

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ANATOMİ ANABİLİM DALI

144407

İNSAN VE GÖRME DUYUSU GELİŞMİŞ HAYVANLARIN GÖRME
YOLLARININ KARŞILAŞTIRMALI ANATOMİSİ



Dr. İsmail MALKOÇ

Tez Yöneticisi
Doç. Dr. Ali Rıza ERDOĞAN

Doktora Tezi
ERZURUM 2005

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANATOMİ ANABİLİM DALI
DOKTORA PROGRAMI

İNSAN VE GÖRME DUYUSU GELİŞMİŞ HAYVANLARIN GÖRME YOLLARININ
KARŞILAŞTIRMALI ANATOMİSİ

Dr. İsmail MALKOÇ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25/08/2005
Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 30/09/2005
Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ali Rıza ERDOĞAN
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Samih DİYARBAKIR
Jüri Üyesi : Prof. Dr. İrfan ERDEMLİ
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Cemal GÜNDOĞDU
Jüri Üyesi : Doç. Dr. Ahmet KALAYCIOĞLU

Enstitü Müdürü : Doç. Dr. Adnan TEZEL

EYLÜL 2005
ERZURUM

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	ii
KISALTMALAR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
1. GİRİŞ ve AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Görme Organlarının Embriyolojisi.....	3
2.2. Görme Organlarının Anatomisi ve Histolojisi.....	8
2.2.1. Orbita (Fossa Orbitalis).....	8
2.2.2. Organum Visus (Görme Organı).....	9
2.2.3. Bulbus Oculi (Göz Küresi).....	10
2.2.4. Bulbus Oculi'nin Tabakaları (Tunicae Bulbi).....	11
2.2.5. Tunica Fibrosa Bulbi (Corneo-Scleral Tabaka).....	12
2.2.6. Tunica Vasculosa Bulbi (Vasküler Tabaka).....	17
2.2.7. Tunica Interna Bulbi (Nöral Tabaka).....	23
2.2.8. Bulbus Oculi'nin Işığı Kiran Saydam Yapıları	29
2.2.9. Bulbus Oculi'nin Camera'ları (Camerae Bulbi).....	30
2.2.10. Görme Yolları.....	33
2.2.11. Görme Korteksi.....	36
2.2.12. Organa Oculi Accessoria (Gözün Yardımcı Yapıları).....	38
2.2.13. Visual Refleksler.....	44
3. MATERYAL ve YÖNTEM	48
3.1. Materyaller.....	48
3.2. Diseksiyon ve Makroskopik Ölçümler.....	48
3.3. Preparatların Hazırlanması.....	49
3.4. Mikroskopik İnceleme ve Değerlendirme.....	52
3.5. İstatistik ve Mikroskopik Ölçümler.....	52
4. BULGULAR	53
4.1. Makroskopik Bulgular.....	53
4.2. Histolojik Bulgular.....	62
4.3. Morfometrik Bulgular.....	75
5. TARTIŞMA	80
6. SONUÇLAR	98
7. KAYNAKLAR	104

TEŞEKKÜR

Çalışmalarıma katkıda bulunan, yakın ilgi ve desteklerini esirgemeyen tez danışmanım Anatomi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Sn. Doç. Dr. Ali Rıza ERDOĞAN'A,

Tez boyunca desteğini gördüğüm ve değerli bilgilerinden yararlandığım Anatomi Anabilim Dalı Başkanı Sn. Prof. Dr. Samih DİYARBAKIR'A teşekkür ederim.

Histolojik ve morfometrik çalışmaların yapılması, yorumlanması ve değerlendirilmesinde değerli bilgilerinden yararlandığım Histoloji Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Sn. Yrd. Doç. Dr. Bünyami ÜNAL'A, Patoloji Anabilim Dalı Başkanı Sn. Prof. Dr. Cemal GÜNDOĞDU'YA ve Sn. Dr. Remzi ASLAN'A,

Tezde kullandığım materyallerin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen Veterinerlik Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Sn. Yrd. Doç. Dr. Zekeriya ÖZÜDOĞRU'YA ve hayvan türlerinin belirlenmesinde bilgilerinden faydalandığım Fen-Edebiyat Fakültesi Zooloji Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Sn. Yrd. Doç. Dr. Ömer Köksal ERMAN'A,


Ayrıca doktora çalışmalarım süresince desteğini esirgemeyen ve manevi desteğini gördüğüm sevgili eşim Emine MALKOÇ'A teşekkür ederim.

Dr. İsmail MALKOÇ

Eylül 2005

KISALTMALAR

a.	arteria
aa.	arteriae
gang.	ganglion
gl.	glandula
gll.	glandulae
lig.	ligamentum
m.	musculus
mm.	musculi
n.	nervus
nn.	nervi
nuc.	nucleus
r.	ramus
rr.	rami
v.	vena
vv.	venae



ÖZET

Çalışmamızda, insanlar ile görme duyusu gelişmiş hayvanlar olarak bilinen kurt ve kartal görme yollarına ait bulbus oculi, retina, n. opticus, chiasma opticum ve tractus opticus'un makroskopik, histolojik ve morfometrik olarak yapıları mukayese edildi. Çalışmamız beş insan kadavrası ile beş kurt ve beş kartal üzerinde yapıldı.

Çalışmamızda yapmış olduğumuz makroskopik ölçümlerde bulbus oculi'nin vertikal çapı kartalda 31.33 mm, kurtta 24.84 mm ve insanda 24.54 mm olarak ölçüldü. Bulbus oculi'nin transvers çapı kartalda 33.08 mm, insanda 25.07 mm ve kurtta 24.69 mm olarak bulundu. Bulbus oculi'nin sagittal çapı ise kartalda 28.28 mm, insanda 24.85 mm ve kurtta 21.77 mm idi. N. opticus'un uzunluğu kurtta 55.08 mm, insanda 43.24 mm ve kartalda 7.68 mm olarak bulundu. N. opticus transvers çapı insanda 5.60 mm, kartalda 3.40 mm ve kurtta 2.87 mm olarak ölçüldü. N. opticus vertikal çapı ise insanda 5.19 mm, kartalda 3.61 mm ve kurtta 3.17 mm olarak tespit edildi. Chiasma opticum'un transvers çapı insanda 11.25 mm, kurtta 5.83 mm ve kartalda 4.36 mm olarak ölçüldü. Chiasma opticum'un vertikal çapı ise kartalda 4.61 mm, insanda 3.83 mm ve kurtta 3.05 mm olarak bulundu. Tractus opticus'un transvers çapı insanda 3.88 mm, kurtta 3.74 mm ve kartalda 2.86 mm olarak ölçüldü. Tractus opticus vertikal çapı ise kartalda 3.39 mm, insanda 2.84 mm ve kurtta 1.58 mm olarak bulundu.

Histolojik incelemeler sonucunda fotoreseptör tabakasının kurtta, iç ve dış nükleer ile dış plexiform tabakaların ise insanda daha kalın olduğu bulundu. İnsan ve kartal retinasındaki ganglion hücre sayılarının kurttan 2-3 kat daha fazla olduğu tespit edildi. Kartal ganglion hücrelerinin ise insana kıyasla 2-3 kat daha küçük olduğu bulundu. Kartal n. opticus, chiasma opticum ve tractus opticus'undaki sinir fasikül demetlerinin daha büyük ve sayısının az, dolayısıyla bu demetler içindeki sinir liflerinin daha fazla ve sık olduğu görüldü. İnsanda ise sinir fasikül demetlerinin sayısının fazla, fakat içindeki lif sayısının buna oranla daha az olduğu tespit edildi. Ayrıca kartaldaki sinir liflerinin kurt ve insana göre kalın ve myelinli hücre sayısının daha fazla olduğu bulundu.

Bu çalışma bilimsel araştırmalara yardımcı olmak amacıyla yapıldı.

Anahtar kelimeler: Bulbus oculi, retina, nervus opticus, chiasma opticum, tractus opticus.

ABSTRACT**COMPARABLE ANATOMY OF SEEING TRACT OF THE ANIMALS WITH DEVELOPED SEEING SENSE AND HUMAN**

In our study, humans were compared with wolf and eagle known as the animals, the sensation of sight have developed in terms bulbus oculi, retina, n. opticus, chiasma opticum and tractus opticus belonging to the tract of sight macroscopically, histological and morphometrically. Our study was carried on five human cadaver and five wolves and five eagles.

In macroscopic measurements in our study, vertical diameter of bulbus oculi was measured as 31.33 mm the eagles, it was 24.84 mm in wolf, and it was 24.54 mm in human. Transvers diameter of bulbus oculi was 33.08 mm in the eagle, it was 25.07 mm in human and it was 24.69 mm in wolf. Sagittal diameter of bulbus oculi was 28.28 mm in eagle, and it was 24.85 mm in human, and it was 21.77 mm in wolf. The length of n. opticus was 55.08 mm in wolf, and it was 43.24 mm in human, and 7.68 mm in eagle. Transvers diameter of n. opticus was 5.60 mm in human, and it was 3.40 mm in eagle, and it was 2.87 mm in wolf. Vertical diameter of n. opticus was 5.19 mm in human and it was 3.61 in eagle and it was 3.17 in wolf. Transvers diameter of chiasma opticum was 11.25 mm in human, and it was 5.83 mm in wolf and 4.36 mm in the eagle. Vertical diameter of chiasma opticum was 4.61 mm in eagle, 3.83 mm in human and 3.05 mm in wolf. Transvers diameter of tractus opticus was 3.88 mm in human, and it was 3.74 mm in wolf and it was 2.86 mm in eagle. Vertical diameter of tractus opticus was 3.39 mm in eagle, and 2.84 mm in human and 1.58 mm in wolf.

In the end of histologic examinations, it was found out that the layer of photoreceptor was thicker in wolf and that inner and outer plexiform layers were thicker in human. It was detected that the number of ganglion cell in human and eagles retina was two or three times more than. It was found out that ganglion cells of eagles became two-three times as small as human. It was observed that nerve fascicule beams in tractus opticus and chiasma opticum and n. opticus of eagle became bigger and the number of them was lower, so nerve fibers in these becams were more and more frequent. It was detected that nerve fascicule beams in human became lower. In addition, it was found out that nerve fibers in the eagle were thicker than those of human and wolf, and the number of myelinated cell were more.

This study was carried out with the aim of contributing to scientific investigations.

Key words: Bulbus oculi, retina, nervus opticus, chiasma opticum, tractus opticus.

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Görme en önemli ve eski duyulardan birisidir. Pek çok canlıda yaşamı devam ettirme, beslenme ve neslin devamı gibi iç güdülerin çalışmasında rolü vardır. Görme olayı; cisimlerden yansıyan ışığın göze çarpması, cornea ve lens tarafından ışığın kırılması ve retina üzerinde bir görüntü oluşmasıyla meydana gelir. Görmenin periferik organı olan göz, gelen ışınların beyinde görme merkezine iletilmesini sağlayan önemli bir duyu organıdır¹.

Gözler, omurgasız ilkel hayvanların vücut yüzeyindeki ışığa duyarlı noktacıklardan evrime uğramış, karmaşık duyu organlarıdır². Göz objelerden renkleri yansıtan, ışık yoğunluğuna ve şekillerin tam analizine izin veren, kompleks ve son derece gelişmiş fotosensitif (ışığa duyarlı) bir organdır³.

Görme sisteminin en önemli özelliklerinden birisi, çok farklı ışık şiddetlerinde iş görebilme yeteneğine sahip olmasıdır. Işık kaynağından çıkan ışınlar, çarptıkları yüzeye dik olarak gelme durumu hariç, bir ortamdan farklı yoğunlukta bir diğer ortama geçerken kırılır².

Güneşin her şeyi kuşatıcı doğası, hemen hemen tüm hayvanların ve bitkilerin bu elektromanyetik alana cevap vermesini kaçınılmaz kılar. Solar radyasyonun frekans spektrumu oldukça geniş olmasına rağmen görülebilen spektrum 400-760 nm'dur. Çoğu hayvanların fotoreseptörlerinin fonksiyon gördüğü aralık budur. Lens ışık enerjisinin fotoreseptör hücrelere iletilmesini sağlar. Böylece gözün gerçek görevi sadece değişen ışık şiddetine yanıt vermek değil, aynı zamanda fotoreseptörlere odaklanan bir görüntüyü diğer reseptörlere ve nöronal yollara yansıtarak şekle özgü yeni bir hayal oluşturmaktır⁴.

Primitif olarak görme, belli bir uzaklıktan bazı uyarı sistemlerini aktifleştirmek ve canlıyı ışıkta ve karanlıkta daha avantajlı bir duruma getirmede gerekli uyarı için kullanılır. Çoğu omurgalının bir çift olan gözleri lateral pozisyonudadır ve hemen hemen panoramik bir görüşe izin verir. Memelilerin göz kasları özellikle hareket eden objelere refleks olarak gözlerin çevrilmesini gerçekleştirerek panoramik görüşü sağlar. Memelilerin çok az bir kısmında, özellikle bazı yırtıcı kuşlarda göz küresi pozisyon değiştirir. Böylece az veya çok birbiri üzerine binen her biri bir göz tarafından sağlanan

iki unioküler alan oluşur. Görme alanının hayvanın önünde bulunan kısmı binoküler olur. Zamanla oküler kas kontrolünün artmasıyla ve sürekli retinal feed-back ile oküler hareketler hafifçe farklı iki retinal görüntüyü birleştirecek ustalığa erişir ve böylece tam bir binoküler görüş sağlanır. Böylece insan beyninin gelişiminin eşlik etmesi ile gözlerden ve diğer duyu organlarından gelen ayrıntılı bilgileri işleyip göz ve elleri koordine ederek, ustalık ve incelik gerektiren işleri yapabilir. Bunlar insanın inanılmaz gelişimindeki faktörlerdir. Bu yüzden göz izole olarak düşünülemez. Gözün değişik modaliteleri (aydınlıktaki küçük değişikliklerin algılanması, özellikle karanlığa adapte olmuş skotopik görüş ile şeklin, hareketin, rengin yüksek ayırımını yapan ışığa adapte olmuş fotopik görüşü) tek başına bir bilgi sağlamaz. Gözler hemen hemen ara vermeksizin yaptığımız her şeyde, özellikle el işlerinde bize rehberlik eder⁴.

Visual uyarılara cevap olarak meydana gelen refleks sinir impulsları, n. opticus ve colliculus superior aracılığıyla tractus tectospinalis ve tractus tectobulbaris yolunu takip ederek spinal motor nöronlar ve cranial sinir nöronları ile bağlantı kurar ve görme ile ilgili baş ve boyun reflekslerini etkiler⁴.

Çalışmamızın amacı, insan ve görme duyusu gelişmiş hayvanlar olarak bilinen kurt ve kartal görme yollarının makroskopik, histolojik ve morfometrik olarak karşılaştırmasını yapmaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Görme Organlarının Embriyolojisi

Göz, birbirinden farklı iki ayrı yerden gelişir. Birincisi görüntüyü retina üzerine düşüren optik sistem, diğeri ise görüntüyü görme merkezine ileten sinirsel sistemdir. Bu iki sistem embriyolojik olarak farklı tabakalardan gelişir^{5,6}.

Bulbus oculi , optik vezikül denen beynin bir çıkıntısı olarak gelişir. Optik vezikülün ön yarısı arka yarıya doğru içe bükülerek optik keseyi oluşturur. Primitif iki tabaka optik vezikülün kapanmasıyla oluşur⁷. Göz gelişimi 4. hafta başında belli olmaya başlar. Embriyonun cranial tarafındaki nöral kıvrımlarda orbita belirir. Nöral kıvrımlar ön beyini oluşturmak için birleştiklerinde optik çukurlar içeri kıvrılıp divertikül şeklinde boşluk oluşturur. Bu boşluklar ön beyin duvarından komşu mezenkim dokusuna kadar uzanan optik keseciklerdir. Optik keseciklerin boşlukları ön beyin boşlukları ile devamlılık gösterir. Küreye benzeyen optik kesecikler büyüdükçe distal uçları genişler ve bunların ön beyin ile olan bağlantıları boş optik sapları oluşturur^{4,8-11}. Aynı zamanlarda optik keseciklere komşu yüzeyel ektoderm kalınlaşır ve lensin ilk hali olan lens plağını oluşturur^{4,6,8-10,12}. Lens plağı invaginasyon yaparak yüzey ektoderm derinlerine doğru uzanır ve lens çukurunu oluşturur. Lens çukurlarının kenarları birbirine yaklaşır ve yuvarlak lens kesesini oluşturmak üzere birleşir^{4,9,10}. Lens kesecikleri geliştikçe optik kesecikler çift duvarlı optik çukuru oluşturmak için içeri kıvrılırlar^{9,10,13}. Önceleri her çukurun açıldığı yer geniş olmakla beraber çevresi lens etrafından içeri kıvrım yapar. Bu aşamada lens kesecikleri yüzey ektoderm bağlantısını kaybetmiş ve optik çukur boşluğuna girmiştir^{9,10}. Optik fissür denen çizgisel yarıklar, optik çukur ön yüzünde ve optik sap boyunca gelişirler^{6,8-10,13}. Optik çatlaklar hyaloid kan damarlarının geliştiği vasküler mezenkim içerir. A. ophthalmica'nın dalı olan a. hyaloidea optik çukurun iç tabakası, lens keseciği ve optik çukur mezenkimini besler. V. hyaloidea ise bu yapılardan kanı geri götürür. Optik çatlakların kenarları birleşince a. hyaloidea, n. opticus içinde hapsolür. A. hyaloidea'nın distal kısımları yavaş yavaş dejenere olur ama proximal kısımları retinanın arter ve venleri olarak devam eder⁸⁻¹¹.

Retina'nın Gelişimi

Retina, ön beyinin bir uzantısı şeklinde optik çukur duvarından gelişir. Optik çukurun dış ince tabakası retina'nın pigment epitelini oluştururken, içteki kalın tabakası, basil ve koni hücrelerini içeren çok katlı nöral retina'ya farklılaşır^{5,6,8-10,12-15}. Embriyonik ve erken fetal dönemlerde iki retina tabakası intraretinal boşluk denilen bir alan ile ayrılır. Bu boşluk zamanla retina'nın iki tabakası birleşince kaybolur^{9,10,15}. Optik çukurun dış tabakası tek bir tabaka olarak kalır ve retina'nın pigment epitelini oluşturur. Pigmentasyon 5. haftada başlar. Bruch membranı'nın iç tabakasının sekresyonu 6. haftada olur. Optik çukurun iç tabakası retina'nın diğer dokuz tabakasını oluşturmak üzere karmaşık bir farklılaşmaya gider. 7. ayda, basil ve koni hücrelerinin nükleuslarından müteşekkil dış nükleer tabaka, bipolar hücreler, amacrin hücreler, ganglion hücreleri ve sinir lifi tabakası mevcuttur. Macula'nın gelişimi 5. ayda başlar⁶. Nöral retinanın yüzeyel tabakasındaki ganglion hücre aksonları optik sap duvarı içinden beyne doğru gelişirler. Optik sap boşluğu n. opticus'u oluşturan ganglion hücrelerinin aksonları ile doldurulur⁹. N. opticus liflerinin myelinizasyonu doğumda tamamlanmamıştır. Myelinizasyon gözler ışığa maruz kaldıktan yaklaşık on hafta sonra tamamlanır¹⁵.

Corpus Ciliare'nin Gelişimi

Optik kese ve üzerindeki choroidea, corpus ciliare'yi yapmak için farklılaşır^{4,6,8,10}. Corpus ciliare, choroidea'nın kama şeklinde bir uzantısıdır⁹. Corpus ciliare epitelinin pigmentli kısmı, optik çukurun dış tabakasından kaynağını alır ve retina pigment epiteli ile devam eder^{6,9,10,15}. Corpus ciliare'nin pigmentsiz kısmı hiçbir nöral elemanın farklılaşmadığı nöral retinanın ön uzantısıdır^{6,9}.

İris'in Gelişimi

İris, optik çukurun içe doğru büyüyen ve lensi kısmen örten dış kenarından gelişir. İris epiteli optik çukurun her iki tabakasını temsil eder^{9,10,15}. Corpus ciliare'nin çift katlı epiteli ve nöral retina pigment epiteli ile devamlılık gösterir. İris'in bağ doku yapısı, iris'e göç eden nöral crest hücrelerinden gelişir⁹. Optik çukurun birleşmiş iki tabakasını temsil eden iris'in iç yüzeyi ince bir epitle döşelidir. İris'in geri kalan kısmı choroidea mezenkiminden gelişir¹⁰. Göz keseciğinin ön tarafındaki ince uçları, gittikçe birbirine

yaklaşarak sonunda ortada bir delik bırakır. Burası pupilla'yı oluşturur⁵. İris'in dilatatör ve sfinkter pupilla kasları optik çukurun nöroektoderminden gelişir. İris'in damarlı gevşek bağ dokusundaki kromotofor denilen pigment içeren hücrelerin yoğunluğu ve dağılımı göz rengini belirler. Melanin pigmenti, iris'in arka yüzündeki pigment epitelinde tutulursa göz mavi, iris'in stroması boyunca dağılırsa göz kahverengi görülür^{9,10}.

Lens'in Gelişimi

Lens, yüzey ektoderminden kaynaklanan lens vezikülünden gelişir^{4,6,8-10,13,15}. Lens vezikülü gözün solid lensini oluşturur⁸. Bu kesenin kübik epitel ile örtülü ön duvarı subkapsüler lens epiteline dönüşürken epitel yapısında fazla değişiklik gözlenmez^{9,10}.

Camera Aquosus'un Gelişimi

Camera aquosus, iris tarafından camera anterior bulbi ve camera posterior bulbi olmak üzere ikiye bölünür. Bu camera'lar arasındaki iletişim pupilla tarafından sağlanır⁴. Camera anterior bulbi, gelişmekte olan lens ve cornea arasındaki mezenkimde bulunan yarı benzeri alandaki artık mezenkimin yoğunlaşması sonucu gelişir^{4,6,9,10,15}. Camera posterior bulbi ise gelişmekte olan iris'in arkasında ve lens'in önündeki mezenkimde meydana gelen alandan gelişir^{9,10}.

Corne'anın Gelişimi

Cornea üç kaynaktan gelişir. Lens kesesinin indüklenmesiyle cornea oluşur. Bu indüksiyon sonucunda yüzey ektodermi saydam çok katlı ve avasküler cornea'ya dönüşür⁹.

Dış cornea epiteli yüzey ektoderminden gelişir^{6,9}. Yüzey ektodermi, çok katlı yassı keratinize olmayan epitel ile döşeli cornea'nın ön yüzünü oluşturur¹⁰. Embriyonik bağ dokusu veya mezenkim gelişmekte olan sclera ile devamlılık gösteren mezodermden gelişir⁹. Nöral crest hücreleri optik çukur kenarlarından embriyonik bağ dokusu boyunca göç ederler ve cornea endoteline farklılaşırlar^{6,9}.

Sclera ve Choroidea'nın Gelişimi

5. haftanın sonunda, göz taslağı tümüyle gevşek mezenkimal bir dokuyla çevrilidir. Bu doku, kısa süre sonra beyindeki piamaterle karşılaştırılabilecek bir iç ve duramaterle karşılaştırılabilecek bir dış tabakaya farklılaşır^{6,12}. Optik çukuru çevreleyen nöral crest kaynaklı mezenkim retina pigment epitelinin indükleyici etkisi ile aktive olur. İçte bulunan vasküler pigmente tabaka choroidea'e, dıştaki fibröz tabaka da sclera'ya farklılaşır^{5,8-10,12,15}. Sclera'yı oluşturan dış tabaka duramaterle devamlılık gösterir^{5,6,8,10}. Sclera, önde cornea'nın substantia propria'sı ile devam eder⁶. Optik çukuru çevreleyen mezenkimal dokunun iç vasküler tabakasından oluşan choroidea ise piamaterle devamlılık gösterir^{4-6,8,10}.

Corpus Vitreum'un Gelişimi

Corpus vitreum, optik çukur içindeki boşlukta oluşur^{9,10,15}. Lens ve optik kese arasından gelişir⁴. Choroideal yarıktan optik keseye geçen mezenkim ve lens'in ekvatorunun etrafındaki mezenkim zamanla corpus vitreum'un oluşumuna katılır^{4-6,10}. Bu yüzden corpus vitreum hem ektodermden hem de mezodermden gelişir^{4,6}. Hücreler arası maddenin avasküler ve şeffaf jel halinde bir kitlesi olan corpus vitreum'tan ibarettir. Corpus vitreum, optik kesenin vasküler mezenkiminden köken alır¹⁰.

Conjunctiva'nın Gelişimi

Palpebrae'nın arka yüzeylerindeki epitel, bezlerin salgıları ile nemli kaldığından keratinleşmez. Conjunctiva adını alan bu epitel sclera üzerine kıvrılarak cornea'nın ön yüzünü örter⁵.

Palpebrae'nın Gelişimi

Palpebrae 6. haftada nöral crest hücre mezenkiminden ve cornea üzerindeki derinin iki kıvrımlı bölümünden gelişir^{5,9,10}.

Glandula Lacrimalis'lerin Gelişimi

Bulbus oculi'nin ön yan açılarında yüzey ektodermin oluşturduğu bir dizi kıvrımlardan gl. lacrimalis'ler gelişir^{6,8-10}.

N. Opticus'un Gelişimi

Optik kese, ventral yüzünde choroideal yarık bulunan optik sapla beyine bağlanır¹². Retina'nın ganglion hücrelerinin aksonları sinir lifi tabakasını oluşturur⁶. Lifler önce optik sapı, daha sonra n. opticus'u oluşturur^{6,12}. 6. haftada ganglion hücre aksonları n. opticus'a ve bir hafta sonra da chiasma opticum'a ulaşır. Mezenkimal elemanlar etraftaki dokuya girerek sinirin vasküler septasını oluştururlar. Aksonların destek hücreleri olan glial hücreler ise optik sapın nöroektoderminden gelişerek geriye sinirin içine doğru ve a. hyaloidea sistemi için yapı iskelesi oluşturmak üzere anterior vitreus içine doğru uzanırlar⁶. N. opticus primitif retina'daki nöroblastlardan beyine doğru büyüyen bir milyondan fazla sinir liflerinden oluşur. N. opticus, prosencephalon'un evaginasyonla oluşan duvarından geliştiği için gerçekte beynin bir uzantısıdır⁹. Lamina terminalis'in ventral bölümünden gelişen chiasma opticum, karşı tarafın tractus opticus'una katılmak üzere çaprazlaşan retina'ların içteki yarımından lifler içerir^{9,12}. Nöral crest hücreleri 7. haftadan başlayarak n. opticus kılıflarını yaparlar. Myelinizasyon 7. ayda chiasma opticum'da başlar ve doğumda lamina cribrosa'ya ulaşır. Doğumdan sonra 1-3 ay içinde tamamlanır⁶. 8. haftada içi boş olan optik sap, içi dolu n. opticus'a dönüşür¹⁰. Rostral nöroporusun kapanması gerçekleştiğinde ön beynin iki tarafı üzerinde optik vezikül olarak adlandırılan iki lateral büyüme ortaya çıkar. Optik veziküller, n. opticus'ların ve retina'nın primordial şekilleridir⁹. N. opticus liflerinin myelinasyonu doğumda tamamlanmaz. Gözler ışık ile karşı karşıya geldikten yaklaşık 10 hafta sonra myelinizasyon tamamlanır^{9,10}.

Özetle göz gelişmesine ilişkin olarak;

Görme organları ve gözlerin gelişimi üç kaynaktan meydana gelir. Bunlar ön beynin nöroektodermi, başın yüzey ektodermi ve bu tabakaların arasındaki mezodermdir^{10,15}.

Başın yüzey ektoderminden: Lens, cornea epiteli, conjunctiva epiteli, gl. lacrimalis'ler,

Beynin nöral ektoderminden: Retina, iris, corpus ciliare epiteli, n. opticus, pupilla kasları,

Mezoderminden: Sclera, cornea stroması, conjunctiva stroması, choroidea, göz kapağı (epitel hariç), m. extraocularis'ler, gözün bağ dokusu, kan damarları, kemik orbita, corpus vitreum ve n. opticus'un bağ dokusu kılıfı gelişir¹¹.

2.2. Görme Organlarının Anatomisi ve Histolojisi

2.2.1. Orbita (Fossa Orbitalis)

Ön cepheden bakıldığında orbita, kafatasında kemik bir çukurluk şeklindedir^{1,16}. Burnun iki yanında, dört köşeli piramit şeklindeki orbita; göz ve onunla ilgili kas, sinir ve damarlarla birlikte lacrimonal yapıların tümünü barındıran ve koruyan iki boşluktur^{1,13,16-18}. Orbita; göz, n. opticus, m. extraocularis'ler ile gl. lacrimalis ve nörovasküler yapıları içerir¹⁹. Orbita'nın tepesi (apex) arkada, tabanı (aditus orbita) ise ön tarafta yer alır^{1,16-18}. Piramidin açık olan ve ön tarafa bakan büyük bir delik şeklindeki tabanına aditus ad orbitam adı verilir. Bu delik, yukarıda os frontale ve os zygomaticum, altta os zygomaticum ve os maxilla, iç tarafta ise os maxilla'nın processus frontalis'i ile sınırlanmıştır²⁰. Orbita'nın tepesi canalis opticus'tadır. Canalis opticus'tan n. opticus ve a. ophthalmica geçer. Tabanını sınırlayan kemikler üstte os frontale'nin pars orbitalis'inin margo anterior'u, içte os maxilla'nın processus frontalis'i, altta os maxilla'nın pars orbitalis'i ve dışta os zygomaticum'un pars orbitalis'inin margo anterior'udur¹⁸.

Orbitanın Kemik Duvarları

Orbita; frontal, sphenoid, zygomatic (malar), maxiller, palatin, lacrimal ve ethmoid olmak üzere 7 kemik tarafından oluşturulmuştur^{6,7,21}. Orbita'nın üstte paries superior, altta paries inferior, içte paries medialis ve dışta paries lateralis olmak üzere dört duvarı vardır^{1,18}. İç duvarlar birbirine paralel olup, her iki dış duvar birbiriyle 90°'lik bir açı yapar⁶.

Orbita'nın tavanını (üst duvar=paries superior), önde os frontale'nin facies (pars) orbitalis'i, arkada os sphenoidale'nin ala minor'u yapar^{6,7,17,18,20}. Tavan yapısı oldukça incedir ve üst temporal kısmında fossa glandulae lacrimalis yer alır. Orbita'nın tavanı fossa cranii anterior ve sinus frontalis ile komşudur⁶.

Orbita'nın iç duvarı (paries medialis), os maxilla'nın processus frontalis'i, corpus sphenoidale, os lacrimale ve os ethmoidale'nin pars orbitalis'i tarafından oluşturulur^{6,7,18}.

Orbita'nın dış duvarı (paries lateralis), os zygomaticum ve os sphenoidale'nin ala major'u ve os frontale'nin pars orbitalis'i tarafından oluşturulur^{6,7,18}. Bu duvar orbita'nın en sağlam duvarıdır⁶.

Paries lateralis, paries inferior'dan fissura orbitalis inferior denilen bir yarıkla ayrılmıştır. Paries lateralis ile paries superior arasındaki yarığa da fissura orbitalis superior denir²⁰.

Orbita'nın alt duvarı (paries inferior), aynı zamanda sinus maxillaris'in tavanıdır^{6,7}. Os maxilla ile os zygomaticum'un facies orbitalis'i ve os palatinum'un processus orbitalis'i tarafından oluşturulur^{6,7,17,18,20}. Fissura orbitalis inferior burada os sphenoidale'nin ala major'u ile os maxilla arasında yer alır. Bu yarığın ön kısmında bulunan sulcus infraorbitalis, a. infraorbitalis ve n. infraorbitalis'in (bazen de v. infraorbitalis'in) canalis infraorbitalis'e ulaşmasını sağlar⁶.

Canalis Opticus

Canalis opticus, os sphenoidale'nin ala minor'undan geçer ve orbitayı fossa cranii media'ya bağlar. N. opticus canalis opticus'tan geçerek bulbus oculi'ye ulaşır⁷.

2.2.2. Organum Visus (Görme Organı)

Göz; Latince oculus, Yunanca ophthalmus olarak isimlendirilir²². Orbita'da yer alan görme ile ilgili organdır^{3,18,23}. Her bir göz, şeklini koruyan dayanıklı fibröz bir küre, görüntüyü odaklayan lens, fotosensitif hücreler tabakası ve santral sinir sistemine visual bilgileri taşıyıp ileten sinirler ve hücre sistemlerini içerir³. Göz; fotosensitif (ışığa duyarlı), kompleks ve iyi gelişmiş bir organdır¹¹.

Görme organı, orbita denilen kemik çukura yerleşmiş bulunan bulbus oculi'den ve m. extraocularis'ler, fasciae orbitalis, palpebrae, kirpikler, conjunctiva, kaş, yağ dokusu ve gözyaşı sistemi gibi bulbus oculi'nin aksesuar yapılarından oluşur^{11,21,22,27,28}.

Çeşitli omurgalı gruplarında göz yapısı bakımından az çok farklılık bulunmakla beraber esas yapı hepsinde aynıdır²⁸. Yön, uzaklık, büyüklük, şekil, renk tonları, üç boyutluluk ve hareket gibi özellikler görme organı ile algılanır²⁶. Kara omurgalıları belki de tüm omurgalılar içinde görme yeteneği en iyi gelişmiş ve vücuduna göre gözü en büyük olan hayvan grubu kuşlardır²⁵. Kuşlar çevre konusunda edindikleri bilginin yarısından fazlasını görme organlarıyla elde ederler²⁶. Kuşlar çok iyi görüntü ve mükemmel bir çözünürlükle büyük bir görüntü meydana getiren uygun gözlere sahiptirler²¹. Gözleri genel yapı bakımından insanlara benzer. Şekil bakımından gözlerin çoğunlukla genişliği uzunluklarından daha fazladır. Şahin, kartal ve baykuşların gözleri insanlardakinden daha büyüktür. Ayrıca birçok kuşta, göz ağırlığının baş ve vücut ağırlıklarına oranları da yine insanlara göre oldukça yüksektir. Memelilerde gözler büyük ölçüde diğer omurgalılara benzer. Görme kuşlardaki kadar keskin olmamasına karşın renk ayırt etme ve uzağı görme onlardan daha fazla gelişmiştir²⁶.

2.2.3. Bulbus Oculi (Göz Küresi)

Bulbus oculi'nin vertikal çapı 23.5 mm, transvers ve sagittal çapı ise 24 mm'dir. Sagittal çap doğumda yaklaşık 17.5 mm, pubertede 20-21 mm'dir. Kadınlarda tüm çaplar erkeklerden hafifçe azdır^{4,11,18,24}. Su altında, havada ve çeşitli ışık yoğunluklarında görev yapan memelilerin gözleri önemli özellikleri bakımından benzerdir²⁵. Bulbus oculi memelilerde küre, kartal gibi görme duyusu gelişmiş kuşlarda ise tüp şeklindedir^{25,26}. Bu tip gözün ön yüzeyi ile arka yüzeyi arasında boru gibi bir aralık vardır²⁵. Bulbus oculi'nin ortalama ağırlığı 7.5 gr, ortalama hacmi 6.5 cc kadardır⁶.

Bulbus oculi, orbital yağın içine gömülüdür ve buradan ince bir facial örtü ile (tenon kapsülü) ayrılmıştır^{4,6,17}. Bulbus oculi iki küresel segmentten oluşur⁴. Küçük küresel kısım olan anterior segment saydamdır ve bulbus oculi'nin yaklaşık 1/6'sını oluşturur^{4,18,29}. Posterior segmentten belirgin olarak daha çıkıntılıdır^{4,18}. Anterior segment,

cornea ve lens tarafından oluşturulur. İris tarafından camera anterior bulbi ve camera posterior bulbi olmak üzere inkomplet olarak ikiye ayrılır ve pupillada devamlılık gösterirler. Sclera, camera anterior bulbi'nin periferine hafifçe uzanır ve böylece iris ile cornea arasındaki açı, sclera ile cornea arasında kavşak oluşturan limbus'tan daha geniş çapta bir halka oluşturur. Bu ikisi arasındaki fark 1-2 mm arasında değişir. Açı, bulbus oculi'nin üstünde ve altında daha derinde yer alır. Camera posterior bulbi, iris'in posterior yüzü ile lens'i destekleyen lig. zonularis'in anterior yüzü arasında yer alır. Hatta bulbus oculi'nin posterior segmentindeki corpus vitreum ile lig. zonularis arasındaki area retrozonularis'e (Petit kanalı) kadar uzanır. Posterior segment, büyük ve opak olup bulbus oculi'nin geri kalan 5/6 kısımları olan zonule ve lens'ten meydana gelir.

Bulbus oculi'nin öndeki en çıkıntılı noktasına polus anterior denir. Burası cornea'nın merkezi kısmını oluşturur. Arkadaki en çıkıntılı kısmına da polus posterior denir²⁹. Bulbus oculi'de 3 eksen tarif edilir¹⁸. Polus anterior ve polus posterior'un dış yüzlerini birleştiren düz çizgiye axis bulbi externus, iç yüzlerini birleştiren düz çizgiye de axis bulbi internus denir. Polus anterior'dan başlayan ve retina'nın fovea centralis'inde sonlanan düz çizgiye de axis opticus (optik aks) adı verilir. Axis opticus'un tam ortasından bulbus oculi'yi anterior ve posterior iki parçaya ayıracak şekilde dik olarak geçirilen çizgiye aequator bulbi oculi (ekvator) denir^{18,29}. Polus anterior ile polus posterior'u birleştiren ve aynı zamanda aequator bulbi oculi'yi dik olarak kesen çizgiye de meridiani (meridyen) denir²⁹.

Gözün axis opticus'ları primer pozisyonlarında paraleldirler ve birbirlerinden bir açıyla anterolateral olarak ayrılan orbitanın aksıyla aynı değildir. N. opticus'lar orbitanın aksını takip ederler. Bu nedenle paralel değildirler ve göze arka kutbun yaklaşık 3 mm iç tarafından (nasal) girerler²².

2.2.4. Bulbus Oculi'nin Tabakaları (Tunicae Bulbi)

Bulbus oculi'nin en geniş olan duvarı sclera (tunicae sclerae), choroidea (tunicae choroidea) ve retina (tunicae retinae) olmak üzere üç tabakadan oluşur³⁰. Bu tabakalar dıştan içe doğru şöyle sıralanmışlardır.

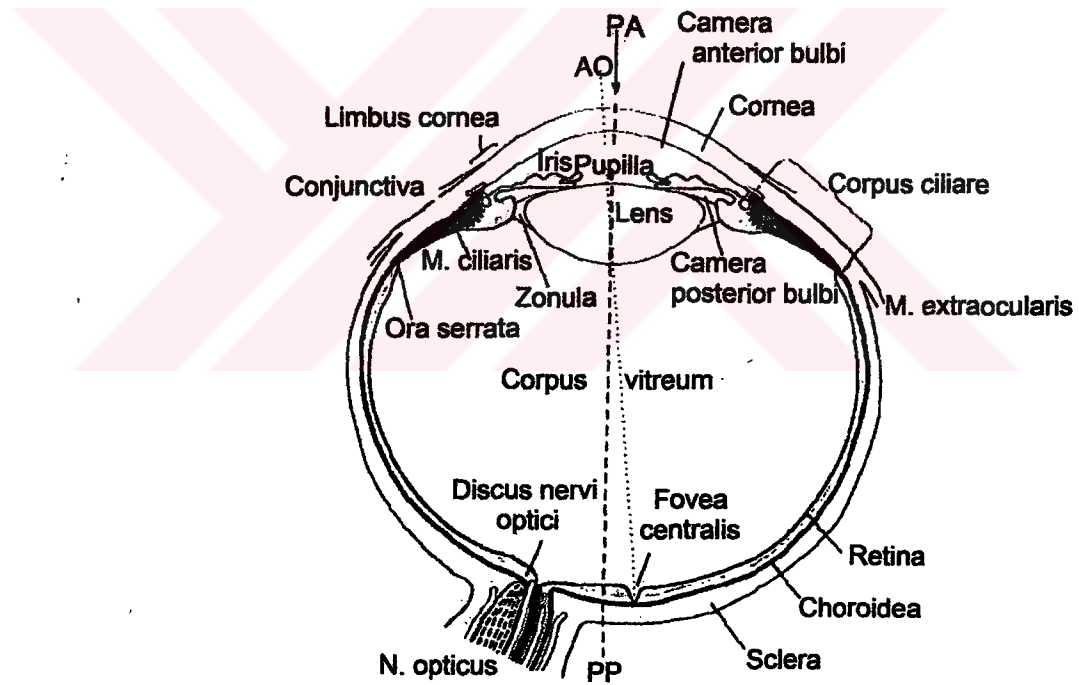
- 1- Tunica fibrosa bulbi: Önde cornea, arkada sclera yerleşmiştir^{4,22}.

2- Tunica vasculosa bulbi (Pigment tabakası): Arkadan öne doğru choroidea, corpus ciliare ve iris şeklinde sıralanmışlardır. Bunların hepsi tractus uvealis olarak bilinirler⁴.

3- Tunica interna bulbi (Nöral tabaka): Bu tabakada retina yer almaktadır^{3,4,6,7,11,13,14,17-19,21-23,25,27-33}

Bu üç tabaka tarafından sınırlandırılmış olan alanda corpus vitreum, lens ve humor aquosus yer alır²¹.

Bulbus oculi içinde camera anterior bulbi, camera posterior bulbi ve camera vitrea bulbi adı verilen odalar bulunur. Camera anterior bulbi ve camera posterior bulbi'de humor aquosus, camera vitrea bulbi'de ise corpus vitreum yer alır. Camera posterior bulbi ile camera vitrea bulbi arasında lens bulunmaktadır²².



Şekil 2.1. Bulbus oculi'nin horizontal kesiti. PA: Polus Anterior, PP: Polus Posterior, AO: Axis Opticus².

2.2.5. Tunicae Fibrosa Bulbi (Corneo-Scleral Tabaka)

Dış taraftadır³⁰. Bulbus oculi'nin fibröz tabakasıdır. Opak olan 5/6 arka kısmı sclera ve saydam olan 1/6 ön kısmı cornea'dan oluşur^{4,22,33}.

Sclera

Omurgalı gözünün en dıştaki güçlü ve koruyucu tabakasıdır^{2,33,35}. Sclera, bulbus oculi'nin 5/6'lık arka kısmını oluşturur^{7,11,13,22,29,33}. Sclera ismi rölatif ve katı yapısından gelir⁴. Kollajen liflerden zengin olduğundan beyaz renkte, kalın ve dayanıklı fibröz bir tabakadır^{7,14,17,30,32}. Sclera, gözün şeklini muhafaza etmek için camera'lar içindeki hidrostatik basınca karşı koyar⁷.

Sclera memelilerde sıkı bağ dokusundan yapılmıştır. Diğer omurgalılarda yapısına kıkırdak veya kemik dokusu da girer²⁸. Kuşlarda sclera'nın büyük bir kısmı kıkırdaktan yapılmıştır^{21,23}. Dışta tenon kapsülü ile sarılmıştır ve bu doku aracılığıyla ön bölümde conjunctiva, arka bölümde orbital dokularla komşuluk yapmaktadır. İçte ise posterior'da choroidea, anterior'da corpus ciliare ile komşuluk yapar. Anterior'da bulunan delik şeklindeki büyük açıklığına cornea yerleşmiştir²². En kalın yeri 1 mm kadar olup arkada n. opticus'un giriş noktasının yakınındadır. En ince olduğu yer ise 0.4 mm kadar olup comeoscleral birleşmenin yaklaşık 6 mm arkasında, rectus kaslarının yapışma yerlerinin yakınındadır^{4,18}. Sclera extraocular kasların ve lense aşan fibriae zonulares'in yapışma (insertio) yerlerini oluşturur^{7,22,33}. Dış yüzü beyaz renkli ve ocular kasların yapışma yerleri haricinde düzgün yüzeylidir ve bulbus oculi'nin facial kılıfının iç yüzeyi ile temas halindedir. Anterior kısmı göz kapağının derin yüzünden gelen ve anterior'da cornea'nın üstünde devam eden conjunctiva epiteli ile örtülüdür. Sclera'nın iç yüzeyi kahverengi renktedir. Sclera, choroidea'in dış yüzünden yaygın perichoroideal alan ile ayrılır. Bu alan ince hücreli bir doku olan lamina suprachoroidea (lamina fuscae sclera) ile çaprazlanmıştır. Sclera, posterior'da n. opticus tarafından delinir. Sonra sinirin fibröz dokusu ve duramater ile devam eder⁴. Sclera, n. opticus'a ait liflerin bulbus oculi'yi terkettiği bu hizada lamina cribrosa sclerae denen elek gibi delikli bir yapıya sahiptir^{4,13,17,22,27,29,36}. Burası oldukça zayıf bir alandır¹⁷. Bu yapıdaki daha geniş santral açıklık a. centralis retinae et v. centralis retinae'yi içerir. Lamina cribrosa sclerae'nin çevresinde pek çok küçük açıklıklar aa. ciliares ve nn. ciliares'i iletir. Yaklaşık burası ile comeoscleral bileşkenin ortasında venler için 4-5 açıklık vardır^{4,17,18,22,32,33}. Sclera, periferik cornea ile ön sclera arasındaki comeoscleral bileşkede limbus (limbus corneae) denen bir geçiş bölgesi vasıtasıyla cornea ile direkt olarak devamlıdır^{4,7,17,18,22,32,33}. Burası cornea çevresinde uzanan saydam, gri renkte, 1.0-1.5 mm genişlikte bir alandır²².

Scleral ve corneal stroma strüktürel olarak devamlılık arzetsse de bunların birleşim yeri dıştan silik, çembersel bir iz ile belirginleşmiştir. Buraya external scleral sulcus denir. Sclera'nın iç yüzeyinde ayrıca internal scleral sulcus vardır. Bu silik izlerin arka kenarında scleral çıkıntı (scleral spur) olarak adlandırılan corpus ciliare kaslarının yapıştığı yer bulunur^{13,32}. Sclera'nın ön kenarı hizasında, corneoscleral bileşkede daire şeklinde endotelle döşeli schlemm kanalı (sinus venosus sclerae) denen bir kanal yer alır^{4,18,22,29}. Schlemm kanalı, oval bir yarıktır ve dış duvarı sclera'daki oluk tarafından oluşturulur. Bu yarık arka tarafta scleral dokunun kenarına kadar uzanır. Scleral çıkıntı ise bu kesitlerde apex'i öne doğru olan üçgen şeklindedir. Schlemm kanalı seyri boyunca çift veya daha fazla olabilir. Medial duvarı camera anterior bulbi ile bitişiktir ve anterior'da cornea'nın descemet membranı ile devam eden gevşek trabeküler dokudan oluşur. Lifleri arasında humor aquosus'un camera anterior bulbi'den sinüse doğru geçtiği boşluklar vardır. Sonra da periferal olarak v. ciliaris anterior'a drenaj sağlanır. Normalde sinüste kan yoktur. Sinüs ile venler arasındaki kanallarda valf olmamasına rağmen bu kanallar oblik ve yassı olup kanın geri akışını önler. Camera anterior bulbi'nin iridocorneal açısı trabeküler doku ile ön ve dış tarafta scleral çıkıntı, arka ve iç tarafta irisin periferi arasında yer alır⁴.

Sclera'da üç tabaka yer alır. Bu tabakalar dıştan içe doğru şöyledir:

- 1- Lamina episcleralis (Episcleral tabaka),
- 2- Substantia propria sclerae (Stroma),
- 3- Lamina fusca sclerae (Esmer tabaka)^{6,22,32,36}.

Lamina episcleralis, sclera'nın dış yüzünde elastik ve gevşek kollagen liflerden yapıllı olup dış yüzünde yer alan tenon kapsülüne ince kollagen liflerle gevşek olarak bağlanan bir tabakadır^{1,32}. Çok sayıda kan damarı içerir. Tenon kapsülü ile sclera arasında spatium episclerale (tenon aralığı) bulunur^{18,29,32}. Bu aralık sayesinde gevşek bağlanma nedeniyle bulbus oculi her yönde hareket edebilmektedir³².

Substantia propria sclerae, yoğun kollagen liflerden oluşan bir tabakadır. Liflerin arasında fibroblastlar yer alır^{1,32}.

Lamina fusca sclerae'da kollagen lifler daha az, elastik lifler daha fazladır. Lifler arasında melanin içeren kromatofor hücreler bulunması nedeniyle sclera'nın iç tarafı kahverengi renktedir^{1,32}.

Cornea

Cornea, ışınların göze girdiği dış tabakanın çıkıntılı ve bulbus oculi'nin ön bölümünde yer alan kalın ve saydam kısımdır^{2,4,11,14,27,30,33}. Bulbus oculi'nin ön 1/6'sını oluşturur^{7,11,33,37}. Cornea yoğun bağ dokusu içerir ve gözün ışığı kırıcı temel yapısıdır⁷. Gözün ortalama +62.0 dioptri (D) olan toplam kırıcılığın yaklaşık %70'i cornea tarafından oluşturulur⁶. Yaklaşık +43 dioptri'lik bir kırma gücüne sahiptir²². Bulbus oculi'ye gelen ışığın ilk ve en çok kırıldığı bölgedir^{17,18}. Cornea periferinde 1-2 mm, merkezinde 0.5-0.6 mm kalınlığında bir yapıdır. Anterior yüzü hafifçe eliptiktir⁴. Bu yüz cornea merkezindeki en çıkıntılı nokta olup vertex adını alır²². Transvers çapı, vertikal çapından hafifçe büyüktür. Posterior yüzü ise çemberseldir. Corneal çap posteior yüzde yaklaşık 11.7 mm, horizontal çap 11.7 mm ve vertikal çap 10.6 mm'dir^{4,6,37}. Dış yüzü epitel dokunun devamı olan tabakalı bir epitel ile örtülüdür. Buraya conjunctiva denir^{18,23}. Cornea, arkadan bakıldığında carnivorlarda tam bir daire şeklindedir²⁹. Gececi hayvanlarda zayıf ışığın iyi toplanabilmesi için daha büyüktür²³.

Cornea, nonvaskülerdir ve lenf damarları yoktur^{4,11,14,18,20,27,29,32,33}. Beslenmesi diffüzyon yoluyla gözyaşı ve humor aquosus'den sağlanır^{14,27,29}. Damarsız olmasına karşılık sinir yönünden zengin bir dokudur^{11,22,29}. Posterior tarafta humor aquosus ile temas halindedir¹⁷.

Cornea'nın dış yüzü çok katlı keratinleşmemiş yassı epitel ile kaplıdır. Bunun iç tarafında lamelli yapı gösteren kollajen liflerden yapılmış bağdokusu bulunur. Bağdokusu, descemet membranı tabaka ile çevrilidir²⁷. Anterior yüzü konvektir ve sclera'dan düzleşmiş bir kubbe şeklinde çıkıntı yapar^{4,29,36}. Cornea'nın konveksliği farklı kuş türlerinde önemli derecede değişiklik gösterir²¹. Çapı aynı gözde bile hayatın değişik dönemlerinde değişiklik gösterir. Gençlikte yaşlılıktan daha büyüktür. Sclera'dan daha büyük olduğu için corneoscleral bileşkede yüzeysel sulcus sclera denen bir oluk vardır^{4,29}.

Cornea, önden arkaya doğru beş hücre tabakasından oluşur.

- 1- Corneal epithelium,
- 2- Bowmann membranı (Ön sınırlayıcı tabaka),
- 3- Substantia propria (Stroma) ,
- 4- Descemet membranı (Arka sınırlayıcı tabaka),

5- Epithelium posterius (Camera anterior bulbi'nin endoteli)^{4,6,11,13,14,18,21,22,28,29,31-33,36}

Corneal epithelium, conjunctiva'nın bir devamı olup saydamdır ve sinir sonlanmaları içerir^{7,11,25,29}. Bu nedenle çok hassastır²⁹. Cornea'yı önden örter ve genellikle beş hücre tabakasından oluşur. En derin tabaka, düz bazal yüzeyleri ve yuvarlak apex'leri olan geniş yuvarlak veya oval şeklinde nükleuslu silindirik hücrelerden oluşur. İkinci tabakadaki hücreler oval nükleuslu çokyüzlü (polihedral) iken, daha yüzeydeki tabakalardaki hücreler giderek yassılaştır. Fakat epidermisten farklı olarak nükleusları daha yassıdır ve normalde keratinize değildirler. Çoğu corneal epitelositler "dikensi" hücrelerdir ve epidermal stratum spinosum hücrelerine benzerler. Limbusta epitel on veya daha fazla tabaka oluşturacak şekilde kalınlaşır ve scleral conjunctiva ile devam eder. Yüzeyel corneal hücreler, conjunctiva'da olduğu gibi microvili ve micropllica yapısı gösterirler ki bunlar sekresyonların gözün bu primer kırıcı yüzeyinde düzgün bir film şeklinde olmasına yardım ederler^{4,11,36}. Cornea hücreleri komşu hücrelere desmosomlar aracılığıyla bağlanır¹¹.

Corneal epitelin altında bowmann membranı vardır. Yaklaşık 8 µm kalınlığındadır ve Tip 1 kollajen lifler rastgele, düzensiz dizilmiştir^{4,11}. Duyusal sinir uzantıları bu tabakayı geçerek epitele girer. Bowmann membranı limbusta sonlanır¹¹. Bu tabaka hayvanlarda pek belirgin değildir²⁹.

Substantia propria, cornea'nın en kalın tabakasıdır^{11,13,29,31,32}. Cornea kalınlığının %90'ını oluşturur^{11,13,31,32}. Çok dayanıklıdır²¹. Fibröz, yoğun ve mükemmel bir saydamlığa sahip 200-250 tane üst üste binmiş Tip 2 kollajen liflerinden ve bazı interstisyel proteoglikanlardan (keratan sülfat ve kondroitin sülfat) oluşmuş ve scleral matrix'le devam eden bir yapıdır. Her bir lamella yaklaşık 2 µm kalınlığında ve 10 µm ile 250 µm arasında değişen genişliktedir. Her bir lamelladaki lifler birbirlerine paraleldir. Ancak, yakınındaki lamelladaki liflerle geniş açı oluştururlar. Bunlar genellikle lamellaların arasından geçerler ve büyüklükleri değişkendir. Descemet membranı'nın yakınında en büyüktürler. Çapları 21-65 nm arasında değişir. Lamellalar arasında satellit veya dendritik şekilli ve bağlantılı fibroblastlar içeren az miktarda dolgu maddesi vardır^{4,11,13,32}.

Descemet membranı, substantia propria'nın posterior yüzünü örten ince saydam ve homojen bir tabakadır. Altteki endotelden daha kalındır ve bu endotelin bazal membranı olarak kabul edilir^{4,11,32}. Elastik liflerden yapılmıştır²⁹. Corneal limbus'ta, scleral venöz sinüsün iç duvarına yapışık trabeküler doku liflerine dağılır. Bu tabaka trabekül ile arasında iridocorneal açının boşlukları vardır ve bunlar schlemm kanalı ile camera anterior bulbi'yi birleştirirler. Bazı trabeküler lifler scleral çıkıntının içine doğru iris'te iridal pectinate ligament olarak devam eder⁴.

Camera anterior bulbi'nin endoteli cornea'nın en içte bulunan tabakasıdır²⁹. Descemet membranı örter ve iris'in önünde iridocorneal açıda boşlukları döşer^{4,32}. Bu endotel poligonal yassı hücrelerden oluşmuş bir tabakadır. Fakat yüzeylerinde çok az microvillus bulunur^{4,32}. Cornea'nın tüm metabolik değişimleri bu endotel içinden oluşur¹¹.

2.2.6. Tunica Vasculosa Bulbi (Vasküler Tabaka)

Gözün retina ve sclera arasına yerleşmiş kalın, damarsal ve orta katı olan tabakasıdır^{6,14,30}. Yaygın olarak uvea veya uveal tract diye de adlandırılır^{4,14,17,29,32,33}. Arkadan öne doğru choroidea, corpus ciliare ve iris'ten müteşekkil kesintisiz bir yapıdır^{4,6,14,17,19,29,32,33}. Choroidea, sclera'nın iç yüzeyini kaplar ve önde ora serrata'ya kadar uzanır^{4,18,29}. Dışta pigmentli, içte vasküler tabakadan oluşmuştur¹⁷. Sclera kaldırılınca altından çok pigmentli ve damardan zengin bir tabaka çıkar^{20,29,32}. Corpus ciliare, choroidea'in ön kenarından iris'in çevresine kadar uzanır. Iris, cornea'nın arkasında halkasal bir diyaframdır ve merkezinde pupilla denilen bir açıklık bulunmaktadır^{4,33}.

Choroidea

Bulbus oculi'nin arka yüzünü tamamen kaplar¹⁴. Sclera ile retina arasında yer alır^{6,11}. Choroidea, sclera'nın iç yüzünü ve retina'nın pars optica retinae denilen parçasını dıştan örter^{2,20,28}. İnce, vasküler ve koyu kahverengi bir dokudur. Neredeyse gözün arka 5/6'ini oluşturur. Arkada n. opticus ile sonlanır ve burada sclera'ya sıkıca yapışmıştır^{4,11,18,32}. Önde corpus ciliare ile devam eder¹⁴. Discus nervi optici'de (optik disk), n. opticus'un çevresindeki pia-arachnoid doku ile devamlıdır⁴. Choroidea büyük ölçüde yoğun kapiller plexuslardan oluşmuş kan damarı içeren pigmentli bir

tabakadır^{2,4,14}. Bu kapiller plexuslar küçük arter ve venler tarafından beslenir⁴. Özellikle, aa. ciliares breves'in beslediği kan damarlarından zengindir. Drenaj vv. vorticosae tarafından sağlanır⁷.

Choroidea'de dört tabaka bulunur. Bu tabakalar dıştan içe doğru şöyle sıralanmıştır.

- 1- Lamina suprachoroidea (Suprachoroideal tabaka =lamina fusca)
- 2- Lamina vasculosa (Vasküler tabaka)
- 3- Lamina choriocapillaris (Koryokapiller tabaka)
- 4- Bruch membranı (Bazal tabaka=Lamina basalis)^{1,4,20-22,29,36}

Köpeklerde bu tabakalara ilaveten spatium perichoroideale lymphaticum (perichoroideaal aralık) ve tapetum lucidum (reflektif tabaka) denen iki tabaka daha yer alır¹⁴.

Lamina suprachoroidea, sclera ve choroidea arasında bulunan spatium perichoroideale lymphaticum'da damar ve sinirlerden zengin, pigment içeren gevşek bağ dokusundan oluşan potansiyel bir boşluktur^{1,13,18,21,27-29,32}. Yaklaşık 30 µm kalınlığında ince nonvasküler lamellalarda oluşan satellit hücrelerle birlikte olan her bir ince kollajen ve elastik lif ağı koyu kahverengi granüller içerir. Ganglionik nöronlar ve nöral plexuslar konnektif doku içinde gömülüdür⁴. Dış yüzeyi sclera'ya, spatium suprachoroideale'de bulunan lamina suprachoroidea ile gevşekçe bağlanır^{4,32}. Lameller kollagen ve elastik fibrillerden meydana gelmiştir¹.

Lamina vasculosa, melanosit içeren gevşek bağ dokusunda uzanan çok sayıda arter ve venlerden oluşur^{1,21,27-29,36}. Sclera'yı delerek v. ophthalmica'ya dökülen vv. vorticosae'yi oluşturan aa. ciliares posteriores breves bu tabakada bulunur¹⁸. Burası choroidea'in en kalın tabakasıdır³².

Lamina choriocapillaris, choroidea'deki arterlerin terminal dalları tarafından oluşturulan kapillerlerin bir tabakasıdır^{1,11,21,27,29}.

Bruch membranı, choroidea ve retina'nın pigment tabakası arasında yer alır^{1,11,13,27,29,32,33,36}. Bu membran retina ve choroidea'i ayıran ince bir tabakadır³³. Retina'nın pigment epiteline sıkıca yapışmıştır^{4,18,21}. Lamina vitrea da denir. Işığı kırıcı bir

tabakadır¹¹. Bruch membranı iç ve dış tabakadan oluşmuştur. Dış tabakası lamina choriocapillaris'in devamı şeklindeki elastik liflerin yoğunlaşmasıyla, iç tabaka da retina'nın pigment epitelinin homojen bazal tabakasından oluşmuştur^{1,32}. Retina'ya komşu olan bu yüzün arka ve dış kesiminde, discus nervi optici'nin hemen üzerinde tapetum lucidum bulunur. Bu yüzey türlere göre çeşitli renklerde olup carnivorlarda sarı renktedir²⁹. Tapetum lucidum, üzerine düşen ışığı bir ışık kaynağı gibi tekrar retina'ya yansıttığından dolayı hayvana karanlıkta daha iyi görme imkanı verir^{25,29}. Kurtlarda tapetum lucidum'un varlığı ışığa duyarlılık kapasitesini etkilemektedir³⁸. Bu tabaka içinde refleksiyonu sağlayan guanin kristalleri bulunur^{25,28}. Tapetum lucidum gece hareketli olan omurgalılarda çok gelişmiştir ve ayna gibi refleksiyon yaparak gözlerin parlamasına neden olur^{25,29,39}. Histolojik olarak carnivorlarda tapetum lucidum'un tapetum cellulosum denen epitel benzeri birinci tipi bulunur^{14,25}.

Choroidea'in beslenmesini aa. ciliares posteriores breves sağlar. Bu dallar lamina choriocapillaris'i oluştururlar. Choroidea'in ön bölümüne circulus arteriosus iridis major'dan ve aa. ciliares anteriores'ten ayrılan recurren dallar da gelir. Venler vv. vorticosae'ya dökülür^{7,22}. Vv. vorticosae'nin sayıları 4-7 arasındadır. Vasküler tabaka dokusunun venöz kanını ileten bu venler ekvatorun gerisinde sclera'yı delerek bulbus oculi'den ayrılırlar ve v. ophthalmica superior et inferior'a dökülürler. Choroidea'de duyuşal sinir sonlanmaları yoktur. Nn. ciliares breves damarlara giden simpatik lifler verir²².

Corpus Ciliare

Choroidea ile iris arasında yer alır^{14,21,36}. Uvea, ora serrata'nın önünde corpus ciliare'yi oluşturmak üzere kalınlaşır^{13,36}. Anterior yüzü camera anterior bulbi'ye, posterior yüzü lens'e bakar¹⁸. Corpus ciliare posterior tarafta choroidea ile devam eder ve anteriorda iris'in içine doğru uzanır^{4,7,11,13,17,27}. Choroidea ile sınırını ora serrata yapar^{1,11,29}. Corpus ciliare'nin posterior bölümü corona ciliaris, processus ciliares ve m. ciliaris'ten oluşmuştur¹⁷. Esas yapısını m. ciliaris ve bağ dokusu oluşturur¹⁸. Corpus ciliare, lens kapsülüne yapışan lens zonülleriyle (fibrae zonulares; Zinn) lens'in yerinde tutulmasını sağlayarak akomodasyonu gerçekleştirir^{7,11,18,23,29}. Böylece lens'in içe doğru çıkıntı oluşturmasından sorumludur^{4,11}. Ayrıca corpus ciliare'nin ön yüzü humor aquosus'un major kaynağıdır^{4,7,11,18}. Corpus ciliare'nin epiteli camera posterior bulbi'ye humor aquosus'u salgılar⁷. Posterior'da corpus vitreum ile yan yanadır ve büyük

ihtimalle corpus vitreum'un bazı glikozaminoglikanlarını salgılar. A. ciliaris anterior ile a. ciliaris posterioris longa ve aa. ciliares posteriores breves corpus ciliare'de karşılaşılır. Bu yüzden corpus ciliare damardan oldukça zengindir^{4,11,22,29}. Sadece secretuar ve muscüler aktivitelere yer almaz. Ayrıca iris ve limbusun kanlanması da yer alır. Corpus ciliare bulbus oculi'nin tüm ön dokularına giden major sinirlerce çaprazlanır⁴.

Corpus ciliare dış tarafta cornea'nın limbus kısmının yaklaşık 1-5 mm arkasındaki çizgiden ve bunun temporalden 7.5-8 mm arka tarafı ile nasalde 6.5-7 mm'ye kadar devam eder. İç tarafta, arkaya doğru choroidea ile devam eden çökük bir periferik kısmı vardır. Burası ora serrata olarak isimlendirilir. Önde, iris'in periferik bölümü ile birbirine girmiştir ve bunun dış tarafında camera anterior bulbi'nin iridocorneal açısını çevreler. Corpus ciliare, epitelinin derin tabakalarında melanin bulunmasından dolayı gri renklidir⁴. Öndeki kıvrımlı kısmını meydana getiren corona ciliaris (pars plicata) irisin tabanını çevreler. Bunun arka tarafında ise düzgün ve halkasal orbiculus ciliaris bulunmaktadır. Periferik sınırı ora serrata'dır^{4,13,14,18,27,29}. Burada retina'nın optik veya duyu kısmı aniden iki tabakalı epitel hücrelerine çevrilir. Sonra tüm corpus ciliare'nin üzerinden pars ciliaris retinae olarak ve bundan sonra da iris'in posterior yüzünün üzerinde devam eder. Corona ciliaris, orbiculus ciliaris içinde halkasal bir alandır^{4,29}.

Corpus ciliare'nin stroması kollajen liflerden, fibrositlerden ve pigmentli hücrelerden oluşur. Ayrıca m. ciliaris adı verilen düz kas liflerini de içerir^{11,22}. M. ciliaris, corpus ciliare'nin tabanından sclera'nın sonlandığı limbus'a kadar uzanır. Lens zonullerinin gerginliğini ve böylece lensin de şeklini kontrol eder⁷. Corpus ciliare'deki yerleşimlerine göre 3 çeşit m. ciliaris lifinden söz edilir.

Dışta: Fibrae meridionales (fibrae longitudinales: Brücke kası): Sclera'ya en yakın bölümünde bulunur. Choroidea'yi germe etkisi olduğundan choroidea'in tensor kası da denir³².

Ortada: Fibrae radiales

İçte: Fibrae circulares (Müller kası): Bu kasın kasılmasıyla lens'in gerginliği azalır, yani yakın görmedeki uyumu sağlar^{2,22,32,36}.

İris (Gökkuşığı)

İris, göze giren ışığın miktarını kontrol eden pupillanın çevresindeki ayarlanabilir bir diyaframdır^{4,24,40}. İris, gözün dıştan renkli olarak seçilen bölümüdür^{2,30,32}. Tunica vasculosa bulbi'nin en ön parçasını oluşturan iris, cornea'nın gerisinde lens ve corpus ciliare'nin önünde yer alan dairesel bir oluşumdur^{1,4,6,14,18,29,36}. Choroidea'nın öne, lens'e doğru oluşturduğu bir uzantıdır¹¹. İris, corpus ciliare'nin anterior kısmından başlar. Cornea ve lens arasındaki boşluğu camera anterior bulbi ve camera posterior bulbi olmak üzere ikiye ayırır^{6,7,11,13, 21,32,33}. İris'in kalınlığı 0.4–0.6 mm, çapı 11–14 mm kadardır¹. İris'in merkezinde bulunan ve retina'ya gelen ışık miktarına göre büyüüp küçülebilen açıklığa pupilla (gözbebeği) denir^{2,7,13,14,17,21,22,29,32}. Pupilla refleks kontrol mekanizmaları ile göze giren ışık miktarını ayarlar⁶. Camera anterior bulbi ve camera posterior bulbi pupilla aracılığıyla birleşir^{2,13,17,18,22,27,29,32}. Pupilla köpekte sirkülerdir¹⁴. İris'in pupilla hizasındaki serbest kenarı margo pupillaris, corpus ciliare ile birleşen periferik kenarı ise margo ciliaris olarak adlandırılır^{1,14,18,22,29,32}. Pupillanın çapı 1–8 mm arasında değişir^{1,4}. İris'in anterior ve posterior olmak üzere iki yüzü vardır. Facies anterior'u camera anterior bulbi'nin posterior duvarını, facies posterior'u camera posterior bulbi'nin anterior duvarını yapar^{1,32}.

İris'in anterior yüzünde farklı boyut, biçim ve derinlikte girinti ve çıkıntılar bulunur. Bu kıvrımlar plicae iridis olarak isimlendirilir. Anterior yüzün pupillaya yakın bölümündeki koyu renkli dar alan anulus iridis minor adını alır. Daha dış yandaki açık renkli alana ise anulus iridis major denir. Göz rengi anulus iridis major'de yer alır^{1,22,29}. İris'in anterior yüzü kesintili düz epitelial hücre tabakası tarafından sınırlanmıştır¹⁴. İris'in posterior yüzeyi ise iki katlı ve pigmentli hücre tabakası (epithelium pigmentosum) ile örtülüdür. Anterior'daki pigmentli hücre katı retina'nın pigment epitelinin devamıdır. Posterior'daki pigmentli kat ise retina'nın pars caeca'sının iris posterior yüzündeki kısmıdır ve pars iridica retinae adını alır^{22,27}. İris dokusu damar ve sinirler yönünden zengindir. İris'in büyük arter halkasından (circulus arteriosus iridis major) beslenir²².

İris'in Yapısı:

İris'in yapısını bağ dokusundan oluşan stroma ve düz kas lifleri şekillendirir. İris önden arkaya doğru dört tabakadan oluşmuştur^{22,29}.

Anterior kenar tabakası: Pigment hücrelerinden oluşan stromasının yoğunlaşmasıyla meydana gelmiştir. Bu tabakanın kalınlığı iris'in rengini belirler. Bu tabaka mavi gözlü bireylerde ince, kahverengi gözlü bireylerde kalındır.

Stroma iridis: Gevşek bağ dokusundan oluşan bu tabaka da çok sayıda kan damarı, bol miktarda fibroblast ve melanosit içerir. Melanositlerdeki pigment miktarı iris'in renginde rol oynar. Pigment az ise arka yüze mavi bir renk verir. Pigment miktarının artışına bağlı olarak iris gri, yeşil ve kahverenginin değişen tonlarında olur. Stromanın altında kan damarları tabakası bulunur¹.

Pigment epiteli tabakası: İris'in posterior yüzünde corpus ciliare epitelinin devamıdır. Yoğun pigment hücrelerinden meydana gelen bu kısım iki tabakadan oluşur. Anterior tabaka, m. dilatator pupillae'yi oluşturan üst üste gelmiş myoepitelial hücrelerden oluşur. Arka yüze yakın olarak iris'in lateral kenarından pupillanın kenarına doğru uzanan m. dilatator pupillae ince ve ışınsal (radial) olarak uzanan pigment epiteli tabakasıdır^{1,29,32}. M. dilatator pupillae'ya sempatik sinirler nn. ciliares longi ile gelir^{1,29}. İki antagonist kas pupilla çapını ayarlar. Bunlar m. sphincter pupillae ve m. dilatator pupillae'dir¹⁴. Sempatik kontrol altında olan m. dilatator pupillae, pupillanın genişlemesini (mydriasis) sağlar. Az ışıkta pupillayı genişletir. M. sphincter pupillae ise yaklaşık 1 mm genişliğinde ve 0.15 mm kalınlığında olup margo pupillaris yakınlarında yerleşim gösterir^{1,7,29}. Parasempatik sinirle innerve olan bu kasın kasılması pupillayı daraltır (myosis)²⁹. Bu kasın margo pupillaris'e yakın lifleri daha sık, uzak lifleri ise daha seyrek yarım halkalar biçiminde dizilme gösterir. Pigment epitelinin posterior yüzü yoğun iki tabakalı, silindirik pigment hücrelerinden oluşur. Bu kısım retina'nın devamı olup pars iridica retinae adını alır¹.

Membrana limitans interna: İris'in posterior yüzünde lamina basalis yapısında bir zardır^{1,32}.

İris'in sclero-corneal bileşke ile birleştiği yerde iris'in anterior'unda kalan aralığa angulus iridis (iris açısı) denir^{13,32}.

2.2.7. Tunica Interna Bulbi (Nöral Tabaka)

Retina

Bulbus oculi'nin en içte bulunan nöral, duyuşal ve ışığa en hassas tabakasıdır^{1,14,22,30}. Retina, n. opticus vasıtasıyla beyinle uygun iletişim sağlar ve ora serrata'ya doğru uzanır³. Dış tarafında choroidea, iç tarafında corpus vitreum'un hyaloid membranı bulunur. Discus nervi optici'de n. opticus ile devamlıdır^{4,17}. Retina stratum pigmentosum ve stratum nervosum (duyuşal retina) olmak üzere iki tabakadan oluşur^{1,4,13,17,18,22,37,41}. Dış tabaka olan stratum pigmentosum, tek tabakalı hekzagonal hücre tabakası olup corpus ciliare ve iris'in posterior yüzlerinde de devam eden tunica vasculosa'nın iç yüzünü örter^{4,18}. Stratum pigmentosum, choroidea'e yapışık olup ora serrata'da corpus ciliare'nin pigment epitel ile devam eder^{4,17,22}. Stratum pigmentosum'da, görme için önemli fonksiyonları olan ve melanin pigmenti içeren epitel hücreleri vardır. Bu hücreler, fotoreseptörlerin yakalayamadığı ışığı absorbe ederek fotoreseptörlere geri yansımalarını önler ve böylece görüntünün netliğinin bozulmasını engeller. Stratum pigmentosum'daki epitel hücrelerinin fagositoz yapma ve kan-retina bariyerini oluşturma özellikleri de vardır⁴¹. Retina'nın iç yüzünde corpus ciliare'nin arka kenarını çevreleyen girintili çıkıntılı çizgiye ora serrata denir^{1,17}. Burada sinirsel dokular sonlanır¹⁷. İçte yer alan nörosensöryel retina olarak da adlandırılan stratum nervosum, stratum pigmentosum'un iç yüzünde discus nervi optici'den ora serrata'ya kadar uzanır²². Ora serrata visual ve visual olmayan (pars optica retinae ve pars caeca retina) retina'yı birbirinden ayırır¹⁴. Retina'nın iç yüzeyi corpus vitreum ile temas halindedir¹⁷.

Retina'da altı temel hücre bulunur. Bunlar fotoreseptör hücreleri, Müller glia hücresi, horizontal hücreler, bipolar hücreler, amacrin hücreler ve ganglion hücreleridir^{2,41,42}.

Retina iki kısımda incelenebilir.

1. Discus nervi optici'den ora serrata'ya kadar olan stratum nervosum tabakası: Retina'nın ışık duyuşunu alan bu bölümüne pars optica retinae denir. Burada ışığı algılayan tabakada basil ve koni hücreleri bulunur.

2. Ora serrata'dan öne doğru uzanan stratum pigmentosum tabakası: Retina'nın ışık duyuşunu almıyan kör bu bölümüne de pars caeca retinae denir. Pars caeca

retinae'yi corpus ciliare ve iris'in posterior yüzüne doğru devam eden stratum pigmentosum yapar. Pars caeca retinae'nin corpus ciliare'yi örten bölümüne pars ciliaris retinae, irisin posterior yüzünü örten bölümüne de pars iridica retinae denir^{1,14,18,27,29}.

Pars optica retinae'da dıştan içe doğru basil ve koni hücreleri, bipolar ve multipolar ganglion hücreleri yer alır. Multipolar ganglion hücrelerinin aksonları papilla nervi optici'ye doğru uzanarak n. opticus'u oluştururlar^{1,18,21,27,29,30,32,43,44}. Pars optica retinae, retina'nın görme ile ilgili olan kısmıdır⁴⁰. Gözle santral sinir sistemi arasındaki bağlantı n. opticus lifleriyle sağlanır. Bu liflerin çapları 1 µm kadardır⁴⁴. Papilla nervi optici üzerinden başlayan, şekli kabaca kıskaca benzeyen ve pecten adını alan kanatlı hayvanlara özgü bir yapı vardır. Pecten, corpus vitreum içerisine kıvrımlı bir şekilde girer. Fakat lens'e kadar uzanmaz. Pecten'in retina'yı oksijen ve diğer gıdalarla beslediği ve corpus vitreum ile pecten arasında meydana gelen bazı kimyasal değişikliklerin de burada olduğu ileri sürülmektedir^{21,28}.

Retina'nın posterior bölümünün medial kısmında, axis opticus'un (görme eksenini) geçtiği yerde 3 mm çapında sarı renkli oval bir alan mevcuttur. Buraya macula lutea adı verilir^{1,4,17,31-33}. Macula lutea'nın merkezindeki çukurluğa fovea centralis denir. Fovea centralis gözün en fazla ışık alan ve renkleri görmenin en iyi olduğu kısmıdır^{1,4,11,13,17,18,28,31-34}. Burada sadece koni hücreleri bulunur ve sayıları yaklaşık 30 bin kadardır^{1,11,13,18,21,26,28,32}. Koni hücre konsantrasyonunun aşırı olması nedeniyle görme alanı merkezi olan bu kısımda görme keskinliği en fazladır⁷. Fovea centralis dışında her koni arasında 3-4 basil yer alana kadar basil hücrelerinin sayıları artar³². Memelilerde tek bir fovea centralis bulunur²⁵. Macula'nın merkezinin büyük kısmında kan damarı bulunmaz. Burası foveal avasküler alan olarak adlandırılır^{32,44}. Görme kuşlardaki kadar keskin olmamasına karşın renk ayırt etme ve uzağı görme onlardan daha fazla gelişmiştir. Kuşlarda da insanlarda olduğu gibi net bir görüntünün elde edilmesini sağlayan fovea centralis bölgesi bulunur. Şahin, papağan gibi havada uçarken beslenen kuşlarda binoküler görüş elde etmek amacıyla her bir gözde ikinci bir fovea centralis daha bulunmaktadır. Hatta bazı kırlangıç türlerinde (Sterna ve Hirundo) her bir gözde üç tane fovea centralis yer alır²⁶. Net görüntünün sağlanmasına yardımcı olan diğer bir oluşum da koni hücrelerinde renkli yağ damlalarının bulunmasıdır^{21,26}. Bu yağ damlaları net bir görüntü elde etmede iki şekilde yardımcı olurlar. Birincisi renkli cisimler

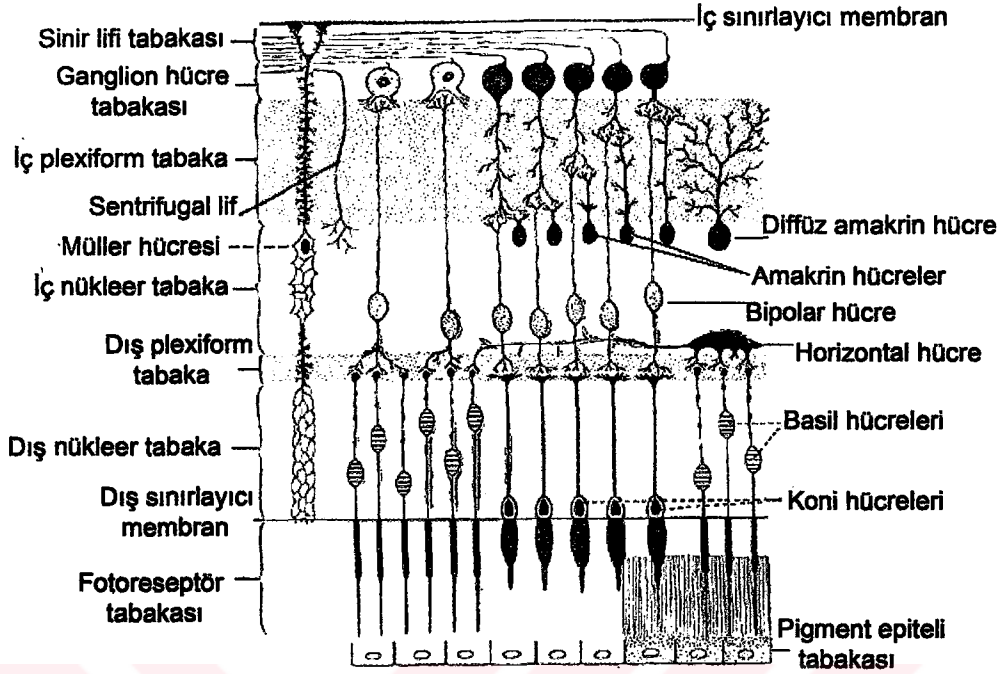
arasındaki renk farklarını artırarak, ikincisi de kısa ışık dalga boylarını geri yansıtarak uzun dalga boylarının geçmesini ve retina'yı uyarmalarını sağlarlar²⁶.

Fovea centralis'in ortasındaki çapı 0.4 mm'den küçük alana foveola adı verilir. Burası görmede en ince detayları ayırtedebilme yeteneğine sahiptir. Macula lutea'nın 3 mm nasal tarafında retina'dan lamina cribrosa'ya uzanarak n. opticus'u oluşturan lifler bir araya gelerek kör noktayı (discus nervi optici) oluştururlar. Fotoreseptörlerin bulunmadığı ve bu nedenle ışığa hassas olmayan bu alanın ortası çukur şeklinde olup excavatio disci adını alır^{1,11,13,17,18,21,28,29,32,33,35,37,44}. Bu çukurluktan retina'nın damarları (a. centralis retinae ve v. centralis retinae) retinaya girer veya çıkarlar. Discus nervi optici, retina'nın diğer bölgelerine göre daha açık renkte, pembe görülür. Discus nervi optici, macula lutea ve fovea centralis retina'nın en ince yerleridir^{1,18}.

Retina'ya düşen ışık fotoreseptör hücrelerde sinir sinyaline çevrilir. Bu impuls nöron zinciri ile n. opticus vasıtasıyla beyine iletilir³².

Retina'nın stratum nervosum kısmı histolojik olarak enine kesitte fovea centralis, discus nervi optici ve ora serrata dışında dıştan içe doğru on tabakadan oluşur.

1. Pigment epiteli tabakası
2. Fotoreseptörlerin iç ve dış segmentlerinin tabakası (fotoreseptör tabaka)
3. Dış sınırlayıcı membran
4. Dış nükleer tabaka
5. Dış plexiform tabaka
6. İç nükleer tabaka
7. İç plexiform tabaka
8. Ganglion hücre tabakası
9. Sinir lifi tabakası
10. İç sınırlayıcı membran^{1,2,6,11,13,14,18,21,28,29,31,32,36,45}



Şekil 2.2. Retina'nın tabakaları^{4,34}

Pigment epiteli tabakası: Retinanın en dış tabakasıdır³⁰. Düzenli bir şekilde sıralanmış tek sıra hücrelerden oluşur. Nükleusları bazalde yerleşmiştir. İnsan gözünde sayıları yaklaşık 4-6 milyon kadardır⁴. Choroidea'e yaslanan melaninden zengin tek tabakalı kübik pigment hücrelerinden oluşur^{1,27,29,32,37}. Lateral'de choroidea'in bruch membranı ile medialde koni ve basil hücrelerinin uzantılarıyla bağlantılıdır^{1,11}. Discus nervi optici'den ora serrata'ya kadar uzanır²⁹. Ora serrata'da corpus ciliare'nin epiteli ile devam eder^{1,11}. Apikal olarak bu hücreler basil ve konilerin uzantıları arasında 5-7 mikrometre uzunluğunda mikrovillus şeklinde uzantılar verir. Pigment epitelinin fonksiyonları tam olarak anlaşılmasına rağmen fagositik beslenmeyle ilgili fonksiyona ve biraz da fotoreseptörlerin yerleşimi üzerinde sabitleştirici etkiye sahip oldukları düşünülmektedir. Bu hücreler ayrıca ışığı emerek geri yansımayı önler^{1,4,11}.

Fotreseptörlerin iç ve dış segmentlerinin tabakası: Bu tabaka fotoreseptör olan kalın koni ve ince basil hücrelerinin dış kısımları veya periferik uzantılarından oluşur. Bu hücrelerin gövdeleri görme yollarının 1. nöronudur^{1,13,21,27,29,30,32,38}. Kuşların iç segmentleri kontraktildir. Fazla ışıkta gerilerek duyarlı olan dış segmenti pigment tabakasının içine sokar. Az ışıkta büzülerek onu ışığa daha çok yaklaştırır²⁸.

Memelilerin retina'sında alacakaranlık ve aydınlık sinyaller için basil ve koni olarak adlandırılan iki tip fotoreseptör vardır. Basiller alacakaranlıkta, koniler ise aydınlıkta görev yaparlar^{46,47}. Genellikle basiller, konilerden oldukça fazladır⁴⁷. Buna ilaveten memelilerin retinası boyunca birçok basil ve koni yolları mevcuttur⁴⁶.

Köpek retina'sında, fazla miktarda düşük ışığa duyarlı olan basil hücreleri bulunur. Bu yüzden köpekler karanlıkta diğer memelilerden daha iyi görürler. Koni hücreleri ise renkli görmeyi sağlarlar. Köpeklerde bu hücreler olmadığı için köpekler siyah-beyaz görüntü algılarlar²⁷.

İnsan retina'sında yaklaşık olarak 100-120 milyon basil, 6-7 milyon kadar koni hücresi bulunur^{11,13,18,32,35}. Fotoreseptör hücreler retinanın en alt tabakasına yerleşmiş kapiller ağdan beslenirler⁴⁴.

Basil hücreleri (rod-epitheliocytus bacillifer): Tüm omurgalılarda basil hücreleri retinal epitele dik ve birbirlerine paralel yerleşmişlerdir. 50x3 µm boyutlarında uzun hücrelerdir^{11,13}. Sadece solgun ışık ile uyarılırlar^{11,28}. Parlak ışık ve renge duyarlı değildir. Dört kısımdan oluşur.

- 1- Dış segment
- 2- İç segment
- 3- Nükleer kısım
- 4- Sinaptik kısım¹¹.

Bu kısımlardan dış segment rhodopsin içerir^{11,24,31,32}. Fotosensitif bölümdür. İç segment ise protein, fosfolipit sentezi ve enerji üretiminin yapıldığı metabolik bölgedir³².

Koni hücreleri (cone-epitheliocytus conifer): 60x1.5 µm boyutlarında uzun hücrelerdir¹¹. Parlak ışıkta uyarılır ve daha fazla görmeye duyarlıdır^{11,28}.

Dış sınırlayıcı membran: Basil hücrelerinin dış liflerle ve koni hücrelerinin somataları ile birleşme yerlerinde dış sınırlayıcı membran vardır⁴. Bu gerçek bir membran değildir⁴⁸. Müller hücrelerinin dış uzantıları ile fotoreseptörlerin (koni ve basillerin) iç segmentleri arasındaki zonula adherenslerin meydana getirdikleri bir tabakadır. Koni ve basil hücreleri bu membranı delerek geçerler^{1,6,11,13,29,32,37,48}.

Dış nükleer tabaka: Retina'nın bu tabakası, koni ve basil hücrelerinin hücre çekirdekleri ile hücre gövdelerini içerir^{1,6,11,13,29,32,49}. Basil hücrelerinin nükleusları daha yuvarlak olup küçüktür ve daha koyu boyanır. Koni hücrelerinin nükleusları ise daha kalın ve daha açık renkte boyanırlar^{32,48}.

Dış plexiform tabaka: Nükleus bulunmayan bölüm olup retinanın 1. sinaptik tabakasını oluşturur³². Dış sinaptik tabaka olarak da bilinen bu tabakada, koni ve basil hücrelerinin aksonları ile bipolar nöronların dendritleri arasındaki sinaptik bölge olup içinde amacrin ve horizontal hücrelerin uzantılarını barındırır^{1,6,11,13,27,29,30,32,44}.

İç nükleer tabaka: Bipolar (2. nöron), amacrin ve horizontal hücrelerin çekirdekleri ile destek hücreleri olan Müller hücrelerini içerir. Bu tabakada üç bölge ayırt edilir. En dış kısımda horizontal hücreler, ortada bipolar hücreler, en iç kısımda amacrin hücreler yer alır^{1,6,11,13,21,27,29,30,32,44}. Müller hücre nükleusları bu tabakanın merkezinde yerleşmişlerdir⁴⁹. Müller hücreleri retina'nın destek hücreleridir. Retina'nın hemen bütün kalınlığına yer alırlar¹¹.

İç plexiform tabaka: Bipolar hücrelerin aksonları, ganglion hücrelerinin dendritleri ve amacrin hücrelerinin uzantılarını içeren sinaptik bir tabakadır^{1,6,11,13,27,29,30}.

Ganglion hücre tabakası: Tek katlı büyük multipolar ganglion hücre nükleuslarından (3. nöron) oluşur^{11,13,21,29,30,32,37,44}. Sadece macula'da çok katlıdır^{11,13,21,29,32,37,44}. Ganglion hücreleri dendritlerine göre iki tipe ayrılır. Monosinaptik (cüce) ganglion hücreleri tek bir cüce bipolar hücrelerle, polisaptik ganglion hücreleri ise birkaç bipolar hücre ile sinaps yaparlar^{1,11,13,27,29,37}. İnsanlarda ganglion hücre tabakasında 1-1.6 milyon kadar ganglion hücresi olduğu tahmin edilmektedir^{37,45}. W, X ve Y olmak üzere üç tip ganglion hücresi bulunmaktadır⁴⁵.

Sinir lifi tabakası: Myelinsiz liflerden oluşan bu tabaka ganglion hücre tabakasındaki multipolar ganglion hücrelerinin aksonlarından meydana gelmiştir^{6,13,29,30,32,37}. Ganglion hücrelerinin aksonları sclera'yı delerek retina'nın iç yüzünde n. opticus'u meydana getirir^{1,11,13,27,29,37}. N. opticus sclera'yı geçerken myelin kılıfı ilave olur^{11,29}.

İç sınırlayıcı membran: Son tabaka olan iç sınırlayıcı membran retina ve vitreus arasındaki ara yüzeyde zor görülebilen bir bazal membrandır⁴⁸. Bu tabaka retina'dan

choroidea'e doğru sıvı alışverişinde rol alır⁴. Müller hücrelerinin uzantılarından meydana gelen bu tabaka, retina ile corpus vitreum'u birbirinden ayırır^{1,6,11,29,32,37}.

Retina'nın arterleri a. centralis retinae'dir. Discus nervi optici'den retina'ya girer. Retina'nın venleri de v. centralis retinae'dir. Discus nervi optici'den retina'yı terkeder²⁹.

2.2.8. Bulbus Oculi'nin Işığı Kıran Saydam Yapıları

Dış ortamdaki objelerden gelen ışık bulbus oculi'de bulunan çeşitli saydam ortamlardan geçerek retina'ya ulaşır²². Gözün ışığı geçiren ve kıran bu saydam yapıları, cornea, humor aquosus, corpus vitreum ve lens'tir. Bunlardan sadece lens'in refraktif gücü değişebilir⁴.

Lens (Göz Merceği)

Lens, cornea'dan sonra bulbus oculi'nin ikinci önemli ışığı kırıcı yapısıdır²². Lens, iris'in arkasında, corpus vitreum'un önünde aralarında yer alan yumuşak, saydam ve proteinden zengin bikonvex kapalı bir kapsüldür^{4,11,13,14,17,21,27,29,40}. Humor aquosus'u corpus vitreum'dan ayırır⁷. Processus ciliares ile çevrelenmiştir^{4,40}. Arka konveksitesi önden daha büyüktür^{1,4,13,21}. Lens'in posterior yüzü corpus vitreum'un anterior yüzündeki fossa hyaloidea'ya oturur²⁹. Lens'in merkezi kısmına nucleus lentis, dış kısmına cortex lentis adı verilir. Nucleus lentis, cortex lentis'e göre daha sert yapıdadır. Lens'in anterior yüzüne facies anterior lentis, posterior yüzüne facies posterior lentis denir. Anterior ve posterior yüzlerinde, en çıkıntılı orta noktalara polus anterior lentis ve polus posterior lentis adı verilir. Polus anterior ve polus posterior'un birleşmesiyle meydana gelen eksene axis lentis, facies anterior ve facies posterior'u birleştiren kenara da aequator lentis denir^{1,18,29}. Lens'i yerinde asılı tutan yapılar zonüler liflerdir (fibriae zonulares). Fibriae zonulares, lens ile processus ciliares arasında uzanan yapılar olup lens'in posterior ve anterior yüzünde lens kapsülüne (capsula lentis) yapışırlar¹. Lens'te kan damarı ve sinir yoktur^{1,22}. Lens oksijenini camera'lardaki sıvıdan alır¹.

Lens'in başlıca iki görevi vardır. Birincisi saydamlığını, ikincisi de esnekliğini koruyarak akomodasyona izin vermektir⁶.

Lens; capsula lentis (lens kapsülü), epithelium lentis (lens epiteli) ve substantia lentis (lens stroması) gibi yapılardan oluşur^{1,11,13,22,29,36}. Lens yüzeyini saran capsula lentis düz, homojen, elastik, gergin ve hücresiz bir dokudur^{13,17,21,22,36}. Morfolojik olarak yüzeye paralel yerleşimli ince filamentlerden yapılmıştır^{13,22}.

Epithelium lentis ön yüzde tek tabakalı olarak kapsül altında yer alır^{11,13,17,22}. Epitel hücreleri şekil değiştirerek lensin ekvatorunda lens liflerini (fibrae lentis) oluşturur^{1,13,17,22,29}. Fibrae lentis, ekvatoru dolanarak lensin anterior ve posterior yüzünü çevreler¹.

Substantia lentis ise lens liflerinden yapıldır^{13,22}. Lens gövdesini oluşturur¹¹. Ön yüzü lens epiteli ile örtülüdür²⁹.

Zonula ciliaris (Zinn-Suspensor ligament): Lens, ince bir askı olan zonula ciliaris (zonula) vasıtasıyla yerinde oynamaz^{13,14,32,33,36}. Corpus ciliare ve iris'in arka tarafında uzanan zonula ciliaris, corpus vitreum'dan camera posterior bulbi'yi ayırır¹⁴. Zonula ciliaris, lens kapsülünün ekvatorial bölgesinden corpus ciliare'nin iç yüzeyine doğru yeterli kalınlıkta bağlanma sergileyen hassas, kollajenöz bir sistemdir^{13,33,36}. Corpus vitreum'un anterior yüzünde fibriae zonulares yığınları arasındaki mesafe içinde ve siliyer kıvrımların arasında ileriye doğru olan kabartıya spatia zonularia (zonuler aralık) denir¹⁴.

2.2.9. Bulbus Oculi'nin Camera'ları (Camera Bulbi)

Bulbus oculi'de camera anterior bulbi (ön kamara), camera posterior bulbi (arka kamara) ve camera vitrea bulbi (vitröz kamara) olmak üzere 3 camera bulunur^{1,14,21,29}. Bulbus oculi'nin içindeki alan, lens ve iris vasıtasıyla anterior'daki daha küçük, posterior'daki daha büyük olmak üzere önce ikiye ayrılır^{23,28}. Lens'in posterior'undan retina'ya kadar olan ve corpus vitreum ile dolu olan kısma camera vitrea bulbi denir. Lens'in anterior'unda kalan kısım da iris vasıtasıyla camera anterior bulbi ve camera posterior bulbi diye iki kısma ayrılır²⁸. Camera anterior bulbi ile camera posterior bulbi humor aquosus, camera vitrea bulbi ise corpus vitreum ile doludur. Bu oluşumlar gözde ışığı kıran ortamları meydana getirirler^{1,18,23,28,40,33}. Camera anterior bulbi, camera posterior bulbi ile pupilla vasıtasıyla direkt olarak iletişindedir¹⁴.

Camera Anterior Bulbi

Humor aquosus ile doludur. Anterior'da cornea, posterior'da iris ve pupilla ile sınırlanmıştır^{1,7,11,14, 22,29,30,40}.

Camera anterior bulbi açısı (angulus iridocornealis), cornea ile iris'in camera anterior bulbi çevresinde cornea, corpus ciliare ve iris'in birleşme noktasında yer alır. Camera anterior bulbi'nin tüm çevresi boyunca bulunur. Posterior duvarı iris, anterior duvarı ise trabeküler ağ ve schlemm kanalı tarafından oluşturulur^{1,18,22,29}.

Camera anterior bulbi açısının anterior duvarında insanda iyi gelişmemiş olan lig. pectinatum denen yapı, posterior'unda ise trabeküler ağın düzensiz kanallarının birleşmesiyle oluşan schlemm kanalı (sinüs venosus sclerae) yer alır^{1,14,29,32}. Schlemm kanalının dış tarafındaki cornea dokusu trabeküler bir yapı gösterir²⁹. Trabeküler bir yapı gösteren lig. pectinatum arasında bulunan boşluklara fontana aralıkları (spatia iridocornealis) adı verilir. Fontana aralıkları camera anterior bulbi ile schlemm kanalı arasındaki bağlantıyı sağlar. Processus ciliaris tarafından üretilen humor aquosus, fontana aralıklarından geçerek schlemm kanalına ulaşır^{1,6,14,18,21,29,32}. Lig. pectinatum, cornea ve iris arasındaki açıyı angulus iridocornealis'e bağlar. Ayrıca kanatlılarda sclera ve corpus ciliare arasında uzanır. Lig. pectinatum endotel tarafından kaplanmıştır²¹.

Trabükeler ağ, sulcus sclerae veya limbus corneae'nın iç kısmında yer alan bağ dokusu lamellalarından yapılmış gözenekli bir dokudur. Her lamellanın ortasında örtücü endotel bulunur. Endotel, cornea epiteli ile devam eder³². Trabükeler ağın içyan yüzü camera anterior bulbi'ye bakar ve humor aquosus ile temas halindedir ve camera anterior bulbi'yi çepeçevre kuşatır^{6,22}.

Schlemm kanalı, sulcus sclerae'nın iç kısmında sclera içinde yerleşmiştir²². Camera anterior bulbi'yi çevreler. Tek katlı endotel ile döşelidir. İç yüzü trabeküler ağ ile temas halindedir⁶. Limbus'a paralel olarak uzanan 36-40 mm uzunlukta dairesel bir kanaldır²². Sclera içerisindeki venlerin oluşturduğu bir yapıdır²¹. Bunlara aquosus venler denir⁶.

Camera Posterior Bulbi

Anterior'da iris, posterior'da lens ve lensi asan fibrae zonulares, çevrede ise corpus ciliare ile sınırlanmıştır^{1,7,18,22,29,40}. Humor aquosus ile doludur^{7,22,29}. Camera posterior bulbi, camera anterior bulbi'den daha küçüktür¹⁴.

Humor aquosus: Camera anterior bulbi ve camera posterior bulbi'yi dolduran, hücreden yoksun, proteinden fakir, berrak ve renksiz bir sıvıdır^{1,4,14,17,27}. Toplam miktarı azdır. Aktif transportla ve processus ciliares'teki pigmentsiz epitel tarafından diffüzyon ile oluşur ve camera posterior bulbi'ye girer^{4,18,29}. Sonra pupilla aracılığıyla camera anterior bulbi'ye geçerek camera anterior bulbi açısına ulaşır^{1,4,7,17,18,22,27,29}. Camera anterior bulbi'den da fontana aralıkları ile villi pectinati'lerle emilmek suretiyle schlemm kanalına, daha sonra da toplayıcı kanallar yoluyla episcleral venöz pleksus'a (vv. ciliares anteriores) boşalır^{1,2,4,17,22,27,29}. Humor aquosus'un göz dışına drenajının %90'ı camera anterior bulbi açısı yoluyla oluşur^{1,2,4,22,29}.

Humor aquosus'un iki görevi vardır. Bunlardan birincisi, kan damarlarından yoksun olan cornea ve lens'in beslenmesini, ikincisi de iç basınç meydana getirerek bulbus oculi'nin şeklinin sabit kalmasını sağlamaktır^{2,17,23}.

Camera Vitrea Bulbi (Vitröz Boşluk)

Camera vitrea bulbi, bulbus oculi'nin en büyük kavitesi olup yaklaşık 4/5'ünü oluşturur. Camera vitrea bulbi, corpus vitreum denilen ve %90'ı su olan, renksiz, saydam jel kıvamında, biraz tuz, çok az glikoprotein (mukopolisakkarid) ve hyaluronik asit (hyaluronat) içeren bir yapı ile doludur^{4,7,11,22,29,33,35}. Corpus vitreum daima tümüyle hücreden yoksundur¹⁴. Corpus vitreum'un içerisinde yer alan sıvıya da corpus vitreum adı verilir^{1,29,33}. Corpus vitreum, retina ile lens arasındaki boşluğu doldurarak lensin yerinde kalmasını sağlar²³. Vitröz boşluğun önünde lens kapsülünün arka kısmı, zonula ciliaris ve corpus ciliare yer alır^{1,11,35}. Geri kalan yanlarda ve arkada ise retina tarafından sarılmıştır^{1,11,14,35}. Corpus vitreum'un önünde lens'in konvexliğine uyan çukurluğa fossa hyaloidea denir^{1,14,17,29,33}. Bu çukuru corpus vitreum'un arasından geçerek lens'in arka yüzünden discus nervi optici'ye bağlayan kanala da canalis hyaloideus denir^{1,17,29,33}. Liflerin yüzey yoğunlaşması sonucu oluşan ve membrana vitrea olarak adlandırılan

membran corpus vitreum'u çepeçevre sarar. Corpus vitreum'da kan damarları bulunmadığından yapının beslenmesi retina ve processus ciliaris'teki damarların desteği ile gerçekleştirilir^{1,29}.

Corpus vitreum bir seri kırılma ortamı oluşturan cornea, humor aquosus ve lens gibi yapılardan geçen ışığın retina'ya ulaşmasını sağlar^{1,17,29}. Ayrıca lens'in arka yüzeyini destekler. Retina'nın pars nervosa'sının, pars pigmentosa'sına tutunmasına yardımcı olur¹⁷.

2.2.10. Görme Yolları

Görme Yolu Nöronları ve Binoküler Görme

Her göze ait görme alanı, o gözün dış dünyadan görebildiği bölümdür. Her iki göze ait görme alanlarının merkez bölümleri üstüste örtüştüğünden, görme alanının bu bölümünde yer alan herhangi bir nesne, binoküler görüş altındadır. Bir nesneden gelen ışık ışınlarının iki retinada oluşturduğu uyarılar, cortical düzeyde, tek bir hayal halinde kaynaştırılır. Bir nesnenin, binoküler bakışta tek bir nesne olarak görülebilmesi için, bu nesneye ait hayalin, retina üzerinde düşme zorunda olduğu noktalara "karşılık noktalar" adı verilir².

Sinir uyarıları retina'ları terk ettikten sonra n. opticus vasıtasıyla chiasma opticum'a geçerler. Chiasma opticum'da, retina'ların nasal yanlarından kalkan liflerin tamamı karşı tarafa geçerler, diğer taraf temporal retinalardan kalkan liflere katılırlar ve tractus opticus'u meydana getirirler. Herbir tractus opticus lifleri dorsal nuc. geniculatus lateralis'te sinaps yapar ve buradan kalkan geniculocalcarin lifler, radiatio optica (tractus geniculocalcarinus) yolu ile lobus occipitalis'in fissura calcarina bölgesindeki primer görme korteksinde (Brodmann'ın 17. alanı) ulaşır^{2,45}.

Retina'dan cortical görme merkezine duyular 4 nöron aracılığı ile ulaşır.

1. **nöron:** Koni ve basil şeklindeki fotoreseptör nöronlar olup, pars optica retina'nın en derin katında bulunurlar.
2. **nöron:** Retina'daki bipolar ganglion hücreleri olup koni ve basil hücrelerini multipolar ganglion hücrelerine bağlarlar.

3. **nöron:** Multipolar ganglion hücreleridir. Pars optica retina'nın en dış katında bulunur ve orta katında bulunan bipolar ganglion hücrelerini corpus geniculatum laterale'ye bağlarlar.
4. **nöron:** Corpus geniculatum laterale'den çıkıp kortikal görme merkezine uzanan nöronlardır³⁷.

N. Opticus

N. opticus, dıştan sırasıyla beyin zarları olarak bilinen piamater, arachnoid ve duramater gibi choroidea ve sclera'nın devamı olan yapılarla çevrelenmiştir^{12,17,19,29,32,36}. Sinir demetleri oligodendrositler, astrositler ve aksonlardan oluşur¹⁹. N. opticus'u oluşturan lifler, gözün pars optica retinae'sında bulunan multipolar ganglion hücrelerinin santral uzantılarıdır. Myelinli olan bu lifler, schwann hücrelerinden ziyade oligodendrositlerden oluşan bir kılıfla sarılmıştır^{29,37}.

N. opticus kafa çiftleri de denilen cranial sinirlerin ikincisi olup görme ile ilgilidir. Özel duysal bir sinirdir¹⁶. Discus nervi optici'nin posterior'undan chiasma opticum'a kadar uzanır¹⁹. Chiasma opticum'dan bulbus oculi'ye kadar olan mesafe 5 cm'dir¹⁶. Bu değer bazı kaynaklarda yaklaşık 4-5 cm olarak geçmektedir^{1,37}.

N. opticus gözle santral sinir sistemini birleştiren sinir liflerinin oluşturduğu bir kordondur^{44,50}. N. opticus periferik bir sinir değil, santral sinir sisteminin retinal ganglion hücreleri ile midbrain arasındaki bir yoldur^{14,51}. N. opticus beyin bir uzantısı şeklinde geliştiğinden dıştan beyni saran meninges tarafından sarılmıştır. Retina'daki sinir lifleri papilla nervi optici'ye doğru yönelirler ve sclera'daki elek şekilli lamina cribrosa'dan n. opticus olarak çıkarlar. N. opticus, orbita içinde "S" şeklinde hafif bir kıvrım yapar^{17,29,32,52}. Böylece spatium subarachnoideum aracılığı ile liquor cerebrospinalis n. opticus çevresinde canalis opticus'tan geçerek bulbus oculi'ye kadar uzanır¹⁷. N. opticus, intraocular ve orbital olmak üzere iki kısma ayrılır³⁶. Intraocular bölümdeki sinir liflerinin hücre gövdeleri ganglion hücreleridir. Bu lifler retina'yı geçtiğinde myelinsizdirler. Orbita'daki kısmı yaklaşık 3 cm kadardır ve lamina cribrosa'dan itibaren discus nervi optici'de sclera'ya girerken myelinlidirler^{14,21,32,33,36}. N. opticus, retina'yı discus nervi optici'de deler^{7,18,29}. Bulbus oculi'yi deldiği bu yere area cribriformis sclerae denir^{13,50}. N. opticus, canalis opticus'tan geçerek fossa cranii media'dan orbita'ya girer^{16,17,21,29,37,50}. N. opticus diğer cranial sinirlerden daha büyüktür⁵⁰.

Chiasma Opticum

Birçok omurgalı hayvanda gözden beyne uzanan ve her iki taraftan gelen n. opticus lifleri birleşerek sol gözden sağ beyin yarımküresine ya da sağ gözden sol beyin yarımküresine bağlanır. Bunların kesiştikleri bölgeye chiasma opticum denir^{6,7,17,43}. Sella turcica ve diaphragma sellae'nın hemen üzerinde yerleşmiştir ve burada "X" şeklindeki çaprazı oluşturur^{6,16,21,29,37}. Tuber cinereum ve infundibulum'un önünde yer alan bu çaprazdan sonra her iki n. opticus birbirinden uzaklaşarak seyrederler^{16,21,29}. Chiasma opticum'un, anterolateral köşesi n. opticus ile posterolateral köşesi de tractus opticus ile birleşir. Her bir gözün retina ve macula'sının nasal yanlarından gelen lifler, chiasma opticum'un medial kısmında çaprazlaşarak karşı tarafın, temporal yanlarından gelen lifler ise çaprazlaşmadan aynı tarafın tractus opticus'unda seyrederler^{6,16,17,37,50}.

Tractus Opticus

Chiasma opticum'un posterolateral köşelerinden çıkar ve posterolaterale doğru crus cerebri etrafında dolaşarak thalamus'un corpus geniculatum laterale'si ile birleşir. Burası ortak görme alanlarına ait görüntüler taşıır^{7,16,17,37,50}. Liferinin çoğu burada sinaps yapar. Işık refleksi ile ilgili olan az bir bölümü ise buradan kesilmeksizin geçerek nuc. pretectalis ve colliculus superior'da sinaps yapar^{16,17,37,50}. Tractus opticus'ların, chiasma opticum'da çaprazlaşmaları kuşlarda tam olduğu halde (monoküler görme), memelilerde tam değildir (semidecussatio)⁵⁰.

Corpus Geniculatum Laterale

Retinal ganglion hücre aksonlarının sinaps yeridir ve diencephalon'da yerleşmiştir⁶. Brachium colliculi superioris ile colliculus superior'a bağlanmıştır²². Pulvinar thalami'nin üst yüzünün arka dış kısmında bulunan küçük ovalimsi bir kabartıdır^{29,50}. Kesitinde nuc. geniculatus laterale mevcuttur. Bu bölüm tractus opticus'un sonlanma yeridir²⁹. Burada, tractus opticus'u oluşturan 3. nöronun sinaps yaptığı 6 tabakalı bir yapı vardır. Buradan başlayan 4. nöronlar arkaya doğru radiatio optica olarak devam ederler ve görme ile ilgili korteks olan lobus occipitalis'teki görme alanına gider^{17,29,37,50}.

Radiatio Optica (Tractus Geniculocalcarinus)

Corpus geniculatum laterale'deki sinir hücrelerinin aksonlarıdır^{18,29,37}. Her bir corpus geniculatum laterale'den her bir lobus occipitalis'in primer görme alanına uzanır⁷. Radiatio optica'nın lifleri, fissura calcarina'nın duvarlarında yerleşen brodmann'ın 17. alanında sonlanır⁶.

Sulcus Calcarinus

Corpus geniculatum laterale'den başlayan lifler, radiatio optica adı altında primer görme kortexine gider. Corpus geniculatum laterale'nin medial yarımından başlayan ve radiatio optica'nın üst kısmını oluşturan lifler, parietal lob içinden geçerek sulcus calcarinus'un üst dudağında sonlanır. Visual kortex'in histolojik kesitlerinde görülen myelinize liflere Gennari bandı adı verilir. Bu band nedeniyle visual kortex'e striat kortex de denir⁵⁰. Sulcus calcarinus, yalnızca medial yüzeyde ayırt edilebilir ve lobus occipitalis'i transvers olarak ikiye böler⁷. Bu merkez yalnız gördüğümüz cisimlerin resimlerini alır, fakat tanıtmaz. Gördüğümüz cisimleri tanıtan merkezler lobus occipitalis'in konvex yüzündeki üst gyrus'larda bulunur. Lateral tarafta hareket eden cismi gözlerimizle izlemek için yapılan kombine hareketleri yöneten motor merkezler bulunur. Alt kenarında ise renkleri ayırma merkezi tespit edilmiştir²⁰

2.2.11. Görme Kortexi

Primer Görme Merkezi

Lobus occipitalis'te sulcus calcarinus'un her iki tarafında yer alır. Brodmann'ın 17 numaralı alanı olarak bilinen bu alana "primer görme merkezi" denir^{7,18,22,45}. Daha çok medial yüzdedir. Burada sulcus calcarinus'u çevreler. Tüm kortexin en ince bölümü olup buraya area striata da denir^{22,45}. Primer görme merkezinin afferent lifleri, corpus geniculatum laterale'den radiatio optica aracılığı ile gelir. Primer görme merkezinde retinotopik bir organizasyon vardır. Bir taraftaki cuneus'a gelen lifler, görme alanının kontralateral yarımının alt kısmı ile; bir taraftaki gyrus lingualis'e gelen lifler ise görme alanının kontralateral yarımının üst kısmı ile ilgili impulslar taşır. Primer görme merkezinin ön kısımları, görme alanının periferik kısmı ile; lobus occipitalis ise görme alanının santral kısmı ile ilgilidir. Primer görme merkezinde santral görmenin temsil edildiği bölge, periferik görmenin temsil edildiği bölgeye göre oldukça geniştir⁴¹.

Primer görme merkezinde, görüntünün spesifik modaliteleri ile ilgili nöronlar, laminalar boyunca uzanan kolumnar bir organizasyon gösterir. Aslında bu tür bir organizasyon tüm primer duyu merkezlerinde vardır. Görme ile ilgili belirli uyarılara hassas olan nöronların oluşturduğu oryantasyon kolonları ile renk kolonları, görme alanındaki objelerin yerlerinin ve renklerinin algılanmasında; göz tercihli kolonlar ise her iki görme alanından gelen impulsları değerlendirerek derinliğin algılanmasında rol oynamaktadır⁴¹.

Sekonder Görme Alanları

Brodmann'ın 18 ve 19 numaralı alanları ile 39 numaralı alan sekonder görme alanları olarak değerlendirilir⁴¹. Bu alanlar, primer görme merkezinden gelen impulsları değerlendirerek objelerin şekillerinin analiz edilmesi, hareket eden objelerin gözlenmesi, aynı renklerin değişik tonlarının ayırt edilmesi gibi daha üst düzey fonksiyonların yerine getirilmesinde rol oynar^{29,37,41}. Ayrıca basılı sözcüklerin ve objelerin boşluktaki lokalizasyonunun yorumunu yaparlar. 18. alana "sekonder", 19. alana "tersiyer görme alanı" adları da verilir²².

Yapılan araştırmalar 18. alanın alt bölümünde cansız, üst bölümünde ise canlı objelerin tanımlandığını bildirmektedir²².

19. alanın, 18. alanla birlikte görme fonksiyonundaki assosiyasyon işlevinin yanı sıra, son yıllardaki araştırmalar sonucunda ağırlıklı olarak yer belleği, hesap ve sayıları tanıma, okuma, belli bir şekil üzerine düşünceler ve obje tanıma gibi bellek fonksiyonunu üstlenen bazı görevleri olduğu bulunmuştur²².

Occipital Göz Alanı

Lobus occipitalis'te yer alan bu alanın tam lokalizasyonu yapılamamaktadır. Olasılıkla 19. alana ilişkin kortexin bir bölümüdür. İstem dışı göz hareketlerinden sorumludur. Occipital kortex'in bütün olarak elektriksel uyarılması sonucu gözlerin karşı tarafa sapsmasının bu alan tarafından yapıldığı sanılmaktadır. Frontal göz alanı ile ilişkileri vardır²².

2.2.12. Organa Oculi Accessoria (Gözün Yardımcı Yapıları)

Mm. bulbi (göz kasları), fasciae orbitalis (orbita fasyaları), orbita yağ dokusu, supercilium (kaşlar), palpebrae (göz kapakları), conjunctiva ve apparatus lacrimalis (gözyaşı sistemi) gözün yardımcı yapılarını oluştururlar^{18,22,29}.

Mm. Bulbi (Bulbus Oculi'nin Kasları)

Bulbus oculi'nin hareketlerini sağlayan kaslar gözün ekstraoküler (extraocularis) kaslarını teşkil ederler²². İnsanlarda her bir orbitada horizontal, vertikal ve oblik kas çifti olmak üzere üç çift ekstraoküler kas vardır⁵³. M. sphincter pupillae ve m. dilator pupillae ise gözün intraoküler (intraocularis) kaslarını oluştururlar²². Orbitada 7 tane istemli kas vardır⁷. Bulbus oculi'nin hareketi bu kaslardan 6 tane göz kası ile gerçekleştirilir^{7,25}.

İnsanda göz kasları:

- 1- M. obliquus superior
- 2- M. obliquus inferior
- 3- M. rectus superior
- 4- M. rectus inferior
- 5- M. rectus medialis
- 6- M. rectus lateralis

Hayvanlarda göz kasları:

- 1- M. rectus dorsalis (N. oculomotorius)
- 2- M. rectus ventralis (N. oculomotorius)
- 3- M. rectus medialis (N. oculomotorius)
- 4- M. rectus lateralis (N. abducens)
- 5- M. retraktor bulbi (N. abducens)
- 6- M. obliquus dorsalis (N. trochlearis)
- 7- M. obliquus ventralis (N. oculomotorius)
- 8- M. levator palpebrae superioris (N. oculomotorius)
- 9- M. orbitalis

İlk dört kas bulbus oculi'yi yukarı, aşağı, dışa ve içe çevirirler. *M. retractor bulbi*, bulbus oculi'yi orbita içine çeker. Bu kas insanda bulunmaz. *M. obliquus dorsalis*, bulbus oculi'yi aşağı ve dışa çevirir. *M. obliquus ventralis*, bulbus oculi'yi yukarı ve dışa çevirir. *M. levator palpebrae superioris*, üst göz kapağını kaldırmak suretiyle gözü açar²⁹.

M. rectus medialis: Orbita tepesinde zinn halkasından (anulus tendineus communis) çıktıktan sonra bulbus oculi'nin iç yanından ilerleyerek limbus cornea'nın 5.5 mm gerisinde sclera'ya yapışır. Bulbus oculi'yi vertikal eksen etrafında içe çevirir (adduksiyon).

M. rectus lateralis: Zinn halkasından çıktıktan sonra bulbus oculi'nin dış yan kenarı boyunca uzanarak limbus cornea'nın 7 mm gerisinde sclera'ya yapışır. Bulbus oculi'yi vertikal eksen etrafında dışa çevirir (abduksiyon).

M. rectus superior: Zinn halkasında *M. levator palpebrae superioris*'in altında bulbus oculi'nin dorsal yüzünde öne ve dışa doğru 23°'lik bir açıyla ilerleyerek limbus cornea'nın 7.7 mm gerisinde sclera'ya yapışır. Bulbus oculi'yi vertikal eksen etrafında içe ve transvers eksen etrafında yukarı doğru çevirir (elevasyon, adduksiyon, intorsiyon).

M. rectus inferior: Bu kas da zinn halkasına tutunarak başlar. Bulbus oculi'nin altından öne ve dışa doğru 23°'lik bir açıyla yönelerek limbus cornea'nın 6.5 mm gerisinde sclera'ya yapışır. Bulbus oculi'yi vertikal eksen etrafında içe ve transvers eksen etrafında aşağı doğru çevirir (depresyon, adduksiyon, ekstorsiyon).

M. obliquus superior: Zinn halkasından ve canalis opticus'un superior ve medial tarafında corpus sphenoidale'den başlar. Orbita'nın superior ve medial duvarına paralel olarak cartilago trochlearis'e gelir. Cartilago trochlearis'in içinden geçtikten sonra dışa arkaya ve aşağıya doğru genişleyerek scleraya yapışır. Bulbus oculi'yi aşağı ve dışa doğru çevirir.

M. obliquus inferior: Os maxilla'nın facies orbitalis'inden başlar. Laterale doğru uzanan kas önce *m. rectus inferior* ile orbita'nın, sonra bulbus oculi ile *m. rectus lateralis*'in arasından geçerek bulbus oculi'nin posterolateral kısmında *m. rectus inferior* ile *m. rectus lateralis* arasında sclera'da sonlanır. Bulbus oculi'yi yukarı ve dışa doğru çevirir.

M. orbitalis: Fissura orbitalis superior'u kapatan bu kas çalışmadığı zaman bulbus oculi içe doğru çöker. Ganglion cervicale superius'tan çıkan sempatik lifler tarafından innerve edilir¹⁸.

Sinirsel İnnervasyonları

M. rectus lateralis'i n. abducens, m. obliquus bulbi superior'u n. trochlearis ve diğer tüm bulbus oculi'yi hareket ettiren diğer kasları n. oculomotorius innerve eder^{1,7,17,22,37,53}. M. extraocularis tenon kapsülünün bir uzantısı olan fascia muscularis ile sarılıdır¹.

Kasların arterial beslenmeleri öncelikle a. ophthalmica'nın kas dalları (rr. musculares) ile sağlanır. Ayrıca a. infraorbitalis'e ait kas dalları m. rectus inferior ve m. obliquus inferior'a ulaşırlar. M. rectus lateralis ise a. lacrimalis'ten gelen bir dal ile beslenir. Venler vv. ophthalmicae'ya drene olurlar²².

Fasciae Orbitales (Orbita Fasyaları)

Fasciae orbitales, orbita periostu, palpebral fascia, musculus fascia'lar ve tenon kapsülünden oluşur²². Bulbus oculi, fascia sistemi tarafından orbita içinde askıdadır⁵³.

Orbita Periostu (Periorbita): Orbita'yı saran periostal örtüdür^{18,22}. Foramen opticum'da ikiye ayrılan duramater tarafından oluşturulur⁶. Orbita periostu kemiğe gevşek olarak tutunur. Arkada canalis opticus ve fissura orbitalis superior'da kafatasının iç yüzündeki periost ile devam eder¹⁸.

Palpebral Fascia (Septum Orbitale): Kollajen ve elastik liflerden yapılmış fibröz, ince bir tabakadır²². Orbita'daki yağ dokusunun öne gelmesini ve yüzeysel enfeksiyonların orbitaya yayılmasını önler⁶.

Fascia Musculares: Özellikle m. extraocularis'i saran bu fascialar ince bağ dokusu uzantılarıyla birbirleriyle bağlantılıdır^{6,22}. Bulbus oculi'nin rotasyonlarında conjunctiva'yı gergin tutar⁶.

Tenon Kapsülü (Vagina Bulbi: Fascia Bulbi): Bulbus oculi'yi n. opticus'tan limbus corneae'ya kadar uzanan fibroelastik yapıda ince bir membranla çepeçevre saran zardır^{6,17,18,22,53}. Tenon kapsülü conjunctiva ile sağlam bir şekilde kaynaşmıştır. Bu kaynaşma bölgesi hariç iki yapı subconjunctival aralık tarafından ayrılmıştır. Tenon kapsülü, sclera'dan aralarında bulunan ve spatium episclera denilen potansiyel bir boşluk vasıtasıyla ayrılmıştır^{18,53}. Tenon kapsülü bulbus oculi'yi orbital yağdan ayırır ve rahat hareket etmesini sağlar^{6,17,18}. M. extraocularis tenon kapsülünden geçerek sclera'ya yapışır. Tenon kapsülü, bulbus oculi'nin alt yüzü etrafında kalınlaşarak lig. suspensorium bulbi denen fascial bir hamak oluşturarak bulbus oculi'yi, orbita'nın medial ve lateral kenarları arasında asılı tutar^{7,18}.

Corpus Adiposum Orbitae (Orbita Yağ Dokusu)

Orbita boşluğunun kaslar, damarlar, sinirler, bulbus oculi ve gl. lacrimalis dışında kalan bölümünü doldurur²².

Supercilium (Kaş)

Orbita'nın üst kenarı boyunca paralel yerleşmiş kısa, kalın tüylerden oluşur. Gözleri güneşten korur ve düşen parçalar ile terin göze girmesini engeller^{18,22}.

Palpebrae (Göz kapağı)

Bulbus oculi önünde açılıp kapanarak onları kurumaktan, yaralanmalardan, yabancı cisimlerden ve fazla ışıktan koruyan, gözyaşının yayılımını ve burun boşluğuna boşalmasını sağlayan perde şeklinde hareketli yapılardır^{6,18,22}. Üst ve alt (palpebra superior et inferior) olmak üzere iki tane göz kapağı vardır^{18,22}. Palpebrae arasındaki aralığa rima palpebrarum denir¹⁸. Kuşların iyi gelişmiş palpebrae'sı vardır. Alt palpebrae daha çok hareketli ve büyüktür²⁸. Memelilerde ise genellikle üst palpebrae alttakilerden daha iyi gelişmiştir^{7,28}.

M. levator palpebrae superioris: Extraoküler bir kastır⁷. Orbita tepesinden orbita duvarlarına ve üst kapağa uzanır. Os sphenoidale'nin ala minor'undan orijin alır. Hem üst kapağa hem de orbitanın içyan ve dışyan duvarına uzanır. N.

oculomotorius ile innerve olan bu kas üst göz kapağını yukarı çeker ve gözü açar^{7,17,18,22}.

M. tarsalis superior (Müller kası): M. levator palpebrae superioris'in aponevrozunun alt yüzünden çıkar ve tarsus superior'un üst kenarına yapışır. Çizgisiz kas yapısında olan bu kas sempatik sinirlerle innerve olur. Üst kapağı yukarı çeken diğer bir kastır^{7,18,22}. Ganglion cervicale superius'tan çıkan sempatik lifler tarafından innerve edilir¹⁸.

M. tarsalis inferior: M. rectus inferior'un capsulopalpebral fascia'sından çıkar ve tarsus inferior'un alt kenarına tutunur. Sempatik sinirlerle beslenen bu kas da çizgisiz kas yapısındadır²². Alt göz kapağını aşağı çeker^{18,22}. Ganglion cervicale superius'tan çıkan sempatik lifler tarafından innerve edilir¹⁸.

Conjunctiva (Tunica Conjunctivae)

Palpebrae'nın serbest kenarlarından limbus corneae'ye uzanan ince ve saydam müköz bir membrandır^{6,22}. Göz kapağının posterior yüzünü ve sclera'nın anterior yüzünü örterek saccus conjunctivalis'i oluşturur^{6,7}. Kapakların posterior yüzünden sclera'ya atarken kendi üzerinde kıvrılarak altta iki fornix oluşturur (fornix conjunctivae superior et inferior)^{7,18,22}. Fornix conjunctivae superior'un laterali glandula lacrimalis'in boşaltıcı kanalları olan ductuli excretorii açılır¹⁸. Conjunctiva palpebral ve bulbar (corneal) conjunctiva ile forniksler olmak üzere üç bölüme ayrılır^{18,22}. Bulbar conjunctiva, cornea ve ön sclera'yı korur^{7,22}.

Apparatus Lacrimalis (Gözyaşı Sistemi)

Apparatus lacrimalis, secretuar sistem ve excretuar sistem olmak üzere iki bölümde incelenir^{6,22}.

Secretuar Sistem (Salgılayıcı Sistem): Gözyaşı üreten yapılar gl. lacrimalis ve gl. lacrimales accessoriae'dan oluşur^{6,22}.

Gl. lacrimalis: Os frontale'nin orbita'ya bakan yüzünün lateral tarafındaki fossa glandulae lacrimalis'te yerleşmiştir^{7,18,22}. Gl. lacrimalis, canaliculi

lacrimales, Gözyaşı kesesi ve ductus nasolacrimalis'i içerir¹⁸. Gözyaşı aquosus komponentinin yaklaşık %95 kadarını salgılar⁶.

GII. lacrimales accessoriae: Wolfring ve Krause denen conjunctiva'nın substantia propria'sında yer alan küçük bezlerdir^{6,22}. Gözyaşı aquosus komponentinin geri kalan %5'lik bölümünü salgırlar⁶.

Excretuar Sistem (Boşaltıcı Sistem): Excretuar sistem; punctum lacrimale, canaliculi lacrimales ve ductus nasolacrimalis'ten oluşur^{7,22}.

Punctum Lacrimale, üst ve alt kapak serbest kenarlarının iç kısımlarında bulunan ve canaliculus lacrimalis'in deliğini oluşturan papilla lacrimalis'lerin tepesine açılan birer deliktir^{6,7,18,22}.

Canaliculi Lacrimales, papilla lacrimalis'lerin apexlerinde bulunan punctum lacrimale'lerden ortak bir kanalla saccus lacrimalis'lere (gözyaşı keseleri) uzanan kanalcıklardır^{7,18,22}.

Saccus Lacrimalis, orbita'nın alt-içyan kısmındaki os lacrimale ve os maxilla'nın oluşturduğu fossa sacci lacrimalis içine yerleşmiştir^{7,22}. Ductus nasolacrimalis'in genişlemiş üst ucudur¹⁸.

Ductus Nasolacrimalis, gözyaşı kesesinin devamıdır^{6,18,22}. Aşağıya doğru seyrederek meatus nasi inferior'a açılır^{6,7,18,22}. Açıldığı yerde plica lacrimalis denilen bir kapakçık bulunur¹⁸.

Orbita'nın Damar ve Sinirleri

Orbita esas olarak a. carotis interna'nın dalı olan a. ophthalmica ile beslenir^{6,22}. Orbita'da, a. ophthalmica'nın kendi dalları arasında bazı anastomozlar vardır. Ayrıca a. ophthalmica'nın bazı dalları a. carotis externa'ya ait bazı arterlerle de anastomozlar yaparlar. Böylece hem a. ophthalmica'nın kendi dalları arasında hem de a. carotis externa dalları ile a. ophthalmica dolayısıyla a. carotis interna arasında bağlantılar oluşur²².

Orbita'nın venöz kanı vv. opthalmicae (v. opthalmica superior et inferior) ile drene olur. Bunun yanında palpebrada tarsusların önünde yer alan venler içyanda v. angularis'e, dışyanda v. temporalis superficialis'e ulaşırlar. V. infraorbitalis de fissura orbitalis inferior yoluyla plexus pterygoideus'a birleşir. Ancak orbita'nın esas venöz yolu v. opthalmica superior'dur²².

Orbitada lenf ganglionu yoktur. Lenf drenajının yolu henüz çok iyi tanımlanamamıştır. Conjunctiva ve palpebrada lenf damarları bulunur ve içyandaki lenfatikler nodi lymphatici submandibulares'e, dışyan taraftakiler ise nodi lymphatici parotidei'ye drene olurlar²².

2.2.13. Visual Refleksler

Visual uyarılara cevap olarak göz, kafa ve boyun hareketlerini etkileyen visual reflekslerle ilişkili sinir impulsları n. opticus ve colliculus superior'u takip eder. Burada kompleks bağlantılardan geçerek tractus tectospinalis ve tractus tectobulbaris'lerden spinal motor nöronlara ve cranial sinirlere geçerler⁴.

Pupiller Işık Refleksi

Westphal) iletir. Buradan preganglionik aksonlar gang. ciliare'ye n. oculomotorius ile ulaşır ve m. obliquus inferior'a doğru dallanırlar. Bu gangliondan çıkan postganglionik lifler kısa n. ciliaris ile pupiller sfinktere ulaşır. Eğer tek bir göz uyarılırsa her iki pupil kontrakte olur (consensual pupilla ışık refleksi). Çünkü her bir tractus opticus'taki her iki nuc. pretectalis'e giden lifler vardır ve bunlar commissura posterior'da çaprazlaşır. Dilatör pupilla superior sempatik servical gangliondan beslenir bu yoldaki perganglionik lifler 1. ve 2. torakal spinal segmentlerdeki cornu laterale'lerdeki nöronlardan çıkar. Üst thoracal spinal sinirlerle ilerler ve bunların beyaz ramileri sempatik truncusla ilişki kurar ve buradan gang. cervicale superius'a geçer. Pupiller büyüklük bu iki innervasyonun dengeli aktivitesi sonucu olduğu için bu uyarı kesildiğinde pupil dilate olur. Pupil ayrıca vücudun hemen her tarafındaki ağırlı uyarana cevap olarak da genişler. Tahminen duyuşal yolların lifleri yukarıda tarif edilen preganglionik sempatik nöronlarla bağlantılıdır^{2,4}.

Acomodasyon Refleksi

Yakında duran bir cismin bulanık görüntüsü akomodasyon (uyum) refleksinin ortaya çıkmasına neden olur⁶. Bir objenin görüntüsünün net olarak algılanabilmesi için, görüntünün fovea centralis'e odaklanması gerekir⁴¹. Uzaktaki bir objeye bakarken daha yakındaki bir objeye bakıldığında görüntünün fovea centralis üzerine odaklanmasını sağlamak için her iki göz birbirine yaklaşır. Bu esnada her iki gözdeki m. ciliaris'lerin kasılması sonucunda lens'lerin kalınlığı artar ve m. sphincter pupillae'ların kasılması sonucunda pupillalar daralır. Göze yaklaşan bir objenin görüntüsünün net kalmasını sağlamaya yönelik bu hareketlere akomodasyon konverjans refleksi adı verilir^{4,41}. Akomodasyon refleksi için afferent yollar n. opticus, tractus opticus, corpus geniculatum laterale, radiatio optica ve cortical visual alanları içerir^{4,6}. Efferent yol ise opticomesencephalic yol, Eddinger-Westphall çekirdeği, n. oculomotorius içindeki parasempatik lifler, gang. ciliare, nn. ciliares breves ve corpus ciliares'teki mm. ciliares'tir⁶. En sondaki frontal cortical göz alanı ile bağlantılıdır ve lifleri capsula interna yoluyla nuc. oculomotorius'a iner. Aksesuar nuc. oculomotorius'tan çıkan parasempatik lifler, gang. ciliare'ye uğrayarak ciliaris sfinkter pupillaya geçer. Nuc. oculomotorius'un ventralinden çıkan diğer lifler m. rectus medialis'e gider ve konverjans yaptırır. Bu yollar pupiller refleksdeki gibi net açıklanamamıştır. Sadece, pupillanın akomodasyon refleksinde kontrakte olmasının

konverjansa sekonder olduğu afferent impulsların ekstrensek kaslardaki proprioceptör uçlardan çıktığı ve n. oculomotorius'la direk aksesuar nükleusa gittiği ifade edilmiştir⁴.

Conjunctival ve Corneal Refleksler

Conjunctiva ve cornea'ya uygulanan herhangi bir uyarı göz kırpmaya neden olur. Afferent impuls n. trigeminus'un r. ophthalmicus'u ile giderken, efferentler n. facialis'in dallarıyla m. orbicularis oculi'ye gelir⁴.

Görüntü Oluşturma Mekanizması

Gözler, görünür spektrumdaki enerjiyi, n. opticus'taki aksiyon potansiyeline çevirir. Çevredeki nesnelere görüntüleri, retina üzerine odaklanır. Retina'ya çarpan ışınlar, basil ve konilerde aksiyon potansiyelleri üretir. Retina'da başlayan bu etkiler, görme duyusu oluşturdukları cerebral cortex'e iletilir. Retina'da visual bilgi işlenmesi, bir anlamda üç resmin oluşturulmasını kapsar. Işığın fotoreseptörlerdeki etkisiyle oluşan ilk resim, bipolar hücrelerde ikinci resme dönüşür ve bu da daha sonra, ganglion hücresinde üçüncü resme çevrilir. İşaret, ikinci resmin oluşumunda horizontal hücreler, üçüncünün oluşumunda amacrin hücreler tarafından değiştirilir. Nuc. geniculatus lateralis'lerde şeklin kalıbında pek az değişiklik yapıldığından, occipital cortex'e ulaşan resim, üçüncü resimdir².

Renkli Görme

Normal gündüz görme renkli görmedir. Siyah-beyaz görme, görmenin sınırlı bir şekli olup alışılmamış bir durumdur. Düşük ışık düzeylerinde renkli görme olmaz. Bu durumda basil duyarlılığı maksimumdur⁴⁹. Rengin ton, yoğunluk ve doyumluk gibi üç bileşeni bulunur^{A2,45}. Koşullandırma yoluyla hayvanlarda renk görme yeteneği araştırılmıştır. Sonuçta çeşitli ışık dalgalarına duyarlı farklı pigment taşıyan hücrelerin varlığı saptanmıştır²³. Renk algılanmasını sağlayan üç tip görme koni hücresi bulunmuştur^{6,25,45,49}. Kısa dalga boyuna (445 nm) daha hassas olan koniler mavi, orta dalga boyuna (543 nm) daha hassas olan koniler yeşil ve uzun dalga boyuna (565 nm) daha hassas olan koniler kırmızı ışığı daha fazla absorbe ederler. Bu üç rengin kombinasyonları ile çeşitli renkler ortaya çıkar^{6,23,45,49}. Konilerden gelen impulsların horizontal hücrede depolarize veya hiperpolarize etkisine göre renkler ortaya çıkar. Morötesi ışınlar ise insanlarda gözün retina tabakasına ulaşmadan önce süzülükleri

için görülmezler. Halbuki retina'daki hücreler bu ışığa duyarlıdırlar. Bazı hayvanlarda örneğin çingiraklı yılanlarda (*crotalus viridis*) ve boa yılanında (*boa constrictor*) morötesi ışınları alan reseptörleri vardır²³. Tüm kırmızı, yeşil ve mavi konilerin yaklaşık eşit uyarımları kişiye beyaz görme hissi verir. Beyaza karşılık gelen ışığın dalga boyu yoktur. Bunun yerine beyaz, spektrumdaki tüm dalga boylarının bileşimidir. Dahası, ilgili koni tiplerini eşit şekilde uyaran yalnız bu üç seçilmiş rengin uygun bileşimi ile retina uyarılarak beyaz duyusu yaratılabilir⁴⁵. Renk görme omurgalılarda kural olarak iyi gelişmiştir. Gündüz kuşları renkleri iyi görür fakat gece kuşları ise nadiren renk algırlar. Örneğin güvercin 20 renk tonunu birbirinden ayırabilir. İnsanlar ise 160 renk tonunu aynı zamanda birbirinden ayırabilmektedir²⁵.

Görmenin Fotokimyası

Koni ve basillerin her ikisi de ışığa maruz kaldıklarında parçalanmış kimyasal maddeler içerir ve sonuçta gözden çıkan sinir liflerini uyarırlar⁴⁵. Işık koni ve basillere çarptığında impuls meydana gelir. Her basilin dış yüzeyi ince zarlı uzantılardan oluşmuştur. Bu zarla kırmızımsıtrak görme pigmenti rhodopsin belirli bir düzen içinde birleşmiştir²³. Basil hücrelerinin fotosensitif pigmenti karanlıkta görmeyi sağlayan rhodopsindir^{23,54}. Basil hücreleri az ışıkta ve gece görmeyi sağlar³⁷. Aydınlıkta görmeyi sağlayan koni hücreleri, renkli ve keskin görme ile ilgili olup fotosensitif pigmentleri mavi, yeşil ve kırmızı ışığı absorbe eden iodopsindir^{1,11,13,23,27,32,41}.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyaller

Bu çalışmada materyal beş insan kadavrası ile beş kurt ve beş kartaldan alındı.

Materyallerin Elde Edilişi ve Laboratuara Ulaştırılması

İnsan materyalleri Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı laboratuvarında tespit edilmiş olan kadavralardan temin edildi. Kurt materyalleri avcılar tarafından avlanarak Veteriner Fakültesi laboratuvarına getirilen kurtlardan elde edildi. Kartal materyalleri ise Veteriner Fakültesi laboratuvarlarına tedavi için getirilen fakat sonuçta tedavileri mümkün olmayan ve ötenazi gereken kartallara öldürücü dozda dietil eter verilerek uyutulmak suretiyle temin edildi.

Elde edilen materyaller bir dizi işlemlere tabi tutuldu. İnsan ve hayvan materyalleri yaş ve cinsle ilişkilendirilmedi.

Çalışmalarda yanlısamaları önlemek için çıkarılan gözler dorsal pollerinden işaretlendi. Göz boyutları kaydedildi. Sonunda retina bulbus oculi'den başarılı şekilde ayrıldı⁵⁵.

3.2. Diseksiyon ve Makroskopik Ölçümler

Diseksiyon tekniğine uygun olarak deri, deri altı dokular, kıkırdak ve kemik dokuları kaldırılarak orbita ve cranium açıldı. Önce bulbus oculi, sonra n. opticus, chiasma opticum ve tractus opticus ile birlikte çıkarıldı^{56,57}.

İnsan, kurt ve kartallara ait bulbus oculi, n. opticus, chiasma opticum ve tractus opticus'ların uzunluk ile transvers, vertikal ve sagittal eksenindeki ebatlarının ölçümleri Newman Carbon Steel Caliper 0-150 mm X 0.002 mm'ye hassas kumpas yardımı ile yapıldı.

Makroskopik resimler, COOLPIX 995 Nikon marka fotoğraf makinesi ile çekilerek araştırmada sunuldu.

3.3. Preparatların Hazırlanması

Fiksasyon ve Dehidratasyon

Tekniğine uygun olarak diseke edilen dokular mümkün olduğunca küçültüldü. Küçültülen bu dokular %37-41'lik formaldehit solüsyonundan hazırlanan %4'lük formalin solüsyonunda kırk sekiz saat süreyle tespit edildi. Fikse olan dokular bir gece boyunca distile suda yıkandı. Bu işlem tamamlandıktan sonra dehidratasyon işlemine geçildi.

Dehidratasyon işlemi için dokular iki saat aralıklarla sırasıyla %70'lik, %80'lik, %90'lık ve %95'lik alkol içerisinde bekletildi. Daha sonra dokular tekrar iki saat arayla ikişer defa olmak üzere absolü alkole tabi tutuldu. Dehidratasyon işlemi tamamlandıktan sonra şeffaflaştırma işlemine geçildi.

Şeffaflaştırma

Bu işlem için ksilen kullanıldı. Şeffaflaştırma işleminde ilk önce dokular 3/4 oranında %100'lük alkol ve 1/4 oranında ksilen içeren bir karışıma konuldu. Dokular burada bir saat bekletildikten sonra çıkarılarak 1/2 oranında ksilen ve 1/2 oranında %100'lük alkol karışımında bir saat bekletildi. Daha sonra dokular tekrar 3/4 oranında ksilen ve 1/4 oranında absolü alkol solüsyonunda bir saat daha bekletildi. Bundan sonra dokular buradan da alınarak %100'lük ksilen solüsyonunda iki defa üçer saat bekletilerek parafin infiltrasyonuna hazır hale getirilmiş oldu.

Parafin İnfiltrasyonu

Dokular, 45⁰C'deki Leica TP 1050 marka doku takip cihazına (Şekil 3.1a) konulan 2/3 oranında ksilen ve 1/3 oranında erimiş sıvı parafin karışımı içinde bir saat süreyle bekletildi. Daha sonra dokular 45⁰C'deki etüvde 1/3 oranında ksilen, 2/3 oranında erimiş sıvı parafin karışımı içinde bir saat süreyle konuldu. Son olarak dokular tekrar 45⁰C'deki etüvde %100'lük saf erimiş sıvı parafin içinde üç saat süreyle bekletildi. Bu süre sonunda parafin değiştirilerek dokular bir gece boyunca 45-50⁰C'deki parafinde bekletildi. Bu işlemlerden sonra dokular, gömme işlemine hazır hale getirildi.

Gömme

Dokuların bloklanması için doku bloku kapları (gömme kapları) hazırlandı. İşlemlerden geçirilen dokular doku bloku kaplarına kondu (Leica EG 1160) ve gömüldü (Şekil 3.1b). Dokuların üzerine yeni hazırlanan eriyik haldeki 58°C'lik sıvı parafin döküldü ve 15 dakika oda sıcaklığında tutuldu. Bu süre içerisinde donan parafinli dokular kalıptan çıkarılarak kesit almaya hazır hale getirildi.

Kesit Alma

Parafin içine gömülen dokular mikrotomun blok tutucusuna yerleştirilerek uygun kesite elverişli zemin oluşturulacak şekilde tıraşlandı. Sonra 5 µ'luk kesitler elde etmek için Feather Microtome blade R 35 kesit alma bıçağı ile Leica RM 2155 marka rotary mikrotomun ayarları yapıldı (Şekil 3.1c). Elde edilen 5 µ'luk kesitler, içerisinde 50°C sıcaklığında distile su bulunan Ben-Marie doku banyosu içerisine konan kesitler daha sonra lam üzerine alındı.

Boyama İşlemine Kesitlerin Hazırlanması

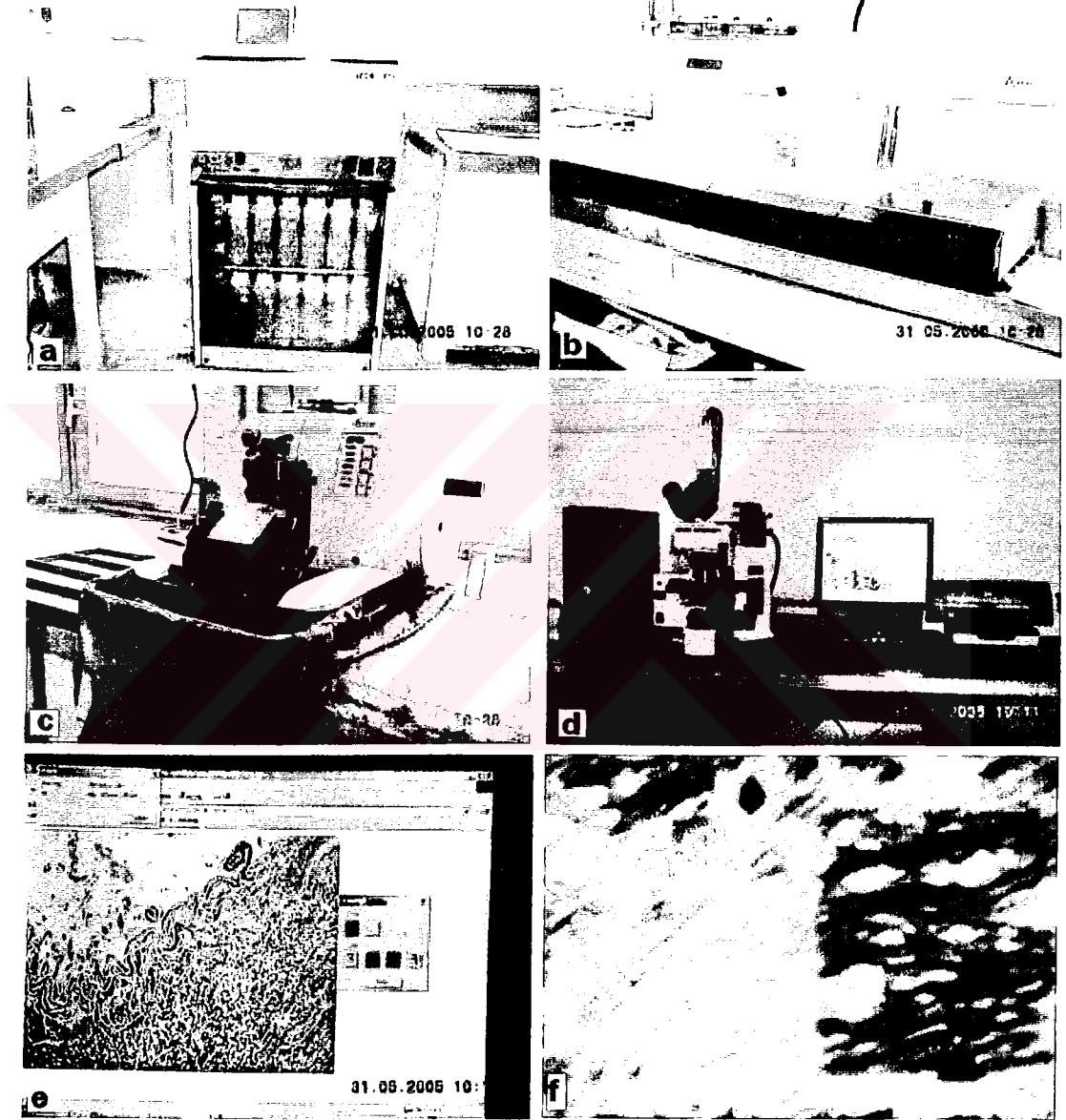
Lam üzerine kesitler alındıktan sonra bir gece 58°C'de etüvde bekletildi. Hazırlanan preparatlar önce 10 dakika süreyle %100'lük ksilende bekletildi. Sonra preparat sırasıyla 5'er dakika süreyle absölü, %95'lik ve %70'lik alkolde bekletildi. Son olarak preparat 5 dakika süreyle distile suda yıkandıktan sonra boyama işlemine geçildi.

Boyama

Hazırlanan preparatlardaki dokuların çekirdeklerini boyamak için 10 g Merck marka hematoksilin ve 100 ml absölü alkol içeren solüsyonla 5 dakika süreyle boyandıktan sonra distile su ile 5 dakika boyunca yıkandı. Daha sonra dokulardaki sitoplazmayı boyamak için preparatlar 5 dakika Merck marka eozin ile muamele edildi ve akan suda 5-10 dakika süreyle yıkandıktan sonra 30 dakika süreyle ksilende bekletildi.

Kapama

Hazırlanan preparatlar üzerine Canada balsamı koyup lamelle kapatarak ışık mikroskopunda incelemeye hazır hale getirildi.



Şekil 3.1 Yapılan çalışmalarda kullanılan cihazlar. (a): Leica EG 1160 marka doku gömme cihazı, (b): Leica TP 1050 marka doku takip cihazı, (c): Leica RM 2155 marka mikrotom cihazı, (d): A Molecular Diagnostic Company Samba Technologies marka görüntü analiz cihazı, (e): Görüntü analiz cihazında çekilen resimlerin bilgisayar ekranındaki görüntüsü (f): Fotoğrafi çekilen 400x büyütme preparatın ışık mikroskopik görüntüsü (H&E).

3.4. Mikroskopik İnceleme ve Değerlendirme

Işık mikroskopik incelemeye hazır hale getirilen preparatlar A Molecular Diagnostic Company Samba Technologies marka görüntü analiz cihazında (Şekil 3.1d) 40x, 100x, 200x ve 400x büyütme ile renkli fotoğrafları çekilerek değerlendirildi⁵⁸.

3.5. İstatistik ve Mikroskopik Ölçümler

İstatistik, bilgisayar ortamında SPSS 12.0 for Windows programında Paired Sample T test kullanılarak insan, kurt ve kartal bulbus oculi, n. opticus, chiasma opticum ve tractus opticus'ları arasında makroskopik, histolojik ve morfometrik olarak farklılıkların anlamlı olup olmadıkları araştırıldı.

Alan, kalınlık, hücre sayısı ve hücre çekirdeği uzun eksen çaplarının mikroskopik ölçümleri yapıldı. Bu ölçümler Image J 1.334 Wayne Rasband National Institutes of Health, USA <http://rsb.info.nih.gov/ij/> Java 1.3.1_03 526 K of 300 MB (<1%) Image J is in the public domain programına göre bilgisayarda gerçekleştirildi.

4. BULGULAR

Çalışmamız Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı'nda 5 insan kadavrasında, 5 Canis Lupus türü kurt ve 5 Aquila Heliaca türü kartal üzerinde yapıldı.

Bu çalışmada insan, kurt ve kartal görme yollarının makroskopik, histolojik ve morfolometrik yönden karşılaştırmaları yapıldı. İnsan, kurt ve kartalın bulbus oculi, n. opticus, chiasma opticum ve tractus opticus'ları kıyaslandı.

4.1. Makroskopik Bulgular

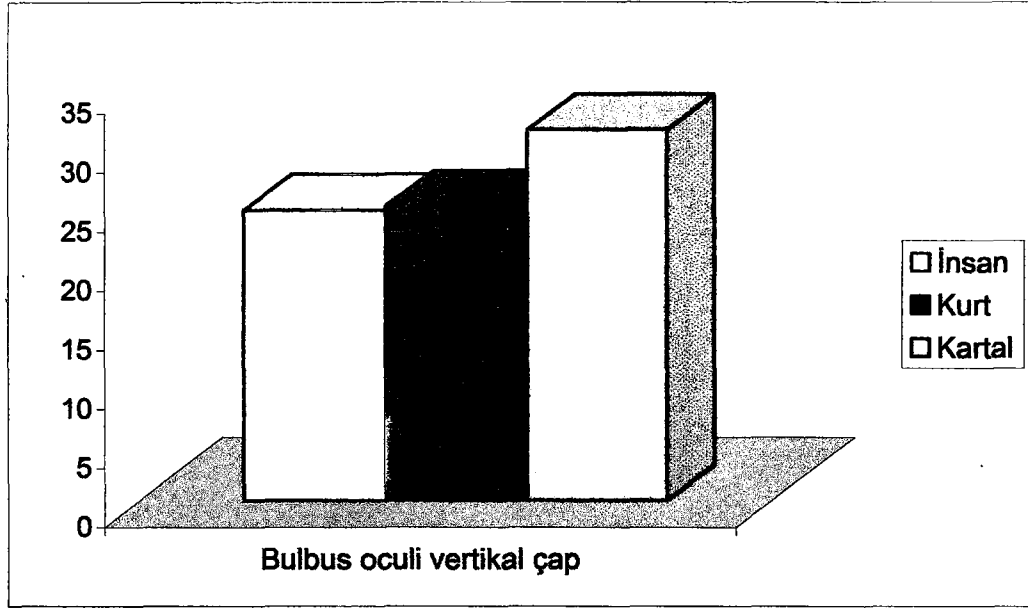
Makroskopik olarak göz ve beyin büyüklüklerini, bulbus oculi'lerine göre karşılaştırdığımızda insan beyni ve kurt beyni bulbus oculi'lerine oranla oldukça büyüktü. Kartalda ise durum oldukça farklıydı. Kartal bulbus oculi'sinin beyninden daha büyük veya beynine yakın büyüklükte olduğu gözlemlendi. Kartal n. opticus uzunluğu insan ve kurttan daha kısa idi. İnsan ve kurt n. opticus'larının bulbus oculi'ye girmeden önce "S" şeklinde kıvrım yaptıkları gözlemlendi.

Makroskopik ölçümler, bulbus oculi'nin vertikal, transvers ve sagittal ekseninde en geniş çaptaki yerlerinden yapıldı. N. opticus'ların ölçümleri bulbus oculi'yi terk ettikleri yerden transvers ve vertikal eksenlerde yapıldı. Chiasma opticum'lar vertikal ve transvers ekseninde en kalın yerlerinden ölçüldü. Tractus opticus'lar, chiasma opticum'dan ayrıldığı bölgeden transvers ve vertikal ekseninde ölçüldü.

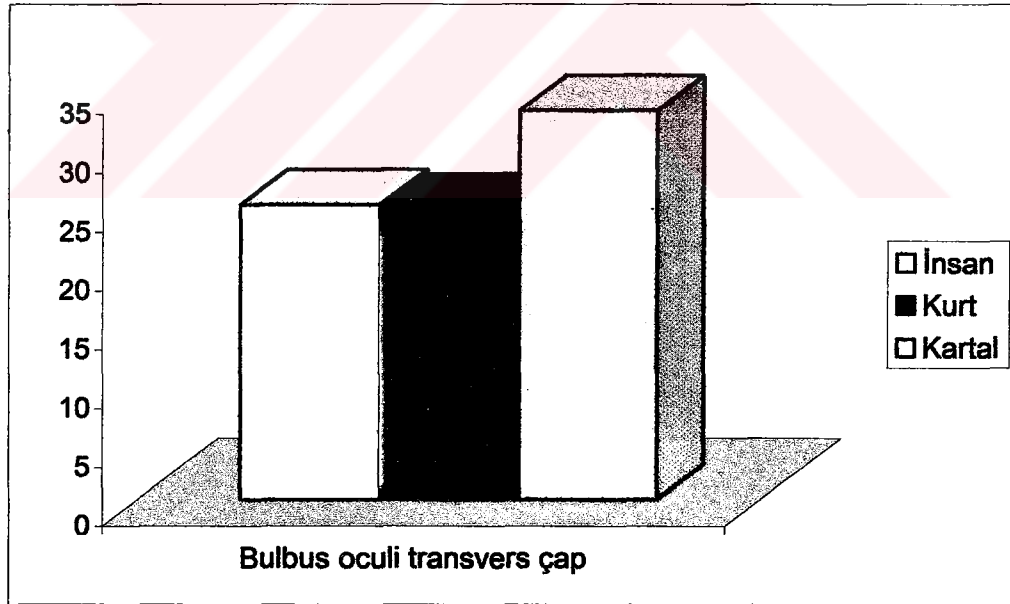
Bulbus Oculi

Tablo 4.1. İnsan, kurt ve kartal bulbus oculi vertikal, transvers ve sagittal çap makroskopik ortalama ölçüm değerleri (mm).

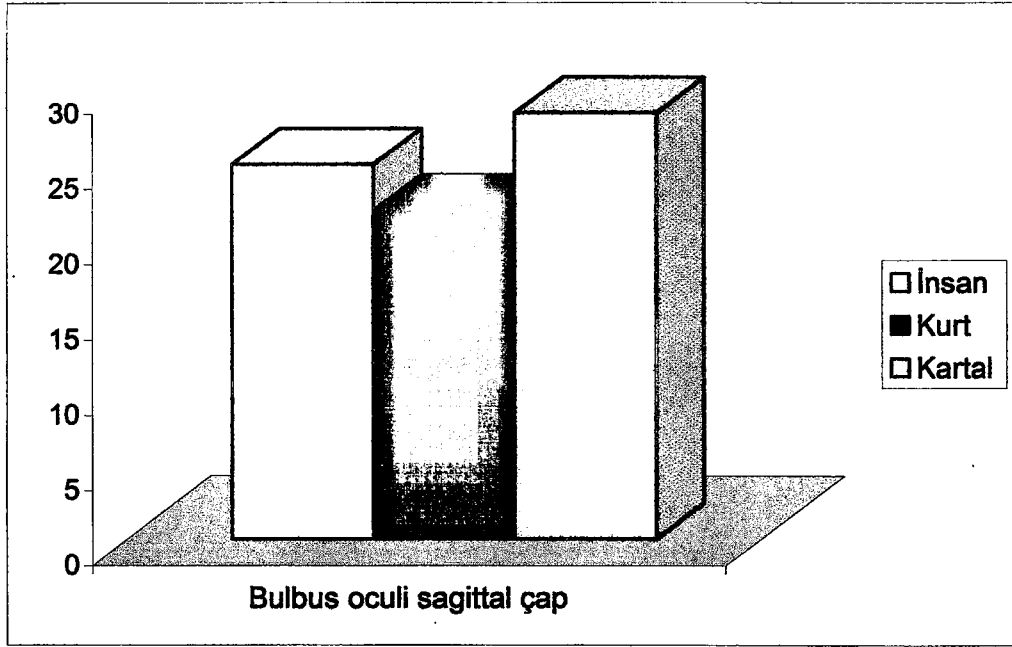
Bulbus oculi	Vertikal çap	Transvers çap	Sagittal çap
İnsan	24.54 mm	25.07 mm	24.85 mm
Kurt	24.84 mm	24.69 mm	21.77 mm
Kartal	31.33 mm	33.08 mm	28.28 mm



Şekil 4.1. Bulbus oculi vertikal çap ortalama ölçüm değer grafiği. İnsan, kurt ve kartal (örnek sayısı: 5). İnsan ve kurt karşılaştırması (t: -0.854, $p>0.05$), insan ve kartal karşılaştırması (t: -3.029, $p<0.05$), kurt ve kartal karşılaştırması (t: -2.919, $p<0.05$).



Şekil 4.2. Bulbus oculi transvers çap ortalama ölçüm değer grafiği. İnsan, kurt ve kartal (örnek sayısı: 5). İnsan ve kurt karşılaştırması (t: 2.63, $p>0.05$), insan ve kartal karşılaştırması (t: -2.803, $p<0.05$), kurt ve kartal karşılaştırması (t: -2.934, $p<0.05$).

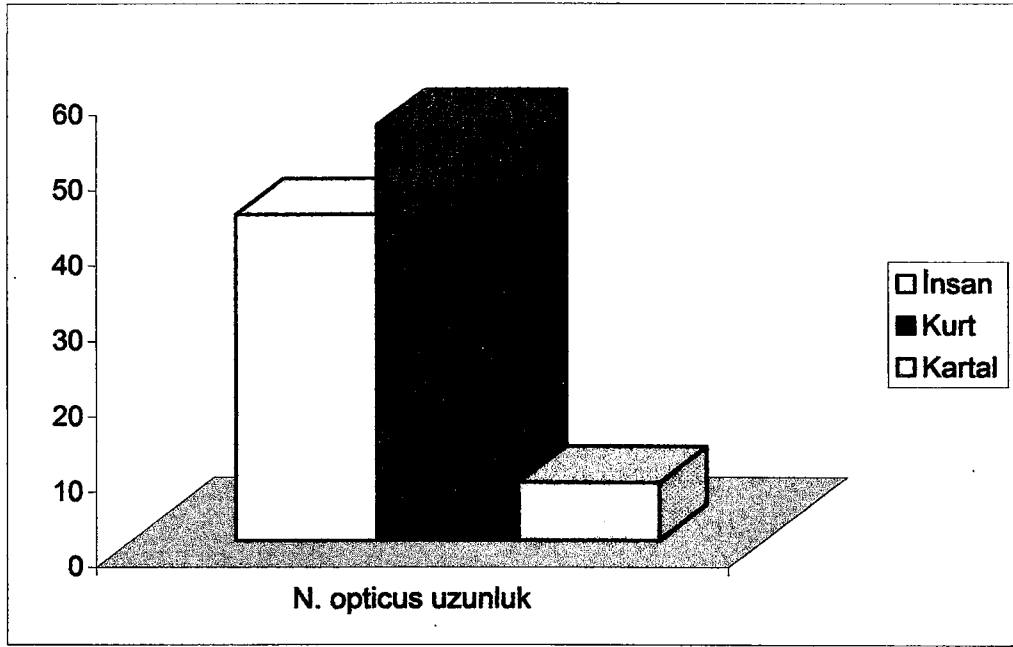


Şekil 4.3. Bulbus oculi sagittal çap ortalama ölçüm değer grafiği. İnsan, kurt ve kartal (örnek sayısı: 5). İnsan ve kurt karşılaştırması (t: -2.49, $p < 0.05$), insan ve kartal karşılaştırması (t: -3.854, $p < 0.05$), kurt ve kartal karşılaştırması (t: -2.887, $p < 0.05$).

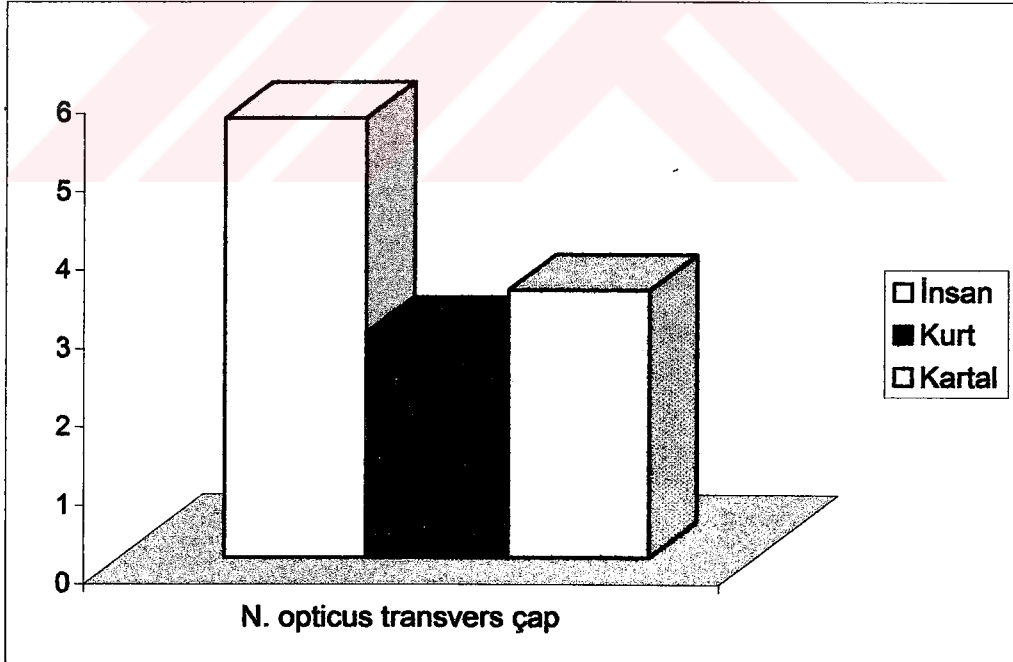
N. Opticus

Tablo 4.2. İnsan, kurt ve kartal n. opticus uzunluk, transvers ve sagittal çap makroskopik ortalama ölçüm değerleri (mm).

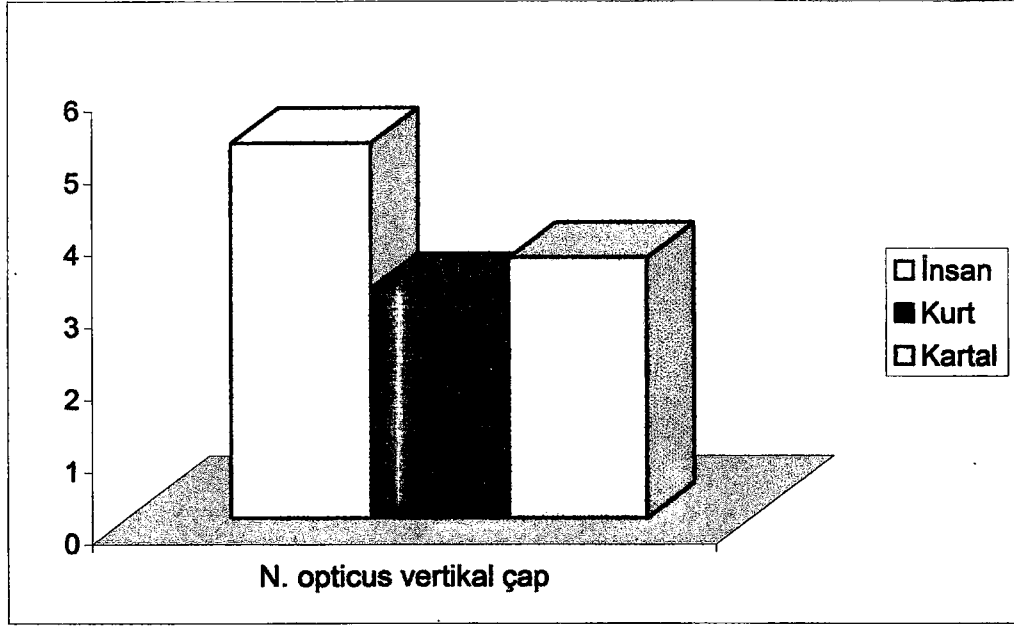
N. opticus	Uzunluk	Transvers çap	Vertikal çap
İnsan	43.24 mm	5.60 mm	5.19 mm
Kurt	55.08 mm	2.86 mm	3.17 mm
Kartal	7.68 mm	3.40 mm	3.61 mm



Şekil 4.4. N. opticus uzunluk ortalama ölçüm değer grafiği. İnsan, kurt ve kartal (örnek sayısı: 5). İnsan ve kurt karşılaştırması (t: -9.184, $p < 0.05$), insan ve kartal karşılaştırması (t: 3.928, $p < 0.05$), kurt ve kartal karşılaştırması (t: 80.392, $p < 0.05$).



Şekil 4.5. N. opticus transvers çap ortalama ölçüm değer grafiği. İnsan, kurt ve kartal (örnek sayısı: 5). İnsan ve kurt karşılaştırması (t: 22.615, $p < 0.05$), insan ve kartal karşılaştırması (t: 10.603, $p < 0.05$), kurt ve kartal karşılaştırması (t: -2.639, $p < 0.05$).

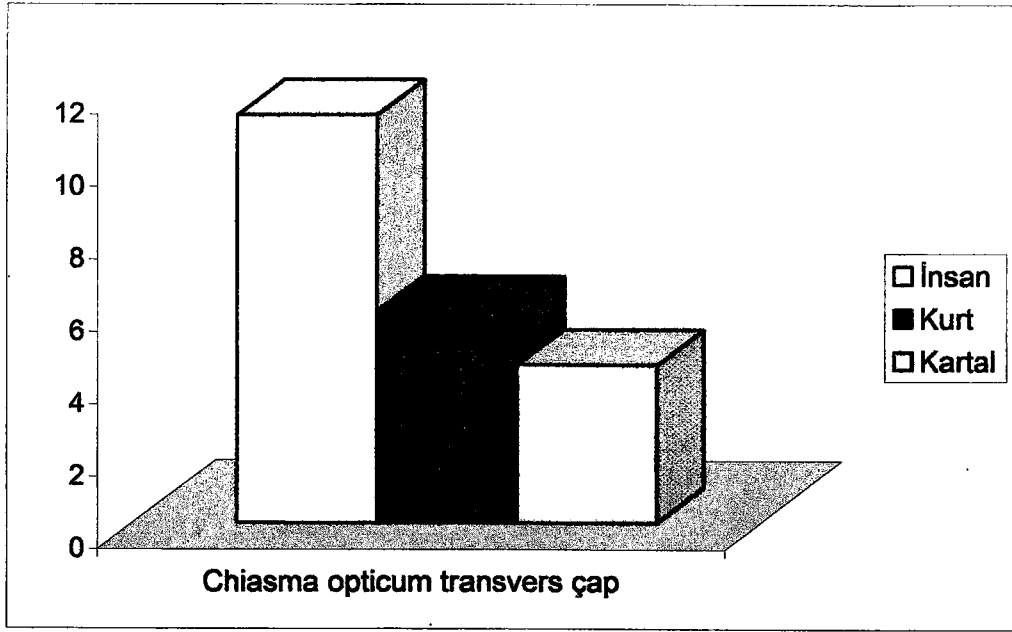


Şekil 4.6. N. opticus vertikal çap ortalama ölçüm değeri grafiği. İnsan, kurt ve kartal (örnek sayısı: 5). İnsan ve kurt karşılaştırması (t: 8.282, $p < 0.05$), insan ve kartal karşılaştırması (t: 7.337, $p < 0.05$), kurt ve kartal karşılaştırması (t: -1.395, $p > 0.05$).

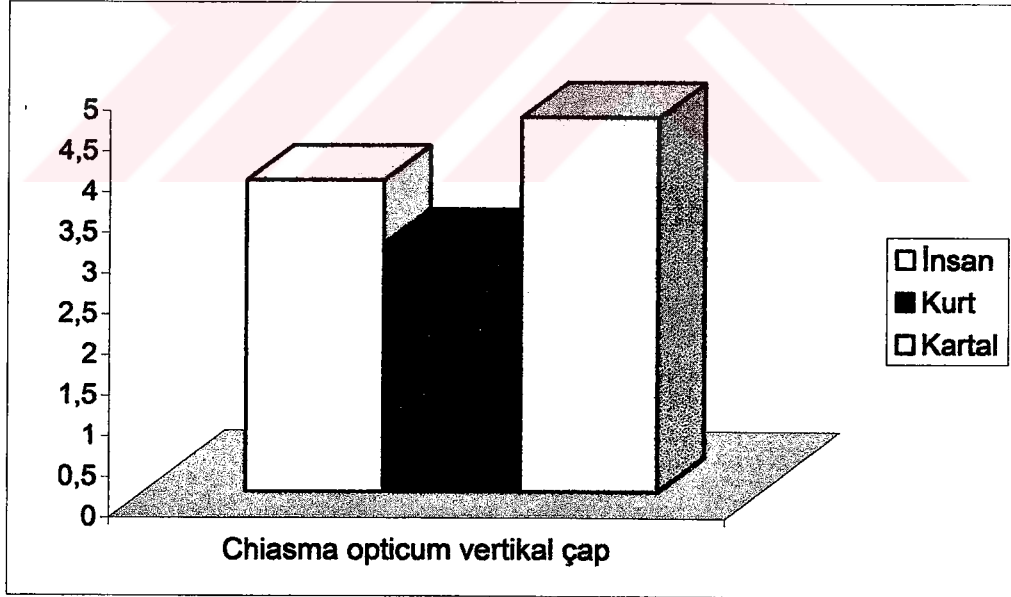
Chiasma Opticum

Tablo 4.3. İnsan, kurt ve kartal chiasma opticum transvers ve vertikal çap makroskopik ortalama ölçüm değerleri.

Chiasma opticum	Transvers çap	Vertikal çap
İnsan	11.25 mm	3.83 mm
Kurt	5.83 mm	3.05 mm
Kartal	4.36 mm	4.61 mm



Şekil 4.7. Chiasma opticum transvers çap ortalama ölçüm değer grafiği. İnsan, kurt ve kartal (örnek sayısı: 5). İnsan ve kurt karşılaştırması ($t: 22.939, p<0.05$), insan ve kartal karşılaştırması ($t: 27.254, p<0.05$), kurt ve kartal karşılaştırması ($t:-10.958, p<0.05$).

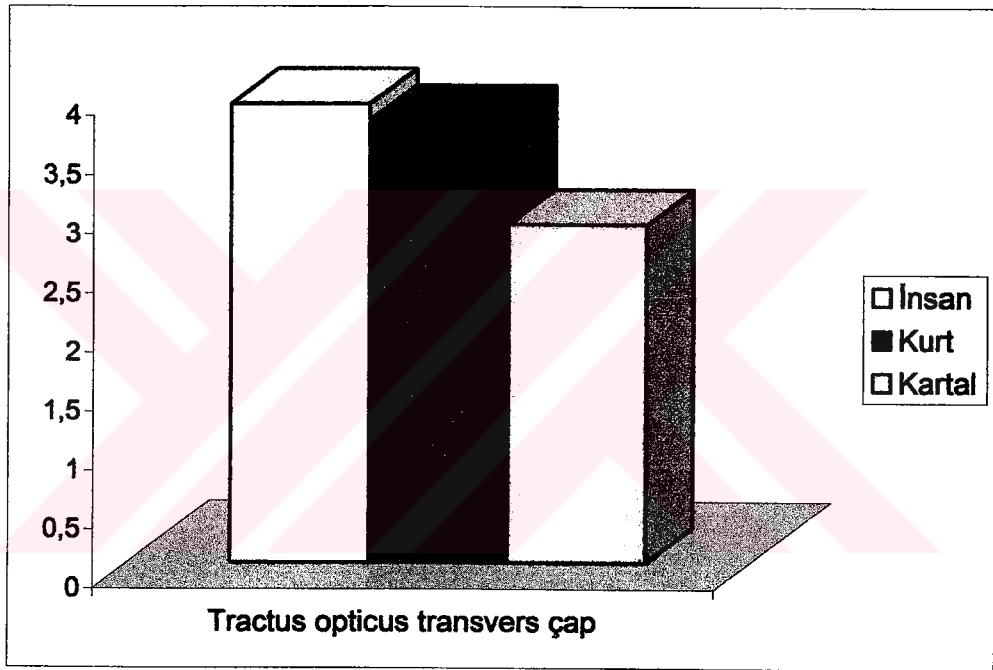


Şekil 4.8. Chiasma opticum vertikal çap ortalama ölçüm değer grafiği. İnsan, kurt ve kartal (örnek sayısı: 5). İnsan ve kurt karşılaştırması ($t: 2.693, p<0.05$), insan ve kartal karşılaştırması ($t: -10.203, p<0.05$), kurt ve kartal karşılaştırması ($t: -15.717, p<0.05$).

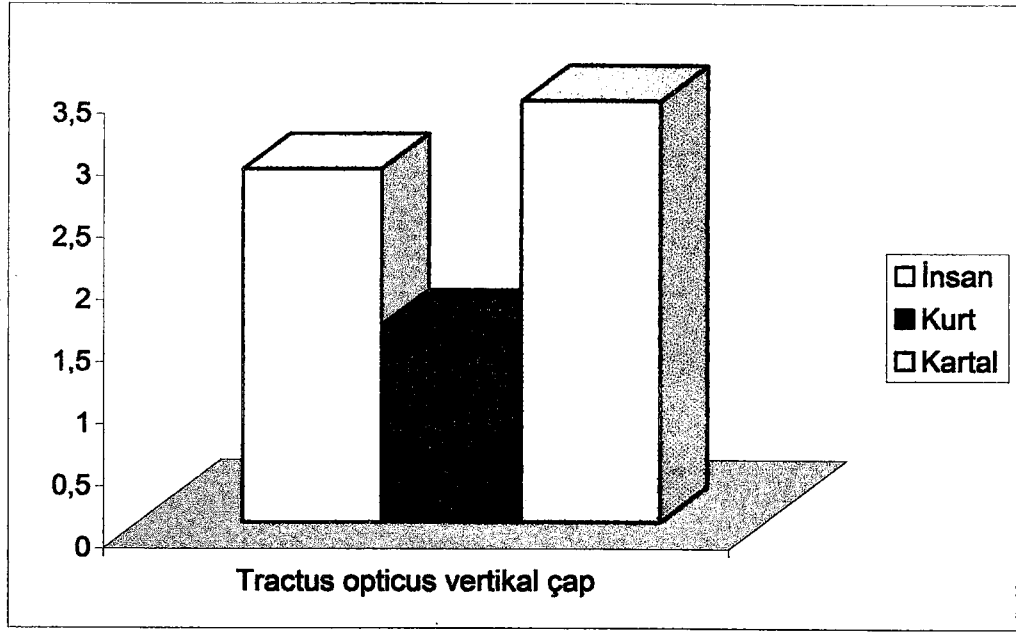
Tractus Opticus

Tablo 4.4. İnsan, kurt ve kartal tractus opticus transvers ve vertikal çap makroskopik ortalama ölçüm değerleri (mm).

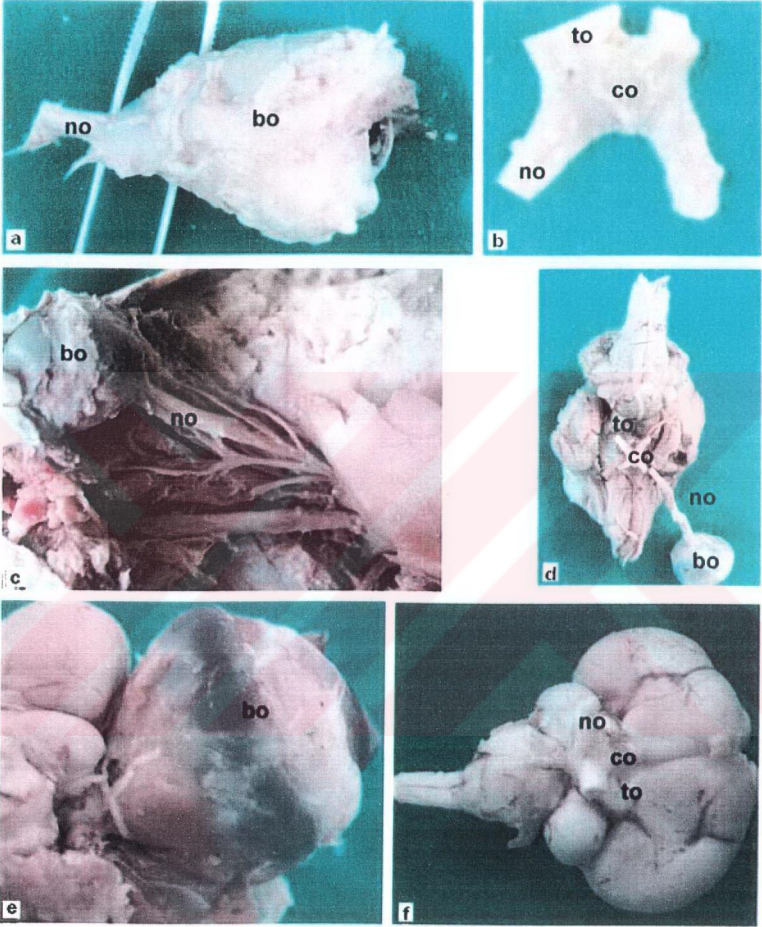
Tractus opticus	Transvers çap	Vertikal çap
İnsan	3.88 mm	2.84 mm
Kurt	3.74 mm	1.58 mm
Kartal	2.86 mm	3.39 mm



Şekil 4.9. Tractus opticus transvers çap ortalama ölçüm değer grafiği. İnsan, kurt ve kartal (örnek sayıları: 5). İnsan ve kurt karşılaştırması (t: 1.939, $p > 0.05$), insan ve kartal karşılaştırması (t: 18.798, $p < 0.05$), kurt ve kartal karşılaştırması (t: 10.881, $p < 0.05$).



Şekil 4.10. Tractus opticus vertikal çap ortalama ölçüm değer grafiği. İnsan, kurt ve kartal (örnek sayısı: 5). İnsan ve kurt karşılaştırması (t: 13.394, $p < 0.05$), insan ve kartal karşılaştırması (t: -8.495, $p < 0.05$), kurt ve kartal karşılaştırması (t: 18.852, $p < 0.05$).

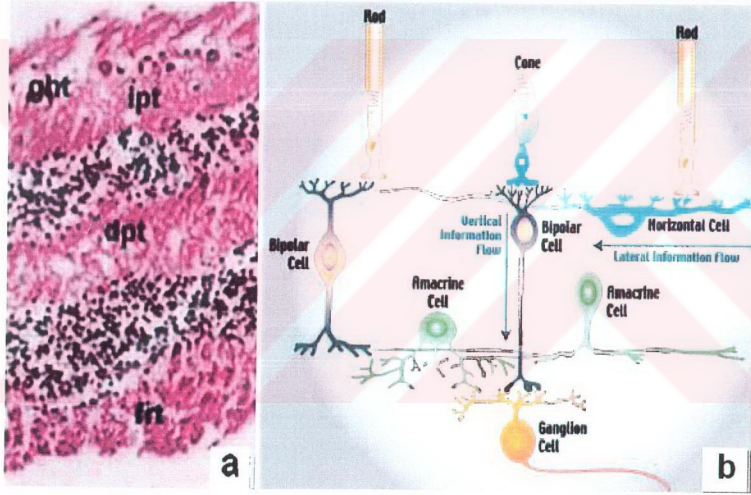


Şekil 4.11. İnsan (a) ve (b), kurt (c) ve (d) ve kartal (e) ve (f) Bulbus oculi, n. opticus, chiasma opticum ve tractus opticus'un makroskopik görüntüsü: **bo**: bulbus oculi, **no**: n. opticus, **co**: chiasma opticum, **to**: tractus opticus.

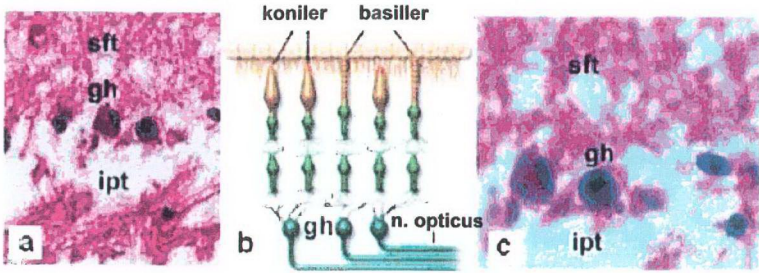
4.2. Histolojik Bulgular

Retina

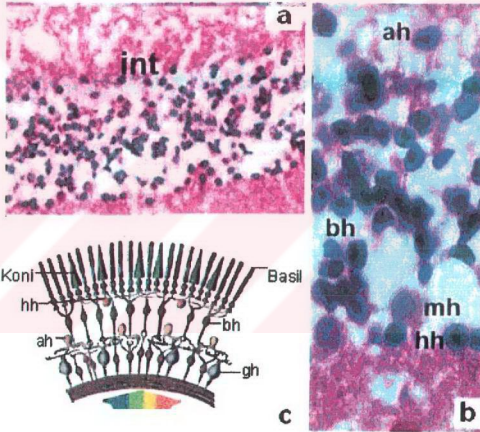
Retina'da yapılan çalışmada retina'daki tabakaların alanları, kalınlıkları ve hücre sayıları ölçülmek suretiyle aralarında kıyaslama yapılarak değerlendirildi. İnsan, kurt ve kartal retina'sındaki tabakaların ölçümlerinde ışık mikroskopi görüntülerinden yararlanıldı. Her bir tabakanın alanı ölçülerek diğer tabakalarla oransal olarak karşılaştırıldı. Ayrıca bu tabakaların kalınlıkları her tabakanın en az 10 farklı bölgesinden yapılan örneklerde ölçülerek ortalamaları alındı.



Şekil 4.12. İnsan retina'sından alınmış ışık mikroskopi görüntüsü. a: Retina'nın panoramik görüntüsü (40x, H&E), ght: ganglion hücre tabakası, ipt: iç plexiform tabaka, dpt: dış plexiform tabaka, prt: fotoreseptör tabakası. b: Noroscience Meets Engineering By David Colella web sitesinden alınmıştır.



Şekil 4.13. İnsan retina'sından alınmış ganglion hücre tabakasının ışık mikroskopi görüntüsü. a: 100x, H&E, b: Molecular Expressions Exploring the word of Optics and Microscopy web sitesinden alınmıştır. c: 400x, H&E, sft: sinir lifi tabakası, gh: ganglion hücresi, ipt: iç plexiform tabaka.



Şekil 4.14. İnsan retina'sından alınmış bipolar, amacrin ve horizontal hücrelerin bulunduğu iç nükleer tabakanın ışık mikroskopi görüntüsü. a: 200x, H&E, b: 400x, H&E, c: Retina'nın tasarlanmış görüntüsü (Physiology of Vision and Perception Lecture note 4 University of Bradford web sitesinden alınmıştır). int: iç nükleer tabaka, ah: amacrin hücreler, bh: bipolar hücreler, mh: Müller hücresi, hh: horizontal hücreler,

- Fotreseptör tabakasının kalınlığı sırasıyla kurtta en kalın, insanda kurda göre kalınlık daha az, kartalda en ince olduğu belirlendi (Şekil 4.15).

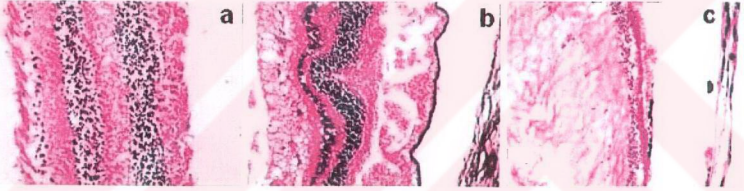
- Dış nükleer tabaka insanda kalın, kurtta insaninkine yakın kartalda ise diğerlerine oranla daha ince olduğu gözlemlendi (Şekil 4.15).

- Dış plexiform tabaka kurtta insana göre daha ince fakat kartal retinasına göre daha kalın olarak bulundu (Şekil 4.15).

- İnsan retinası iç nükleer tabakasının, kurt ve kartala göre daha kalın olduğu belirlendi (Şekil 4.15). Kurt ve kartal retinası iç nükleer tabakasının yaklaşık olarak aynı kalınlıkta olduğu gözlemlendi (Şekil 4.15).

- Kartal iç nükleer tabakasından çıkan aksonların boylarının insan ve kurda göre 2-3 kat daha uzun olduğu izlendi (Şekil 4.16).

- İç nükleer tabakadaki nöronlar insanda seyrek, kurtta oldukça sık ve düzenli dağılım gösterdiği izlendi. Kartal retinası iç nükleer tabakasında ise yer yer nöron kümelenmeleri ve bu kümelenmelerin arasında yer yer boşlukların olduğu gözlemlendi (Şekil 4.16).



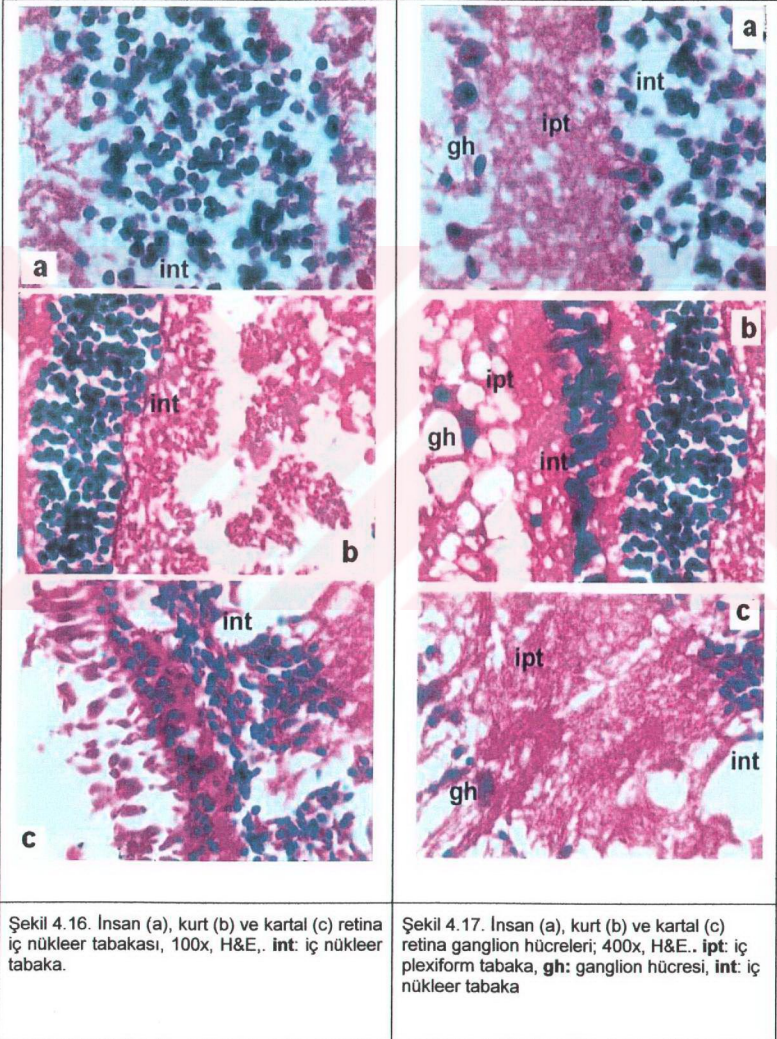
Şekil 4.15. İnsan (a), kurt (b) ve kartal (c) retina'sının panoramik görüntüsü, (40x, H&E).

- Üç türün de iç nükleer tabakasında bulunan bipolar, amacrin, horizontal hücrelerin belirgin olmasının yanında Müller hücreleri de rahatlıkla ayırt edildi (Şekil 4.14 ve Şekil 4.16). İç nükleer tabakadaki hücre sayılarının en fazla kurtta, daha sonra kartalda ve en az insanda olduğu gözlemlendi (Şekil 4.16).

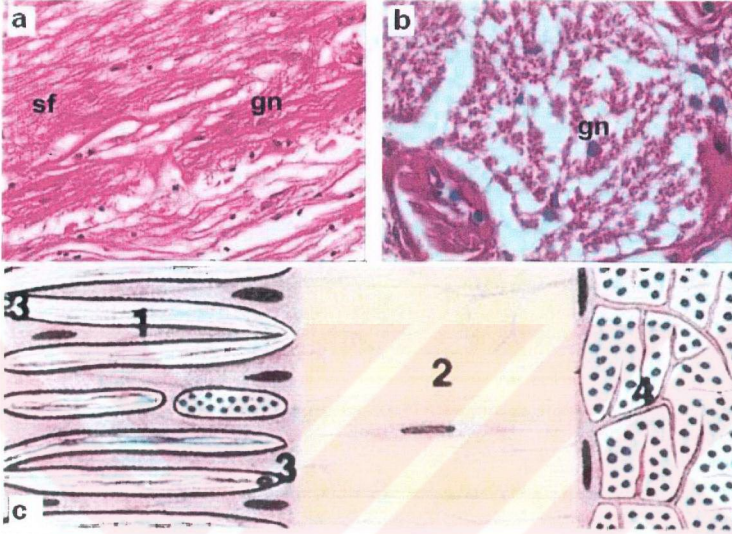
- İç plexiform tabakanın kartalda en ince, insan ve kurtta ise birbirine yakın kalınlıkta olduğu gözlemlendi (Şekil 4.15).

- İnsan ve kartal ganglion hücre tabakasındaki ganglion hücrelerinin oldukça düzenli ve tek sıra halinde dizilim gösterdiği izlendi (Şekil 4.16). İnsan ganglion hücre tabakasındaki nöronların kurt ve kartaldaki nöronlara göre daha büyük olduğu belirlendi. Kartal ganglion hücrelerinin büyüklüklerinin insana kıyasla 2-3 kat daha küçük olduğu izlendi (Şekil 4.17).

• Aynı büyütme alanına göre ganglion hücre tabakasındaki ganglion hücrelerinin sayıları insan ve kartalda yaklaşık olarak aynı, fakat kurdun ganglion hücrelerinden 2-3 kat daha fazla oldukları gözlemlendi (Şekil 4.16 ve Şekil 4.17).

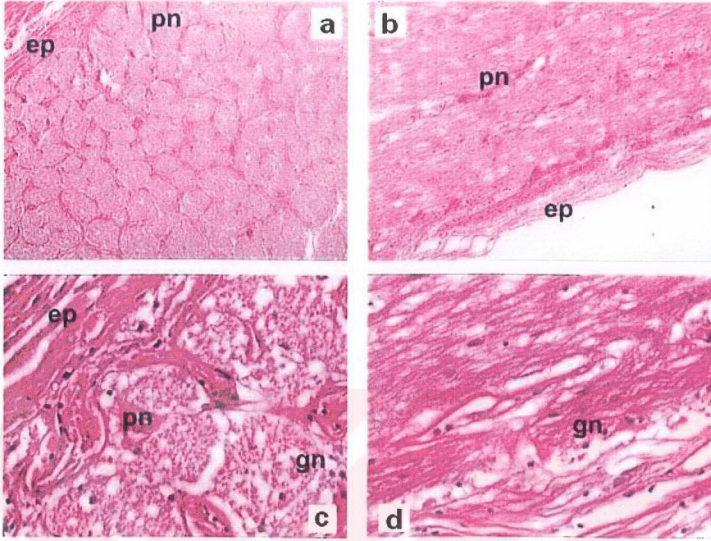


N. Opticus



Şekil 4.18. İnsan n. opticus'undan alınmış ışık mikroskopik görüntü. **a**: lifin uzun eksene paralel kesiti (100x, H&E), **b**: lifin uzun ekseni dik kesiti (400x, H&E). **sf**: sinir lifleri, **gn**: glia nükleusu, **c**: N. opticus'un uzun eksenine paralel ve dik olarak tasarlanmış görüntüsü. 1: akson, 2: glia nükleusu, 3: uzun eksene paralel sinir lif demeti, 4: uzun eksene dik sinir lif demeti.

- İnsan n. opticus perineurium'unun kurt ve kartala göre oldukça belirgin olduğu gözlemlendi (Şekil 4.20).
- En büyük sinir fasikül demetlerinin kartal n. opticus'unda olduğu gözlemlendi (Şekil 4.20 ve Şekil 4.21).
- Kurt n. opticus liflerinin insan ve kartal n. opticus'larındaki liflerden daha sık olduğu gözlemlendi (Şekil 4.20 ve Şekil 4.21).

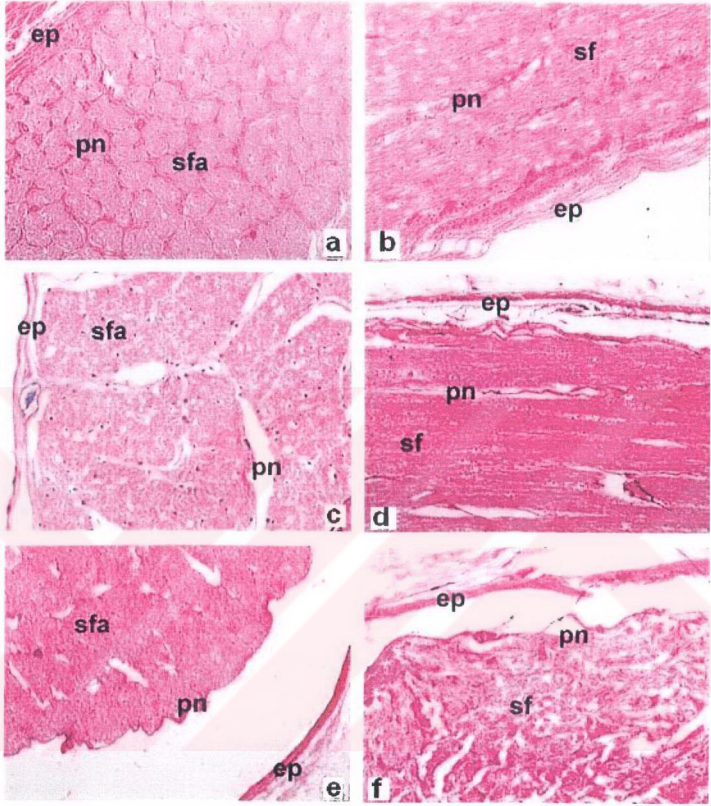


Şekil 4.19. İnsan n. opticus'undan alınmış ışık mikroskopi görüntüsü. a: lifin uzun eksene dik kesiti (40x,H&E), b: lifin uzun eksene paralel kesiti (40x,H&E), c: lifin uzun eksene dik kesiti, 200x,H&E, d: lifin uzun eksene paralel kesiti, 200x,H&E., ep: epineurium, pn: perineurium, gn: glia nükleusu

- Bir n. opticus fasikülü içerisinde en çok sinir lifinin kartalda, daha sonra kurtta ve en az insanda olduğu gözlemlendi (Şekil 4.20 ve Şekil 4.21).

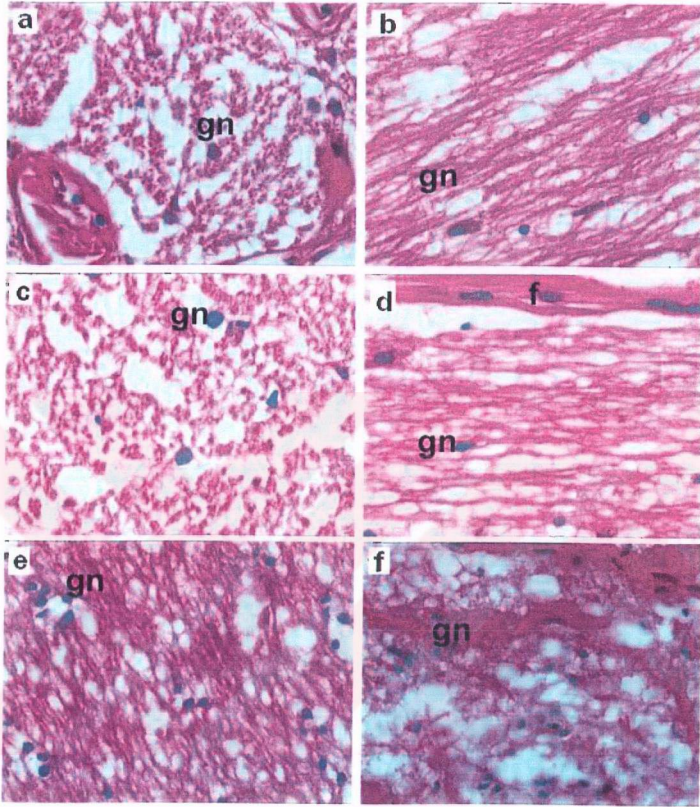
- İnsan n. opticus'unda sinir fasikül sayısının daha çok ve dolayısıyla fasiküller içindeki sinir liflerinin sayısının da az, kartalda ise sinir fasikül sayısı az fakat bu fasiküller içindeki sinir lifleri daha fazla olduğu gözlemlendi (Şekil 4.20).

- İnsan n. opticus'unda sinir fasikül demetleri belirgin olarak izlendi. Kurtta sinir lif demetleri az olarak izlendi, fasikül yapısı izlenmedi. Kartalda ise sinir liflerinin daha sık olduğu gözlemlendi (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. İnsan (a), kurt (c) ve kartal (e) N. opticus'una ait lifin uzun eksene dik ve İnsan (b), kurt (d) ve kartal (f) N. opticus'una ait lifin uzun eksene paralel kesitleri. 40x. H&E., ep: epineurium, pn: perineurium, sfa: sinir fasikülü, sf: sinir lifleri.

- Kurt n. opticus'unda glia nükleuslarının insan ve kartala göre çok daha büyük ve sayısının az, kartalda glia nükleuslarının sayısının daha fazla, insan ve kartal glia nükleuslarının ise büyüklüklerinin birbirine yakın olduğu gözlemlendi (Şekil 4.21).

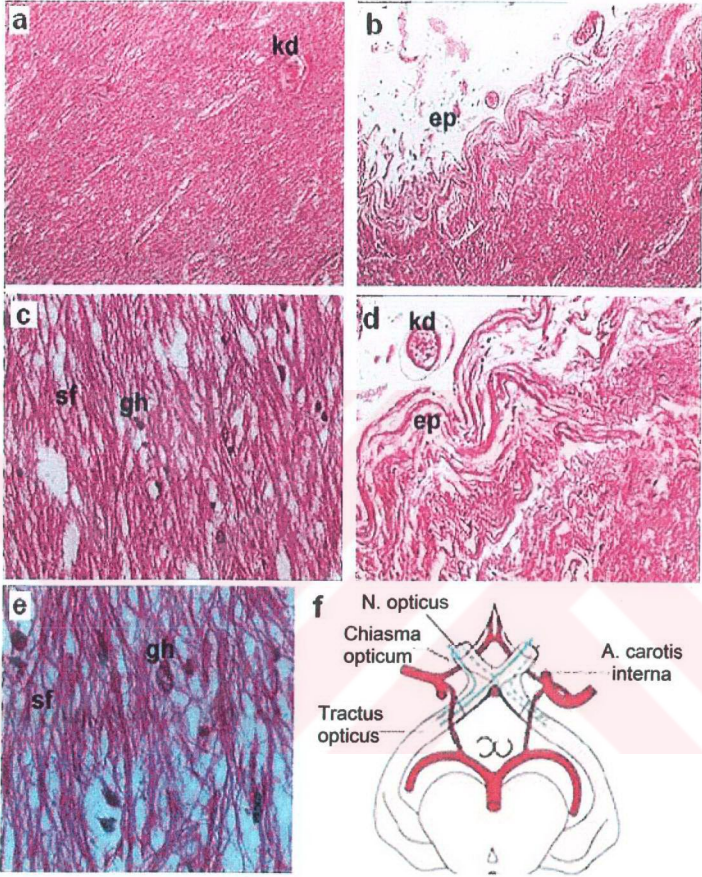


Şekil 4.21. İnsan (a), kurt (c) ve kartal (e) n. opticus'una ait lifin uzun eksene dik ve insan (b), kurt (d) ve kartal (f) n. opticus'una ait lifin uzun eksene paralel kesitleri. 400x. H&E., gn: glia nükleusu, f: fibroblast.

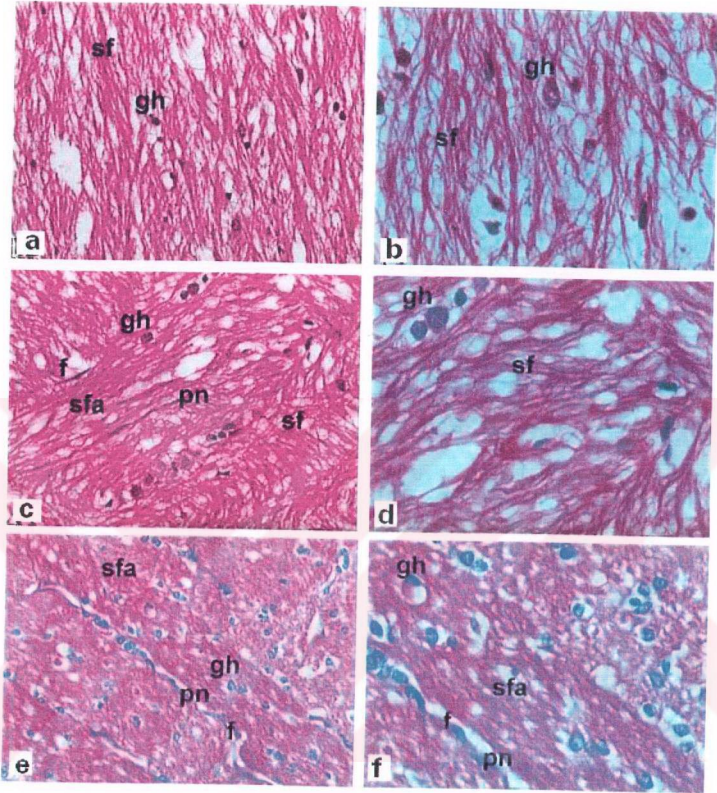
- İnsanda n. opticus fasiküllerini oluşturan bağ dokusu liflerinin daha kaba ve kalın olduğu gözlemlendi (Şekil 4.18 ve Şekil 4.19).

Chiasma Opticum

- Chiasma opticum hücre sayıları en fazla kartalda, sonra insanda ve en az kurtta olduğu görüldü (Şekil 4.23).
- Kartal chiasma opticum'unda myelinli hücrelerin sayısının insan ve kurt chiasma opticum'una göre daha fazla olduğu gözlemlendi (Şekil 4.23).
- İnsanda siniri kuşatan bağ dokusunun kurt ve kartala göre oldukça kalın kollajen liflerden meydana geldiği gözlemlendi (Şekil 4.22).
- Sinir uzantılarının en kalın kartalda sonra kurtta olduğu, insanda ise kurt ve kartala göre daha ince olduğu gözlemlendi (Şekil 4.23).
- İnsan ve kartalda birbirine yakın olarak görülen glia hücre çekirdeklerinin, kurtta, insan ve kartala göre nispeten daha büyük olduğu gözlemlendi (Şekil 4.23).
- Sinir liflerinin sayısal yoğunluğu ve kalınlığı en fazla kartal sonra kurtta, insanda ise kartal ve kurtta göre daha az ve ince olduğu gözlemlendi (Şekil 4.23).

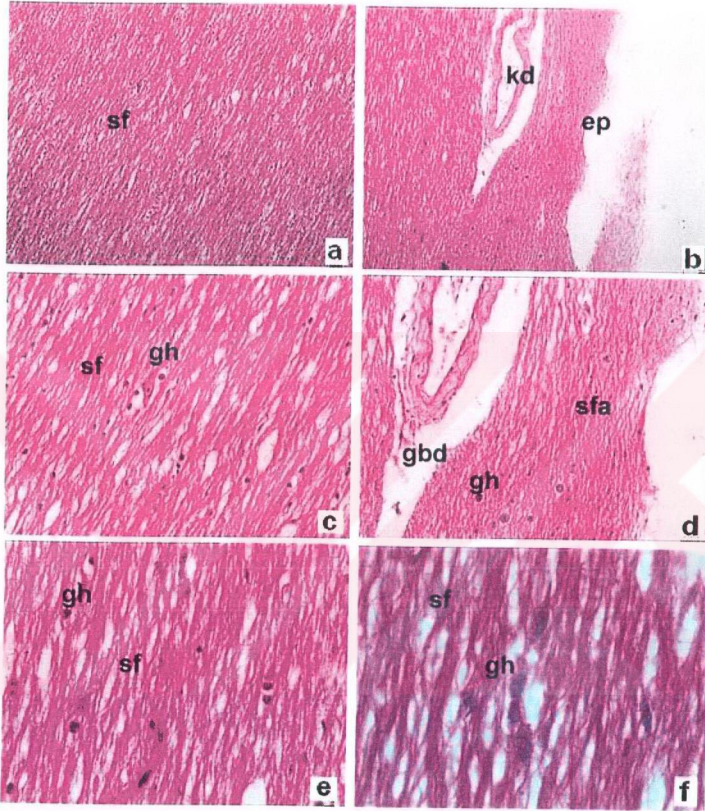


Şekil 4.22. İnsan chiasma opticum'undan alınmış ışık mikroskopi görüntüsü. İnsan panoramik chiasma opticum kesiti, (a), (b) 40x, H&E., (c) 200x, (d) 100x, H&E., (e) 400x, H&E.. f: Urban & Fischer 2003-Roche lexicon Medizin, 5. Aufl. Sitesinden alınmıştır. kd: kan damarı, ep: epineurium, sf: sinir lifleri, gh: ganglion hücresi,



Şekil 4.23. İnsan chiasma opticum kesiti (a) 200x, H&E, (b) 400x, H&E, Kurt chiasma opticum kesiti (c) 200x, H&E, (d) 400x, H&E, Kartal chiasma opticum kesiti (e) 200x, H&E, (f) 400x, H&E, sf: sinir lifleri, gh: ganglion hücresi, sfa: sinir fasikülü, pn: perineurium, f: fibroblast

Tractus Opticus

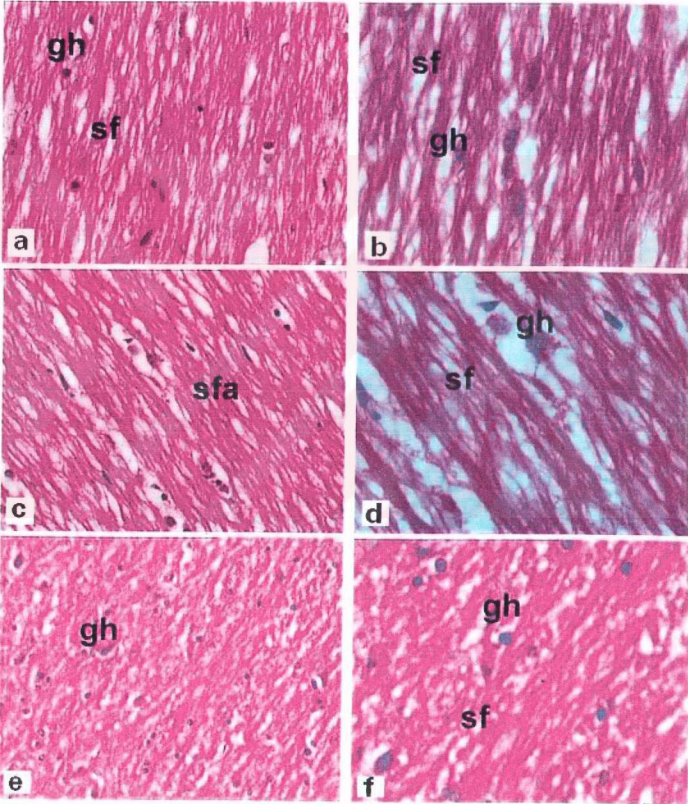


Şekil 4.24. İnsan panoramik tractus opticus'undan alınmış ışık mikroskopi görüntüsü. (a) ve (b) 40x, H&E, (c) ve (d) 100x, H&E, (e) ve (f) 400x, H&E. sf: sinir lifleri, kd: kan damarı, ep: epineurium, gh: ganglion, sfa: sinir fasikülü, gbd: gevşek bağ dokusu.

- Tractus opticus'taki hücre sayıları insan, kurt ve kartalda birbirine yakın olduğu gözlemlendi (Şekil 4.25).

- Hücre yoğunluğu açısından insan ve kurt tractus opticus'undaki hücrelerin küçük kümeler halinde dizildiği gözlemlendi. Kartalda ise hücrelerin sayısının daha fazla olduğu gözlemlendi (Şekil 4.25).

- Sinir liflerinin kalınlığı açısından en kalın sinir liflerinin kartalda sonra kurtta, insanda ise bu liflerin kartal ve kurt liflerine kıyasla daha ince olduğu izlendi (Şekil 4.25).



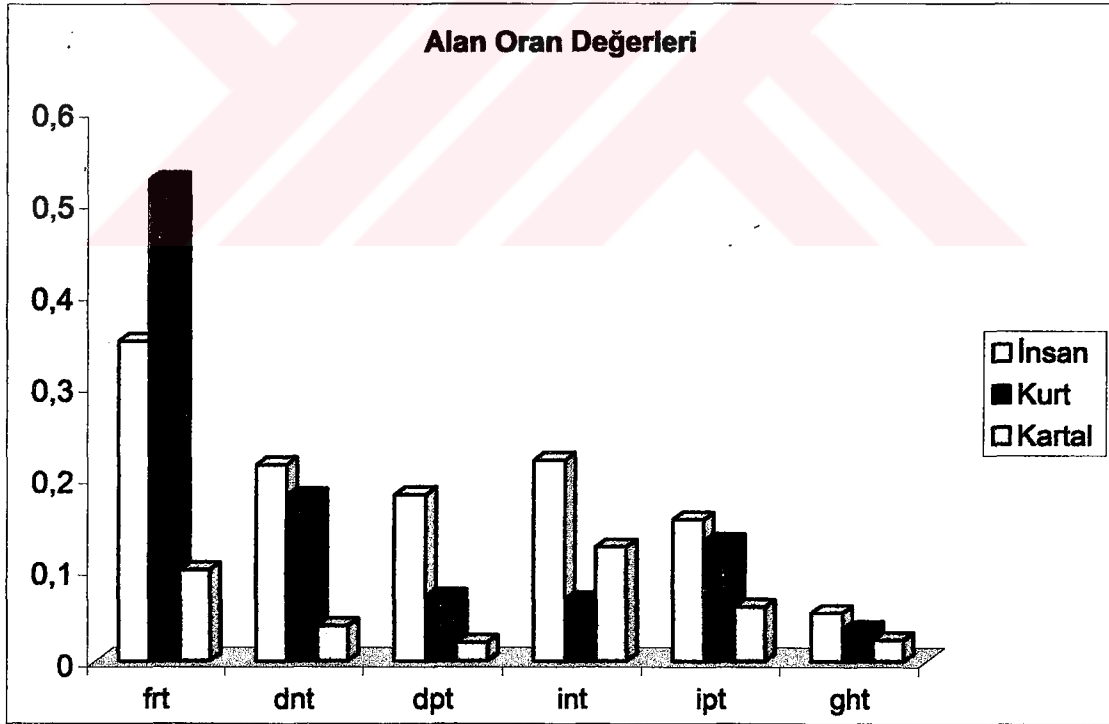
Şekil 4.25. İnsan (a) ve (b), kurt (c) ve (d) ve kartal (e) ve (f) tractus opticus kesitleri. (a), (c) ve (e): 200x, (H&E), (b), (d) ve (f) 400x, H&E., sf: sinir lifleri, gh: ganglion hücresi, sfa: sinir fasikülü,

4.3. Morfometrik Bulgular

Retina

Tablo 4.5. İnsan, kurt ve kartal fotoreseptör, dış nükleer, dış plexiform, iç nükleer, iç plexiform ve ganglion hücre tabakaları alan oran değerleri (% , 100x).

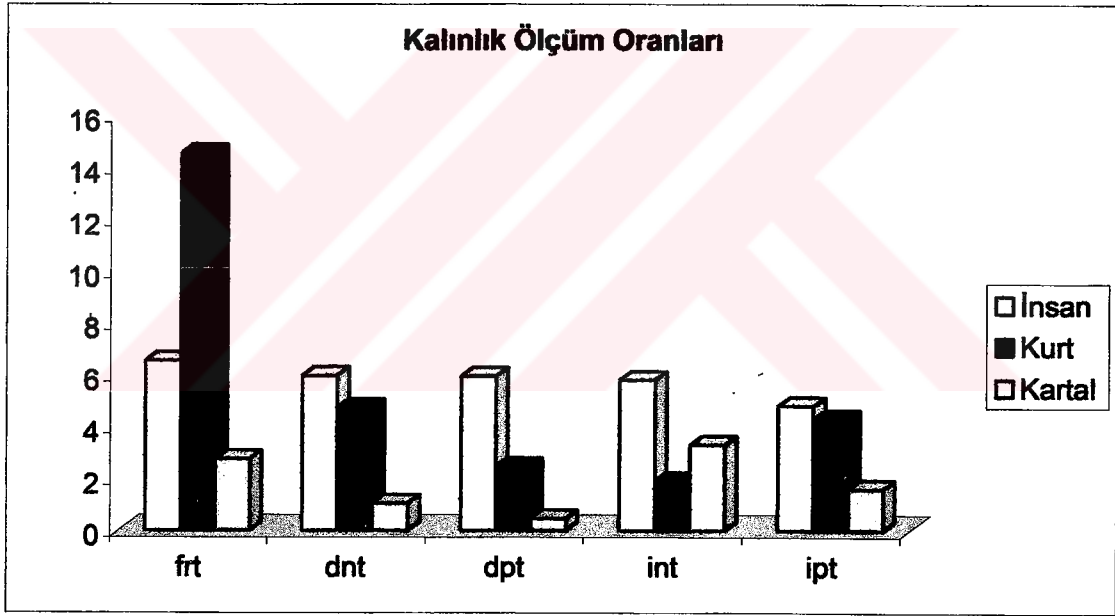
Retina	İnsan	Kurt	Kartal
	Alan Oranı %	Alan Oranı %	Alan Oranı %
Fotoreseptör tabaka	29.83	52.09	27.23
Dış nükleer tabaka	18.29	17.82	10.60
Dış plexiform tabaka	15.49	7.00	5.60
İç nükleer tabaka	18.71	6.64	34.07
İç plexiform tabaka	13.18	12.95	16.20
Ganglion hücre tabakası	4.50	3.50	6.35



Şekil. 4.26. İnsan, kurt ve kartal fotoreseptör, dış nükleer, dış plexiform, iç nükleer, iç plexiform ve ganglion hücre tabakaları alan oran değer grafiği (% , 100x). **frt**: fotoreseptör tabakası, **dnt**: dış nükleer tabaka, **dpt**: dış plexiform tabaka, **int**: iç nükleer tabaka, **ipt**: iç plexiform tabaka, **ght**: ganglion hücre tabakası.

Tablo 4.6., İnsan, kurt ve kartal fotoreseptör, dış nükleer, dış plexiform, iç nükleer ve iç plexiform tabakaları kalınlık ölçüm oran değerleri (μm , 100x).

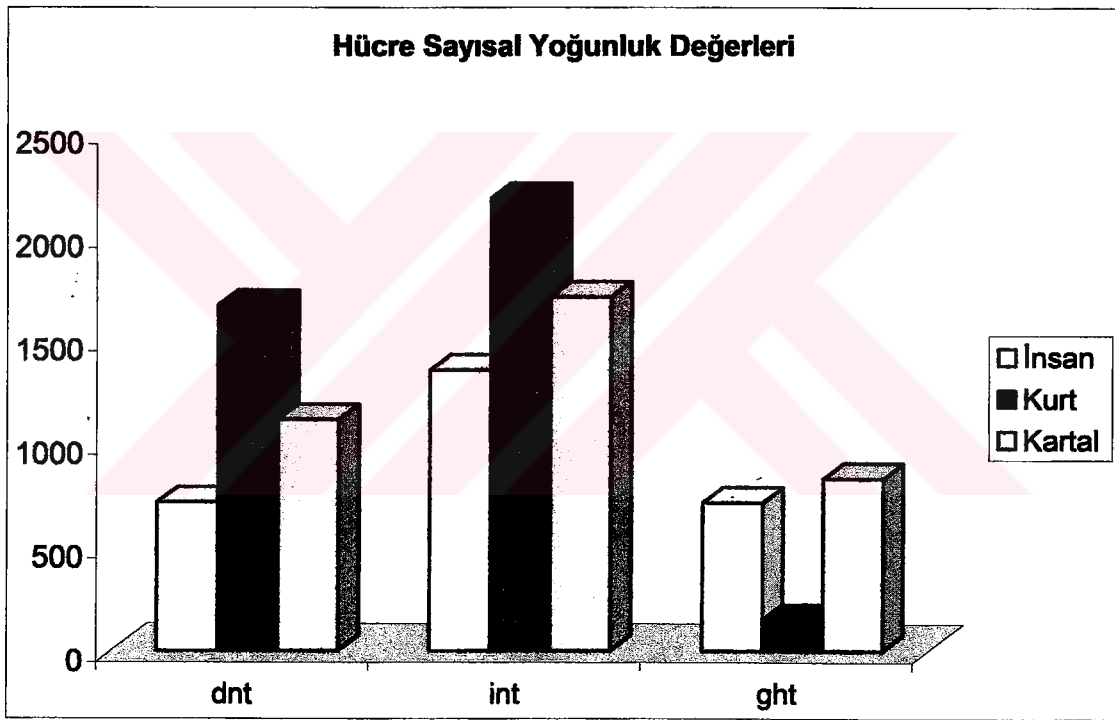
Retina	İnsan		Kurt		Kartal	
	Kalınlık (μm)	Oran %	Kalınlık (μm)	Oran %	Kalınlık (μm)	Oran %
Fotoreseptör tabaka	6.56	22.70	14.57	52.05	2.76	33.46
Dış nükleer tabaka	5.98	20.54	4.73	16.92	1.04	12.58
Dış plexiform tabaka	5.95	20.43	2.47	8.83	0.45	5.45
İç nükleer tabaka	5.80	19.93	1.91	6.82	3.32	40.25
İç plexiform tabaka	4.82	16.55	4.31	15.39	1.60	19.41
Ölçülen toplam alan	29.11		27.99		9.17	



Şekil 4.27. İnsan, kurt ve kartal fotoreseptör, dış nükleer, dış plexiform, iç nükleer ve iç plexiform tabakaları kalınlık ölçüm oran değer grafiği. **frt**: fotoreseptör tabakası, **dnt**: dış nükleer tabaka, **dpt**: dış plexiform tabaka, **int**: iç nükleer tabaka, **ipt**: iç plexiform tabaka. Fotoreseptör tabaka insan ve kurt karşılaştırması (t: -5.878, $p < 0.05$), insan ve kartal karşılaştırması (t: 7.018, $p < 0.05$), kurt ve kartal karşılaştırması (t: -11.700, $p < 0.05$). Dış nükleer tabaka insan ve kurt karşılaştırması (t: 1.093, $p > 0.05$), insan ve kartal karşılaştırması (t: 7.841, $p < 0.05$), kurt ve kartal karşılaştırması (t: -10.061, $p < 0.05$). Dış plexiform tabaka insan ve kurt karşılaştırması (t: 6.776, $p < 0.05$), insan ve kartal karşılaştırması (t: 32.127, $p < 0.05$), kurt ve kartal karşılaştırması (t: -4.074, $p < 0.05$). İç nükleer tabaka insan ve kurt karşılaştırması (t: 9.512, $p < 0.05$), insan ve kartal karşılaştırması (t: 11.994, $p < 0.05$), kurt ve kartal karşılaştırması (t: 3.478, $p < 0.05$). İç plexiform tabaka insan ve kurt karşılaştırması (t: 0.386, $p > 0.05$), insan ve kartal karşılaştırması (t: 11.616, $p < 0.05$), kurt ve kartal karşılaştırması (t: -8.788, $p < 0.05$).

Tablo 4.7. İnsan, kurt ve kartal dış nükleer, iç nükleer ve ganglion hücre tabakaları hücre sayısal yoğunluğu (mm^2 , 200x).

Retina	İnsan	Kurt	Kartal
	Hücre Sayısal Yoğunluğu (mm^2)	Hücre Sayısal Yoğunluğu (mm^2)	Hücre Sayısal Yoğunluğu (mm^2)
Dış nükleer tabaka	716	1667	1116
İç nükleer tabaka	1355	2182	1708
Ganglion hücre tabakası	714	149	831

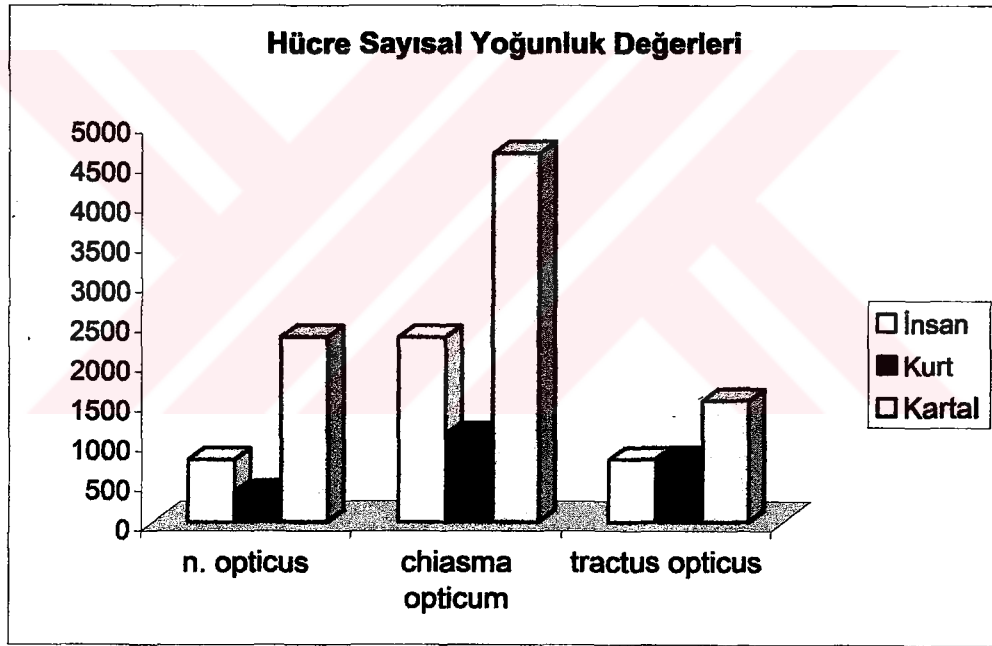


Şekil 4.28. İnsan, kurt ve kartal dış nükleer, iç nükleer ve ganglion hücre tabakaları hücre sayısal yoğunluk değerleri grafiği. **dnt**: dış nükleer tabaka, **int**: iç nükleer tabaka, **ght**: ganglion hücre tabakası.

N. Opticus, Chiasma Opticum ve Tractus Opticus

Tablo 4.8. İnsan, kurt ve kartal n. opticus, chiasma opticum ve tractus opticus hücre sayısal yoğunluğu (mm^2 , 40x).

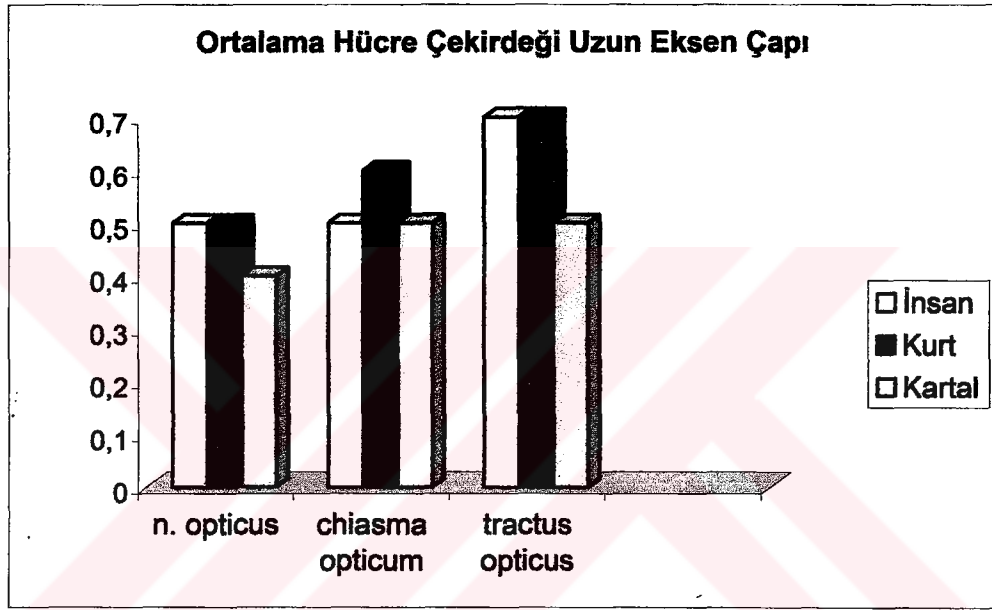
Hücre Sayıları (mm^2)	İnsan	Kurt	Kartal
N. opticus	789	379	2328
Chiasma opticum	2324	1103	4636
Tractus opticus	791	799	1528



Şekil 4.29. İnsan, kurt ve kartal n. opticus, chiasma opticum ve tractus opticus hücre sayısal yoğunluk değerleri grafiği.

Tablo 4.9. İnsan, kurt ve kartal n. opticus, chiasma opticum ve tractus opticus ortalama hücre çekirdeği uzun eksen çapı (μ , 400x).

Ortalama Hücre Çekirdeği Uzun Eksen Çapı (μ)	İnsan	Kurt	Kartal
N. opticus	0.5	0.5	0.4
Chiasma opticum	0.5	0.6	0.5
Tractus opticus	0.7	0.7	0.5



Şekil 4.30. İnsan, kurt ve kartal n. opticus, chiasma opticum ve tractus opticus ortalama hücre çekirdeği uzun eksen çapı grafiği. İnsan, kurt ve kartal (örnek sayıları: 5). N. opticus insan ve kurt karşılaştırması (t: -0.874, $p>0.05$), insan ve kartal karşılaştırması (t: 1.233, $p>0.05$), kurt ve kartal karşılaştırması (t: -1.634, $p>0.05$). Chiasma opticum insan ve kurt karşılaştırması (t: -0.877, $p>0.05$), insan ve kartal karşılaştırması (t: 0.049, $p>0.05$), kurt ve kartal karşılaştırması (t: -0.432, $p>0.05$). Tractus opticus insan ve kurt karşılaştırması (t: 2.940, $p>0.05$), insan ve kartal karşılaştırması (t: 5.517, $p<0.05$), kurt ve kartal karşılaştırması (t: -2.775, $p<0.05$).

5. TARTIŞMA

Görme fonksiyonu, insan duyuları içinde en önemlisidir. Görme yolları ile çevredeki obje arasında çapraz bir ilişki vardır. Bir gözün nasal bölümünden kalkan yollar, o gözde temporal çevreden gelen obje uyarılarını taşır. Macula'dan gelen aksonların bir kısmı chiasma opticum'u çapraz yapmadan geçer. Bundan dolayı her bir tractus opticus'ta her iki tarafın macula'larından gelen aksonlar bulunur. Her bir tractus opticus'un her iki gözden gelen aksonları bulundurması, cisimleri her iki gözümüzde aynı zamanda ve tek olarak, yani binoküler görebilmemizi sağlamaktadır²².

Visual duyular renk, şekil, aralık, hareket ve ışığın algılanmasını içerir. Işık duyusu Visual duyuların en önemlisidir ve vertebralılarda oldukça gelişmiştir. Işığa duyarlılığın yüksek düzeyde olması gözdeki özelleşmiş yapılardan meydana gelir. Işığı keskin olarak algılamaya ihtiyaç duyan hayvanların gözleri mükemmel görme keskinliğine ihtiyaç duyan hayvanların gözlerinden farklıdır. Bu görüşten hareketle omurgalılar gündüzcül, gececil ve her ikisine de uyum sağlayan hayvanlar olarak üç grupta sınıflandırılır. Gündüzcül ve gececil hayvanların gözlerinin oküler mikroskopisi çok farklıdır.

Kurtların görmesi harekete çok duyarlıdır ve en az insanlarınki kadar keskindir^{59,60}. Görme, kurtların bütün duyuları içerisinde en az gelişenidir. Kurtlar hareketleri kolaylıkla sezer. Bununla birlikte hareket etmeyen şeyleri zor algırlar. Onların gözleri büyük mesafelerde keskin odaklanmaya izin veren foveal çukurdan yoksundurlar. Bu yüzden kurtlar yaklaşık 30-45 m'lik bir mesafede bulunan sürüdeki arkadaşını fark edemezler, yani miyopturlar⁶⁰. Kurtlar renk görmezler⁵⁹. Kurt retinasının periferi harekete oldukça duyarlıdır. Gece avlanan hiçbir yırtıcı hayvanda bu özellik yoktur⁶⁰.

Kanatlılar, çok iyi ve mükemmel bir çözünürlükle büyük bir görüntü meydana getiren uygun gözlere sahiptir²¹. Kuşlar çevre konusunda edindikleri bilginin yarıdan fazlasını görme organlarıyla elde ederler. Çoğunlukla şekil bakımından gözlerin genişliği uzunluklarından daha fazladır. Şahin, kartal ve baykuşların gözleri insanlardakinden daha büyüktür²⁶. Ördeğin bulbus oculi'si küt koni, diğer evcil kanatlılarda ise elipsoiddir²¹. Yalnız görme duyusu çok keskin olan baykuş gibi gececil kuşlarda uzun, hatta kartal gibi bazı kuşlarda tüp şeklindedir²⁶.

Kuşların gözleri insan gözüne göre baş büyüklükleri dikkate alındığında oldukça büyüktür ve beyinleri daha küçüktür. Kuşların görmesi yüzyıllardır insanları etkilemiş ve şaşırtmıştır. Bilim adamları kuş gözlerini hayvanlar aleminde en mükemmel olarak kabul ederler. Kuşların gözleri bazen beyinlerinden daha ağır olabilirler⁶¹.

Kartal gözü şekil olarak insan ve kurt gözünden farklı yapıya sahiptir (Şekil 4.11). Kartalların gözünün arka kısmı insanların gözünden daha büyük ve yassı bir yapıdadır. Bu nedenle nesnelere bizim gördüğümüzden daha büyük görebilirler⁶¹. Kartalların foveası insaninkinden daha fazla hücre konsantrasyonuna sahiptir. Fovealardan birisi ön tarafta binoküler görüş sağlarken diğeri de yan tarafta monoküler görüşü sağlar⁶².

Makroskopik olarak bulbus oculi ile beyin büyüklüklerini karşılaştırdığımızda diğer türlere göre insan beyni bulbus oculi'sine göre en büyük orana sahip olduğu hesaplandı. Kurt beyni de insan beyni gibi bulbus oculi'sinden büyük saptandı. Kartalda ise durum bu ikisinden oldukça farklı bulundu ve kartalın bulbus oculi'si, beyninden daha büyük veya en azından beynine yakın büyüklükte olduğu belirlendi (Şekil 4.11).

Klasik kaynaklara göre insan bulbus oculi'sinin vertikal eksenindeki çapı ortalama 23.5 mm'dir^{4,11,18,24}. Bulbus oculi ile yaptığımız makroskopik çalışmada bulbus oculi'nin vertikal eksenindeki çapı insanda ortalama 24.54 mm olarak bulundu. Bu çap kartalda 31.33 mm ve kurtta 24.84 mm olarak ölçüldü (Tablo 4.1 ve Şekil 4.1). İnsanda bulbus oculi'nin vertikal eksenindeki çapı kurt ve kartala göre daha küçüktü. Kartalın bulbus oculi vertikal eksenindeki çapı ise kurt ve insana göre daha fazlaydı.

İnsan ve kurt bulbus oculi vertikal eksenindeki çapı karşılaştırıldığında istatistiksel olarak aralarındaki fark önemli değildi ($p>0.05$). İnsan-kartal ve kurt-kartal göz küreleri arasındaki fark ise istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$).

Kitaplarda verilen bilgilere göre bulbus oculi'nin transvers eksenindeki çapı 24.00 mm'dir^{4,11,18,24}. Yaptığımız çalışmada ise transvers eksenindeki çap insanda ortalama olarak 25.07 mm olarak ölçüldü. Bu çap kartalda 33.08 mm ve kurtta 24.69 mm olarak ölçüldü. Kartal bulbus oculi transvers eksenindeki çapının diğer deneklere göre büyük olduğu tespit edildi. Kurt bulbus oculi'nin transvers eksenindeki çapı ise hepsinden küçük bulundu (Tablo 4.1 ve Şekil 4.2).

Bulbus oculi transvers eksenindeki çapı istatistiksel olarak; insan ve kurt arasında önemli fark göstermiyordu. ($p>0.05$). İnsan-kartal ve kurt-kartal arasındaki farklar ise istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$).

Bulbus oculi'nin sagittal eksenindeki çapı insanda 24 mm'dir^{4,11,18,24}. Bizim yaptığımız çalışmada sagittal eksenindeki çap insanda ortalama 24.85 mm olarak ölçüldü. Bu çap kartalda 28.28 mm ve kurtta 21.77 mm idi. Sagittal eksenindeki çapın büyüklüğü en fazla kartalda en az da kurtta olduğu görüldü (Tablo 4.1 ve Şekil 4.3).

Bulbus oculi sagittal eksenindeki çapı insan-kurt, insan-kartal ve kurt-kartal arasında istatistiksel olarak önemli fark gösteriyordu ($p<0.05$).

Kartal bulbus oculi çapları vertikal, transvers ve sagittal ekseninde yapılan ölçümlerde tüm deneklerden büyük olarak bulundu.

İnsanda ölçtüğümüz bulbus oculi transvers, vertikal ve sagittal eksenindeki çapları klasik kaynaklarda da mevcuttu. Kurt ve kartal bulbus oculi çaplarının ölçümlerine yaptığımız literatür araştırmaları içinde rastlanmadı. Yırtıcı kuşların gözleri başlarına oranla oldukça iridir⁶³. Anatomik farklılıklar retina ve optik sistemin yapısından kaynaklanmaktadır. Gözün büyüklüğü ve yapısının farklı olması toplanan ışık miktarını etkiler³⁸. Üstün görmeleri ile ünlü olan kartalların görme keskinliği, kusursuz gören bir insanınkinden en az dört-altı kat daha fazladır^{62,64}. Kartal gözünün makroskopik yapısı onun diğer türlerden daha iyi görmesine etki ettiği düşünülmektedir. Yapılan ölçümlerde kartal bulbus oculi'si beyni ile kıyaslandığında yaklaşık aynı büyüklükte olması ve bu oranın insan ve kurttan daha büyük bulunması da bu görüşü desteklemektedir. İnsan ve kurt beyinlerinin ise bu çalışmada göz kürelerinden daha büyük olduğu görülmüştür. Anatomik yapıdaki bu farklılığın kartalın, insan ve kurda oranla daha iyi görmesinin bir nedeni olabileceği düşünülmektedir.

Omurgalı retinasında üç nükleer ve iki plexiform tabaka mevcuttur⁴². Retina, bulbus oculi'nin en içteki tabakasıdır ve elektriksel uyarıları ışığa dönüştüren glial hücreler, nöronlar ve fotoreseptörleri içine alır. Uyarılar, fotoreseptörlerin ışığa duyarlı tabakasından n. opticus vasıtasıyla beyine gönderilir. Bütün vertebralılarda genelde benzer retinal mikroanatomi vardır. Bununla birlikte, farklı türlerin çevresel şartlarının bir sonucu olarak kendilerine özgü farklılıkları bulunmaktadır⁶⁵.

Retinadaki fotoreseptör hücreler, radial olarak yerleşmiş olup bir ucunda fotoreseptif kısım, diğer ucunda ise nükleuslu gövdesi bulunur. Choroidea'e en uzak yerde ise bipolar nöronlarla fonksiyonel birleşmenin olduğu terminal sinaptik alandaki uzun hücreler vardır⁴.

Yapılan histolojik incelenmede fotoreseptör tabakası kurtta, insan ve kartala göre daha kalın olarak bulundu. Oysa bu tabakanın kartalda diğerlerine göre daha ince olduğu saptandı (Şekil 4.12). Aynı bölgenin morfometrik incelemesinde fotoreseptör tabakasının alanı insanda %29.83 ve kurtta %52.09 ile ölçülen diğer tabakaların alanlarına oranla ilk sırada yer aldıkları görüldü (Tablo 4.5 ve Şekil 4.26).

Fotoreseptör tabaka insanda %22.70 ile ölçülen diğer tabakalar içinde en kalını olarak bulundu. Kurtta %52.05 ile ölçülen diğer tabakalar içinde ve 100x büyütmede 14.57 µm ile türler arasında en kalını olarak belirlendi (Tablo 4.6 ve Şekil 4.27). İnsan ve kurt fotoreseptör tabakalarının alan ve kalınlık olarak ölçülen nükleer ve plexiform tabakalar içinde en fazla alana ve kalınlığa sahip oldukları belirlendi.

Fotoreseptör tabaka kalınlıklarının insan, kurt ve kartal arasındaki farkları istatistiksel olarak anlamlıydı ($p < 0.05$).

Fotoreseptör tabakası, gövdeleri görme hücrelerinin birinci nöronlarını oluşturan koni ve basil hücrelerinin dış kısımları veya periferik uzantılarından oluşur^{13,30}. Çalışmamızda koni ve basil hücrelerinin bu tabakadaki periferik uzantılarının ayırımı yapılmamıştır. Yırtıcı kuşlar insanlara kıyasla çok net görürler⁶³. Gece görüşü kurtlarda insana göre oldukça yüksektir. Kurt retinasında basil hücrelerinin koni hücrelerine göre yüksek oranda bulunması gece görüşünün güçlü olmasının bir nedenidir. Bu oran hemen hemen basil lehine %95'dir^{60,66}. Fotoreseptör hücreler iç ve dış uzantılardan oluşur⁴⁸. Dış uzantılar basil ve koni olmak üzere iki tiptir. Basiller silindirik, koniler ise koniktir. Dış uzantılardan oluşan fotoreseptör kısım hücre gövdesine mitokondriden zengin bir sitoplazmanın bulunduğu iç uzantı ile bağlanır. Basil hücrelerinin fotoreseptör uzantıları daha yuvarlak ve uzundur⁴. Elde ettiğimiz bulgular fotoreseptör tabakasının türler arasında fonksiyonel olarak en iyi kurtta gelişmiş olduğunu göstermektedir. Kurdun gece görüşünün güçlü olmasını sağlayan basil hücrelerinin, fotoreseptör tabakasının alan ve kalınlığını etkilediği düşünülmektedir. Yaptığımız çalışmanın bulguları, bize basil hücrelerinin fotoreseptör tabakası içine verdiği

uzantıların bu tabakanın daha kalın olmasının ve daha fazla alan kaplamasının muhtemel nedeni olduğunu düşündürmektedir. Kartal retinası renkleri tanıyan koni hücrelerinden ve ışığı ayırt eden basil hücrelerinden oluşur. Kartal retinasındaki koni hücreleri, basil hücrelerinden daha fazladır^{62,67}. Bu nedenle kartalların gece görmeleri zayıf olduğundan gündüz avlanırlar. Işık az olduğunda ise renkleri gri olarak algırlar⁶⁷. Klasik bilgi olarak insanda basil hücreleri sayı olarak koni hücrelerinden yaklaşık olarak 17-18 kat daha fazla olduğu bilinmektedir⁴. Kurtlarda basil hücrelerinin diğer türlerden daha fazla olması bu hayvanların fotoreseptör tabakasının neden daha kalın olduğunu açıklamaktadır. Kartalda ise basil hücrelerinin daha az olması bu tabakanın daha ince olmasını izah eder. Basil hücrelerinin boyutlarının (50x3 µm) konilerden (60x1.5 µm) daha fazla olması da bu tabakanın kalınlığına etki eder^{11,17,28}.

Dış nükleer tabaka basil ve koni hücrelerinin dış sınırlayıcı membranın iç tarafında kalan kısımlarını içerir⁴. Bu tabakada fotoreseptör hücrelerin hücre gövdeleri ve 8-9 sıradan meydana gelen hücre nükleusları bulunur⁴⁸. Basil ve koni terimleri ilk olarak retina fotoreseptör dış segmentinin sitolojik görünümündeki büyük farkları göstermek için kullanıldı. Bu fark memeli olmayan türlerde memelilerden daha fazla dikkat çeker. Bütün vertebralılarda basil ve konilerin dış uzantılarının ayrıntılı hücre yapısı farklıdır⁶⁸.

sahiptir⁶⁹. Bazı bilim adamları kartallarda diğer iki fovea ile bağlantı kuran üçüncü bir foveanın da olduğunu düşünmektedirler⁶¹.

Bütün kuşlar gibi kartallar da renkli görmeye sahiptirler^{62,64}. Kartalın retinası renkleri tanıyan koni hücrelerinden ve ışığı ayırt eden basil hücrelerinden oluşur. Kartalların retinasındaki koni hücreleri, basil hücrelerinden daha fazladır^{62,67}.

Retinanın dış nükleer tabakasında yapılan histolojik çalışmada, dış nükleer tabakanın insanda kalın, kurtta insaninkine yakın kartalda ise diğerlerine oranla daha ince olduğunu belirlendi. Dış nükleer tabakadaki nöronların kurtta oldukça sık ve düzenli dağılım gösterdiği de izlendi (Şekil 4.15 ve Şekil 4.16).

İnsan dış nükleer tabakası 100x büyütmede, diğer tabaka kalınlıklarına oranla 5.98 μm ile türler arasında ilk sırada yer aldığı belirlendi. Kartal ise 100x büyütmede 1.04 μm ile son sırada yer almaktaydı. Kartal dış nükleer tabakasının kurt ve insana göre oldukça ince olduğu görüldü (Tablo 4.6 ve Şekil 4.27).

İstatistiksel olarak dış nükleer tabakanın insan ve kurt arasındaki kalınlık farkı anlamlı değildi ($p>0.05$). Bu tabakanın insan-kartal ve kurt-kartal arasındaki farkları ise anlamlı olarak bulundu ($p<0.05$).

Dış nükleer tabakadaki hücre sayısal yoğunluğu kurtlarda $1667/\text{mm}^2$ olup insan ve kartala göre daha fazla bulundu (Tablo 4.7 ve Şekil 4.28). Bu durum, kurt fotoreseptör tabakasının kalın olmasının bir nedeni olabilir.

Bilindiği gibi dış nükleer tabakada koni ve basil hücrelerinin hücre çekirdekleri ile hücre gövdeleri bulunmaktadır^{1,6,11,13,29,32,49}. Bu tabakanın insanda kalın olmasının yanı sıra nöronların seyrek olarak dizilmiş olması, hücrelerin sayısal yoğunluğunu etkilemektedir. Yani hücreler daha büyük ve sayıları az olmakla beraber daha geniş alana yayılmışlardır. Kurtta nöronların sık aralıklarla dizilmesi, bu tabakanın alanını daraltmasına rağmen hücre sayısal yoğunluğunun daha fazla olmasına neden olmuştur. Sonuç olarak, fotoreseptör tabakasının kalınlık ve alan değeri dış nükleer tabakanın kalınlık ve sayısal yoğunluğu ile birlikte değerlendirildiği zaman sözü edilen parametrelerde kurdun bariz üstünlüğe sahip olduğu görülmektedir. Biz bu verilere dayanarak kurdun rezolüsyon gücünün (iki noktanın görüntülerinin ayırt edilebilmesi) daha yüksek olduğunu söyleyebiliriz. Bu durum kurtların görmesinin harekete duyarlı olmasını da açıklayabilir.

Dış plexiform tabaka; bipolar nöronlar ve horizontal hücrelerle, fotoreseptör hücreler arasında sinaptik bağlantıları içerir⁴⁸. Bu tabakada koni hücreleri daha kompleks ve fazla bağlantıya sahiptir⁴. Memeli retinasındaki basil fotoreseptör hücreleri tek bir basil bipolar hücresi, koni fotoreseptör hücreleri ise birçok koni bipolar hücresiyle sinaps yaparlar^{70,71}.

Yapılan histolojik çalışmada, retinanın dış plexiform tabakası insanda kalın bulundu (Şekil 4.15). Aynı tabakanın 100x büyütmesinde insanın 5.95 μm ile türler arasında birinci sırada, kartalın 0.45 μm ile türler arasında son sırada yer aldığı belirlendi (Tablo 4.6 ve Şekil 4.27).

Dış plexiform tabaka kalınlıklarının insan, kurt ve kartal arasındaki farkları istatistiksel olarak anlamlıydı ($p < 0.05$).

Dış plexiform tabaka, basil ve koni hücrelerinin bipolar nöronlar ile amacrin ve horizontal hücrelerle sinaps yapmaktadır. Bu sinapslar basil ve koni hücreleri için farklılıklar gösterirler⁴⁸. Daha önceden de bahsedildiği üzere bu tabaka retinanın 1. nöronlarının sinaps yeridir³². Bu tabakada amacrin ve horizontal hücrelerin dendritleri koni ve basil hücreleriyle sinaps yapar^{30,44}. Dış plexiform tabakanın sinaptik bir bölge olması nedeniyle burada hücreler arasında çok sayıda bağlantılar bulunmaktadır. Bağlantılarının fazla olması bu tabakanın insanda daha kalın olmasına neden olabilir. Bu tabakanın kartalda daha ince olması sinaps sayısının az yada akson boylarının daha kısa olmasına bağlı olabilir. Bu da kartalın bu tabakasında iletim zamanının daha kısa ve hızlı olmasını sağlayacağı düşünülmektedir. Kartalda koni hücrelerinin yüksek miktarda olması görüntünün renkli ve daha güçlü çözümlenmesini sağlar. Çözümlenmenin yüksek olması uzaktaki nesneye odaklanma kabiliyetidir⁶⁷. Kartallar büyük bir ihtimalle bir mil uzakta hareketli bir tavşanı tespit edebilme yeteneğine sahiptirler. Bu, açık arazi üzerinde yaklaşık 300 m yükseklikte uçan bir kartalın 4-5 km^2 lik bir alan içerisindeki avını kolayca avlayabilmesi anlamına gelir⁶⁴. Bu durum kartalın visual uyarılara daha hızlı cevap verdiğini gösterir.

İç nükleer tabaka ganglion hücreleri ile basil ve koni nükleus tabakası arasında yer alır ve orta nükleer tabaka olarak da isimlendirilebilir⁴. Hem Müller hücrelerinin nükleuslarını hem de bipolar hücreler, horizontal hücreler, interplexiform hücreler ve amacrin hücrelerin hücre gövdeleri ve nükleuslarını içerir⁴⁸. Bipolar hücreler, koni ve

basil fotoreseptörlerinden retinanın iç kısmındaki ganglion ve amacrin hücrelerine ışık sinyalleri iletirler. Bipolar hücreler iç nükleer tabakadaki nöronların yaklaşık %40'ını oluştururlar^{72,73}.

Bipolar hücrelerin iki tane uzantısı bulunur. Bu uzantılardan dendritler periferden hücre gövdesine impuls taşır. Aksonlar ise gelen impulsları santral sinir sistemine taşır. Bipolar nöronların çoğu duyu nöronlarıdır. Retina ve regio olfactoria'daki duyu nöronları bu tip nöronlara örnektir⁴¹. Koni bipolar hücreleri iç plexiform tabakada akson sonlanmaları meydana getirirler. Basil bipolar hücrelerinin akson dallanmaları koni bipolar hücrelerinden daha incedir. Basil bipolar hücrelerinin aksonları iç plexiform tabaka boyunca uzanır ve iç plexiform ve ganglion hücre tabakasının sınırında sonlanır⁷³.

Bipolar hücrelerin iki temel tipi, retinada mevcut olan koni bipolar ve basil bipolar hücreleridir⁷³. Koni ve basil hücreleri bipolar hücreler arasında sinapslar yapar³⁷. Basil sferülleri ile sinaps yapan basil bipolar hücreleri ve koni pedikülü ile sinaps yapan koni bipolar nöronlarından oluşurlar. Her bir basil bipolar hücresi amacrin II hücresiyle bağlantı kurarken, koni bipolar hücresi tek ganglion hücresiyle bağlanırlar. Kolb ve West, bunların uzantılarını iç ve dış plexiform tabakaya gönderdiğini göstermiştir⁴.

Basil yolu yalnızca basil bipolar hücrelerinin bir morfolojik tipine sahiptir. Işık uyarılarına on basil bipolar hücreleri cevap verir. Retinanın iç kısmında basil bipolar hücreleri A II amacrin hücrelerini uyarır. On ve off sinyallerine ayrılan klasik basil yolu ise A II amacrin hücreleri vasıtasıyla farklı bipolar koni hücreleriyle farklı türde etkileşim oluşturur⁴⁶.

Koni yolları nispeten açıktır. On ve off koni bipolar hücreleri konilerden input alır ve sırasıyla on ve off ganglion hücrelerine ışık sinyallerini gönderir. On ve off koni bipolar hücreleri farklı postsinaptik glutamat reseptörlerinin varlığına bağlı olarak zıt polaritelerle cevap verir⁴⁶.

İç nükleer tabakadaki horizontal, bipolar ve amacrin nöronlar pek çok alt grup içerir ve bunlarda herhangi bir mikroskopi ile tarif edilemeyen sitolojik farklılıklardan ziyade bağlantıları ve fizyolojileri ile ayırt ediliirler⁴. İnternöronlar aldıkları impulsları santral sinir sistemi içerisinde bir nörondan diğerine taşır⁴¹. Horizontal hücreler retinanın dış

plexiform tabakasındaki ilk sinapsta bipolar ve fotoreseptör hücreleri arasında uyarı transferini düzenleyen internöronlardır⁷⁴. Horizontal hücreler ganglion ve bipolar hücrelerinin çevresindeki antagonistik alıcı alanı oluştururlar⁷⁴. Horizontal hücrelerin uzun ve kısa nöritleri ne akson ne de dendritlerdir. Büyük ihtimalle her iki yönde de iletim yaparlar⁴. Horizontal hücrelerin hücre gövdeleri iç nükleer tabakada, yaptıkları sinapslar ise dış plexiform tabakadadır. Retinadaki diğer internöron grubu olan amacrin hücrelerin büyük kısmının hücre gövdeleri iç nükleer tabakada, bir kısmının ise ganglion hücre tabakasının dış tarafında yer alır³⁷. Amacrin hücrelerin büyük bir kısmı iç plexiform tabakada bipolar hücrelerin aksonları ile ganglion hücrelerin dendritleri arasında sinaptik bağlantılar yapar^{4,37}. Horizontal ve amacrin hücrelerin fonksiyonu fotoreseptörler, bipolar hücreler ve ganglion hücreleri arasında modülasyon ve integrasyonu sağlamaktır^{37,75}. Ayrıca bu tabakada görme yollarının 2. nöronları bulunmaktadır⁴⁴.

Retinanın iç nükleer tabakasında yaptığımız histolojik çalışmada insan retinası iç nükleer tabakasının kurt ve kartalinkilere göre daha kalın olduğu gözlemlendi (Şekil 4.15). 100x büyütmede de 5.80 mikrometre ile insanın türler arasında birinci sırada yer aldığı belirlendi (Tablo 4.6 ve Şekil 4.27). Morfometrik incelemede iç nükleer tabaka alanının kartalda %34.07 ile kendi tüm tabakaları içinde ilk sırada yer aldığı belirlendi (Tablo 4.5 ve Şekil 4.26).

İç nükleer tabakadaki hücre sayısal yoğunluğu kurtta 2182/mm², insanda 1355/mm² olarak bulundu (Tablo 4.7 ve Şekil 4.28).

Bu tabakanın insanda kalın olması ve hücrelerin de sayısının az olması bu tabakadaki iletimin ve rezolüsyonun diğerlerine göre daha az olmasına sebep olabileceğini düşündürmektedir. Hücre sayısının kurtta fazla olmasının nedeninin dış nükleer tabakadaki basil hücrelerinin fazlalığı nedeniyle daha fazla bipolar hücrelerle sinaps yapmasına ve bipolar hücrelerin sayısının artmasının neden olduğunu akla getirmektedir.

İstatistiksel olarak iç nükleer tabaka kalınlıklarının insan, kurt ve kartal arasındaki farkları anlamlıydı (p<0.05).

İç plexiform tabaka iç nükleer ve ganglion hücre tabakası arasında yoğun nöropilik tabakadır⁴. Bu tabaka bipolar hücreler, amacrin hücreler, interplexiform hücreler ve ganglion hücrelerinin sinaps ve hücre bağlantılarını içerir⁴⁸. Bipolar aksonlar ganglion hücreleri ile aksodendritik ve aksosomatik sinapslar ve amacrin nöronlarla aksosomatik bağlantılar yapar. Amacrin nöritleri, bipolar hücre aksonları ve ganglion hücre gövdeleri ile sinaps yapar. Bu sinapslar çok fazladır ve fovea yakınında sayılarının mm²'de 2.000.000 olduğu tahmin edilmektedir⁴.

İç plexiform tabakanın insan ve kurtta birbirine yakın, kartalda ise daha ince olduğu gözlemlendi (Şekil 4.15). İç plexiform tabakanın diğer tabaka kalınlıklarına oranla insanda 100x büyütmede 4.82 mikrometre ile türler arasında birinci sırada yer aldığı belirlendi (Tablo 4.6 ve Şekil 4.27).

Bu tabakanın kartalda diğerlerine göre daha ince olmasının buradaki nöronların ganglion hücreleriyle yaptığı sinapsların daha kısa ve böylece iletimin daha hızlı olmasını sağladığını düşünmekteyiz. Bu tabakanın insan ve kurtta daha kalın olması akson boylarının daha uzun olmasına ve dolayısıyla iletimin intikal süresinin diğerlerine göre daha uzun sürede olmasına neden olabileceğini düşünmekteyiz.

fazladır³⁷. Aksonlar retinanın iç yüzeyinin altında bulunan sinir lifi tabakasını oluştururlar ve bu aksonlar retinanın içinde myelinsizdir. Büyük ihtimalle bu aksonların hepsi insan retinasında yaklaşık 1-1.2 milyon kadardır^{4,30,75}.

Ganglion hücre tabakasındaki hücre sayısal yoğunluk değerleri kartalda 831/mm² ile en fazla, insanda 714/mm² ile ikinci sırada ve kurtta 149/mm² ile en az olduğu belirlendi (Tablo 4.7 ve Şekil 4.28).

Vertebralıların retinasındaki ganglion hücreleri morfoloji, fizyoloji ve soma büyüklüklerine göre sınıflandırılır. Tür farklılıkları ve benzerlikleri retinal ganglion hücreleriyle olur^{76,77}. İlk anatomik ve fizyolojik çalışmalarda retinal ganglion hücreleri alfa (Y), beta (X) ve gama (W) olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır^{37,76,77}. Bu ganglion hücrelerinin akson çapları da farklıdır⁷⁶. Orta büyüklükte olan X hücreleri daha çok santral görme ile ilgili impulsları taşır. Bu hücrelerin aksonlarında impuls iletim hızı yavaştır^{37,77}. Retinanın merkezinde yoğunlardır⁷⁷. Hareketli stimuluslara hassas olan Y hücreleri, ganglion hücrelerinin en büyükleridir^{37,77}. Y hücreleri periferel retinada en yoğundur⁷⁷. Y hücrelerine ait aksonlarda impuls iletimi hızlıdır. Ganglion hücreleri arasında en küçükleri olan W hücrelerinin aksonlarında impuls iletim hızı çok yavaştır³⁷. Y hücreleri hızlı hareket eden imajların belirlenmesine yarayan ince bir tabakaya sahiptir⁷⁶. Buradaki hücrelerin insanda daha büyük olması bu tabakadaki hücrelere ait aksonlarda impuls iletiminin daha hızlı olmasını sağladığı düşünülmektedir. Ayrıca ganglion hücrelerinin sayısının insan ve kartalda daha fazla bulunması da bu tabakadaki n. opticus'a giden hücrelere ait aksonların sayısının daha fazla olmasının olası sebebi olabilir. Kurdu bu tabakasında hem hücre sayısının az hem de büyüklüğünün küçük olması iletimin yavaş olduğunu ve n. opticus'a giden liflerin daha az olduğunu düşündürmektedir.

Ganglion hücre fizyolojisinin karmaşıklığı kısmen retinanın iç ve dış plexiform tabakasında yer alan kompleks sinaptik etkileşimlerden meydana gelir⁷⁸. Köpeklerde ve diğer omurgalılarda retinal ganglion hücrelerinin n. opticus aksonlarına oranı birdir⁷⁹.

Sonuç olarak retinada yaptığımız histolojik ve morfometrik değerlendirmede; fotoreseptör, dış plexiform ve iç plexiform tabakaların kalınlığı ile dış nükleer, iç nükleer ve ganglion hücre tabakalarının kalınlığı ve buradaki hücre sayıları göz önüne alınarak yaptığımız değerlendirmede ve tüm tabakalardaki değerler göz önüne alındığında

insan, kurt ve kartalın birbirlerine yakın veya farklı donanım özelliklerine sahip oldukları gözlemlendi. Bu aşamada son olarak immunohistokimya destekli daha ileri mikroskopik tekniklerin kullanılarak basil ve koni hücre sayısının hesaplanmasının yanında, nöronal bağlantıların (akson ve dendritlerin) sayısının belirlenmesinin konunun aydınlatılması açısından yararlı ilave bilgiler kazandıracaklarını düşünmekteyiz.

Retinadaki ganglion hücrelerinin dağılımı ve organizasyonu sinir lif tabakası, n. opticus, chiasma opticum, tractus opticus, corpus geniculatum laterale ve visual cortex boyunca retinotopikal olarak uzanır. Retinal sinir lifi tabakasının kalınlığı discus nervi optici'den retinanın periferine doğru azalır. Bulbus oculi'nin arkasındaki n. opticus akson sayıları ve akson yoğunluğu türlere göre değişir. Daha büyük sinirler daha yüksek sayıda aksonlara sahiptir⁷⁷.

N. opticus başı retinanın geometrik merkezine yakın yerleşmiştir⁴⁷. N. opticus'un çapı 5.5 mm'ye ulaşır. Bracesh, S.R. ve Arey, L.B.'ye göre n. opticus tavşanda 265.000, kedide 119.000, köpekte 154.000, koyunda 649.000 ve insanda 1.010.000 sinir ipliğini kapsar⁵⁰. N. opticus kanatlılarda diğer cranial sinirlerden daha büyüktür. Bunun sonucu olarak kanatlılarda görme duyusu fazla gelişmiştir. N. opticus özellikle şahin ve karga türlerinde büyük, gece kuşlarında küçüktür. Sinir ipliklerinin hücre gövdeleri ganglion hücreleridir. Bu iplikler retinayı geçtiğinde myelinsizdirler. Fakat discus nervi optici'de sclera'ya girerken myelinlidirler²¹.

Klasik kitaplarda n. opticus'un uzunluğu insanda 5 cm'dir¹⁶. Bizim n. opticus'la yaptığımız makroskopik çalışmamızda, n. opticus'un uzunluğunu insanda ortalama 43.24 mm olarak bulduk. Bu uzunluk kurtta 55.08 mm ve kartalda da 7.68 mm olarak ölçüldü (Tablo 4. 2 ve Şekil 4.4).

Kurt n. opticus'unun insan ve kartaldan daha uzun olduğu görüldü. Kartal n. opticus'u ise insan ve kurda göre oldukça kısa idi. N. opticus uzunluğu insan-kurt ve insan-kartal ve kurt-kartal arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p < 0.05$).

N. opticus'un transvers eksenindeki çapı ortalama insanda 5.60 mm, kartalda 3.40 mm ve kurtta 2.86 mm olarak ölçüldü (Tablo 4.2 ve Şekil 4.5).

İnsan n. opticus'un transvers eksenindeki çapının kurt ve kartaldan daha büyük olduğu görüldü. Kartal n. opticus'unun transvers eksenindeki çapı da kurda göre daha

büyük idi. İnsan-kurt, insan-kartal ve kurt-kartal n. opticus transvers eksen çapı arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$).

N. opticus'un vertikal eksenindeki çapı ortalama olarak insanda 5.19 mm, kartalda 3.61 mm ve kurtta 3.17 mm olarak ölçüldü (Tablo 4.2 ve Şekil 4.6).

İnsan n. opticus vertikal eksenindeki çapının kurt ve kartaldan daha büyük olduğu görüldü. Kartal n. opticus'unun vertikal eksenindeki çapı da kurda göre daha büyük idi. İnsan-kurt ve insan-kartal n. opticus vertikal eksenindeki çapı arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$). Kurt ve kartal n. opticus vertikal eksenindeki çapı arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0.05$).

İnsan, kurt ve kartal n. opticus transvers ve vertikal eksenindeki çapları ile kurt ve kartal n. opticus'larının uzunluk ölçümüne literatürde rastlanmadı.

N. opticus retinadaki ganglion tabakasında bulunan multipolar hücrelerin aksonlarından oluşur. N. opticus'ta yaklaşık olarak ortalama 1.200.000 lif bulunur^{37,80}. N. opticus liflerinin yaklaşık %50'si chiasma opticum'da her bir gözden çaprazlaşarak ayrılır^{76,81-83}.

N. opticus'u oluşturan lifler, gözün iç tabakasında (pars optica retina) bulunan multipolar ganglion hücrelerinin santral uzantılarıdır. Myelinli olan bu lifler, schwann hücrelerinden ziyade oligodentrositlerden oluşan bir kılıfla sarılmıştır. N. opticus, optik kanaldan kafa boşluğuna girer. N. opticus'ta nereden kaynaklandığı henüz bilinmeyen efferent lifler de bulunmaktadır³⁷.

Bir kablo gibi görev yapan n. opticus retinadan beyne elektriksel uyarıları taşır. N. opticus'un anatomisi son yıllarda çoğu araştırmalarda dikkat çekmiştir. Optik aksonların büyüklüğü ve toplam sayıları yoğunlukla kedilerde (Hughes & Wassle 1976, Stone and Campion 1978), köpeklerde (Hogan and Williams 1995), tavşanlarda (Vaney and Hughes 1976), maymunlarda (Reese and Ho 1988) ve insanlarda (Kunii at all. 1999) ve buffalolarda (Kassab at all.2002) çalışılmıştır^{76,81-89}. Bununla birlikte kurt ve kartalda n. opticus üzerine yapılan çalışmalara literatürde rastlanmamıştır.

Optik lifler farklı büyüklük ve şekildeki fasiküller veya yığınlar halinde birlikte toplanır. Bu fasiküller ışık mikroskobunda görüldüğü gibi glial süreçler, fibroblastlar,

kollajen lifler ve kan damarları ile birbirinden ayrılır. Farklı çaptaki optik lifler yüksek büyütmedeki ışık mikroskobu altında açık şekilde görülür⁷⁶.

Küçük ve orta çaptaki aksonlar n. opticus'un bütün alanlarında mevcuttur. Yapılan çalışmalarda n. opticus aksonları 0.5-2.5 mikrometre arasında küçük aksonlar, 2.5-7.0 mikrometre arasında orta aksonlar, ve 7.0 'den büyük çaptaki aksonlar ise büyük aksonlar olarak sınıflandırılır. N. opticus lifleri, optik akson ve myelin kılıfından meydana gelir. N. opticus liflerinin ışık ve elektron mikroskobu ile bulunan tahmini sayısı insanlarda 969.000 (Potts at all.1972), 1.200.000 (Mikelberg at all 1989) kadardır. Bu değer buffaloda 1.398.000, köpekte ise 165.000'dir (Kingle at all 1985)⁷⁶.

Optik liflerin toplam sayısı kullanılan tekniğe göre farklı olabilir. Liflerin sayısını değerlendirebilmek ve herhangi bir tutarsızlıktan kaçınmak için ışık mikroskobu kullandık. Örnekler optik diskin arkasındaki farklı düzeylerden alındı. Optik liflerin sayısının hesaplanmasında oluşabilecek hatalar ışık mikroskobu ile küçük myelinli ve myelinsiz sinir liflerini hesaplamadaki zorluktan kaynaklanabilir. Bu nedenle elektron mikroskobunun kullanılması n. opticus liflerinin daha doğru hesaplanmasına yardımcı olacaktır.

İnsan, kartal ve kurtta n. opticus alanı n. opticus'tan ve retinanın ganglion hücrelerinden gelen optik liflerin büyüklüğü ve miktarlarına bağlı olabilir.

Histolojik çalışmamızda, insan n. opticus'unda perineurium'un kurt ve kartala göre oldukça belirgin olduğu gözlemlendi (Şekil 4.20). İnsan n. opticus perineurium'unun belirgin ve bağ dokusu liflerinin daha kalın olması sinir lifi demetlerinin sağlamlığını temin eder²². Bu durumun n. opticus'u travmalara karşı muhafaza ettiği düşünüldü. Kartalda sinir fasikül demetlerinin daha büyük, sayısının daha az ve içinde daha fazla sinir lifinin olması bize üzerinde özelleştiği sınırlı görevleri üstlendiğini ve bu görevleri daha iyi yaptığını ima etmektedir. İnsanda sinir fasikül demetlerinin sayısının fazla fakat içindeki lif sayısının buna oranla daha az olmasının nedeni de insanın görmeyle ilgili daha karmaşık görevleri yaptığını ve bu görevlerin farklı fasiküllerde farklı özellikteki liflerle taşındığını ima etmektedir. Ayrıca bu durum sinir fasiküllerinde meydana gelebilecek travma, hastalık vb. gibi durumlarda daha fazla sinir lifinin zarar görmesini önleyebileceğini akla getirmektedir.

Bu nedenle insan, kurt ve kartalda optik aksonların büyüklüğü ve sayılarını çalışmak n. opticus'u fonksiyonel bakımdan anlamada önemlidir.

Morfometrik çalışmamızda n. opticus'taki hücre sayısı kartalda 2328/mm², insanda 789/mm² ve kurtta 379/mm² olduğu belirlendi (Tablo 4.8 ve Şekil 4.29). Yine aynı sinirdeki ortalama hücre çekirdeği uzun eksen çapı kurtta 0.5 mm, insanda 0.5 mm ve kartalda 0.4 mm olarak ölçüldü (Tablo 4.9 ve Şekil 4.30).

İnsan, kurt ve kartal n. opticus'undaki ortalama hücre çekirdeği uzun eksen çapları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı değildi (p>0.05).

Hücre çekirdeği ile nöronun büyüklükleri birbirine bağımlı değildir. Büyük çekirdekli küçük sinir hücreleri olduğu gibi çok küçük çekirdekli büyük hücreler de vardır⁸⁰.

Chiasma opticum'daki n. opticus aksonlarının çaprazlaşması çoğu kuş ve balıklarda %100, kedilerde %65, köpeklerde %75, büyük hayvanlarda %80-90 ve ilkel hayvanlarda %50 dir⁷⁷.

Chiasma opticum'un transvers eksendeki çapı insanda 12 mm'dir¹. Chiasma

Kartal chiasma opticum vertikal eksenindeki çapı insan ve kurda göre daha büyük olduğu görüldü. İnsan-kurt, insan-kartal ve kurt-kartal chiasma opticum vertikal eksenindeki çapları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$).

Histolojik çalışmamızda chiasma opticum'daki hücre sayıları en fazla kartalda olduğu görüldü (Şekil 4.23). Morfometrik çalışmamızda da bu değerler kartalda $4636/\text{mm}^2$, insanda $2324/\text{mm}^2$ ve kurtta $1103/\text{mm}^2$ bulundu (Tablo 4.8 ve Şekil 4.29).

Kartal chiasma opticum'unda myelinli hücrelerin sayısının insan ve kurt chiasma opticum'una göre daha fazla olduğu gözlemlendi (Şekil 4.23).

İnsanda chiasma opticum'u kuşatan bağ dokusunun kurt ve kartala göre oldukça kalın kollajen liflerden meydana geldiği gözlemlendi (Şekil 4.22).

Chiasma opticum'daki ortalama hücre çekirdeği uzun eksen çapı kurtta 0.6 mm, insanda 0.5 mm ve kartalda 0.5 mm olarak ölçüldü (Tablo 4.9 ve Şekil 4.30).

İnsan, kurt ve kartal chiasma opticum'u ortalama hücre çekirdeği uzun eksen çapları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0.05$).

Tractus opticus'lar ile yaptığımız makroskopik çalışmamızda tractus opticus'un transvers eksenindeki çapı ortalama insanda 3.88 mm, kurtta 3.74 mm ve kartalda 2.86 mm olarak ölçüldü (Tablo 4.4 ve Şekil 4.9).

İnsan tractus opticus transvers eksenindeki çapının kurda yakın olduğu görüldü. Kartalda ise daha küçük olduğu görüldü. İnsan ve kurt tractus opticus'ları transvers eksenindeki çapları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulundu ($p>0.05$). İnsan-kartal ve kurt-kartal tractus opticus'ları transvers eksenindeki çapları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$).

Tractus opticus'un vertikal eksenindeki çapı ortalama kartalda 3.39 mm, insanda 2.84 mm ve kurtta 1.58 mm olarak ölçüldü (Tablo 4.4 ve Şekil 4.10).

Kartal tractus opticus vertikal eksenindeki çapının insan ve kurttan büyük olduğu görüldü. İnsan-kurt, insan-kartal ve kurt-kartal tractus opticus vertikal eksenindeki çapları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bulundu ($p<0.05$).

İnsan, kurt ve kartal tractus opticus transvers ve vertikal eksen çap ölçümlerine literatürde rastlanmadı.

Histolojik olarak yapılan incelemede tractus opticus'taki sinir liflerinin kartalda daha kalın olduğu gözlemlendi (Şekil 4.25).

Morfometrik çalışmamızda da hücre sayısı kartalda $1528/\text{mm}^2$, kurtta $799/\text{mm}^2$ ve insanda $791/\text{mm}^2$ olarak belirlendi (Tablo 4.8 ve Şekil 4.29). Ortalama hücre çekirdeği uzun eksen çapı insanda 0.7 mm, kurtta 0.7 mm kartalda 0.5 mm olarak ölçüldü (Tablo 4.9 ve Şekil 4.30).

İnsan ve kurt tractus opticus'undaki ortalama hücre çekirdeği uzun eksen çapları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0.05$). Ancak insan-kartal ve kurt-kartal ortalama hücre çekirdeği uzun eksen çapları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıydı ($p<0.05$).

Periferik sinirlerin çoğu hem myelinli, hem de myelinsiz lifler içerir. Myelinli liflerin kalınlığı çok çeşitlidir. Lif kalınlığı arttıkça uyarı iletimi daha hızlı olmaktadır. Yani total olarak sinir lifinin çapı impuls iletim hızıyla ilişkilidir²². Burada kartal chiasma opticum'undaki myelinli liflerin sayısının kurt ve insana göre daha fazla olmasının nedeninin iletimi hızlandırdığını akla getirmektedir. Ayrıca kartalda chiasma opticum ve tractus opticus'taki sinir liflerinin insan ve kurtta göre daha kalın olması sinir iletiminin daha hızlı olduğunu ve aksonu kuşatan myelin kılıfının daha kalın olduğu anlamına geldiğini düşünmekteyiz.

Aksonlar sinir liflerinin gruplaşmasıyla santral sinir sisteminde tractus'ları, tractus'lar da periferik sinir sistemindeki sinirleri oluştururlar²². Tractus opticus, chiasma opticum'un arka-dış kısmından başlar, arka-dışa doğru uzanarak corpus geniculatum laterale'ye bağlanır³⁷.

Hem chiasma opticum hem de tractus opticus'tan elde edilen veriler n. opticus'ta elde edilen bilgilerle hiyerarşik olarak birbirleriyle ilişkili olduğu gözlemlendi.

Göze gelen ışık cornea, camerae anterior bulbi, lens ve corpus vitreum'u geçtikten sonra retina'ya ulaşır. Retina'daki fotoreseptörler ışık enerjisinin burada bulunan görsel pigmentler vasıtasıyla elektriksel impulslara çevirir⁹¹.

Görme kavramı; görme keskinliği, kontrast görme, renkli görme, görme alanı, karanlık adaptasyonu, binoküler görme, stereopsis (derinlik hissi) gibi birçok kalitatif ve kantitatif özelliklere sahiptir. Normal görmeden söz edebilmek için bütün bu komponentlerin fizyolojik sınırlarda olması gerekir³⁴.

Tez kapsamında insan, kurt ve kartal görmesindeki farklılıklar bulbus oculi, retina, n. opticus, chiasma opticum ve tractus opticus üzerinde incelendi. Sonuç olarak, görme kavramının tanımındaki parametreler türlere göre değişiklikler göstermektedir. Bu nedenle, insan, kurt ve kartal arasındaki görme kavramı parametrelerinde meydana gelen farklılıkların tam olarak ortaya konabilmesi için, görme üzerinde etkili olan görme yollarına ait diğer yapıların da incelenmesinin konunun aydınlatılması açısından daha faydalı olacağı kanısındayız.



6. SONUÇLAR

Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı'nda yapılan bu çalışmada insan, kurt ve kartalın bulbus oculi, retina, n. opticus, chiasma opticum ve tractus opticus'larının makroskopik, histolojik ve morfometrik yapıları incelendi.

Makroskopik olarak bulbus oculi ile beyin büyüklüklerini karşılaştırdığımızda diğer türlere göre insan beyni bulbus oculi'sine oranla büyük olduğu hesaplandı. Kurt beyni de insan beyni gibi bulbus oculi'sinden büyük saptandı. Kartalın bulbus oculi'sinin ise beyninden daha büyük veya en azından beynine yakın büyüklükte olduğu belirlendi.

Bulbus oculi'nin vertikal eksenindeki çapı insanda 24.54 mm, kurtta 24.84 mm ve kartalda 31.33 mm olarak ölçüldü.

İnsan ve kurt bulbus oculi vertikal eksenindeki çapları karşılaştırıldığında istatistiksel olarak aralarındaki fark anlamlı değildi ($p>0.05$). İnsan-kartal ve kurt-kartal arasındaki fark işe istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$).

Histolojik incelenmede fotoreseptör tabakası kurtta, insan ve kartala göre daha kalın bulundu.

İnsan ve kurt fotoreseptör tabakalarının, alan ve kalınlık olarak ölçülen nükleer ve plexiform tabakalar içinde en fazla alana ve kalınlığa sahip oldukları belirlendi.

Fotoreseptör tabaka kalınlıklarının insan, kurt ve kartal arasındaki farkları istatistiksel olarak anlamlıydı ($p<0.05$).

Retina dış nükleer tabakasının insanda kalın, kurtta insaninkine yakın, kartalda ise diğerlerine oranla daha ince olduğunu belirlendi. Dış nükleer tabakadaki nöronların kurtta oldukça sık ve düzenli dağılım gösterdiği izlendi.

İstatistiksel olarak dış nükleer tabakanın insan ve kurt arasındaki kalınlık farkı anlamlı değildi. Bu tabakanın insan-kartal ve kurt-kartal arasındaki farkları ise anlamlı olarak bulundu ($p<0.05$).

Dış nükleer tabakadaki hücre sayısal yoğunluğu insanda $716/\text{mm}^2$, kurtta $1667/\text{mm}^2$ ve kartalda $1116/\text{mm}^2$ olarak bulundu.

Dış plexiform tabaka insanda diğerlerine göre daha kalın bulundu. Dış plexiform tabaka kalınlıklarının insan, kurt ve kartal arasındaki farkları istatistiksel olarak anlamlıydı ($p<0.05$).

İnsan retinası iç nükleer tabakasının kurt ve kartalinkilere göre daha kalın olduğu gözlemlendi. Morfometrik incelemede iç nükleer tabaka alanının kartalda %34.07 ile kendi tüm tabakaları içinde ilk sırada yer aldığı belirlendi.

İç nükleer tabakadaki hücre sayısal yoğunluğu kurtta $2182/\text{mm}^2$ ile en fazla, kartalda $1708/\text{mm}^2$ ile ikinci sırada ve insanda $1355/\text{mm}^2$ ile üçüncü sırada olduğu belirlendi.

Kurt ve kartal retinası iç nükleer tabakasının yaklaşık olarak aynı kalınlıkta olduğu gözlemlendi. Kartal iç nükleer tabakasından çıkan aksonların boylarının insan ve kurtta göre 2-3 kat daha uzun olduğu izlendi. İç nükleer tabakadaki hücre sayılarının en fazla kurtta, sonra kartalda ve en az insanda olduğu gözlemlendi.

İstatistiksel olarak iç nükleer tabaka kalınlıklarının insan, kurt ve kartal arasındaki farkları anlamlıydı ($p<0.05$).

İç plexiform tabakanın insan ve kurtta birbirine yakın, kartalda ise daha ince olduğu gözlemlendi. İstatistiksel olarak iç plexiform tabakanın insan ve kurt arasındaki kalınlık farkı önemli değildi ($p>0.05$). Bu tabakanın insan ve kartal ile kurt ve kartal arasındaki farkları ise istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$).

Ganglion hücre tabakasındaki ganglion hücrelerinin sayıları kartal ve insanda yaklaşık olarak aynı, fakat kurdun ganglion hücrelerinden 2-3 kat daha fazla oldukları gözlemlendi. Kartal ganglion hücrelerinin büyüklüklerinin insana kıyasla 2-3 kat daha küçük olduğu gözlemlendi.

Ganglion hücre tabakasındaki hücre sayısal yoğunluk değerleri kartalda $831/\text{mm}^2$ ile en fazla, insanda $714/\text{mm}^2$ ile ikinci sırada ve kurtta $149/\text{mm}^2$ ile en az olduğu belirlendi.

N. opticus'un ortalama uzunluğu insanda 43.24 mm, kurtta 55.08 mm ve kartalda 7.68 mm olarak ölçüldü.

Kurt n. opticus'unun insan ve kartaldan uzun olduğu görüldü. Kartal n. opticus'u ise insan ve kurda göre oldukça kısa idi. N. opticus uzunluğu insan-kurt ve insan-kartal ve kurt-kartal arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$).

N. opticus'un transvers eksenindeki çapı ortalama insanda 5.60 mm, kurtta 2.87 mm ve kartalda 3.40 mm olarak ölçüldü. İnsan n. opticus transvers eksen çapının kurt ve kartal'dan daha büyük olduğu görüldü. Kartal n. opticus'unun transvers eksenindeki çapı da kurda göre daha büyük idi. İnsan-kurt, insan-kartal ve kurt-kartal n. opticus transvers eksen çapları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$).

N. opticus'un vertikal eksenindeki çapı ortalama olarak insanda 5.19 mm, kurtta 3.17 mm ve kartalda 3.61 mm olarak ölçüldü. İnsan n. opticus vertikal eksen çapının kurt ve kartal'dan daha büyük olduğu görüldü. Kartal n. opticus'unun vertikal eksenindeki çapı da kurda göre daha büyük idi. İnsan-kurt ve insan-kartal n. opticus vertikal eksenindeki çapları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$). Kurt ve kartal n. opticus vertikal eksen çapları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildi ($p>0.05$).

Histolojik olarak insan n. opticus'unda perineurium'un kurt ve kartala göre oldukça belirgin olduğu gözlemlendi. En büyük sinir fasikül demetlerinin kartalda olduğu gözlemlendi. Kartalda sinir fasikül demetlerinin sayısının daha az ve içinde daha fazla sinir lifinin olduğu belirlendi. İnsanda sinir fasikül demetlerinin sayısının fazla fakat içindeki lif sayısının buna oranla daha az olduğu belirlendi.

Kurt n. opticus'undaki sinir liflerinin insan ve kartal n. opticus'larındaki liflerden daha sık olduğu gözlemlendi. Bir n. opticus fasikülü içerisinde en çok sinir lifinin kartalda, daha sonra kurtta ve en az insanda olduğu gözlemlendi. İnsanda n. opticus fasiküllerini oluşturan bağ dokusu liflerinin daha kaba ve kalın olduğu gözlemlendi. İnsan n. opticus'unda sinir fasikül demetleri belirgin olarak izlendi.

Kurt n. opticus'unda glia nükleuslarının insan ve kartala göre çok daha büyük ve sayısının az, kartalda glia nükleuslarının sayısının daha fazla, insan ve kartal glia nükleuslarının ise büyüklüklerinin birbirine yakın olduğu gözlemlendi.

Morfometrik çalışmamızda n. opticus'daki hücre sayısı kartalda $2328/\text{mm}^2$, insanda $789/\text{mm}^2$ ve kurtta $379/\text{mm}^2$ olduğu belirlendi. Yine aynı sinirdeki ortalama hücre çekirdeği uzun eksen çapı kurtta 0.5 mm, insanda 0.5 mm ve kartalda 0.4 mm olarak ölçüldü.

İnsan, kurt ve kartal n. opticus'undaki ortalama hücre çekirdeği uzun eksen çapları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0.05$).

Chiasma opticum'un transvers eksenindeki çapı ortalama olarak insanda 11.25 mm, kurtta 5.83 mm ve kartalda 4.36 mm olarak ölçüldü.

İnsan chiasma opticum'un transvers eksenindeki çapının kurt ve kartal'dan daha büyük olduğu görüldü. Kurt chiasma opticum'unun transvers eksenindeki çapı da kartala göre daha fazla idi. İnsan-kurt, insan-kartal ve kurt-kartal chiasma opticum'larının transvers eksenindeki çapları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$).

Chiasma opticum vertikal eksen çapı ortalama olarak insanda 3.83 mm, kurtta 3.05 mm ve kartalda 4.61 mm olarak ölçüldü. İnsan-kurt, insan-kartal ve kurt-kartal chiasma opticum vertikal eksen çapları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$).

Kartal chiasma opticum'undaki myelinli hücrelerin sayısının insan ve kurt chiasma opticum'una göre daha fazla olduğu gözlemlendi. Histolojik çalışmada chiasma opticum'daki hücre sayıları en fazla kartalda olduğu görüldü. İnsanda chiasma opticum'u kuşatan bağ dokusunun kurt ve kartala göre oldukça kalın kollajen liflerden meydana geldiği gözlemlendi.

Sinir uzantılarının en kalın kartalda sonra kurtta olduğu, insanda ise kurt ve kartala göre daha ince olduğu gözlemlendi. Sinir liflerinin sayısal yoğunluğu ve kalınlığı en fazla kartal sonra kurtta, insanda ise kartal ve kurtta göre daha az ve ince olduğu gözlemlendi.

İnsan ve kartalda birbirine yakın olarak görülen glia hücre çekirdeklerinin, kurtta, insan ve kartala göre nispeten daha büyük olduğu gözlemlendi.

Morfometrik çalışmamızda da bu değerler kartalda $4636/\text{mm}^2$, insanda $2324/\text{mm}^2$ ve kurtta $1103/\text{mm}^2$ bulundu.

Chiasma opticum'daki ortalama hücre çekirdeği uzun eksen çapı kurtta 0.6 mm, insanda 0.5 mm ve kartalda 0.5 mm olarak ölçüldü. İnsan, kurt ve kartal chiasma opticum'u ortalama hücre çekirdeği uzun eksen çapları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0.05$).

Tractus opticus'un transvers eksenindeki çapı ortalama insanda 3.88 mm, kurtta 3.74 mm ve kartalda 2.86 mm olarak ölçüldü.

İnsan tractus opticus transvers eksen çapının kurtta yakın olduğu görüldü. Kartalda ise daha küçük olduğu görüldü. İnsan ve kurt tractus opticus'ları transvers eksen çapları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı bulundu ($p>0.05$). İnsan-kartal ve kurt-kartal tractus opticus'ları transvers eksen çapları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$).

Tractus opticus'un vertikal eksenindeki çapı ortalama insanda 2.84 mm, kurtta 1.58 mm ve kartalda 3.39 mm olarak ölçüldü.

Kartal tractus opticus'unun vertikal eksenindeki çapının insan ve kurttan büyük olduğu görüldü. İnsan-kurt, insan-kartal ve kurt-kartal tractus opticus'ları vertikal eksenindeki çapları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bulundu ($p<0.05$).

En kalın sinir lifleri kartalda, insanda ise bu liflerin kartal ve kurda kıyasla daha ince olduğu gözlemlendi.

Hücre yoğunluğu açısından insan ve kurt tractus opticus'undaki hücrelerin küçük kümeler halinde dizildiği gözlemlendi. Kartalda ise hücrelerin sayısının daha fazla olduğu gözlemlendi.

Morfometrik çalışmamızda da hücre sayısı kartalda 1528/mm², kurtta 799/mm² ve insanda 791/mm² olarak belirlendi. Ortalama hücre çekirdeği uzun eksen çapı insanda 0.7 mm, kurtta 0.7 mm kartalda 0.5 mm olarak ölçüldü.

İnsan ve kurt tractus opticus'undaki ortalama hücre çekirdeği uzun eksen çapları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0.05$). Ancak insan-kartal ve kurt-kartal ortalama hücre çekirdeği uzun eksen çapları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıydı ($p<0.05$).

7. KAYNAKLAR

1. Gökmen FG. Sistematik Anatomi. Güven Kitabevi. İzmir, 2003: 794-796, 869-892.
2. Ganong WF. Review of Medical Physiology. Seventh Edition. A Simon&Schuster Company. USA, 1995: 133-153.
3. Junqueira LC, Carneiro J, Kelley RO. Basic Histology. Eighth Edition. Appleton and Lange. Stamford, 1995: 448-465.
4. Williams PL, Warwick R, Dyson M, Bannister LH. Gray's Anatomy. Thirty-Seventh Edition. Churchill Livingstone. Newyork, 1989: 1180-1214.
5. Kayalı H, Şatıroğlu G, Taşyürekli M. İnsan Embriyolojisi. Bayrak Matbaacılık. İstanbul, 1989: 256-263.
6. Aydın P, Akova YA. Temel Göz Hastalıkları. Güneş Kitabevi. Ankara, 2001: 3-51, 289-292.
7. April WE. Clinical Anatomy. 3 rd Edition. Williams&Wilkins A Waverly Company. Egypt, 1997: 523, 528-529, 543-556.
8. William JL. Human Embryoloji. Churcill Livingstone. New York, 1993: 341-351, 395-415.
9. Yıldırım M, Okar I, Dalçık H. Klinik Yönleri ile İnsan Embriyolojisi, Nobel Tıp Kitabevleri, 2002: 492-510.
10. Şeftalioğlu A. Genel & Özel İnsan Embriyolojisi. Feryal Matbaası. Ankara, 1998: 555-567.
11. Tekelioğlu M. Özel Histoloji: İnce Yapı ve Gelişme. Antıp A.Ş. Tıp Kitapları ve Bilimsel Yayınları. Ankara, 2002: 263-276.
12. Sadler TW. Langman's Medical Embryology. Seventh Edition. Williams&Wilkins. Philadelphia, 1995: 342-347.
13. Douglas EK, Richard LW, Allen CE. Bailey's Textbook of Microscopic Anatomy. Eighteenth Edition. Williams&Wilkins. Baltimore, 1984:822-862.
14. Murphy CJ, Pollock RVS. The Eye İn: Anatomy of the dog. Third edition. WB Sanders Co. Philadelphia, 1993: 1009-1057.
15. Moore KL, Persaud TVN. Before We Are Born: Essentials of Embryology and Birth Defects. Fourth Edition. W.B.Saunders Company. Philadelphia, 1993: 301-308.
16. Keith LM. Clinically Oriented Anatomy. Third edition. Williams&Wilkins. USA, 1992: 702-719, 854-857.

17. Snell RS. Clinical Anatomy for Medical Students. Third Edition. Little Brown and Company. Boston, 1986: 809, 823-828, 875.
18. Sancak B, Cumhur M. Fonksiyonel Anatomi: Baş-Boyun ve İç Organlar. Metu Press. Ankara, 1999:77-84.
19. Ramzy I. Clinical Cytopathology and Aspiration Biopsy: Fundamental Principles and Practice. Second Edition. McGraw-Hill. New York, 2001: 323-324.
20. Odar İV. Anatomi Ders Kitabı: Hareket, Sinir Sistemleri ve Duyu Organları. I Cilt. 12. Baskı. Elif Matbaacılık, 1980: 517-542.
21. Dursun N. Evcil Kuşların Anatomisi. Medisan Yayınevi. Ankara, 2002: 183, 206-216.
22. Toprak M, Akın SM. Anatomi Ders Kitabı. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, İstanbul. 1998: 402-404, 445-448, 608-640.
23. Demirsoy A. Yaşamın Temel Kuralları: Genel Biyoloji/Genel Zooloji. Cilt I. Meteksan Yayınları. Ankara, 1994: 295-351.
24. Keeton WT, Gould JL, Grant Gould C. Biological Science. Fifth Edition. W.W.Norton&Company. New York, 1993: 1036-1043.
25. Demirsoy A. Yaşamın Temel Kuralları: Omurgalılar/Amniyota. Cilt III.Meteksan Yayınları. Ankara,1992: 60-65, 235-239, 570-573.
26. Kuru M. Omurgalı Hayvanlar. Atatürk Üniversitesi Basımevi. Erzurum,1987: 401-402, 511-512.
27. Tanyolaç A. Özel Histoloji. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi. Ankara, 1999:186-191.
28. Öktay M. Omurgalı Hayvanların Karşılaştırmalı Anatomisi. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Basımevi. İstanbul, 1988: 340-353.
29. Dursun N. Veteriner Anatomi III. Medisan Yayınevi. Ankara, 2000: 41, 68-69, 149-166.
30. Di Fiore MSH. Atlas of Human Histology. Fourth Edition. Lea&Febiger. Philadelphia, 1974: 236-239.
31. Cormack DH. Introduction to Histology. J.B.Lippincott Company. Philadelphia, 1984: 417-423
32. Paker Ş. Histoloji. Uludağ Üniversitesi Basımevi. Bursa, 1993: 471-498.
33. Wheater PR, Burkitt HG, Daniels VG. Functional Histology: A text and Colour Atlas. Second Edition. Churcill Livingstone Medical Division of Longman Group Ltd. Hong Kong, 1987:318-329.

34. Akkın C. "Gözün Anatomisi ve Görme Fizyolojisi". (Çevrimiçi <http://sahiner.8m.com>), 12 Temmuz 2005.
35. Tanyolaç J, Tanyolaç T. Genel Zooloji. 5. Baskı. Hatiboğlu Yayınevi. Ankara, 1999: 188-196.
36. Krstic RV. Human Microscopic Anatomy An Atlas for Students of Medicine and Biology. Springer. Newyork, 1991: 508-542.
37. Arıncı K, Elhan A. Anatomi. 2.Cilt. 3.Baskı. Güneş Kitabevi. Ankara, 2001: 131-133, 204-205, 289-300, 308-309, 325-330.
38. Ollivier FJ, Samuelson DA, Brooks DE, Lewis PA, Kallberg ME, Komáromy AM. Comparative morphology of the tapetum lucidum (among selected species). *Veterinary Ophthalmology* 2004; 1;11-22.
39. Demirsoy A. Türkiye Omurgalıları: Memeliler. Meteksan Yayınları. Ankara, 1996:17-18.
40. Aysan İ. Evcil Hayvanların Anatomi ve Fizyolojileri. Atatürk Üniversitesi Yayınları. Erzurum, 1977: 152-162.
41. Taner D. Fonksiyonel Nöroanatomi. II.Baskı Metu Press. Ankara, 1999:206-217.
42. Stenkamp DL, Cameron DA. Cellular pattern formation in the retina: retinal regeneration as a model system. *Molecular Vision* 2002; 8; 280-293.
43. Demirsoy A. Yaşamın Temel Kuralları: Omurgalılar/Anamniyota. Cilt III. Hacettepe Üniversitesi Yayınları: A/55 Ankara, 1988: 106-109.
44. Margalit E, Satta SR. Retinal and Optic Nerve Diseases. *Artificial Organs* 2003;27 (11); 963-974.
45. Guyton AC, Hall JE. Textbook of Medical Physiology.10.Edition. W.B. Saunders Company Philadelphia. 2000: 566-600.
46. Li W, Keung JW, Massey SC. Direct synaptic connections between rods and off cone bipolar cells in the rabbit retina. *The Journal Of Comparative Neurology* 2004; 1-12.
47. Peichl L, Moutairou. K. Absence of short-wavelength sensitive cones in the retina of seals (Carnivora) and African giant rats (Rodentia). *European Journal of Neuroscience* 1998;10; 2586-2594.
48. Stevens A. and Lowe J.S. Human Histology. Third Edition. Elsevier Mosby. Philadelphia. 2005: 401-413.
49. Federman JL, Schubert H, Greven CM, Gouras P, Sluhers MM, Vrabec TR, and Sivalingam A. Retina and Vitreous. Mosby-Year Book Europe London,1994: (2) 1-17.

50. Tecirliođlu S. Komparatif Veteriner Anatomisi: Sinir Sistemi. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınları A.Ü. Basımevi. Ankara,1983:
51. Leeson TS, Leeson CR, Paparo AA. Text/Atlas of Histology. W.B. Saunders Company. Sydney, 1988: 693-707.
52. Ozudogru Z, Aksoy G. A macroscopic investigation of the nerves to the eye and ocular annexes in the Van cat. Veterinary Research Communications. 2005: 29;361-371.
53. Von Noorden GK, Campos EC. Binocular Vision and Ocular Motility. Sixth Edition. Mosby. London, 2002: 3-3-15, 38-45, 85-87.
54. Das J, Crouch RK, Ma JX, Oprian DD, Kono M. Role of the 9-methyl group of retinal in cone visual pigments. Biochemistry 2004; 43: 5532-5538.
55. Peichl L, Nemec P, Burada H. Unusual cone and rod properties in subterranean African mole-rats (Rodentia, bathyergidae). European Journal of Neuroscience 2004: 19; 1545-1558.
56. Yanoff M, Duker JS. Ophthalmology. Second Edition. Mosby An Affiliate of Elsevier Science. St. Louis. 2004: 753-755.
57. McClure RC, Dalman MJ, Garrett PD. Cat Anatomy: an atlas, text and dissection guide. Lea and Febiger. Philadelphia, 1973: 175-177.
58. Bancroft JD, Stevens A, Turner DR. Theory and Practice of Histological Techniques. Fourth Edition. Churchill Livingstone. New York. 1996: 1-112.
59. Krautwurst T. "Leaders of the Pack." National Geographic World. 2001: 17-20. (Çevrimiçi http://www.blueplanetbiomes.org/gray_wolf.htm-)
60. David Mech, "Wolf Biology", (Çevrimiçi <http://www.kerwoodwolf.com/BIOLOGY.htm>-), 22 Temmuz 2005.
61. Scott Van Arsdale, "Vision: An In-Depth Look at Eagle Eyes", (Çevrimiçi <http://www.learner.org/jnorth/tm/eagle/VisionA.html#Retina>-), 15 Haziran 2005.
62. "Bald Eagle's Eyesight" (Çevrimiçi <http://baldeaglefest.org/bald-eagle-eyesight.html>-), 15 Haziran 2005.
63. Gürsan HM. Gökyüzünün Hakimleri:Yırtıcı Kuşlar (Çevrimiçi <http://www.kad.org.tr/bilgiyazi/yirtici/pdf>), 28 Mayıs 2005.
64. Jean Kene, "The Eagle Lady" American Bald Eagle Information-A Bald Eagle's Eyesight and Hearing. (Çevrimiçi [baldeagleinfo.com http://www.baldeagleinfo.com/eagle/eagle2.html](http://www.baldeagleinfo.com/eagle/eagle2.html)),12 Haziran 2005.

65. Ehrenhofer CAM, Deeg CA, Reese S, Liebich HG, Stangassinger M, Kaspers B. Normal structure and age-related changes of the equine retina. *Veterinary Ophthalmology* 2002; 1; 39–47.
66. Lopez Barry, "Of Wolves and Men" *Anatomy & Physiology* (Çevrimiçi <http://www.annwyn.info/wolf/wolf26.html>), 11 Temmuz 2005.
67. Bradford Woods, "Eyes and Ears Physical Adaptations" (Çevrimiçi <http://www.indiana.edu/~bradwood/eagles/eyesears.htm>), 18 Mayıs 2005.
68. Holcman D, Korenbrot JI. Longitudinal Diffusion in Retinal Rod and Cone Outer Segment Cytoplasm: The Consequence of Cell Structure. *Biophysical Journal* 2004; 86; 2566-2582.
69. Tucker VA. The deep fovea, sideways vision and spiral flight paths in raptors. *The Journal of Experimental Biology* 2000; 203; 3745-3754.
70. Fyk-Kolodziej B, Qin P, Pourcho RG. Identification of a cone bipolar cell in cat retina which has input from both rod and cone photoreceptors. *The Journal Of Comparative Neurology* 2003; 464;104-113.
71. Hartveit E. Functional Organization of Cone Bipolar Cells in the Rat Retina *J. Neurophysiol.* 1997; 77; 1716-1730.
72. Macneil MA, Heussy JK, Dacheux RF, Raviola E, Masland RH. The population of bipolar cells in the rabbit retina. *The Journal Of Comparative Neurology* 2004; 472; 73-86.
73. Ghosh KK, Bujan S, Haverkamp S, Feigenspan A. Types of bipolar cells in the mouse retina. *The Journal Of Comparative Neurology* 2004; 469; 70-82.
74. Hack I, Peichl L. Horizontal cells of the rabbit retina are non-selectively connected to the cones. *European Neuroscience Association* 1999; 11; 2261-2274.
75. Chichilnisky EJ. *MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences*. MIT Press. 1999:
76. Kassab A, Aoyama M, Sugita S. Quantitative study of the optic nerve in buffaloes (*Bos bubalis*). *Animal Science Journal* 2002; 73; 59-65.
77. Brooks DE, Komajromy AM, Kallberg ME. Comparative retinal ganglion cell and optic nerve morphology. *Veterinary Ophthalmology* 1999; 2; 3-11.
78. Pignatelli V, Strettoi E. Bipolar cells of the mouse retina: a gene gun, morphological study. *The Journal Of Comparative Neurology* 2004; 47; 6254-6266.
79. L. David Mech, "Eyes and Vision" (Çevrimiçi <http://www.wolfhowl.org/anatomy.php>), 17 Mayıs 2005.
80. O'Drobinak DM, Woods CB. Compelling classroom demonstrations that link visual system anatomy, physiology, and behavior. *Adv Physiol Educ.* 2002; 26; 204-209.

81. Hughes A, Wassle H. The cat optic nerve: Fiber total count and diameter spectrum. *Journal of Comparative Neurology* 1976: 169; 171-184.
82. Stone J, Champion JE. Estimate of the number of myelinated axons in the cat's optic nerve. *Journal of Comparative Neurology* 1978: 180; 799-806.
83. Hogan D, Williams RW. Analysis of the retinas and optic nerves of achiasmatic Belgian sheep dogs. *Journal of Comparative Neurology* 1995: 352; 367-380.
84. Vaney DI, Hughes A. The rabbit optic nerve: fiber diameter spectrum, fiber count and comparison with a retinal ganglion cell count. *Journal of Comparative Neurology* 1976:170; 241-252.
85. Reese BE, Ho KY. Axon diameter distribution across the monkey's optic nerve. *Neuroscience* 1988: 27; 205-214.
86. Kunii N, Goto N, Matsumoto K, Kawamura N. Morphometric comparison of the human optic nerve with various other human nerve fibers. *Neurologia Medico-Chirurgica* 1999: 39; 922-927.
87. Potts AM, Hodges D, Shelman CB, Fritz KJ, Levy NS, Mangal Y. Morphology of the primate optic nerve II: Total fiber size distribution and fiber density distribution. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 1972: 11; 989-1003.
88. Mikelberg FS, Drance SM, Schulzer M, Yidegiligne HM, Weis M. The normal human optic nerve. Axon count and axon diameter distribution. *Ophthalmology* 1989: 96; 1325-1328.
89. Kinkle A, Frohlich E, Krinke G. An analysis of the distribution of the myelinated nerve fibers in the optic fascicle of a beagle dog. *Experientia* 1985:15; 464-465.
90. Cireli E. Genel Histoloji. Hücre ve Dokular. Ege Üniversitesi basımevi-Bornova. İzmir, 1999: 284.
91. Whittow GC. *Sturkie's Avian Physiology*. Fifth Edition. Academic Press. San Diego, 2000: 1-18.