



T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YENİ ZELANDA TAVŞANINDA
MEDULLA SPINALIS'İN PARS LUMBALIS'İNİN
MORFOMETRİK VE STEREOLOJİK OLARAK İNCELENMESİ**

Berna DUMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

VETERİNER ANATOMİ ANABİLİM DALI (ORTAK)

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi İftar GÜRBÜZ

BURDUR-2020

T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YENİ ZELANDA TAVŞANINDA
MEDULLA SPINALIS'İN PARS LUMBALIS'İNİN
MORFOMETRİK VE STEREOLOJİK OLARAK İNCELENMESİ**

Berna DUMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

VETERİNER ANATOMİ ANABİLİM DALI (ORTAK)

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi İftar GÜRBÜZ

Bu araştırma Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinatörlüğü tarafından 0585-YL-19 proje numarası ile desteklenmiştir.

BURDUR-2020

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmalarım boyunca kıymetli bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli Danışman Hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi İftar GÜRBÜZ'e sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım. Desteklerini, ilgi ve önerilerini esirgemeyen değerli Anatomi Anabilim Dalı Başkanı sayın Prof. Dr. Özcan ÖZGEL ve Anatomi Anabilim Dalı öğretim üyeleri sayın Doç. Dr. Yasin DEMİRASLAN, sayın Doç. Dr. Emine KARAKURUM ile sayın Dr. Öğr. Üyesi Ömer Gürkan DİLEK'e çok teşekkür ederim. Ayrıca, dokuların histolojik takibinde, bilgi ve deneyimleri ile yardımcı olan Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı öğretim üyeleri sayın Prof. Dr. Jale ÖNER, sayın Doç. Dr. Mehmet ÖZBEK ve sayın Öğr. Gör. Harun KARACA'ya teşekkür ederim. Eğitimim ve tez çalışmalarım boyunca desteğini ve yardımını esirgemeyen eşim sayın Dr. Özgür DUMAN'a teşekkür ederim. Sevgi ve anlayışlarından dolayı anneme, babama ve çocuklarım Melike Elif ve Selen'e sonsuz şükranlarımı sunarım. Ayrıca, yüksek lisans eğitimine başlamama sebep ve her zaman destek olan arkadaşım Esra Akar SARIUSTA'ya da çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

İÇ KAPAK	I
KABUL ve ONAY	II
TEŞEKKÜR	III
ETİK BEYAN	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİLLER	VI
TABLolar	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VIII
ÖZET	IX
ABSTRACT	X
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Merkezi Sinir Sistemi	4
2.2. Medulla Spinalis'in Makroanatomisi	5
2.3. Medulla Spinalis'in Dış Yüzeyinin Anatomisi	7
2.4. Medulla Spinalis'in Segmentleri	8
2.5. Medulla Spinalis'in Enine Kesitinin Histolojisi	9
2.5.1. Substantia Grisea	11
2.5.2. Substantia Alba	12
2.6. Medulla Spinalis'in Zarları	13
2.7. Medulla Spinalis'in Vaskülarizasyonu	14
2.8. Medulla Spinalis'in Klinik Önemi	14
2.9. Stereoloji	15
2.9.1. Cavalieri Prensibi ile Hacim Hesaplaması	15
2.9.2. Hata Katsayısı Hesaplaması	18
2.10. Arşiment Prensibi	18
3. GEREÇ ve YÖNTEM	20
3.1. Gereç	20
3.1.1. Çalışma Materyali	20
3.2. Yöntem	20
3.2.1. Segmentasyon	20
3.2.2. Makroskobik Ölçümler	21
3.2.3. Doku Takibi	21
3.2.4. Pilot Çalışma	21
3.2.5. Kesitlerin Boyanması	22
3.2.6. Mikroskobik Ölçümler	22
3.2.7. Ölçüm ve Hesaplamalar	22
3.2.8. İstatistiksel Analiz	23
4. BULGULAR	28
5. TARTIŞMA	37
6. SONUÇ	43
KAYNAKLAR	44
ÖZGEÇMİŞ	50

ŞEKİLLER

Şekil 2.1. Sinir hücresi bölümleri	4
Şekil 2.2. <i>Atta intumescens lumbalis</i> ve <i>cauda equina</i>	6
Şekil 2.3. Medulla spinalis'in C1, C2, C3, C6, C7, T2, T3, T7, T13, L2, L4, L7, S2, Co2 düzeylerindeki transversal kesiti	9
Şekil 2.4. Medulla spinalis'in transversal kesiti	11
Şekil 2.5. Medulla spinalis'in transversal kesiti	12
Şekil 2.6. Medulla spinalis'in transversal kesiti ve zarları	14
Şekil 2.7. Noktalı alan ölçüm cetveli	18
Şekil 3.1. Dişi tavşanda (D4) segmentasyon işleminden sonraki lumbal segmentlerin görüntüsü	24
Şekil 3.2. Dişi tavşanda (D3) L4 segmentinde <i>substantia grisea</i> 'da nokta sayım işlemi	24
Şekil 3.3. Dişi tavşanda (D3) L1, L4, L5 ve L7 segmentlerinden alınan kesitlerin <i>Hematoksilen Eozin</i> boyama sonrası diseksiyon mikroskopunda 2'lik büyütme altında çekilen görüntüleri	25
Şekil 3.4. Erkek tavşanda (E3) elde edilen kesitlerin <i>Luxol Fast Blue</i> boyama sonrası diseksiyon mikroskopunda 2'lik büyütme altında çekilen görüntüleri	25
Şekil 3.5. Dişi tavşanda (D3) L4 segmentinin <i>Hematoksilen Eozin</i> boyama sonrası 5'lik büyütmede çekilen görüntüsü	26
Şekil 3.6. Erkek tavşanda (E3) L3 segmentinden alınan bir kesitin <i>Luxol Fast Blue</i> boyama sonrası 5'lik büyütme ile çekilen görüntüsü	26
Şekil 3.7. Dişi tavşanda (D3) L4 segmentinin <i>Hematoksilen Eozin</i> boyama sonrası 40'lık büyütmede çekilen görüntüsü	27
Şekil 3.8. Erkek tavşanda (E3) L5 segmentinin <i>Luxol Fast Blue</i> boyama sonrası 40'lık büyütmede çekilen görüntüsü	27

TABLÖLAR

Tablo 2.1. Hayvan türlerine göre intumescencia cervicalis ve intumescencia lumbalis'i şekillendiren segmentler	7
Tablo 2.2. Hayvan türlerine göre medulla spinalis'in segment sayıları ve spinal sinir sayıları	10
Tablo 4.1. Çalışmada kullanılan dişi ve erkek Yeni Zelanda tavşanlarına ait tanımlayıcı parametrelerin ortalama ve standart sapma değerleri	28
Tablo 4.2. Dişi ve erkek Yeni Zelanda tavşanlarında medulla spinalis'in lumbal segmentinin morfometrik değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri	29
Tablo 4.3. Dişi ve erkek tavşanlarda medulla spinalis'in tüm lumbal segmentlerinin ortalama hacim ve standart sapma değerleri	30
Tablo 4.4. Dişi ve erkek tavşanlarda medulla spinalis'in lumbal segmentlerinde <i>substantia alba</i> 'nın ortalama hacim ve standart sapma değerleri	31
Tablo 4.5. Dişi ve erkek tavşanlarda medulla spinalis'in lumbal segmentlerinde <i>substantia grisea</i> 'nın ortalama hacim ve standart sapma değerleri	32
Tablo 4.6. Dişi ve erkek tavşanlarda medulla spinalis'in lumbal segmentlerinde <i>substantia grisea</i> 'nın toplam segment hacmine oranı ve standart sapma değerleri	33
Tablo 4.7. Dişi ve erkek tavşanlarda canalis centralis'in ortalama ve standart sapma değerleri	35
Tablo 4.8. Dişi ve erkek Yeni Zelanda Tavşanında medulla spinalis'in pars lumbalis'inin Arşiment ve Cavalieri prensibine göre belirlenen ortalama hacim değerleri ve büzüşme oranları	35
Tablo 4.9. Dişi ve erkek tavşanlarda ölçüm yapılan bazı parametreler arasındaki korelasyon değerleri	36
Tablo 5.1. Bazı tavşan ırklarında medulla spinalis'in lumbal segmentlerinden elde edilen verilerin, çalışmada kullanılan dişi ve erkek Yeni Zelanda tavşanından elde edilen bulgular ile karşılaştırması	39

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

BKU	Baş-kuyruk uzunluğu
C	Medulla spinalis'in cervical segmenti
Co	Medulla spinalis'in caudal segmenti
D	Dişi
E	Erkek
K	Kilo
L	Medulla spinalis'in lumbal segmenti
LA	Lumbal segmentlerin toplam ağırlığı
LH	Lumbal segmentlerin toplam hacmi
LSA	Lumbal segmentlerin toplam <i>substantia alba</i> hacmi
LSG	Lumbal segmentlerin toplam <i>substantia grisea</i> hacmi
LSU	Lumbal segmentlerin toplam uzunluğu
MSTU	Medulla spinalis toplam uzunluğu
O	Oryctolagus
S	Medulla spinalis'in sacral segmenti
T	Medulla spinalis'in thoracal segmenti
YSG	<i>Substantia grisea</i> hacminin toplam lumbal segment hacmine oranı

ÖZET

Yeni Zelanda Tavşanında Medulla Spinalis'in Pars Lumbalis'inin Morfometrik ve Stereolojik Olarak İncelenmesi

Çalışmada medulla spinalis'in pars lumbalis segmentinin morfometrik ve stereolojik değerlerinin incelenmesi amacıyla 12 adet (6 dişi, 6 erkek) erişkin Yeni Zelanda tavşanı (*Oryctolagus cuniculus*) kullanıldı. Tavşanlar ötenazi edildikten sonra biyometrik verileri (kilo, baş-kuyruk uzunluğu) kaydedildi ve %10'luk formaldehit solüsyonunda 6 gün süre ile bekletildi. Medulla spinalis'in segmentasyon işlemi gerçekleştirildi. Her bir segmentin morfometrik parametreleri belirlendi. Histolojik işlemler için takip süreci tamamlandı. Medulla spinalis'te Cavalieri prensibi ile hacim hesaplamaları yapılmadan önce ön çalışma ile metot belirlendi. Ön çalışmada her bir lumbal segmentten 5µm kalınlığında doku kesitleri alındı. Örneklem oranı 1/200 olarak belirlendi ve her bir segmentten ortalama 10-16 arası kesit elde edildi. Elde edilen kesitler *Hematoksilen Eozin* ve *Luxol Fast Blue* boyaları ile boyandı. Boyanan kesitler fotoğraflandıktan sonra Image J programına aktararak *substantia alba*, *substantia grisea* ve toplam segment hacmi Cavalieri prensibine göre hesaplandı. Elde edilen bulgular istatistiksel olarak değerlendirildi. Sonuç olarak, dişi ve erkek tavşanlarda medulla spinalis'in uzunluğunun %38'inin pars lumbalis'e ait olduğu görüldü. Erkek ve dişi tavşanlar arasında morfometrik parametrelerin istatistiksel olarak farklı olmadığı belirlendi ($P > 0.05$). Pars lumbalis'te en büyük hacim değerine sahip olan segmentin L5 olduğu belirlendi. Dişi ve erkek tavşanlarda bu değer sırasıyla 150.30 mm^3 ve 161.24 mm^3 şeklindeydi. *Substantia alba*'nın en büyük hacim değeri L4 segmentine aitti. Dişi ve erkek tavşanlarda bu değer sırasıyla, $109.34 \pm 30.18 \text{ mm}^3$ ve $117.90 \pm 27.70 \text{ mm}^3$ olarak tespit edildi. Her iki cinsiyette de *substantia grisea*'nın hacim değerinin L6 segmentinde en büyük olduğu görüldü. Bu değer dişi ve erkek tavşanlarda sırasıyla $54.46 \pm 8.14 \text{ mm}^3$ ve $54.25 \pm 13.42 \text{ mm}^3$ olarak kaydedildi. Lumbal segmentlerin ortalama hacim değerleri cinsiyete göre karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı belirlendi ($P > 0.05$). Ancak, erkek tavşanlarda bu değer daha büyük olduğu görüldü. Her iki cinsiyette de, hacim değerlerinin (Toplam lumbal hacim, *substantia grisea* ve *substantia alba* hacimleri) korelasyon değeri tavşanın kilosu ve baş-kuyruk uzunluğu ile karşılaştırıldığında, bu değer istatistiksel olarak anlamlı olmadığı gözlemlendi ($P > 0.05$). Sonuç olarak, bu çalışma, Yeni Zelanda tavşanında medulla spinalis'in pars lumbalis kısmının klinik olarak nöroanatomisini gözden geçirmeye ve bu türde yapılacak nörolojik araştırmaların lokalizasyonunda araştırmacılara referans olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Lumbal segment, Medulla spinalis, Morfometri, Stereoloji

ABSTRACT

The Stereological and Morfometrical Investigation of Pars Lumbalis of Spinal Cord in New Zealand Rabbit

In the study, 12 (6 females, 6 males) adult New Zealand rabbits were used with on the purpose of examining the morphometric and streological values. After the rabbits were euthanized, their biometric data (weight, head-tail length) were recorded and kept in 10% formaldehyde solution for 6 days. Then the segmentation process of the medulla spinalis was performed and the morphometric parameters of each segment were recorded. After that, follow-up process was completed for histological procedures. The method was determined with a preliminary study before the volume calculations were made with the Cavalieri principle in the medulla spinalis. In the preliminary study, tissue sections of 5 μm thickness were taken from each lumbal segment. Sampling rate was determined as 1/200 and an average of 10-16 sections were obtained from each segment. The sections obtained were stained with *Hematoxylin Eosin* and *Luxol Fast Blue*. After stained sections were photographed, then *substantia alba*, *substantia grisea* and total segment volume were calculated according to the Cavalieri principle by transferring image J programme. As a result, it was observed that 38% of the length of the medulla spinalis in female and male rabbits belonged to the pars lumbalis. It was determined that morphometric parameters were not statistically diffirent between male and female rabbits ($P > 0.05$). It was determined that the segment with the biggest volume value in the pars lumbalis was L5. In female and male rabbits, this value was 150.30 mm^3 and 161.24 mm^3 , respectively. *Substantia alba*'s biggest volume value belonged to the L4 segment. This value in female and male rabbits is determined as $109.34 \pm 30.18 \text{ mm}^3$ and $117.90 \pm 27.70 \text{ mm}^3$, respectively. It was observed that the volume value of *substantia grisea* was the biggest in the L6 segment in both genders. This value was recorded as $54.46 \pm 8.14 \text{ mm}^3$ and $54.25 \pm 13.42 \text{ mm}^3$ in female and male rabbits, respectively. When the average volume values of lumbal segments were compared according to gender, it was determined that there was no statistically significant diffirence ($P > 0.05$). However, this value was observed to be bigger in male rabbits. In both genders, when the correlation values of the volume values (total lumbal volume, *substantia grisea* and *substantia alba* volumes) were compared with the weight and head-tail length of the rabbit, it was observed that this value was not statistically significant ($P > 0.05$). As a result, this study is thought to be a reference to the researchers to review the neuroanatomy of the lumbal part of the medulla spinalis in New Zealand rabbits and to localize the neurological studies to be conducted in this type.

Keywords: Lumbal segment, Morphometry, Spinal cord, Stereology

1. GİRİŞ

Yeni Zelanda tavşanı Lagomorpha takımında, Leporidae ailesinde, Oryctolagus cinsinde O. cuniculus türünde sınıflandırılır. Binominal olarak *Oryctolagus cuniculus* olarak isimlendirilir. Yeni Zelanda tavşanı, Amerika Birleşik Devletleri'nde et kaynağı olarak geliştirilmiş bir ırktır. Vücudu sağlam yapıda, bacak ve sırt kaslarının gelişimi iyi, arka bölümü geniş ve yuvarlaktır. Bacakları kuvvetli ve kısadır. Başı geniş, kısa ve vücutla uyumludur. Kulakları tüylü ve küçüktür. Gözleri kırmızı renklidir (Anonim, 2020). Kolay yetiştirilebilmesi ve bulunabilmesi yönünden tavşan, çeşitli bilimsel araştırmalar için hem veteriner hekimliğinde hem de tıp hekimliğinde özellikle tercih edilen bir laboratuvar hayvanıdır (Ekim, 2008).

Medulla spinalis, hastalıkları ve kötü prognozları nedeniyle merkezi sinir sistemi için özel bir öneme sahiptir. Medulla spinalis'te hacim değişiklikleri, yaralanma sonucu oluşmaktadır. Yaralanmalarda, hemorajik lezyon hacminin artması sonucunda, erken avaskularite ile birlikte gelişen, *subarachnoideal* boşluğun azalması, *substantia grisea*'da hızlı hacim kaybı ve *substantia alba*'da meydana gelen hasarın yavaş ilerlemesi ile geç kavitasyon oluşumu medulla spinalis'te meydana gelen fizyopatolojik değişimlerdir (Sharif-Alhoseini ve ark., 2019). Bu fizyopatolojik değişimler sonucunda doku bozukluğunun oranına göre koordinasyon ve his kaybı ile paraliz oluşabilir (Leener ve ark., 2016). Medulla spinalis'in özellikle lumbal segmenti hareketli olması bakımından fizyopatolojik değişimlerin şekillenmesine daha yatkındır. Bu tür mikroyapısal hasarı değerlendirmek ve karakterize etmek için medulla spinalis'te morfometrik, histopatolojik yada tıbbi görüntüleme metotları kullanılarak yapılan araştırmalar vardır (Özyurt ve ark., 2011; Arıkanoglu, 2015). Bu araştırmalarda tavşanlar sıklıkla kullanılan laboratuvar hayvanlarından biridir (Lang-Lazdunski ve ark., 2000).

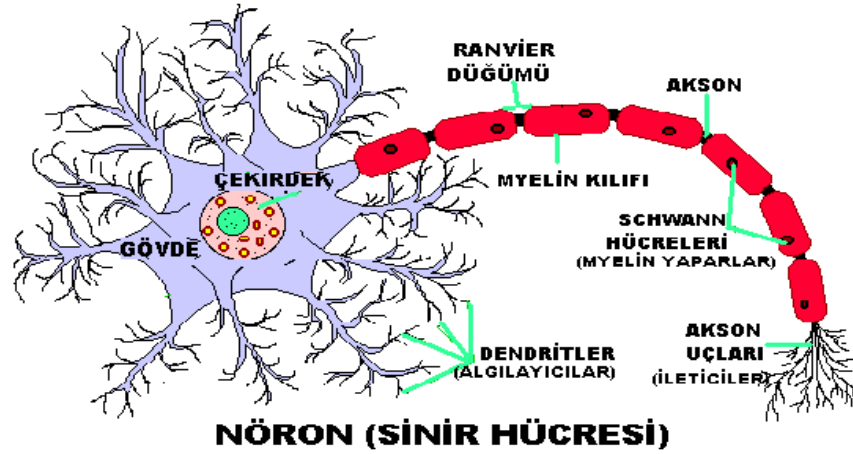
Medulla spinalis de diğer organlar gibi yaş ve hastalık gibi faktörlerden, makroskobik veya mikroskobik olarak etkilenen bir organdır. Bu organdaki morfolojik değişikliklerin değerlendirilmesinde nicel verilerin nitel verilere göre daha etkili olduğu rapor edilmiştir (Bahar ve ark.,2013). Biyolojik dokuların etkili örneklemesine

dayanan stereolojik yöntemler, önyargı olmaksızın dokunun hacim, yüzey alanı, uzunluk ve sayı parametrelerinin etkin hesaplanması için 1980'den beri sıklıkla uygulanmaktadır (Howard ve Reed, 1998; Mouton, 2002). Bu teknikler özellikle beyinde (Mayhew ve ark., 1990; Zarow ve ark., 2004; Yücel ve ark., 2003) ve medulla spinalis'te (Selçuk, 2011) hacim, yüzey alanı ve hücre sayısını (Al-Saffar ve Al-Haaik, 2017) hesaplamak için kullanılır. Daha önce sıçanda (Bjugn ve Gundersen, 1993), farede (Bjugn ve ark., 1989), bazı kanatlı türlerinde (Turgut ve ark., 2007) medulla spinalis'in segmental morfometrik verileri hakkında sınırlı bilgiler rapor edilmiştir. Bununla birlikte, stereolojik araştırma metotları kullanılarak, kanatlı (Bolat, 2011; Çakmak ve ark., 2017; Çakmak ve Karadağ, 2019; Bakıcı ve ark., 2019; Hazıroğlu ve ark., 2001), merkep (Mansour, 1980), manda (Abu-Zaid, 1982), keçi (Abd El-Ghany, 1995), at (Bahar ve ark., 2013; Bolat ve ark., 2012; Selçuk, 2011) ve ratlarda (Candan, 2017) daha detaylı veriler elde edilmiştir. Tavşanlarda ise medulla spinalis üzerinde morfometrik çalışmalar (Kahvecioğlu ve ark., 1995; Farag ve ark., 2012) ile mikroskobik gelişimsel çalışmalar (Al-Saffar ve Al-Haaik, 2017; Gabr, 1982) mevcuttur. Ancak, detaylı literatür taraması yapıldığında, Yeni Zelanda tavşanlarında medulla spinalis'in lumbal segmentlerinde cinsiyete göre *substantia grisea* ve *substantia alba*'nın hacim oranlarının belirlendiği bir çalışmaya rastlanılmadı. Doyasıyla çalışmada, medulla spinalis'in pars lumbalis'inin hacim değerlerinin Yeni Zelanda tavşanlarında cinsiyete göre belirlenmesi amaçlandı.

2. GENEL BİLGİLER

Sinir sistemi canlının kendi vücuduyla ve dış ortamla ilişkisini sağlayan sistemdir (Dursun, 2008). Yaşayan her organizma hayatta kalabilmek için çevrelerinde meydana gelen değişikliklere uygun reaksiyonlar gösterir. Bu durum türlerin yaşam şanslarını artırır. İlgili reaksiyonların düzenlenmesi, vücut sistemleri içinde tartışmasız en karmaşık yapı olan sinir sisteminin sorumluluğu altındadır (Dyce ve ark., 2017).

Canlılar sürekli olarak iç ve dış ortamdan kaynaklanan uyaranların etkisi altında kalır. Çevre ve vücuttan sinir sistemine ve sinir sisteminden organlara giden uyarılara *impuls* denir. İmpulsları merkezi sinir sisteminin herhangi bir kısmına getiren sinir liflerine *afferent* lifler, bu merkezlerden aldığı impulsları organlara götüren liflere *efferent* lifler denir. Sinir sistemi içerisinde yapı ve fonksiyon bakımından iki tip hücre görülür. Bunlardan uyarıyı alabilen, nakledebilen ve verilecek cevabı oluşturan hücreye *neuron*, sinir hücrelerini destekleyen, besleyen ve hasarlı sinir dokusunun tamirini sağlayanlara *glia* hücreleri denir. Glia hücreleri *neuron*'lardan 5-10 kat daha fazladır. *Neuron*'un bir gövdesi (*perikaryon*) ve bir de bu gövdeye bağlanan kısa ve uzun olmak üzere iki çeşit uzantısı vardır. Kısa ve birden fazla uzantılara *dendrit*, uzun ve tek uzantılara da *akson* denir (Şekil 2.1). Aksonlar hücre gövdesinden periferik impuls götürür, *dendrit*'ler ise periferden hücre gövdesine impuls taşır (Dursun, 2008). *Dendrit* ve *akson* sinir lifi olarak isimlendirilir. Sinir liflerinin oluşturduğu demete, merkezi sinir sistemi içerisinde *tractus*, merkezi sinir sistemi dışında ise *nervus* denir. Sinir hücrelerinin gövdeleri, merkezi sinir sistemi içerisinde *substantia grisea* ya da *substantia alba* içerisinde dağınık olarak bulunan *nucleus*'larda yerleşmişlerdir. Merkezi sinir sistemi dışında da *ganglion*'larda bulunur (Dyce ve ark., 2017).



Şekil 2.1. Sinir hücresi bölümleri (Erden, 2015)

Sinir Sisteminin Bölümleri: Sinir sistemi aslında birleşik, tek ve bütün bir yapı halinde olmasına rağmen amacına göre bölümlere ayrılarak incelenir. Sinir sistemi anatomik ve fizyolojik olarak farklı iki sınıftır (Reece, 2012).

Anatomik sınıflandırma: Merkezi sinir sistemi ve periferik sinir sistemi olmak üzere iki bölümden oluşur.

- Merkezi sinir sistemi: Encephalon ve medulla spinalis'i kapsar.
- Periferik sinir sistemi: Cranial sinirler ve spinal sinirler'i kapsayan bölümdür (Dursun, 2008).

Fizyolojik sınıflandırma: Somatik sinir sistemi ve otonom sinir sistemi olarak gruplandırılır.

- Somatik sinir sistemi: İstemli olarak çalışan, çizgili kaslar gibi yapıları kontrol eden sinir sistemidir.
- Otonom sinir sistemi: İsteğimiz dışında çalışan yapıların (damarlar, düz kaslar, iç organlar gibi) kontrolünden sorumludur. Sempatik, parasempatik ve enterik olarak üçe ayrılır (Reece, 2012).

2.1. Merkezi Sinir Sistemi

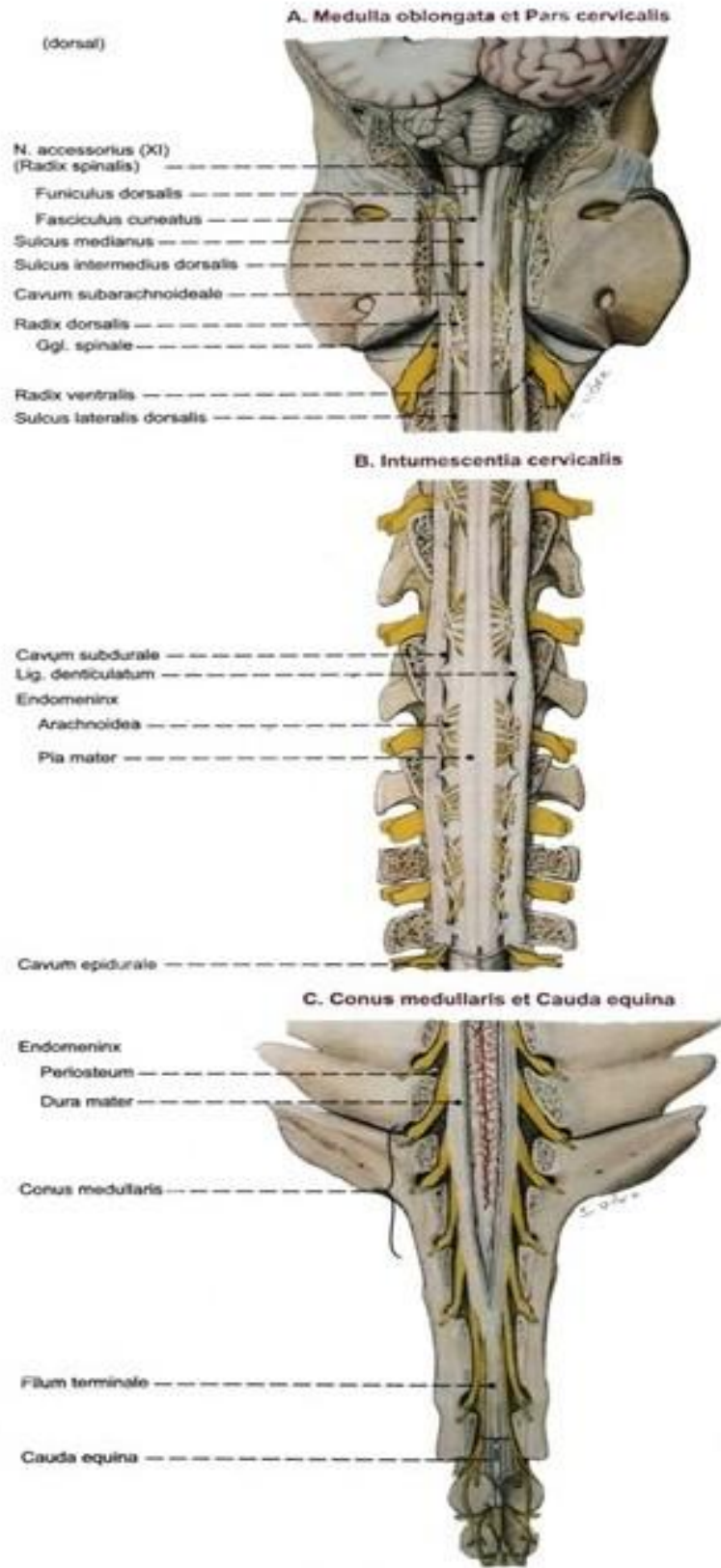
Merkezi sinir sisteminde organlar birbirinin devamı durumundadır. Dış ortama karşı kafatası ve omurga gibi kemikten örtülerle çok iyi korunmuşlardır. *Cavum*

cranii'de beyin ve beyincik, *canalis vertebralis* içinde de medulla spinalis yer alır (Tanyolaç, 1999).

2.2. Medulla Spinalis'in Makroanatomisi

Medulla spinalis, *canalis vertebralis*'in içinde yer alır. *Foramen magnum* düzeyinde belirli bir sınır göstermeden *medulla oblongata*'nın arkasından başlar ve sacrum'un orta düzeyine kadar uzanır. Yani uzunluğu *canalis vertebralis*'ten kısadır (Dursun, 2008). Medulla spinalis, gelişimi sırasında prenatal dönemde, *canalis vertebralis*'in son bölümüne kadar uzanır. Postnatal dönemde *columna vertebralis*'in gelişimi medulla spinalis'ten daha hızlı olduğu için segmentler cranial'e doğru kayar. Bu olaya "*ascensus medullae*" denir (Dyce ve ark., 2017; Dursun, 2008; Habel, 1951). Yani, prenatal ve postnatal dönemlerde medulla spinalis ve *columna vertebralis*'in gelişimi farklı olduğu için, medulla spinalis'in sonlandığı düzeyler hayvan türleri arasında farklılık gösterir. Medulla spinalis'in, Rao (1990) koyunda S2 düzeyinde, Kahvecioğlu ve ark. (1995) tiftik keçisinde S2-3 arasında, Habel (1951) equide'de S1-2 arasında ve Hudson ve Hamilton (1993) kedide L7 düzeyinde sonlandığını bildirmişlerdir. Medulla spinalis'in arka ucu daralır ve konik olarak sonlanır. Bu yapıya *conus medullaris* denir. Medulla spinalis'in zarlarından *pia mater*'in devamı *conus medullaris*'in ucundan arkaya doğru uzanan fibröz bir iplikle, son sakral ve ilk kuyruk omuru düzeyine kadar uzanır. *Pia mater*'in devamı olan bu fibröz bağ dokudan yapılmış yapıya *filum terminale* adı verilir. *Filum terminale*, lumbal ve sakral sinir kökleri ile birlikte bir atkuyruğu görünümünü andırır. Bu oluşuma da *cauda equina* adı verilir (Dursun, 2008; König ve Liebich, 2007).

Medulla spinalis, dorsoventral basık ve silindirik şekilli olup *canalis vertebralis* boyunca uzanır. İki yerde belirli bir kalınlaşma gösterir. İlki 5. servikal ile 2. thorakal segmentler arasında bulunan *intumescentia cervicalis*, ikincisi 4 ve 5. lumbal segmentler arasındaki *intumescentia lumbalis*'tir (Dursun, 2008; Bahadır ve Yıldız, 2010) (Şekil 2.2). *Intumescentia cervicalis* evcil memelilerde C6, C7, C8, T1 ve T2 segmentleri ile, insan ve domuzda ise C5, C6, C7, C8 ve T1 segmentleri tarafından oluşur (Dursun, 2008). Hayvan türlerine göre *intumescentia lumbalis* ve *intumescentia cervicalis*'i oluşturan segmentler Tablo 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. *Atta intumescentia lumbalis* ve *cauda equina* (Budras ve ark., 2009a)

Tablo 2.1. Hayvan türlerine göre *intumescentia cervicalis* ve *intumescentia lumbalis*'i şekillendiren segmentler (Candan, 2017; Arkaç Toyran, 2019)

Tür Adı	Intumescentia cervicalis	Intumescentia lumbalis	Kaynak
Equide	C6-T2	L2- L6	(Budras ve ark., 2009a)
Ruminant	C6-T2	L2-L6	(Budras ve ark., 2009c)
Köpek	C6-T1	L5-S1	(Fletcher ve Kitchell, 1966), (Budras ve ark., 2009b)
Kedi	C6-T1(T2)	L4-S3	(Hudson ve Hamilton, 1993)
Domuz	C5-T1	L5-S1	(Sisson ve Hillmann, 1975)
Tavşan		L6-L7	(Uçar ve ark., 1990)

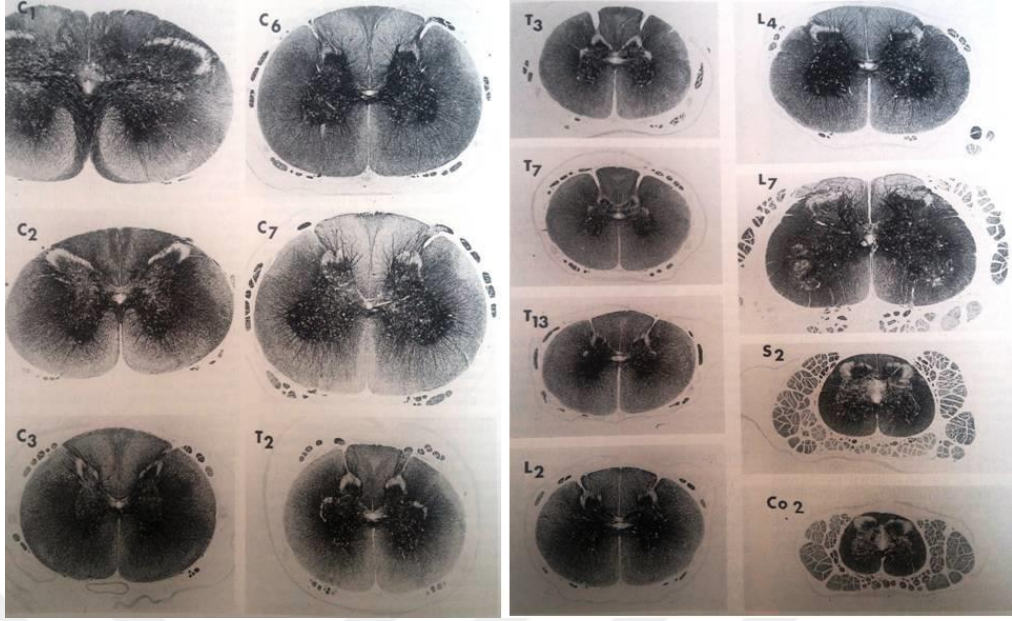
2.3. Medulla Spinalis'in Dış Yüzeyinin Anatomisi

Medulla spinalis'in ventral ve dorsal iki yüzü vardır. Ventral yüzünde tam ortada uzunlamasına bulunan yarık *fissura mediana ventralis* 'tir. Bu yarığın her iki yanında *sulcus lateralis ventralis* denilen oluklar bulunur. Bu oluklardan spinal sinirlerin ventral dalları köken alır. Dorsal yüzünün ortasında, uzunluğu boyunca *sulcus medianus dorsalis* denilen oluk bulunur. Bu oluğun her iki yan tarafında *sulcus lateralis dorsalis* vardır (Dursun, 2008). *Sulcus lateralis dorsalis*'ten spinal sinirlerin dorsal kökleri medulla spinalis'e girer. Medulla spinalis'in cervical ve thoracal segmentlerinin cranial'inde, *sulcus lateralis dorsalis* ile *sulcus medianus dorsalis* arasında *sulcus intermedius dorsalis* bulunur. Bu oluk, *fasciculus gracilis* ve *fasciculus cuneatus*'un dış sınırır. Medulla spinalis, *sulcus medianus dorsalis* ve *fissura mediana ventralis* ile iki eşit yarıma ayrılır. Medulla spinalis'in dış yüzü her iki yarımda *sulcus lateralis ventralis* ve *sulcus lateralis dorsalis* tarafından 3 bölüme ayrılır. *Sulcus lateralis dorsalis* ile *sulcus medianus dorsalis* arasında kalan üst bölüm *funiculus dorsalis*, *sulcus lateralis dorsalis* ve *sulcus lateralis ventralis* arasında kalan yan bölümler *funiculus lateralis*, *sulcus lateralis ventralis* ile *fissura mediana ventralis* arasında kalan bölüm ise *funiculus ventralis* olarak isimlendirilir (Dursun, 2008; Dyce ve ark., 2017).

2.4. Medulla Spinalis'in Segmentleri

Medulla spinalis anatomik olarak pars cervicalis, pars throcalis, pars lumbalis, pars sacralis, pars caudalis olmak üzere 5 bölüme ayrılır (Dursun, 2008). Medulla spinalis'in segment uzunluğu bulunduğu vertebra'ya göre değişmekle birlikte her bir segmentten ayrılan spinal sinir kökleri sağ ve sol taraflı *foramen intervertebrale*'lerden *canalis vertebralis*'i terk eder. Spinal segment uzunluğu cervical bölgede ve thoracolumbal bağlantı bölgesinde kısadır. Spinal segment uzunluğu, içinde bulunduğu vertebra uzunluğuna göre değişir. İlk spinal sinir atlas'ın *arcus dorsalis*'i ile *os occipitale* arasından çıkar. Diğer cervical spinal sinirler C2'den C7'ye kadar olan bölgedeki *foramen intervertebrale*'lerden geçer. 8. cervical spinal sinir ise C7 ile T1 arasından vertebra kanalını terk eder. Thoracal, lumbal ve sacral bölgelerdeki medulla spinalis'ten ayrılan spinal sinirlerin sayıları caudal'e kadar bulunduğu bölgedeki vertebra sayısı ile orantılıdır (Evans ve Christensen, 1979). Dolayısıyla medulla spinalis'in segment sayısı ve spinal sinir sayıları hayvan türlerine göre farklıdır. Caudal spinal sinir sayıları hayvan türlerine göre 4-8 arasında değişir (Budras ve ark., 2009a; Erden, 2015). Hayvan türlerine göre spinal sinir sayıları ve medulla spinalis'in segment sayıları Tablo 2.2'de gösterilmiştir.

Medulla spinalis'in transversal kesiti her bir segmentte varyasyon gösterir. Medulla spinalis'in transversal kesitinden kaçınıcı segmentte olduğu yaklaşık olarak belirlenebilir. Şekil 3.3'te medulla spinalis'in segmentlere göre transversal kesitleri gösterilmiştir. Buna göre; C4 ve C5'in transversal kesitinin C3'e benzediği, C8 ve T1'in de C7'ye benzediği ifade edilmektedir (Evans ve Christensen, 1979) (Şekil 2.3).



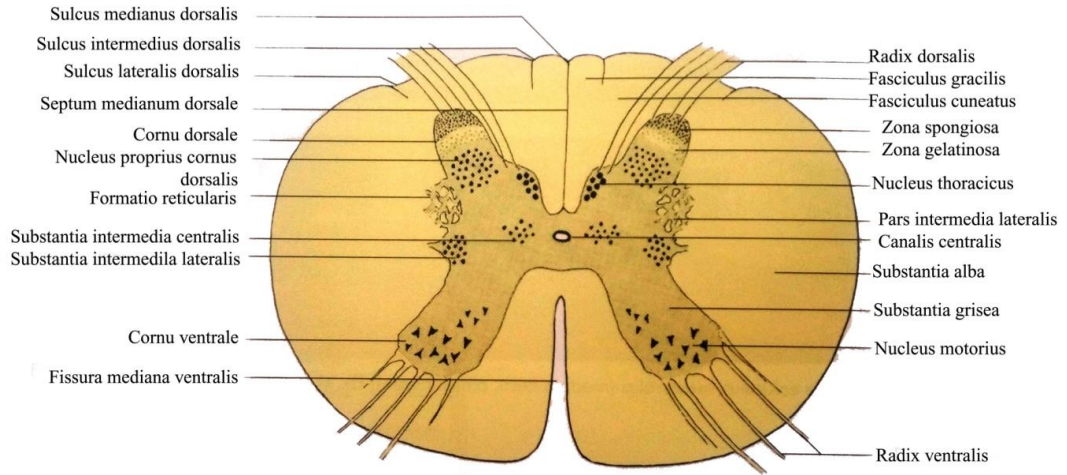
Şekil 2.3. Medulla spinalis'in C1, C2, C3, C6, C7, T2, T3, T7, T13, L2, L4, L7, S2, Co2 düzeylerindeki transversal kesiti (Evans ve Christensen, 1979)

2.5. Medulla Spinalis'in Enine Kesitinin Histolojisi

Medulla spinalis'in transversal kesiti, *substantia grisea* ve *substantia alba*'dan oluşur. Medulla spinalis'in ortasında H harfine benzeyen bölüm *substantia grisea*, *substantia grisea*'nın dışındaki daha açık renkteki bölüm de *substantia alba*'dır. *Substantia grisea*, miyelinsiz sinir liflerini, sinir hücrelerinin gövdelerini, *glia* hücrelerini ve kan damarlarını içeren, *substantia alba* ise miyelinli sinir *akson*'ları ve *glia* hücrelerini kapsayan bölümdür (Dursun, 2008; Schoenen ve Faull, 2004) (Şekil 2.4). *Substantia alba*, myelinli sinir liflerinin fazlalığı nedeniyle beyaz renkte görünür. Miyelinli sinir liflerini çevreleyen kılıfı oluşturan beyaz lipid tabakasıdır ve elektrik yalıtkanı olarak iş görür. Miyelinli sinir lifleri periferik sinir sisteminde *schwann* hücreleri tarafından oluşturulurken, merkezi sinir sisteminde *oligodentrositler* tarafından oluşturulur (Reece, 2012).

Tablo 2.2. Hayvan türlerine göre medulla spinalis'in segment sayıları ve spinal sinir sayıları (Dyce ve ark., 2017)

Medulla spinalis	Pars cervicalis		Pars thoracalis		Pars lumbalis		Pars sacralis	
Hayvan türü	Segment	Spinal sinir	Segment	Spinal sinir	Segment	Spinal sinir	Segment	Spinal sinir
Equus caballus (at)	8	16	18	36	6	12	5	10
Equus asinus (eşek)	8	16	18	36	5	10	5	10
Bos taurus (sığır)	8	16	13	26	6	12	5	10
Ovis aries (koyun)	8	16	13	26	6-7	12-14	4	8
Capra hircus (keçi)	8	16	13	26	6	12	4-5	8-10
Camellus dromedarius (deve)	8	16	12	24	7	14	5	10
Sus scrofa domestica (domuz)	8	16	14	28	6	12	4	8
Canis familiaris (köpek)	8	16	13	26	7	14	3	6
Felis domestica (kedi)	8	16	13	26	7	14	3	6
Oryctogalpus cuniculus (tavşan)	8	16	12	24	7	14	4	8
Cavia porcellus (kobay)	8	16	13	26	6	12	4	8
Rattus norvegicus (fare)	8	16	13	26	6	12	4	8



Şekil 2.4. Medulla spinalis'in transversal kesiti (König ve Liebich, 2007)

2.5.1. Substantia Grisea

Substantia grisea'nın alt bölümünde bulunan çıkıntıları *cornu ventrale*, üst bölümünde bulunan çıkıntıları da *cornu dorsale* denir. *Cornu dorsale* uzun ve dar, *cornu ventrale* ise kısa ve geniştir. Medulla spinalis'in thoracal segmentleri ile L1 ve L2 segmentlerinde, *cornu ventrale* ve *cornu dorsale*'nin birleştiği bölgenin lateral'inde *cornu laterale* bulunur. *Substantia grisea*'nın ortasından *canalis centralis* geçer. Bu kanalın içinde beyin omurilik sıvısı (BOS) mevcuttur. *Canalis centralis*, medulla spinalis'in uzunluğu boyunca seyrederek ve *ventriculus quartus*'a açılarak sonlanır. Bu kanal, *conus medullaris* seviyesinde bir genişleme yapar. Bu genişleme *ventriculus terminalis* olarak isimlendirilir (Tanyolaç, 1999). *Canalis centralis*'in üstünde yer alan *commissura grisea*, bir taraftan diğer tarafa geçebilen çok sayıda myelinsiz lifi içerir. *Substantia gelatinosa centralis*, dış taraftan *substantia intermedia centralis* adı verilen gri madde ile sarılmıştır. *Substantia intermedia centralis*, *cornu dorsale* ve *cornu ventrale*'leri birleştiren tabakadır, lateral bölümde ise *substantia intermedia lateralis* denilen gri madde tabakası bulunur. *Cornu dorsale*'nin dorsal kısmını oluşturan *substantia grisea* tabakası diğer kısımlara göre daha açık renktedir, bu bölge *substantia gelatinosa* olarak isimlendirilir (Dere, 2000; Dursun, 2008).

2.5.2. Substantia Alba

Medulla spinalis'in dış kısmını *substantia alba* oluşturur. *Substantia alba*; *funiculus dorsalis*, *funiculus lateralis* ve *funiculus ventralis* olmak üzere üç bölüme ayrılır. Bu bölümler, gözle görülebilen, *fasciculus* ve *tractus*'lardan oluşur. *Funiculus ventralis* ve *funiculus lateralis* arasındaki sınır belirgin değildir. Bu sınırın belirlenebilmesi için lateral'de yer alan motor *neuron*'ların akson uçları referans nokta olarak belirlenir (Dursun, 2008).

Funiculus dorsalis, *septum medianum dorsale* tarafından derinleştirilen, aslında sığ bir oluk olan *sulcus dorsalis* ile spinal sinirlerin *radix dorsalis*'lerinin çıkış noktaları arasında kalan kordondur (Dyce ve ark., 2017). İç tarafta yer alan demete *fasciculus gracilis*, dış tarafta yer alan demetede *fasciculus cuneatus* denir. *Fasciculus cuneatus* birinci cervical'den birinci thoracal'e kadar olan spinal segmentlere, *fasciculus gracilis* ise dördüncü thoracal'den beşinci sacral'e kadar olan spinal segmentlere ait spinal *ganglion*'lardan gelen myelinli liflerin katılımıyla oluşur (Dyce ve ark., 2017; Dursun, 2008). *Funiculus lateralis*, spinal sinirlerin *radix dorsalis* ve *radix ventralis*'lerinin çıkış bölgeleri arasında yerleşmiştir. *Funiculus ventralis* ise spinal sinirlerin *radix ventralis*'leri ile *substantia alba*'ya derin biçimde penetre olmuş *fissura mediana ventralis* arasındaki bölgedir (Dyce ve ark., 2017) (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Medulla spinalis'in transversal kesiti (König ve Liebich, 2007)

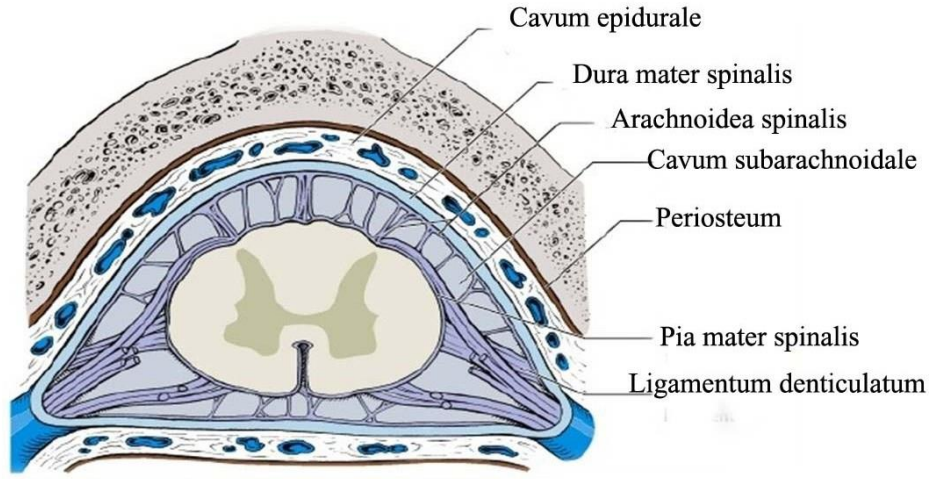
2.6. Medulla Spinalis'in Zarları

Medulla spinalis 3 zar ile sarılmıştır. Bunlar dıştan içe doğru *dura mater*, *arachnoidea* ve *pia mater*'dir (Evans ve Christensen, 1979). *Ectomeninx*, *arachnoidea*'yı ve medulla spinalis'e sıkıca tutunan yumuşak *pia mater*'i dıştan sarar. *Arachnoidea* ve *pia mater*, *endomeninx* ya da *leptomeninx* olarak şekillenmiştir. *Ectomeninx* iki tabakadan oluşur. Dıştaki tabaka yapı ve fonksiyon bakımından *canalis vertebralis*'in periost'u gibidir. İçteki sert ve sağlam olan tabaka ise *dura mater spinalis*'tir (Budras ve ark., 2009b).

Dura mater spinalis: *Foramen magnum*'un kenarlarından ikinci sacral omur hizasına kadar uzanan torba şeklinde kılıftır. Son kısmı *filum terminale*'yi tamamen saran fibröz, aynı zamanda ince bir bant şekillendirerek sonlanır. Buna *filum duramatis spinalis* denir (Dursun, 2008; Budras ve ark., 2009b). *Dura mater spinalis* vertebra'ların *canalis vertebralis*'e bakan iç yüzlerini sıkıca örten periosteum'dan dar bir aralık ile ayrılır. *Cavum epidurale* denilen bu aralıkta gevşek bağ dokusu ve *plexus venosus vertebralis interna* bulunur. Bu katman iç yüzdeki *arachnoidea* ile temas eder. Aralarındaki boşluğa da *cavum subdurale* denir (Dursun, 2008; Budras ve ark., 2009b).

Arachnoidea spinalis: Öndeki *arachnoidea encephali*'nin devamıdır. Arkada *cauda equina*'yı çepeçevre sararak ikinci sacral omur düzeyine kadar uzanır. *Pia mater* ile arasında, içi beyin omurilik sıvısı ile dolu olan dar bir aralık bulunur. Bu aralığa *cavum subarachnoidale* denir (Dursun, 2008; König ve Liebich, 2007).

Pia mater spinalis: Medulla spinalis'in bütün girinti ve çıkıntılarını örter. *Pia mater encephali*'den daha az damarlı ve daha kalın bir katmandır. En geride *filum terminale* ile devam eder. Spinal sinirlerin dorsal ve ventral köklerini birbirinden ayıran, medulla spinalis için bir askı görevi gören bu çıkıntılara *ligamentum denticulatum* denir (Budras ve ark., 2009b) (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Medulla spinalis'in transversal kesiti ve zarları (Erden, 2015)

2.7. Medulla Spinalis'in Vaskülarizasyonu

Medulla spinalis'in arterial vaskülarizasyonu başlıca, medulla spinalis boyunca *arteria spinalis ventralis* ve *arteria spinalis dorsalis* tarafından sağlanır. Medulla spinalis'in venöz drenajı, *plexus vertebralis internus ventralis* ve *plexus vertebralis externus ventralis* tarafından gerçekleştirilir. *Plexus vertebralis internus ventralis*, *canalis vertebralis*'in tabanında epidural yağ doku içerisine gömülü olarak bulunur. *Plexus vertebralis externus ventralis*, *columna vertebralis* boyunca kanalın dışarısında seyreder. (Budras ve ark., 2009b).

2.8. Medulla Spinalis'in Klinik Önemi

Medulla spinalis'in topografisinin bilinmesi veteriner hekimlikte oldukça önemlidir. Çünkü belli spinal sinirlerin blokajı için, lokal anestezi solusyonları içeren kanal içi enjeksiyonlar yapılması ve beyin omurilik sıvısının punksiyonu sıklıkla uygulanan bir işlemdir. Ayrıca bazı merkezi sinir sistemi lezyonları belirli omurlar düzeyinde oluşur. Bu durum müdahalede bulunulması için belirli spinal segmentler ile belirli duyu ve motor eksiklik durumlarının ilişkilendirilmesini gerekli kılar (Dyce ve ark., 2017).

2.9. Stereoloji

Stereoloji, gerçekte üç boyutlu olan herhangi bir yapının iki boyutlu görüntülerinden yola çıkarak, onların üç boyutlu özellikleri ile ilgili yorumlar yapmayı sağlayan bilim dalıdır. Daha çok kantitatif çalışmalar için kabul gören bir yöntemdir (Mayhew ve Gundersen, 1996). Bu çalışmalarda stereolojik yöntemler ile ilgili yapının morfoloji, hacim, hücre sayısı, alan ve uzunluk parametreleri gibi geometrik özellikler elde edilir. Stereoloji, optik ve fiziksel parçalama, nucleator ve Cavalieri prensibi gibi yöntemleri içerir. Stereolojik yöntemler kullanılırken tarafsızlık, etkinlik, sistematik rastgele örnekleme ve ön çalışma gibi prensiplere uyulmalıdır (İkinci Keleş, 2019; Akalan ve Çevik Demirkan, 2013).

Cavalieri prensibi ile elde edilen sonuçlar bazı çalışmalarda arşiment prensibi ile karşılaştırılmış ve gerçeğe yakın verilere ulaşılmıştır (Türkmenoğlu ve ark., 2016; Bakıcı ve ark., 2019; Candan, 2017). Bu nedenle, stereolojik çalışmalar sonucunda elde edilen verilerden yola çıkılarak yapılan yorumlar doğru, güvenilir ve kabul edilebilirdir (İkinci Keleş, 2019).

2.9.1. Cavalieri Prensibi ile Hacim Hesaplanması

Bu yöntem, İtalyan matematikçi *Bonoventura Cavalieri* tarafından geliştirilmiştir. Cavalieri prensibi ile düzensiz şekilli, üç boyutlu nesnelerin hacimleri, birbirine paralel dilimlere ayrılarak hesaplanabilir. Bu yöntem biyoloji, metalürji ve jeoloji gibi değişik alanlara da uyarlanmıştır (Howard ve Reed, 1998; Gundersen, 1988; Royet, 1991). Alternatif olarak, görüntüleme yöntemleri kullanılarak da ilgilenilen nesne ya da organı baştan sona kadar kapsayacak biçimde kesit görüntüleri alınarak bu görüntüler üzerinden de hacim hesaplamaları yapılabilir (Howard ve Reed, 1998).

Cavalieri prensibi ile hacmi hesaplanacak olan nesnenin başından sonuna kadar, eşit kalınlıkta ve paralel dilimler halinde kesitlere ayrılması işlemi, bu prensibin dikkat edilmesi gereken kurallarından biridir. Örneklemede taraflılığı ortadan kaldırmak için ilk kesit, kesit kalınlığı mesafesindeki herhangi bir noktadan rasgele

olarak alınmaya başlanmalı ve sistematik olarak eşit aralıklı kesitler alınacak şekilde dilimleme işlemine devam edilmelidir. İncelenilen yapının, örneğin, sol ucundan 0.5 cm mesafeden itibaren kesit alınmaya başlanması gibi bir anlayışla işlem yapıldığı takdirde, örnekleme taraflılığı ortaya çıkar. Cavalieri yönteminde, kesit alma yönelimi elde edilen verinin taraflılığını etkilemese de, kesinliğini etkileyen bir faktördür. Bu nedenle elde edilen ardışık kesit görüntülerini en az değişiklik ile yansıtacak bir düzlemde kesit alınması önerilmektedir. Elde edilen her bir dilimin kesit yüzey alanı belirlendikten sonra, kesit kalınlığı ile çarpılarak ilgili dilimin hacmi belirlenmiş olur. Tüm dilimlerin hacimleri toplanarak ilgilenilen yapının toplam hacmi hesaplanır (Gundersen, 1988). Bu şekilde, kesitler yardımı ile ilgilenilen nesnenin hacminin hesaplanması aşağıdaki formül ile ifade edilir (Gundersen ve Jensen, 1987; Gundersen, 1986).

$$hesap1V= t \times (a1+a2++an) \text{ cm}^3$$

Formüldeki $(a1+a2++an)$ ifadesi, n sayıdaki dilimlerin ya da kesitlerin kesit yüzey alanlarını cm^2 cinsinden (t) ise n sayıdaki ardışık kesitlerin cm cinsinden kesit kalınlığını ifade eder.

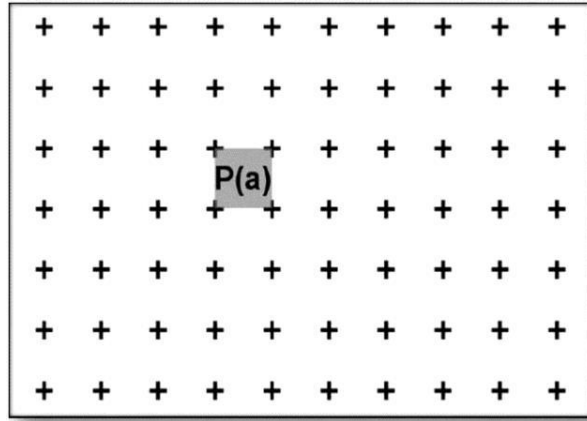
Özel yazılıma sahip görüntü analiz sistemleri ile de görüntülerde ortaya çıkan kesit yüzey alanları hesaplanılabilmektedir. Ancak, noktalı alan ölçüm cetveli kullanılarak yapılan ölçümlerin diğer planimetrik ölçümlerden daha kısa sürede ve daha güvenilir sonuçlar verdiği, araştırmalar (Gundersen ve Jensen, 1987; Gundersen ve ark., 1999; Canan ve ark., 2002) sonucunda ortaya konmuştur. Bununla birlikte, bu yöntemin maliyeti de oldukça düşüktür. Kesitlerde ortaya çıkan yüzey alanını hesaplamak için kullanılan noktalı alan ölçüm cetveli, eşit aralıkta noktaların basılı olduğu şeffaf bir asetattır (Şekil 2.7) (İkinci Keleş, 2019). Bu asetat ilgilenilen yapının üzerine rasgele olarak atılır ve ilgilenilen yapıya isabet eden noktalar sayılarak alan hesaplanır. Noktalı alan ölçüm cetvelinde noktaları temsil eden “+” işareti kullanılır. Noktalı alan ölçüm cetveli ilgilenilen görüntü üzerine rasgele olarak atıldıktan sonra ilgilenilen kesit yüzey alanı ile çakışan noktalar sayılır. Bu işlem her bir ardışık kesit için tekrarlanır ve elde edilen nokta sayısı aşağıdaki formülde yerine konularak ilgilenilen yapının toplam hacmi hesaplanır.

$$hesap2V = t \times a/p \times (P1 + P2 + \dots + Pn) \text{ cm}^3$$

Formüldeki ($P1, P2, \dots, Pn$) her bir kesit yüzey alanı için sayılan nokta sayısını, (a/p) noktalı alan ölçüm cetvelindeki her bir noktanın, küçültme veya büyütme oranı da hesaba katılarak elde edilen temsil alanını ifade eder. Özetle, her bir noktanın temsil ettiği alanın eldeki toplam nokta sayısı ile ve kesitlerin ortalama kalınlığı ile çarpımı sonucunda ilgilenilen nesnenin hacmi belirlenmiş olur. Ayrıca, her bir kesitin kesit yüzey alanı (a_i) bu formülden çıkarılan diğer bir formül ile yani $[(a/p) \times P_i]$ ile hesaplanabilir. Formüldeki alt indis 2, ($hesap2V$) kesit alma ve nokta sayımı olmak üzere iki aşamada sonuca ulaşıldığını ifade eder. Formüldeki (a/p)'nin, noktalı alan ölçüm cetvelindeki her bir noktanın, görüntünün küçültme ya da büyütme oranı yardımı ile elde edilen ve gerçekte temsil ettiği alandır. Dolayısıyla, bir görüntü üzerine noktalı alan ölçüm cetvelini attığındaki yapının gerçek hacmini elde etmek için aynı zamanda büyütme ya da küçültme oranlarını da hesaplanmalıdır. Bu nedenle, aradaki kafa karıştırıcı basamağı basitleştirmek amacıyla aşağıdaki formül kullanılmaktadır (Kaplan, 2013).

$$V = t \times [(SU) \times d / SL]^2 \times \Sigma P$$

Formüldeki (t) ortalama kesit kalınlığını, (SU) görüntü büyütmesini gösteren skalanın temsil ettiği uzunluğu, (d) noktalı alan ölçüm cetvelindeki iki nokta arasındaki mesafeyi, (SL) görüntüdeki skalanın cetvel ya da kumpas ile ölçülen uzunluğunu, (ΣP) ise ilgilenilen yapının kesit yüzey alanları üzerine düşen toplam nokta sayısını ifade etmektedir. Bu formül kullanılırken, formüle girilecek uzunluk mesafelerinin aynı birimden (cm, mm) olması gerektiği gözden kaçırılmamalıdır (Kaplan, 2013).



Şekil 2.7. Noktalı alan ölçüm cetveli. Artı işaretinin merkezi olan her bir nokta bir birim alanı $p(a)$ temsil eder (Canan ve ark., 2002; İkinci Keleş, 2019)

2.9.2. Hata Katsayısı Hesaplaması

Cavalieri yöntemi ile hesaplanılan hacim değerinin doğruluğu sorgulanabilir. Elde edilen kesit sayısını ya da kullanılan nokta sıklığının yeterli olup olmadığını sorgulamak amacıyla verilerin hata katsayısı belirlenir. Gundersen ve Jensen (1987), tarafından geliştirilen ve Şahin ve ark. (2001)'nin çalışmasında detaylarıyla aktarılan formül yardımı ile hata katsayısı hesaplanabilir. Hata katsayısı, %10 ve daha altında elde ediliyorsa yapılan işlemlerin doğru olduğu kararına varılır. Aksi durumlarda uygun hata katsayısı elde edilene kadar kesit sayısı ya da nokta sıklığı yeniden belirlenmelidir (Kaplan, 2013).

2.10. Arşiment Prensibi

Düzensiz şekilli yapıların hacimlerini hesaplamak için en çok bilinen yöntem Arşimet prensibi (*Archimedean Principle*)'dir. Bu yöntemde, incelenen yapı, içi su dolu dereceli bir kaba daldırılır ve bu yapının hacmi kaptaki yükselen su miktarı ile eşit olarak belirlenir. Arşiment prensibi ile hacim ölçümünde, dereceli bir kaptaki sıvının içine atılan herhangi bir nesne, sahip olduğu hacim kadar sıvının yer değiştirmesine sebep olur. Bu şekilde şekli düzenli olmayan bir nesnenin hacmi doğrudan ölçülebilir (Canan ve ark., 2002).

Kolay yetiştirilebilmesi ve bulunabilmesi yönünden tavşan, hem veteriner hekimliği hem de insan hekimliğinde yapılabilecek olan bilimsel ve deneysel çalışmalar için özellikle tercih edilen bir laboratuvar hayvanıdır. Bu nedenle tavşanın bazı yapılarının morfolojisi daha fazla detaylandırılmalıdır. Yapılan çalışmada erkek ve dişi Yeni Zelanda tavşanında, medulla spinalis'in pars lumbalis'inin morfometrik ve stereolojik değerlerinin incelenmesi amaçlanmıştır.



3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Gereç

3.1.1. Çalışma Materyali

Çalışmaya başlamadan önce Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulundan gerekli izinler alındı (Tarih: 13.02.2019, Sayı: 490).

Araştırmada medulla spinalis'in lumbal segmentlerinin morfolojik ve stereolojik değerlerinin belirlenmesi amacıyla 6 adet dişi ve 6 adet erkek olmak üzere toplam 12 adet erişkin Yeni Zelanda tavşanı materyal olarak kullanıldı. Çalışmada kullanılan tavşanlar verilerin güvenilirliğini açısından aynı koşullar altında yetiştirilmiş ve sağlıklı olanlardan tercih edildi. Hayvanlar etik kurallara uygun olarak ötenazi edildi.

Diseksiyon işlemine başlamadan önce tüm hayvanlara ait biyometrik veriler (vücut ağırlığı, baş-kuyruk uzunluğu) alındı. Diseksiyon işleminde öncelikle atlas'tan ilk caudal vertebra'ya kadar olan ve *columna vertebralis*'in dorsal'inde yer alan yumuşak dokular uzaklaştırıldı. Daha sonra tavşanlar 6 gün boyunca tespit solüsyonunda (%10'luk formaldehit solüsyonu) bekletildi. Bu işlemi takiben *columna vertebralis*, arcus vertebra bölgesinden dikkatlice kırıldı ve medulla spinalis bütün olarak açığa çıkarıldı. Daha sonra medulla spinalis, *dura mater* korunarak gövdeden uzaklaştırıldı.

Çalışmada Latince terimlerin isimlendirilmesinde Nomina Anatomica Veterinaria (2017) esas alındı.

3.2. Yöntem

3.2.1. Segmentasyon

Segmentasyon işlemine başlamadan önce *canalis vertebralis*'ten çıkarılan medulla spinalis'in toplam uzunluğu ölçüldü ve pars lumbalis'in hacmi Arşiment

prensibine göre hesaplandı. Daha sonra medulla spinalis'in lumbal bölümünün segmentasyonu yapıldı (Şekil 3.1). Segmentasyon işlemini takiben her bir segment kasetlere yerleştirildi ve kaydedildi. Devamında öncelikle makroskobik ölçümler yapıldı.

3.2.2. Makroskobik Ölçümler

Segmentasyon işlemini takiben tavşanlara ait lumbal segmentlerin, ağırlığı hassas terazi ile, uzunluğu ve her bir segmentin orta noktasından ölçülen transversal (laterolateral) çapı elektronik kumpas ile belirlendi. Elde edilen bu morfometrik parametreler istatistiksel olarak değerlendirildi.

3.2.3. Doku takibi

Elde edilen numuneler bir hafta boyunca oda sıcaklığında %10 tamponlu formaldehit solusyonunda bekletildi. Alınan örnekler bir gece boyunca çeşme suyu altında akan su ile yıkandı ve histolojik takip aşaması uygulandı. Histolojik takip aşamasından sonra lumbal kesitler bütün olarak parafin ile bloklandı. Bloklama işlemini takiben stereolojik hacim hesaplamalarında kullanılacak yöntem bir pilot çalışma ile belirlendi.

3.2.4. Pilot çalışma

Pilot çalışma ile stereolojik çalışmalarda yaklaşık olarak 0,05'lik ya da daha küçük hata katsayısını (CE) elde edebilecek şekilde gerekli kesit adedi ve örnekleme şekli belirlendi. Daha sonra örnekleme şekli temel alınarak çalışma materyali olan tavşan medulla spinalis'lerinin lumbal segmentlerinin mikrotomda kesit alma işlemlerine devam edildi. Ön çalışmada her bir lumbal segmentten 5µm kalınlığında doku kesitleri alındı. İlk 30 kesit arasından rastgele bir tanesinden başlanarak, onu takip eden her 200. kesit alınarak sistematik ve rastgele bir şekilde 1/200 oranında örnekleme işlemi gerçekleştirildi. Ön çalışmada belirlenen metot tüm lumbal segmentlere uygulandı. Erkek ve dişi hayvanların lumbal segmentlerinden 1/200 oranında örnekleme ile 10-16 arasında kesit elde edildi. Aynı zamanda her bir

segmentten alınan kesit sayıları da kaydedildi (Her bir segment için ortalama 2550.65 ± 485 adet).

3.2.5. Kesitlerin Boyanması

Elde edilen kesitler *Hematoksilen Eozin* ve *Luxol Fast Blue* boyaları ile boyandı (Şekil 3.3 – 6, 8).

3.2.6. Mikroskopik ölçümler

Her segment ışık mikroskopunun 2'lik büyütmesi altında fotoğraflandı. Fotoğraflar *Image J* programına aktarıldı ve öncelikle elde edilen segmentlerin *canalis centralis*'lerine ait morfolometrik (laterolateral çapı ve dorsoventral çapı) verileri hesaplandı ve ortalama değerleri her bir segment için ayrı ayrı kaydedildi. Elde edilen değerler *Microsoft Office Excel* programına kaydedildi. Devamında hacim ölçümleri yapıldı.

3.2.7. Ölçüm ve Hesaplamalar

Hacim hesaplamalarında, Cavalieri prensibi kullanılarak, *medulla spinalis*'in her bir lumbal segmentinin toplam hacmi, *substantia alba* ve *substantia grisea* hacmi belirlendi. Öncelikle elde edilen histolojik doku örneklerinin fotoğrafları 2'lik büyütme altında diseksiyon mikroskobu (Leica) ile çekildi. Sonra fotoğraflar *Image J* programına yüklenerek nokta sayımıyla hacim hesaplamaları gerçekleştirildi (Şekil 3.2).

Medulla spinalis'te hacim hesaplamaları için aşağıdaki formül kullanılarak *substantia alba*, *substantia grisea* ve toplam lumbal segment hacmi belirlendi. (Gundersen ve Jensen, 1987; Gundersen, 1986). Tüm yapının hacmi de $V_{Top} = V_1 + V_2 + \dots + V_n$ formülü ile hesaplandı (Bjuggn ve Gundersen, 1993). Bunun için bir segmentten alınan toplam kesit sayısı sayıldı ve kaydedildi.

$$V = t \times [((SU) \times d) / SL]^2 \times \Sigma P$$

V: Hacim

t: Kesit kalınlığı (5 µm)

SU: Görüntü büyütmesini gösteren skalanın temsil ettiği uzunluk

d: Noktalı alan ölçüm cetvelindeki iki nokta arasındaki mesafe

SL: Görüntüdeki skalanın cetvel ile ölçülen uzunluğu

ΣP: Sayılan toplam nokta sayısı

Hesaplanan hacimin doğruluğunu sorgulama amacıyla aşağıdaki formüller kullanılarak hata katsayısı (CE) hesaplandı.

$$1. \text{Noise} = 0.0724 \times (b/\sqrt{a}) \times \sqrt{n} \times \Sigma P$$

Noise: Karmaşıklık (Noise) değeri

$b/\sqrt{a}$: Standart değer

n: Kesit sayısı

ΣP: Sayılan toplam nokta sayısı

$$2. \text{VarSRS} = (3 \times \sum (P_i^2 - \text{Noise}) - 4 \times \sum P_i \times P_{i+1} + \sum P_i \times P_{i+2}) / 12$$

VarSRS: Toplam alan değişimi: n sayıdaki kesitte ortaya çıkan toplam alan değişim

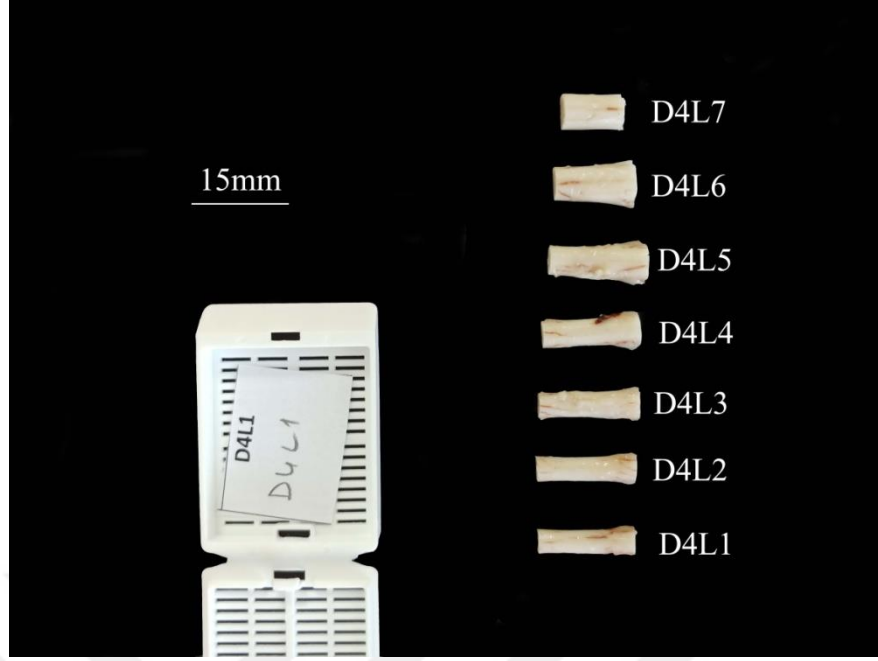
$\sum P_i$: i numaralı kesitte sayılan nokta sayısı

$$3. \text{CE} (\Sigma P) = \text{Toplam varyans} = \text{Noise} + \text{VarSRS}$$

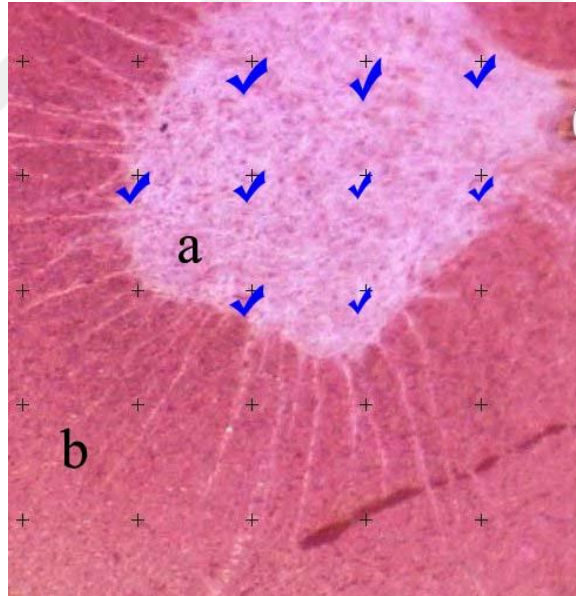
P: Nokta sayısı

3.2.8. İstatistiksel analiz

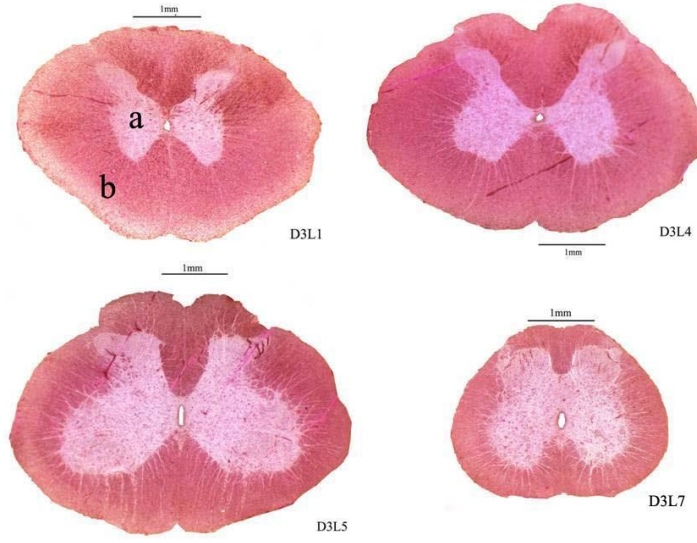
Çalışma sonucunda elde edilen verilerin tanımlayıcı istatistiksel değerleri ile cinsiyet ve segment değerlerinin karşılaştırmaları SPSS (20.0 version) paket programında hesaplandı. Cinsiyetler arası karşılaştırma için “Independent Samples T” testi uygulandı. Segmentler arası farklılığın önem seviyesinin belirlenmesinde “Kruskal Wallis Test” ve ortalama değerler arasındaki farklılığın belirlenmesi için “Post Hoc” testlerinden “Tukey” testi kullanıldı. Tavşanların cinsiyete göre, biyometrik verileri ile lumbal segmentin *substantia alba*, *substantia grisea* ve toplam hacim değerleri arasında “Pearson” korelasyon testi uygulandı.



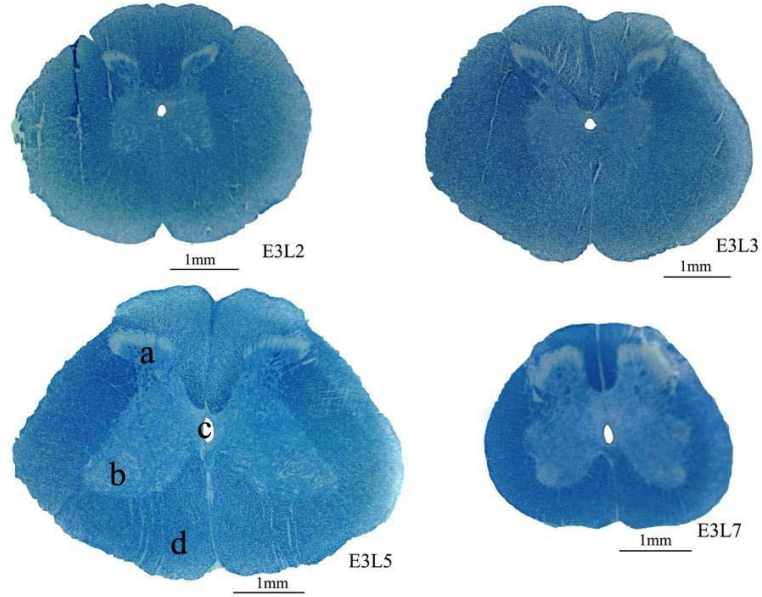
Şekil 3.1. Dişi tavşanda (D4) segmentasyon işleminden sonraki lumbal segmentlerin görüntüsü



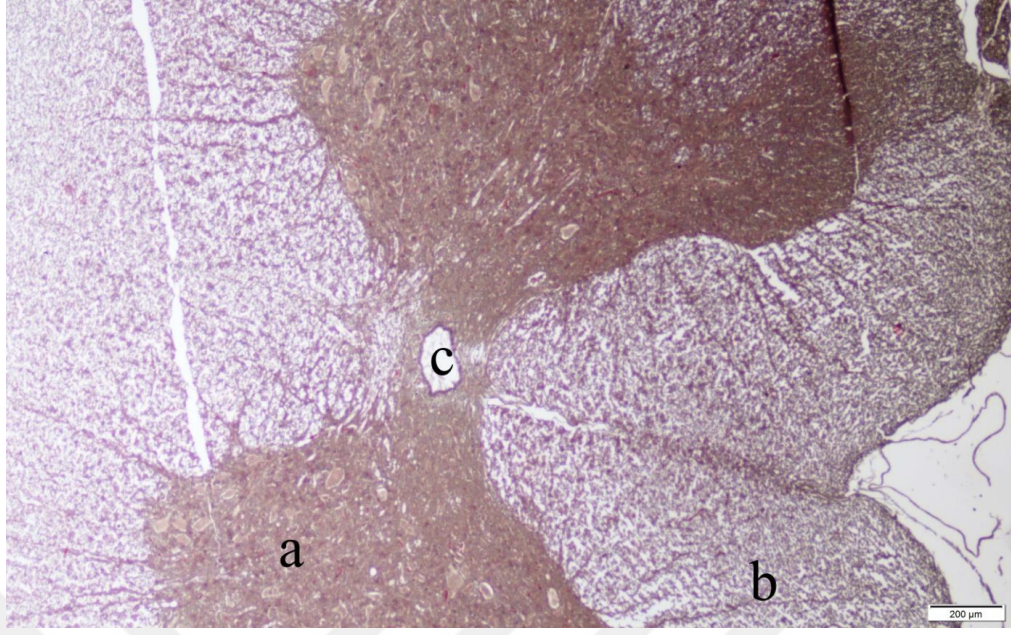
Şekil 3.2. Dişi tavşanda (D3) L4 segmentinde, *substantia grisea*'da nokta sayım işlemi, **a.** *substantia grisea*, **b.** *substantia alba*



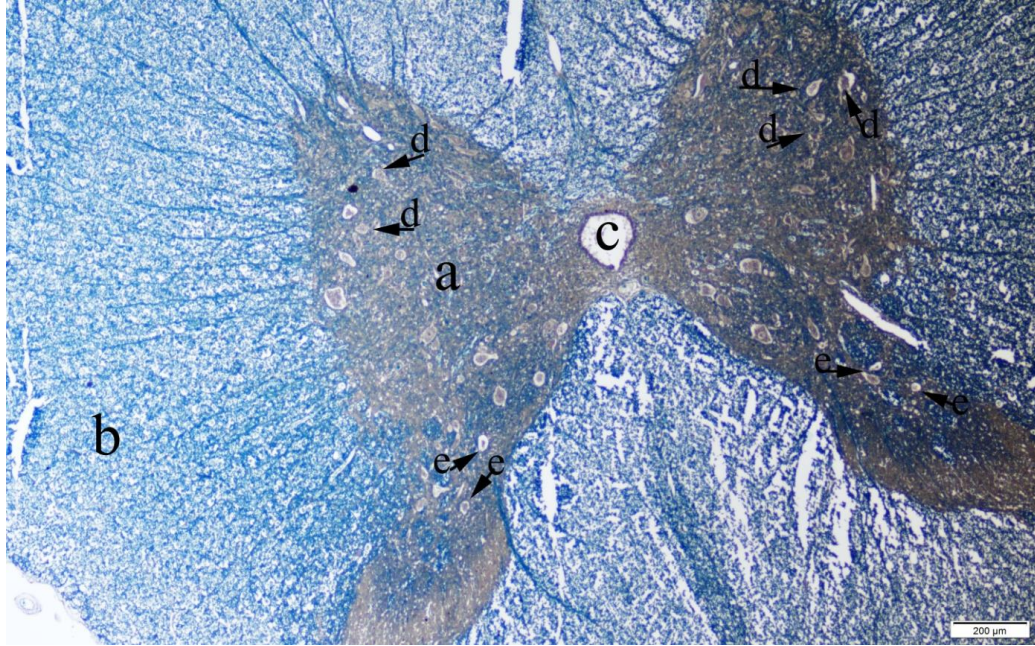
Şekil 3.3. Dişi tavşanda (D3) L1, L4, L5 ve L7 segmentlerinden alınan kesitlerin *Hematoksilen Eozin* boyama sonrası diseksiyon mikroskopunda 2'lik büyütme altında çekilen görüntüleri, **a.** *substantia grisea*, **b.** *substantia alba*



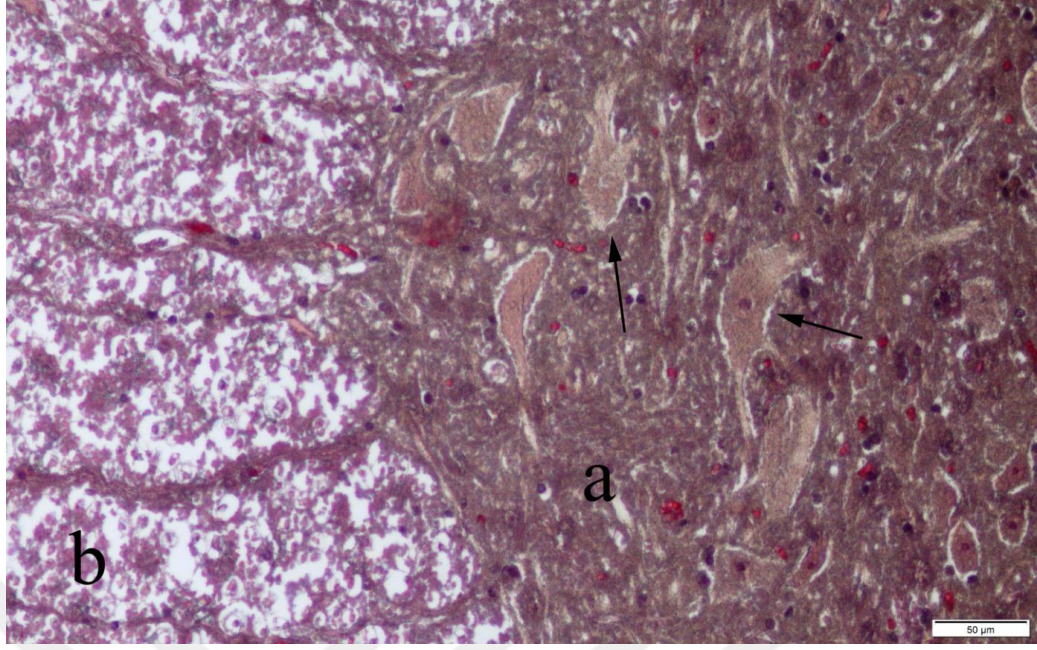
Şekil 3.4. Erkek tavşanda (E3) elde edilen kesitlerin *Luxol Fast Blue* boyama sonrası diseksiyon mikroskopunda 2'lik büyütme altında çekilen görüntüleri, **a.** *cornu dorsale* (*substantia grisea*), **b.** *cornu ventrale* (*substantia grisea*), **c.** *canalis centralis*, **d.** *substantia alba*



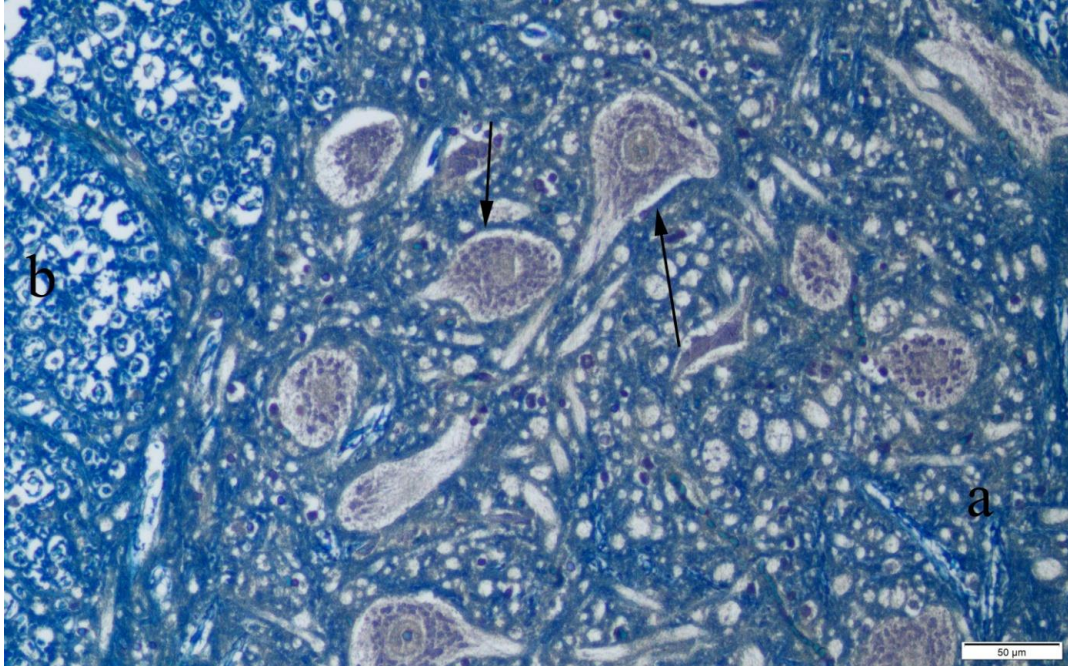
Şekil 3.5. Dişi tavşanda (D3) L4 segmentinin *Hematoksilen Eozin* boyama sonrası 5'lik büyütmede çekilen görüntüsü, **a.** *substantia grisea*, **b.** *substantia alba*, **c.** *canalis centralis*



Şekil 3.6. Erkek tavşanda (E3) L3 segmentinden alınan bir kesitin *Luxol Fast Blue* boyama sonrası 5'lik büyütme ile çekilen görüntüsü, **a.** *substantia grisea*, **b.** *substantia alba*, **c.** *canalis centralis*, **oklar (d).** motor neuron'lar, **oklar (e).** duyu neuron'ları



Şekil 3.7. Dişi tavşanda (D3) L4 segmentinin *Hematoksilen Eozin* boyama sonrası 40'lık büyütmede çekilen görüntüsü, **a.** *substantia grisea*, **b.** *substantia alba*, **oklar.** *perikaryon*



Şekil 3.8. Erkek tavşanda (E3) L5 segmentinin *Luxol Fast Blue* boyama sonrası 40'lık büyütmede çekilen görüntüsü, **a.** *substantia grisea*, **b.** *substantia alba*, **oklar.** *perikaryon*

4. BULGULAR

Çalışmada erişkin erkek ve dişi Yeni Zelanda tavşanlarında medulla spinalis'in lumbal segmentlerinin morfolometrik değerleri ile hacim değerleri tespit edildi. Bununla birlikte verilerin istatistiksel analizi yapıldı. Elde edilen tüm veriler tablolar halinde sunularak açıklandı. Erkek ve dişi tavşanların tanımlayıcı parametreleri Tablo 4.1'de gösterildi.

Tablo 4.1. Çalışmada kullanılan dişi ve erkek Yeni Zelanda tavşanlarına ait tanımlayıcı parametrelerin ortalama ve standart sapma değerleri

Tanımlayıcı parametreler	Dişi	Erkek
Vücut ağırlığı (gr)	1816.66 ± 416.7	1900 ± 497.9
Baş-kuyruk uzunluğu (mm)	365.83 ± 21.39	368.00 ± 32.07
Toplam medulla spinalis uzunluğu (mm)	275.33 ± 27.36	275.83 ± 38.44
Medulla spinalis'in pars lumbalis'inin uzunluğu (mm)	106.61 ± 5.47	105.51 ± 4.01
Medulla spinalis'in pars lumbalis'inin ağırlığı (gr)	1.65 ± 0.32	1.78 ± 0.21

Tablo 4.1'deki verilere bakıldığında çalışmada kullanılan erkek ve dişi tavşanların tanımlayıcı parametrelerinin ortalama değerlerinin birbirine yakın olduğu ve bu değerlerin cinsiyetler arası karşılaştırmada istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlendi ($P > 0.05$). Buna göre, Yeni Zelanda tavşanında medulla spinalis'in toplam uzunluğu (cranial'de *medulla oblongata*'nın bitimi ile caudal'de *conus medullaris*'in de dahil olan bölümü) dişi ve erkeklerde sırasıyla 275.33 ± 27.36 mm ve 275.83 ± 38.44 mm olarak hesaplandı. Dişi ve erkek tavşanlarda medulla spinalis uzunluğunun %38'inin pars lumbalis'e ait olduğu görüldü. Pars lumbalis'in L1, L2, L3, L4, L5 ve L6 segmentlerinin kendileri ile aynı sayıdaki lumbal vertebra kanalında yer aldığı, ancak, hafifçe cranial'e doğru kaydığı saptandı. L7 segmenti'nin ise yaklaşık 1/3'ünün cranial'e doğru kaydığı gözlemlendi. *Conus medullaris*'in ise ikinci sacral vertebra hizasında sonlandığı tespit edildi.

Çalışmada medulla spinalis'in segmentasyonu yapıldıktan sonra morfometrik verileri elektronik kumpas kullanılarak belirlendi. Her bir segmentin çapı tam olarak segment ortasından laterolateral olarak hesaplandı. Buna göre çalışmadan elde edilen morfometrik verilerin ortalama değerleri Tablo 4.2'de sunuldu.

Tablo 4.2. Dişi ve erkek Yeni Zelanda tavşanlarında medulla spinalis'in lumbal segmentinin, morfometrik değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri

Segment	Morfometrik parametreler	Dişi Ort ± Sd	Erkek Ort ± Sd
L1	uzunluk	16.43 ± 1.10	16.57 ± 1.84
	çap	4.24 ± 0.59	4.63 ± 0.43
	ağırlık	0.20 ± 0.04	0.21 ± 0.03
L2	uzunluk	16.33 ± 0.83	16.98 ± 1.50
	çap	4.48 ± 0.43	4.77 ± 0.26
	ağırlık	0.21 ± 0.04	0.24 ± 0.04
L3	uzunluk	16.61 ± 0.94	16.60 ± 1.02
	çap	4.71 ± 0.40	4.76 ± 0.37
	ağırlık	0.23 ± 0.06	0.25 ± 0.04
L4	uzunluk	16.48 ± 0.87	16.57 ± 1.36
	çap	5.05 ± 0.35	5.10 ± 0.38
	ağırlık	0.26 ± 0.06	0.27 ± 0.05
L5	uzunluk	16.08 ± 1.42	15.32 ± 1.09
	çap	5.53 ± 0.49	5.67 ± 0.64
	ağırlık	0.30 ± 0.06	0.30 ± 0.06
L6	uzunluk	13.16 ± 2.11	12.53 ± 2.65
	çap	5.93 ± 0.46	6.14 ± 0.14
	ağırlık	0.26 ± 0.05	0.27 ± 0.04
L7	uzunluk	10.98 ± 1.65	11.20 ± 2.46
	çap	5.48 ± 0.59	5.83 ± 0.47
	ağırlık	0.17 ± 0.04	0.22 ± 0.09

Hem erkek hem de dişi tavşanlarda, Tablo 4.2'de, L1, L2, L3, L4 ve L5 segmentlerinin uzun, L6 ve L7 segmentlerinin ise belirgin şekilde kısa olduğu gözlemlendi. Segment çaplarının ise L1'den L6'ya kadar arttığı, L7'de ise nispeten düşüş gösterdiği belirlendi. Buna göre *intumescencia lumbalis*'in L5, L6 ve L7 segmentlerinde olduğu belirlendi. Ancak, L7 segmentinin çapının caudal'e doğru giderek daraldığı gözlemlendi. Segment ağırlıklarının L1'den L5'e kadar arttığı, L6'dan

L7'ye nispeten azaldığı belirlendi. Erkek ve dişi tavşanlar arasında bu morfometrik parametrelerin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlendi ($P > 0.05$).

Tablo 4.3. Dişi ve erkek tavşanlarda medulla spinalis'in tüm lumbal segmentlerinin ortalama hacim ve standart sapma değerleri

Segment	Dişi	Erkek
L1	112.20 ± 25.47	126.16 ± 27.71
L2	120.94 ± 31.25	139.24 ± 33.34
L3	127.94 ± 35.84	145.55 ± 28.30
L4	134.23 ± 34.97	154.29 ± 34.53
L5	150.30 ± 43.16 ^a	161.24 ± 40.17 ^a
L6	140.32 ± 35.14 ^b	134.31 ± 20.19
L7	73.73 ± 25.25 ^{ab}	96.06 ± 54.38 ^a
Toplam	867.18 ± 188.34	956.89 ± 135.93

Dişi sütununda karşılaştırma verileri: ^a: L5 ile L7'nin karşılaştırılması, ^b: L6 ile L7'nin karşılaştırılması (^{a,b}: $P < 0.05$)

Erkek sütununda karşılaştırma verileri: ^a: L5 ile L7'nin karşılaştırılması (^a: $P < 0.05$)

Tablo 4.3'te dişi ve erkek tavşanların medulla spinalis'in tüm lumbal segmentlerinin hacim değerleri verildi. Buna göre, hem erkek hem de dişi tavşanlarda en büyük ortalama hacim değeri L5 segmentine aitti. En küçük hacim değeri ise her iki cinsiyette de L7 segmentine aitti. Lumbal segmentlerin ortalama hacim değerlerinin her iki cinsiyette de L1'den L5 segmentine kadar artış gösterdiği, L5'den L7 segmentine kadar düşüş içerisinde olduğu gözlemlendi. Cinsiyete göre lumbal segmentlerin hacim değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlendi ($P > 0.05$).

Lumbal segmentlerin hacim değerleri dişi tavşanlarda kendi arasında karşılaştırıldığında, L7'nin L5 ve L6'dan anlamlı olduğu istatistiksel olarak tespit edildi ($P < 0.05$). L1, L2, L3 ve L4'ün hacim değerlerinin ise anlamlı bir farklılığı olmadığı istatistiksel olarak belirlendi ($P > 0.05$). Lumbal segmentlerin hacim değerleri erkek tavşanlarda karşılaştırıldığında, sadece L5 ile L7'nin anlamlı olduğu istatistiksel

olarak saptandı ($P < 0.05$). Bunların dışındaki diğer segmentler arası karşılaştırmada istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı gözlenmedi ($P > 0.05$).

Tablo 4.4. Dişi ve erkek tavşanlarda medulla spinalis'in lumbal segmentlerinde *substantia alba*'nın ortalama hacim ve standart sapma değerleri

Segment	Dişi	Erkek
L1	91.65 ± 23.6 ^a	105.57 ± 24.83 ^a
L2	98.48 ± 26.98 ^b	115.31 ± 30.07 ^b
L3	102.73 ± 33.19 ^c	116.52 ± 25.21 ^c
L4	109.34 ± 30.18 ^d	117.90 ± 27.70 ^d
L5	106.38 ± 32.03 ^e	113.27 ± 26.44 ^e
L6	85.28 ± 27.83 ^f	79.44 ± 19.98
L7	34.36 ± 14.04 ^{abcdef}	49.89 ± 39.79 ^{abcde}
Toplam	628.11 ± 161.47	697.93 ± 111.31

Dişi sütunu için: ^{a, b, c, d, e, f}: L7 ile L1, L2, L3, L4, L5, L6 segmentleri arası karşılaştırma ($P < 0.05$)

Erkek sütunu için: ^{a, b, c, d, e}: L7 ile L1, L2, L3, L4, L5 segmentleri arası karşılaştırma ($P < 0.05$)

Tablo 4.4'te dişi ve erkek tavşanların medulla spinalis'in tüm lumbal segmentlerinde *substantia alba*'nın ortalama hacim ve standart sapma değerleri verildi. Buna göre, hem erkek hem de dişi tavşanlarda *substantia alba*'nın en büyük ortalama hacim değeri L4 segmentine aitti. *Substantia alba*'nın en küçük hacim değeri ise her iki cinsiyette de L7 segmentine aitti. Lumbal segmentlerdeki *substantia alba*'nın ortalama hacim değerlerinin her iki cinsiyette de L1'den L4 segmentine kadar büyüdüğü, L4'den L7 segmentine kadar da küçülme eğiliminde olduğu gözlemlendi. *Substantia alba*'nın hacim değeri cinsiyete göre karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı saptandı ($P > 0.05$). Ancak, erkek tavşanlarda bu değer daha büyük olduğu görüldü.

Dişi tavşanların lumbal segmentleri arasında *substantia alba*'nın hacim değeri karşılaştırıldığında L7 ile L1, L2, L3, L4, L5, L6'nın istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlemlendi ($P < 0.05$). Erkek tavşanların lumbal segmentleri arasında bu değer karşılaştırıldığında, L7 ile L1, L2, L3, L4, L5'in istatistiksel olarak anlamlı olduğu

bulundu ($P < 0.05$). Diğer segmentler arası karşılaştırmada istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı tespit edildi ($P > 0.05$).

Tablo 4.5. Dişi ve erkek tavşanlarda medulla spinalis'in lumbal segmentlerinde *substantia grisea*'nın ortalama hacim ve standart sapma değerleri

Segment	Dişi	Erkek
L1	20.19 $\pm$ 4.38 ^a	20.58 $\pm$ 3.10 ^a
L2	22.05 $\pm$ 5.06 ^b	23.92 $\pm$ 4.16 ^b
L3	24.82 $\pm$ 5.05 ^c	28.57 $\pm$ 3.95 ^c
L4	32.04 $\pm$ 8.64 ^d	35.69 $\pm$ 8.33
L5	43.07 $\pm$ 13.38 ^{abc}	47.44 $\pm$ 17.74 ^{ab}
L6	54.46 $\pm$ 8.14 ^{abcd}	54.25 $\pm$ 13.42 ^{abc}
L7	38.95 $\pm$ 12.54 ^{ab}	45.68 $\pm$ 16.04 ^{ab}
Toplam	235.60 $\pm$ 30.36	256.17 $\pm$ 35.02

Dişi sütunu için: ^a: L1 ile L5, L6, L7'nin, ^b: L2 ile L5, L6, L7'nin ^c: L3 ile L5, L6'nın, ^d: L4 ile L6'nın karşılaştırılması (^{a, b, c, d}: $P < 0.05$)

Erkek sütunu için: ^a: L1 ile L5, L6, L7'nin karşılaştırılması, ^b: L2 ile L5, L6, L7'nin karşılaştırılması, ^c: L3 ile L6'nın karşılaştırılması (^{a, b, c}: $P < 0.05$)

Tablo 4.5'teki veriler değerlendirildiğinde, her iki cinsiyette de *substantia grisea*'nın hacim değerinin L6 segmentinde en büyük olduğu görüldü. Bu değer her iki cinsiyette de en küçük olduğu segment ise L1 idi. *Substantia grisea*'nın hacim değerinin, her iki cinsiyette de L1 segmentinden L6 segmentine kadar artış gösterdiği, L7 segmentinde ise nispeten azaldığı tespit edildi. Bu değer cinsiyete göre karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı saptandı ($P > 0.05$). Ancak, L6 segmenti hariç diğer segmentlerdeki *substantia grisea* hacim değerlerinin erkeklerde daha büyük olduğu görüldü.

Dişi tavşanların lumbal segmentlerindeki *substantia grisea* hacmi, kendi aralarında istatistiksel olarak karşılaştırıldığında, L1'in L5, L6, L7'den, L2'nin L5, L6, L7'den, L3'ün L5, L6'dan, L4'ün L6'dan, L5'in L1, L2, L3'ten, L6'nın L1, L2, L3 ve L4'ten, L7'nin L1, L2'den farklı olduğu istatistiksel olarak anlamlıydı ($P < 0.05$). Erkek tavşanların lumbal segmentlerindeki *substantia grisea*'nın hacim değerleri

karşılaştırıldığında, L5'in L1, L2'den, L6'nın L1, L2, L3' ten, L7'nin L1, L2'den anlamlı olduğu istatistiksel olarak tespit edildi ($P < 0.05$).

Lumbal segmentlerin *substantia alba* ve *substantia grisea* 'nın hacim değerleri genel olarak karşılaştırıldığında, *substantia grisea* hacminin standart sapma değerinin dişi ve erkek tavşanların L1, L2, L3, L4 ve dişi tavşanların L6 segmentlerinde belirgin şekilde küçük olduğu gözlemlendi.

Tablo 4.6. Dişi ve erkek tavşanlarda medulla spinalis'in lumbal segmentlerinde *substantia grisea*'nın toplam segment hacmine oranı ve standart sapma değerleri

Segment	Dişi	Erkek
L1 (%)	18.37 $\pm$ 3.49 ^a	16.54 $\pm$ 1.61 ^a
L2 (%)	18.45 $\pm$ 2.20 ^b	17.50 $\pm$ 2.67 ^b
L3 (%)	19.95 $\pm$ 3.64 ^c	19.86 $\pm$ 2.30 ^c
L4(%)	21.71 $\pm$ 3.40 ^d	23.22 $\pm$ 2.68 ^d
L5 (%)	28.90 $\pm$ 3.82 ^{abce}	29.03 $\pm$ 6.47 ^{ae}
L6 (%)	39.69 $\pm$ 4.29 ^{abcdef}	40.81 $\pm$ 10.77 ^{abcd}
L7 (%)	52.88 $\pm$ 6.09 ^{abcdef}	54.47 $\pm$ 11.78 ^{abcde}
Ortalama (%)	27.98 $\pm$ 3.04	26.8 $\pm$ 2.84

Dişi sütunu için: ^a: L1 ile L5, L6, L7'nin, ^b:L2 ile L5, L6, L7'nin, ^c: L3 ile L5, L6, L7'nin, ^d: L4 ile L6, L7'nin, ^e: L5 ile L6, L7'nin, ^f: L6 ile L7'nin karşılaştırılması (^{a, b, c, d, e, f}; $P < 0.05$)

Erkek sütunu için: ^a: L1 ile L5, L6, L7'nin ^b: L2 ile L6, L7'nin, ^c: L3 ile L6, L7'nin, ^d: L4 ile L6, L7'nin, ^e: L5 ile L7'nin arasındaki karşılaştırma (^{a, b, c, d, e}; $P < 0.05$)

Tablo 4.6'da gösterilen, medulla spinalis'in tüm lumbal segmentlerinde, *substantia grisea* 'nın toplam segment hacmine oranının dişi ve erkek tavşanlarda istatistiksel olarak anlamlı olmadığı saptandı ($P > 0.05$). Bu değerlerin ortalaması, medulla spinalis'in tüm lumbal segmentlerinde dişi ve erkek tavşanlarda sırasıyla %27.98 $\pm$ 3.04 ve %26.8 $\pm$ 2.84 olarak belirlendi. Bununla birlikte, *substantia grisea* hacim oranının her iki cinsiyette de L7 segmentinde en büyük, L1 segmentinde ise en küçük olduğu gözlemlendi. Aynı zamanda, *substantia grisea* hacim oranının caudal'e doğru belirgin şekilde arttığı tespit edildi.

Substantia grisea'nın toplam segment hacmine oranı dişi tavşanlarda segmentler arası karşılaştırıldığında, L1'in L5, L6, L7'den, L2'nin L5, L6, L7'den, L3'ün L5, L6, L7'den, L4'ün L6 ve L7'den, L5'in L4 hariç tüm segmentlerden, L6 ve L7'nin tüm segmentlerden anlamlı olduğu istatistiksel olarak tespit edildi ($P < 0.05$).

Erkek tavşanlarda, *substantia grisea* oranı segmentler arası karşılaştırıldığında L1 ile L5, L6, L7'nin, L2 ile L6, L7'nin, L3 ile L6, L7'nin, L4 ile L6, L7'nin, L5 ile L1, L7'nin, L6 ile L1, L2, L3, L4'ün, L7 ile L1, L2, L3, L4, L5'in arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlemlendi ($P < 0.05$). Tablo 4.6'daki veriler incelendiğinde hem dişi hem de erkek tavşanlarda L1, L2, L3 ve L4 arasındaki hacim değeriinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($P > 0.05$) görüldü.

Tablo 4.7'de erkek ve dişi tavşanların medulla spinalis'inde *canalis centralis*'in çap ölçümleri gösterilmiştir. Buna göre, *canalis centralis*'in laterolateral çapının en geniş olduğu segmentler dişi tavşanlarda L5 ve L6 iken, erkek tavşanlarda L4 ve L5 olduğu saptandı. Bu kanalın dorsoventral çapının da en büyük olduğu segmentler hem dişi hem de erkek tavşanlarda L6 ve L7 segmentleri olduğu tespit edildi. *Canalis centralis*'in laterolateral çap değeriinin dişi tavşanlarda L1'den L6'ya doğru arttığı L7'de nispeten azaldığı, erkek tavşanlarda ise L1'den L5'e doğru olan artışta dalgalanmalar olduğu, L6 ve L7'de nispeten azalma olduğu belirlendi.

Canalis centralis'in dorsoventral çap değeriinin dişi tavşanlarda, L1'den L4'e kadar küçüldüğü, L5'ten L7'ye doğru nispeten büyüdüğü gözlemlendi. Erkek tavşanlarda ise bu değeriin, L1'den L3'e kadar küçüldüğü, L4'ten L7'ye kadar da artma eğiliminde olduğu tespit edildi. *Canalis centralis*'in dorsoventral çapı, erkek ve dişi tavşanlar arasında karşılaştırıldığında L4 segmentine ait değeriin istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlemlendi ($P < 0.05$). Diğer segmentlerde ise bu çap değeriileri (*canalis centralis*'in laterolateral ve dorsoventral çapı) cinsiyetler arası karşılaştırıldığında anlamlı istatistiksel bir farklılık olmadığı belirlendi ($P > 0.05$).

Tablo 4.7. Dişi ve erkek tavşanlarda *canalis centralis* çaplarının ortalama ve standart sapma değerleri

Segment	Çap	Dişi	Erkek
L1	Laterolateral çap	0.08 ± 0.04	0.09 ± 0.04
	Dorsoventral çap	0.15 ± 0.02	0.17 ± 0.05
L2	Laterolateral çap	0.08 ± 0.04	0.08 ± 0.02
	Dorsoventral çap	0.13 ± 0.03	0.13 ± 0.01
L3	Laterolateral çap	0.08 ± 0.02	0.10 ± 0.05
	Dorsoventral çap	0.12 ± 0.03	0.12 ± 0.02
L4	Laterolateral çap	0.09 ± 0.02	0.11 ± 0.02
	Dorsoventral çap	0.10 ± 0.01*	0.13 ± 0.02*
L5	Laterolateral çap	0.10 ± 0.04	0.11 ± 0.01
	Dorsoventral çap	0.12 ± 0.04	0.15 ± 0.03
L6	Laterolateral çap	0.10 ± 0.04	0.09 ± 0.01
	Dorsoventral çap	0.22 ± 0.04	0.21 ± 0.04
L7	Laterolateral çap	0.08 ± 0.02	0.09 ± 0.008
	Dorsoventral çap	0.21 ± 0.03	0.22 ± 0.03

*: P < 0.05

Tablo 4.8. Dişi ve erkek Yeni Zelanda Tavşanında medulla spinalis'in pars lumbalis'inin Arşiment ve Cavalieri prensibine göre belirlenen ortalama hacim değerleri ve büzüşme oranları

Yeni Zelanda Tavşanı	Arşiment prensibi (mm ³)	Cavalieri prensibi (mm ³)	Büzüşme oranı
Dişi	1056.66	867.18	%17.93
Erkek	1175	956.89	%18.56

Tablo 4.8'de, formaldehit ile tespit sürecinden sonra *canalis vertebralis*'ten çıkarılan medulla spinalis'in pars lumbalis'inin Arşiment prensibine göre hesaplanan ortalama hacim değerleri ile histolojik işlemlerden sonra Cavalieri prensibine göre hesaplanan ortalama hacim değerleri karşılaştırıldı. Büzüşme oranı dişi ve erkek tavşanlarda sırasıyla %17.93 ve %18.56 olarak belirlendi.

Tablo 4.9. Dişi ve erkek tavşanlarda ölçüm yapılan bazı parametreler arasındaki korelasyon değerleri

Dişi→ Erkek↓	K	BKU	MSTU	LSU	LH	LSA	LSG	LA	YSG
K		,992**	,903*	,882*	,684	,721	,347	,868*	-,808
BKU	,897*		,901*	,860*	,755	,791	,415	,918**	-,871*
MSTU	,880*	,931**		,617	,599	,625	,329	,821*	-,763
LSU	,668	,756	,810		,646	,680	,345	,725	-,679
LH	,734	,793	,673	,565		,996**	,864*	,939**	-,895*
LSA	,775	,827*	,742	,718	,978**		,815*	,952**	- ,927**
LSG	,370	,444	,253	-,065	,771	,621		,705	-,568
LA	,966**	,941**	,865*	,661	,873*	,887*	,557		- ,945**
YSG	- ,573	-,535	-,658	- ,934**	-,363	-,548	,311	-,498	

*P<0.05, **P<0.01

Tablo 4.8’de erkek ve dişi tavşanlardan alınan bazı parametrelerin korelasyon değerleri verildi. Buna göre, hem erkek hem de dişi tavşanlarda, medulla spinalis’in tüm lumbal segmentlerinde, *substantia grisea*’nın toplam lumbal segment hacmine oranının (YSG) genel olarak verilen değerler ile negatif korelasyon gösterdiği gözlemlendi. Her iki cinsiyette de, hacim değerlerinin (Toplam lumbal hacim, *substantia grisea* ve *substantia alba* hacimleri) korelasyon değeri tavşanın kilosu ile karşılaştırıldığında, bu değer istatistiksel olarak anlamlı olmadığı gözlemlendi ($P > 0.05$). Aynı şekilde baş-kuyruk uzunluğu ile lumbal hacim değerlerinin de anlamlı korelasyon ilişkisinin olmadığı istatistiksel olarak belirlendi ($P > 0.05$).

Erkek ve dişi tavşanlarda lumbal segmentlerin toplam ağırlığı ile lumbal segmentlerin hacim değerlerinin kuvvetli pozitif korelasyon gösterdiği belirlendi ($P < 0.05$). Ancak, *substantia grisea* hacim değerinin lumbal segmentlerin ağırlığı yada tavşanın kilosu ile anlamlı bir korelasyon göstermediği tespit edildi ($P > 0.05$).

5. TARTIŞMA

Tavşanlarda, medulla spinalis'in pars lumbalis'inin 7 segmentten oluştuğu bildirilmiştir (Kahvecioğlu ve ark., 1995). Shek ve ark. (1986) ise araştırdıkları tavşanların 1 tanesinde lumbal bölgenin 6 segmentten, 6 tanesinde ise 7 segmentten oluştuğunu kaydetmişlerdir. Yapılan çalışmada da Kahvecioğlu ve ark. (1995) ile uyumlu olarak Yeni Zelanda tavşanında medulla spinalis'in pars lumbalis'inin 7 segmentten oluştuğu, Shek ve ark. (1986)'nın bulguları ile ise benzeştiği belirlenmiştir.

Medulla spinalis'in sonlandığı bölgeleri Greenaway ve ark. (2001) araştırdıkları tavşanların %79.3'ünde S2, %19.0'ında S1 ve %1.7'sinde ise S3 olarak bildirmişlerdir. Greenaway ve ark. (2001)'nin araştırdıkları tavşanların %79.3'ü ile uyumlu olarak medulla spinalis'in S2 hizasında sonlandığı belirlenmiştir.

Intumescentia lumbalis'in tavşanlarda, L6 ve L7 (Uçar ve ark., 1990), L5 ve L6 (Baron ve ark., 1973), L5, L6, L7, S1 (Al-Saffar ve Al-Haaik, 2017), L4 ve L7 (Kahvecioğlu ve ark., 1995) segmentlerinde olduğu bildirilmiştir. *Intumescentia lumbalis*'in literatürden (Uçar ve ark., 1990; Baron ve ark., 1973; Al Saffar ve Al Haaik, 2017; Kahvecioğlu ve ark., 1995) farklı olarak L5, L6 ve L7 segmentler hizasında olduğu bulunmuştur.

Medulla spinalis'in toplam uzunluğu tavşanda 27.4 cm olarak rapor edilmiştir (Kahvecioğlu ve ark., 1995). Sunulan araştırmada da Yeni Zelanda tavşanında medulla spinalis uzunluğu Kahvecioğlu ve ark. (1995)'nin bildirdikleri ile benzer şekilde 27.5 cm olarak belirlenmiştir. Medulla spinalis'in pars lumbalis'inin toplam medulla spinalis uzunluğuna oranı, tavşanda %34.36 (Al-Saffar ve Al-Haaik, 2017) ve %34 (Farag ve ark., 2012) olduğu rapor edilmiştir. Yapılan çalışmada, dişi ve erkek tavşanlarda bu oranın %38 olduğu belirlenmiştir. Literatür verilerine bakıldığında Yeni Zelanda tavşanlarında pars lumbalis'in medulla spinalis uzunluğuna oranının tavşan (Al-Saffar ve Al-Haaik, 2017; Farag ve ark., 2012) ile benzer olduğu, ancak, en büyük değere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Medulla spinalis'te segmentlerin çapı veya uzunluğu gibi morfometrik veriler, postmortem (Ko ve ark., 2004; Kameyama ve ark., 1996) veya tıbbi görüntüleme yöntemlerinin kullanıldığı araştırmalarda (Choi ve ark., 1996; Costa ve ark., 2006) tanısal bir araç olarak kullanılan parametrelerdir. Tavşanların medulla spinalis'inden elde edilen uzunluk, çap ve hacim değerleri Tablo 5'te karşılaştırılmıştır. Tablo 5'teki verilere göre; Farag ve ark. (2012)'nin bulguları ile dişi ve erkek Yeni Zelanda tavşanlarından elde edilen bulgular karşılaştırıldığında, lumbal segment uzunluğunun, L4 segmentinde aynı, L6 ve L7 segment uzunluklarının da literatürde (Farag ve ark., 2012) belirtilen Yeni Zelanda tavşanlarının L6 ve L7 segmenti ile yakınlık gösterdiği görülmüştür. Farag ve ark. (2012) Yeni Zelanda tavşanında L1, L2 ve L3 segmentleri (4 mm) ile L5 ve L6 segmentlerinin (6 mm) laterolateral çap değerinin birbiri ile aynı olduğunu ve L3 segmentinden L7 segmentine doğru laterolateral çapın büyüme eğilimi gösterdiğini rapor etmişlerdir. Kahvecioğlu ve ark. (1995) tavşanlarda laterolateral çap değerinin L1 ve L2 segmentinde (4.1 mm) aynı olduğunu, L2'den L7'ye doğru genişleme gösterdiğini bildirmişlerdir. Çalışmalardan (Farag ve ark., 2012; Kahvecioğlu ve ark., 1995) farklı olarak, tavşanlarda laterolateral çapın L1'den L6'ya doğru genişleme eğiliminde olduğu, L7 segmentinde ise nispeten daraldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, dişi ve erkek Yeni Zelanda tavşanında, L1, L2, L3, L4, L5 ve L6 segmentlerinin, laterolateral çap değerlerinin referanslar (Farag ve ark., 2012; Kahvecioğlu ve ark., 1995) ile nispeten yakınlık gösterdiği, ancak, L7 segmentinin laterolateral çapının literatür (Farag ve ark., 2012; Kahvecioğlu ve ark., 1995) bulgularından farklı olarak, daha küçük olduğu saptanmıştır. Dişi ve erkek Yeni Zelanda tavşanında L1, L2, L3, L4, L5 ve L7 segmentlerinin uzunluğunun, Farag ve ark. (2012)'nin araştırdıkları Yeni Zelanda tavşanlarına göre daha küçük olduğu, L6 segmentinin ise nispeten büyük olduğu gözlenmiştir. Farag ve ark. (2012)'nin bildirdiği hacim değerleri ile elde edilen verilerin hacim değerleri karşılaştırıldığında, aradaki farkın büzüşme oranından ve segment uzunluğu farkından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Tablo 5.1. Bazı tavşan ırklarında medulla spinalis'in lumbal segmentlerinden elde edilen verilerin, çalışmada kullanılan dişi ve erkek Yeni Zelanda tavşanından elde edilen bulgular ile karşılaştırması

Segment	Morfometrik parametreler	Dişi Ort $\pm$ Sd mm	Erkek Ort $\pm$ Sd Mm	Oryctolagus cuniculus (Farag ve ark., 2012)	Tavşan (Kahvecioğlu ve ark., 1995)
L1	Uzunluk (mm)	16.43	16.57	18.9	
	Lateral çap (mm)	4.24	4.63	4.0	4.1
	Hacim (mm ³)	112.20	126.16	236.8	
L2	Uzunluk (mm)	16.33	16.98	20.0	
	Lateral çap (mm)	4.48	4.77	4.0	4.1
	Hacim (mm ³)	120.94	139.24	291.5	
L3	Uzunluk (mm)	16.61	16.60	19.2	
	Lateral çap (mm)	4.71	4.76	4.0	4.3
	Hacim (mm ³)	127.94	145.55	279.5	
L4	Uzunluk (mm)	16.48	16.57	16.9	
	Lateral çap (mm)	5.05	5.10	5.0	5.0
	Hacim (mm ³)	134.23	154.29	352.0	
L5	Uzunluk (mm)	16.08	15.32	18.9	
	Lateral çap (mm)	5.53	5.67	6.0	5.4
	Hacim (mm ³)	150.30	161.24	472.4	
L6	Uzunluk (mm)	13.16	12.53	11.5	
	Lateral çap (mm)	5.93	6.14	6.0	6.2
	Hacim (mm ³)	140.32	134.31	322.0	
L7	Uzunluk (mm)	10.98	11.20	12.8	
	Lateral çap (mm)	5.48	5.83	6.6	6.5
	Hacim (mm ³)	73.73	96.06	391.5	

Medulla spinalis'in lumbal segmentlerinden en uzun olanının tavşanda L2 (20 mm) (Farag ve ark., 2012), Tiftik geçisinde (Kahvecioğlu ve ark., 1995) L3 olduğu rapor edilmiştir. Sunulan çalışmada da en uzun segmentin Tiftik geçisinde (Kahvecioğlu ve ark., 1995) olduğu gibi dişi tavşanlarda L3 (16.61 ± 0.94), tavşan (Farag ve ark., 2012) ile uyumlu olarak da erkek tavşanlarda L2 (16.98 ± 1.50) olduğu tespit edilmiştir. Medulla spinalis'in lumbal segmentlerinden en kısa olanının ise,

tavşanda L6 (Farag ve ark., 2012) (11.5 mm), attı L6 (sonuncu lumbal segment) (Selçuk, 2011) olduğu kaydedilmiştir. Yapılan çalışmada ise L7'nin (dişi ve erkeklerde 10,98 mm ve 11.20 mm) lumbal segmentlerin en kısası olduğu belirlenmiştir. Elde edilen veriler literatür ile karşılaştırıldığında en kısa segmentin sonuncu lumbal segment olması nedeniyle at (Selçuk, 2011) ile benzerlik gösterdiği, ancak, tavşandan (Farag ve ark., 2012) farklı olduğu görülmüştür.

Leghorn ırkı tavukların dişi ve erkeklerinde (Bolat, 2011) *substantia alba*'nın toplam hacmi sırasıyla 1007 mm³ ve 1400 mm³, *substantia grisea*'nın toplam hacmi sırasıyla 241 mm³ ve 311 mm³, *substantia grisea*'nın toplam hacme oranı sırasıyla %19.36 ve %18.19 olarak rapor edilmiştir (Bolat, 2011). Literatür (Bolat, 2011) verilerine bakıldığında erkek tavuklarda *substantia alba* ve *grisea*'nın ortalama hacim değerlerinin dişi tavuklara göre belirgin şekilde büyük olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmada, medulla spinalis'in pars lumbalis'inde dişi ve erkek Yeni Zelanda tavşanlarında *substantia alba*'nın toplam hacmi sırasıyla 628.113 mm³ ve 679.93 mm³, *substantia grisea*'nın toplam hacmi 235.60 mm³ ve 256.17 mm³, *substantia grisea*'nın toplam hacme oranı %27.98 ve %26.89 olarak saptanmıştır. Elde edilen verilere bakıldığında, literatür (Bolat, 2011) verileri ile uyumlu olarak, Yeni Zelanda tavşanı ve Leghorn ırkı tavuklarda (Bolat, 2011), *substantia alba* ve *substantia grisea*'nın ortalama hacim değerlerinin erkeklerde dişilere göre belirgin şekilde büyük olduğu, *substantia grisea*'nın tüm hacme oranının ise dişilerde erkeklere göre nispeten büyük olduğu gözlenmiştir.

Medulla spinalis'te *substantia grisea*'nın hacim miktarının deve kuşunda thoracal ve lumbal segmentlerde, cranial segmentlere göre belirgin şekilde büyük olduğu rapor edilmiştir (Rahmanifar ve ark., 2008). Atlarda *substantia grisea* hacim oranının L1'den L6'ya doğru artış gösterdiği, *substantia alba*'nın hacim oranında ise azalma şekillendiği ortaya konmuştur (Selçuk, 2011). Beş aylık ratların medulla spinalis'in pars thoracalis'inde, cranial'den caudal'e doğru *substantia grisea* hacminin genel olarak artma eğiliminde, *substantia alba* hacminin ise azalma eğiliminde olduğu bildirilmiştir (Arkaç Toyran, 2019). Atların pars cervicalis'inde yapılan bir çalışmada *substantia grisea* miktarının cranial'den caudal'e doğru artma eğiliminde olduğu saptanmıştır (Bahar ve ark., 2013). Yapılan çalışmada da literatür (Selçuk, 2011;

Arkaç Toyran, 2019; Bahar ve ark., 2013) ile benzer şekilde *substantia grisea* hacim oranının L1'den L7'ye doğru artış gösterdiği, *substantia alba*'daki hacim oranının ise azaldığı gözlenmiştir. Literatür (Rahmanifar ve ark., 2008; Selçuk, 2011; Arkaç Toyran, 2019; Bahar ve ark., 2013) bulguları dikkate alındığında, genel olarak *substantia grisea* hacim oranının medulla spinalis'in her bir bölümünde cranial'den caudal'e doğru artma eğiliminde olduğu görülmüştür.

Leghorn ırkı tavuklarda medulla spinalis'in pars lumbosacralis'inde, canalis centralis'in vertikal çapının transversal çapından belirgin şekilde büyük olduğu rapor edilmiştir (Bolat, 2011). Ayrıca, canalis centralis'in hacim oranları cinsiyete göre karşılaştırıldığında, erkek tavuklarda (Bolat, 2011) istatistiksel olarak anlamlı derecede büyük olduğu ($P < 0.05$) belirtilmiştir. Yeni Zelanda tavşanında da literatür (Bolat, 2011) ile benzer şekilde canalis centralis'in vertikal çapının transversal çapından belirgin şekilde büyük olduğu ve genel olarak canalis centralis çap değerinin erkek tavşanlarda dişi tavşanlara göre nispeten geniş olduğu saptanmıştır.

Bakıcı ve ark. (2019), tavuk ve bıldırcın medulla spinalis'inde yapmış oldukları çalışmada hacim tahminleri için Cavalieri prensibinin tarafsız, doğru ve etkili bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada (Bakıcı ve ark., 2019), tavuk ve bıldırcınlarda hacimsel büzüşme oranlarını, fiksasyon öncesi ve sonrası %39.16 ve %41.32, fiksasyon sonrası ve Cavalieri prensibinden sonra %14.97 ve %12.41, fiksasyon öncesi ve Cavalieri prensibi sonrası %48.29 ve %48.5 olarak bildirmişlerdir. Selçuk (2011) atlarda medulla spinalis'in lumbal segmentlerinde histolojik işlemler sonrası büzüşme oranını % 26.2 olarak rapor etmiştir. Yapılan çalışmada ise medulla spinalis'te büzüşme oranı histolojik işlemler sonrası dişi ve erkek Yeni Zelanda tavşanlarında sırasıyla %17.93 ve %18.56 olarak belirlenmiştir. Ancak, bu çalışma medulla spinalis'in büzüşme oranı ile ilgili bazı kısıtlamalar içermektedir. Çalışma materyalinin hassas olması nedeniyle, lumbal spinal segmentler doku bütünlüğü bozulmadan canalis vertebralis içinden, taze kadavradan tek parça halinde çıkarılamamıştır. Daha önce rapor edilen bir çalışmada (Selçuk, 2011) olduğu gibi kadavraların segmentasyon işlemi formaldehit sürecinden sonra uygun şekilde tamamlanabilmiştir. Bu sebeple tespit öncesi (taze kadavrada) hacim ölçülemediği için büzüşme oranı verisi taze kadavra ile karşılaştırılamamıştır.

Bolat ve ark. (2012), at medulla spinalis'inin 6. cervical segmentinde farklı boyama yöntemleri (*Hematoksilen Eosin*, *May-Grunwald-Giemsa*, *Masson's trichrome*, *AgNORs*, *Kluver Barrera* ve *Modifiye May - Grunwald - Giemsa*) kullanarak *image J* programında alan hesaplamaları yaptıkları çalışmada, segment kesitlerinin alanları arasında istatistiksel olarak fark olmadığını bildirmişlerdir ($P > 0.05$). Yapılan çalışmada da *substantia alba* ve *substantia grisea*'nın görüntülenmesinde *Hematoksilen Eosin* ve *Luxol Fast Blue* boyama metotları kullanılmıştır.



6. SONUÇ

Sonuç olarak, bu çalışmanın, Yeni Zelanda tavşanında (*Oryctolagus cuniculus*) medulla spinalis'in pars lumbalis'inin klinik olarak nöroanatomisini gözden geçirmeye imkan tanıyabileceği ve bu türde yapılacak nörolojik araştırmaların lokalizasyonunda araştırmacılara referans olabileceği düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

Anonim (2020). Yeni Zelanda beyaz tavşanı. <https://tr.wikipedia.org> (Erişim tarihi: 14.09.2020).

Abu-Zaid SMS (1982). *Some gross anatomical studies on the prenatal and postnatal morphological features on the spinal cord of the water buffalo (Bos Bubalis L.).* Phesis of Master Degree, Faculty of Veterinary Medicine, Cairo University, Egypt.

Abd El-ghany NA (1995). *Some anatomical studies on the spinal cord of the goat with special references to its meninges and vascularization.* Phesis of Master Degree, Faculty of Veterinary Medicine, Cairo University, Egypt.

Akalan MA, Çevik Demirkan A (2013). Stereoloji ve Veteriner Hekimlikte kullanım alanları. *Van Vet. J.*, 24 (2), 95-100.

Al- Saffar FJ, Al-Haaik AG (2017). Gross and microscopic developmental study of the local rabbits spinal cord. *J. Entomol. Zool. Stud.*, 5 (6), 2555-2562.

Arıkanoglu A (2015). *Tavşanlarda epidural aralığa verilen magnezyum sülfat medulla spinalis'te hasar oluşturur mu?* Tıpta Uzmanlık Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir/Türkiye.

Arkaç Toyran A (2019). *Bir aylık ve beş aylık erkek ratlarda medulla spinalis'in thoracal segment'i üzerine yapılan morfolojik ve stereolojik bir çalışma.* Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Van/Türkiye.

Bahar S, Bolat D, Selcuk ML (2013). The segmental morphometric properties of the horse cervical spinal cord: A study of cadaver. *Sci. World*, 734923, 9. Doi:10.1155/2013/734923

Bahadır A, Yıldız H (2010). *Veteriner Anatomi Hareket Sistemi ve İç Organlar.* 3th ed, Ezgi Kitapevi, İstanbul, s: 37-56.

Bakıcı C, Oto Ç, Ekim O, Ahlat O, Özen D, Çakır A (2019). Comparison of the volume fraction values of gray matter on the cervical enlargement of the spinal cord in chicken and quail. *Ankara Univ. Vet. Fak. Derg.*, 66, 1-6.

Baron R, Pavaux C, Blin PC, Cuq P (1973). *Atlas of Rabbit Anatomy.* Masson et Cie Parris.

Bjugn R, Gundersen HJG (1993). Estimate of the total number of neurons and glial and endothelial cells in the rat spinal cord by means of the optical dissector. *J. Comp. Neurol.*, 328 (3), 406-414.

Bjugn R, Boe R, Haugland HK (1989). A stereological study of the ependyma of the mouse spinal cord. With a comparative note on the choroid plexus ependyma. *J. Anat.*, 166, 171-178.

Bolat D (2011): *Leghorn ırkı kanatlılarda medulla spinalis'in stereolojik metotlar ile incelenmesi*. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya / Türkiye.

Bolat D, Bahar S, Sur E, Selçuk ML, Tıprıdamaz S (2012). Selective gray and White matter staining of the horse spinal cord. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.*, 18 (2), 249-254.

Budras KD, Fricke W, Richter R (2009a). *Veteriner Anatomi Atlası At*. 1th ed. Medipres Matbaacılık, Malatya, s: 58-60.

Budras KD, Fricke W, Richter R (2009b). *Veteriner Anatomi Atlası Köpek*. 1th ed. Medipres Matbaacılık, Malatya, s: 62.

Budras KD, Fricke W, Richter R (2009c). *Veteriner Anatomi Atlası Sığır*. 1th ed. Medipres Matbaacılık, Malatya, s: 15.

Candan M (2017). *Bir aylık ve beş aylık erkek ratlarda medulla spinalis'in servikal segmenti üzerine yapılan morfolojik ve stereolojik bir çalışma*. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Van / Türkiye.

Canan S, Şahin B, Ünal B, Aslan H, Bilgiç S, Kaplan S (2002). Parçacıkların toplam sayısının hesaplanması için bir metot: Parçalama. *Türkiye Klinikleri J. Med. Sci.*, 22, 30-4.

Canan S, Şahin B, Odacı E, Ünal B, Aslan H, Bilgiç S, Kaplan S (2002). Toplam hacim, hacim yoğunluğu ve hacim oranlarının hesaplanmasında kullanılan bir stereolojik yöntem: Cavalieri Prensipli. *T. Klin. Tıp Bilimleri*, 22, 7-14.

Choi D, Carroll N, Abrahams P (1996). Spinal cord diameters in cadaveric specimens and magnetic resonance scans, to assess embalming artefacts. *Surg. Radiol. Anat.*, 18 (2), 133–135.

Costa RC, Parent JM, Partlow G, Dobson H, Holmberg DL, Marre JL (2006). Morphologic and morphometric magnetic resonance imaging features of Doberman Pinschers with and without clinical signs of cervical spondylomyelopathy. *Am. J. Vet. Res.*, 67 (9), 1601–1612.

Çakmak G, Karadağ H (2019). A morphological and stereological study on calculating volume values of thoracic segments of geese. *Folia Morphol.*, 78 (1), 145 – 152. DOI: 10.5603/FM.a2018.0115

Çakmak G, Soygüder Z, Ragbetli MC (2017). A morphological and stereological study on cervical segment of spinal cord of quails. *Anat. Histol. Embryol.*, 46, 258-266.

Dere F (2000). *Nöroanatomi Fonksiyonel Nöroloji*. 3. Baskı, Nobel Tıp Kitabevi, Adana, s: 62-101.

Dursun N (2008). *Veteriner Anatomi III*. MedisanYayınevi, Ankara.

Dyce KM, Sack WO, Wensing CJK (2017). *Veteriner Anatomi Konu Anlatımı ve Atlas. IV.* Baskı, Çeviri Editörleri: Hazıroğlu M, Çakır A, Güneş Tıp Kitabevleri, Ankara.

Ekim O. (2008). *Yeni Zelanda Tavşanı 'nda (Oryctolagus cuniculus L.) arcus aorta ve ön ekstremitate atardamarları üzerinde makroanatomik çalışmalar.* Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara / Türkiye.

Ellenberger W, Baum H (1966). *Evcil Hayvanların Komparatif Neurologia'sı.* Çev: Doğruer S, Erçetin Z, Ankara Üniversitesi, Ankara.

Erden H (2015). Sinir Sistemi (Ders notu). Aydın, <https://aduvetfak.files.wordpress.com/2016/11/5-haftasinir-sistemi-genel.pptx> (internet erişim tarihi: 08.01.2019).

Evans HE, Christenden GC (1979). *Miller's Anatomy of the Dog.* 2th ed, WB Saunders Co, Philadelphia, s: 935-972.

Farag FM, Elayat MA, Wally YR, Elkarmoty AF (2012). Morphometric studies on the spinal cord segments of the domestic rabbit. *J. Vet. Anat.*, 5 (2), 33-47.

Fletcher T, Kitchell R (1966). Anatomical studies on the spinal cord segments of the dog. *Am. J. Vet. Res.*, 27, 121, 1759-67.

Gabr M (1982). *A study on the development of the spinal cord of the Rabbit.* Thesis of Master Degree, Assuit University, Egypt.

Greenaway JB, Partlow GD, Gonsholt NL, Fisher KR (2001). Anatomy of the lumbosacral spinal cord in rabbits. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.*, 37 (1), 27-34.

Gundersen HJG (1986). Stereology of arbitrary particles: A review of unbiased number and size estimators and the presentation of some new ones in memory of William R Thomson. *J. Microsc.*, 143, 3-45.

Gundersen HJG (1988). The nucleator. *J. Microsc.*, 151, 3-21.

Gundersen HJG, Jensen EB (1987). The efficiency of systematic sampling in stereology and its prediction. *J. Microsc.*, 147, 229-63.

Gundersen HJG, Jensen EBV, Kieu K, Nielsen J (1999). The efficiency of systematic sampling in stereology-reconsidered. *J. Microsc.*, 193, 199-211.

Habel R (1951). The topography of the equine and bovine spinal cord. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 118, 379-382.

Hazıroğlu RM, Orhan İÖ, Yıldız D, Erdem Gültiken M (2001). Morphology of the spinal cord in the chicken, duck and pigeon. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 25, 913-920.

Howard CV, Reed MG (1998). *Unbiased Stereology: Three dimensional measurement in microscopy.* BIOS Scientific Publishers. Oxford.

Hudson L, Hamilton W (1993). *Atlas of feline anatomy for veterinarians*. 1th ed. Mexico, WB Saunders, s: 189-227.

International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature (2017). *Nomina Anatomica Veterinaria*. General Assembly of the World Association of Veterinary Anatomists. 6th edn., Gent.

İkinci Keleş A (2019). Sağlık alanında kullanılan kantitatif yöntem, Stereoloji. *Dicle Univ. Tıp Fak. Derg.*, 46 (3): 615-621.

Kahvecioğlu KO, Özcan S, Çakır M, Alpak H (1995). Tavşanda medulla spinalis ve ganglion spinale'ler üzerinde makroanatomik çalışmalar. *Van Vet. J.*, 6 (1-2), 81-85.

Kahvecioğlu KO, Özcan S, Çakır M (1995). Tiftik keçisinde medulla spinalis üzerinde anatomik çalışmalar. *YYÜ. Vet. Fak. Derg.*, 6 (1-2), 76-8.

Kameyama T, Hashizume Y, Sobue G (1996). Morphologic features of the normal human cadaveric spinal cord. *Spine*, 21 (11), 1285–1290.

Kaplan S (2013). *Stereolojik Metotlar Kursu*. İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi ve Türk Stereoloji Derneği, 05-07 Haziran 2013, Malatya.

Ko HY, Park JH, Shin YB, Baek SY (2004). Gross quantitative measurements of spinal cord segments in human, *Spinal Cord*, 42 (1), 35–40.

König HE, Liebich HG (2007). *Veterinary Anatomy of Domestic Mammals: Textbook and Color Atlas*. 3 rd edition, Schattauer Co, Stuttgart, Germany. s: 595-601

Lahunta A (1983). *Veterinary neuroanatomy and clinical neurolog*. WB Saunders Company, Philadelphia, s: 10-19.

Lang-Lazdunski L, Matsushita K, Hirt L, Waeber Ch, Vonsattel J-PG, Moskowitz MA (2000). Spinal cord ischemia. Development of a model in the mouse. *Stroke*, 31, 208–213.

Leener BD, Taso M, Cohen-Adad J, Callot V (2016). Segmentation of the human spinal cord. *Magn. Reson. Mater. Phy.*, 29, 125-153. DOI 10.1007/s10334-015-0507-2

Mansour AAK (1980). *Some morphological features of the spinal cord in Donkey*. Phesis of Master Degree, Faculty of Veterinary Medicine, Assuit University.

Mayhew TM, Gundersen HJG (1996). If you assume, you can make an ass out of u and me: A decade of the disector for stereological counting of particles in 3D space. *J. Anat.*, 188, 1-15.

Mayhew TM, Mwamengele GLM, Dantzer V (1990). Comparative morphometry of the mammalian brain: estimates of cerebral volumes and cortical surface areas obtained from macroscopic slices. *J. Anat.*, 172, 191–200.

Mouton PR (2002). *Principles and Practices of Unbiased Stereology*, John Hopkins University Press, Baltimore, Md, USA.

Nógrádi A, Vrbová G (2006). Transplantation of Neural Tissue into the Spinal Cord. *Springer US.*, 1-23.

Özyurt B, Kesici H, Alıcı SK, Yılmaz S, Odacı E, Aslan H, Rağbetli MÇ, Kaplan S (2011). Prenatal exposure to diclofenac sodium changes the morphology of the male rat cervical spinal cord: A stereological and histopathological study. *Neurotoxicol. Teratol.*, 33, 282-287.

Rahmanifar F, Mansouri S, Ghazi S (2008). Histomorphometric study of the spinal cord segments in the chick and adult male ostrich (*Struthio camelus*). *Iranian J. Vet. Res.*, 9 (4), 336-340.

Rao G (1990). Anatomical studies on the ovine spinal cord. *Anat. Anz.*, 171, 261-64.

Reece WO (2012). *Evcil Hayvanların Fonksiyonel Anatomisi ve Fizyolojisi*. Çev: Çötelioglu Ü, Özcan M, IV. Baskı. Nobel Yayın, Ankara.

Royet JP (1991). Stereology: a method for analysing images. *Prog. Neurobiol.*, 37, 433-74.

Sharif-Alhoseini M, Vahedi F, Omidbeigi M, Sharifi M, Hassannejad Z, Zadegan SA, Rezvan M, Mokhtab M, Sajadi K, Shakouri-Motlagh A, Shokraneh F, Vaccaro AR, Rahimi-Movaghar V (2019). Volume changes after traumatic spinal cord injury in animal studies: A systematic review. *Acta. Med. Iran.*, 57 (6), 385-394.

Selçuk ML (2011). *Atlarda medulla spinalis'in lumbal segmentleri üzerinde morфометrik araştırmalar*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya / Türkiye.

Schoenen J, Faull RLM (2004). *Spinal cord cyto and chemoarchitecture*. In: George Paxinos JKM. (Eds), *The human nervous system*, London, Elsevier academic press, p: 190-228.

Shek JW, Wen GY, Wisniewski HM (1986). *Atlas of the Rabbit Brain and Spinal Cord*. New York State Office of Mental Retardation and Developmental Disabilities, Institute for Basic Research in Developmental Disabilities, Staten Island, N.Y., USA.

Sisson S, Hillmann DJ (1975). *Porcine Osteology*. In: Sisson S. (Eds), *Sisson and grossman's the anatomy of the domestic animals*, vol 2, 5th ed, WB Saunders Co, Philadelphia, p: 1216-1253.

Şahin B, Aslan H, Ünal B, Canan S, Bilgiç S, Kaplan S, Tumkaya L (2001). Brain volumes of the lamb rat and bird do not Show hemispheric asymetry: A stereological study. *Image Anal. Steeol.*, 20, 9-13.

Tanyolaç A (1999). *Özel Histoloji*. Yorum Basın Yayın, Ankara.

Tecirlioğlu S (1983). *Komparatif Veteriner Anatomi Sinir Sistemi.* Ankara Üniversitesi, Ankara.

Turgut M, Tunc AT, Aslan H, Yazici AC, Kaplan S (2007). Effect of pinealectomy on the morphology of the chick cervical spinal cord: A stereological and histopathological study. *Brain Res.*, 1129 (1), 166-173.

Türkmenoğlu İ, Koçak GK, Akosman MS (2016). Böbrek hacimlerinin stereolojik metotlarla hesaplanması. *Kocatepe Vet. J.*, 9 (4): 304-307. DOI: 021110800027930

Uçar Y, Oğuz N, Sinder M, Öcal MK, Özkan O (1990). İnsan ve tavşanda spinal sinir kökleri üzerinde morfometrik bir çalışma. *Vet. Hek. Der. Derg.*, 60, 1-2.

Wingerd BD (1984). *Rabit Dissection Manual.* The John Hopkins University, Baltimore London.

Yücel F, Ünal N, Erçakır M, Güven G (2003). Determination of age-related volume changes in rat brain by Cavalieri's Method. *Erciyes Med. J.*, 25 (4), 179-85.

Zarow C, Kim TS, Singh M, Chui HC (2004). A standardized method for brain-cutting suitable for both stereology and MRI-brain co-registration. *J. Neurosci. Methods*, 139 (2), 209–215.

