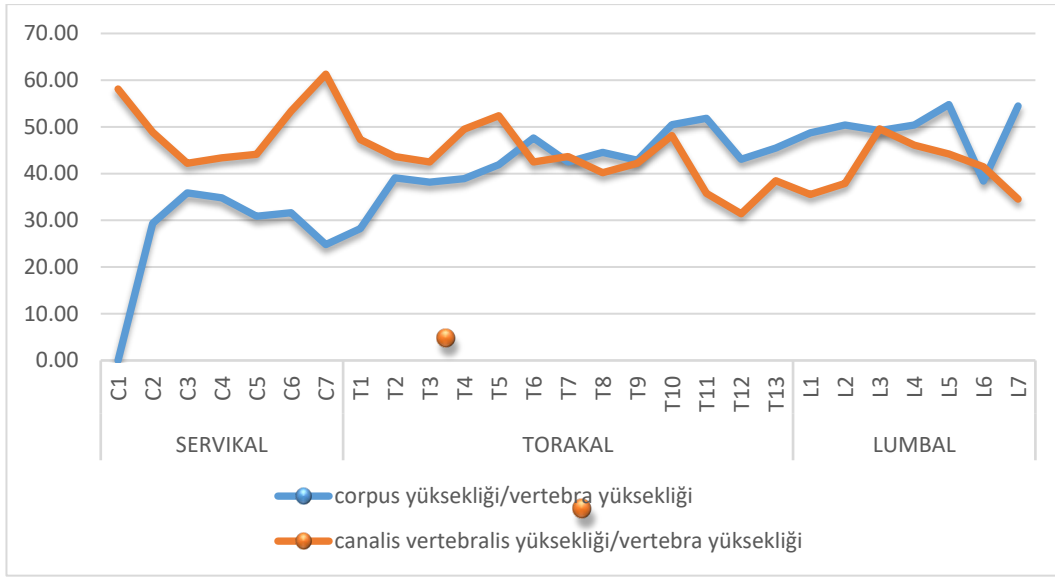
Şekil 6. BT transversal kesitte, kolumna vertebraliste bölgelere göre, MS (turuncu) ve Cv (mavi) yuvarlaklık indeksi (genişlik/yükseklik).

Servikal bölgeye ait MS ve Cv yuvarlaklık indeksleri incelendiğinde, özellikle C2 seviyesinde medulla spinalis ve canalis vertebralis'in yuvarlaklık indeksinde belirgin bir artış gözlemlenmektedir. Bu seviye, medulla spinalis ve canalis vertebralis'in daha geniş ve yassı bir yapıda olduğunu göstermektedir. C3'den itibaren her iki yuvarlaklık indeksinde düzenli bir azalma gözlenmektedir. Hem medulla spinalis hem de canalis vertebralis yuvarlaklık indeksi C6-C7 seviyelerinde yaklaşık 0,8 değerine inerek görece daha silindirik bir forma geçmektedir. C3–C7 arasında ise her iki yapının indeksinde nispeten dengeli bir azalma söz konusudur (Şekil 6).

Torakal bölgede, medulla spinalis ve canalis vertebralis'e ait indeks değerleri birbirine oldukça yakın seyretmektedir. Özellikle T5–T10 aralığında canalis vertebralis ve medulla spinalis yuvarlaklık indeksleri arasındaki fark minimuma inmektedir. Bu durum, torakal segmentlerde medulla spinalis ve canalis vertebralisin yapılarının orantılı biçimde benzer şekilsel özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Bu parametreleri servikal bölge ile karşılaştırsak daha sabit ve homojen bir seyir gösterdiği izlenmektedir (Şekil 6).

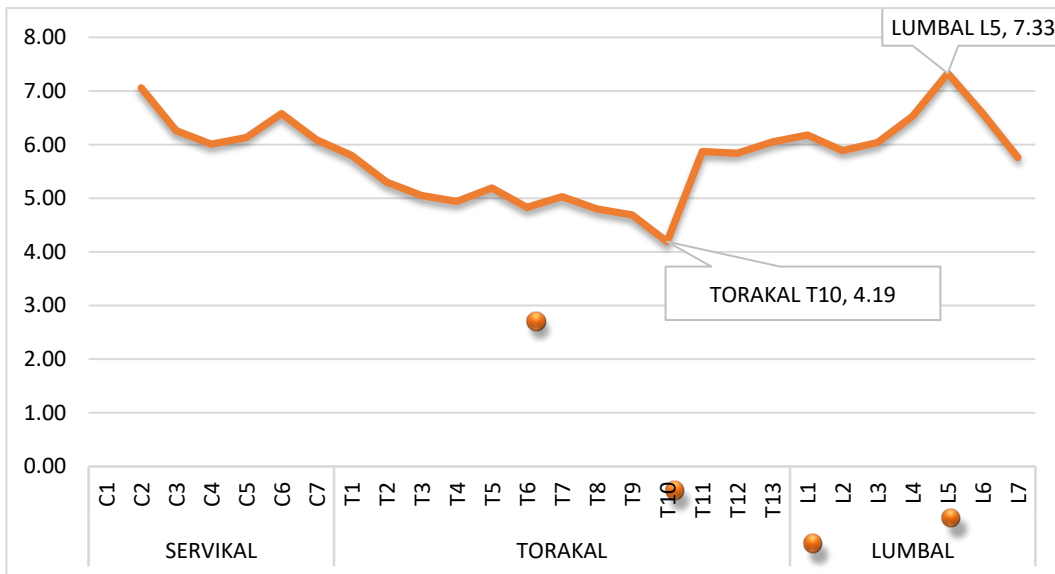
Lumbal bölgede, yuvarlaklık indeks değerleri kademeli olarak azalmaktadır. Medulla spinalis indeksi genel olarak canalis vertebralis indeksinden daha yüksek seyretmektedir. Başlangıçta her iki yuvarlaklık indeks değerleri torakal bölgedekine benzese de L6–L7 seviyelerinde her iki yapının indeks değerinde belirgin bir düşüş gözlemlenmektedir. Bu durum, özellikle medulla spinalis'in konus medullaris düzeyinde sonlanması ve kaudal segmentlerde daha ince yapıda devam etmesi ile ilişkili olduğunu gösterir. Canalis vertebralis'inde benzer şekilde bu bölümde yuvarlaklık indeksinin düşmesine bağlı olarak daha dikdörtgenimsi bir yapı haline geldiği gözlenmiştir (Şekil 6).

Kolumna vertebralis boyunca her bir vertebrada transversal kesitlerde vertebra yükseklikleri ölçüldü, corpus vertebra yüksekliği ve canalis vertebralis yüksekliği vertebra yüksekliği ile oranlandı (Şekil 7).



Şekil 7. BT transversal kesitte, CvY (turuncu) ve CVY'nin (mavi) VY'ne oranı (%).

Tüm kolumna vertebralis boyunca CVY'nin VY'ne oranı en düşük C7 seviyesinde %24,81, CvY'nin VY'ne oranı en yüksek gene C7 seviyesinde %61,29 olarak ölçüldü. Bu da bize corpus vertebra yüksekliğinin en az olduğu bölgede canalis vertebralisin en geniş olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada bu nokta C7 seviyesinde görülmektedir. C1 seviyesinde ölçüm alınmadığı için Şekilde bu nokta sıfır düzeyinden başlamaktadır (Şekil 7).



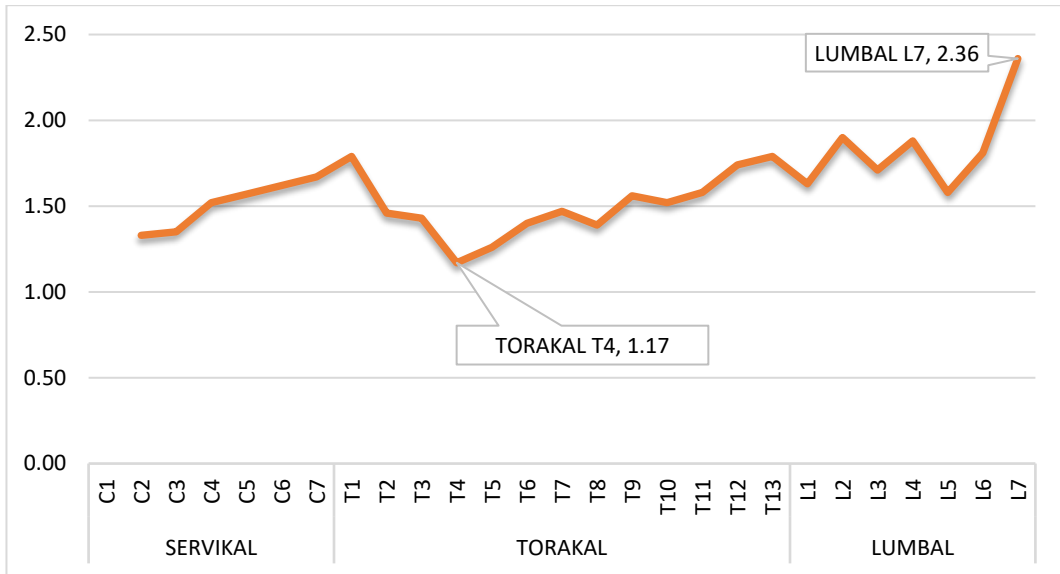
Şekil 8. BT transversal kesitte, kolumna vertebraliste bölgelere göre PU (mm).

Şekil 8’de, kolumna vertebralis boyunca her bir vertebra seviyesinde ölçülen PU değerleri yer almaktadır. Servikal vertebralarda PU torakal vertebraların tamamına göre yüksek değerlerde seyretmekte olup C2’den C7’ye doğru hafif bir azalma eğilimi göstermektedir.

Torakal vertebralarda PU belirgin şekilde azalmaktadır. Kolumna vertebralisin tamamında PU en düşük değer T10 seviyesinde 4,19 mm olarak kaydedilmiştir. Bu azalma, torakal vertebraların daha dar pediküllerden oluştuğunu göstermektedir. T10 seviyesinden sonra T11 seviyesinde ciddi bir artış söz konusu olup T11-T13 arası hafif bir artış belirlenmiştir (Şekil 8).

Torakolumbal geçişten itibaren PU artış göstermektedir. Özellikle T11 seviyesinden sonra başlayan bu artış, lumbal vertebralarda belirginleşmekte ve kolumna vertebralis boyunca en yüksek değer L5 seviyesinde 7,33 mm olarak tespit edilmiştir. Bu durum, lumbal vertebralarda pediküllerin daha kalın ve uzun yapıda olduğunu ve bu bölgenin ağırlık taşıma fonksiyonlarıyla ilişkili olarak daha sağlam kemik morfolojisine sahip olduğunu göstermektedir. L6–L7 seviyelerinde ise değerlerde L5’e göre hafif bir azalma gözlenmiştir (Şekil 8).

Şekil 9’de, kolumna vertebralis boyunca her bir vertebra seviyesinde ölçülen transversal pedikül genişliği değerleri sunulmaktadır.



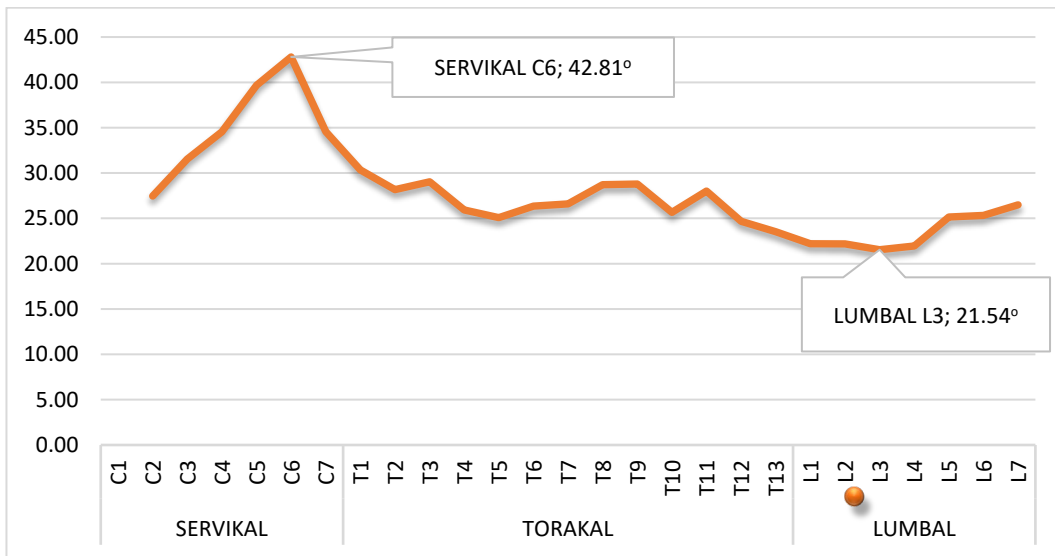
Şekil 9. BT transversal kesitte, kolumna vertebraliste bölgelere göre, TPG (mm).

Servikal bölgede TPG, C2'den C7'ye doğru düzenli bir artış göstermektedir (Şekil 9).

Torakal bölgede TPG, T1 seviyesinde yüksek bir değere sahip iken T4'e doğru istatistiksel olarak ciddi bir düşüş göstermekte ve kolumna vertebralis boyunca TPG'nin en düşük olduğu nokta T4 seviyesinde 1,17 mm olarak belirlenmiştir. T5–T13 aralığında ise değerler hafif artış göstermekte ve T13 seviyesinde T1 seviyesindeki ölçüme yakın bir değere ulaşmıştır (Şekil 9).

Lumbal bölgede TPG diğer bölgelere göre artış göstermekle birlikte kendi içinde inişli çıkışlı bir seyir göstermektedir. Tüm kolumna vertebralis boyunca TPG'nin en yüksek olduğu nokta L7 seviyesinde 2,36 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 9).

Şekil 10'da, kolumna vertebralis boyunca her bir vertebral seviyede ölçülen transversal pedikül açısı gösterilmektedir.



Şekil 10. BT transversal kesitte, kolumna vertebraliste bölgelere göre, TPA (°).

Servikal vertebralar, tüm kolumna vertebralis boyunca en yüksek pedikül açılarına sahiptir. Kolumna vertebralis boyunca en yüksek TPA değeri C6 seviyesinde 42,81° tespit edildi. C3–C5 aralığında da açılar hızlı bir artış göstererek ortalama 50°'nin üzerine çıkmakta bu da servikal vertebralarda pediküllerin daha lateral yönlü (dışa açılan) bir yerleşime sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 10).

Torakal vertebralarda TPA belirgin biçimde düşmeye başlamıştır. En düşük değerler T5 ve T10 seviyesinde ölçülmüş olup, bu seviyelerde pediküllerin daha mediale yönelimli

ve daha dik yerleşimli olduğu görülmektedir. Bu bölgedeki homojen dağılım, torakal omurganın yapısal düzenliliğini ve dar kanal özelliklerini yansıtmaktadır (Şekil 10).

Lumbal bölgede TPA torakal bölgeye benzer şekilde düşük düzeydedir. Kolumna vertebralis boyunca en düşük TPA değeri L3 seviyesinde $21,54^\circ$ tespit edildi. L4–L7 arasında açılar tekrar hafif artış eğilimi göstermektedir. Bu, lumbal pediküllerin kaudal bölgeye ilerledikçe biraz daha dışa doğru açıldığını göstermektedir (Şekil 10).

Tablo 8’de, servikal vertebralar boyunca foramen transversariumun ortalama genişlik ve yükseklik değerleri verilmiştir. Foramen transversarium, servikal vertebralara özgü bir anatomik yapı olup, a. vertebralis ve ilgili nörovasküler yapılar için geçit işlevi görmektedir. Bu nedenle morfometrik özellikleri klinik ve anatomik açıdan oldukça önemlidir.

Tablo 8. For. transversarium servikal vertebralardaki (C1-C6) ortalama değerleri (mm).

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
FTTG	1,06±0,24	1,04±0,22	1,10±0,16	0,98±0,09	1,12±0,07	1,10±0,18
FTSG	1,04±0,19	1,1±0,17	1,08±0,19	1,03±0,12	1,10±0,11	1,20±0,23

For. transversarium transversal genişlik değerleri ortalama 1,04–1,12 mm aralığında değişmektedir. En yüksek değer C5 seviyesinde (1,12 mm) ölçülürken, en düşük değer C4 seviyesinde (0,98 mm) tespit edildi. C1, C2 ve C3 seviyelerinde değerler birbiriyle oldukça uyumlu seyretmektedir (~1,04–1,1 mm). Bu durum, üst servikal vertebralarda simetrik ve dengeli bir morfolojik yapı olduğunu göstermektedir (Tablo 8).

For. transversarium sagittal genişlik değerleri 1,03–1,2 mm aralığındadır. En yüksek değer C6 seviyesinde (1,2 mm), en düşük değer ise C4 seviyesinde (1,03 mm) kaydedilmiştir. Genişlik değerlerine benzer şekilde, yükseklik açısından da C1, C2 ve C3 seviyeleri birbirine oldukça yakın değerler göstermektedir (1,04–1,1 mm aralığında) (Tablo 8).

Çalışmamızda, istatistiksel olarak kolumna vertebralisin bölgelere göre karşılaştırılması Tablo 9’da verilmiştir. Sagittal kesitlerde, CVU’da ve IVAY’de her üç bölgede istatistiksel fark bulunmuştur ($P<0,001$). CVU, en yüksek ortalama değer lumbal bölgede ($17,18\pm0,27$ mm), en düşük torakal bölgede ($9,55\pm0,15$ mm) ölçülmüştür. IVAY, en yüksek ortalama değer lumbal bölgede ($5,87\pm0,07$ mm), en düşük ortalama değer servikal bölgede ($3,77\pm0,05$ mm) ölçülmüştür. IVAG, servikal ve torakal bölgede istatistiksel olarak benzerken lumbal bölgede farklı olduğu görülmüştür ($P<0,001$) (Tablo

9). IVAG, en yüksek ortalama deęer $1,38\pm0,03$ mm, en dūřuk ortalama deęer torakal bōlgede $1,06\pm0,02$ mm olarak ōlçūlmūřtır.

Transversal kesitlerde, VY, servikal ve lumbal bōlgede istatistiksel olarak benzer ancak torakal bōlgede farklı bulunmuřtır ($P<0,001$). CVG, servikal ve torakal bōlgede benzer ancak lumbal bōlgede farklı bulunmuřtır ($P<0,001$). CVY ise, her ūç bōlgede istatistiksel olarak farklı gōrūlmūřtır ($P<0,001$). CvG ve MsG’de, her ūç bōlgede de istatistiksel farklılık gōrūlmūřtır ($P<0,001$). CvY ve MsY, torakal ve lumbal bōlgelerde istatistiksel olarak benzer ancak servikal bōlgede farklı gōrūlmūřtır ($P<0,001$) (Tablo 9).

Tablo 9. BT’de kolumna vertebralisin bölgelerinin karşılaştırılması, Ort±SS; %95 Güven aralığı (Alt sınır-Üst sınır).

	Parametreler	Servikal N=7	Torakal N=13	Lumbal N=7	P
Sagittal Kesit	CVU	11,27±0,55 ^b 10,17-12,38	9,55±0,15 ^c 9,25-9,88	17,18±0,27 ^a 16,64-17,73	< 0,001
	IVAG	1,10±0,03 ^b 1,04-0,16	1,06±0,02 ^b 0,01-1,10	1,38±0,03 ^a 1,34-1,44	< 0,001
	IVAY	3,77±0,05 ^c 3,67-3,87	4,46±0,07 ^b 4,33-4,59	5,87±0,07 ^a 5,73-6,02	< 0,001
Transversal Kesit	VY	11,75±0,13 ^a 11,49-12,00	10,73±0,07 ^b 10,59-10,87	11,98±0,12 ^a 11,74-12,23	< 0,001
	CVG	6,08±0,14 ^b 5,81-6,36	6,49±0,08 ^b 6,34-6,65	8,94±0,20 ^a 8,53-9,35	< 0,001
	CVY	3,71±0,06 ^c 3,58-3,84	4,34±0,05 ^b 4,24-4,34	5,48±0,08 ^a 5,33-5,63	< 0,001
	CvG	7,86±0,14 ^a 7,57-8,15	6,40±0,07 ^c 6,26-6,55	7,07±0,11 ^b 6,84-7,28	< 0,001
	CvY	6,57±0,08 ^a 6,41-6,73	5,15±0,05 ^b 5,04-5,26	5,03±0,09 ^b 4,85-5,21	< 0,001
	MsG	6,43±0,14 ^a 6,14-6,72	4,93±0,07 ^c 4,79-5,07	5,59±0,11 ^b 5,38-5,81	< 0,001
	MsY	5,70±0,07 ^a 5,56-5,85	4,17±0,05 ^b 4,07-4,27	4,04±0,08 ^b 3,88-4,19	< 0,001

CVU: corpus vertebra uzunluğu; IVAG: intervertebral aralık genişliği; IVAY: intervertebral aralık genişliği; VY: vertebra yüksekliği; CVG: corpus vertebra yüksekliği; CVY: corpus vertebra genişliği; CvG: canalis vertebralis genişliği; CvY: canalis vertebralis yüksekliği; MsG: medulla spinalis genişliği; MsY: medulla spinalis yüksekliği. ^{a,b,c,d}: Farklı harfler arasında istatistiksel fark vardır. İstatistiksel anlamlılık $P \leq 0,05$.

Tablo 10. BT Servikal vertebra ölçümleri.

	Parametreler	Servikal I	Servikal II	Servikal III	Servikal IV	Servikal V	Servikal VI	Servikal VII	P
Sagittal Kesit	CVU		20,45±1,39 ^a 19,46-21,44	10,51±1,03 ^b 9,78-11,25	9,83±0,78 ^b 9,27-10,39	9,38±0,65 ^{bc} 8,92-9,84	8,81±0,77 ^c 8,26-9,36	8,66±0,63 ^c 8,21-9,11	<0,001
Transversal Kesit	VY	13,70±1,72 ^a 12,45-14,93	12,45±0,94 ^{ab} 11,78-13,12	11,49±1,13 ^b 10,68-12,29	11,33±1,25 ^b 10,44-12,22	11,64±0,87 ^b 11,01-12,27	11,76±0,91 ^b 11,11-12,41	11,83±0,70 ^b 11,33-12,33	<0,001
	CVG		5,03±0,80 ^b 4,46-5,60	5,91±0,68 ^{ab} 5,41-6,40	5,56±0,61 ^{b c} 5,13-5,99	6,34±0,85 ^{ac} 5,74-6,94	6,81±0,97 ^a 6,11-7,51	6,87±1,08 ^a 6,10-7,64	<0,001
	CVY		4,10±0,5 3,74-4,46	3,78±0,49 3,43-4,13	3,53±0,55 3,14-3,29	3,53±0,33 3,30-3,76	3,74±0,49 3,39-4,09	3,61±0,43 3,30-3,92	0,079
	CvG	10,46±0,80 ^a 9,89-11,03	6,46±0,63 ^c 6,01-6,91	6,92±0,36 ^{de} 6,66-7,18	7,60±0,45 ^d 7,28-7,92	8,18±0,52 ^{cd} 7,81-8,55	9,05±0,69 ^b 8,55-9,54	8,97±0,62 ^{bc} 8,53-9,55	<0,001
	CvY	8,72±1,59 ^a 7,58-9,86	6,70±0,31 ^{ab} 6,48-6,92	5,93±0,47 ^c 5,59-6,26	6,12±0,32 ^c 5,89-6,35	6,55±0,55 ^{bc} 6,16-6,94	7,08±0,50 ^{ab} 6,72-7,44	7,06±0,55 ^{ab} 6,66-7,46	<0,001
	MsG	9,15±1,09 ^a 8,37-9,93	5,16±0,69 ^f 4,67-5,65	5,43±0,46 ^{ef} 5,10-5,76	6,17±0,43 ^{de} 5,87-6,48	6,71±0,67 ^{cd} 6,23-7,19	7,65±0,75 ^b 7,11-8,19	7,46±0,49 ^{bc} 7,11-7,81	<0,001
	MsY	7,40±1,72 ^{ab} 6,17-8,63	5,89±0,27 ^b 5,70-6,08	5,19±0,44 ^{ac} 4,87-5,51	5,33±0,25 ^{ac} 5,15-5,52	5,58±0,55 ^{abc} 5,18-5,98	6,23±0,53 ^b 5,85-6,61	6,02±0,39 ^b 5,74-6,30	<0,001

CVU: corpus vertebra uzunluğu; VY: vertebra yüksekliği; CVG: corpus vertebra yüksekliği; CVY: corpus vertebra genişliği; CvG: canalis vertebralis genişliği; CvY: canalis vertebralis yüksekliği; MsG: medulla spinalis genişliği; MsY: medulla spinalis yüksekliği. ^{a,b,c,d}: Farklı harfler arasında istatistiksel fark vardır. İstatistiksel anlamlılık $P \leq 0,05$.

Çalışmamızda, BT sagittal kesitlerde, C2–C7 arası CVU ölçümleri değerlendirildiğinde, vertebralar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar gözlemlenmiştir ($P<0,001$) (Tablo 10). CVU, ortalama değeri en yüksek C2 düzeyinde ($20,45\pm1,39$ mm), en düşük ortalama değer C7 düzeyinde ($8,66\pm0,63$ mm) ölçülmüştür. Bu dağılım, servikal omurganın kranialden kaudale doğru ilerledikçe CVU anlamlı bir azalma olduğunu göstermektedir. Elde edilen veriler, servikal omurların morfolojik farklılıklarını ve segmentler arası geometrik değişimleri ortaya koymakta; özellikle C2 vertebraasının yapısal olarak diğer segmentlerden ayrıştığını göstermektedir. BT transversal kesitlerde, C1–C7 arası yapılan morfometrik değerlendirmelerde, VY, CvG, CvY, MsY, MsY gibi parametrelerde vertebralar arasında anlamlı farklar tespit edilmiş ($P<0.001$), buna karşılık, C2–C7 düzeyleri arasında CVY parametresi açısından anlamlı bir farklılık saptanmamış ($P=0.079$), corpus vertebra yüksekliğinin segmentler arasında daha homojen dağıldığı belirlenmiştir. Ancak CVG parametresinde istatistiksel olarak anlamlı şekilde farklılık saptanmıştır ($P<0.001$) (Tablo 10). Özellikle C1 düzeyi, pek çok parametrede istatistiksel olarak anlamlı şekilde diğer segmentlerden farklılık göstermektedir. VY, en yüksek ortalama değer C1 düzeyinde ($13,70\pm1,72$ mm), en düşük ortalama değer C4 düzeyinde ($11,33\pm1,25$ mm) ölçülmüştür. CvG, en yüksek ortalama değer C1 düzeyinde ($10,46\pm0,80$ mm), en düşük ortalama değer C2 düzeyinde ($6,46\pm0,63$ mm) ölçülmüştür. CvY, en yüksek ortalama değer C1 düzeyinde ($8,72\pm1,59$ mm), en düşük ortalama değer C3 düzeyinde ($5,93-0,47$ mm) ölçülmüştür. MsG, en yüksek ortalama değer C1 düzeyinde ($9,15\pm1,09$ mm), en düşük ortalama değer C2 düzeyinde ($5,16\pm0,69$ mm) ölçülmüştür. MsY, en yüksek ortalama değer C1 düzeyinde ($7,40\pm1,72$ mm), en düşük ortalama değer C3 düzeyinde ($5,19\pm0,44$ mm) olarak ölçüldü. CVG, en yüksek ortalama değer C7 düzeyinde ($6,87\pm1,08$ mm), en düşük ortalama değer ($5,03\pm0,80$ mm) olarak ölçülmüştür (Tablo 10).

Tablo 11. BT Torakal vertebra ölçümleri.

	Sagittal Kesit	Transversal Kesit						
Parametreler	CVU	VY	CVG	CVY	CvG	CvY	MsG	MsY
Torakal I	8,42±0,52 ^{a c} 8,05-8,79	10,85±0,85 10,24-11,46	6,25±0,84 ^{a b} 5,64-6,85	3,57±0,51 ^c 3,21-3,93	8,27±0,63 ^a 7,82-8,72	6,04±0,78 ^a 5,49-6,60	6,60±0,63 ^a 6,21-7,11	5,16±0,61 ^a 4,73-5,59
Torakal II	8,22±0,65 ^a 7,76-8,68	10,67±0,75 10,13-11,21	5,71±0,67 ^a 5,23-6,19	3,73±0,45 ^c 3,41-4,05	7,03±0,68 ^a 6,54-7,52	5,50±0,59 ^{a b} 5,08-5,92	5,72±0,54 ^{ade} 5,34-6,10	4,50±0,50 ^{ab} 4,15-4,86
Torakal III	8,06±0,75 ^a 7,52-8,60	10,52±0,91 9,87-11,17	5,91±0,55 ^{a b} 5,52-6,30	3,97±0,41 ^{c d e} 3,68-4,26	6,89±0,43 ^{a c} 6,58-7,20	5,26±0,50 ^{a b} 4,90-5,62	5,32±0,25 ^{ae} 5,14-5,50	4,29±0,37 ^{bc} 4,03-4,55
Torakal IV	8,24±0,65 ^a 7,77-8,71	10,55±0,61 10,11-10,99	6,72±0,87 ^{a b} 6,09-7,35	4,07±0,30 ^{c d e} 3,85-4,29	6,19±0,40 ^{bc} 5,91-6,48	5,17±0,53 ^{a b} 4,79-5,55	4,83±0,33 ^{b c} 4,60-5,06	4,11±0,44 ^{bcd} 3,80-4,24
Torakal V	8,40±0,70 ^{a c} 7,90-8,90	10,46±0,67 9,98-10,94	6,81±0,77 ^{a b} 6,26-7,36	4,32±0,30 ^{b c d} 4,11-4,54	5,93±0,39 ^c 5,65-6,28	5,23±0,43 ^{a b} 4,92-5,54	4,42±0,46 ^{be} 4,10-4,75	4,26±0,44 ^{bc} 3,95-4,57
Torakal VI	8,38±0,69 ^{a c} 7,89-8,87	10,70±0,74 10,17-11,23	6,42±0,73 ^{a b} 5,90-6,94	4,55±0,37 ^{a b c} 4,28-4,82	5,88±0,51 ^{b c} 5,52-6,24	5,03±0,57 ^{a b} 4,62-5,44	4,50±0,58 ^{b ce} 4,08-4,92	4,16±0,44 ^{bc} 3,84-4,48
Torakal VII	8,82±0,67 ^{acd} 8,34-9,30	10,57±0,48 10,22-10,92	6,50±0,59 ^{a b} 6,08-6,92	4,32±0,23 ^{b c d} 4,16-4,48	5,96±0,67 ^{b c} 5,48-6,44	5,14±0,35 ^{a b} 4,89-5,39	4,50±0,56 ^{b ce} 4,10-4,90	4,08±0,33 ^{bcd} 3,84-4,32
Torakal VIII	9,17±0,71 ^{ade} 8,66-9,68	10,75±0,47 10,41-11,09	6,35±0,36 ^{a b} 6,09-6,61	4,35±0,38 ^{b c d} 4,08-4,62	5,97±0,55 ^{b c} 5,57-6,37	5,46±0,53 ^{a b} 5,08-5,84	4,60±0,58 ^{b cde} 4,19-5,01	4,41±0,38 ^b 4,14-4,68
Torakal IX	9,61±0,77 ^{ade} 9,06-10,16	10,47±0,45 10,15-10,79	6,33±0,34 ^{a b} 6,09-6,57	4,40±0,24 ^{a b c} 4,23-4,58	5,88±0,37 ^{b c} 5,62-6,14	5,06±0,35 ^{a b} 4,81-5,31	4,48±0,34 ^{bce} 4,24-4,73	4,17±0,29 ^{bc} 3,96-4,38
Torakal X	10,48±0,95 ^{bcd e} 9,80-11,16	10,69±0,49 10,34-11,04	6,90±0,57 ^b 6,49-7,31	4,73±0,45 ^{a b} 4,41-5,05	6,39±0,54 ^{b c} 6,00-6,78	5,12±0,32 ^{a b} 4,89-5,35	5,17±0,96 ^{bce} 4,49-5,85	4,21±0,29 ^{bc} 4,00-4,42
Torakal XI	11,33±0,95 ^{bde} 10,65-12,01	11,29±1,36 10,32-12,26	7,08±0,84 ^b 6,48-7,68	5,00±0,40 ^a 4,71-5,29	6,36±0,51 ^c 5,99-6,72	4,69±0,50 ^{a b} 4,33-5,05	4,80±0,58 ^{b ce} 4,39-5,21	3,74±0,46 ^{cd} 3,41-4,07
Torakal XII	12,14±1,00 ^{be} 11,42-12,86	10,89±1,01 10,17-11,62	6,22±1,00 ^{a b} 5,50-6,94	4,80±0,54 ^{a b} 4,41-5,19	6,18±0,54 ^{b c} 5,79-6,57	4,47±0,47 ^{a b} 4,13-4,81	4,67±0,49 ^{b ce} 4,32-5,02	3,45±0,45 ^d 3,13-3,77
Torakal XIII	12,94±0,75 ^{be} 12,40-13,48	11,07±0,92 10,41-11,73	7,23±1,75 ^{a b} 5,98-8,48 ^a	4,59±0,63 ^{a b c} 4,14-5,04	6,34±0,62 ^{b c} 5,90-6,79	4,76±0,49 ^b 4,41-5,11	4,48±0,67 ^{b c} 4,15-4,81	3,69±0,62 ^{cd} 3,25-4,13
P	<0,001	0,576	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

CVU: corpus vertebra uzunluğu; VY: vertebra yüksekliği; CVG: corpus vertebra yüksekliği; CVY: corpus vertebra genişliği; CvG: canalis vertebralis genişliği; CvY: canalis vertebralis yüksekliği; MsG: medulla spinalis genişliği; MsY: medulla spinalis yüksekliği. ^{a,b,c,d}: Farklı harfler arasında istatistiksel fark vardır. İstatistiksel anlamlılık $P \leq 0,05$.

Çalışmamızda, BT sagittal kesitlerde, T1–T13 segmentine ait CVU ölçümleri değerlendirildiğinde, düzeyler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P<0,001$) (Tablo 11). İlk yedi torakal vertebrada ortalama CVU 8–9 mm aralığında seyretmiştir. T8–T10 düzeylerinde ölçülen ortalamalar belirgin şekilde artış göstermiştir; özellikle T10’da ($10,48\pm0,95$ mm) bu artış dikkat çekicidir. En uzun CVU değeri T11–T13 düzeylerinde saptanmış olup, T13’te ($12,94\pm0,75$ mm) bu ölçüm istatistiksel olarak en yüksek düzeye ulaşmıştır. Bu bulgular, torakal vertebralarda kaudale doğru ilerledikçe corpus vertebra uzunluğunda anlamlı bir artış olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle T10 sonrası vertebralarda artış daha belirgindir (Tablo 11). T1–T13 transversal kesitlerde yapılan morfometrik ölçümlerde, özellikle CVY, CvG, CvY, MsY ve MsG gibi parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı farklar gözlenmiştir ($P<0,001$) (Tablo 11). Buna karşılık, VY parametresi torakal vertebralarda istatistiksel olarak anlamlı fark göstermemiştir ($P=0,576$). (Tablo 11). CVY, T1–T4 düzeylerinde daha düşük olup ($3,57\text{--}4,07$ mm), T11–T13 düzeylerinde anlamlı biçimde artış göstermiştir; en yüksek değer T11 düzeyinde $5,00\pm0,40$ mm olarak ölçülmüştür. Bu artış, kaudal torakal segmentlerin daha geniş ve kalın bir korpus yapısına sahip olduğunu ortaya koymaktadır. CvG, en yüksek ortalama değer T1 düzeyinde $8,27\pm0,63$ mm ölçülmüş olup kaudal segmentlere doğru anlamlı bir azalma göstermiştir. CvG, en düşük ortalama değer T9 düzeyinde $5,88\pm0,37$ mm olarak ölçülmüştür. Benzer bir dağılım CvY parametresinde de gözlenmiş olup en yüksek ortalama değer T1 düzeyinde $6,04\pm0,78$ mm, en düşük ortalama değer ise T12 düzeyinde $4,47\pm0,47$ mm olarak ölçülmüştür. T1 ve T2 düzeylerinde en yüksek ortalamalar kaydedilirken, T11–T13 düzeylerinde bu yükseklik anlamlı biçimde azalmıştır. MsG de benzer bir patern izlemekte; en yüksek ortalama değer T1 düzeyinde $6,60\pm0,63$ mm, en düşük ortalama değer T5 düzeyinde $4,42\pm0,46$ mm olarak ölçülmüştür. MsY, en yüksek ortalama değer T1 düzeyinde $5,16\pm0,61$ mm kaudale doğru istatistiksel olarak anlamlı biçimde azalarak, en düşük ortalama değer T12 düzeyinde $3,45\pm0,45$ mm olarak ölçülmüştür. CVG’de istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($P=0,002$). CVG en düşük ortalama değer T2 düzeyinde $5,71\pm0,67$ mm, en yüksek ortalama değer T13 düzeyinde $7,23\pm1,75$ mm olarak ölçülmüştür (Tablo 11).

Tablo 12. BT Lumbal vertebra ölçümleri.

	Parametreler	Lumbal I	Lumbal II	Lumbal III	Lumbal IV	Lumbal V	Lumbal VI	Lumbal VII	P
Sagittal Kesit	CVU	14,45±1,33 ^c 13,50-15,40	15,70±1,44 ^{bc} 14,67-16,73	17,18±1,03 ^b 16,44-17,92	18,31±1,61 ^{ab} 17,16-19,46	19,51±1,36 ^a 18,54-20,50	19,46±1,45 ^a 18,42-20,50	15,68±1,33 ^{bc} 14,73-16,63	<0,001
Transversal Kesit	VY	11,15±0,91 ^c 10,50-11,80	11,54±0,79 ^{bc} 10,98-12,10	12,17±0,71 ^{abc} 11,67-12,68	12,41±0,82 ^{ab} 11,82-13,00	13,18±0,88 ^a 12,55-13,81	12,06±0,92 ^{abc} 11,41-12,72	11,37±0,82 ^{bc} 10,79-11,96	<0,001
	CVG	8,19±1,32 ^{a b} 7,25-9,13	8,55±1,68 ^{a b} 7,35-9,76	8,66±1,66 ^{a b} 7,47-9,85	8,17±1,44 ^b 7,14-9,20	8,85±1,32 ^{a b} 7,91-9,76	9,80±1,63 ^{a b} 8,63-10,97	10,39±2,12 ^a 8,88-11,90	
	CVY	4,90±0,53 ^b 4,52-5,28	5,35±0,49 ^{a b} 5,00-5,70	5,73±0,45 ^a 5,41-6,06	5,65±0,55 ^{a b} 5,25-6,05	5,53±0,68 ^{a b} 5,05-6,01	5,29±0,64 ^{a b} 4,83-5,75	5,91±0,74 ^a 5,38-6,44	0,009
	CvG	6,39±0,60 ^c 5,96-6,82	6,24±0,55 ^c 5,85-6,64	6,56±0,56 ^{b c} 6,16-6,96	6,91±5,72 ^{b c} 6,05-7,32	7,96±0,66 ^a 7,49-8,43	7,99±0,90 ^a 7,35-8,63	7,37±0,72 ^{a b} 6,86-7,88	<0,001
	CvY	4,56±0,45 ^c 4,24-4,88	4,87±0,34 ^{b c} 4,62-5,12	4,98±0,44 ^{b c} 4,66-5,30	5,34±0,28 ^b 5,14-5,54	6,11±0,46 ^a 5,78-6,44	5,39±0,61 ^b 5,10-5,68	3,97±0,42 ^d 3,67-4,27	<0,001
	MsG	4,78±0,33 ^c 4,54-5,02	4,76±0,23 ^c 4,59-4,93	5,13±0,54 ^{bc} 4,77-5,52	5,38±0,61 ^{abc} 4,95-5,81	6,55±0,50 ^a 6,19-6,91	6,44±0,75 ^a 5,90-6,98	6,12±0,78 ^{ab} 5,56-6,68	<0,001
	MsY	3,57±0,34 ^c 3,32-3,82	3,91±0,34 ^{b c} 3,67-4,15	3,92±2,58 ^{b c} 3,74-4,10	4,37±2,25 ^b 4,19-4,55	4,97±378 ^a 4,70-5,24	4,40±0,42 ^b 4,10-4,70	3,12±0,40 ^c 2,83-3,41	<0,001

CVU: corpus vertebra uzunluğu; VY: vertebra yüksekliği; CVG: corpus vertebra yüksekliği; CVY: corpus vertebra genişliği; CvG: canalis vertebralis genişliği; CvY: canalis vertebralis yüksekliği; MsG: medulla spinalis genişliği; MsY: medulla spinalis yüksekliği. ^{a,b,c,d}: Farklı harfler arasında istatistiksel fark vardır. İstatistiksel anlamlılık $P \leq 0,05$.

Çalışmamızda, BT sagittal kesitlerde, L1-L7 ait CVU ölçümlerinde düzeyler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır ($P<0,001$) (Tablo 12). Ölçümler incelendiğinde, CVU en yüksek ortalama değer L5 düzeyinde $19,51\pm1,36$ mm, en düşük ortalama değeri L1 düzeyinde $14,45\pm1,33$ mm, ve olarak ölçülmüştür. Bu bulgular, lumbal bölgede corpus vertebra uzunluğunun kaudale doğru belirgin şekilde arttığını ortaya koymakta ve kaudal lumbal bölgenin yapısal olarak daha büyük ve yük taşıma kapasitesi açısından daha gelişmiş olduğunu düşündürmektedir. Transversal kesitlerde lumbal vertebra segmentlerine ait yapılan morфометrik değerlendirmeler sonucunda, VY ($P<0,001$), CVY ($P=0,009$), CVG ($P=0,021$), CvY ve CvG ($P<0,001$) ve MsY ve MsG ($P<0,001$), parametreleri açısından vertebra arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır (Tablo 12). VY, en yüksek ortalama değer L4 düzeyinde $12,41\pm0,82$ mm, en düşük ortalama değer L1 düzeyinde $11,15\pm0,91$ mm olarak ölçüldü. CVG, en yüksek ortalama değer L7 düzeyinde ($10,39\pm2,12$ mm), en düşük ortalama değer L4 düzeyinde ($8,17\pm1,44$ mm) olarak ölçülmüştür. CVY, L1 düzeyinde en düşük ortalama değere sahipken ($4,90\pm0,53$ mm), L7 segmentinde bu değer en yüksek seviyeye ulaşmıştır ($5,91\pm0,74$ mm) (Tablo 12). CvG, en yüksek ortalama değer L6 düzeyinde $7,99\pm0,900$ mm, en düşük ortalama değer L2 düzeyinde $6,24\pm0,55$ mm olarak ölçülmüştür. CvY, en yüksek ortalama değer L5 $6,11\pm0,46$ mm, en düşük L7 $3,97\pm0,42$ mm olarak ölçülmüştür. MsG, en yüksek ortalama değer L5 düzeyinde $6,55\pm0,50$ mm, en düşük ortalama değer L2 düzeyinde $4,76\pm0,23$ mm olarak ölçülmüştür. MsY, en yüksek ortalama değer L5 düzeyinde $4,97\pm378$ mm, en düşük ortalama değer L7 düzeyinde $3,12\pm0,40$ mm olarak ölçülmüştür (Tablo 12).

BT sagittal kesitte, C2–C3 ile C7–T1 segmentleri arasında, IVAG ($P=0,916$) ve IVAY ($P=0,977$) açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir (Tablo 13).

Tablo 13. BT Servikal bölgede intervertebral aralık ölçümleri (Sagittal kesit).

Parametreler	Servikal II-III	Servikal III-IV	Servikal IV-V	Servikal V-VI	Servikal VI-VII	Servikal VII - Torakal I	P
IVAG	$1,10\pm0,17$ 0,98-1,22	$1,08\pm0,25$ 0,90-1,26	$1,12\pm0,20$ 0,99-1,27	$1,06\pm0,20$ 0,92-1,20	$1,16\pm0,23$ 0,99-1,33	$1,07\pm0,28$ 0,87-1,27	0,916
IVAY	$3,75\pm0,48$ 3,41-4,10	$3,85\pm0,43$ 3,55-4,15	$3,72\pm0,34$ 3,48-3,96	$3,75\pm0,41$ 3,46-4,04	$3,73\pm0,34$ 3,49-3,97	$3,81\pm0,44$ 3,50-4,12	0,977

IVAG: intervertebral aralık genişliği; IVAY: intervertebral aralık genişliği. ^{a,b,c,d} : Farklı harfler arasında istatistiksel fark vardır. İstatistiksel anlamlılık $P\leq 0,05$.

BT sagittal kesitte T1–T2 ile T13–L1 segmentleri arasında IVAG ve IVAY ölçümlerinde, segmentler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır ($P<0,001$) (Tablo 14). IVAG, en yüksek ortalama değer, T13–L1 aralığında ($1,38\pm0,18$ mm), en düşük ortalama değer T1–T2 aralığında ($0,88\pm0,12$ mm) olarak. IVAY, en yüksek ortalama değer T13–L1 aralığında ($5,26\pm0,59$ mm), en düşük ortalama değer T3–T4 düzeyinde ($3,65\pm0,76$ mm) olarak ölçülmüştür. Her iki parametrede de kraniyal torakal segmentlerden kaudal torakal segmentlere doğru belirgin bir artış eğilimi gözlenmiştir (Tablo 14).

Tablo 14. BT torakal vertebralarda intervertebral aralık ölçümleri.

Parametreler	IVAG	IVAY
Torakal I-II	$0,88\pm0,12^a$ 0,79-0,67	$3,97\pm0,62^{ac}$ 3,53-4,10
Torakal II-III	$0,94\pm0,26^{ac}$ 0,75-1,13	$3,88\pm0,51^{ac}$ 3,52-4,24
Torakal III-IV	$0,95\pm0,25^a$ 0,77-1,13	$3,65\pm0,76^a$ 3,10-4,19
Torakal IV-V	$1,05\pm0,26^{ab}$ 0,86-1,24	$3,67\pm0,76^a$ 3,12-4,21
Torakal V-VI	$1,00\pm0,16^{ac}$ 0,88-1,12	$4,13\pm0,55^{ad}$ 3,74-4,25
Torakal VI-VII	$0,90\pm0,33^{ac}$ 0,67-1,14	$4,33\pm0,43^{ade}$ 4,02-4,64
Torakal VII-VIII	$1,06\pm0,14^{ab}$ 0,96-1,16	$4,49\pm0,35^{ade}$ 4,24-4,74
Torakal VIII-IX	$1,05\pm0,10^{ab}$ 0,98-1,12	$4,75\pm0,41^{ade}$ 4,46-5,04
Torakal IX-X	$0,97\pm0,06^{ac}$ 0,92-1,02	$4,76\pm0,43^{ade}$ 4,45-5,07
Torakal X-XI	$1,09\pm0,32^{ab}$ 0,86-1,32	$4,84\pm0,38^{bcde}$ 4,57-5,11
Torakal XI-XII	$1,20\pm0,19^b$ 1,06-1,34	$5,07\pm0,52^{bde}$ 4,70-5,44
Torakal XII-XIII	$1,27\pm0,18^{bc}$ 1,14-1,40	$5,13\pm0,45^{bde}$ 4,80-5,46
Torakal XIII-Lumbal I	$1,38\pm0,18^b$ 1,25-1,51	$5,26\pm0,59^{bc}$ 4,84-5,68
P	<0,001	<0,001

IVAG: intervertebral aralık genişliği; IVAY: intervertebral aralık genişliği. ^{a,b,c,d} : Farklı harfler arasında istatistiksel fark vardır. İstatistiksel anlamlılık $P\leq 0,05$.

Tablo 15. Lumbal vertebralarda intervertebral aralık ölçümleri.

Parametreler	Lumbal I-II	Lumbal II-III	Lumbal III-IV	Lumbal IV-V	Lumbal V-VI	Lumbal VI-VII	Lumbal VII - Sakral I	P
IVAG	1,47±0,23 1,31-1,64	1,43±0,26 1,24-1,62	1,38±0,15 1,27-1,48	1,33±0,15 1,22-1,44	1,32±0,19 1,78-1,46	1,29±0,14 1,19-1,39	1,49±0,31 1,27-1,71	0,358
IVAY	5,48±0,68 4,99-5,67	5,65±0,69 5,18-6,14	5,83±0,59 5,40-6,26	5,89±0,69 5,39-6,38	6,01±0,58 5,59-6,43	6,25±0,51 5,89-6,61	6,01±0,44 5,70-6,32	0,121

IVAG: intervertebral aralık genişliği; IVAY: intervertebral aralık genişliği. ^{a,b,c,d}: Farklı harfler arasında istatistiksel fark vardır. İstatistiksel anlamlılık $P \leq 0,05$.

BT sagittal kesit L1-L2 ile L7-S1 segmentler arasında yapılan IVAG ($p=0,358$) ve IVAY ($p=0,121$) ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır (Tablo15).

Tablo 16. BT transversal kesit, pediküle ait parametrelerin bölgeler bazında karşılaştırılması, Ort $\pm$ SS; %95 Güven aralığı (Alt sınır-Üst sınır).

Parametreler	Servikal N=7	Torakal N=13	Lumbal N=7	P
PU	6,35 $\pm$ 0,67 ^a 6,18-6,52	5,44 $\pm$ 1,04 ^b 5,19-5,69	6,33 $\pm$ 0,65 ^a 6,17-6,49	< 0,001
TPG	1,51 $\pm$ 0,31 ^b 1,42-1,59	1,62 $\pm$ 0,31 ^b 1,54-1,69	1,78 $\pm$ 0,39 ^a 1,74-1,93	< 0,001
TPA ^o	45,25 $\pm$ 6,50 ^a 43,57-46,92	36,31 $\pm$ 5,02 ^b 35,11-37,51	31,76 $\pm$ 2,97 ^c 31,05-32,49	< 0,001

PU: pedikül uzunluğu; TPG: transversal pedikül genişliği; TPA: transversal pedikül açısı. ^{a,b,c,d}: Farklı harfler arasında istatistiksel fark vardır. İstatistiksel anlamlılık $P \leq 0,05$.

Kolumna vertebralis boyunca PU, TPG ve TPA değerlerinde bölgeler arasında anlamlı farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir ($P < 0,001$). PU değerlerinde servikal ve lumbal bölge arasında anlamlı bir fark yoktur. Torakal bölgedeki PU, servikal ve lumbal bölgelere kıyasla belirgin şekilde daha kısadır (Tablo 16). TPG değerlerinde, servikal ve torakal bölge arasında anlamlı bir fark yoktur. Lumbal bölgede TPG değerleri diğer bölgelerden daha yüksektir. TPA değerlerinde ise her bölgede anlamlı bir fark vardır. TPA, en geniş servikal bölgede, en dar lumbal bölgede ölçülmüştür (Tablo 16).

Tablo 17. BT transversal kesit, servikal bölgede pediküle ait parametrelerin karşılaştırılması.

Parametreler	Servikal I	Servikal II	Servikal III	Servikal IV	Servikal V	Servikal VI	Servikal VII	P
PU		7,06±0,73 ^a 6,53-7,58	6,26±0,31 ^b 3,03-6,48	6,01±0,48 ^b 5,66-6,36	6,13±0,51 ^b 5,76-6,50	6,58±0,62 ^{a b} 6,14-7,02	6,09±0,71 ^b 5,58-6,60	0,001
TPG		1,33±0,26 ^b 1,13-1,52	1,35±0,34 ^b 1,10-1,59	1,52±0,23 ^b 1,35-1,68	1,57±0,29 ^b 1,36-1,77	1,62±0,35 ^b 1,36-1,87	1,67±0,27 ^a 1,47-1,86	0,008
TPA°		37,65±5,11 ^c 33,98-41,31	40,04±3,75 ^{d e} 37,35-42,72	44,69±2,46 ^{c d} 42,92-46,72	50,02±3,39 ^{a b} 47,59-52,44	52,79±5,33 ^a 48,97-56,60	46,31±2,53 ^{b c} 44,49-48,12	< 0,001

PU: pedikül uzunluğu; TPG: transversal pedikül genişliği; TPA: transversal pedikül açısı. ^{a, b, c, d}: Farklı harfler arasında istatistiksel fark vardır. İstatistiksel anlamlılık $P \leq 0,05$.

Tablo 18. BT transversal kesit, torakal bölgede pediküle ait parametrelerin karşılaştırılması.

Parametreler	PU	TPG	TPA°
Torakal I	5,80±0,87 ^a 5,12-6,42	1,79±0,26 ^a 1,60-1,98	42,01±3,03 ^a 39,83-44,18
Torakal II	5,30±1,01 ^c 4,57-6,02	1,46±0,27 ^b 1,27-1,65	39,81±3,66 ^{ab} 37,18-42,43
Torakal III	5,05±0,96 ^c 4,36-5,73	1,43±0,28 ^b 1,23-1,63	39,47±3,46 ^{abc} 36,99-41,94
Torakal IV	4,94±0,54 ^c 4,55-5,32	1,17±0,18 ^b 1,04-1,30	36,30±1,97 ^{bcd} 34,88-37,71
Torakal V	5,19±0,55 ^c 4,79-5,58	1,26±0,23 ^b 1,09-1,43	34,69±2,64 ^{cd} 32,79-36,58
Torakal VI	4,83±0,46 ^c 4,49-5,16	1,40±0,22 ^b 1,23-1,56	35,48±2,63 ^{bcd} 33,59-37,36
Torakal VII	5,03±0,34 ^c 4,78-5,27	1,47±0,31 ^b 1,25-1,69	35,08±2,19 ^{bcd} 33,51-36,64
Torakal VIII	4,80±0,52 ^c 4,42-5,17	1,39±0,29 ^b 1,18-1,60	35,99±3,65 ^{bcd} 33,37-38,60
Torakal IX	4,69±0,50 ^{bc} 4,32-5,05	1,56±0,27 ^b 1,36-1,75	36,07±4,39 ^{bcd} 32,92-39,21
Torakal X	4,19±0,40 ^b 3,90-4,47	1,52±0,30 ^b 1,29-1,74	34,82±4,52 ^{cd} 31,58-38,05
Torakal XI	5,87±1,37 ^{ac} 4,88-6,85	1,58±0,29 ^b 1,37-1,79	33,58±3,66 ^d 30,95-36,20
Torakal XII	5,84±0,42 ^{ac} 5,53-6,14	1,74±0,36 ^{a b} 1,48-2,00	32,90±2,38 ^d 31,19-34,61
Torakal XIII	6,05±0,72 ^a 5,53-6,56	1,79±0,17 ^a 1,66-1,92	31,59±3,10 ^d 29,37-33,81
P	< 0,001	< 0,001	< 0,001

PU: pedikül uzunluğu; TPG: transversal pedikül genişliği; TPA: transversal pedikül açısı. ^{a,b,c,d}: Farklı harfler arasında istatistiksel fark vardır. İstatistiksel anlamlılık $P \leq 0,05$.

Servikal bölge boyunca PU'ı değerlendirildiğinde, herbir vertebra seviyesinde anlamlı fark vardır ($p=0,001$). En yüksek PU, C2 seviyesinde $7,06 \pm 0,73$ mm, en düşük C4 seviyesinde $6,01 \pm 0,48$ mm olarak ölçülmüş olup genel olarak C3-C7 arasında istatistiksel fark yoktur. TPG'i değerlendirildiğinde her bir vertebra düzeyinde anlamlı fark vardır ($p=0,008$). En geniş TPG, C7 seviyesinde $1,67 \pm 0,27$ mm, en dar C2 seviyesinde $1,33 \pm 0,26$ mm ölçülmüş olup genel olarak C2-C6 arasında istatistiksel fark yoktur. TPA'nda her seviyede anlamlı farklılıklar vardır ($P < 0,001$). En geniş TPA, C6 seviyesinde $52,79 \pm 5,33$ derece, en dar C2 seviyesinde $37,65 \pm 5,11$ derece olarak ölçüldü (Tablo 17).

Torakal bölgede PU, TPG ve TPA değerlerinde her vertebra seviyesinde anlamlı farklılıklar vardır ($P < 0,001$). PU, en yüksek değeri T13 seviyesinde $6,05 \pm 0,72$ mm, en düşük T10 seviyesinde $4,19 \pm 0,40$ mm ölçülmüştür. TPG, en geniş T1 seviyesinde $1,79 \pm 0,26$ mm, en dar T4 seviyesinde $1,17 \pm 0,18$ mm olarak ölçülmüştür. TPA, en geniş T1

seviyesinde $42,01\pm3,03$ derece, en dar T13 seviyesinde $31,59\pm3,10$ derece olarak ölçülmüştür (Tablo 18).

Lumbal bölgede PU, TPG ve TPA değerlerinde her vertebra seviyesinde anlamlı farklılıklar vardır ($P<0,001$). PU, en uzun L5 seviyesinde $7,33\pm0,52$ mm, en düşük L7 seviyesinde $5,76\pm0,29$ mm ölçüldü. TPG, en geniş L7 seviyesinde $2,36\pm0,23$ mm, en dar L5 seviyesinde $1,58\pm0,25$ mm olarak tespit edildi. TPA, en geniş L7 seviyesinde $35,92\pm1,44$ derece, en dar L3 seviyesinde $29,44\pm1,72$ derece olarak ölçüldü (Tablo 19).

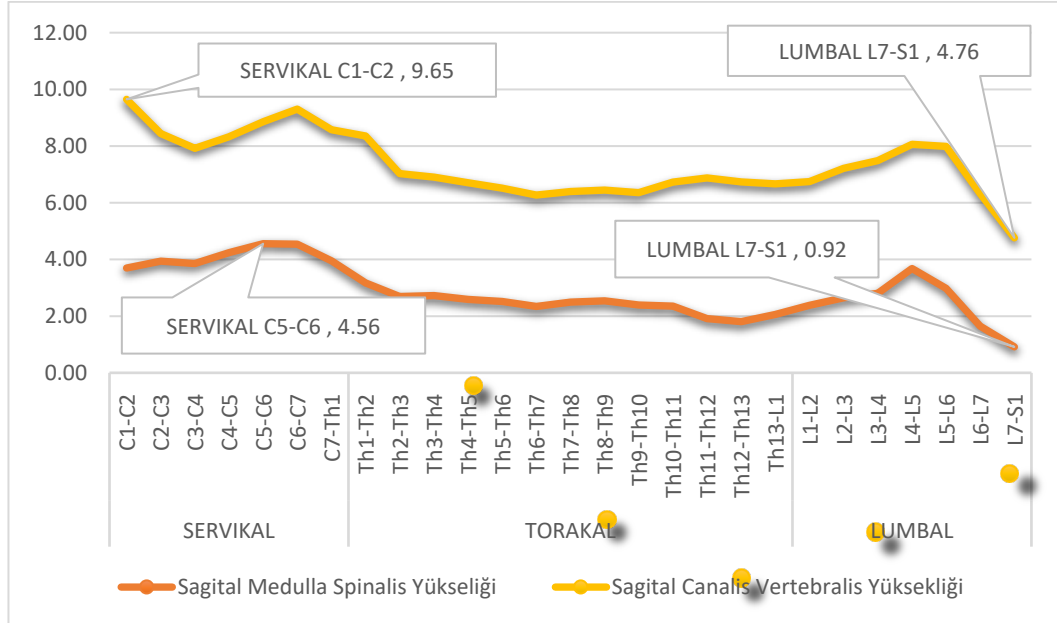
Tablo 19. BT transversal kesit, lumbal bölgede pediküle ait parametrelerin karşılaştırılması.

Parametreler	Lumbal I	Lumbal II	Lumbal III	Lumbal IV	Lumbal V	Lumbal VI	Lumbal VII	P
PU	6,18±0,39 ^{b c} 5,89-6,46	5,89±0,30 ^{b c} 5,67-6,10	6,04±0,42 ^{b c} 5,73-6,34	6,53±0,55 ^{a b} 6,13-6,92	7,33±0,52 ^a 6,95-7,70	6,58±0,47 ^a 6,24-6,91	5,76±0,29 ^c 5,54-5,97	< 0,001
TPG	1,63±0,27 ^b 1,43-1,82	1,90±0,28 ^b 1,70-1,97	1,71±0,36 ^b 1,45-1,97	1,88±0,23 ^b 1,72-2,04	1,58±0,25 ^b 1,39-1,76	1,81±0,51 ^{a b} 1,44-2,18	2,36±0,23 ^a 2,19-2,52	< 0,001
TPA	30,39±2,73 ^{b c} 28,43-32,35	30,10±1,62 ^c 28,94-31,26	29,44±1,72 ^c 28,21-30,67	29,99±1,40 ^c 28,98-30,99	32,47±2,60 ^{a c} 30,60-34,33	34,01±1,91 ^{a b} 32,64-35,38	35,92±1,44 ^a 34,89-36,94	< 0,001

PU: pedikül uzunluğu; TPG: transversal pedikül genişliği; TPA: transversal pedikül açısı. ^{a,b,c,d}: Farklı harfler arasında istatistiksel fark vardır. İstatistiksel anlamlılık $P \leq 0,05$.

4.2. MRG ile Elde Edilen Bulgular

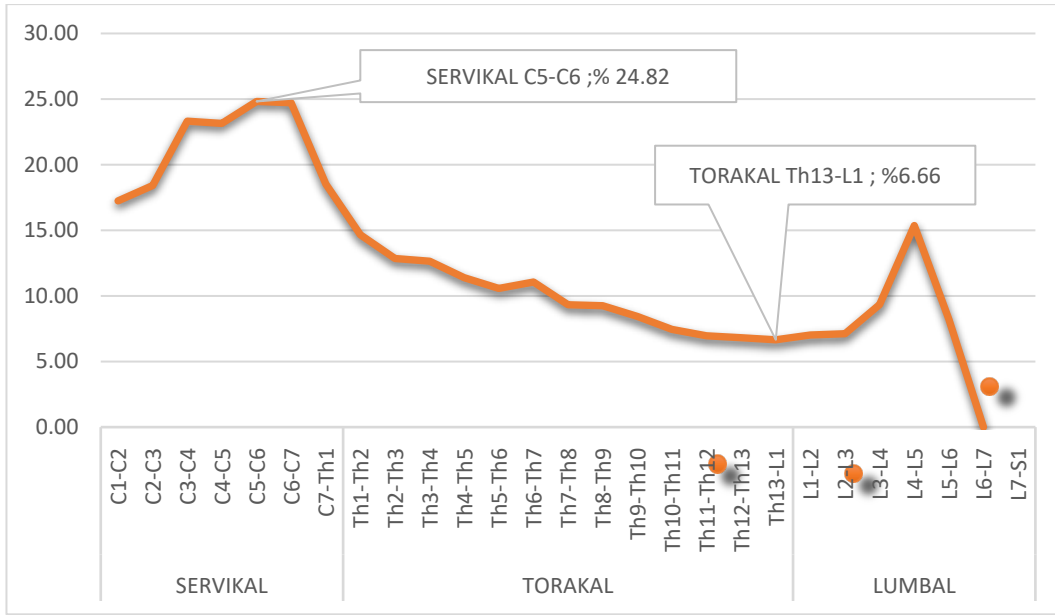
Şekil 11’de, kolumna vertebralis boyunca sagittal medulla spinalis yüksekliği (turuncu) ile sagittal canalis vertebralis yüksekliğinin (sarı) değişimi görülmektedir.



Şekil 11. MR sagittal kesitte, kolumna vertebraliste bölgelere göre, SMsY (turuncu) (mm) ve SCvY (sarı) (mm).

Kolumna vertebralis boyunca sagittal kesit MR görüntüleri değerlendirildiğinde, SCvY’nin doğal olarak her bölgede SMsY’den daha fazla olduğu gözlemlenmektedir. Kolumna vertebralis boyunca SMsY’nin en yüksek değeri C5-C6 aralığında (4,56 mm), en düşük değerini ise L7-S1 aralığında (0,92 mm) tespit edildi. SCvY’nin ise kolumna vertebralis boyunca en yüksek değeri C1-C2 aralığında 9,65 mm, en düşük değeri ise L7-S1 aralığında 4,76 mm olarak ölçülmüştür. SCvY ve SMsY değerleri, genel olarak servikal bölgede torakal ve lumbal bölgeye göre daha yüksek seyretmektedir. Lumbal bölgeye geçişle tekrardan yükselen bu değerler, L4-L5 seviyesinde belirgin bir artış göstermekte ve bu seviyeden sonra düşüşe geçmektedir. Bu bulgu, bu seviyede medulla spinalisin daralmaya başladığını göstermektedir (Şekil 11).

Şekilte 12, medulla spinalisin (MS) canalis vertebralis (Cv) içerisindeki kapladığı alan yüzdesi (MS/Cv oranı) servikalden sakruma doğru kolumna vertebralis görsel olarak sunulmuştur.



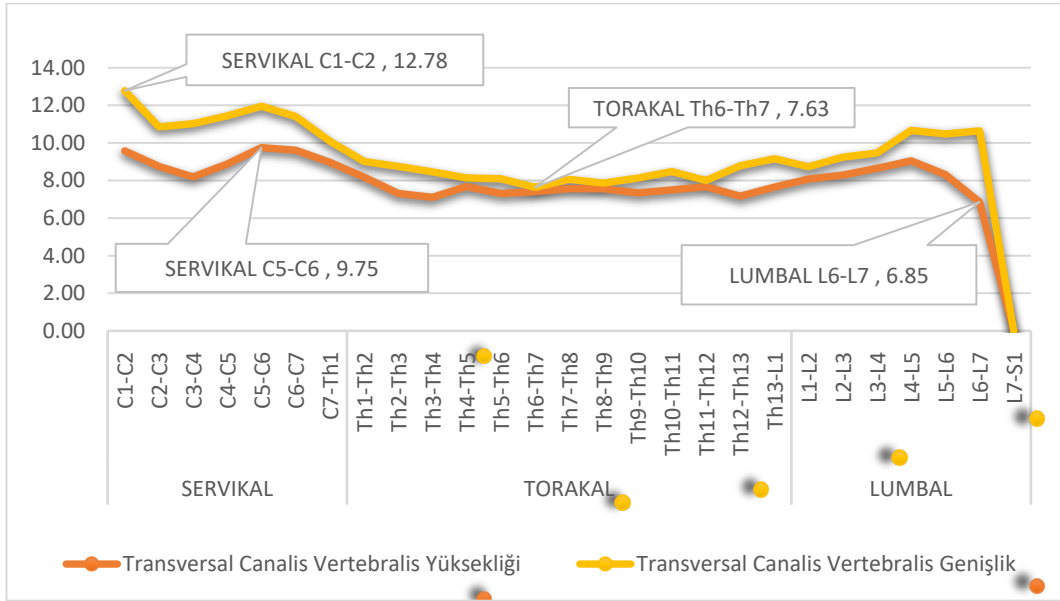
Şekil 12. MR görüntülemelerde MS alanının Cv alanına oranı (MS/Cv) (*100).

Şekil 12 incelendiğinde, servikal bölgede MS/Cv oranının genel olarak yüksek seyrettiği, özellikle kolumna vertebralis boyunca en yüksek değerine C5–C6 düzeyinde %24,82 ile ulaştığı görülmektedir. Torakal bölge boyunca MS/Cv oranında belirgin bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. Bu oran, torakal vertebrae'nin çoğunda %10'un altında seyretmekte olup, kolumna vertebralis boyunca en düşük değere Th13–L1 aralığında (%6,66) ulaştığı gözlemlenmiştir. Lumbal bölgeye geçişle birlikte MS/Cv alan oranında yeniden bir artış eğilimi gözlenmiş, L5–L6 düzeyinde oran %15 civarına yükselmiştir. Bu artış, conus medullaris'in sonlandığı ve cauda equina yapılarının yer aldığı bu bölgede spinal kanalın yeniden görece daha “dolgun” bir yapı sergilediğini düşündürmektedir. Ancak, L7–S1 düzeyinde oran neredeyse sıfıra yakın ölçülmüştür; bu da medulla spinalisin bu düzeyde sonlandığını ve sadece sinir köklerinin bulunduğunu yansıtan anatomik bir sonuçtur (Garfik 12).

Şekil 13'de, transversal kesitte ölçülen canalis vertebralis yüksekliği (turuncu) ve genişliği (sarı) gösterilmiştir.

Kolumna vertebralis boyunca, TCvY ve TCvG değerleri servikal bölgede diğer bölgelerden daha yüksek bulundu. TCvY'nin kolumna vertebralis boyunca en yüksek değeri servikal bölgede C5-C6 aralığında 9,75 mm olarak ölçüldü. Torakal bölgeye geçişle birlikte TCvY'nde düşüş görülmekte ve tüm torakal bölge boyunca bu değerler birbirine yakın seyretmektedir. TCvY'i, torakalden lumbal bölgeye geçiş ile birlikte L4-L5 seviyesine kadar

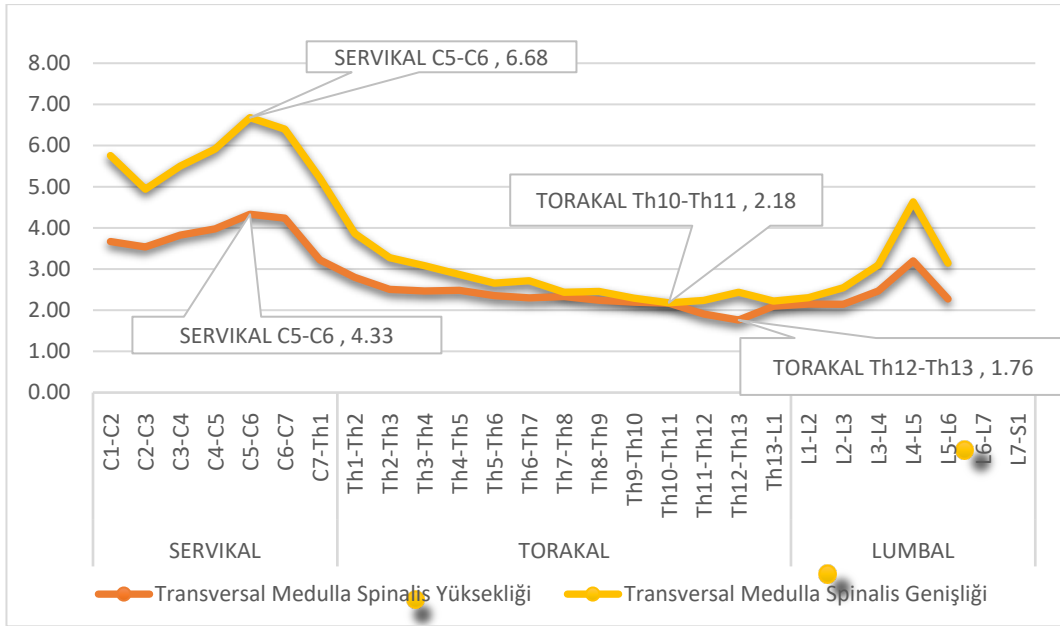
artış gösterdi. TCvY'nin, kolumna vertebralis boyunca en düşük değeri lumbal bölgede L6-L7 aralığında 6,85 mm olarak ölçüldü. TCvG'nin, kolumna vertebralis boyunca en yüksek değeri C1-C2 aralığında 12,78 mm olarak ölçüldü. Servikal bölgeden torakal bölgeye doğru değerlerde bir düşme gözlemlendi ve kolumna vertebralis boyunca TCvG'nin en düşük olduğu seviye T6-T7 aralığında 7,63 olarak ölçüldü. (Şekil 13).



Şekil 13. MR transversal kesitte, kolumna vertebralis boyunca, TCvY (turuncu) (mm) ve TCvG (sarı) (mm).

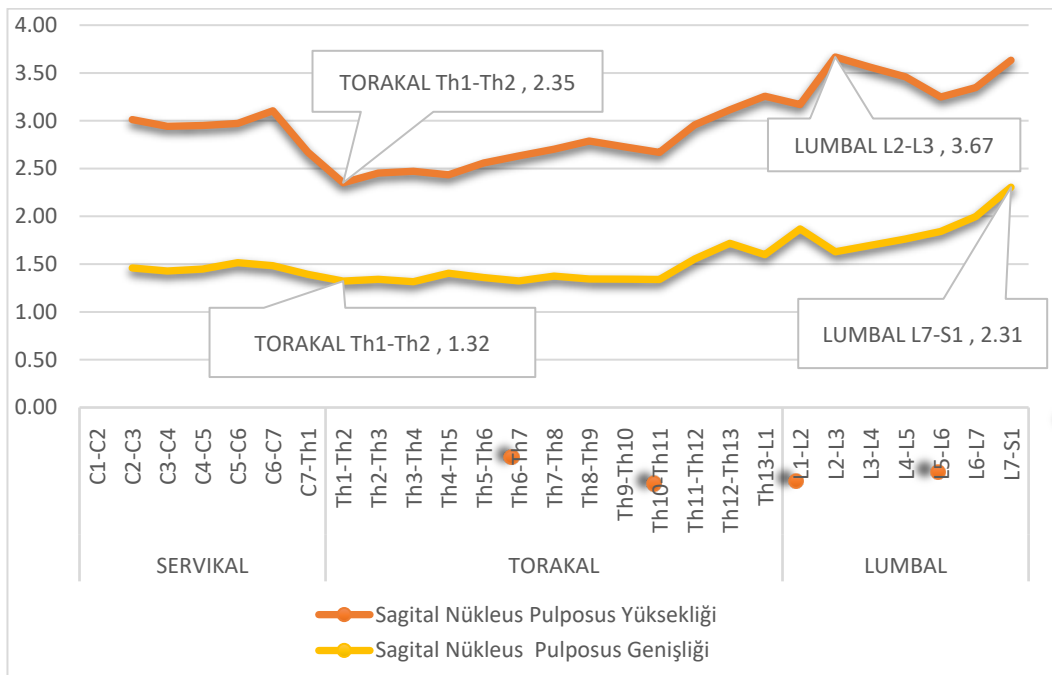
Şekil 14'de, transversal kesitte ölçülen medulla spinalis yüksekliği (turuncu) ve genişliği (sarı) gösterilmiştir.

Kolumna vertebralis boyunca, TMsY ve TMsG değerleri servikal bölgede diğer bölgelerden daha yüksek bulunmuştur. Her iki değer en yüksek C5-C6 aralığında, TMsY (4,33 mm) ve TMsG (6,68 mm) aralığında ölçüldü. Torakal bölgeye geçişle birlikte her iki değerde de düşüş görülmekte ve tüm torakal bölge boyunca bu değerler birbirine yakın seyretmektedir. Torakal bölgeden lumbal bölgeye geçiş ile birlikte her iki değerde de artış gözlemlendi. TMsY ve TMsG'nin her ikisinin de en düşük olduğu bölge torakal bölgedir. TMsY, T12-T13 aralığında 1,76 mm; TMsG, T10-T11 aralığında 2,18 mm olarak ölçüldü (Şekil 14).



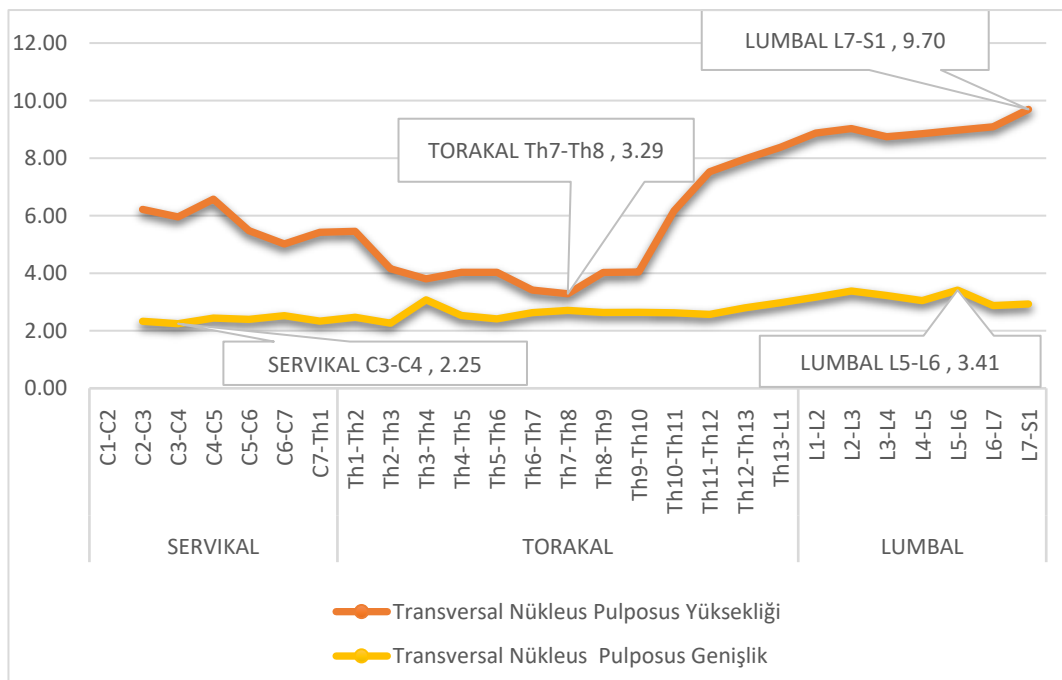
Şekil 14. MR transversal kesitte, kolumna vertebralis boyunca TMsY (turuncu) (mm) ve TMsG (sarı) (mm).

Şekil 15’de, kolumna vertebralis boyunca yer alan intervertebral disklerin iç kısmındaki nükleus pulposus’un yüksekliği (turuncu) ve genişliği (sarı) sagittal düzlemde ölçülerek karşılaştırılmıştır.



Şekil 15. MR sagittal kesitte, kolumna vertebralis boyunca SNpY (turuncu) (mm) ve SNpG (sarı) (mm).

Kolumna vertebralis boyunca, SNpY servikal bölgeden torakal bölgeye doğru düşüş göstermektedir. SNpY'nin, kolumna vertebralis boyunca en düşük değeri T1-T2 aralığında 2,35 mm olarak ölçüldü. Bu seviyeden itibaren SNpY'nde lumbal bölgeye doğru yükseliş gözlemlendi ve kolumna vertebralis boyunca en yüksek SNpY değeri, L2-L3 aralığında 3,67 mm olarak ölçüldü. SNpG değerlerinin, servikal bölgeden T10-T11 seviyesine çok inişli çıkışlı gitmeden ilerlediği ve bu seviyeden sonra lumbal bölgeye doğru artış gösterdiği gözlemlendi. Kolumna vertebralis boyunca en düşük SNpG, T1-T2 aralığında 1,32 mm, en yüksek L7-S1 aralığında 2,31 mm olarak ölçüldü (Şekil 15).



Şekil 16. MR transversal kesitte, kolumna vertebralis boyunca TNpY (turuncu) (mm) ve TNpG (sarı) (mm).

Şekil 16, kolumna vertebralis boyunca yer alan intervertebral disklerin nükleus pulposus'unun yüksekliği (turuncu) ve genişliği (sarı) transversal düzlemde ölçülerek karşılaştırılmıştır. TNpY, servikal bölgeden torakal bölgeye doğru düşüş göstermektedir. TNpY'nin, kolumna vertebralis boyunca en düşük değeri T7-T8 aralığında 3,29 mm olarak ölçüldü. Bu seviyeden itibaren lumbal bölgeye doğru artış göstermiştir. TNpY'nin kolumna vertebralis boyunca en yüksek değeri L7-S1 aralığında 9,70 mm olarak ölçüldü. TNpG, servikal bölgeden lumbal bölgeye doğru, belirgin artış ve inişler göstermeden homojen bir

şekilde seyretmektedir. Kolumna vertebralis boyunca TNpG, en düşük C3-C4 aralığında 2,25 mm, en yüksek L5-L6 aralığında 3,41 mm olarak ölçüldü (Şekil 16).

Tablo 20. MR’da kolumna vertebralisin bölgelerinin karşılaştırılması, Ort±SS; %95 Güven aralığı (Alt sınır-Üst sınır).

	Parametreler	Servikal N=7	Torakal N=13	Lumbal N=7	P
Sagittal Kesit	SMsY	4,19±0,67 ^a 4,06-4,33	2,41±0,06 ^b 2,31-2,53	2,92±0,11 ^b 2,69-3,15	< 0,001
	SNpY	2,95±0,04 ^b 2,86-3,05	2,70±0,04 ^c 2,61-2,79	3,40±0,07 ^a 3,26-3,54	< 0,001
	SNpG	1,45±0,02 ^b 1,40-1,50	1,43±0,03 ^b 1,37-1,48	1,76±0,05 ^a 1,67-1,86	< 0,001
	SCvY	8,57±0,08 ^a 8,40-8,74	6,68±0,05 ^c 6,57-6,79	7,53 ±0,11 ^b 7,31-7,76	< 0,001
Transversal Kesit	TMsY	3,88±0,07 ^a 3,74-4,02	2,26±0,04 ^b 2,17-2,35	2,46±0,09 ^b 2,27-2,65	< 0,001
	TMsG	5,77±0,12 ^a 5,53-6,02	2,64±0,07 ^b 2,50-2,78	3,18±0,18 ^a 2,81-3,54	< 0,001
	TNpY	2,38±0,05 ^c 2,28-2,49	2,63±0,05 ^b 2,53-2,72	3,25±0,11 ^a 3,03-3,46	< 0,001
	TNpG	5,79±0,12 ^b 5,56-6,03	5,19±0,19 ^b 4,82-5,56	8,87±0,12 ^a 8,63-9,11	< 0,001
	TCvY	9,02±0,09 ^a 8,84-9,21	7,55±0,06 ^c 7,43-7,67	8,52±0,09 ^b 8,33-8,70	< 0,001
	TCvG	11,22±0,13 ^a 10,96-11,49	8,33±0,12 ^c 8,08-8,56	9,79±0,20 ^b 9,38-10,20	< 0,001

SMsY: sagittal medulla spinalis yüksekliği; SNpY: sagittal nükleus pulposus yüksekliği; SNpG: sagittal nükleus pulposus genişliği; SCvY: sagittal canalis vertebralis yüksekliği; TMsY: transversal medulla spinalis yüksekliği; TMsG: transversal medulla spinalis genişliği; TNpY: transversal nükleus pulposus yüksekliği; TNpG: transversal nükleus pulposus genişliği; TCvY: transversal canalis vertebralis yüksekliği; TCvG: transversal canalis vertebralis genişliği. ^{a,b,c,d} : Farklı harfler arasında istatistiksel fark vardır. İstatistiksel anlamlılık $P \leq 0,05$.

MR yöntemi ile kolumna vertebralisin istatistiksel olarak bölgelere göre karşılaştırılması Tablo 20’da verilmiştir. Sagittal kesitte SMsY, torakal ve lumbal bölgelerde istatistiksel olarak benzer ancak servikal bölgede farklı bulunmuştur ($P < 0,001$). SNpY ve SCvY, her üç bölgede istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($P < 0,001$). SNpG ise, servikal ve torakal bölgede istatistiksel olarak benzer ancak lumbal bölgede farklı bulunmuştur ($P < 0,001$) (Tablo 20).

Transversal kesitlerde, TMsY torakal ve lumbal bölgede istatistiksel olarak benzer ancak servikal bölgede farklı bulunmuştur ($P < 0,001$). TMsG ise, servikal ve lumbal bölgelerde istatistiksel olarak benzer ancak torakal bölgede farklı bulunmuştur ($P < 0,001$).

TNpY, TCvY ve TCvG her üç bölgede de istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($P<0,001$). TNpG ise, servikal ve torakal bölgelerde istatistiksel olarak benzer ancak lumbal bölgede farklı bulunmuştur ($P<0,001$) (Tablo 20).

Tablo 21. MR Servikal vertebra ölçümleri.

	Parametreler	Servikal I-II	Servikal II-III	Servikal III-IV	Servikal IV-V	Servikal V-VI	Servikal VI-VII	Servikal VII - Torakal I	P
Sagittal Kesit	SMsY	3,69±0,31 ^b 3,47-3,92	3,94±0,36 ^b 3,68-4,20	3,85±0,58 ^b 3,43-4,27	4,23±0,31 ^{ab} 4,01-4,46	4,55±0,37 ^a 4,28-4,82	4,53±0,40 ^a 4,25-4,82	3,95±0,45 ^b 3,62-4,27	<0,001
	SNpY	-	3,01±0,09 2,78-3,23	2,94±0,08 2,74-3,14	2,95±0,10 2,72-3,18	2,97±0,08 2,77-3,17	3,10±0,14 2,77-3,43	2,67±0,13 2,36-2,97	0,165
	SNpG	-	1,46±0,23 1,28-1,63	1,42±0,19 1,27-1,57	1,44±0,13 1,35-1,54	1,51±0,19 1,37-1,65	1,48±0,23 1,31-1,64	1,39±0,18 1,25-1,53	0,823
	SCvY	9,64±0,73 ^a 9,12-10,17	8,44±0,34 ^{bc} 8,19-8,68	7,91±0,39 ^b 7,63-8,20	8,32±0,66 ^{bc} 7,85-8,80	8,85±0,36 ^{bc} 8,59-9,11	9,30±0,49 ^{ab} 8,94-9,65	8,57±0,83 ^{bc} 7,97- 9,17	<0,001
Transversal Kesit	TMsY	3,30±1,22 ^{ac} 2,42-4,18	3,53±0,51 ^{ac} 3,17-3,89	3,82±0,49 ^{abc} 3,47-4,17	3,97±0,45 ^{ac} 3,65-4,29	4,33±0,26 ^b 4,14-4,51	4,23±0,24 ^{bc} 4,05-4,41	3,22±0,37 ^a 2,95-3,48	<0,001
	TMsG	5,75±0,63 ^{abc} 5,26-6,24	4,93±1,06 ^{cd} 4,17-5,70	5,49±0,46 ^d 5,16-5,82	5,91±0,53 ^{cd} 5,53-6,30	6,67±0,61 ^a 6,23-7,12	6,39±0,47 ^{ab} 6,06-6,73	5,21±1,37 ^{cd} 4,22-6,19	<0,001
	TNpY	-	2,33±0,42 ^b 2,02-2,63	2,24±0,43 ^a 1,91-2,57	2,44±0,33 ^b 2,20-2,68	2,39±0,4 ^a 2,10-2,69	2,52±0,27 ^a 2,32-2,72	2,33±0,42 ^a 1,94-2,72	0,303
	TNpG	-	6,22±0,94 5,54-6,89	5,95±0,70 5,41-6,49	6,57±0,91 5,91-7,23	5,47±0,40 5,18-5,76	5,01±0,59 4,58-5,44	5,42±0,57 4,89-5,95	<0,001
	TCvY	9,58±0,95 ^{ab} 8,84-10,31	8,74±0,48 ^{bc} 8,40-9,09	8,18±0,63 ^c 7,73-8,63	8,88±0,52 ^{abc} 8,50-9,25	9,75±0,48 ^a 9,40-10,09	9,61±0,42 ^{ab} 9,30-9,91	8,97±1,08 ^{abc} 8,19-9,75	<0,001
	TCvG	12,78±0,90 ^a 12,08-13,47	10,85±0,84 ^{bc} 10,24-11,45	11,02±1,09 ^{bc} 10,23-11,80	11,44±0,90 ^b 10,79-12,08	11,95±0,81 ^a ^b 11,36-12,53	11,40±0,94 ^b 10,73-12,08	10,09±0,91 ^c 9,43-10,74	<0,001

SMsY: sagittal medulla spinalis yüksekliği; SNpY: sagittal nükleus pulposus yüksekliği; SNpG: sagittal nükleus pulposus genişliği; SCvY: sagittal canalis vertebralis yüksekliği; TMsY: transversal medulla spinalis yüksekliği; TMsG: transversal medulla spinalis genişliği; TNpY: transversal nükleus pulposus yüksekliği; TNpG: transversal nükleus pulposus genişliği; TCvY: transversal canalis vertebralis yüksekliği; TCvG: transversal canalis vertebralis genişliği. ^{a,b,c,d} : Farklı harfler arasında istatistiksel fark vardır. İstatistiksel anlamlılık $P \leq 0,05$.

Çalışmamızda, istatistiksel olarak MR’da servikal vertebralar kendi içerisinde karşılaştırılmıştır (Tablo 21). Buna göre; sagittal kesitlerde, servikal bölgede SMsY ve SCvY ölçümlerinde istatistiksel veriler değerlendirildiğinde segmentler arası farkın anlamlı olduğu saptanmıştır ($P<0,001$) (Tablo 21). SMsY, en düşük ortalama değeri C1–C2 seviyesinde ($3,69\pm0,31$ mm), en yüksek ortalama ise C5–C6 seviyesinde ($4,55\pm0,37$ mm) ölçülmüştür. SCvY değeri ise en yüksek ortalama değer C1–C2 seviyesinde ($9,64\pm0,73$ mm), en düşük ortalama ise C3–C4 seviyesinde ($7,91\pm0,39$ mm) tespit edilmiştir. Özellikle C1–C2 düzeyi “a” grubu olarak en yüksek değeri göstermektedir. SNpY ve SNpG değerlerinde segmentler arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($P=0,165$). SNpY, en yüksek ortalama değer C6–C7 seviyesinde ($3,10\pm0,14$ mm), en düşük ortalama ise C7–T1 seviyesinde ($2,67\pm0,13$ mm) ölçülmüştür. SNpG de ise en yüksek ortalama değer C5–C6 düzeyinde ($1,51\pm0,19$ mm), en düşük ise C7–T1 düzeyinde ($1,39\pm0,18$ mm) gözlenmiştir. Transversal kesitlerde servikal bölgede, TMsY ve TMsG değerlerinde ölçümlerinde istatistiksel veriler değerlendirildiğinde segmentler arası farkın anlamlı olduğu saptanmıştır ($P<0,001$) (Tablo 21). TMsY, en yüksek ortalama değer C5–C6 düzeyinde ($4,33\pm0,26$ mm), en düşük değer ise C7–T1 düzeyinde ($3,22\pm0,37$ mm) gözlenmiştir. C5–C6 düzeyindeki yüksekliğin diğer segmentlere göre istatistiksel olarak anlamlı biçimde fazla olduğu görülmektedir. TMsG, en yüksek ortalama genişlik C5–C6 düzeyinde ($6,67\pm0,61$ mm), en düşük değer ise C2–C3 düzeyinde ($4,93\pm1,06$ mm) ölçülmüştür. Özellikle C5–C6 seviyesinde her iki parametrenin de en yüksek değerleri göstermesi, bu aralığın medulla spinalis genişliği bakımından en geniş ve yüksek düzey olduğunu ortaya koymaktadır (Tablo 21). TNpY değerlerinde elde edilen farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($P=0,303$). TNpY, en yüksek ortalama C6–C7 düzeyinde ($2,52\pm0,27$ mm), en düşük ortalama ise C3–C4 düzeyinde ($2,24\pm0,43$ mm) ölçülmüştür. TNpG’de ise ölçümler arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,001$). TNpG, C4–C5 düzeyinde en yüksek ortalama ($6,57\pm0,91$ mm), C6–C7 düzeyinde ise en düşük ortalama ($5,01\pm0,59$ mm) olarak tespit edilmiştir (Tablo 21).

Tablo 22. MR Torakal vertebra ölçümleri.

Parametreler	Sagittal Kesit				Transversal Kesit					
	SMsY	SNpY	SNpG	SCvY	TMsY	TMsG	TNpY	TNpG	TCvY	TCvG
Torakal I-II	3,16±0,33 ^a	2,35±0,35 ^b	1,32±0,10 ^b	7,41±0,24 ^a	2,79±0,38 ^a	3,86±0,67 ^a	2,15±0,92	4,77±1,99 ^{abc}	8,18±0,55 ^a	9,01±0,90
	2,78-3,55	2,08-2,62	1,24-1,40	7,24-7,58	2,52-3,07	3,38-4,34	1,38-2,93	3,10-6,44	7,78-8,57	8,36-9,66
Torakal II-III	2,69±0,44 ^{ab}	2,45±0,32 ^b	1,34±0,22 ^b	7,02±0,26 ^a	2,50±0,30 ^{ac}	3,27±0,73 ^{ab}	1,94±0,94	3,56±1,91 ^{bc}	7,31±0,63 ^{a b}	8,74±0,95
	2,45-2,92	2,20-2,70	1,16-1,51	6,83-7,22	2,29-2,72	2,75-3,80	1,06-2,81	1,79-5,32	6,85-7,76	8,06-9,43
Torakal III-IV	2,72±0,47 ^a	2,47±0,33 ^b	1,31±0,17 ^b	6,90±0,58 ^a	2,22±0,83 ^{abc}	2,77±1,15 ^{bc}	3,07±1,29	3,80±0,88 ^c	7,11±0,54 ^b	8,45±0,77
	2,40-3,04	2,23-2,70	1,18-1,44	6,45-7,35	1,62-2,81	1,94-3,59	1,87-4,27	2,98-4,62	6,71-7,50	7,90-9,01
Torakal IV-V	2,58±0,43 ^{ab}	2,43±0,53 ^b	1,40±0,36 ^{a b}	6,70±0,29 ^a	2,48±0,42 ^{abc}	2,86±0,52 ^{abc}	2,53±0,25	4,03±0,67 ^{bc}	7,68±0,49 ^{ab}	8,14±0,94
	2,24-2,93	2,05-2,81	1,14-1,66	6,49-6,92	2,17-2,78	2,48-3,24	2,31-2,74	3,47-4,59	7,32-8,03	7,46-8,81
Torakal V-VI	2,51±0,42 ^{abc}	2,55±0,52 ^{a b}	1,36±0,20 ^b	6,51±0,35 ^b	2,35±0,35 ^{abc}	2,65±0,65 ^{bc}	2,41±0,33	4,03±0,64 ^{bc}	7,30±0,48 ^{ab}	8,09±0,84
	2,20-2,82	2,18-2,93	1,21-1,50	6,25-6,76	2,10-2,60	2,18-3,12	2,15-2,66	3,53-4,52	6,69-7,65	7,49-8,69
Torakal VI-VII	2,34±0,47 ^{abc}	2,63±0,53 ^{a b}	1,32±0,20 ^b	6,27±0,38 ^b	2,30±0,33 ^{abc}	2,71±0,59 ^{bc}	2,04±1,75	2,65±1,73 ^c	7,40±0,52 ^{ab}	7,63±1,53
	2,03-2,65	2,24-3,01	1,18-1,46	5,99-6,54	2,06-2,53	2,29-3,14	1,14-2,95	1,32-3,98	7,02-7,77	6,53-8,73
Torakal VII-VIII	2,49±0,35 ^{abc}	2,70±0,32 ^{a b}	1,37±0,18 ^{a b}	6,39±0,21 ^b	2,33±0,49 ^{abc}	2,43±0,46 ^{bc}	2,70±0,45	3,28±,83 ^c	7,56±0,56 ^{ab}	8,05±0,99
	2,15-2,83	2,46-2,93	1,24-1,50	6,23-6,55	1,97-2,68	2,10-2,76	2,32-3,08	2,59-3,98	7,18-7,79	7,34-8,76
Torakal VIII-IX	2,54±0,35 ^{abc}	2,78±0,30 ^{a b}	1,34±0,23 ^b	6,44±0,40 ^b	2,24±0,35 ^{abc}	2,45±0,66 ^{bc}	2,37±0,93	3,62±1,42 ^c	7,56±0,54 ^{ab}	7,86±1,04
	2,28-2,79	2,57-3,00	1,17-1,51	6,15-6,73	1,98-2,49	1,98-2,92	1,70-3,03	2,60-4,64	7,17-7,94	7,11-8,61
Torakal IX-X	2,39±0,73 ^{abc}	2,72±0,34 ^{a b}	1,34±0,24 ^b	6,35±0,31 ^b	2,19±0,32 ^{abc}	2,29±0,57 ^{bc}	2,63±0,38	4,04±0,67 ^{abc}	7,34±0,53 ^{ab}	8,13±1,30
	2,13-2,64	2,47-2,97	1,16-1,52	6,12-6,58	1,96-2,43	1,87-2,70	2,33-2,93	3,52-4,56	6,95-7,72	7,19-9,06
Torakal X-XI	2,35±0,74 ^{abc}	2,66±0,43 ^{a b}	1,34±0,28 ^b	6,72±1,07 ^{ab}	2,17±0,46 ^{abc}	2,18±0,64 ^c	2,10±1,21	4,93±2,71 ^{abc}	7,49±0,82 ^{ab}	8,47±1,60
	1,82-2,88	2,35-2,97	1,13-1,54	5,95-7,49	1,83-2,51	1,71-2,64	1,23-2,96	2,98-6,87	6,90-8,08	7,32-9,62
Torakal XI-XII	1,72±0,60 ^{abc}	2,95±0,32 ^{a b}	1,55±0,27 ^{a b}	6,87±0,65 ^{ab}	1,90±0,30 ^c	2,24±0,59 ^c	2,57±0,28	7,52±0,93 ^{ab}	7,66±0,56 ^{ab}	8,00±1,68
	1,18-2,25	2,72-3,18	1,35-1,75	6,36-7,38	1,68-2,12	1,81-2,66	2,36-2,77	6,83-8,21	7,26-8,07	6,80-9,20
Torakal XII-XIII	1,62±0,79 ^c	3,11±0,50 ^{a b}	1,71±0,23 ^a	6,73±0,59 ^{ab}	1,76±0,48 ^{bc}	2,43±0,63 ^{bc}	2,79±0,38	7,96±0,90 ^a	7,16±0,57 ^b	8,78±1,14
	1,19-2,05	2,75-3,47	1,54-1,88	6,27-7,19	1,41-2,10	1,97-2,89	2,52-3,07	7,32-8,61	6,75-7,57	7,96-9,60
Torakal XIII-Lumbal I	1,85±0,33 ^{bc}	3,25±0,39 ^a	1,59±0,15 ^{a b}	6,66±0,37 ^{ab}	2,10±0,35 ^{abc}	2,22±0,47 ^c	2,97±0,33	8,37±0,69 ^a	7,65±0,66 ^{ab}	9,15±1,13
	1,28-2,41	2,97-3,53	1,48-1,70	6,38-6,95	1,84-2,35	1,87-2,56	2,73-3,21	7,87-8,87	7,17-9,13	8,34-9,96
P	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,108	<0,001	0,013	0,118

SMsY: sagittal medulla spinalis yüksekliği; SNpY: sagittal nükleus pulposus yüksekliği; SNpG: sagittal nükleus pulposus genişliği; SCvY: sagittal canalis vertebralis yüksekliği; TMsY: transversal medulla spinalis yüksekliği; TMsG: transversal medulla spinalis genişliği; TNpY: transversal nükleus pulposus yüksekliği; TNpG: transversal nükleus pulposus genişliği; TCvY: transversal canalis vertebralis yüksekliği; TCvG: transversal canalis vertebralis genişliği. ^{a,b,c,d} : Farklı harfler arasında istatistiksel fark vardır. İstatistiksel anlamlılık $P \leq 0,05$.

MR'da torakal vertebraların kendi içerisinde karşılaştırılması Tablo 22'de sunulmuştur. Bu değerlere göre sagittal kesitlerdeki SMsY, SNpY, SCvY'de ($P<0,001$) ve SNpG ($P=0,001$) ölçümlerinde segmentler arası farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. SMsY, torakal seviyeler boyunca önemli değişkenlik göstermiştir. En yüksek ortalama değer T1–T2 düzeyinde ($3,16\pm0,33$ mm), en düşük ortalama ise T12–T13 ($1,62\pm0,79$ mm) düzeylerinde kaydedilmiştir. Genel eğilim, kraniyalden kaudala doğru SMsY'nin azaldığı yönündedir. SNpY, kraniyalden kaudala doğru artış eğilimindedir. En düşük ortalama değer T1–T2'de ($2,35\pm0,35$ mm), en yüksek değer ise T13–L1 düzeyinde ($3,25\pm0,39$ mm) ölçülmüştür. Bu durum, torakolumbal bölgeye doğru nükleus pulposus yüksekliğinin arttığını göstermektedir. SCvY, torakal bölgede anlamlı düzeyde değişmektedir. En yüksek ortalama değer T1–T2'de ($7,41\pm0,24$ mm) gözlenmiş, en düşük değer ise T6–T7 düzeyinde ($6,27\pm0,38$ mm) bulunmuştur. Genel olarak SCvY, torakal bölgenin kranialinden kaudaline doğru hafif bir azalma eğilimi gösterebilir. T13–L1 seviyesinde yeniden artış eğiliminde olduğu gözlenmiştir ($6,66\pm0,37$ mm). SNpG'de segmentler arası istatistiksel fark vardır ($p=0,001$). SNpG, en yüksek ortalama değer T12–T13 aralığında ($1,71\pm0,23$ mm), en düşük ortalama değer T3–T4 aralığında ($1,31\pm0,17$ mm) ölçülmüştür (Tablo 22). Torakal bölgeye ait transversal kesitlerde TMsY, TMsG ve TNpG'de tüm vertebral düzeyler arasında anlamlı fark saptanmıştır ($P<0,001$). TMsY, en yüksek T1–T2 aralığında ortalama $2,79\pm0,38$ mm, en düşük T12–T13 aralığında ortalama $1,76\pm0,48$ mm olarak ölçülmüştür (Tablo 22). TMsG, en yüksek T1–T2 aralığında ortalama $3,86\pm0,67$ mm, en düşük T10–T11 aralığında ortalama $2,18\pm0,64$ mm olarak ölçülmüştür. Genel olarak torakal bölgede hem TMsY hem de TMsG değerlerinde kranialden kaudale doğru azalma eğilimi görülmüştür. TNpG, en yüksek T13–L1 aralığında ortalama $8,37\pm0,69$ mm, en düşük T6–T7 aralığında ortalama $2,65\pm1,73$ mm olarak ölçülmüştür. TMsY ve TMsG ölçümlerinin aksine, TNpG ölçümleri kaudal yönde belirgin bir artış göstermiştir. Elde edilen istatistiksel verilerde TNpY ($P=0,108$) ve TCvG ($p=0,118$) anlamlı fark saptanmamıştır (Tablo 22). TMsY, en yüksek ortalama değer T3–T4 düzeyinde ($3,07\pm1,29$ mm), en düşük ortalama değer ise T2–T3 düzeyinde ($1,94\pm0,94$ mm) ölçülmüştür. TCvG, en yüksek ortalama değer T13–L1 düzeyinde ($9,15\pm1,13$ mm), en düşük ortalama değer ise T6–T7 düzeyinde ($7,63\pm1,53$ mm) ölçülmüştür. TCvY'de ise veriler arasında anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ($P=0,013$). TCvY, en yüksek ortalama değer $8,18\pm0,55$ mm ile T1–T2 aralığında görülmüş, en düşük ortalama ise $7,11\pm0,54$ mm ile T3–T4 aralığında saptanmıştır (Tablo 22).

Tablo 23. MR Lumbal vertebra ölçümleri.

	Parametreler	Lumbal I-II	Lumbal II-III	Lumbal III-IV	Lumbal IV-V	Lumbal V-VI	Lumbal VI-VII	Lumbal VII-S1	P
Sagittal Kesit	SMsY	2,38±0,51 ^b 2,01-2,75	2,64±0,67 ^{a b} 2,16-3,12	2,80±0,86 ^{a b} 2,18-3,41	3,68±0,53 ^a 3,29-4,06	2,98±0,68 ^{a b} 2,49-3,46	0,98±0,90 ^b 0,34-1,63	0,46±0,49 ^b 0,10-0,81	<0,001
	SNpY	3,17±0,65 2,70-3,63	3,66±0,39 3,38-3,95	3,56±0,46 3,22-3,89	3,45±0,40 3,17-3,74	3,24±0,31 3,02-3,46	3,34±0,44 3,02-3,66	3,63±0,54 3,24-4,02	0,239
	SNpG	1,86±0,50 ^{ab} 1,50-2,23	1,62±0,25 ^b 1,44-1,81	1,69±0,26 ^b 1,50-1,88	1,76±0,24 ^{ab} 1,58-1,93	1,84±0,32 ^{ab} 1,61-2,07	1,99±0,22 ^{ab} 1,83-2,15	2,30±0,71 ^a 1,79-2,81	0,009
	SCvY	6,02±2,18 ^{ab} 4,50-7,63	7,21±0,68 ^b 6,72-7,70	7,48±0,75 ^{bc} 6,94-8,02	8,05±0,43 ^c 7,75-8,37	7,99±0,64 ^c 7,72-8,45	6,32±0,70 ^a 5,81-6,82	4,28±1,69 ^a 3,06-5,50	<0,001
Transversal Kesit	TMsY	2,15±0,45 ^b 1,82-2,47	2,14±0,47 ^b 1,80-2,48	2,47±0,53 ^{ab} 2,09-2,84	3,20±0,65 ^a 2,72-3,67	2,04±0,85 ^{ab} 1,43-2,65	-	-	<0,001
	TMsG	2,30±0,53 ^b 1,92-2,68	2,54±0,49 ^b 2,19-2,89	3,09±0,77 ^{ab} 2,54-3,65	4,63±0,74 ^a 4,10-5,16	2,83±2,00 ^{ab} 1,39-4,26	-	-	<0,001
	TNpY	3,12±0,48 2,82-3,52	3,04±1,19 2,18-3,89	3,22±0,58 2,81-3,64	3,04±0,76 2,50-3,59	3,41±1,12 2,61-4,21	2,87±0,42 2,57-3,17	2,63±1,07 1,86-3,41	0,564
	TNpG	8,86±0,59 8,44-9,29	8,12±2,89 6,05-10,19	8,74±0,88 8,11-9,37	8,85±1,19 7,99-9,70	8,97±0,83 8,37-9,56	9,08±0,81 8,50-9,66	8,72±3,16 6,46-10,98	0,580
	TCvY	8,07±0,78 ^b 7,51-8,64	8,29±0,74 ^{a b} 7,76-8,82	8,64±0,40 ^{ab} 8,35-8,93	9,04±0,34 ^a 8,79-9,29	8,31±0,43 ^a 8,00-8,62	6,85±1,55 ^b 5,74-7,96	-	<0,001
	TCvG	8,73±1,15 ^b 7,91-9,56	9,24±1,07 ^{ab} 8,47-10,01	9,46±0,98 ^{ab} 8,76-10,17	10,67±1,24 ^{ab} 9,78-11,55	10,47±1,51 ^{ab} 9,39-11,46	10,64±2,17 ^a 9,08-12,19	-	<0,001

SMsY: sagittal medulla spinalis yüksekliği; SNpY: sagittal nükleus pulposus yüksekliği; SNpG: sagittal nükleus pulposus genişliği; SCvY: sagittal canalis vertebralis yüksekliği; TMsY: transversal medulla spinalis yüksekliği; TMsG: transversal medulla spinalis genişliği; TNpY: transversal nükleus pulposus yüksekliği; TNpG: transversal nükleus pulposus genişliği; TCvY: transversal canalis vertebralis yüksekliği; TCvG: transversal canalis vertebralis genişliği. ^{a,b,c,d} : Farklı harfler arasında istatistiksel fark vardır. İstatistiksel anlamlılık $P \leq 0,05$.

MR'da lumbal ölçümlerin kendi içerisinde karşılaştırılması Tablo 23'da sunulmuştur. Bu değerlere göre sagittal kesitlerde SMsY ve SCvY değerlerinde istatistiksel analiz sonucunda gruplar arasında anlamlı fark saptanmıştır ($P<0,001$). SMsY, en yüksek ortalama değer L4–L5 düzeyinde $3,68\pm0,53$ mm, en düşük ortalama değer ise L7–S1 düzeyinde $0,46\pm0,49$ mm olarak ölçülmüştür. SCvY, en yüksek ortalama değer L4–L5 düzeyinde $8,05\pm0,43$ mm, en düşük ortalama değer L7–S1 düzeyinde $4,28\pm1,69$ mm olarak ölçülmüştür. SNpG değerlerinde de düzeyler arasında anlamlı fark tespit edilmiştir ($P=0,239$). SNpG, en yüksek ortalama değer L2–L3 düzeyinde $3,66\pm0,39$ mm, en düşük ortalama değer ise L1–L2 düzeyinde $3,17\pm0,65$ mm olarak ölçülmüştür (Tablo 23). Lumbal bölgeye ait transversal kesitlerde, medulla spinalis L5-L6 aralığından itibaren iyice incelendiği ve L6'dan itibaren sonlandığı görülmüş olup bu bölgelerde TMsY ve TMsG ölçümleri alınamamıştır. TMsY ve TMsG'de segmentler arası fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,001$) (Tablo 23). TMsY, en yüksek ortalama değer L4–L5 düzeyinde $3,20\pm0,65$ mm en düşük ortalama değer L2–L3 düzeyinde $2,14\pm0,47$ mm olarak ölçülmüştür. TMsG, en yüksek ortalama değer L4–L5 düzeyinde $4,63\pm0,74$ mm, en düşük ortalama değer L1–L2 düzeyinde $2,30\pm0,53$ mm olarak ölçülmüştür. TCvY ve TCvG değerlerinde istatistiksel analiz sonucunda gruplar arasında anlamlı fark saptanmıştır ($P<0,001$). TCvY, en yüksek ortalama değer L4–L5 düzeyinde $9,04\pm0,34$ mm, en düşük ortalama değer L6–L7 düzeyinde $6,85\pm1,55$ mm olarak ölçülmüştür. TCvG, en yüksek ortalama değer L4–L5 düzeyinde $10,67\pm1,24$ mm, en düşük değer L1–L2 düzeyinde $8,73\pm1,15$ mm olarak ölçülmüştür (Tablo 23). TNpY ve TNpG değerlendirildiğinde her iki parametre açısından da segmentler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır (TNpY: $P=0,564$; TNpG: $P=0,580$). TNpY, en yüksek ortalama değeri L5–L6 düzeyinde $3,41\pm1,12$ mm, en düşük ortalama değeri L7–S1 düzeyinde $2,63\pm1,07$ mm olarak ölçülmüştür. TNpG, en yüksek ortalama değer L6–L7 düzeyinde $9,08\pm0,81$ mm, en düşük ortalama değer L2–L3 düzeyinde $8,12\pm2,89$ mm olarak ölçülmüştür (Tablo 23).

5. TARTIŞMA

Kedilerin kolumna vertebralis ve medulla spinalis morfometrisine ait BT ve MR görüntülemelerine ilişkin örnekler, ulusal ve uluslararası literatürlerde son derece sınırlı sayıda yer almaktadır. Konu ile ilgili temel kaynak kitaplarda da, kedilere yönelik anatomik ve patolojik değerlendirmelere ilişkin BT ve MR görüntüleri son derece sınırlı ve yetersizdir (Holland ve Hudson, 2020; Wisner ve Zwingenberger, 2015; Berry ve diğerleri, 2023; Saunders ve Schwarz, 2011; Mai, 2018; Elliott ve Skerritt, 2010; Gavin ve Bagley, 2009). Gerek insan hekimliğinde gerekse veteriner hekimlikte tanısal görüntüleme uygulamalarının temel dayanağını normal anatomik yapı bilgisi oluşturmaktadır. Özellikle BT ve MR gibi kesitsel görüntüleme yöntemlerinde, bu temel bilgiyi kesitsel anatomi bilgisi tamamlamaktadır. Ayrıca, sağlıklı doku ve organların görüntüleme üzerindeki normal morfolojik özelliklerinin ve boyutsal ölçümlerinin bilinmesi, patolojik oluşumların ayırt edilebilmesi açısından önemlidir. Bu nedenle, öncelikle sağlıklı kedilerde bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans ile elde edilen görüntülerde anatomik yapıların tanınması gerekmektedir. Bu amaçla yapılan tez çalışmasında, kedilere ait kolumna vertebralis ve medulla spinalis morfometrisinin hem BT hem de MR görüntüleme yöntemleri ile detaylı olarak değerlendirilmesi ve bu bölgede yapılacak operatif uygulamalarda yardımcı olabilecek bilgilerin ortaya konması amaçlanmıştır. Aşağıda öncelikle BT daha sonra da MR bulguları sırasıyla ayrıntılı bir şekilde tartışılmıştır.

Çalışma 9 adet melez ve 1 adet British Shorthair kedi üzerinde yürütülmüş olup, BT görüntülerinde sagittal ve transversal kesitlerde, corpus vertebra uzunlukları, intervertebral aralık yükseklikleri ve genişlikleri, canalis vertebralis yüksekliği ve genişliği, medulla spinalis yüksekliği ve genişliği, corpus vertebra yüksekliği ve genişliği, pedikül genişliği, pedikül uzunluğu, transversal pedikül açısı, vertebra yüksekliği ölçümleri yapılmıştır. Bunlara ek olarak, sadece servikal bölgede foramen transversarium ölçümleri alınmıştır. MR görüntülerinde ise T2 ağırlıklı görüntülerde sagittal ve transversal kesitlerde, canalis vertebralis yüksekliği ve genişliği, medulla spinalis yüksekliği ve genişliği, nükleus pulposusun yüksekliği ve genişliği ölçümleri yapılmıştır.

Vallefuoco ve diğerleri (2013), 10 sağlıklı erişkin ev kedisi (6 erkek, 4 dişi) üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarında, torakolumbal bölge (T10–L7) omurlarında vida veya pin

yerleştirme gibi implant uygulamalarına yönelik optimal ve güvenli implantasyon koridorlarını belirlemek amacıyla BT kullanmıştır. Bu kapsamda, T10–L7 omurlarının transversal ve sagittal kesitleri alınmış, her bir vertebra kranial, orta ve kaudal olmak üzere üç bölüme ayrılmıştır. Sagittal kesitlerde yapılan ölçümlerde vertebral gövde uzunluğu, $12,3 \pm 1,3$ mm olarak belirlenmiş ve bu uzunluklar T10’dan T13’e doğru bir artış göstermiştir. L1-L7 aralığındaki vertebral gövde uzunluğu $17.8 \text{ mm} \pm 2.3$ (13.3 - 22.1) aralığında olup L1’den L7’ye doğru ciddi bir artış gösterdiği bildirilmiştir. Aynı araştırma kapsamında Vallefuoco ve diğerleri (2013), corpus vertebra'nın yalnızca uzunluğunu değil; vertebral gövde yüksekliği (VBH) ve genişliği (VBW) ölçümlerini de değerlendirmiştir. Torakal bölgede VBW, ortalama $9,8 \pm 1,7$ mm olarak saptanmış ve T10’dan T13’e doğru anlamlı bir artış göstermiştir. VBH ise ortalama $5,3 \pm 0,8$ mm olarak ölçülmüş olup, T10 ile T13 arasındaki üç bölüm (kranial, orta ve kaudal) arasında anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir. Lumbal bölgede ise VBW ortalama $13,2 \pm 2,6$ mm olarak ölçülmüş, L1’den L7’ye doğru belirgin bir artış gözlenmiştir. Ayrıca, bu bölgedeki genişlik değerlerinin kranial bölümde, orta ve kaudal bölümlere göre anlamlı derecede daha yüksek olduğu belirtilmiştir. VBH, lumbal vertebralarda ortalama $5,9 \pm 1,1$ mm olarak ölçülmüş ve vertebraların üç bölgesi arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Söz konusu çalışmada “vertebral gövde uzunluğu, VBW ve VBH” olarak geçen tanımlamalar, bu çalışmada sırasıyla “CVU, CVG ve CVY” olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada, torakal ve lumbal bölgede literatürdeki benzer ölçümler yapılmış ancak vertebraların kranial, kaudal ve orta noktası şeklinde ölçümler yapılmamıştır. Torakal bölgeye ait CVU ölçümleri değerlendirildiğinde, düzeyler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($P < 0,001$). Bizim çalışmamızda bu literatürdeki değerlerine benzer şekilde en yüksek CVU değeri T11–T13 düzeylerinde saptanmış olup, T13’te ($12,94 \pm 0,75$ mm) bu ölçüm istatistiksel olarak en yüksek düzeye ulaşmıştır. CVG, T2 segmentinde anlamlı olarak düşük iken ($5,71 \pm 0,67$ mm), T11–T13 düzeylerinde (özellikle T13: $7,23 \pm 1,75$ mm) anlamlı artış göstermiştir ($P = 0,002$). CVY, T1–T4 düzeylerinde daha düşük olup ($3,57 - 4,07$ mm), T11–T13 düzeylerinde literatürdekinin aksine bu çalışmada belirgin bir artış görülmüş ve en yüksek değer T11 düzeyinde $5,00 \pm 0,40$ mm olarak ölçülmüştür. Kedilerde servikal bölgede CVY’nin CVG’ne oranına (CVY/CVG-yuvarlaklık indeksi) dair herhangi bir literatüre rastlanılmamıştır. Bu çalışmada, en yüksek CVY/CVG-yuvarlaklık indeksi 1,12 ile C2 seviyesinde bulundu. Bu bulgu, servikal bölgedeki vertebralarda corpus vertebra genişliğinin daha belirgin olduğunu göstermektedir. En düşük CVY/CVG-yuvarlaklık indeksi ise T5 (0,52) seviyesinde belirlendi. Bu bulgu, torakal vertebraların daha

dikdörtgenimsi şekilde olduğunu ve yüksekliğine göre daha dar yapıda olduğunu göstermektedir. Çalışmamızda elde ettiğimiz CVY, CVG ve yuvarlaklık indeksleri (CVY/CVG) değerleri, vertebral malformasyonlar (hemivertebra, blok vertebra) gibi kedilerde oluşabilecek kongenital anomalilerin ayırt edilmesinde önem arz etmektedir.

Sharma ve diğerleri (2013), T10–L2 arasında burst kırığı ve nörolojik defisiti bulunan 21 hastada (16 erkek, 5 kadın), T9–L3 vertebraları arasında vertebral gövde yüksekliğini 18,6–20,7 mm aralığında, ortalama 19,9 mm olarak ölçmüşlerdir. İnsan hekimliğinde yürütülen bu çalışmada, “vertebral gövde yüksekliği” şeklinde tanımlanan ifade, bizim çalışmamızda “corpus vertebra uzunluğu” olarak tanımlanmıştır. Bizim çalışmamızda elde edilen CVU verileri kedilerde ilk kez ölçülmüştür. Çalışmamızda, CVU, en yüksek C2 seviyesinde 20,45 mm, en düşük T3 seviyesinde 8,06 mm olarak belirlenmiştir. C2 hariç ($20,45 \pm 1,39$ mm), lumbal vertebraların diğer vertebralara kıyasla daha uzun ve hacimli olması ($19,51 \pm 1,36$ mm) mevcut anatomik bilgilerle uyumludur (Singh, 2018; Evans ve Lahunta, 2013).

Çalışmamızda yer alan CVU ölçümleri kedilerde görülebilecek “spondilozis deformans” gibi yaşa ya da travmaya bağlı gelişebilecek dejeneratif değişikliklerin tanımlanmasında değerlendirilebilir.

Knell ve diğerleri (2021), Caudal Cervical Spondylomyelopathy (CSM) hastalığının daha çok orta-büyük ırk köpeklerde görülmesi, ancak küçük ırklar ve kedilerde nadir olması nedeniyle, servikal omurganın kaudal intervertebral disk boşluklarının morfolojik özelliklerini tanımlamak amacıyla laboratuvar ortamında BT ile bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada 5 adet küçük ırk köpek ve 6 adet evcil kedi kullanılmış, ölçümler C3-T1 arasında yapılmıştır. Bu çalışmada, “VEPs” tanımı, kranial ve kaudal vertebral son plakların yükseklik ve genişliklerini tanımlamaktadır. Kedilerde, VEP kaudal yüksekliği $5,7 \pm 1,1$ ve VEP kaudal genişliği $6,7 \pm 0,7$ mm; VEP kranial yüksekliği $5,0 \pm 1,8$ mm ve VEP kranial genişliği $7,3 \pm 1,3$ mm olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada ardışık iki corpus vertebra arasındaki intervertebral disk boşluklarının ölçümünü vertebranın kraniali ve kaudali olacak şekilde iki ayrı ölçüm olarak almıştır. Bizim çalışmamızda ise sadece iki ardışık vertebra arasındaki intervertebral aralık yüksekliği ve genişliği ölçümü alınmıştır ve burada “VEP yüksekliği ya da genişliği” olarak tanımlanan ifade bu çalışmada ölçülen “IVAY ve IVAG” parametrelerini ifade etmektedir. Çalışmamızda yapılan IVAG ve IVAY ölçümleri ile bu literatürde yapılan çalışma ile benzerlik gösterse de ölçümlerin alınma şekilleri arasında ciddi farklılık vardır. Bu nedenle çalışmamızda IVAY ve IVAG ile ilgili ölçümlerde daha

çok insan üzerine yapılan çalışmalar referans alınmıştır. Literatürde kedilere ait IVAY ve IVAG ölçümleri bulunmamakla birlikte bizim çalışmamızda, IVAG değerlerinin, servikal bölgede C2–C3'ten C6–C7'ye kadar olan seviyelerde oldukça homojen seyrettiği belirlenmiştir. Bu bölgede belirgin bir artış ya da azalma eğilimi gözlenmemekle birlikte en yüksek değerin C6-C7 aralığında ($1,16 \pm 0,23$), en düşük değer C5-C6 aralığında ($1,06 \pm 0,20$) belirlenmiştir. Torakal bölgede IVAG, en düşük T1-T2 aralığında ($0,88 \pm 0,12$ mm) ve en yüksek değer T13-L1 aralığında ($1,38 \pm 0,18$ mm) belirlendi. Lumbal vertebralara geçişle birlikte, IVAG'de çok hafif bir artış eğilimi gözlenmektedir. IVAG, L7-S1 arasında en yüksek değere ($1,49 \pm 0,31$) ulaşmış diğer aralıklarda homojen bir şekilde seyretmektedir. IVAY ise bölgelere göre anlamlı farklılıklar göstermektedir. Servikal bölgede IVAY homojen olarak sabit seyretmiştir. Torakal bölgeye geçişle birlikte önce hafif bir yükselme, ardından T3–T4 aralığında en düşük değerini (3.65 mm) almıştır. Bu nokta torakal bölgedeki en dar disk aralığı olarak dikkat çekmektedir. Genel olarak IVAY'de, T3-T4 aralığından itibaren lumbal vertebralara doğru bir artış gözlenmiştir. Lumbal bölgede IVAY'de kendi içinde belirgin bir yükseliş eğilimi gözlenmiş olup, en yüksek L6–L7 aralığında 6.25 mm olarak ölçülmüştür. IVAG değerleri tüm kolumna vertebralis boyunca homojen bir şekilde seyretmektedir. Kot ve diğerleri (2021), insan hekimliğinde lumbal bölge disk operasyonlarında ciddi bir komplikasyon olan vasküler yaralanmaları önlemek amacı ile yaptıkları çalışmada, BT ile T12/L1 aralığından L4/L5'e kadar her seviyede intervertebral disk yüksekliği ve intervertebral disk genişliği ölçümleri almıştır. İntervertebral disklerin yüksekliği, Th12/L1 seviyesinden L3/L4 seviyesine kadar artış göstermiştir [ortalama maksimum yükseklik: $9,53 \pm 2,35$ mm]. Ancak, L4/L5 seviyesindeki ortalama disk yüksekliği, L3/L4 seviyesinden daha düşük bulunmuştur. Disk uzunluğu ve genişliği, seviye arttıkça artış göstermiş ve en yüksek değerlere L4/L5 seviyesinde ulaşılmıştır [ortalama maksimum uzunluk: $40,57 \pm 5,15$ mm; ortalama maksimum genişlik: $59,37 \pm 5,5$ mm]. İnsan hekimliğinde yürütülen bu çalışmada, “intervertebral disk yüksekliği” şeklinde tanımlanan ifade bizim çalışmamızda “intervertebral aralık disk genişliği”; “intervertebral disk genişliği” şeklinde tanımlanan ifade ise bizim çalışmamızda “intervertebral aralık disk yüksekliği” şeklinde tanımlanmıştır. Biz çalışmamızda bu literürleri baz alarak tüm kolumna vertebralis boyunca bir değer ortaya koyduk. Bizim çalışmamızda, lumbal vertebralarda, IVAG'de çok hafif bir artış eğilimi gözlenmektedir. IVAG, L1-L2 ve L7-S arasında en yüksek değere ulaşmış diğer aralıklarda homojen bir şekilde seyretmektedir. Lumbal bölgede IVAY'de kendi içinde belirgin bir yükseliş eğilimi gözlenmiş olup, en yüksek L6–L7 segmentinde $6,25$ mm olarak ölçülmüş en düşük IVAY

ise L1-L2 düzeyinde belirlenmiştir. Çalışmamızda IVAG ve IVAY ile ilgili elde ettiğimiz sonuçlar, kedilerde oluşabilecek disk dejenerasyonları ya da disk fıtıklarının erken tanısında referans sağlayabilir.

Lim ve diğerleri (2018), 12 sağlıklı Beagle ırkı köpek ile 56 spinal hastalığı bulunan 50 köpek üzerinde bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, C2-T1, T1-T13 ve L1-L7 aralıklarında BT kullanılarak referans değerler bildirilmiştir. Araştırmada, medulla spinalisin yükseklik ve genişlik ölçümleri ayrı ayrı alınmış ve bu değerlerin oranı hesaplanmıştır. Benzer şekilde, foramen vertebralenin de yükseklik ve genişliği ölçülerek birbirine oranlanmıştır. Çalışmamızda bu literatürde olduğu gibi “medulla spinalis yükseklik ve genişlik” tanımlamaları aynı kalmış, “foramen vertebrale yükseklik ve genişlik” tanımlamaları “canalis vertebralis yüksekliği ve genişliği” olarak tanımlanmıştır. Seo ve diğerlerinin (2013), BT ile servikal canalis vertebralis ve medulla spinalis üzerinde yapmış oldukları çalışma bizim çalışmamıza ışık tutmuştur. 22 adet sağlıklı köpekte, köpekleri vücut ağırlıklarına göre üç gruba ayırmışlar, C3-C7 arası vertebralarda medulla spinalis ve canalis vertebralisin genişlik, yükseklik ve alan ölçümlerini yapmışlardır. Ancak tüm bu literatürler değerlendirildiğinde kedilere ait canalis vertebralis ve medulla spinalis ölçümlerine ait bir literatüre rastlanmamıştır. Bu çalışmada CvG ve MsG’de, her üç bölgede de istatistiksel farklılık görülmüştür ($P<0,001$). CvY ve MsY, torakal ve lumbal bölgelerde istatistiksel olarak benzer ancak servikal bölgede farklı görülmüştür ($P<0,001$). C1 ve C2 vertebra seviyelerinde hem medulla spinalis hem de canalis vertebralis değerlerinde belirgin bir yükseklik ve genişlik farkı gözlemlenmiştir. Özellikle C1 seviyesinde tüm parametreler (CvG, $10,46\pm0,80$ mm; CvY, $8,72\pm1,59$ mm; MsG, $9,15\pm1,09$ mm; MsY, $7,40\pm1,72$ mm) en yüksek düzeyde seyretmektedir. Bu durum, atlantoaksiyel bölgenin anatomik olarak geniş bir canalis vertebralis içermesiyle ilişkilendirilebilir. Torakal bölge boyunca, medulla spinalis ve canalis vertebralis parametreleri göreceli olarak sabit ve servikal bölgeye göre daha düşük düzeyde seyretmiştir. Medulla spinalisin hem genişlik hem de yüksekliği torakal bölgede minimum değerlere ulaşmakta, buna paralel şekilde canalis vertebralis ölçümleri de azalmaktadır. Lumbal bölgede medulla spinalis ve canalis vertebralis parametreleri en yüksek düzeyine L5 seviyesinde ulaşmıştır. L4 seviyesinden sonra medulla spinalis parametreleri düşmüş, canalis vertebralis ölçümleri ise L5 ve L6 seviyelerinde görece daha yüksek kalmaktadır. Bu durum, medulla spinalisin konus medullaris düzeyinde sonlanmasına bağlı olarak kaudal bölgede spinal kanalın nispeten geniş kalmasına rağmen, medulla spinalis'in artık bulunmamasından kaynaklı olarak boyutsal farkın artmasını

açıklamaktadır. Bu çalışmada yer alan, ancak diğer literatürlerde rastlanılmayan MS ve Cv yuvarlaklık indeksleri incelendiğinde, T5–T10 aralığında canalis vertebralis ve medulla spinalis yuvarlaklık indeksleri arasındaki farkın minimuma inmekte olduğu belirlendi. Bu bulgu, medulla spinalis ve canalis vertebralisin torakal bölgede daha orantılı ve silindirik bir yapı sergilediğini göstermektedir.

İnsan hekimliğinde yeni spinal implant ve cerrahi prosedürleri test etmek amacı ile, Mageed ve diğerleri (2013), BT’de 5 adet Merinos koyununda torakalumbal vertebralarda morfometrik ölçümler yapmışlardır. Çalışmalarında vertebral gövde yükseklik ve genişlik, canalis vertebralis derinlik ve genişlik, pedikül genişliği ve yüksekliği, pedikül aksis uzunluğu, transversal pedikül açısı, proc. transversum ölçümlerini yapmışlardır. Bu literatürde “canalis vertebralis derinliği” olarak adlandırılan tanımlama bizim çalışmamızda “canalis vertebralis yüksekliği”; “canalis vertebralis genişliği” adlandırılması ise “canalis vertebralis genişliği” olarak tanımlanmıştır. Ölçümümüzü bu literatürü baz alarak yaptık.

Kedilerde pedikül morfolojisine (pedikül genişliği ve yüksekliği, pedikül uzunluğu ve transversal pedikül açısı) dair herhangi bir BT çalışmasına rastlanılmamıştır. Ancak insanlarda pediküler vida uygulama cerrahisine rehberlik etmesi amacı ile, koyunlarda, keçilerde ve domuzlarda bu konu ile ilgili oldukça geniş çaplı çalışmalar bulunmaktadır. Demiröz ve Erdem (2019)’da, Türk toplumunda pedikül vidalama cerrahisi açısından ciddi öneme sahip olan torakal pediküllerin morfolojik özelliklerini araştırmıştır. Bu amaçla, 63 hastada (19 kadın, 44 erkek) toplamda 1512 torakal pedikülde (T1-T12 arası sağ ve sol pediküllerde ayrı ayrı); pedikül uzunluğu, transversal pedikül çapı ve transversal pedikül açısı ölçümlerini yapmışlardır. Bu literatürde, TPA, T1’de en yüksek (33°), T12’de en düşük (3°); sağ ve sol arasında bazı seviyelerde anlamlı farklar olduğunu bildirmişlerdir. Pedikül uzunluğu T1’de en kısa (33,7 mm), T11’de en uzun (39,6 mm) olduğu bildirilmiştir. Sagittal pedikül çapının T1’de en dar (7,2 mm), T12’de en geniş (11,7 mm), transversal pedikül çapı en düşük T5’te (3,8 mm), en yüksek T1’de (6,2 mm) olduğu bildirilmiştir. Mageed ve diğerlerinin (2013) yaptığı çalışmada ise, pedikül genişliği (PDW) en dar T2’de (4,6 mm), en geniş L5–L6’da (8,4 mm), transversal pedikül açısı (TPA): T12’de en yüksek, L6’da en düşük olarak bildirilmiştir. Ve bu değerlere göre, insan omurgasındaki vida yerleşiminde, vida çapı pedikül çapının %80’inden az olmalı yorumuna ulaşılmıştır. Kwon ve diğerleri (2022), BT ile, servikal vertebralarda 57 hastada (271 pedikül üzerinde) yaptıkları pedikül çapı, pedikül toplam uzunluğu, lateral kütle derinliği, facet-pedikül mesafesi ve vida açısı gibi ölçümler ile pedikül vida yerleştirmesinde Medial Pedicle Pivot

Point" (MPPP) adında özel bir yönlendirme noktası tanımlamışlardır. Kwon ve diğerleri (2022), BT ile yapılan morfometrik ölçümlerin, vida yerleştirme açısının doğru belirlenmesini kolaylaştırdığını bildirmiştir. Bu çalışmada “pedikül çapı” olarak geçen tanımlama bizim çalışmamızda “pedikül genişliği” olarak tanımlanmakla birlikte; bizim çalışmamızda da C2-C6 arası pedikül genişliğine ait alınan ölçümler bu çalışma ile tamamen aynı yöntem ile ölçülmüştür. Pediküle ait parametreler özellikle spinal cerrahide vida uygulamasında ciddi önem arz etmektedir. Çalışmamızda, torakal bölgede PU, TPG ve TPA değerlerinde her vertebra seviyesinde anlamlı farklılıklar tespit edildi ($P<0,001$). PU, en yüksek değeri T13 seviyesinde $6,05\pm0,72$ mm, en düşük T10 seviyesinde $4,19\pm0,40$ mm ölçülmüştür. TPG’nin, servikal bölgede C2 seviyesinde en düşük ($1,33\pm0,26$ mm) olması bu bölgenin hassas anatomik yapısı ile uyumludur. TPG, torakal bölgede en geniş T1 seviyesinde $1,79\pm0,26$ mm, en dar T4 seviyesinde $1,17\pm0,18$ mm olarak ölçüldü. TPA, torakal bölgede en geniş T1 seviyesinde $42,01\pm3,03$ derece, en dar T13 seviyesinde $31,59\pm3,10$ derece olarak ölçüldü. Lumbal bölgede PU, TPG ve TPA değerlerinde her vertebra seviyesinde anlamlı farklılıklar vardır ($P<0,001$). PU, en uzun L5 seviyesinde $7,33\pm0,52$ mm, en düşük L7 seviyesinde $5,76\pm0,29$ mm ölçüldü. TPG, en geniş L7 seviyesinde $2,36\pm0,23$ mm, en dar L5 seviyesinde $1,58\pm0,25$ mm olarak tespit edildi. TPA, en geniş L7 seviyesinde $35,92\pm1,44$ derece, en dar L3 seviyesinde $29,44\pm1,72$ derece olarak ölçüldü. Çalışmamız göz önüne alındığında, torakal bölgede spinal cerrahi vida uygulamalarında kedilerde T13 seviyesinde daha uzun, T10 seviyesinde daha kısa vidalar kullanılmalıdır. En dar pedikül genişliği T4 seviyesinde olmakla birlikte T4-T6 aralığında nörovasküler yaralanma riski daha yüksek olabileceğinden dolayı vida kalınlığı dikkatle seçilmelidir. Üst torakal seviyelerde pedikül açıları daha geniş olduğu için vidalar daha laterale yönlendirilmeli, alt seviyelerde ise vidalar daha düz açılı yerleştirilmelidir. Lumbal bölgede ise, L5 seviyelerinde daha uzun vida kullanılmalı, en dar pedikül genişliği L5 seviyesinde olduğu için bu bölgede vida uygulama planlanmasında dikkat edilmeli ve ayrıca L5’den L7 ye doğru pedikül açısında artış gözlemlendiği için burada kullanılacak vidalar daha eğimli açılarla yerleştirilmelidir.

Kedilerde BT’de for. transversuma ve VY ait herhangi bir morfometrik çalışmaya rastlanılmamıştır. Hassanali ve diğerleri (2020), insanlarda 73 hastada (49 erkek, 24 kadın), servikal omurgada BT ile, for. transversarium ve canalis vertebralisin ölçümlerini yapmışlardır. Çalışmanın amacı, cerrahi müdahalelerde kullanılabilecek yol haritası sağlamak, medulla spinalis ve vertebral arter gibi önemli yapılarda oluşabilecek cerrahi

komplasyonları azaltmak ve anatomik varyasyonların farkındalığını arttırmak olmuştur. Foramen transversarium sagittal çapı, hem erkeklerde hem de kadınlarda, her iki tarafta da en dar C6 ve C7 seviyelerinde gözlemlenmiştir. En geniş çap ise yine her iki cinsiyette ve her iki tarafta C1 seviyesinde ölçülmüştür. For. transversarium transversal çap ölçümlerinde, erkek ve kadınlar arasında C3 ve C4 seviyelerinde anlamlı farklar tespit edilmiştir ($P<0,05$). Bu literatürde “for. transversarium sagittal veya transversal çap” olarak tanımlanan ölçümler bizim çalışmamızda “for. transversarium sagittal veya transversal genişlik” olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada for. transversariuma ait ölçümler bu literatür baz alınarak yapılmıştır. Çalışmamızda FTSG, en yüksek değer C6 seviyesinde (1,2 mm), en düşük değer ise C4 seviyesinde (1,03 mm) kaydedilmiştir. FTTG en yüksek değer C5 seviyesinde (1,12 mm) ölçülürken, en düşük değer C4 seviyesinde (0,98 mm) tespit edildi. C4 seviyesinde görülen görece daralma, bireysel varyasyonlar ya da anatomik adaptasyonlarla ilişkili olabilir. C1, C2 ve C3 seviyelerinde değerler birbiriyle oldukça uyumlu seyretmektedir (~1,04–1,1 mm).

da Costa ve diğerleri (2006), 16 adet klinik olarak normal ve 16 adet servikal spondilomiyelopati (CSM) belirtileri gösteren Doberman Pinscher ırkı köpeklerde, MR ile C2-T1 aralığında hem nötral pozisyonda hem de traksiyon halinde, T2 ağırlıklı görüntülerde morfometrik ölçümler almışlardır. Sagittal ve transversal kesitlerde alınan bu ölçümler canalis vertebralis ve medulla spinalis yükseklikleri, genişlik ve alanları ile intervertebral disk genişliğini ve medulla spinalisin yuvarlaklık indeksini kapsamaktadır. Bu literatürde, CSM’li köpeklerde canalis vertebralis alanı ve medulla spinalis alanı, tüm seviyelerde normal köpeklerle karşılaştırıldığında daha küçük bildirilmiştir. Traksiyon öncesi ve sonrası ölçümler arasındaki fark dikkate alındığında, disk genişlemesi yüzdesi, klinik olarak normal köpeklerde %22,7, CSM’li köpeklerde %23,3 olarak hesaplanmış; bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($P=0,448$). Sagittal kesitte, disk ve vertebral düzeylerde ölçülen canalis vertebralis yüksekliği genel olarak gruplar arasında anlamlı farklılık göstermemekle birlikte, C5-6 ($P=0,027$) ve C6-7 ($P=0,003$) disk seviyelerinde gruplar arasında anlamlı bir fark olduğu bildirilmiştir. Medulla spinalis yüksekliği açısından ise, sagittal kesitte disk ($P<0,001$) ve vertebral ($P=0,004$) seviyelerde gruplar arasında anlamlı farklılıklar saptanmıştır. Transversal kesitte canalis vertebralis yüksekliği, vertebral seviyelerde gruplar arasında anlamlı farklılık göstermiş ($P=0,012$), ancak disk seviyelerinde anlamlı olmadığı bildirilmiştir ($P=0,060$). Transversal kesitte medulla spinalis yüksekliği hem disk ($P=0,014$) hem de vertebral ($P=0,023$) düzeylerde anlamlı farklılıklar göstermiştir.

Transversal kesitte canalis vertebralis genişliği gruplar arasında anlamlı farklılıklar göstermiştir. Medulla spinalis genişliği ise disk ($P=0,049$) ve vertebral ($P=0,015$) seviyelerde anlamlı olarak farklı bildirilmiştir. Canalis vertebralis ve medulla spinalisin transversal düzlemdeki yükseklik/genişlik oranları (yaklaşık yuvarlaklık indeksi) hesaplanmıştır. Canalis vertebralisin yükseklik/genişlik oranı, vertebral düzeyde gruplar arasında farklılık göstermiş ($P=0,042$), ancak disk seviyesinde fark bildirilmemiştir. Medulla spinalisin yükseklik/genişlik oranında transversal düzlemde gruplar arasında anlamlı bir fark bildirilmemiştir. C2 vertebra ile C4-5 disk arası bölgede, medulla spinalisin canalis vertebralis içinde kapladığı ortalama alan oranı klinik olarak normal köpeklerde %34,6 (aralık %33–%37), CSM’li köpeklerde %35,1 (aralık %33–%38) olarak bildirilmiştir. Lee ve diğerleri (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, normal küçük ırk köpeklerde servikal canalis vertebralis ve spinal kordun MR ile yükseklik, genişlik ve kesitsel alan (CSA) ölçümleri yapılmış ve bu anatomik yapıların morfometrik referans değerleri bildirilmiştir. Bu amaçla çalışmalarında 20 adet sahipli küçük ırk köpek kullanılmışlardır. Bu literatürde, canalis vertebralis ve spinal kordun diğer seviyelere kıyasla en geniş olduğu ve spinal kanalın en büyük kesitsel alanına (CSA) sahip olduğu bölge C1–C2 bölgesi olduğu ve buna bağlı olarak, yuvarlaklık indeksleri (yükseklik/genişlik oranı) ve CSA oranının en küçük olduğu seviyenin C1-C2 bölgesi olduğu bildirilmiştir. C2 seviyesinde, canalis vertebralis yüksekliğinin diğer tüm seviyelere göre en yüksek olduğu bildirilmiştir. Ayrıca C2 seviyesinde canalis vertebralis yuvarlaklık indeksinin en yüksek düzeyde olduğu ve yapının şeklinin neredeyse tamamen yuvarlak (yaklaşık 1,0) olduğu bildirilmiştir. C2–C3 seviyesinde medulla spinalisin CSA değeri en düşük iken, C6 seviyesinde en yüksek olarak bildirilmiştir. Disk düzeyindeki CSA oranı, komşu vertebral cisim düzeylerine göre daha düşük bulunmuş ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bildirilmiştir. Ayrıca, C1–C2 dışında, komşu seviyeler arasında canalis vertebralis CSA’sı, medulla spinalis CSA’sı ve CSA oranı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı bildirilmiştir. Bu literatürde “spinal kanal” ve “spinal kord” olarak tanımlanan ölçümler bizim çalışmamızda sırası ile “canalis vertebralis” ve “medulla spinalis” olarak tanımlanmıştır. da Costa ve diğerleri (2006)’nin çalışması ile karşılaştırıldığında bu çalışma, klinik olarak spinal hastalığı olmayan kediler üzerinde yapıldığı için sadece sağlıklı kedilerin verileri değerlendirildi. Beşeri hekimlikte, Mirab ve diğerleri, (2018) ve Tang ve diğerleri, (2016) lumbal intervertebral disklerde yaptıkları çalışmalarda, disk ölçümlerini diskin annulus fibrosus kısmıyla birlikte tamamını alarak yapmışlardır. da Costa ve diğerleri (2006)’nin çalışmasında, sagittal kesitte “intervertebral disk genişliği” olarak tanımlanan

ölçüm aslında bizim “sagittal nükleus pulposus genişliği” olarak tanımladığımız ölçümdür. Çalışmamızda, kolumna vertebralis boyunca sagittal kesit MR görüntüleri değerlendirildiğinde, SCvY’nin doğal olarak her bölgede SMsY’den daha fazla olduğu gözlemlenmektedir. SCvY ve SMsY değerleri servikal bölgede torakal ve lumbal bölgeye göre daha yüksek seyretmektedir. Bu durum, medulla spinalis’in orta servikal segmentlerde genişliğinin maksimum boyuta ulaştığını göstermekte ve cerrahi planlamalarda önem arz etmektedir. Sagittal kesitte SMsY, torakal ve lumbal bölgelerde istatistiksel olarak benzer ancak servikal bölgede farklı bulunmuştur ($P<0,001$). SNpY ve SCvY, her üç bölgede istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($P<0,001$). SNpG ise, servikal ve torakal bölgede istatistiksel olarak benzer ancak lumbal bölgede farklı bulunmuştur ($P<0,001$). Transversal kesitlerde, TMsY torakal ve lumbal bölgede istatistiksel olarak benzer ancak servikal bölgede farklı bulunmuştur ($P<0,001$). TMsG ise, servikal ve lumbal bölgelerde istatistiksel olarak benzer ancak torakal bölgede farklı bulunmuştur ($P<0,001$). TNpY, TCvY ve TCvG her üç bölgede de istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($P<0,001$). TNpG ise, servikal ve torakal bölgelerde istatistiksel olarak benzer ancak lumbal bölgede farklı bulunmuştur ($P<0,001$). Sagittal kesitlerde, servikal bölgede SMsY ve SCvY ölçümlerinde istatistiksel veriler değerlendirildiğinde segmentler arası farkın anlamlı olduğu saptanmıştır ($P<0,001$). SMsY, en düşük ortalama değeri C1–C2 seviyesinde ($3,69\pm0,31$ mm), en yüksek ortalama ise C5–C6 seviyesinde ($4,55\pm0,37$ mm) ölçülmüştür. SCvY değeri ise en yüksek ortalama değer C1–C2 seviyesinde ($9,64\pm0,73$ mm), en düşük ortalama ise C3–C4 seviyesinde ($7,91\pm0,39$ mm) tespit edilmiştir. Özellikle C1–C2 düzeyi “a” grubu olarak en yüksek değeri göstermektedir. SNpY ve SNpG değerlerinde segmentler arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($P=0,165$). SNpY, en yüksek ortalama değer C6–C7 seviyesinde ($3,10\pm0,14$ mm), en düşük ortalama ise C7–T1 seviyesinde ($2,67\pm0,13$ mm) ölçülmüştür. SNpG de ise en yüksek ortalama değer C5–C6 düzeyinde ($1,51\pm0,19$ mm), en düşük ise C7–T1 düzeyinde ($1,39\pm0,18$ mm) gözlenmiştir. TNpY değerlerinde istatistiksel sonuçlara göre elde edilen farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($P=0,303$). TNpY, en yüksek ortalama C6–C7 düzeyinde ($2,52\pm0,27$ mm), en düşük ortalama ise C3–C4 düzeyinde ($2,24\pm0,43$ mm) ölçülmüştür. TNpG’de ise ölçümler arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,001$). TNpG, C4–C5 düzeyinde en yüksek ortalama ($6,57\pm0,91$ mm), C6–C7 düzeyinde ise en düşük ortalama ($5,01\pm0,59$ mm) olarak tespit edilmiştir. TNpY parametresinde, nükleus yüksekliği seviye bazlı olarak küçük varyasyonlar göstermesine rağmen bu farklar istatistiksel anlamlılık düzeyine ulaşmamıştır. Bu durum, transversal düzlemde diskin dikey kalınlığının segmentler arası benzer kaldığını

göstermektedir. TNpG ise servikal segmentler arasında anlamlı farklılık göstermekte olup, özellikle C4–C5 düzeyinde transversal genişliğin belirgin olarak arttığı, buna karşın C6–C7 düzeyinde azaldığı gözlenmiştir. Bu bulgu, segmental biyomekanik yüklenmelerin ve dejeneratif eğilimlerin nükleus pulpozusun yatay çapına etkisi olduğunu düşündürmektedir. Transversal kesitlerde servikal bölgede, TMsY ve TMsG değerlerinde ölçümlerinde istatistiksel veriler değerlendirildiğinde segmentler arası farkın anlamlı olduğu saptanmıştır ($P<0,001$). TMsY, en yüksek ortalama değer C5–C6 düzeyinde ($4,33\pm0,26$ mm), en düşük değer ise C7–T1 düzeyinde ($3,22\pm0,37$ mm) gözlenmiştir. Grup harflerine göre değerlendirildiğinde, C5–C6 (grup b) düzeyindeki yüksekliğin diğer segmentlere göre istatistiksel olarak anlamlı biçimde fazla olduğu görülmektedir. TMsG, en yüksek ortalama genişlik C5–C6 düzeyinde ($6,67\pm0,61$ mm), en düşük değer ise C2–C3 düzeyinde ($4,93\pm1,06$ mm) ölçülmüştür. Özellikle C5–C6 seviyesinde her iki parametrenin de en yüksek değerleri göstermesi, bu aralığın medulla spinalis genişliği bakımından en geniş ve yüksek düzey olduğunu ortaya koymaktadır. Bizim çalışmamızda MS/Cv oranının, kolumna vertebralis boyunca en yüksek değerine C5-C6 aralığında (%24,82) ulaştığı görülmektedir. En düşük değerine ise Th13–L1 aralığında (%6,66) ulaştığı gözlemlenmiştir. Lumbal bölgeye geçişle birlikte MS/Cv oranında yeniden bir artış eğilimi gözlenmiş, L5–L6 düzeyinde oran %15 civarına yükselmiştir. Bu artış, conus medullaris'in sonlandığı ve cauda equina yapılarının yer aldığı bu bölgede spinal kanalın yeniden görece daha “dolgun” bir yapı sergilediğini düşündürmektedir. Ancak, L7–S1 düzeyinde oran neredeyse sıfıra yakın ölçülmüştür; bu da medulla spinalisin bu düzeyde sonlandığını ve sadece sinir köklerinin bulunduğunu yansıtan anatomik bir sonuçtur. Bu durum, servikal bölgede medulla spinalisin, canalis vertebralis içinde daha geniş bir alan kapladığını ve bu bölgedeki medulla spinalisin daha “dolu” bir morfolojiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu yüksek oran, aynı zamanda servikal bölgenin nörolojik hassasiyetine ve travmalara daha duyarlı olmasına katkıda bulunan bir anatomik özelliktir. Çalışmamızda yer alan medulla spinalis ve canalis vertebralis'e ait ölçümler (MsY, MsG, CvY, CvG ve MS/Cv oranı), kedilerde bu bölgelerde gelişebilecek kongenital veya dejeneratif stenozlar, neoplaziler, inflamasyonlar ve özellikle nörolojik formdaki FIP hastalığının değerlendirilmesinde önemli bir referans niteliği taşımaktadır.

Bizim çalışmamızda, BT’de sagittal kesitlerde “intervertebral aralık yükseklik ve “intervertebral aralık genişlik” olarak tanımladığımız ölçümler ile transversal kesitlerde tanımladığımız “corpus vertebra yüksekliği” ve “corpus vertebra genişliği” ölçümleri

intervertebral diskin (IVD) tamamının ölçümünü aslında bize vermektedir. Bu nedenle, MR çalışmamızda intervertebral diskin genel ölçümünü almak yerine, intervertebral disk fitıkları (IVDF) veya disk kalsifikasyonu gibi patolojik durumların değerlendirilmesinde daha anlamlı olabileceği düşüncesiyle, nükleus pulposusun ölçümüne odaklanılmıştır. Bu yaklaşımın, klinik açıdan daha değerli veriler sunacağı kanaatine varılmıştır. Biz sagittal kesitlerde almış olduğumuz canalis vertebralis yüksekliği, medulla spinalis yüksekliği, nükleus pulposus genişliği ölçümlerini, da Costa ve diğerleri (2006)'nin çalışmasını baz alarak ölçtük. Kedilerde nükleus pulposus yüksekliği ölçümü ile ilgili herhangi bir literatüre rastlanılmamıştır. T2 ağırlıklı görüntülerde sıvı içerikleri hiperintens görüldüğü için ve nükleus puposusun içeriği sıvı ağırlıklı olduğundan T2 ağırlıklı görüntülerde çok net görünmektedir. Bu nedenle ölçümlerin tutarlılığı açısından nükleus pulposus ölçümü alınmıştır.

Hecht ve diğerleri (2014), farklı vücut ağırlıklarına göre dört gruba ayrılan 40 sağlıklı köpekte, MR ile sagittal kesitlerde T4, T9 ve L3 vertebraalarında spinal kord ve canalis vertebralis çap ölçümlerini yapmışlardır. Bu çalışmada spinal kord ve canalis vertebralis çap ölçümlerinde referans aralıklar belirlenmiş ve farklı vücut ağırlığı grupları arasındaki bu morfometrik değerler karşılaştırılmıştır. Bu literatürde; canalis vertebralis çapının, köpek ağırlığı arttıkça anlamlı biçimde arttığı, bununla birlikte spinal kord çapının, gruplar arasında anlamlı bir fark göstermediği ve spinal kord/kanal oranının, vücut ağırlığı arttıkça anlamlı bir şekilde azaldığı bildirilmiştir. Ayrıca spinal kord/kanal oranı, küçük köpeklerde daha yüksek olduğu, bunun da patolojik durumlara karşı daha az tolerans anlamına gelebileceği bildirilmiştir. Bu literatürde “canalis vertebralis çap” ve “spinal kord çap” olarak tanımlanan ölçümler bizim çalışmamızda sırası ile “canalis vertebralis yüksekliği” ve “medulla spinalis yüksekliği” olarak tanımlanmıştır. Bizim çalışmamızda, torakal bölgede MS/Cv oranı servikal bölgeden sonra iyice düşmüş ve T12-T13 arasında belirgin bir düşüş gözlenmiştir. Bu durum medulla spinalisin kapladığı alanın daha az olduğunu ve iki kanal arasında daha fazla BOS (beyin medulla spinalis sıvısının) ve koruyucu boşluk olduğu bilgisi ile uyumludur. Lumbal bölgeye geçiş ile bu oran yükselişe geçmiş ve en yüksek değerine L4-L5 seviyelerinde ulaşmıştır. Bu seviyeden sonra MS/Cv oranında belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir.

Pierro ve diğerleri, (2017), L1–S1 aralığında MR ile T1 ve T2 ağırlıklı sagittal kesitlerde canalis vertebralis çapı (SCD), dural kese çapı (DSD) ve dural kese oranı (DSR) için normal referans değerleri belirlemek amacı ile bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada

herhangi bir omurga hastalığı ya da semptomu olmayan erişkin 302 kadın ve 302 erkek birey kullanılmıştır. Bu çalışmada, SCD değerlerinin L1'den L4'e kadar kademeli olarak azaldığı, L5'te tekrar arttığı, S1'de ise keskin bir düşüş gösterdiği bildirilmiştir. Her iki grupta da DSD ve DSR değerlerinde L1'den S1'e doğru azalma bildirilmiştir. DSD, L5 ve S1 hariç, kadın hastalarda erkek hastalara kıyasla anlamlı derecede daha yüksek bildirilmiştir ($P<0,001$). Her seviyede ortalama DSR, kadın hastalarda erkek hastalara kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur ($P<0,001$). Bu literatürde geçen “canalis vertebralis çapı (SCD)” ve “dural kese çapı (DSD)” bizim çalışmamızda sırası ile “canalis vertebralis genişliği” ve “medulla spinalis genişliği” olarak tanımlanmaktadır. Bizim çalışmamızda lumbal bölgede TMsG'de segmentler arası fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,001$). TMsG, en yüksek ortalama değer L4–L5 düzeyinde $4,63\pm0,74$ mm, en düşük ortalama değer L1–L2 düzeyinde $2,30\pm0,53$ mm olarak ölçülmüştür. TCvG değerlerinde istatistiksel analiz sonucunda gruplar arasında anlamlı fark saptanmıştır ($P<0,001$). TCvG, en yüksek ortalama değer L4–L5 düzeyinde $10,67\pm1,24$ mm, en düşük değer L1–L2 düzeyinde $8,73\pm1,15$ mm olarak ölçülmüştür.

Widmer ve diğerler, (2018), köpeklerde intervertebral disk aralığının en dar olduğu bölge T10-T11 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Kim ve diğerleri (2024), kedilerde intervertebral disk aralığının en dar bölgesinin T10–T11 arasında olup olmadığını araştırmak üzere radyografi ve MR yöntemi kullanarak bir çalışma yapmışlardır. Yapılan bu çalışmada, 101 adet klinik olarak sağlıklı ve 32 adet T8-T13 arası spinal hastalığı olmayan kediler olacak şekilde iki gruba ayrıldı. Bu çalışmada, hem radyoŞekil hem de MR ile ölçümlerinde, T8-T13 arasında intervertebral disk aralıkları sagittal kesitte 3 noktada (dorsal, santral ve ventral) ölçülmüştür. Bu literatürün kendi çalışmamıza benzerlik gösteren ölçüm kısmı “disk aralıkları arasındaki santral genişlik (CW) ölçüm değeridir. Bu literatürde disk aralıkları arasında santral genişlik (CW) açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmasa da, T10–T11 disk aralığının ortalama CW değeri, komşu disk aralıkları arasında en dar olan olarak bildirilmiştir. Sonuç olarak bu literatürde, kedilerde kranial torakal (T8–T11) intervertebral disk aralıklarının, kaudal torakal (T11–T13) intervertebral disk aralıklarından genellikle daha dar olduğu bildirilmiştir. Bu literatürde yer alan “disk aralıkları arasında santral genişlik (CW)” tanımı bizim sagittal kesitlerde aldığımız nükleus pulposus genişlik ölçümlerine biraz benzemektedir. Biz sadece nükleus pulposusu baz alır iken bu literatür intervertebral aralık disk ölçümü olarak almıştır. Ancak böyle olmasına rağmen bu literatürde torakal bölgede bulunan değerler ile bizim çalışmamızda bulduğumuz

bulgular benzerlik göstermektedir. Bizim çalışmamızda, SNpG’de segmentler arası istatistiksel fark vardır ($P=0,001$). SNpG, en yüksek ortalama değeri T12–T13 aralığında ($1,71\pm0,23$ mm), en düşük ortalama değeri T3–T4 aralığında ($1,31\pm0,17$ mm) ölçülmüştür.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Küçük hayvan hekimliğinde son yıllarda BT ve MR görüntüleme yöntemlerinin kullanımı giderek artmakla birlikte, kedilere ait BT ve MR anatomisine yönelik kaynaklar halen oldukça sınırlıdır. İnsan tıbbında her anatomik bölgeye, dokuya ve organa ait normal BT ve MR görünümüleriyle ilgili çok sayıda ölçüm ve indeks ortaya konmuşken, benzer morfometrik veriler kedi türü için yeterince oluşturulmamıştır. Ancak sağlıklı ve patolojik görünümünün ayırt edilebilmesi açısından normal anatomik yapıların detaylı bir şekilde bilinmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu doğrultuda, bu tez çalışmasında kedilerin kolumna vertebralis ve medulla spinalis yapılarının BT ve MR anatomisi ayrıntılı olarak ortaya konmuştur. Çalışma kapsamında 9 melez 1 British Shorthair melez kedinin kolumna vertebralis ve medulla spinalis bölgeleri değerlendirilmiş; BT görüntülerinden toplam 4.050, MR görüntülerinden ise toplam 2.300 ölçüm gerçekleştirilerek kapsamlı bir veri seti elde edilmiştir.

BT çalışmasında, sagittal ve transversal kesitlerde her bir vertebra seviyesinde; corpus vertebra uzunluğu, intervertebral aralık yüksekliği ve genişliği, canalis vertebralis yüksekliği ve genişliği, medulla spinalis yüksekliği ve genişliği, corpus vertebra yüksekliği ve genişliği, pedikül genişliği ve uzunluğu, transversal pedikül açısı, vertebra yüksekliği, Foramen transversum sagittal ve transversal genişlikleri ölçülmüştür. Ayrıca corpus vertebra yuvarlaklık indeksi ile medulla spinalis ve canalis vertebralis yuvarlaklık indeksleri hesaplanmıştır. MR çalışmasında ise sagittal ve transversal kesitlerde, her bir disk seviyesinde; canalis vertebralis yüksekliği ve genişliği, medulla spinalis yüksekliği ve genişliği, nükleus pulposus yüksekliği ve genişliği ölçülmüş; ayrıca medulla spinalisin canalis vertebralise oranı hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen morfometrik verilerin ve yapılan değerlendirmelerin, kedilere ait kolumna vertebralis ve medulla spinalis'in normal BT ve MR morfometrisinin tanımlanmasına temel oluşturacağı kanaatindeyiz. Ancak çalışmanın dış bir görüntüleme merkezinde gerçekleştirilmiş olması nedeniyle daha fazla sayıda kedinin çalışmaya dahil edilmesi mümkün olmamıştır. Ayrıca, anestezi uygulaması gerekliliği nedeniyle hayvan sahiplerinden onay alınmasında yaşanan güçlükler, çalışmanın sadece belirli ırklardaki kedilerle sınırlandırılmasına yol açmıştır. Buna rağmen, bu çalışmadan elde

edilen bulguların, kedilere yönelik ileride yapılacak morfometrik çalışmalara önemli bir referans kaynağı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu nedenle, benzer çalışmaların farklı kedi ırklarında ve daha fazla sayıda kedi gruplarıyla yürütülmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abuzayed, B., Tutunculer, B., Kucukyuruk, B., Tuzgen, S. (2010). Anatomic basis of anterior and posterior instrumentation of the spine: morphometric study. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 32, 75-85. doi:10.1007/s00276-009-0545-4.
- Adams, W. (1999). The Spine. D. Greco, A. Simpson, *Clinical Techniques in Small Animal Practise*, 14, 148-159. W.B. Saunders.
- Adams, W. H. (1999). The Spine. *Clinical Techniques in Small Animal Practice*, 14(3), 148-159.
- Ahn, S. (2024). *Computed Tomography Morphometric Evaluation of the Thoracic and Lumbar Vertebral Canal and Spinal Cord in Healthy Korean Shorthair Cats*. Yüksek lisans tezi, Seul Ulusal Üniversitesi Veterinerlik ve Klinik Veterinerlik Enstitüsü, Kore.
- Alsaleh, K., Essbaiheen, F., Aldosari, K., Alsubei, B., Alabdulkareem, M. (2021). Morphometric Analysis of Subaxial Cervical Spine Pedicles in a Middle Eastern Population. *International Journal of Spine Surgery*, 15(3), 413-417.
- Arslan, B. (2005). *Bilgisayarlı Tomografi ile Görüntüleme Yöntemleri*.
- Berry, C., Nelson, N., Winter, M. (2023). *Atlas of Small Animal Diagnostic Imaging*. USA: John Wiley & Sons.
- Bhide, A., Datar, S., Stebbins, K. (2021). Development of Computed Tomography. *Case Histories of Significant Medical Advances*, 1-17.
- Boztok Özgermen, D. B., 2022. *Veteriner Hekimlikte Bilgisayarlı Tomografi Kullanımı*. tarihinde Veteriner Radyoloji Derneği: <https://www.veterinerradyoloji.org/veteriner-hekimlikte-bilgisayarli-tomografi-kullanimi/#:~:text=%C4%B0nsanlarda%20bron%C5%9Fial%2C%20akci%C4%9Fer%20ve%20me20mediastinal,%C5%9Feklinde%20g%C3%B6r%C3%BCnt%C3%BC%20alma%20i%C5%9Flemi%20tan%C4%B1mlar> adresinden erişildi.

- Cachon, T., Hassoun, R., Odet, M., Massenzio, M., Carozzo, C., Ronel, S.,Viguiet, E. (2019). Morphometric dimensions of the goat thoracolumbar vertebrae using digitized CT images. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 22(S1), S123-S125. doi.org/10.1080/10255842.2020.1713505.
- Choi, G., Yang, M., Yang, S., Park, S., Heo, S., Kim, N. (2024). Morphometric Evaluation of Thoracolumbar Spinal Canal and Cord by Magnetic Resonance Imaging in Normal Small-Breed Dogs. *Animals*. 14(1030), 1-9.
- Cole, R., Hespel, A.M. (2020). Principles of Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging. M. Holland (Ed.), J. Hudson (Ed.) içinde, *Feline Diagnostic Imaging* 13-26. Willey Blackwell.
- Çetin, T., Kahraman, S., Kızılgöz, V., Aydın, S. (2023). The Comparison between Herniated and Non-Herniated Disc Levels Regarding Intervertebral Disc Space Height and Disc Degeneration, A Magnetic Resonance Study. *Diagnostics*, 13(3190), 1-11.
- da Costa, R., Parent, J., Partlow, G., Dobson, H., Holmberg, D., Lamarre, L. (2006). Morphologic and morphometric magnetic resonance imaging features of Doberman Pinschers with and without clinical signs of cervical spondylomyelopathy. *American Journal of Veterinary Research*, 67(9), 1601-1612.
- Dance, D. R., Christofides, S., Maidment, A.D.A., McLean, I.D., Ng, K.H. (2014). *Diagnostic Radiology Physics*, 333-391.
- d'Anjou, M. A. (2013). Principles of Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging. D. E. Thrall içinde, *Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology*, 71-95. Elsevier.
- De Luliis, G., Pulera, D. (2011). The Cat. *The Dissection of Vertebrates*, 1-106.
- Debreuque, M., Valin, I., Prata, D., De Fornel, P., Thibaud, J.-L. (2020). Case Report: Intramedullary Intervertebral Disk Extrusion in a Cat: Clinical, Computed Tomographic, High-Field Magnetic Resonance Imaging, and Outcome Findings. *Frontiers in Veterinary Science*, 7(583892), 1-7.
- Demir, D. (2008). *Akciğer Kitlelerinin Görüntülenmesinde Düşük Doz Bilgisayarlı Tomografinin Rolü*. Uzmanlık Tezi. Edirne: T.C.Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyodiagnostik Anabilim Dalı.

- Demiroz, S., Erdem, S. (2019). Computed Tomography-Based Morphometric Analysis of Thoracic Pedicles: An Analysis of 1512 Pedicles and Correlation with Sex, Age, Weight and Height. *Turk Neurosurg*, 1-11. doi: 10.5137/1019-5149.JTN.26848-19.2.
- Devecioğlu, Y. (1999). *Köpeklerde Kolumna Vertebralis ve Medulla Spinalis Lezyonlarının Klinik Değerlendirilmesi*. Doktora Tezi. 1-132. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Cerrahi Anabilim Dalı.
- Devecioğlu, Y., Yücel, R. (2002). Köpeklerde Kolumna Vertebralis ve Medulla Spinalis Lezyonlarının Klinik Değerlendirilmesi. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 28(2), 361-379.
- Dewey, C. W. (2017). Servikal Omurga Cerrahisi. T. W. Fossum içinde, *Küçük Hayvan Cerrahisi*, 1467-1502. Elsevier.
- Dewey, C., da Costa, R., & Ducote, J. (2016). Neurodiagnostics. C. Dewey, & R. da Costa içinde, *Practical Guide to Canine and Feline Neurology* (75-101). Wiley-Blackwell.
- Dursun, N. (2000). *Veteriner Anatomi III*. Ankara: Medisan.
- Dursun, P. N. (2001). *Veteriner Anatomi I*. Ankara: Medisan.
- Easton, S. (2012). Advance Imaging Techniques. S. Easton içinde, *Practical Veterinary Diagnostic Imaging*, 232-234 . Wiley-Blackwell.
- Elasan, S., Yılmaz, O. (2021). Morphometric and volumetric analysis of the cervical spinal cord and vertebral canal using computed tomography images in normal Van cats. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 1-13. doi: 10.1111/ahe.12727.
- Elliott, I., Skerritt, G. (2010). *Handbook of Small Animal MRI*. John Wiley, Sons.
- Evangelopoulos, D., Kontovazenitis, P., Kouris, S., Zlatidou, X., Benneker, L., Vlamis, J., Efstathopoulos, N. (2012). Computerized Tomographic Morphometric Analysis of the Cervical Spine. *The Open Orthopaedics Journal*, 6, 250-254.
- Evans, H., Lahunta, A. (2013). *Miller's Anatomy of the Dog*.
- Fitzmaurice, S. (2010). Imaging the Nervous System. S. Fitzmaurice içinde, *Small Animal Neurology*, 315-318. Saunders Elsevier.
- Fletcher, T. F. (2013). Spinal Cord and Meninges. E. de Lahunta içinde, *Miller's Anatomy of the Dog*, 589-602. Elsevier.

- Flos, J. (2008). *Parallel Transmission MRI*. Tez. Imperial College London. 1-34.
<https://www.researchgate.net/publication/262494534>.
- Gavin, P., Bagley, R. (2009). *Practical Small Animal MRI*. USA: Wiley-Blackwell.
- Gielen, I. (2018). Basics of Musculoskeletal Computed Tomography. R. Kirberger, F. McEvoy içinde, *Bsava Manuel of Canine and Feline Musculoskeletal Imaging*, 28-33.
- Gielen, I., Caelenberg, A. V., van Bree, H. (tarih yok). Clinical applications of computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) in small animals. (D. o. Orthopaedics, Dü.) *Clinical applications of computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) in small animals*, 22(4), 84-103.
- Griffith, J., Huang, J., Law, S.-W., Xiao, F., Leung, J., Wang, D., Shi, L. (2016). Population reference range for developmental lumbar spinal canal size. *Quant Imaging Med Surg*, 6(6), 671-679.
- Hassanali, H., Prateeksha S., Fayas P., Saikiran P., Priya P.S., (2020). Morphometric Measurements of Cervical Spine using Computed Tomography. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*, 14(3), 1702-1708.
- Hecht, S., Huerta, M., Reed, R. (2013). Magnetic Resonance Imaging (MRI) Spinal Cord and Canal Measurements in Normal Dogs. *Journal of Veterinary Medicine*, 43(2014), 36-41.
- Holland, M., Hudson, J. (2020). *Feline Diagnostic Imaging*. Wiley-Blackwell.
- Hounsfield, G. (1973). Computerized transversale axial scanning (tomography):Part I. Description of system. *British Journal of Radiology* (46), 1016-102.
- Hudson, L., Hamilton, W. (2010). Musculoskeletal System. *Atlas of Feline Anatomy for Veterinarians*, 23-78.
- Kahraman, S. A. (2010). Bilgisayarlı Tomografi Prensipleri ve Uygulamadaki Yenilikler. *ADO Klinik Bilimleri Dergisi*, 3(4), 479-487.
- Karaali, K. (2020). Atomdan MR Sinyaline Temel Fizik Prensipler, Görüntü Oluşumu ve Görüntü Ağırlığı(8), 155-168. Türk Radyoloji Derneği.
- Kealy, J. K., McAllister, H., Graham, J. P. (2011). The Radiograph. *Diagnostic Radiology and Ultrasonography of the Dog and Cat*, 1-22.

- Keane, M., Paul, E., Sturrock, C. J., Rauch, C., Rutland, C. S. (2017). Computed Tomography in Veterinary Medicine:Currently Published and Tomorrow's Vision. A. M. Halefoglu içinde, *Computed Tomography - Advanced Applications*, 271-289.
- Ketenci, I., Yanik, H., Erdem, S. (2018). Pedicle morphometry of thoracic and lumbar vertebrae in adolescent idiopathic scoliosis. *Medeniyet Medical Journal*, 33(2), 69-74. doi:10.5222/MMJ.2018.01336.
- Kim, J., Kwon, D., Kim, B., Lee, K., Yoon, H. (2024). Evaluation of Intervertebral Disc Space Width Between 10th and 11th Thoracic Vertebrae in Cats Using Radiography and Magnetic Resonance Imaging. *Veterinary Medicine and Science*, 1-8. doi:org/10.1002/vms3.70079.
- Knell, S., Smolders, L., Pozzi, A. (2021). Ex vivo Evaluation of the Dynamic Morphometry of the Caudal Cervical Intervertebral Disc Spaces of Small Dogs and Cats. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 1-13. doi: 10.3389/fvets.2021.706452.
- Korkmaz, M., Özevren, H. (2021). Morphometric study on the 12th thoracic vertebrae which is most frequently exposed to trauma and the closest vertebra to thoracic aorta. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*, 27(3), 351-355.
- Kot, A., Polak, J., Klepinowski, T., Frączek, M., Krzyżewski, R., Grochowska, A., Kwinta, B. (2021). Morphometric analysis of the lumbar vertebrae and intervertebral discs in relation to abdominal aorta: CT-based study. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 2-12.
- König, H., Mülling, C., Seeger, J., Liebich, H.-G. (2020). Nervous System (Systema Nervosum). H. E. König, H.-G. Liebich içinde, *Veterinary Anatomy of Domestic Animals Textbook and Colour Atlas*, 515-587. Thieme.
- Kwon, J.-W., Arreza , E., Suguitan, A., Lee, S.-B., Sung , S., Park, Y.,Lee, B. (2022). Medial Pedicle Pivot Point Using Preoperative Computed Tomography Morphometric Measurements for Cervical Pedicle Screw Insertion: A Novel Technique and Case Series. *Journal of Clinical Medicine*, 11(2), 1-12. doi:org/10.3390/jcm11020396.
- Lee, N., Seo, J., Yoon, J., (2021). Morphometric Magnetic Resonance Imaging Evaluation of Cervical Spinal Canal and Cord in Normal Small-Breed Dogs. *Frontiers in veterinary Science*, 1-7. doi:org/10.3389/fvets.2021.732953.
- Liau, K., Yusof, M., Abdullah, M., Abdullah, S., Yusof, A. (2006). Computed Tomographic Morphometry of Thoracic Pedicles. *SPINE*, 31(16), E545-E550.

- Liebich, H.-G., König, H. (2020). Axial Skeleton. H. E. König, H.-G. Liebich içinde, *Veterinary Anatomy of Domestic Animals Textbook and Colour Atlas*, 73-136. Thieme.
- Lim, J., Yoon, Y., Hwang, T., Lee, H. (2018). Novel vertebral computed tomography indices in normal and spinal disorder dogs. *J Vet Sci*, 19(2), 296-300. <https://doi.org/10.4142/jvs.2018.19.2.296>.
- Lorenz, M. D., Coates, J. R., Kent, M. (2011). Confirming a Diagnosis. *Handbook of Veterinary Neurology*, 75-90. Elsevier.
- Lorenz, M., Coates, J., Kent, M. (2011). Tetraparesis, Hemiparesis, and Ataxia. M. Lorenz, J. Coates, M. Kent, *Handbook of Veterinary Neurology*, 162-249.
- Mageed, M., Berner, D., Jülke, H., Hohaus, C., Brehm, W., Gerlach, K. (2013). Morphometrical dimensions of the sheep thoracolumbar vertebrae as seen on digitised CT images. *Laboratory Animal Research*, 29(3), 138-147. <https://doi.org/10.5625/lar.2013.29.3.138>.
- Mai, W. (2018). *Diagnostic MRI in Dogs and Cats*.
- McCollough, C. H., Rajiah, P. S. (2023). Milestones in CT: Past, Present, and Future. *Radiology*, 309(1), 1-14. doi.org/10.1148/radiol.230803.
- Mirab, S., Barbarestani, M., Tabatabaei, S., Shahsavari, S., Zangi, M. (2018). Measuring Dimensions of Lumbar Intervertebral Discs in Normal Subjects. *Anatomical Sciences*, 15(1), 3-8.
- Moore, E. (2021). Magnetic Resonance Imaging. P. Dendy, B. Heaton içinde, *Physics for Diagnostic Radiology*, 563-601.
- Morita, K., Ohashi, H., Kawamura, D., Tani, S., Karagiozov, K., Murayama, Y. (2021). Thoracic and lumbar spine pedicle morphology in Japanese patients. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 43, 833-842.
- Ohlerth, S., Scharf, G. (2007). Computed Tomography in Small Animals-Basic Principles and State of The Art Applications. *The Veterinary Journal* (173), 254-271.
- Okada, M., Kitagawa, M., Nagasawa, A., Itou, T., Kanayama, K., Sakai, T. (2009). Magnetic Resonance Imaging and Computed Tomography Findings of Vertebral Osteosarcoma in a Cat. *Journal of Veterinary Medical Science*, 71(4), 513-517.

- Olby, N., Thrall, D. E. (2012). Neuroimaging. S. Platt, N. Olby içinde, *BSAVA Manual of Canine and Feline Neurology*, 77-92.
- Özer, P. (2016). Veteriner Hekimlikte Manyetik Rezonans Görüntüleme. *Pet Info Dergisi* (85), 1-3.
- Pierro, A., Cilla, S., Maselli, G., Cucci, E., Ciuffreda, M., Sallustio, G. (2017). Sagittal Normal Limits of Lumbosacral Spine in a Large Adult. *Journal of Clinical Imaging Science*, 7, 1-7.
- Prassinis, N. N., Dentsas, M. T., Krystalli, A. A. (Dü). (2019). Cats are not small dogs, even in orthopaedics. *Hellenic Journal of Companion Animal Medicine*, 8(2), 118-133.
- Ricciardi, M., Campanella, A., Grieco, G., Zammit, R. (2018). Usefulness of spinal unenhanced computed tomography and CT-myelography in the age of multidetector CT technology and magnetic resonance imaging - Preliminary considerations. *Open Veterinary Journal*, 8(3), 265-281. doi: 10.4314/ovj.v8i3.6.
- Richter, J., Mülling, C., Röhrmann, N. (2024). A Morphometric Study on the Dimensions of the Vertebral Canal and Intervertebral Discs from Th1 to S1 in Cats and Their Relevance for Spinal Diseases. *Vet. Sci.*, 11(9), 1-14. doi:org/10.3390/vetsci11090429.
- Roels, J., Hassounb, R., Massenzio, M., Ronel, S., Lafon, Y., Viguier, E., Cachon, T. (2022). A morphometric analysis of thoracolumbar vertebrae in goat by computed tomography. *Veterinary and Animal Science* 15, 1-8.
- Saunders, J., Ohlerth, S. (2011). CT Physics and Instrumentation-Mechanical Design. T. Schwarz, J. Saunders içinde, *Veterinary Computed Tomography*, 1-8. Wiley-Blackwell.
- Saunders, J., Schwarz, T. (2011). Principles of CT Image Interpretation. T. Schwarz, J. Saunders içinde, *Veterinary Computed Tomography*, 29-34. Wiley-Blackwell.
- Sebastiani, A., Fishbeck, D. (2005). Skeletal System. *Mammalian Anatomy*, 5-36.
- Seiler, G., Kinns, J., Dennison, S., Saunders, J., Schwarz, T. (2011). Vertebral Column and Spinal Cord. T. Schwarz, J. Saunders içinde, *Veterinary Computed Tomography*, 227-247.

- Seiler, G., Kinns, J., Sophie, D., Saunders, J., Schwarz, T. (2011). Vertebral Column and Spinal Cord. T. Schwartz, J. Saunders içinde, *Veterinary Computed Tomography*, 209-229. Wiley-Blackwell.
- Seo, E., Choi, J., Choi, M., Yoon, J. (2014). Computed tomographic evaluation of cervical vertebral canal and spinal cord morphometry in normal dogs. *Journal of Veterinary Science*, 15(2), 187-193. doi.org/10.4142/jvs.2014.15.2.187.
- Sharma, S., Singh, D., Singh, M., Kohli, A., Singh, G., Arora, M. (y 2013). Single screw-rod anterior instrumentation for thoracolumbar burst fractures with incomplete neurological deficit. *Journal of Orthopaedic Surgery*, 21(1), 71-76.
- Singh, B. (2018). B. Singh içinde, *Singh, Sack and Wensing's Textbook of Veterinary Anatomy*, 672-693. Elsevier.
- Singh, B. (2018). *Singh, Sack and Wensing's Textbook of Veterinary Anatomy*. Elsevier.
- Slanina, M. (2015). Atlantoaxial Instability. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal*, 1-11. doi.org/10.1016/j.cvsm.2015.10.005.
- Sotome, A., Kadoya, K., Suzuki, Y., Iwasaki, N. (2022). Spinal Canal and Spinal Cord in Rat Continue to Grow Even after Sexual Maturation: Anatomical Study and Molecular Proposition. *Int. J. Mol. Sci.*, 23(24), 1-13. doi.org/10.3390/ijms232416076.
- T.C. Milli Egitim, B. (2011). Radyoloji. *Manyetik Rezonans Cihazları*, 1-65. Ankara.
- Tan, S. Y., Poole, P. S. (2020, Ocak). *National Library of Medicine*. Eylül 17, 2022 tarihinde ncbi.nlm.nih.gov: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7900806/>.
- Tang, R., Gungor, C., Sesek, R., Foreman, K., Gallagher, S., Davis, G. (2016). Morphometry of the lower lumbar intervertebral discs and endplates: comparative analyses of new MRI data with previous findings. *Eur Spine J*, 1-16. doi:10.1007/s00586-016-4405-8.
- Thrall, D. (2018). *Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology*. 71-95. Elsevier.
- Tidwell, A. (1999). Advanced Imaging Concepts: A Pictorial Glossary of CT and MRI Technology. J. Jones içinde.

Tümrad. *Bilgisayarlı Tomografi (BT)*. Tümrad:

http://www.tumrad.net/FileUpload/ds58732/File/bilgisayarli_tomograf1__bt_.pdf
adresinden erişildi.

Uwagie-Ero, E., Awasum, C. (2017). The Challenges and Limitations of Magnetic Resonance Imaging Technique in Veterinary Curriculum and Clinical Practice in Nigeria. *Sokoto Journal of Veterinary Sciences*, 15(3), 1-9.

Ünal, D., Karadağ, Y. M. (2008). Tıpta Kullanılan Görüntüleme Teknikleri.

Vallefuoco, R., Bedu, A., Manassero, M., Viateau, V., Niebauer, G., Moissonnier, P. (2013). Computed tomographic study of the optimal safe implantation corridors in feline thoraco-lumbar vertebrae. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 372-378.

Wisner, E., Zwingenberger, A. (2015). *Atlas of Small Animal CT and MRI*. USA: John Wiley Sons.

X Işını. (2022, Temmuz 18). Eylül 17, 2022 tarihinde Vikipedi:

https://tr.wikipedia.org/wiki/X_%C4%B1%C5%9F%C4%B1n%C4%B1.

Yalçın, E. D., Eren, H. (2019). Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi: Görüntü Kalite ve Kalite Kontrol. *Türkiye Klinikleri, Dentomaksillofasiyal Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi: Temel Prensipler, Teknikler ve Klinik Uygulamalar*, 7-15.

Yeung, K., Man, G., Lam, T., Cheng, J., Chan, K., Chu, W. (2022). Morphological changes of Intervertebral Disc detectable by T2-weighted MRI and its correlation with curve severity in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *1. BMC Musculoskeletal Disorders*, 23(655), 1-13.

Yıldırım, Ö., Aydın, İ., Kökkülünk, H. T. (2020). Importance of Medical Imaging Methods in Medicine. *Journal of Health Sciences*(2), 23-28.

Yitbarek, D., Dagnaw, G. G. (2022). Application of advanced Imaging Modalities in Veterinary Medicine: A Review. *Veterinary Medicine: Research and Reports*, 13, 117-130.

EKLER

Ek 1 (AYDIN ADÜ- HADYЕК KARARI)



T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
HAYVAN DENEYLERİ YEREL ETİK KURULU
(AYDIN ADÜ-HADYЕК)



Aydın, 28/10/2020

Oturum : Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu 2020 Yılı V. Oturum
Sayı : 64583101/2020/103
Proje Başlığı : Kedilerde Kolumna Vertebralis ve Medulla Spinalis'in Bilgisayarlı Tomografi ve Manyetik Rezonans Görüntülenmesi.
ProjeYürütücüsü : Murat SARIERLER
Proje Ekibi : Didem EREN

Bu çalışmanın hiçbir bölümünde:

İnsan embriyosu ve fötüsü kullanılması
İnsan embriyosu ve fötüsü dokularının kullanılması
Diğer insan doku ve hücrelerinin kullanılması

Hayvan Çalışması : İnsanlarda araştırma
İnsan olmayan primatların kullanılması
Transgenik hayvanların kullanılması
Hayvanlarda genetik modifikasyon öngörülmemiştir.

Bu çalışmanın yapılmasında etik açıdan bir sakınca bulunmamaktadır.

(Değerlendirmede Bulunmadı)

Prof. Dr. Murat SARIERLER
Başkan

Prof. Dr. M. Dinçer BİLÇİN
Başkan Yardımcısı

Prof. Dr. Tufan DOST
Üye

Prof. Dr. Oğuz TÜRKÖZAN
Üye

Prof. Dr. Işıl SONMEZ
Üye

Doç. Dr. Serkan BAKIRCI
Üye

(Toplantıya Katılmadı)
Dr. Öğr. Üyesi Umut
DEMETOĞLU
Üye

Dr. Öğr. Üyesi A. Önder
ÜSTÜNDAĞ
Üye

Dr. Öğr. Üyesi Aysun KOÇ
Üye

Dr. Öğr. Üyesi Solmaz
KARAARSLAN
Üye

Öğr. Gör. Dr. Asude Gülce
GÜLER Sor. Vet. Hek.
Üye

Vet. Hek. Dr. Serdar AKTAŞ
Sor. Vet. Hek
Üye

(Toplantıya Katılmadı)
Hidayet YAMAN
Serbest Vet. Hek. Üye

(Toplantıya Katılmadı)
Şenay TEKİNBAŞ
HAYTAP Üye.

Mustafa ÇOBANOĞLU
Sivil Üye

Bu rapor, sadece Adnan Menderes Üniversitesi'nde yapılacak çalışmalar için geçerlidir.

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLİMSEL ETİK BEYANI

“Kedilerde Kolumna Vertebralis ve Medulla Spinalis’in Bilgisayarlı Tomografi ve Manyetik Rezonans ile Görüntülenmesi” başlıklı Doktora tezimdaki bütün bilgileri etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiz atıf yaptığımı bildiririm. İfade ettiklerimin aksi ortaya çıktığında ise her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Didem EREN

... / ... /2025

ÖZ GEÇMİŞ

Soyadı, Adı : EREN Didem
Uyruk : T.C.
Doğum yeri ve tarihi : İzmir / 14.07.1980
Telefon : +90-532 520 49 99 / +1 672 200 76 07
E-posta : vetem09@gmail.com / 1720200202@stu.adu.edu.tr
Yabancı dil : İngilizce

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet tarihi
Doktora	Aydın ADÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Cerrahi Anabilim Dalı	2025
Lisans	Aydın ADÜ Veteriner Fakültesi	2003

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer/Kurum	Ünvan
2006-2008	Nemo Veteriner Kliniği	Veteriner Hekim
2011-2012	Kuşadası Petcenter Veteriner Kliniği	Veteriner Hekim
2021-2024	Centralvet Veteriner Kliniği	Veteriner Hekim
2024-	Hollyburn Veterinary Hospital	Veteriner Teknisyeni