



**T.C.**

**TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ**

**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ANATOMİ ANABİLİM DALI**

**DOKTORA PROGRAMI**

**GÖRME PROBLEMİ OLAN BİREYLERDE CEREBELLUM VE  
KORTİKAL GÖRME MERKEZLERİNİN OTOMATİK  
SEGMENTASYON YÖNTEMİYLE VOLÜMETRİK İNCELENMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Ahmet Turan URHAN**

**Danışman: Doç. Dr. Hilal IRMAK SAPMAZ**

**TOKAT- 2025**

## ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç Dr. Hilal IRMAK SAPMAZ danışmanlığında hazırlamış olduğum “**Görme Problemi Olan Bireylerde Cerebellum ve Kortikal Görme Merkezlerinin Otomatik Segmentasyon Yöntemiyle Volümetrik İncelenmesi**” adlı Doktora tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

25/03/2025

Ahmet Turan URHAN

## JÜRİ KABUL VE ONAY SAYFASI

**Ahmet Turan URHAN** tarafından hazırlanan “**Görme Problemi Olan Bireylerde Cerebellum ve Kortikal Görme Merkezlerinin Otomatik Segmentasyon Yöntemiyle Volümetrik İncelenmesi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 25.03.2025 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Anatomi Ana Bilim Dalı Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)**

**İmzası**

Üye (Başkan) : Doç. Dr. Hilal IRMAK SAPMAZ

Üye : Prof. Dr. Erdoğan UNUR

Üye : Doç. Dr. Zeliha Cansel ÖZMEN

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Meltem AÇAR GÜDEK

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mert NAHİR

ONAY

...../...../.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

## TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, bu süreçte sabırla, anlayışla ve titizlikle bana yol gösteren değerli danışman hocam, Anatomi Anabilim Dalı Başkanı Doç. Dr. Hilal IRMAK SAPMAZ'a,

Lisansüstü eğitimim boyunca bilgi, birikim ve tecrübelerinden yararlandığım değerli hocalarım Prof. Dr. Birsen ÖZYURT, Dr. Öğr. Üyesi Mert NAHİR, Dr. Öğr. Üyesi Meltem AÇAR GÜDEK'e ve Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Anatomi Anabilim Dalı'ndaki tüm hocalarıma, asistan arkadaşlara, yüksek lisans ve doktora öğrencilerine,

Lisansüstü eğitimimde emeği geçen Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı'ndan kıymetli hocam Prof. Dr. Erdoğan UNUR'a,

Tezimi hazırlama aşamasında ilgi ve yardımlarını esirgemeyen, hastalara ulaşmamda çok büyük emeği ve desteği olan değerli hocalarım Doç. Dr. Fatma KÖKCÜ ve Doç. Dr. Şerife Gülhan KONUK'a

Her zaman yanımda olan beni destekleyen kıymetli eşim Tuba URHAN ve kızlarım Feyza URHAN ile Defne Zümra URHAN'a ve tüm aileme sonsuz teşekkür ederim.

## ÖZET

### GÖRME PROBLEMİ OLAN BİREYLERDE CEREBELLUM VE KORTİKAL GÖRME MERKEZLERİNİN OTOMATİK SEGMENTASYON YÖNTEMİYLE VOLÜMETRİK İNCELENMESİ

Ahmet Turan URHAN

Doktora Tezi Anatomi Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hilal IRMAK SAPMAZ

Mart 2025, xii + 78 sayfa

Nonarteritik anterior iskemik optik nöropati (NAİON), optik sinirin anterior bölgesinde idiyopatik bir iskemik süreç sonucunda gelişen ve görme keskinliğinde azalma, bulanık görme, görme alanı kaybı, renkli görme bozuklukları gibi semptomlarla karakterize edilen bir klinik hastalıktır. Bu çalışmada, NAİON hastaları ile kontrol grubundaki sağlıklı bireylerin beyin manyetik rezonans (MR) görüntüleri, otomatik segmentasyon yöntemiyle incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Çalışmaya, son 5 yıl içinde Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Göz Polikliniğine başvuran ve MR görüntüsü çekilen 15 NAİON hastası ile baş dönmesi veya baş ağrısı gibi semptomlarla Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Hastanesine başvuran, herhangi bir tanı konulamayan ve MR görüntüsü alınan sağlıklı 15 birey dâhil edilmiştir. Beyin MR görüntülerinin volümetrik analizi için, VolBrain yöntemi kullanılmıştır. Bulguların istatistiksel değerlendirilmesi Mann Whitney U testi ile yapılmıştır. Analizler sonucunda, cerebrum, substantia grisea, substantia alba, lobus frontalis, gyrus frontalis medius, lobus occipitalis, cortex calcarinus, gyrus lingualis, gyrus occipitalis superior ve gyrus occipitalis medius hacimlerinin, NAİON hastalarında kontrol grubuna kıyasla anlamlı derecede düşük olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). Bununla birlikte, cerebellum'a ait hacim analizinde iki

grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ( $p > 0,05$ ). Cerebellum lobüllerinde, sağ lobül X'un kortikal kalınlığı ve sol lobül IX'un gri madde hacmi, NAİON hastalarında sağlıklı kontrol grubuna göre anlamlı bir şekilde daha düşük bulunurken ( $p < 0,05$ ), diğer lobüllerin kortikal kalınlıklarında ve substantia grisea hacimlerinde anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ( $p > 0,05$ ). Elde edilen bulgular, NAİON'un cortex cerebri'nin hem görsel hem de görsel olmayan bölgelerinde hacimsel değişikliklere yol açtığını, ancak cerebellum hacminde anlamlı bir değişiklik meydana getirmediğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, NAİON'un nörolojik etkilerinin, özellikle görsel işlevlerle doğrudan ilişkili olan beyin yapılarında daha belirgin bir şekilde etkilenmeye yol açtığını göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Optik Nöropati, Nervus Opticus, Cerebellum, Hacim, Cortex Cerebri.

**ABSTRACT****VOLUMETRIC EXAMINATION OF THE CEREBELLUM AND CORTICAL  
VISUAL CENTERS IN INDIVIDUALS WITH VISUAL PROBLEMS BY  
AUTOMATED SEGMENTATION METHOD**

Ahmet Turan URHAN

PhD Thesis, Department of Anatomy

Advisor: Assoc. Prof. Hilal IRMAK SAPMAZ

March 2025, xii + 78 pages

Nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy (NAION) is a clinical disease that develops as a result of an idiopathic ischemic process in the anterior region of the optic nerve and is characterized by symptoms such as decreased visual acuity, blurred vision, visual field loss and color vision disturbances. In this study, brain magnetic resonance (MR) images of patients with NAION and healthy control subjects were analyzed and compared using automatic segmentation. The study included 15 NAION patients who applied to Tokat Gaziosmanpasa University Faculty of Medicine Hospital Eye Polyclinic in the last 5 years and underwent MR imaging, and 15 healthy control who applied to Tokat Gaziosmanpasa University Hospital with symptoms such as dizziness or headache, who could not be diagnosed and underwent MR imaging. VolBrain method was used for volumetric analysis of brain MR images. Statistical evaluation of the findings was made using the Mann Whitney U test. As a result of the analysis, the volumes of cerebrum, gray and white matter, frontal lobe, medial frontal gyrus, occipital lobe, calcarine cortex, lingual gyrus, superior and medius occipital gyrus were significantly lower in NAION patients compared to control group ( $p < 0.05$ ). However, no statistically significant difference was observed between the two groups in the volume analysis of the cerebellum

( $p > 0.05$ ). In the lobules of the cerebellum, the cortical thickness of the right lobule X and the gray matter volume of the left lobule IX were found to be significantly lower in NAION patients compared to the healthy control group ( $p < 0.05$ ), while no significant difference was found in the cortical thickness and gray matter volumes of the other lobules ( $p > 0.05$ ). The findings suggest that NAION induces volumetric changes in both visual and non-visual regions of the cerebral cortex, but not in the cerebellum. These results suggest that the neurological effects of NAION lead to more pronounced involvement of brain structures, especially those directly related to visual functions.

**Keywords:** Optic Neuropathy, Optic Nerve, Cerebellum, Volume, Cerebral Cortex

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ETİK SÖZLEŞME.....	i
JÜRİ KABUL VE ONAY SAYFASI.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xi
KISALTMALAR LİSTESİ .....	xii
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. Göz .....	3
2.1.1. Gözün Embriyolojisi .....	3
2.1.2. Gözün Anatomisi.....	5
2.1.3. Bulbus Oculi (Göz Küresi) .....	5
2.1.3.1.Tunica Fibrosa Bulbi .....	6
2.1.3.2.Tunica Vasculosa Bulbi .....	7
2.1.3.3.Tunica Nervosa Bulbi .....	8
2.1.4. Göze Gelen Işığın Kırın Yapılar .....	9
2.1.5. Musculi Bulbi (Göz Kasları) .....	10
2.1.6. Organa Oculi Accesoria (Gözün Yardımcı Oluşumları) .....	12
2.1.7. Nervus Opticus ve Görme Yolları .....	12
2.2. Optik Nöropati .....	16

2.2.1. Optik Nöropati'nin Anatomik Sınıflandırması.....	16
2.2.2. Optik Nöropati'nin Etiyolojik Sınıflandırması.....	16
2.2.3. İskemik Optik Nöropatiler.....	17
2.2.4. Anterior İskemik Optik Nöropati .....	17
2.2.4.1. Arteritik Anterior İskemik Optik Nöropati .....	17
2.2.4.2. Nonarteritik Anterior İskemik Optik Nöropati .....	18
2.3. Sinir Sistemi .....	22
2.3.1. Sinir Sisteminin Embriyonel Gelişimi.....	23
2.3.2. Merkezi Sinir Sistemi .....	24
2.3.2.1. Encephalon.....	24
2.3.2.2. Telencephalon.....	25
2.3.2.3. Diencephalon .....	27
2.3.2.4. Truncus Cerebri .....	27
2.3.2.5. Cerebellum.....	28
2.4. Manyetik Rezonans .....	31
3- METOT .....	34
3.1. Manyetik Rezonans Görüntüleme Protokolü .....	34
3.2. Manyetik Rezonans Görüntülerinin Temini .....	35
3.3. VolBrain .....	38
3.4. İstatistiksel Analiz .....	50
4- BULGULAR .....	51
5- TARTIŞMA.....	62
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	71
KAYNAKLAR .....	73
ETİK KURUL.....	78

## TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. NAİON Tanısı Konulan 74 Yaşındaki Hastanın Cerebellum ve Lobüllerinin Volümetrik Değerleri.....	48
Tablo 3.2. NAİON Tanısı Konulan 74 Yaşındaki Hastanın Cerebellum ve Lobüllerinin Substantia Grisea Volümetrik Değerleri .....	49
Tablo 3.3. NAİON Tanısı Konulan 74 Yaşındaki Hastanın Cerebellum ve Lobüllerinin Kortikal Kalınlıkları .....	50
Tablo 4.1. NAİON ve Sağlıklı Kontrol Gruplarının Demografik Verileri .....	51
Tablo 4.2. NAİON ile Sağlıklı Kontrol Gruplarının Cerebrum Hacimlerinin Karşılaştırılması.....	52
Tablo 4.3. NAİON ile Sağlıklı Kontrol Gruplarının Lobus Frontalis Hacimlerinin Karşılaştırılması.....	53
Tablo 4.4. NAİON ile Sağlıklı Kontrol Gruplarının Lobus Occipitalis ve Bölümlerinin Hacimlerinin Karşılaştırılması.....	54
Tablo 4.5. NAİON ile Sağlıklı Kontrol Gruplarının Lobus Occipitalis Bölümlerinin Hacimlerinin Karşılaştırılması.....	55
Tablo 4.6. NAİON ile Sağlıklı Kontrol Gruplarının Cerebellum ve Lobüllerinin Hacimsel Karşılaştırılması.....	56
Tablo 4.7. NAİON ile Sağlıklı Kontrol Gruplarının Cerebellum Lobüllerinin Hacimsel Karşılaştırılması.....	57
Tablo 4.8. NAİON ile Sağlıklı Kontrol Gruplarının Cerebellum ve Lobüllerinin Substantia Grisea Hacimlerinin Karşılaştırılması .....	58
Tablo 4.9. NAİON ile Sağlıklı Kontrol Gruplarının Cerebellum Lobüllerinin Substantia Grisea Hacimlerinin Karşılaştırılması .....	59
Tablo 4.10. NAİON ile Sağlıklı Kontrol Gruplarının Cerebellum ve Lobüllerinin Kortikal Kalınlıklarının Karşılaştırılması .....	60
Tablo 4.11. NAİON ile Sağlıklı Kontrol Gruplarının Cerebellum Lobüllerinin Kortikal Kalınlıklarının Karşılaştırılması .....	61

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Bulbus oculi.....	6
Şekil 2. Gözün çizgili kasları.....	11
Şekil 3. Görme yolları.....	15
Şekil 4. Beyin bölümleri .....	25
Şekil 5. Cerebellum'un filogenetik yapısı .....	29
Şekil 6. Nuclei cerebellares .....	30
Şekil 7. SECTRA programından ham MR görüntülerinin bilgisayara indirilmesi.....	36
Şekil 8. Radiant programından ham MR görüntüsünün DICOM formatında işlenmesi	37
Şekil 9. MRICron programı ile dcm2niigui uygulamasının uygulanması.....	38
Şekil 10. VolBrain sistemine üyelik kaydının yapılması.....	40
Şekil 11. VolBrain sistemine giriş .....	41
Şekil 12. VolBrain AssemblyNet modül uygulaması.....	42
Şekil 13. VolBrain CERES modül uygulaması .....	43
Şekil 14. VolBrain sistemi analiz sonuçları.....	44
Şekil 15. VolBrain tarafından oluşturulan segmentasyon görüntüleri. Nonarteritik anterior iskemik optik nöropati tanısı konulan 63 yaşındaki hastanın cerebellum görüntüsü .....	45
Şekil 16. VolBrain tarafından oluşturulan segmentasyon görüntüleri. Nonarteritik anterior iskemik optik nöropati tanısı konulan 58 yaşındaki hastanın cerebrum görüntüsü .....	46
Şekil 17. NAİON tanısı konmuş 58 yaşındaki bir hastanın ITK-SNAP tarafından oluşturulan 3B cerebrum segmentasyon görüntüsü.....	46
Şekil 18. NAİON tanısı konmuş 63 yaşındaki bir hastanın ITK-SNAP tarafından oluşturulan 3B cerebellum segmentasyon görüntüsü .....	47

**KISALTMALAR LİSTESİ**

A.: Arteria

V.: Vena

N.: Nervus

M.: Musculus

Lig.: Ligamentum

Gl.: Glandula

Proc.: Processus

Nuc.: Nucleus

Tr.: Tractus

MR: Manyetik Rezonans

MRG: Manyetik Rezonans Görüntüleme

ON: Optik Nöropati

İON: İskemik Optik Nöropati

AİON: Anterior İskemik Optik Nöropati

NAİON: Nonarteritik Anterior İskemik Optik Nöropati

AAİON: Arteritik Anterior İskemik Optik Nöropati

PİON: Posterior İskemik Optik Nöropati

RAPD: Relatif Pupil Defekt

cm: Santimetre

cm<sup>3</sup>: Santimetreküp

gr: Gram

%: Yüzde

mg: Miligram

SA: Substantia Alba

SG: Substantia Grisea

OPAL: Optimized PatchMatch Label Fusion

DICOM: Digital Imaging and Communications in Medicine

NIFTI: Neuroimaging Informatics Technology Initiative

CERES: Cerebellum Segmentation

## 1. GİRİŞ

Nervus (N.) opticus görsel uyarınları taşıır ve sadece sensitif liflerden meydana gelir. Embriyolojik olarak beynin uzantısıdır. Görsel uyarınları n. opticus, chiasma opticum, tractus opticus, corpus geniculatum laterale ve radiatio optica'nın oluşturduğu görme yollarından ilerleyerek kortikal görme merkezine projekte olur (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016).

Optik nöropati, optik sinirin akut, subakut veya kronik hasarı sonucunda gelişir. Görme keskinliğinde hafiften şiddetliye kadar çeşitli seviyelerde olabilecek azalma, bulanık görme, görme alanı kaybı ve renkli görme bozuklukları gibi belirtilerle kendini gösteren klinik bir durumdur (Dworak ve Nichols, 2014). Nonarteritik anterior iskemik optik nöropati (NAİON), ani gelişen, inflamasyon, demyelinizasyon ve kompresyonla ilgili olmayan vasküler optik nöropatidir. Görülme sıklığı 55-65 yaş aralığında artış gösterir. Etiyopatogenezi ve tedavi yöntemleri henüz tam olarak saptanamamıştır (Hayreh, 1981). NAİON, görme keskinliğinde, renkli görmede, kontrast duyarlılığında ve görme alanında bozulmalar gibi diğer optik sinir hastalıklarında da gözlemlenebilen bulgularla ortaya çıkabilmektedir. Hastalar, saatler veya günler içinde görme seviyelerinde azalma ile birlikte, etkilenen görme alanı bölgesinde bulanıklık hissi yaşayabilirler (Hayreh, Podhajsky, ve Zimmerman, 1997).

Manyetik Rezonans görüntüleme (MRG), vücudun yumuşak dokularını yüksek çözünürlükte ve net bir şekilde görüntülemeye olanak tanıyan bir tekniktir (Oyar, 1998; Yeşildağ, 2003).

VolBrain multi-atlas yama tabanlı etiket füzyon segmentasyon teknolojisine dayanan tam otomatik bir segmentasyon tekniğidir. VolBrain'de; cerebrum, truncus cerebri, substantia alba (SA), substantia grisea (SG) ve beyin-omirilik sıvısı (BOS),

subkortikal yapılar (putamen, nucleus (nuc.) caudatus, pallidum, thalamus, hippocampus, corpus amygdaloideum ve nuc. accumbens), intrakranial kapasite ve cerebellum hacimleri hesaplanabilir. Bu yapıların parselasyonu yapılarak alt bölümlerinin hacimlerine bakılabilir (Coupé ve ark., 2011).

Çalışmamızın amacı, NAİON hastaları ile sağlıklı bireylerin MR görüntülerini VolBrain otomatik segmantasyon yöntemiyle inceleyerek, görsel korteks, görsel olmayan korteks ve cerebellum bölgelerinin hacimsel ölçümlerini karşılaştırmaktır. Bu sayede, NAİON hastalarının beyinde ortaya çıkması muhtemel yapısal değişiklikler ve sağlıklı bireylerle olan farklılıklar üzerine odaklanılacaktır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Göz

Göz, dış ortamdan gelen görsel uyarınları algılayarak beyne iletilmesini sağlayan, görme duyusunun temel organıdır. Kompleks yapısı sayesinde ışığın kırılması, odaklanması ve sinyallere dönüştürülmesi süreçlerinde önemli bir rol oynar (Snell ve Lemp, 2013).

#### 2.1.1. Gözün Embriyolojisi

Gözler; ön beyin nöroektodermi, başın yüzey ektodermi, bu iki oluşum arasındaki mezoderm ve crista neuralis hücreleri olmak üzere dört kaynaktan derive olur.

Ön beyin nöroektoderm katmanı, retina, iris'in arka tabakası ve n. opticus'a dönüşür. Başın yüzey ektoderm katmanı ise lensi ve cornea epitelini şekillendirir. Nöroektoderm ile yüzey ektodermi arasındaki mezodermden, göz küresinin vasküler ve fibröz tabakaları ortaya çıkar. Mezanşimal hücreler, mezodermden türemelerine rağmen, ektoderm kökenli crista neuralis'ten kaynaklanan ve mezenşime göç eden hücreler, choroidea, sclera ve korneal endotele özgün bir farklılaşma gösterirler (Wright ve ark., 2013).

Gözler, embriyonel gelişimin dördüncü haftasında, ön beyin nöral katlantılarından kaynaklanan ve sulcus opticus adını alan bir çift lateral oluk olarak belirir. Bu oluklar, yüzey ektodermine doğru genişleyerek optik vezikülleri oluşturur. Optik veziküllerin uç kısımları, yüzey ektodermine ulaştıklarında distal yüzeyleri kıvrılarak goblet şeklinde bir optik çanak halini alır. Oluşan yapı, ön beyne daha ince bir sapla bağlanır. Aynı anda, ektodermin temas ettiği yüzey kalınlaşarak placoda lentis'i şekillendirir. Placoda lentis, katlanıp büzülerek optik çanakta yer alan lens vezikülünü

meydana getirir (Lee ve ark., 2015; Ludwig ve ark., 2018; Snell ve Lemp, 2013; Williams, 1989).

Optik keseciklere komşu olan yüzey ektoderm, kalınlaşarak lensin ilk aşaması olan lens plağını ortaya çıkarır. Lens plakalarının oluşumu, yüzey ektoderminin altındaki mezenşim ile etkileşime geçtikten sonra, optik keseciklerin indüksiyonuyla gerçekleşir. Optik keseciklerden yayılan indükleyici sinyaller, yüzey ektoderm hücrelerini uyararak lens taslağının oluşumunu başlatır (Lee ve ark., 2015; Ludwig ve ark., 2018; Williams, 1989).

Gelişmekte olan lens ve retina, kan ihtiyacını a. ophtalmica'nın dallarından biri olan a. hyaloidea aracılığıyla karşılar. A. hyaloidea, optik kürenin içine, optik sapın alt yüzündeki fissura choroidea adlı yarık aracılığıyla ulaşır. Lens'e yönelen arterin distal kısmı, corpus vitreum'u geçer ve lens geliştikçe dejenere olur. Arterin proksimal kısmı ise a. centralis retinae'yi oluşturur (Ludwig ve ark., 2018; Moore ve Persaud, 2002).

Optik çanağın iç duvarı, stratum nervosum retinae'yı, dış duvarı ise melanin içeren stratum pigmentosum retinae'yı oluşturur. Nöronal retina farklılaşması genellikle 6. hafta ile başlar. Hücre dalgaları, intraretinal boşluk ile bitişik dış proliferatif tabaka tarafından oluşturulur. Bu hücreler içeri doğru göç eder ve matür retina'nın hücre tabakalarını oluşturur. Nöronal retina kökenli aksonlar, optik sap boyunca beyne doğru ilerleyerek, optik sapın n. opticus'a dönüşmesini sağlarlar (Ludwig ve ark., 2018).

Optik çanak, beyne optik sap aracılığıyla bağlanır ve oluşumun ventral yüzeyinde fissura choroidea'ya konumlanır. Bu oluk içinde hyaloid damarlar bulunur. Retinadan beyne uzanan sinir lifleri, optik sapın iç yüzünde yer alır. Embriyonik 7. haftada koroid fissur kapanır, optik sap içinde dar bir geçit oluşturur. Sinir liflerinin sayısındaki sürekli

artıŖla birlikte, optik sapın i yüzü geniŖler ve nihayetinde i ve dıŖ duvar birleŖir. İ kısmın hücreleri, n. opticus'u destekleyen bir nöroglia ağı oluŖturur (Snell ve Lemp, 2013). Bu aŖamalar sonucunda optik sap, n. opticus'u meydana getirir. N. opticusun merkezinde, a. hyaloidea'nın bir parçasını içeren a. centralis retinae bulunur. N. opticus, dıŖarıdan choroidea ve sclera ile devam eden pia mater ve dura mater tarafından çevrelenir (Lee ve ark., 2015; Ludwig ve ark., 2018).

### **2.1.2. Gözün Anatomisi**

Duyu organları, vücut içinde ve dıŖında meydana gelen deđiŖliklerden haberdar olunmasını sağlayan anatomik yapılardır. Uyarılar, reseptör denilen alıcılar tarafından alınır. Afferent sinirlerin meydana getirdiği belirli duyu yolları aracılığıyla merkezi sinir sistemine taŖınarak algılanır. Görmeyi rol alan gözler, yaŖanan çevrenin algılanarak oryante olunmasını sağlayan bir çift organdır (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016). Orbita içerisinde yer alır (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Steele, 2009).

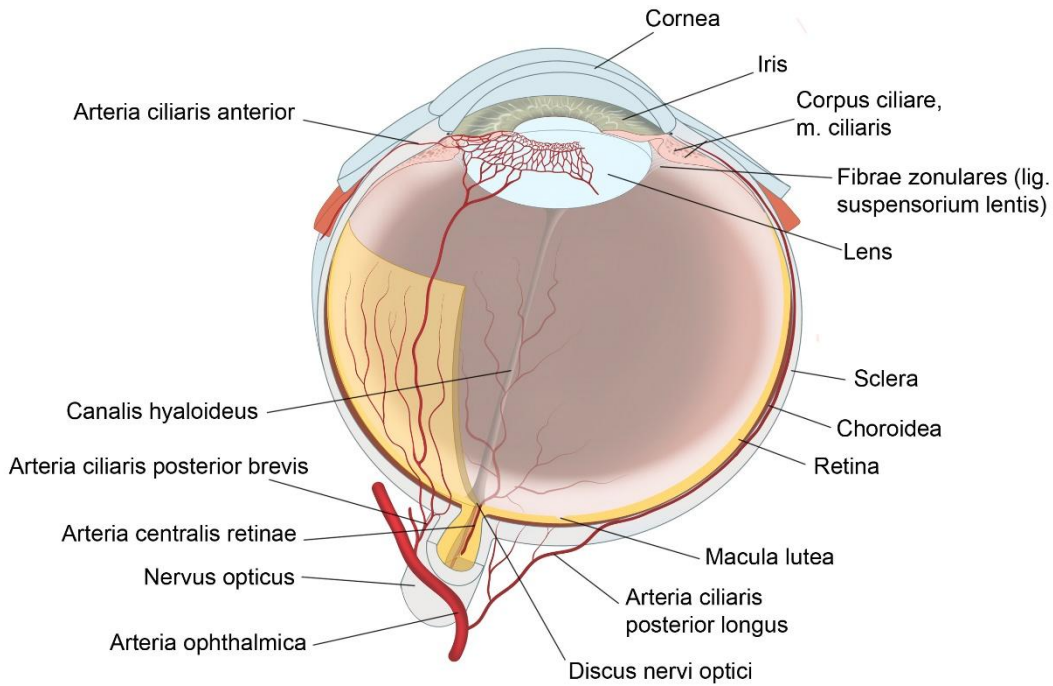
Gz, bulbus oculi (göz küresi) ve organa oculi accessoria (gözün yardımcı oluŖumları) olmak üzere iki kısımda incelenmektedir.

### **2.1.3. Bulbus Oculi (Gz Küresi)**

Görmenin periferik organı olan bulbus oculi, corpus adiposum orbitae'ya gömülü olarak bulunur. Corpus adiposum orbitae'dan vagina bulbi (tenon kapsülü) denilen ince bir kılıfla ayrılmıŖtır. Ağırlığı ortalama 7 gr, çapı 2.5 cm olmakla birlikte ndeki küçük arkadaki büyük iki kürenin i içe geçmesiyle oluŖan bir yapı gibi dŖnlebilir. Bulbus oculi'nin ön tarafında bulunan en çıkıntılı noktasına polus anterior, arka tarafında bulunan en çıkıntılı noktasına polus posterior denilir. Gözün n ve arka kısmındaki en çıkıntılı noktasından geçen eksene axis bulbi denir. Her iki çıkıntılı kısmı göz küresinin dıŖ

yüzünde birleştiren çapa axis bulbi externus, iç yüzünde birleştiren çapa axis bulbi internus denir. Axis bulbi internus arkada discus nervi optici ile fovea centralis arasından geçer. Göz küresine gelen ışınlar, ışığı kırarak ortamlardan geçerek fovea centralis'e gelir. Bu eksene axis opticus denilir. Axis bulbi ve axis opticus göz küresinin ön yarısında birbirlerini keserek devam ederler (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016)

Bulbus oculi dış bölümünden içe doğru tunica fibrosa (externa) bulbi, tunica vasculosa (media) bulbi ve tunica nervosa (interna) bulbi'den oluşmak üzere üç tabakalı bir yapıdan meydana gelir (Şekil 1).



Şekil 1. Bulbus oculi (Nahir, 2024)

### **2.1.3.1. Tunica Fibrosa Bulbi**

Bulbus oculi'nin en dış bölümünü oluşturan bu tabaka dura mater'in bir uzantısıdır. Bu tabaka önde cornea ve arkada sclera tarafından oluşturulur.

**Cornea:** Gözün fibröz tabakasının ön 1/6'lık saydam kısmını oluşturur. Konveks olan ön yüzündeki en çıkıntılı kısmına vertex cornea denilir. Cornea'nın arka yüzü konkav olup camera anterior'u önden sınırlar.

**Sclera:** Gözün fibröz tabakasının arka 5/6 bölümünü oluşturan opak yarı elastik bir oluşumdur. Gözün şeklinin ve hacminin korunmasını sağlayan sert ve sağlam bir tabakadır. Gözün ekstrinsik kaslarının tutunduğu yerler burada bulunur. Arka bölümü n. opticus, a. centralis retina, n. ciliaris longus ve brevis'ler ve a. ciliaris'ler tarafından delinir. Sclera'nın arka bölümünde n. opticus'un geçtiği delikli sahaya lamina cribrosa sclerae denilir. Buradaki deliklerden biri diğerlerinden daha geniştir ve bu delikten n. opticus içerisinde seyreden a. v. centralis retinae geçer. Bu alan sclera'nın en zayıf yeridir. Sclera n. opticus üzerinde fibröz bir kılıf oluşturarak uzanır ve daha sonra dura mater olarak devam eder. Sclera ön tarafta cornea ile devam eder. Sclera içerisinde bulunan ve cornea'nın çevresini saran sinus venosus sclera (Schlemm kanalı) bulunur. Camera anterior'da bulunan humor aquosus, villi pectinati'ler tarafından emilerek Schlemm kanalına geçer ve buradan drene edilerek dolaşıma katılır (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Steele, 2009).

### ***2.1.3.2. Tunica Vasculosa Bulbi***

Gözün damar ve pigment yönünden zengin olan tabakasıdır. Bol damarlı olmasından dolayı koyu renklidir ve gözün beslenmesini sağlamaktadır. Gözün damar tabakası arkadan öne doğru sırasıyla choroidea, corpus ciliare ve iris olmak üzere üç bölümden oluşur.

**Choroidea:** Tunica vasculosa bulbi'nin arka 5/6'lık kısmında sclera'nın iç kısmında bulunan damar yönünden çok zengin koyu kahverengi olan tabakasıdır. (Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014)

**Corpus ciliare:** Damar tabakanın choroidea ile iris arasında bulunan, ora serrata'dan iris'in dış kenarına kadar uzanan bölümdür. Damar tabakanın en kalın bölümü olup, yapısal olarak m. ciliaris ve bağ dokusundan meydana gelmiştir. M. ciliaris'lerin kontraksiyonu lens'in kalınlaşmasını sağlamaktadır (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016).

**Iris:** Tunica vasculosa bulbi'nin ön tarafında yer alan, corpus ciliare'nin devamı olarak cornea ve lens arasında uzanan, gözün rengini veren, bol miktarda damar ve pigment ihtiva eden tabakadır. Iris ile cornea arasında camera anterior, iris ile lens arasında camera posterior denilen boşluklar bulunur. Proc. ciliaris'den salınan humor aquosus bu odaları doldurur (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Steele, 2009).

### ***2.1.3.3. Tunica Nervosa Bulbi***

Göz küresinin ışığa duyarlı nöral yapıları ihtiva eden en iç tabakasıdır. Dışta pars pigmentosa, içte pars nervosa'dan oluşan ince saydam bir tabaka olup, dış yüzü choroidea, iç yüzü ise membrana vitrea ile temas eder. Retina n. opticus ile birlikte diencephalon'da yer alan optik vezikülden gelişir. Arka bölümü en kalın olup (0.56 mm) ora serrata'ya doğru incelik (0.1 mm). Retina, discus nervi optici ve macula bölgelerinde ince bir yapıdadır. Retina, pars optica retina ve pars caeca retina olmak üzere iki bölümden oluşur. Pars optica retinae discus nervi optici ile ora serrata arasında uzanır. Pars caeca retina ise ışığa duyarlı olmayan kör parçadır ve ora serrata'nın önünde bulunan retina bölümüdür. Pars caeca retina'nın corpus ciliare'yi örten bölümüne pars ciliaris retinae, iris'in arka yüzündeki bölüme ise pars iridica retinae denilir. Retina ora serrata ile discus nervi optici'ye yakın noktada choroidea'ya sıkıca yapışırken diğer kısımlarda yapışık değildir. Bu kısımlarda corpus vitreum'un yapmış olduğu basınç dolayısıyla

choroidea'dan ayrılmaz. Ayrılacak olursa bu duruma retina dekolman denir. Ayrılan bölgede ışığa karşı duyarlılık kaybolur ve görme gerçekleşmez. Discus nervi optici'nin yaklaşık 3 mm temporal tarafında yer alan koyu sarı renkli oval şekildeki alana macula lutea denir. Macula lutea'nın ortasında yer alan çukura fovea centralis adı verilir. Bunun da tam ortasında sadece koni hücrelerinin bulunduğu kısma foveola denir ki burası en iyi görmeyi sağlayan kısımdır. N. opticus'un retina'ya bağlandığı yere discus nervi optici denir. Ortasındaki çukurluğa excavatio disci denir. Buradan a.v. centralis retinae geçer. Burada ışığa duyarlı hücreler bulunmadığından dolayı kör nokta denilmektedir (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Steele, 2009).

#### **2.1.4. Göze Gelen Işığın Kıran Yapılar**

Göze gelen ışınlar cornea, humor aqueus, lens ve corpus vitreum'dan geçerken kırılır ve macula lutea üzerine düşer. Ayrıca zonula ciliaris ve m. ciliaris'ler lens'in kalınlığını değiştirdikleri için dolaylı olarak ışın kırılmasına etki etmektedir.

**Cornea:** Gözün en dış katmanında yer alan, avasküler ve şeffaf bir yapıya sahip olan göz tabakasıdır. Göze gelen ışığın retina üzerine odaklanmasını sağlayan optik sistemin önemli bir bileşeni olup, ışığı en fazla kıran yapıdır.

**Humor aqueus:** Corpus ciliaris'teki proc. ciliaris'ten salgılanan alkali sıvıdır.

**Lens:** Iris ile corpus vitreum arasında yer alan 9 mm çapında, mercimek büyüklüğünde mercek şeklindeki yapıdır. Cornea'dan sonra ışığın en fazla kırıldığı yerdir. Capsula lentis denilen bir kapsülle sarılı olup, fibrae zonulares aracılığı ile corpus ciliare'deki proc. ciliares'lere asılı durumdadır.

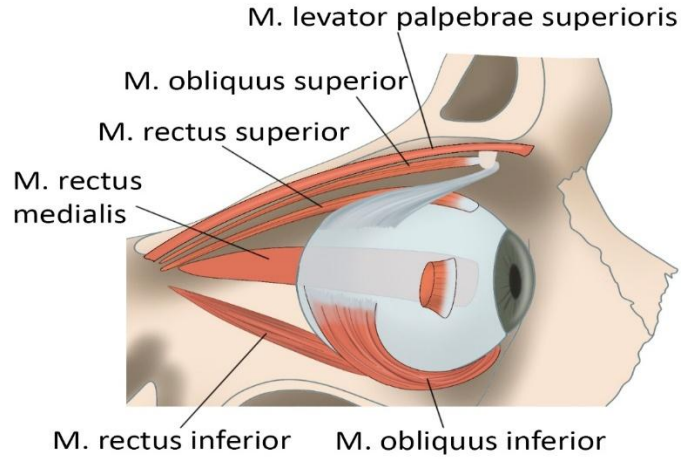
**Corpus vitreum:** Işığı kıran yapılardan en fazla yer kaplayan kısımdır. Ora serrata'nın arka kısmında yer alan camera vitrea adlı boşluğu dolduran, renksiz jelatinöz

bir maddedir. Tam ortasında discus nervi optici ile lens arasında uzanan, a. hyaloidea'nın erişkinlerde artığı olan canalis hyaloideus denir. Corpus vitreum'u saran zara membrana vitrea, içerisindeki jelatinöz sıvıya humor vitreus denilir (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Steele, 2009)

### **2.1.5. Musculi Bulbi (Göz Kasları)**

Göz kaslarının kontraksiyonu göz küresinin hareketini sağlamaktadır. Göz kasları göz küresinin içerisindeki kaslar (intrinsik) ve göz küresinin dışarısındaki kaslar (ekstrinsik) olmak üzere iki bölümden oluşur. Göz kaslarının bir kısmı çizgili bir kısmı ise düz kas yapısındadır. Göz kasları; gözün çizgili kasları, gözün ekstrinsik düz kasları ve gözün intrinsik düz kasları olmak üzere üç grupta incelenir (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016).

**Gözün çizgili kasları:** M. levator palpebrae superioris üst göz kapağını kaldırır. Gözü m. rectus superior yukarı ve bir miktar içeri, m. rectus inferior aşağı ve bir miktar içeri, m. rectus medialis içeri, m. rectus lateralis dışarı baktırır. M. obliquus superior gözü aşağı ve dışa, m. obliquus inferior gözü yukarı ve dışarı baktırır. Bu kaslardan m. obliquus superior'u n. trochlearis, m. rectus lateralis'i n. abducens innerve ederken; m. levator palpebrae superioris, m. rectus superior, m. rectus inferior, m. rectus medialis ve m. obliquus inferior'u n. oculomotorius innerve eder (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Steele, 2009).



Şekil 2. Gözün çizgili kasları (Nahir, 2024)

**Gözün ekstrinsik düz kasları:** M. tarsalis superior, m. tarsalis inferior ve m. orbitalis'tir. M. tarsalis superior üst göz kapağının yukarı kaldırılmasında m. levator palpebrae superioris'e yardım ederek, üst göz kapağının yorulmadan açık kalmasını sağlar. M. orbitalis, bulbus oculi'yi öne doğru iter ve fissura orbitalis inferior'u kapatır (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Steele, 2009).

**Gözün intrinsik düz kasları:** M. sphincter pupilla, m. dilatator pupilla ve m. ciliaris'tir. M. sphincter pupilla iris'te pupilla etrafında dairesel olarak bulunur. Pupilla'nın daralmasını (miyosis) sağlar ve n. oculomotorius'un parasempatik çekirdeği olan nuc. oculomotorius accesorius'tan (Edinger Westphal) çıkan lifler tarafından innerve edilir. M. dilatator pupilla iriste pupilla kenerlarına dikey olarak ışınal tarzda yerleşir. M. sphincter pupilla'ya göre daha periferde yer alır. Pupillanın genişlemesini (midriyasis) sağlar. Ganglion cervicale superioris'ten gelen sempatik lifler tarafından innerve olur.

M. ciliaris corpus ciliare'de bulunur ve lens'te sonlanır. İnnervasyonu nuc. oculomotorius accesorius'tan çıkan lifler tarafından gerçekleştirilir. M. ciliaris'ler kasılınca lense tutunan fibrae zonulares gevşeyerek lens kapsülünü gevşetir ve lensin kalınlaşmasını sağlar. Lens'in kalınlaşması ile göze gelen ışık daha fazla kırılarak

retina'da odaklanır. Böylece gözler yakına uyum sağlayarak net görmeyi sağlar. Bu duruma akomodasyon denilmektedir (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Steele, 2009).

**Fasciae orbitales (facial tabaka):** Göz küresinin fibröz tabakasını dıştan saran ve n. opticus'tan limbus cornea'ya kadar uzanan ince membrana vagina bulbi (Tenon kapsülü) denilir. Göz küresinin ön bölümünde vajina bulbi bulunmaz ve burası conjunctiva ile örtülüdür. Vagina bulbi'nin iç yüzü ile sclera arasındaki spatium episclerale adlı aralıkta ince ve gevşek bağ dokusu bulunur. Vagina bulbi'nin dışında corpus adiposum orbitae denilen ve orbita'yı dolduran yağ kitlesi vardır (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016).

#### **2.1.6. Organa Oculi Accesoria (Gözün Yardımcı Oluşumları)**

Kaşlar, göz kapakları, konjunctiva ve gözyaşı bezi gözün yardımcı oluşumlarıdır (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Steele, 2009).

#### **2.1.7. Nervus Opticus ve Görme Yolları**

N. opticus, görme siniridir ve sadece sensitif (somatosensitif, özel somatik afferent) liflerden meydana gelir. N. opticus ve retina embriyolojik olarak beyin uzantısıdır. N. opticus merkezi sinir sisteminin bir uzantısı olduğu için myelin kılıfını oligodentrosit oluşturur. Retina'da bulunan koni ve basil hücreleri görme yollarının birinci nöronudur. Reseptör görevi üstlenerek aldıkları görsel uyarıyı elektriksel uyarıya dönüştürürler. Bu uyarıyı görme yollarının ikinci nöronu olan bipolar ganglion hücrelerine aktarırlar. Bu nöronlar da görme yollarının üçüncü nöronu olan multipolar ganglion hücreleri ile sinaps yaparlar. Retina'nın pars optica retinasında bulunan multipolar ganglion hücrelerinin uzantıları n. opticus'u oluşturur. N. opticus 2000 akson içeren 400-600 adet demetten ve toplamda yaklaşık 1 200 000 liften oluşur. Bu liflerin

yaklaşık %53'lük kısmı chiasma opticum'da çapraz yapar (Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Steele, 2009).

N. opticus'un göz küresi, orbita, canalis opticus ve cavitas cranii'de seyreden dört bölümü bulunmaktadır. Göz küresinde bulunan intraoküler bölümü yaklaşık 1 mm kadardır. Sclera'daki lamina cribrosa'dan geçen bu bölümün üzerinde myelin kılıfı bulunmaz. Orbita içerisinde seyreden orbital parçası 2- 3 cm uzunluğunda olup, S harfi şeklinde biraz kıvrıntılı yol izler. N. opticus'un orbital parçası canalis opticus'tan geçerek cavitas cranii denilen kafa boşluğuna girer. Canalis opticus'da seyir gösteren bölümünün uzunluğu yaklaşık 0.5 cm dir. Kafa boşluğunda bulunan intrakranial kısmı ortalama 1 cm uzunluğunda olup hipofiz bezini örten diaphragma sellae'nın üzerinde ve sinus cavernosus'un önünde bulunur (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Steele, 2009).

### **Chiasma opticum**

Her iki gözden gelen n. opticus'un, ventriculus tertius'un ön ve alt duvarının birleştiği yerde, tuberculum sellae ve diaphragma sellae'nın üzerinde X harfi şeklinde oluşturduğu çapraza chiasma opticum denilir. Ön dış taraftan gelen n. opticus'lar tarafından oluşturulan chiasma opticum, arka ve dışa doğru yönelerek tractus opticus olarak devam eder (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Şahin, 2025).

### **Tractus opticus**

Chiasma opticum arka dış tarafa doğru yönelerek tractus opticus olarak uzanır. Tractus opticus pedunculus cerebri'yi yüzeyelinden çaprazlayarak corpus geniculatum laterale'ye bağlanır. Liflerin çoğu burada sinaps yapar. Işık refleksi ile ilgili olan az bir bölümü ise burada sinaps yapmaksızın geçerek nuc. pretectalis ve colliculus superior'da sinaps yapar (Arıncı ve Elhan, 2016).

N. opticus'un medial bölümünden yani retina'nın nasal yarısından gelen lifler chiasma opticum'da çapraz yaparak karşı tarafın tractus opticus'unda seyir gösterirken, n. opticus'un lateral bölümünden yani retina'nın temporal yarısından gelen lifler chiasma opticum'da çapraz yapmaksızın geçerek aynı tarafın tractus opticus'una katılırlar. Böylelikle bir tarafın tractus opticus'unda her iki n. opticus'tan gelen lifler bulunur (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014).

### **Corpus geniculatum laterale**

Pulvinar thalami'nin lateral tarafında bulunan küçük ovalimsi bir kabartıdır. Burada tractus opticus'un liflerinin sinaps yaptığı altı tabakalı bir yapı bulunur. Buradan çıkan lifler, arkaya doğru uzanan radiatio optica olarak devam eder (Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014).

### **Radiatio optica**

Radiatio optica capsula interna'nın pars retrolenticularis'inden geçerek, sulcus calcarinus'un üst ve alt kısmındaki kortikal görme merkezine (17. saha) projekte olur. Görmenin asosiasyon sahaları (18. ve 19. sahalar) objeleri tanıma ve renkleri ayırt etme merkezleridir (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014).



## 2.2. Optik Nöropati

Optik nöropati; optik sinirin akut, subakut veya kronik olarak lezyona uğraması sonucu ortaya çıkan, görme keskinliğinde çeşitli derecelerde azalma bulanık görme, görme alanı kaybı, renkli görmenin bozulması gibi semptomlarla karakterize klinik bir tablodur (Dworak ve Nichols, 2014). Optik nöropatilerin altında yatan nedenler ve klinik özellikler çeşitlilik gösterir. Bu durum, mitokondriyal hastalıklar veya nörodejeneratif hastalıkların bir belirtisi olabilir. Ayrıca, vitamin B12 ve tiamin eksikliği gibi beslenme yetersizlikleri de optik nöropatiye yol açabilir (Biousse ve Newman, 2016).

### 2.2.1. Optik Nöropati'nin Anatomik Sınıflandırması

**1. Retrobulber nörit:** Optik sinir başı ve retina sinir lifi tabakası normaldir. Yetişkinde sıktır. Retrobulber nörit, genellikle optik sinirin göz küresinin arkasındaki bölümünü etkileyen, ani başlayan ve görme kaybına yol açan iltihabi bir durumdur.

**2. Papillit:** Disk ödemi, fizyolojik çukurlukta silinme vardır. Çocuklarda sıktır.

**3. Nöroretinit:** Papillit ve makülada yıldız görünümü (eksudasyona bağlı) mevcuttur. En seyrek görülen tip olup sıklıkla kedi tırmığı hastalığı, Lyme hastalığı, brucella gibi bir duruma sekonderdir.

### 2.2.2. Optik Nöropati'nin Etiyolojik Sınıflandırması

1. İskemik optik nöropati
2. Optik nörit
3. Travmatik optik nöropati
4. Kompresif optik nöropati
5. İnfiltratif optik nöropati

6. Metabolik optik nöropati (herediter, nutrisyonel, toksik)

### **2.2.3. İskemik Optik Nöropatiler**

İskemik optik nöropatiler (İON), ileri yaş grubunda sık görülen akut optik nöropatilerdir. Optik sinirdeki vasküler oklüzyona bağlı enfarktüs sonucu oluşur (Johnson ve Arnold, 1994). Bu durum, orta ve ileri yaş grubunda körlüğün veya ciddi görme kaybının başlıca nedenlerinden biridir (Hayreh, 2009). İnflamasyona, demiyelinizasyona ve kompresyona bağlı olmayan ve akut gelişen optik nöropatidir. Optik sinirin etkilendiği bölüme göre anterior iskemik optik nöropati (AİON) ve posterior iskemik optik nöropati (PİON) olmak üzere iki ana sınıfa ayrılır. AİON, optik sinirin anterior bölümünün iskemiye uğraması sonucu diskte şişlik ve peripapiller hemoraji gibi belirtilerin görüldüğü bir durumdur ve tüm iskemik optik nöropatilerin yaklaşık %90'ını oluşturur. PİON ise optik diskin genellikle normal görüldüğü, ancak intraoküler bölümün arkasındaki kısımların etkilendiği iskemik bir tablodur (Boghen ve Glaser, 1975).

### **2.2.4. Anterior İskemik Optik Nöropati**

AİON, arteritik ve nonarteritik olmak üzere ikiye ayrılır. AİON vakalarının yaklaşık %90'ını oluşturan nonarteritik ön iskemik optik nöropati (NAİON), genellikle sistemik mikrovasküler iletimle ilişkilidir. Arteritik ön iskemik optik nöropati (AAİON) ise vakaların %10'udur (Hayreh, 1981).

#### **2.2.4.1. Arteritik Anterior İskemik Optik Nöropati**

AAİON, genellikle temporal arterit (dev hücreli arterit) nedeniyle ortaya çıkar, ancak nadiren Wegener granülomatozu veya sistemik lupus eritematozus gibi diğer vaskülit türlerinde de görülebilir. AAİON, erken tespit edilip tedavi edilmediği zaman ciddi kayıplara yol açabileceği için oftalmolojik acil durumlar arasında yer alır. AİON

vakalarının %12.5'ini arteritik tip oluşturmaktadır (Jonas ve ark., 2012). Kadınlarda daha yaygın olmakla birlikte, ortalama görülme yaşı 70 civarındadır (Hayreh ve ark., 1998). Baş ağrısı, temporal arter trasesi boyunca hassasiyet ve belirginleşme, saçlı deride duyarlılık ile çene kladiyasyonu en yaygın görülen semptomlardır (Hayreh, Podhajsky, Raman, ve ark., 1997). Bunun yanı sıra, hastalarda ateş, yorgunluk, eklem ağrıları ve kilo kaybı gibi prodromal belirtiler de gözlemlenebilir. Görme keskinliği genellikle 0,1'in altında olup, %75 oranında bilateral olarak ortaya çıkmaktadır. AAİON'yu düşündüren semptomların varlığında eritrosit sedimentasyon hızı (ESR) ve C-reaktif protein (CRP) düzeyleri tanısız süreçte önemli testlerdir. Her iki testte yüksek sonuç elde edilmesi durumunda, AAİON tanısı açısından spesifite oranı %97 olarak tespit edilmiştir. Kesin AAİON tanısı ise temporal arter biyopsisi ile konulmaktadır (Hayreh ve ark., 1998). Klinik olarak arterit şüphesi olan AAİON vakalarında, yüzeysel temporal arter biyopsisi ile tanının doğrulanması önerilir. Temporal arter biyopsisi %100'e varan yüksek özgüllükle histopatolojik doku tanısını sağladığı için uzun süredir tanı için altın standart olarak kabul edilmektedir (Bilton ve Mollan, 2023).

#### ***2.2.4.2. Nonarteritik Anterior İskemik Optik Nöropati***

NAİON, glokomdan sonra yetişkinlerde en sık görülen optik nöropati türü olup, iskemik optik nöropatilerin yaklaşık %90'ını oluşturur. NAİON ani gelişen, inflamasyon, demyelinizasyon ve kompresyonla ilgisi olmayan vasküler optik nöropatidir. Görülme sıklığı 55-65 yaş aralığında daha fazladır. Etiyopatogenezi ve tedavi yöntemleri henüz tam olarak saptanamamıştır (Hayreh, 1974, 1981). Son yıllarda genç bireylerde de ortaya çıkan NAİON'un, cinsiyetler arasında görülme sıklığı oranında anlamlı fark bulunmamaktadır (Hattenhauer ve ark., 1997).

**Patogenez:** Optik sinir başında meydana gelen dolaşım yetersizliği, vaskülopatinin etkisiyle ortaya çıkmaktadır. Ancak iskeminin gelişim süreci ve

vaskülopatinin rolü hakkında kesin bir bilgi mevcut değildir (Arnold, 2003; Lasco, 1961). Patogenetik mekanizmalar ise iki tipe ayrılmaktadır.

**1- Geçici perfüzyon kaybı veya hipoperfüzyon:** NAİON'un en sık görülen nedenidir (Hayreh ve ark., 1999). Perfüzyon yetersizliğinin çeşitli nedenleri bulunmaktadır. Bunlar arasında nokturnal arteriyel hipotansiyon, oküler iskemik durumlar, internal karotid arter veya oftalmik arterde ciddi stenoz veya oklüzyon, şok durumu ve intraoküler basınçta ani artışlar yer almaktadır (Hayreh ve ark., 1994). Perfüzyon basıncındaki geçici düşüşler, kapillerlerin otoregülasyonunu bozarak iskeminin gelişimine zemin hazırlamaktadır (Hayreh ve ark., 1999).

**2- Arter ve arteriollerde embolik lezyonlar:** NAİON'un nadir nedenleri arasında yer almaktadır. Bu tür durumlar, daha ağır ve şiddetli bir klinik tabloya sebep olmaktadır. Bu bağlamda, klinik görünüm genellikle daha ciddi bir seyir izlemektedir (Hayreh ve ark., 1999).

NAİON multifaktöryel bir hastalık olup, lokal ve sistemik birçok risk faktörü tanımlanmıştır.

**Sistemik risk faktörleri:**

1. İleri yaş
2. Hipertansiyon
3. Nokturnal arteriyel hipotansiyon
4. Diabetes Mellitus
5. Hiperlipidemi
6. Diğer damarsal risk faktörleri:
  - Faktor 5 Leiden mutasyonu
  - Protein C ve S yetmezliği

- AntiTrombin III yetmezliği
- Lupus antikoagulanı

Birlikte görülen diğer sistemik durumlar arasında obstrüktif uyku apnesi, şok, büyük ve tekrarlayan hemoraji, hemodiyaliz ve kardiyopulmoner bypass cerrahisi bulunmaktadır. Ayrıca, nadiren migren ve karotid diseksiyonu ile de ilişkilendirilebilmektedir (Hayreh ve Zimmerman, 2008a).

#### **Lokal risk faktörleri:**

1. Küçük optik disk ve cup/disk oranı
2. Optik disk druzeni
3. Katarakt ekstraksiyonu
4. Sıkışık disk yapısı

Hastalığın gelişimi açısından, küçük optik disk ve cup/disk oranı, diğerlerine kıyasla daha önemli bir risk faktörü olarak değerlendirilmiştir (Hayreh ve Zimmerman, 2008a).

#### **Klinik özellikler**

NAİON, görme keskinliğinde, renkli görmede, kontrast duyarlılığında ve görme alanında bozulma gibi diğer optik sinir hastalıklarında da gözlemlenebilen bulgularla kendini gösterir. Hastalar, saatler veya günler içinde görme seviyelerinde bir azalma ile birlikte, etkilenen görme alanı bölgesinde bulanıklık hissi yaşayabilirler. Bazı hastalar, sabah uyandıklarında görme kaybını fark ettiklerini belirtmektedir; bu vakalarda etyolojik faktör olarak noktürnal hipotansiyonun etkili olduğu düşünülmektedir (Hayreh, Podhajsky, ve Zimmerman, 1997). Görme kaybı ile birlikte ağrı gözlenmez; ancak bazı hastalar perioküler bölgede rahatsızlık hissi bildirebilir. Ayrıca, vakaların hemen hepsinde renkli görmede bozulma gözlemlenir. Diğer gözde optik nöropati veya belirgin

bir retinopati yoksa, relatif afferent pupil defekti (RAPD) sıklıkla mevcuttur (Boghen ve Glaser, 1975). Ancak, diğer gözde daha önceden mevcut olan veya eş zamanlı gelişen retina ya da optik sinir hastalıkları söz konusu olduğunda, RAPD gözlemlenmeyebilir. RAPD, bir gözdeki optik sinir veya retina hasarına bağlı olarak, her iki gözde ışık refleksinin asimetrik yanıt vermesiyle ortaya çıkan, genellikle Marcus Gunn pupil olarak da adlandırılan bir pupiller refleks bozukluğudur (Hayreh, Podhajsky, ve Zimmerman, 1997). İskemik optik nöropati dekompresyon çalışmasında, hastaların %49'unda görme keskinliğinin 20/64'ten yüksek, %34'ünde ise 20/200 veya altında olduğu bildirilmiştir (Boghen ve Glaser, 1975). NAİON olgularında, görme kaybının başlangıcında fundoskopik muayenelerde diffüz veya segmental optik disk şişliği gözlemlenmektedir. Bu optik disk şişliği, genellikle 4-6 hafta sonra azalır ve ardından damarlarda incelme, peripapiller alanda düzensiz hiperpigmentasyon ile optik atrofi gelişimi izlenir (Hayreh, 2011; Hayreh ve Zimmerman, 2007). NAİON'da optik disk şişliği ile birlikte disk üzerinde veya çevresinde tekli ya da çoklu mum alevi şeklinde hemorajiler gözlemlenebilir. Nadir de olsa, sert veya yumuşak eksudatlar görülebilir (Hayreh, 1981). NAİON'lu hastalarda, klinik durumun ağırlığına bağlı olarak farklı düzeylerde ve şekillerde görme alanı defisiti gözlemlenmektedir. Görme alanı kayıpları değişik paternler sergilemekle birlikte, en sık olarak alt yarıda defektler izlenmektedir (Hayreh ve Zimmerman, 2005).

### **Prognoz**

NAİON'da, rekürrens meydana gelmediği sürece genellikle görme durumu stabil kalmakta; zamanla belirgin bir iyileşme veya kötüleşme yaşanmamaktadır. Bilateral eşzamanlı NAİON olguları son derece nadirdir ve genellikle ani hipotansiyon veya cerrahi şok gibi durumlarla ilişkilidir (Newman ve ark., 2002).

## **Tedavi**

NAİON'un kesin bir tedavi yöntemi bulunmamaktadır; ancak literatürde çeşitli medikal ve cerrahi yaklaşımlar bulunmaktadır (Dickersin ve ark., 1995).

**Optik sinir kılıfı dekompresyonu;** optik disk ödemi azaltarak görme keskinliğini artırmayı amaçlayan bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Ancak araştırmalar bu tedavi yönteminin uzun vadede etkinliğinin sınırlı olduğunu ve hatta bazı durumlarda zararlı olabileceğini ortaya koymaktadır (Dickersin ve ark., 1995).

**Sistemik kortikosteroid tedavisi;** kortikosteroidlerin kapiller geçirgenliği azaltarak optik disk ödeminin daha hızlı bir şekilde gerilemesine yardımcı olabileceği düşüncesine dayanmaktadır.

**Aspirin;** NAİON olmayan gözde görme seviyesini korumayı hedeflemektedir ve bu amaçla uzun yıllardır tercih edilmektedir. Ancak gerçekleştirilen araştırmalar, aspirin tedavisinin herhangi bir fayda sağlamadığını ortaya koymuştur. Bunun nedeni, NAİON'un tromboembolik bir olaydan ziyade hipotansif bir durum olarak değerlendirilmesidir (Newman ve ark., 2002).

**İntravitreal triamsinolon enjeksiyonu;** etkinliği tam olarak bilinmemektedir. Bu konuda çok az çalışma vardır ve sonuçları tutarlı değildir (Jonas ve ark., 2007; Kaderli ve ark., 2007).

### **2.3. Sinir Sistemi**

Canlı organizmalar sürekli dış ve iç uyaranların etkisi altında kalır. Uyaranlar sinir sisteminin merkezi bölgelerine afferent liflerle, bu merkezlerden organlara ise efferent

liflerle iletilir. Vücutun bir bölgesinin merkezi sinir sistemi ile olan bağlantısı ise innervasyon olarak adlandırılır (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016).

Sinir sistemi içinde, yapı ve işlev açısından iki temel hücre tipi yer alır. Bunlardan nöronlar, uyarıları alabilen, iletebilen ve yanıt oluşturabilen hücrelerdir. Diğerleri ise glia veya nöroglia hücreleri olarak adlandırılan, nöronları destekleyen, besleyen ve hasarlı sinir dokusunun onarımını sağlayan hücrelerdir. (Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014).

Sinir sistemi, organizmanın işlevlerini sürdüren ve çevresiyle etkileşimini sağlayan kontrol mekanizmasını oluşturur. İnsanların uzaydaki konumunu ve postürünü etkileyen hareketler, merkezi sinir sisteminin denetimi altında gerçekleşir. İstemli hareketler, beyindeki motor bölgelerin emri ile başlar merkezi sinir sisteminin alt bölgelerine, daha sonra da periferik sinirler aracılığıyla ilgili kas dokusuna iletilir (Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014).

### ***2.3.1. Sinir Sisteminin Embriyonel Gelişimi***

Sinir sistemi, embriyonun dış tabakası olan ektodermden köken alır. İntrauterin üçüncü haftada, ektodermin dorsal kısmında oluşan belirgin kalınlaşma ile nöral plak oluşur. Nöral plakta başlayan çökme, 25. günde crista neuralis ve tubus neuralis'in oluşumuyla sonuçlanır. Merkezi sinir sistemi tubus neuralis'ten, periferik sinir sistemi ise crista neuralis'ten gelişir (Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014). 6. haftadan itibaren hemispherium cerebri'lerin ilkel şekilleri oluşur. Gelişimin ilk dönemlerinde yüzeyleri düz olan hemispherium cerebri'lerde gelişim sürecinde sulcus adı verilen oluklar ve gyrus denilen kabartıları ortaya çıkar (Carola, 1990; Yıldırım, 2017). Tubus neuralis'in alt kısmı olan pars spinalis'ten ise medulla spinalis ve spinal sinirler gelişir (Ozan, 2014).

### **2.3.2. Merkezi Sinir Sistemi**

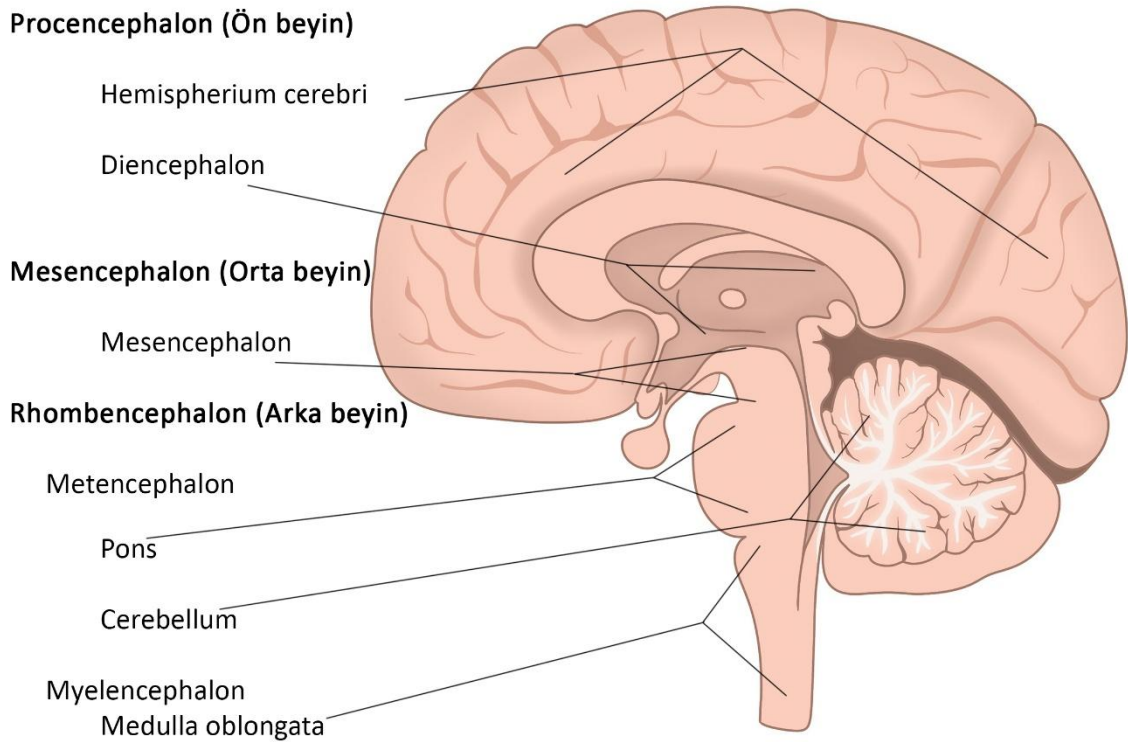
Sinir sistemi, anatomik ve fizyolojik açıdan iki farklı şekilde sınıflandırılabilir. Anatomik sınıflandırma, merkezi ve periferik sinir sistemi olmak üzere iki ana bölüme ayrılır. Merkezi sinir sistemi, beyin ve omurilikten oluşurken, periferik sinir sistemi kranial ve spinal sinirlerden meydana gelir. Fizyolojik sınıflandırmada ise, somatik sinir sistemi ve otonom sinir sistemi olarak iki gruba ayrılır (Arıncı ve Elhan, 2016; Dere, 2018).

#### **2.3.2.1. Encephalon**

Beyin, cavitas cranii içinde yer alan, üç katmanlı zarla örtülüdür. Beyaza yakın gri renkte bir organdır, iki yarım küreden oluşur. Fetal yaşam süresince ve doğum sonrası ilk aylarda en hızlı gelişimini gösteren beyin, yaşamın ilk 1,5 yılında diğer dönemlere kıyasla daha hızlı büyür ve 2 yaşına kadar erişkin beyninin yaklaşık %90'ına ulaşır (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016). Yetişkin bir insanda beyin, vücut ağırlığının yaklaşık %2'sini oluşturur ve kişisel farklılıklar göstermekle birlikte ortalama olarak 1400 gram ağırlığındadır (Arıncı ve Elhan, 2016).

Sağ hemisfer, vücudun sol tarafını kontrol ederken, sol hemisfer ise sağ tarafını kontrol eder (Öztürk, 1997; Soysal ve ark., 2005).

Hemisferlerin dış yüzeyi, nöron gövdelerinin yer aldığı cortex cerebri olarak adlandırılan substantia grisea (gri cevher) yapısıdır. Motor, duyuşal ve psişik fonksiyonlar için özel merkezler içerir. Cortex cerebri ile ventriculus lateralis arasında kalan ve sinir liflerinden oluşan alan substantia alba (beyaz cevher) olarak isimlendirilir (Sargon, 2019; Yıldırım, 2017). Beyin gelişim aşamalarına göre rhombencephalon (bulbus, pons ve cerebellum), mesencephalon ve prosencephalon (telencephalon ve diencephalon) olmak üzere üç bölümden oluşur (Arıncı ve Elhan, 2016; Dere, 2018; Yıldırım, 2017).



Şekil 4. Beyin bölümleri (Nahir, 2024)

### 2.3.2.2. *Telencephalon*

Hemispherium cerebri'lerin oluşturduğu telencephalon, merkezi sinir sisteminin en büyük kısmını teşkil eder. Her iki beyin hemisferi, fissura longitudinalis cerebri ile birbirlerinden ve fissura transversa cerebri ile cerebellum'dan ayrılmıştır. Beyin hemisferleri dış yüzeylerindeki sulculara göre lobus frontalis, lobus parietalis, lobus occipitalis, lobus temporalis, lobus insularis ve lobus limbicus olarak altı loba ayrılır (Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Yıldırım, 2017).

Her bir beyin hemisferinin konveks üst-dış yüzüne facies superolateralis hemispherii, düz iç yüzüne facies medialis hemispherii ve girintili-çıkıntılı alt yüzüne facies inferior hemispherii denir (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016).

**Lobus frontalis:** Beyin loblarının en büyüğü olup, beyin hemisferlerinin ön tarafında, sulcus centralis'in önünde sulcus lateralis'in ise üstünde yer almaktadır. Lobus

frontalis, motor fonksiyonların yerine getirilmesinde önemli bir rol oynayan presentral alan (area precentralis) ile karar verme, öngörme gibi becerilerin yanı sıra bireylerin ruhsal durumlarının belirlenmesinde kritik bir rol üstlenen prefrontal alandan (cortex prefrontalis) oluşur. Presentral alan, kendi içinde prefrontal alana ve sekonder motor alanlara ayrılır. Sekonder motor alanlar arasında ise premotor alan, suplementer (yardımcı) motor alan, frontal göz alanı ve motor konuşma alanı (Brocca) bulunur (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Taner ve ark., 2021).

**Lobus parietalis:** Sulcus centralis'in arka tarafında yer alan lobus parietalis, kortekse gelen somatik duyuların ilk olarak algılandığı bölge olan primer somatik duyu alanı ile bu duyuların işlenmesine yardımcı olan ikincil somatik duyu alanı ve posterior parietal assosiasyon alanlarını içerir (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Taner ve ark., 2021).

**Lobus occipitalis:** Hemisferlerin arka bölümünde yer alan diğer loblara göre daha küçük olan lobtur. Lobus occipitalis'in arka ucuna polus occipitalis denilir. İç yüzün ön sınırı, yukarıda sulcus parieto-occipitalis ile aşağıda bu oluşun alt ucundan incisura preoccipitalis'e kadar uzanan bir hatla belirlenir. Incisura preoccipitalis, hemisferin dış-alt kenarında ve lobus occipitalis'in ön sınırında yer alır. İç yüzü iki kısma ayıran sulcus calcarinus'un üst bölümü "cuneus", alt bölümü ise "gyrus lingualis" olarak adlandırılır. Dış yüzeyde bulunan transvers oksipital sulkusun üst tarafındaki gri madde "gyrus occipitalis superior" ve alt tarafındaki ise "gyrus occipitalis inferior" olarak tanımlanır. Oksipital lobda, görsel algının gerçekleştiği birincil görme alanı (Brodmann'ın 17. alanı) yer alır. Bu alan, görme uyarılarını ilk olarak işleyen bölgedir. Görsel bilgileri geçmiş görme deneyimleriyle ilişkilendirerek, kişinin gördüklerini tanımasına olanak tanıyan

ikincil görme alanları (Brodmann'ın 18. ve 19. alanları) da bu lobda bulunur (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Taner ve ark., 2021).

**Lobus temporalis:** Yukarıda sulcus lateralis ile frontal lobdan, arka-üst kısmında ise sulcus lateralis'in arka ucunu polus occipitalis'e birleştiren çizginin ön yarısı ile parietal lobdan ayrılır. Arka komşuluğunda lobus occipitalis yer alır. Kortikal işitme merkezi (41. ve 42. sahalar) bu lobda yer alır (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Taner ve ark., 2021).

**Lobus insularis:** Insula; frontal, parietal ve temporal loblar tarafından örtülmüş olup sulcus lateralis'in derininde yer alır (Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Yıldırım, 2017).

**Lobus limbicus:** Limbik sistem, diencephalon ile telencephalon arasında yer alan bazı yapıların oluşturduğu bir sistem olup, bu sistemin koku duyusu ile güçlü bir ilişkisi bulunur (Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Yıldırım, 2017).

#### **2.3.2.3. Diencephalon**

Diencephalon, mesencephalon'un ön kısmında beyin hemisferleri arasında bulunan, üçüncü ventrikülün büyük kısmını ön ve yan kısımlardan sınırlayan anatomik yapıdır (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Yıldırım, 2017).

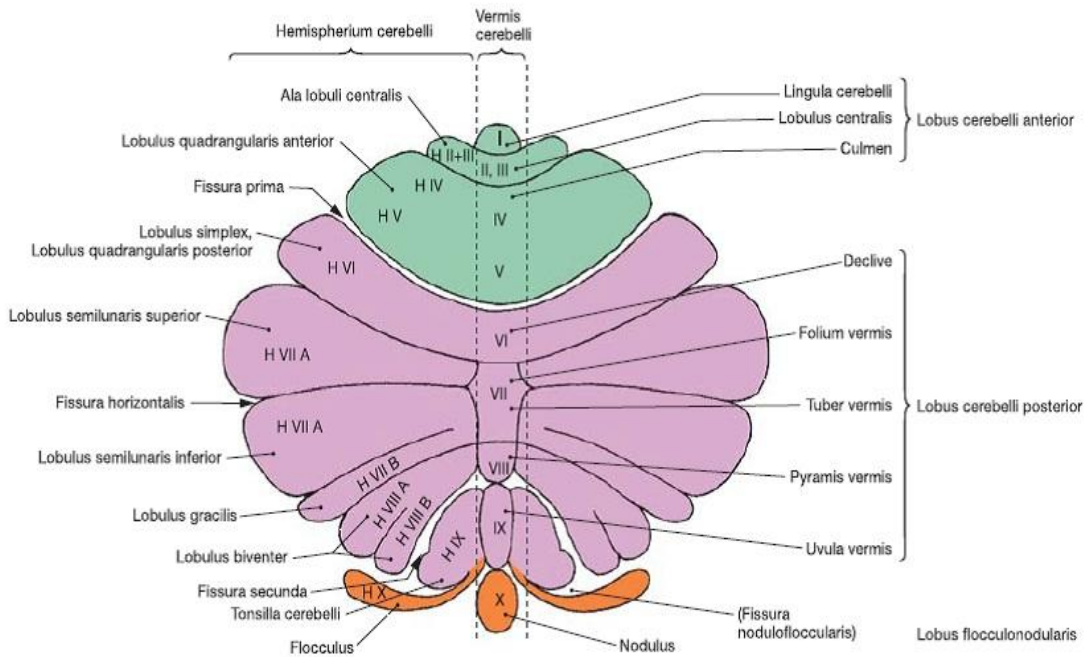
#### **2.3.2.4. Truncus Cerebri**

Beyin sapı, beyin ile omurilik arasında bulunan bir geçiş bölgesidir. Solunum, dolaşım, boşaltım ve sindirim gibi istemsiz işlevlerin yanı sıra uyku, uyanıklık ve dikkat gibi hayati fonksiyonlar da beyin sapındaki vital merkezler tarafından kontrol edilir. Bulbus, pons ve mesencephalon'dan oluşur (Avcı ve Yağbasan, 2008; Demirsoy, 2000; Yıldırım, 2017).

### ***2.3.2.5. Cerebellum***

Cerebellum, fossa cranii posterior'da, bulbus ve pons'un üst arka tarafında yer alan, yetişkinlerde ağırlığı yaklaşık 150 gr olan anatomik yapıdır. Beynin ikinci büyük, rhombencephalon'un ise en büyük bölümüdür. Cerebellum ile beyin arasında tentorium cerebelli denilen dura mater tabakası bulunur. Cerebellum ile pons ve bulbus arasında ise 4. ventrikül bulunur. Cerebellum, birçok farklı reseptör ve merkezden aldığı sinyallere rağmen, esas olarak isteğimiz dışında iskelet kaslarının tonusunu kontrol etmekle görevli olan bir yapıdır. Kasların sürekli olarak optimal bir gerilimde kalmasını sağlayarak vücudun duruşunu ve dengesini korur. Ayrıca, sinerjik hareketlerin koordinasyonunu düzenleyerek, günlük aktiviteler sırasında dengemizi sağlamada hayati bir rol oynar (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016).

Cerebellum, hemispherium cerebelli denilen iki adet yarım küre ve bunları orta hatta birleştiren vermis cerebelli'den meydana gelmektedir. Cerebellum pedunculus cerebellaris superior aracılığıyla mesencephalon'a, pedunculus cerebellaris medius aracılığıyla pons'a, pedunculus cerebellaris inferior aracılığıyla bulbus'a bağlanır. Cerebellum, lobus cerebelli anterior, lobus cerebelli posterior ve lobus flocculonodularis olmak üzere üç loba ayrılır (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Yıldırım, 2017).

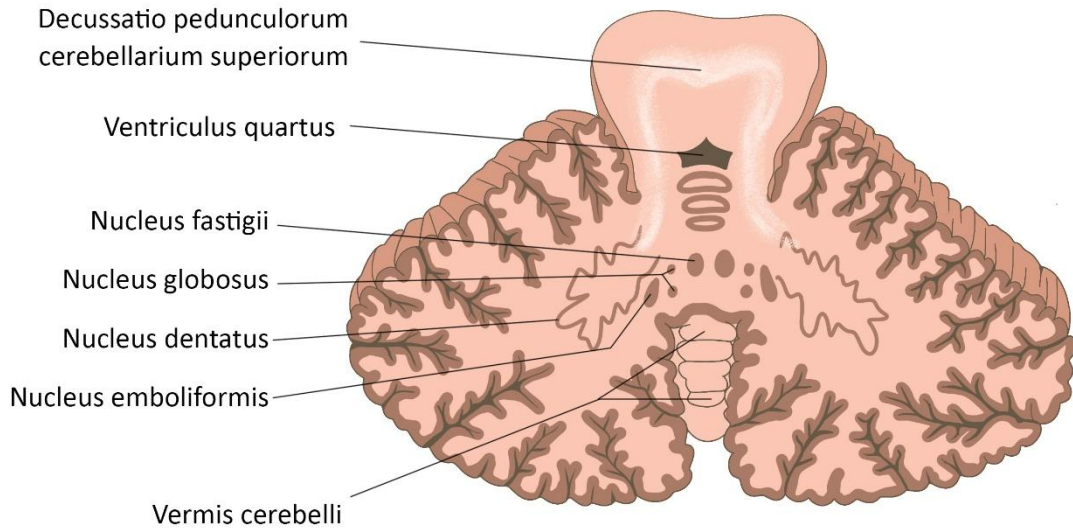


Şekil 5. Cerebellum'un filogenetik yapısı (Paulsen ve Waschke, 2013)

**Cerebellum'un iç yapısı:** Cerebellum'un dış yüzünü bir kabuk gibi saran gri cevhere cortex cerebelli denir. Cerebellum'un içte yer alan beyaz cevherine corpus medullare denir. Nuclei cerebelli adı verilen cerebellum çekirdekleri beyaz cevhere gömülü olarak bulunan gri cevher yapılarıdır. Cortex cerebelli'de yüzeyle derine doğru yer alan moleküler tabaka, purkinje tabakası ve granüler tabaka birlikte çalışarak cerebellum'un karmaşık işlevlerini yerine getirirler (Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Şahin, 2025).

Vermis cerebelli; önden arkaya doğru lingula, lobulus centralis, culmen, declive, folium, tuber, pyramis, uvula ve nodulus denilen parçalardan oluşur. Nodulus, dördüncü ventrikülün çatısındadır. Lingula vermis hariç diğer tüm bölümlerin hemisferlerde karşılığı bulunmaktadır (Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014).

**Nuclei cerebelli:** Beyaz cevher içerisinde yer alan gri cevher kitleleridir ve dıştan içe doğru sırasıyla nucleus dentatus, nucleus emboliformis, nucleus fastigii ve nucleus globosus'tan oluşur. En büyük ve en dıştaki serebellar çekirdek olan nucleus dentatus, purkinje hücrelerinin aksonlarının sonlandığı yerdir. Buradan başlayan lifler, nucleus dentatus'tan çıkarak pedunculus cerebellaris superior'dan geçer ve cerebellum'u thalamus aracılığıyla beyin korteksine bağlar. Nucleus emboliformis, nucleus dentatus'un medialinde bulunan küçük hücre gruplarından oluşurken, nucleus globosus, nucleus emboliformis'in medialinde yer alır. Nucleus fastigii ise vermis'in üst bölümünün ön ucunda ve orta hatta yakın bir konumda bulunur (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Yıldırım, 2017).



Şekil 6. Nuclei cerebellares (Nahir, 2024)

**Cerebellum'un beyaz cevheri:** Vermis'te daha az oranda bulunur ve sagittal kesitte dalı bir ağaca benzediği için arbor vitae cerebelli olarak adlandırılır. Cerebellum hemisferinde ise vermise göre daha fazla beyaz cevher bulunur. Cerebellum'un beyaz cevherinde afferent, efferent ve ara nöronlara ait olmak üzere üç tip lif yer alır. Ara

nöronlara ait lifler cerebellum'u terk etmez ve cerebellum içinde bağlantı kurarlar. Beyaz cevherin büyük bir kısmını oluşturan afferent lifler, çoğunlukla pedunculus cerebellaris medius ve inferior aracılığıyla cerebellum'a gelerek korteksinde sonlanır. Efferent lifler ise cerebellum korteksinde bulunan purkinje hücrelerinin aksonları olarak başlar ve çoğunluğu cerebellum çekirdeklerinde nöron değiştirir. (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Yıldırım, 2017).

**Cerebellum'un fonksiyonu:** Cerebellum'un lobus flocculonodularis bölümünün oluşturduğu archicerebellum, iç kulağın vestibular sisteminden aldığı impulslar ile kas tonusunu ayarlayarak vücudun dengesini sağlar. Archicerebellum lezyonunda, hastada sarhoşvari adı verilen sallanarak yürüme görülür. Lobus cerebelli anterior, pyramis vermis ve uvula vermis'in oluşturduğu paleocerebellum, proprioseptif ve duyu impulslarını alarak kas tonusunu düzenler ve hareketlerin akışını sağlar; lezyonunda ise ekstensor kasların tonusu artar ve pozisyon korunamaz. Uvula vermis ve pyramis vermis hariç, lobus cerebellaris posterior'un oluşturduğu neocerebellum, istemli hareketlerimizin düzenli, akıcı ve koordineli bir şekilde gerçekleştirilmesinde kritik bir rol oynar. Bu bölgedeki hasarlar, beceri gerektiren hareketlerde ve konuşmada belirgin bozukluklara yol açar. Ayrıca, kas tonusunun düşmesi (hypotonia), kas hareketlerinin uyumsuzluğu (asynergia), hareketlerin yanlış ölçülmesi (dysmetria), denge ve koordinasyon kaybı (ataxia) ve gözlerde istemsiz hareketler (nystagmus) gibi semptomlar ortaya çıkar (Arifoğlu, 2021; Arıncı ve Elhan, 2016; Ozan, 2014; Şahin, 2025).

#### **2.4. Manyetik Rezonans**

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG), vücudun yumuşak dokularını yüksek çözünürlükte ve net bir şekilde görüntülemeye olanak tanıyan bir tekniktir. Bu yöntem,

1973 yılında Paul Lauterbur tarafından keşfedilmiştir (Oyar, 1998). MRG, ülkemizde ilk kez 1989 yılında, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı tarafından uygulanmıştır (Sancak, 2015). İnsan vücudunun büyük bir kısmı su ve yağdan oluşur ve bu maddelerin moleküler yapısında genellikle hidrojen atomları bulunur. MRG, güçlü bir manyetik alan kullanarak bu hidrojen atomlarını rezonansa uğratar ve ardından bir radyofrekans dalgasıyla uyarır. Görüntüler, bu işlem sonunda oluşturulan titreşimlerin dengelenmiş sinyallere dönüştürülmesiyle elde edilir (Oyar, 1998; Yeşildağ, 2003). MRG tekniği, vücudun yumuşak dokularını yüksek kontrast ve netlikle görüntüleyebildiği için ayrıntılı inceleme imkanı sağlayarak birçok hastalığın tanısında kritik bir rol oynar (Oyar, 2008). MRG teknolojisindeki güçlü mıknatıslar, vücut içinde serbestçe dizilmiş protonların manyetik alana uygun şekilde hizalanmasını sağlar. Bu protonlar, gönderilen radyofrekans enerjisiyle uyarılır ve geçici olarak yerlerinden kayar. Radyofrekans enerjisi kesildiğinde, protonlar tekrar manyetik alanın etkisiyle eski yerlerine hizalanırken enerji yayımlar. MRG cihazlarındaki sensörler, bu yayılan enerjiyi algılayarak görüntü oluşturur. Protonların manyetik alandaki yeniden hizalanma süresi ve yayılan enerji miktarı, ortamın ve moleküllerin kimyasal yapısına bağlı olarak değişir ve bu durum farklı dokulardan farklı MRG görüntüleri elde edilmesini sağlar (Oyar ve Gülsoy, 2003; Sancak, 2015). MRG, farklı pulse ve gradientlerde gönderilen radyofrekans dalgalarıyla elde edilen görüntüleme özelliklerinin tümüne "MRG sekansı" adı verilir. MRG'de genellikle T1 ve T2 ağırlıklı olmak üzere iki temel sekans kullanılır. T1 ağırlıklı sekanslar, yumuşak dokularda net kontrast ve yüksek uzaysal çözünürlük sağladığından anatomik değerlendirmeler için idealdir. T2 ağırlıklı sekanslar ise patolojik değişikliklerin belirlenmesinde önemli rol oynar (Oyar, 2008; Sancak, 2015). MRG çekimlerinde genellikle santral sinir sistemi yapılarının incelenmesi yapılırken, bununla

birlikte kas-iskelet sistemi yapıları da incelenmektedir (Oyar, 2008; Oyar ve Gülsoy, 2003). MRG, yumuşak dokulardaki yüksek kontrast çözünürlüğü sayesinde beyinde gri ve beyaz cevherin net bir şekilde ayırt edilmesini sağlar. Bu özellikleriyle multipl skleroz, alzheimer, infarktlar, serebral iskemi ve beyin tümörleri gibi hastalıkların tanısında önemli bir rol oynar (Looi ve ark., 2008; Oyar, 2008).



### 3- METOT

NAİON hastalığının cerebellum ve kortikal görme merkezlerinin hacimleri üzerine etkisini araştırmak için planlanan bu çalışma Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Giriřimsel Olmayan Etik Kurulu tarafından 09.11.2023 tarihinde, 2023/20 nolu karar ve 23-KAEK- 255 proje numarası ile onaylandı. Çalışma etik kurul yönergelerine uygun olarak yapıldı. Bu retrospektif çalışmada NAİON tanılı ve sağlıklı kontroller olmak üzere iki grup oluşturuldu. 2019-2024 yıllarında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakóltesi Hastanesi Göz Hastalıkları Polikliniğine muayene için başvuran NAİON tanısı konulan 22 hastadan MR görüntüsü bulunan 14 hasta çalışmaya alındı. Kontrol grubu olarak ise Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakóltesi Hastanesi Polikliniklerine baş ağrısı, baş dönmesi gibi semptomlarla başvuran MR görüntüsü çekilen, herhangi bir tanı konulmayan ve nörolojik bir hastalığı olmayan 14 sağlıklı birey çalışmaya dâhil edildi. Çalışmaya dâhil edilen bireyler 42- 74 yaş aralığında idi. Çalışmamız için gerekli radyolojik görüntüler, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakóltesine ait MR görüntülerinin depolandığı SECTRA arşiv sisteminden temin edildi. Bireylerin beyin ve cerebellum görüntüleri, hastanedeki ABD menşeli General Electric Signa 1.5 Tesla MR cihazı tarafından çekilen T1 ağrılıklı üç boyutlu hacimsel TFE (turbo alan ekosu) dizilerinden elde edildi. Hacimsel analizlerin gerçekteştirilmesi amacıyla, beyin MRG verilerinin işlenmesinde, ücretsiz ve çevrimiçi bir web tabanlı sistem olan VolBrain (v.1.0, <http://volbrain.upv.es>) kullanıldı.

#### 3.1. Manyetik Rezonans Görüntüleme Protokölü

MRG işleminde anatomik yapıların değerlendirilebilmesi için T1 magnetization-prepared rapid acquisition with gradient echo (MPRAGE) sekansı kullanıldı. Bu

kapsamda yüksek çözünürlüklü T1 ağırlıklı MPRAGE sekansı: sagittal, Repetition time (TR)= 1900 ms, Echo Time (TE)= 2.67 ms, FOV= 250 mm, Matrix= 256x256, Kesit kalınlığı=1mm. olan MR görüntüleri kullanıldı.

### 3.2. Manyetik Rezonans Görüntülerinin Temini

Manyetik rezonans görüntülerinin elde edilmesi ve volBrain sistemine yüklenmesi işlemleri aşağıda belirtilmiştir.

1- Çalışmada kullanılan MR görüntüleri, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Radyoloji Anabilim Dalı'na ait MR görüntülerinin yer aldığı SECTRA arşiv sisteminden gerekli giriş, kullanım ve indirme izinleri aldıktan sonra temin edildi. Görüntüler ham MR görüntüleri şeklinde bilgisayara indirildi.

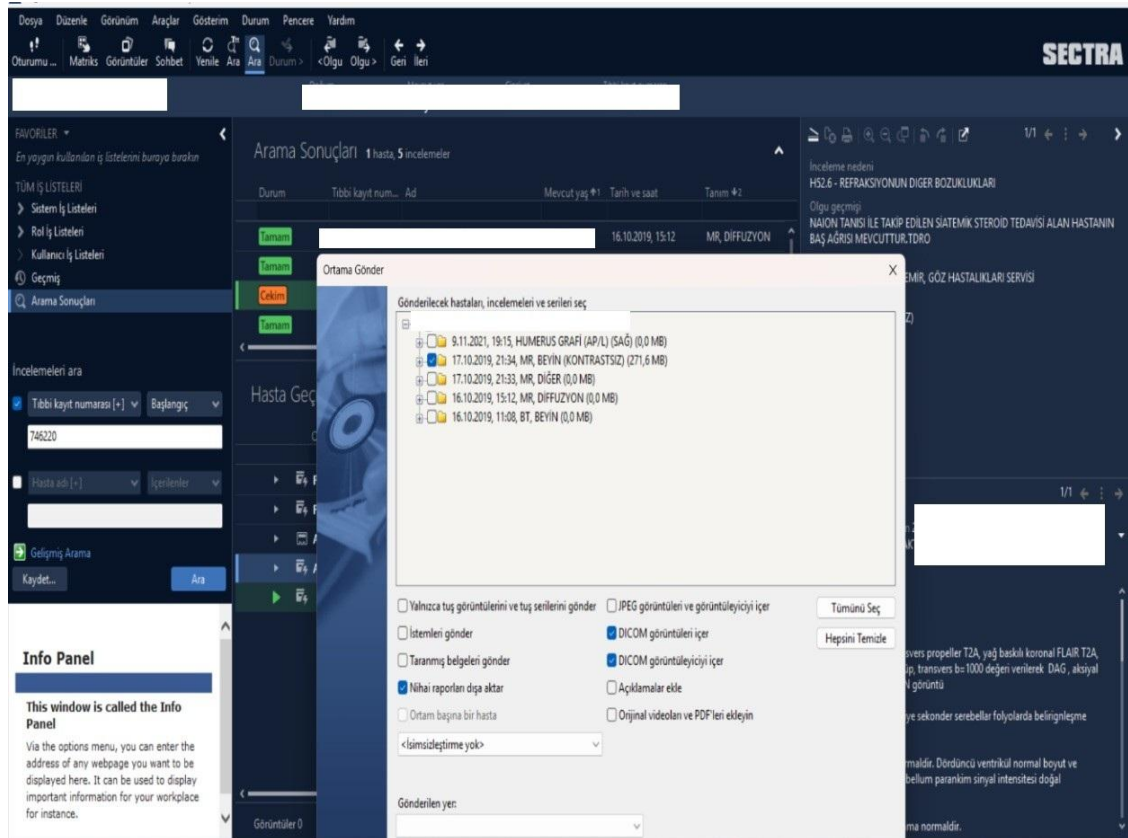
2- Bilgisayara indirilen ham MR görüntüleri RadiAnt isimli program vasıtasıyla digital imaging and communications in medicine (DICOM) formatına çevrildi.

3- RadiAnt ile DICOM formatına çevrilen görüntü MRIcron adı verilen programdaki dcm2niiGUI uygulaması ile neuroimaging informatics technology initiative (NIFTI) formatına çevrildi.

4- VolBrain sistemini kullanabilmek için sistemin internet sitesine (<https://volbrain.net/>) register (kayıt) olundu.

5- Oluşturulan kullanıcı adı ve şifre ile VolBrain sistemine giriş yapıldıktan sonra NAİON tanısı konulan bireyler ile sağlıklı kontrollerin NIFTI formatına çevrilen MR görüntüleri AssemblyNet ve cerebellum segmentation (CERES) modüllerine yüklendi. Her iki grubun cerebellum ve kortikal görme merkezlerinin hacimlerine bakıldı.

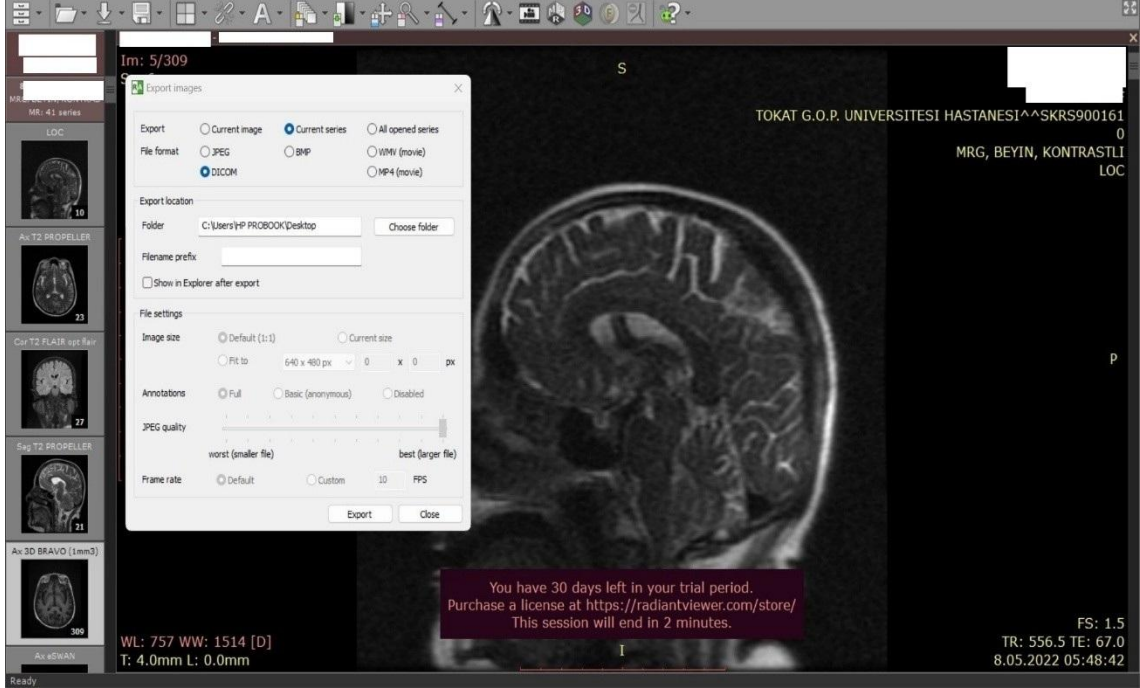
SECTRA programında bulunan “ara” sekmesi vasıtasıyla NAİON hastalarının ve sağlıklı kontrollerin belirlenme işlemi gerçekleştirildi. Her iki grubun MR görüntüleri programda bulunan ortama gönder sekmesi vasıtasıyla DICOM görüntüleri “içer” ve DICOM görüntüleyici “içer” seçenekleri işaretlenerek bilgisayara aktarım işlemi gerçekleştirildi (Şekil 7).



Şekil 7. SECTRA programından ham MR görüntülerinin bilgisayara indirilmesi

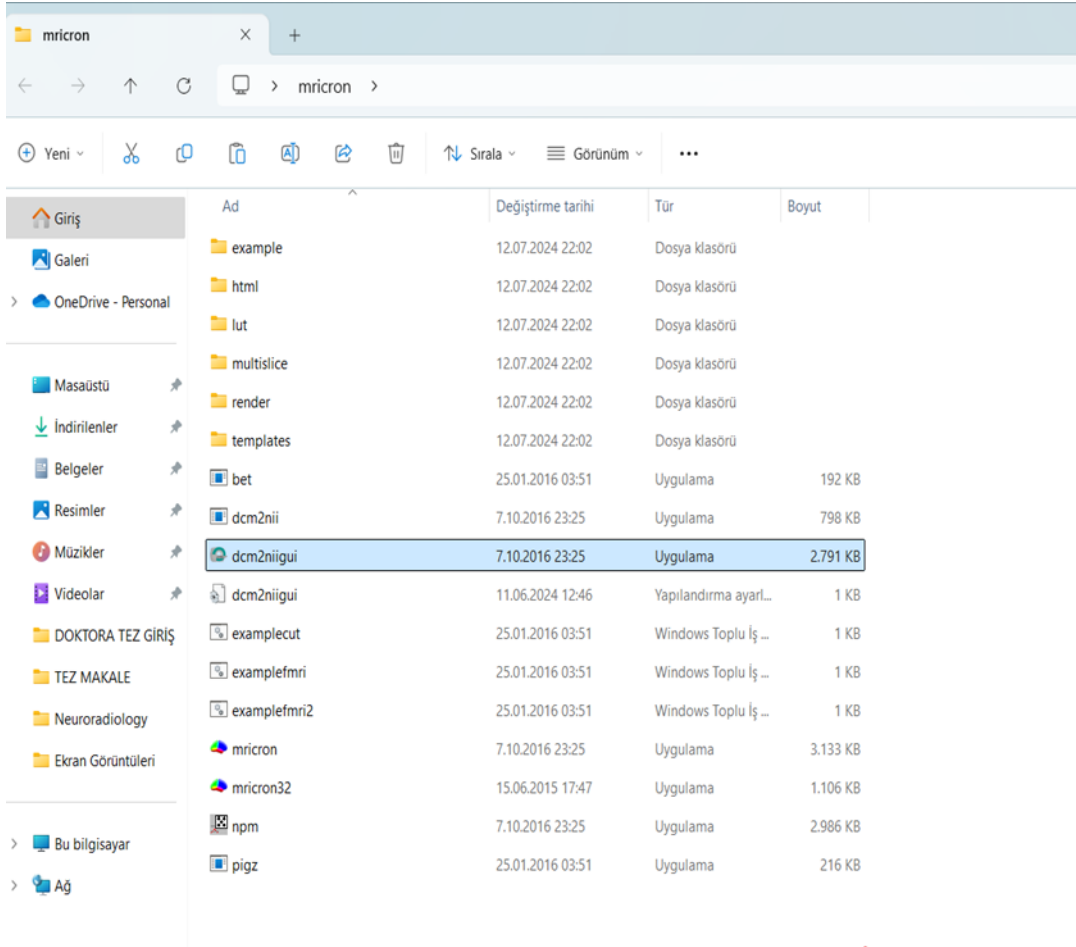
SECTRA programından indirilen ham MR görüntülerinin RadiAnt programı ile DICOM olarak işlenmesi gerçekleştirildi. Bunun için ham MR görüntülerinin bulunduğu klasör RadiAnt programına sürüklendi. RadiAnt programında MR görüntülerinin yer aldığı serilerden Ax 3D Bravo serisi seçildi. Bu seride bulunan MR görüntüleri VolBrain'in analiz gerçekleştirebileceği Sagittal 3D-T1 DICOM görüntülerini

içermektedir. Görüntüler export images yapılarak bilgisayarda açılan klasör içerisine kaydedildi. Export images yapılırken tüm serinin görüntüleri DICOM olarak açılan klasöre kaydedildi (Şekil 8).



Şekil 8. Radiant programından ham MR görüntüsünün DICOM formatında işlenmesi

DICOM olarak kayıt edilen görüntüler, MRIcron programı içerisinde yer alan dcm2niiGUI uygulamasının içerisine sürüklendi. Bu işlemden birkaç dakika sonra DICOM formatında süreklenen görüntülerin bulunduğu klasöre NIFTI formatında görüntüler elde edildi. Bu görüntüler VolBrain sistemine yüklediğimiz en son görüntüydü. MRIcron programı ile NIFTI formatına bürünen MR görüntüleri VolBrain sisteminin işleyerek analiz edebileceği hale geldi (Şekil 9).



Şekil 9. MRICron programı ile dcm2niigui uygulamasının uygulanması

### 3.3. VolBrain

VolBrain multi-atlas yama tabanlı etiket füzyon segmentasyon teknolojisine dayanan tam otomatik bir segmentasyon tekniğidir (Coupé ve ark., 2011). VolBrain ücretsiz bir yazılım olup, hızlı sonuç vermekte, kurulum ve montaj gibi ek işlemlere ihtiyaç duyulmamaktadır (Akudjedu ve ark., 2018). VolBrain’de; cerebrum, cerebellum, truncus cerebri, SA, SG ve beyin-omirilik sıvısı (BOS), subkortikal yapılar (putamen, nucleus caudatus, pallidum, thalamus, hippocampus, corpus amygdaloideum ve nucleus accumbens), intrakranial kapasite hacimleri hesaplanabilir. Cerebellum parselasyonu ile her bir lobülün hacimlerine bakılabilir. Doku hacimleri hariç tüm bu segmentasyonları elde etmek için çoklu atlas yama tabanlı etiket füzyon segmentasyonu algoritmaları

kullanılmaktadır (Coupé ve ark., 2011; Romero ve ark., 2016). Sistem, görüntüleri öncelikle uzamsal olarak uyarlanabilir bir ortamda gürültüyü gidererek ön işlemler ve yoğunluk homojenliğini kabaca düzeltir. Daha sonra, görüntüler Montreal National Institute (MNI) uzayına kaydedilir ve iyi bir normalleştirilmiş yoğunluk elde etmek için tekrar düzeltilir (Acer ve Turgut, 2018; Soysal ve ark., 2022).

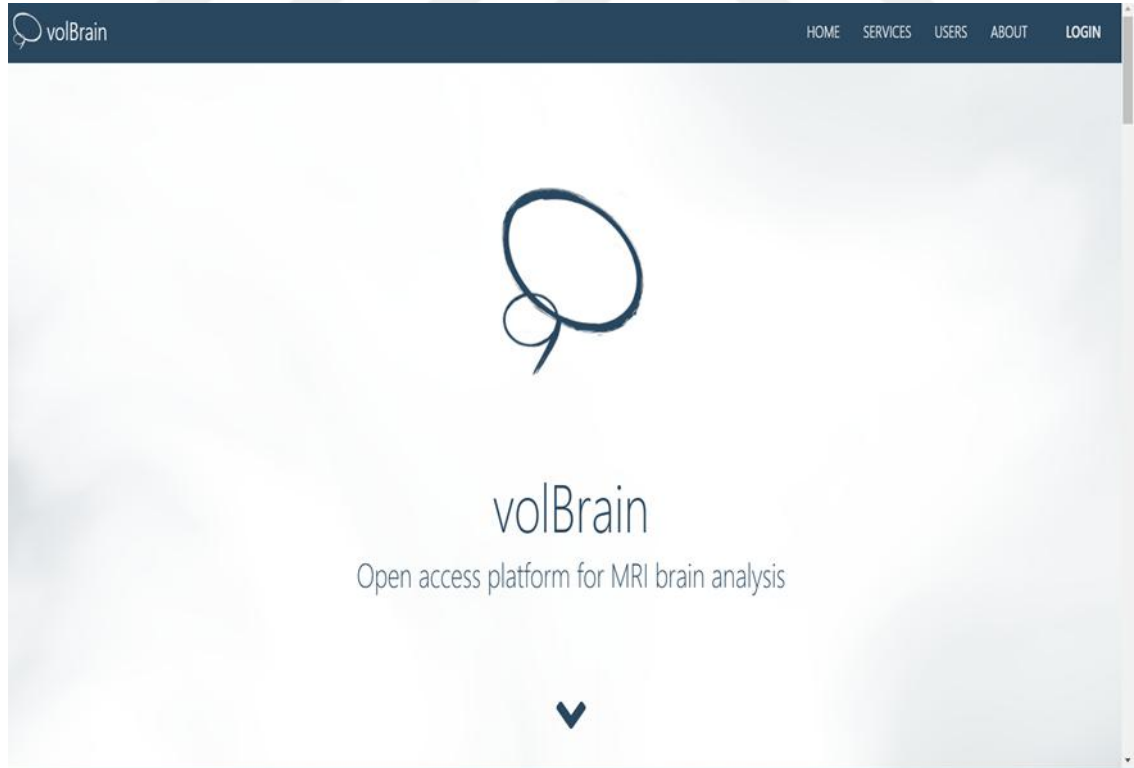
Giriş görüntüsü, öncelikle aynı geometrik ve yoğunluk alanında ayarlanır. Daha sonra, farklı ölçeklerdeki çeşitli beyin yapılarının hacimsel tahmini, lokal olmayan bir kafa içi boşluk ekstraksiyonu ve doku sınıflandırması yöntemleriyle gerçekleştirilir. Optimized PatchMatch Label Fusion (OPAL) stratejisi kullanılarak her piksel veya bölgenin belirlenmesiyle hemisferler ve ardından subkortikal yapılar (cerebellum, nuc. caudatus ve hipokampus dâhil) ayrıştırılır (Bao ve Chung, 2017; Giraud ve ark., 2016). Bu nedenle, subkortikal etiketleme, piksellerin veya yamaların karşılaştırılması yoluyla ağırlıklı bir etiket şemasına dayandırılır. Görüntü yaması ve çoklu atlas (manuel etiketler) yamaları karşılaştırılır ve ardından yama benzerliğine göre ağırlıklar atanır (Coupé ve ark., 2011; Giraud ve ark., 2016).

Çalışmamızda kortikal yapıların değerlendirilmesi için VolBrain'in AssemblyNet modülü kullanılırken, cerebellum'un değerlendirilmesinde CERES modülü kullanılmıştır.

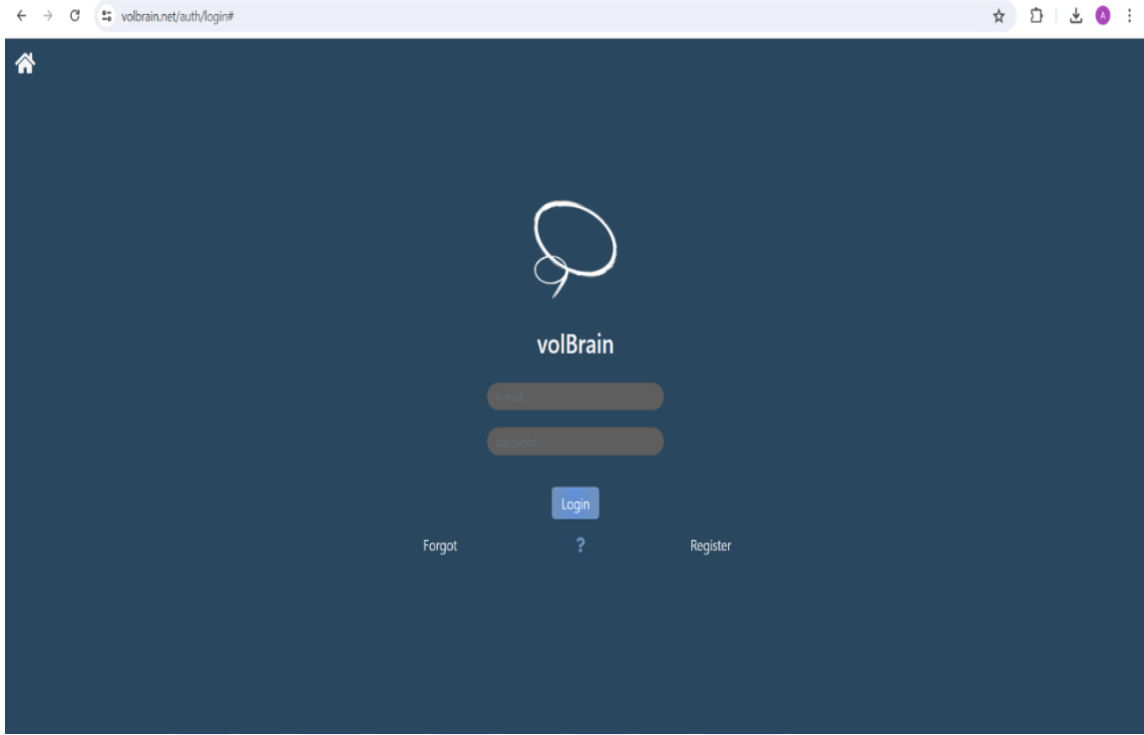
AssemblyNet, 3D T1w MRG görüntülerindeki verileri işleyerek beyin hacimsel verilerini analiz etmeyi sağlayan modüldür. CERES, 3D T1w MRG görüntülerindeki verileri işleyerek cerebellum ve lobüllerinin hacimsel verilerini analiz etmeyi sağlar. VolBrain, NIfTI formatındaki MRG görüntülerini işleyerek beyin bölümlerinin hacimsel analizini yapar ve analiz sonuçlarını PDF ve CFS formatında üretir. VolBrain'de her bir

analiz için veri işleme süresi yaklaşık 10 dakika olmakla birlikte sitedeki yoğunluğa göre sürede değişiklikler söz konusu olabilir (Park ve ark., 2009). VolBrain sisteminin tüm kullanıcılar tarafından adil olarak kullanılabilmesi için günlük olarak sisteme girilebilecek MRG görüntü sayısı 10 ile sınırlıdır. VolBrain ticari amaç güdmeksizin ücretsiz olarak kullanılabilen bir sistemdir. VolBrain sistemine hastanın MR görüntüsü dışında herhangi bir kişisel bir veri girişi yapılmamaktadır. Verileri ve analiz sonuçlarını kayıtlı kullanıcı dışında birisi görememektedir. Analiz sonuçları sistem tarafından 30 iş günü içerisinde silinmektedir.

VolBrain sistemini kullanabilmek için sistemin internet sitesine (<https://volbrain.net/>) register (kayıt) olunur. Register sekmesi tıklanarak kullanıcı adı ve şifre oluşturularak VolBrain sistemine giriş yapılır (Şekil 10-11).

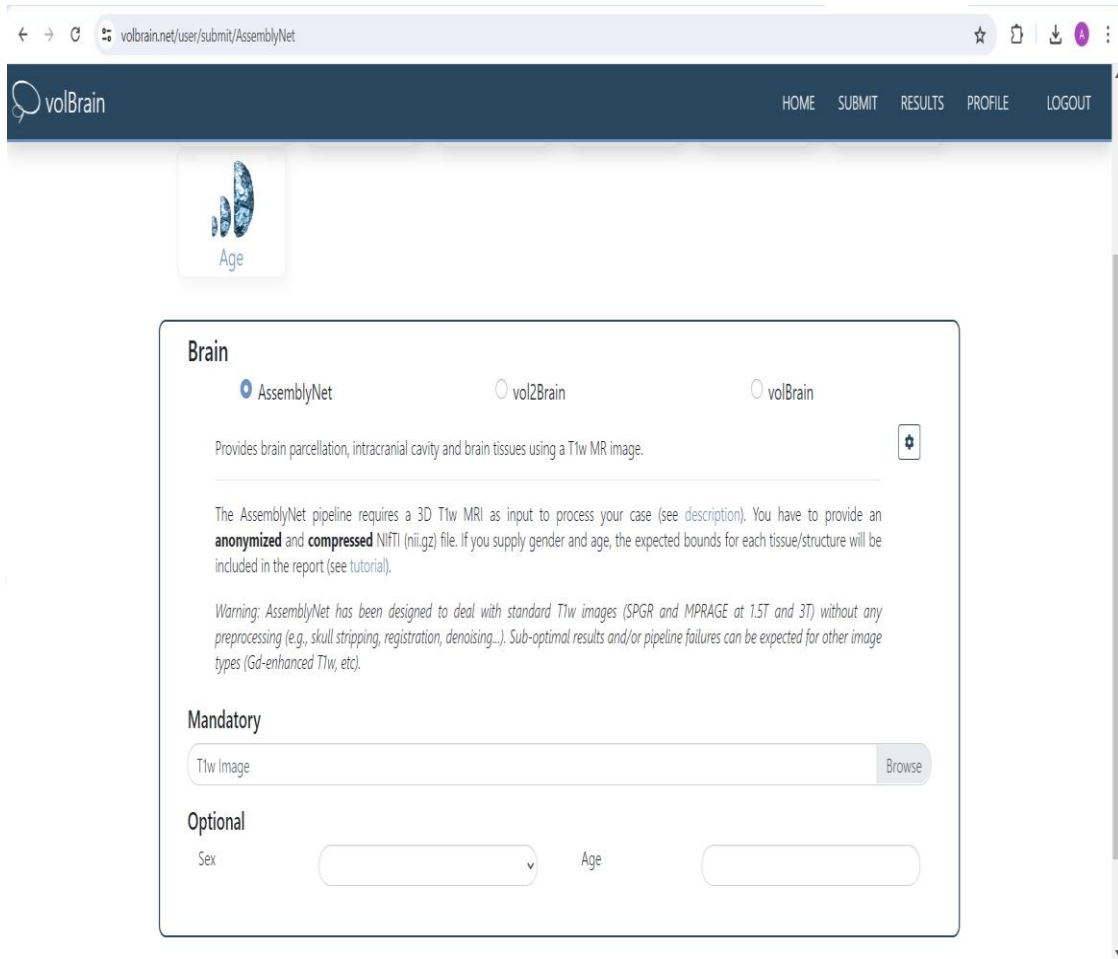


Şekil 10. VolBrain sistemine üyelik kaydının yapılması



Şekil 11. VolBrain sistemine giriş

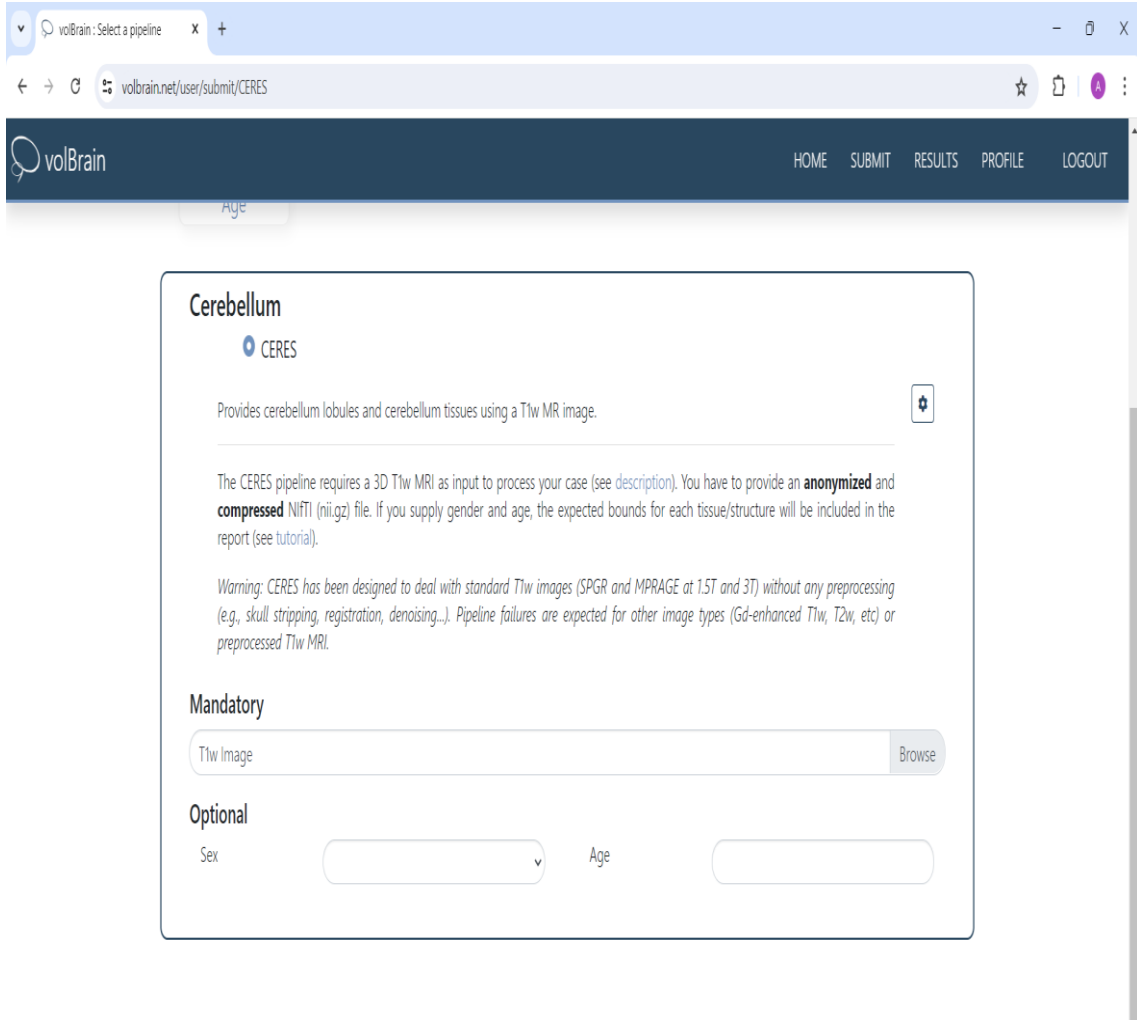
NIFTI formatına dönüştürülen MR görüntüleri VolBrain sisteminin AssemblyNet modül uygulamasına yüklenerek beyin ve bölümlerinin hacimsel analiz değerlendirilmesi yapılabilir (Şekil 12).



Şekil 12. VolBrain AssemblyNet modül uygulaması

Çalışmamız kapsamında NAİON tanısı konulan grubun ve sağlıklı kontrol grubunun cerebrum toplam-sağ-sol, cerebrum SA toplam-sağ-sol, cerebrum SG toplam-sağ-sol, frontal lob toplam-sağ-sol, gyrus frontalis medius toplam-sağ-sol, oksipital lob ve bölümlerinin hacimsel analizleri yapılarak gruplar arası karşılaştırmalar yapıldı.

VolBrain sisteminin CERES modül uygulamasına yüklenerek cerebellum ve lobüllerinin hacimsel analiz için NAİON grubundaki ve kontrol grubundaki bireylere ait görüntülerde cerebellum ve lobüllerinin (lobül I-X) hacimlerine, SG hacimlerine ve kortikal kalınlıklarına bakılarak gruplar arasında karşılaştırmalar yapıldı (Şekil 13).



Şekil 13. VolBrain CERES modül uygulaması

Her bir yükleme için yaklaşık 10 dakika içinde hacimsel sonuçlar elde edilmektedir. Sonuçlar PDF, CVS ve ZIP gibi seçenekler içerisinde görülebilmektedir. Ayrıca VolBrain sistemi kullanılan modüle göre yapılan parselasyon sonucu oluşan hacim analizlerinin görsel sunumunu da sağlamaktadır (Şekil 14-16).

volBrain

HOME SUBMIT RESULTS

You have 30 days to download your reports, after that period the files will be automatically deleted forever.

Export to CSV

10 entries per page Search:

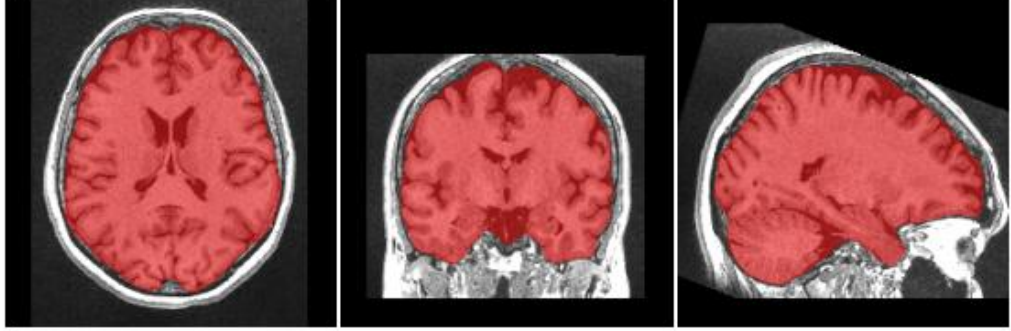
ID	Date	Pipeline	Version	Files	Status	Actions
1711420	22:47	AssemblyNet	1.0			
1711418	22:45	AssemblyNet	1.0			
1711414	22:42	CERES	1.0			
1711413	22:40	AssemblyNet	1.0			
1711409	22:38	CERES	1.0			
1711399	22:33	CERES	1.0			
1711397	22:32	CERES	1.0			
1711394	22:29	AssemblyNet	1.0			
1711393	22:27	AssemblyNet	1.0			
1711386	21:58	AssemblyNet	1.0			

Showing 1 to 10 of 236 entries

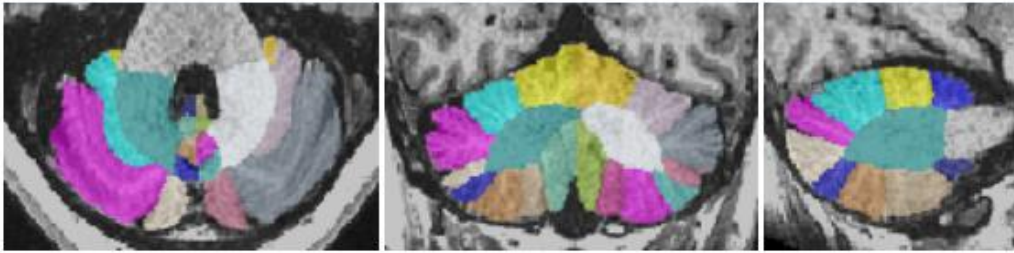
« < 1 2 3 4 5 ... 24 > »

Şekil 14. VolBrain sistemi analiz sonuçları

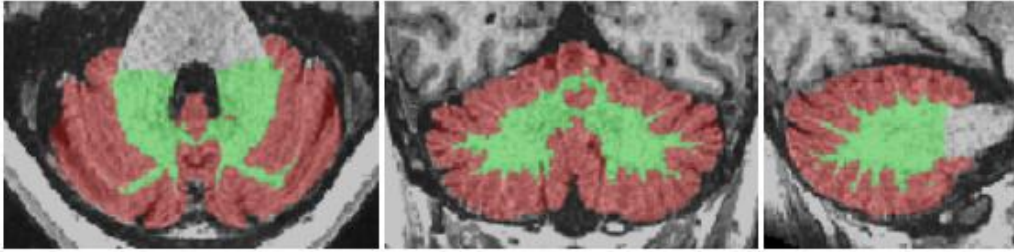
#### Intracranial cavity segmentation<sup>4</sup>



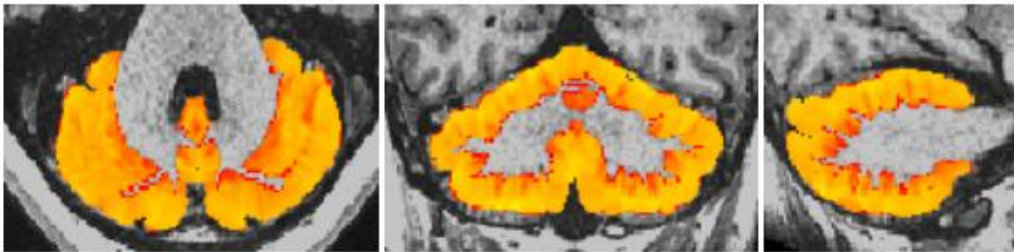
#### Lobule segmentation



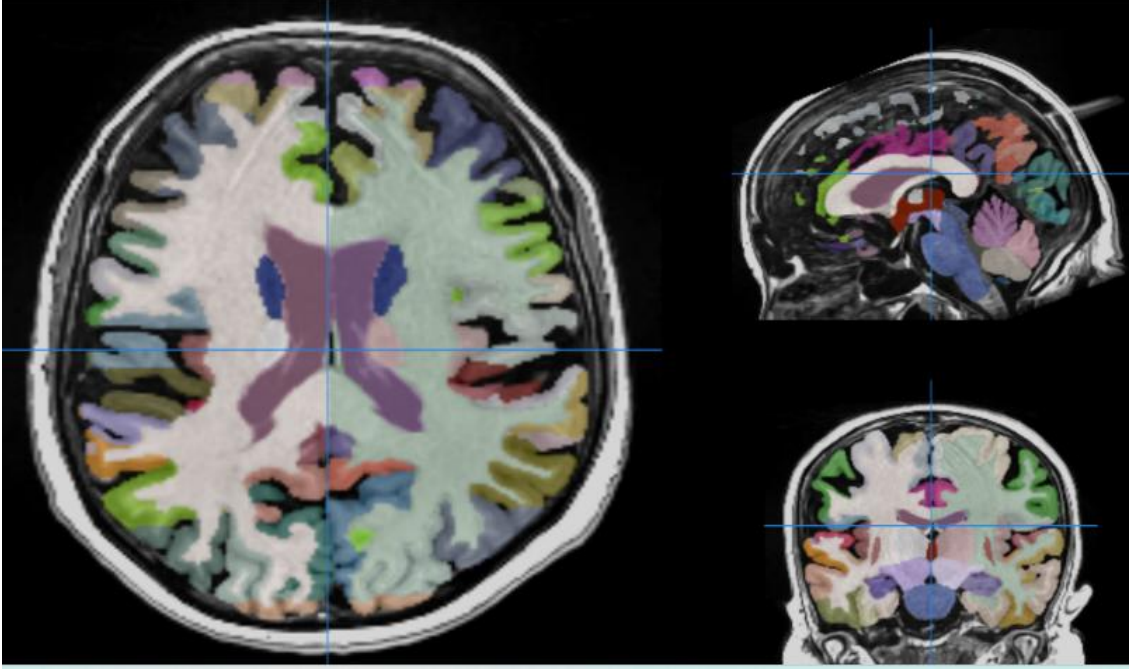
#### Tissue segmentation



#### Cortical thickness

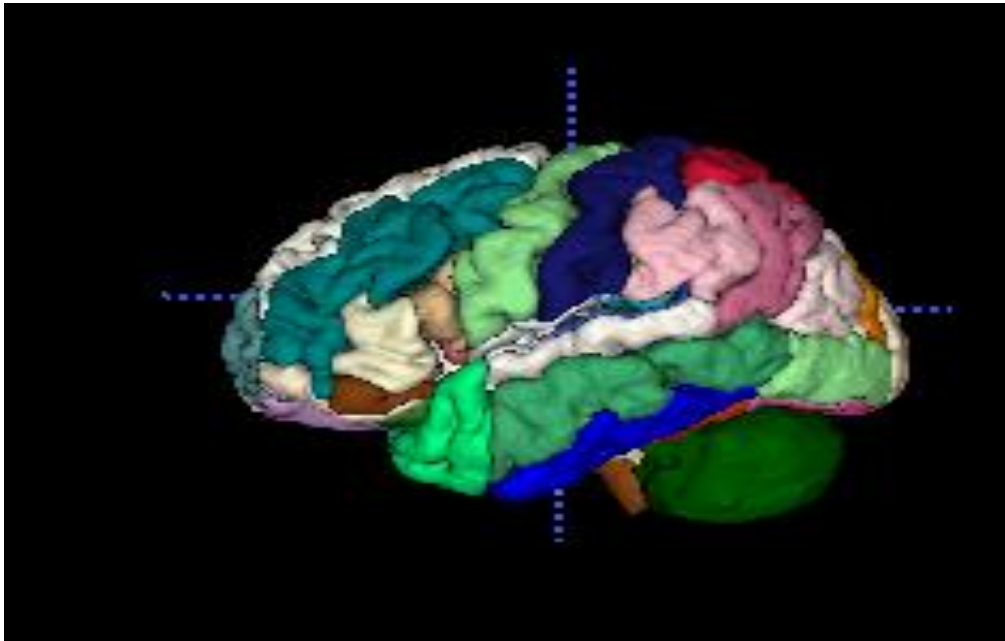


Şekil 15. VolBrain tarafından oluşturulan segmentasyon görüntüleri. Nonarteritik anterior iskemik optik nöropati tanısı konulan 63 yaşındaki hastanın cerebellum görüntüsü

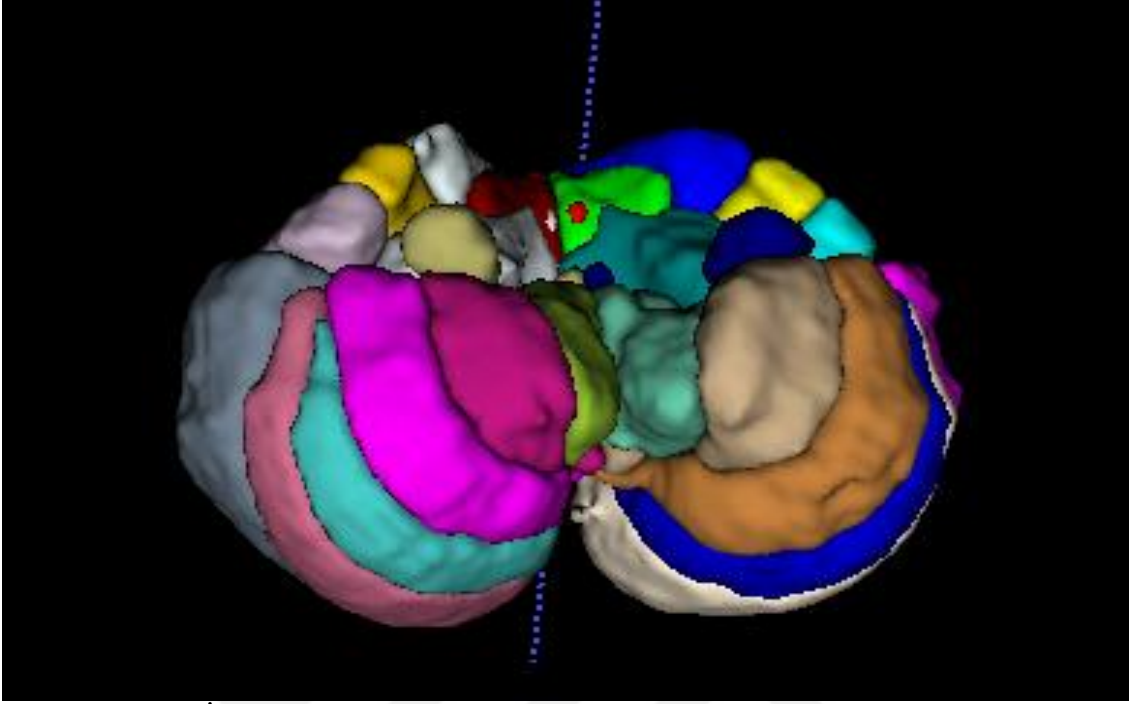


Şekil 16. VolBrain tarafından oluşturulan segmentasyon görüntüleri. Nonarteritik anterior iskemik optik nöropati tanısı konulan 58 yaşındaki hastanın cerebrum görüntüsü

VolBrain sisteminin sunmuş olduğu veriler ITK-SNAP adı verilen programda işlenerek üç boyutlu görüntü modellemeleri yapılabilmektedir (Şekil 17 ve 18).




Şekil 17. NAİON tanısı konmuş 58 yaşındaki bir hastanın ITK-SNAP tarafından oluşturulan 3B cerebrum segmentasyon görüntüsü



Şekil 18. NAİON tanısı konmuş 63 yaşındaki bir hastanın ITK-SNAP tarafından oluşturulan 3B cerebellum segmentasyon görüntüsü

Çalışmamıza dâhil edilen bir hastanın VolBrain sisteminin CERES modülü kullanılarak elde edilen cerebellum ve lobüllerinin volümetrik değerlerinin örneği Tablo 3.1’de, cerebellum ve lobüllerinin substantia grisea volümetrik değerlerinin örneği Tablo 3.2’de ve cerebellum ve lobüllerinin kortikal kalınlıklarının örneği Tablo 3.3’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. NAİON Tanısı Konulan 74 Yaşındaki Hastanın Cerebellum ve Lobüllerinin Volümetrik Değerleri

				
version 1.0 release 03-10-2018.				
Patient ID	Sex	Age	Report Date	
job1639320	Female	74	08-Dec-2023	
Image Information				
Orientation		neurological		
Scale factor		0.68		
SNR		46.22		
Total intracranial volume (cm <sup>3</sup> )		1227.07		
Volumes <sup>1</sup>	Total (cm <sup>3</sup> /%)	Right (cm <sup>3</sup> /%)	Left (cm <sup>3</sup> /%)	Asym. (%) <sup>2</sup>
Cerebellum	91.17 (7.4298) [7.4377, 10.1893] <sup>5</sup>	46.44 (3.7846) [3.7410, 5.1128]	44.73 (3.6452) [3.6835, 5.0896]	3.7542 [-3.2277, 5.1332]
Lobule I-II	0.08 (0.0062) [0.0003, 0.0283]	0.04 (0.0031) [0.0003, 0.0132]	0.04 (0.0030) [0.0000, 0.0156]	1.8018 [-49.0418, 32.8027]
Lobule III	1.29 (0.1055) [0.0726, 0.1597]	0.72 (0.0588) [0.0357, 0.0800]	0.57 (0.0467) [0.0349, 0.0817]	23.0163 [-22.7773, 21.5692]
Lobule IV	3.56 (0.2898) [0.2093, 0.4052]	1.78 (0.1451) [0.0926, 0.2046]	1.78 (0.1448) [0.1067, 0.2107]	0.1913 [-34.9016, 21.5176]
Lobule V	5.97 (0.4862) [0.2093, 0.4052]	3.03 (0.2467) [0.0926, 0.2046]	2.94 (0.2395) [0.1067, 0.2107]	2.9653 [-34.9016, 21.5176]
Lobule VI	13.38 (1.0908) [0.9131, 1.5467]	6.62 (0.5397) [0.4527, 0.7857]	6.76 (0.5511) [0.4440, 0.7774]	-2.0843 [-14.9085, 17.7670]
Lobule Crus I	19.26 (1.5697) [1.3404, 2.3083]	9.64 (0.7853) [0.6721, 1.1721]	9.63 (0.7844) [0.6522, 1.1522]	0.1130 [-11.0820, 15.5105]
Lobule Crus II	10.38 (0.8456) [0.7170, 1.3993]	5.50 (0.4483) [0.3583, 0.7274]	4.88 (0.3973) [0.3411, 0.6895]	12.0656 [-14.2660, 24.4110]
Lobule VII B	4.88 (0.3979) [0.4557, 0.8335]	2.50 (0.2039) [0.2207, 0.4290]	2.38 (0.1940) [0.2196, 0.4199]	4.9895 [-21.4091, 24.3850]
Lobule VIII A	7.25 (0.5910) [0.5778, 1.0168]	3.78 (0.3081) [0.2743, 0.5082]	3.47 (0.2829) [0.2818, 0.5303]	8.5390 [-27.0569, 19.9942]
Lobule VIII B	5.99 (0.4883) [0.3880, 0.6804]	3.03 (0.2472) [0.1840, 0.3479]	2.96 (0.2411) [0.1880, 0.3485]	2.4983 [-25.6225, 24.3448]
Lobule IX	4.33 (0.3530) [0.3275, 0.6984]	2.31 (0.1883) [0.1661, 0.3492]	2.02 (0.1646) [0.1588, 0.3518]	13.4171 [-11.9939, 14.0364]
Lobule X	0.96 (0.0779) [0.3275, 0.6984]	0.51 (0.0415) [0.1661, 0.3492]	0.45 (0.0364) [0.1588, 0.3518]	13.1054 [-11.9939, 14.0364]

Tablo 3.2. NAİON Tanısı Konulan 74 Yaşındaki Hastanın Cerebellum ve Lobüllerinin Substantia Grisea Volümetrik Değerleri

<b>Grey matter vol.</b>	<b>Total (cm<sup>3</sup>/%)</b>	<b>Right (cm<sup>3</sup>/%)</b>	<b>Left (cm<sup>3</sup>/%)</b>	<b>Asym.(%)</b>
<i>Cerebellum</i>	68.34 (5.5692) [5.4284, 7.6303]	34.64 (2.8234) [2.7192, 3.8265]	33.69 (2.7458) [2.6989, 3.8142]	2.7840 [-3.9769, 4.9749]
<i>Lobule I-II</i>	0.04 (0.0035) [0.0002, 0.0141]	0.02 (0.0020) [0.0000, 0.0066]	0.02 (0.0015) [0.0000, 0.0078]	41.9895 [-97.6929, 51.0898]
<i>Lobule III</i>	1.09 (0.0885) [0.0389, 0.0999]	0.60 (0.0492) [0.0190, 0.0490]	0.48 (0.0393) [0.0186, 0.0522]	33.1496 [-46.7004, 34.8982]
<i>Lobule IV</i>	3.25 (0.2646) [0.1754, 0.3403]	1.63 (0.1326) [0.0789, 0.1705]	1.62 (0.1320) [0.0874, 0.1788]	0.6159 [-54.3410, 34.2092]
<i>Lobule V</i>	5.29 (0.4308) [0.1754, 0.3403]	2.64 (0.2153) [0.0789, 0.1705]	2.64 (0.2155) [0.0874, 0.1788]	-0.1135 [-54.3410, 34.2092]
<i>Lobule VI</i>	12.26 (0.9991) [0.7581, 1.3330]	6.01 (0.4899) [0.3757, 0.6778]	6.25 (0.5092) [0.3682, 0.6694]	-5.6609 [-22.6531, 27.1880]
<i>Lobule Crus I</i>	16.16 (1.3172) [1.0671, 1.9108]	7.98 (0.6506) [0.5303, 0.9693]	8.18 (0.6666) [0.5205, 0.9578]	-3.5884 [-20.3891, 25.1370]
<i>Lobule Crus II</i>	9.39 (0.7654) [0.6200, 1.2368]	4.95 (0.4037) [0.3076, 0.6387]	4.44 (0.3617) [0.2966, 0.6140]	16.1625 [-24.3986, 36.1079]
<i>Lobule VIIIB</i>	4.39 (0.3574) [0.4077, 0.7483]	2.27 (0.1851) [0.1999, 0.3886]	2.11 (0.1723) [0.1944, 0.3732]	10.4876 [-29.0804, 39.1644]
<i>Lobule VIIIA</i>	6.42 (0.5235) [0.5166, 0.9032]	3.31 (0.2699) [0.2445, 0.4511]	3.11 (0.2536) [0.2531, 0.4710]	9.1842 [-41.9538, 29.3695]
<i>Lobule VIIIB</i>	5.26 (0.4283) [0.3393, 0.6005]	2.63 (0.2146) [0.1595, 0.3051]	2.62 (0.2137) [0.1653, 0.3098]	0.6089 [-41.7243, 36.3339]
<i>Lobule IX</i>	3.71 (0.3027) [0.2342, 0.5474]	2.01 (0.1638) [0.1168, 0.2734]	1.70 (0.1389) [0.1143, 0.2770]	24.1259 [-25.5320, 24.4676]
<i>Lobule X</i>	0.92 (0.0750) [0.2342, 0.5474]	0.49 (0.0400) [0.1168, 0.2734]	0.43 (0.0350) [0.1143, 0.2770]	19.5661 [-25.5320, 24.4676]

Tablo 3.3. NAİON Tanısı Konulan 74 Yaşındaki Hastanın Cerebellum ve Lobüllerinin Kortikal Kalınlıkları

<b>Cortical thickness<sup>3</sup></b>	<b>Mean (mm/norm.)</b>	<b>Right (mm/norm.)</b>	<b>Left (mm/norm.)</b>	<b>Asym.(%)</b>
<i>Cerebellum</i>	5.08 (4.743) [4.152, 4.746]	5.07 (4.738) [4.115, 4.749]	5.08 (4.748) [4.163, 4.768]	<b>0.2203</b> [-0.0654, 0.0960]
<i>Lobule I-II</i>	2.20 (2.050) [0.313, 2.217]	2.17 (2.029) [0.275, 2.175]	2.22 (2.077) [0.315, 2.269]	<b>2.3625</b> [-0.5062, 0.6900]
<i>Lobule III</i>	<b>4.14 (3.871)</b> [2.108, 3.695]	<b>4.31 (4.022)</b> [2.047, 3.703]	3.94 (3.681) [2.086, 3.759]	<b>-8.8051</b> [-0.3432, 0.3989]
<i>Lobule IV</i>	5.11 (4.778) [4.029, 5.131]	5.19 (4.845) [3.983, 5.152]	5.04 (4.711) [4.004, 5.163]	<b>-2.7997</b> [-0.1633, 0.1757]
<i>Lobule V</i>	5.13 (4.787) [4.029, 5.131]	5.07 (4.732) [3.983, 5.152]	5.19 (4.845) [4.004, 5.163]	<b>2.3554</b> [-0.1633, 0.1757]
<i>Lobule VI</i>	<b>5.26 (4.912)</b> [4.098, 4.888]	5.27 (4.919) [4.072, 4.919]	<b>5.25 (4.905)</b> [4.080, 4.898]	<b>-0.2885</b> [-0.1214, 0.1144]
<i>Lobule Crus I</i>	5.10 (4.768) [4.008, 4.817]	5.06 (4.730) [3.924, 4.821]	5.15 (4.807) [3.983, 4.916]	<b>1.6303</b> [-0.1598, 0.2305]
<i>Lobule Crus II</i>	5.11 (4.775) [4.251, 4.996]	5.14 (4.802) [4.234, 5.030]	5.08 (4.744) [4.196, 5.027]	<b>-1.2210</b> [-0.1525, 0.1341]
<i>Lobule VIIB</i>	5.01 (4.679) [4.298, 5.098]	4.96 (4.631) [4.268, 5.112]	5.06 (4.730) [4.279, 5.131]	<b>2.0982</b> [-0.1132, 0.1255]
<i>Lobule VIIIA</i>	5.04 (4.708) [4.261, 5.080]	5.08 (4.742) [4.198, 5.086]	5.00 (4.671) [4.284, 5.112]	<b>-1.5091</b> [-0.0828, 0.1306]
<i>Lobule VIIIB</i>	5.15 (4.808) [4.261, 5.154]	5.05 (4.716) [4.147, 5.162]	5.25 (4.902) [4.320, 5.204]	<b>3.8796</b> [-0.0993, 0.1905]
<i>Lobule IX</i>	4.76 (4.443) [2.600, 4.549]	4.90 (4.573) [2.563, 4.576]	4.59 (4.292) [2.585, 4.565]	<b>-6.3171</b> [-0.2442, 0.2581]
<i>Lobule X</i>	4.43 (4.135) [2.600, 4.549]	4.37 (4.081) [2.563, 4.576]	4.49 (4.198) [2.585, 4.565]	<b>2.8365</b> [-0.2442, 0.2581]

### 3.4. İstatistiksel Analiz

Çalışmanın istatistiksel analizi için SPSS 26 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) paket programı kullanıldı. Verilerin normal dağılımı ve varyansın homojenliği sırasıyla Kolmogorov-Smirnov testi ve Levene testi kullanılarak değerlendirildi. Grupların karşılaştırılmasında verilerin parametrik varsayımları yerine getirmemesi üzerine Mann Whitney U testi yapıldı. Tüm analizler için istatistiksel anlamlılık  $p < 0,05$  olarak belirlendi.

#### 4- BULGULAR

NAİON hastaları ile sağlıklı kontrol grubunun beyin MR görüntülerinin volümetrik analizi için voksel tabanlı morfometri ile beyin parselasyonu sağlayan VolBrain yöntemi kullanarak gerçekleştirdiğimiz çalışmanın bulguları, demografik veriler ile cerebrum ve cerebellum yapısına ait hacimsel verilerden oluşmaktadır.

Çalışmamıza ait demografik veriler tablo 4.1’de gösterilmiştir. Her iki grubun yaş ortalamaları 62,5 yıl idi. Her iki grupta 9 erkek ve 5 kadın bulunmaktaydı. Gruplar arasında yaş ve cinsiyet yönünden anlamlı fark yoktu ( $p > 0,05$ ).

Tablo 4.1. NAİON ve Sağlıklı Kontrol Gruplarının Demografik Verileri

Grup	Cinsiyet		Yaş Ortalaması
	Erkek	Kadın	
NAİON	9	5	62,5
Kontrol	9	5	62,5

NAİON: Nonarteritik anterior iskemik optik nöropati grubu, Kontrol: Sağlıklı bireylerden oluşan grup

Cerebrum toplam hacmi (SA+SG) ortanca değeri NAİON grubunda ( $957,04 \text{ cm}^3$ ), kontrol grubundan ( $1068,02 \text{ cm}^3$ ) daha düşüktü ( $p = 0,013$ ). Cerebrum sağ hacmi (SA+SG) ortanca değeri NAİON grubunda ( $481,3$ ), kontrol grubundan ( $536,46 \text{ cm}^3$ ) daha düşüktü ( $p = 0,022$ ). Cerebrum sol hacmi (SA+SG) ortanca değeri NAİON grubunda ( $475,5 \text{ cm}^3$ ), kontrol grubundan ( $532,12 \text{ cm}^3$ ) daha düşüktü ( $p = 0,012$ ). Cerebrum toplam SA hacmi ortanca değeri NAİON grubunda ( $366,70 \text{ cm}^3$ ), kontrol grubundan ( $426,45 \text{ cm}^3$ ) daha düşüktü ( $p = 0,006$ ). Cerebrum sağ SA hacmi ortanca değeri NAİON grubunda ( $184,38 \text{ cm}^3$ ), kontrol grubundan ( $213,32 \text{ cm}^3$ ) daha düşüktü ( $p = 0,009$ ). Cerebrum sol SA hacmi ortanca değeri NAİON grubunda ( $182,39 \text{ cm}^3$ ), kontrol grubundan ( $212,19$

cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,004). Cerebrum toplam SG hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (586,83 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (652,91 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,035). Cerebrum sağ SG hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (294,90 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (328,02 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,039). Cerebrum sol SG hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (291,95 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (324,89 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,027). (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. NAİON ile Sağlıklı Kontrol Gruplarının Cerebrum Hacimlerinin Karşılaştırılması

Hacim (cm <sup>3</sup> )	NAİON (n=14)		Kontrol (n=14)		p
	ortanca	(min-maks)	ortanca	(min-maks)	
Cerebrum toplam	957,04	(785,26-1127,1)	1068,02	(935,21-1228,2)	<b>0,013</b>
Cerebrum sağ	481,3	(392,45-569,50)	536,46	(466,60-615,48)	<b>0,022</b>
Cerebrum sol	475,75	(392,80-557,50)	532,12	(468,60-612,80)	<b>0,012</b>
Cerebrum SA toplam	366,70	(283,22-435,62)	426,45	(360,41-483,71)	<b>0,006</b>
Cerebrum SA sağ	184,38	(141,40-220,20)	213,32	(180,55-242,76)	<b>0,009</b>
Cerebrum SA sol	182,39	(141,80-215,42)	212,19	(179,86-240,96)	<b>0,004</b>
Cerebrum SG toplam	586,83	(502,04-704,70)	652,91	(563,20-744,50)	<b>0,035</b>
Cerebrum SG sağ	294,90	(251,01-355,90)	328,02	(280,20-372,71)	<b>0,039</b>
Cerebrum SG sol	291,95	(251,03-348,80)	324,89	(282,95-371,84)	<b>0,027</b>

NAİON: Nonarteritik anterior iskemik optik nöropati grubu, Kontrol: Sağlıklı bireylerden oluşan grup. SA: Substantia alba, SG: Substantia grisea. Tüm karşılaştırmalar Mann Whitney U testi kullanılarak yapılmıştır. \*p < 0,05

Lobus frontalis toplam hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (180,76 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (202,88 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,022). Lobus frontalis sağ hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (90,11 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (102,70 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,027). Lobus frontalis sol hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (90,27 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (100,7 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,019). Gyrus frontalis medius toplam hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (38,14 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (43,19

cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,039). Gyrus frontalis medius sağ hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (19,11 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (20,19 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,098). Gyrus frontalis medius sol hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (19,73 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (20,85 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,013). (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. NAİON ile Sağlıklı Kontrol Gruplarının Lobus Frontalis Hacimlerinin Karşılaştırılması

Hacim (cm <sup>3</sup> )	NAİON (n=14)		Kontrol (n=14)		p
	ortanca	(min-maks)	ortanca	(min-maks)	
Lobus frontalis toplam	180,76	(152,98-230,50)	202,88	(172,97-239,64)	<b>0,022</b>
Lobus frontalis sağ	90,11	(77,57-115,90)	102,70	(85,73-119,52)	<b>0,027</b>
Lobus frontalis sol	90,27	(75,41-114,60)	100,70	(87,24-120,12)	<b>0,019</b>
Gyrus frontalis medius toplam	38,14	(31,83-45,41)	43,19	(36,26-51,87)	<b>0,039</b>
Gyrus frontalis medius sağ	19,11	(15,00-23,40)	20,19	(18,14-25,27)	0,098
Gyrus frontalis medius sol	19,73	(15,60-22,09)	20,85	(17,90-27,11)	<b>0,013</b>

NAİON (Nonarteritik anterior iskemik optik nöropati) grubu, Kontrol: Sağlıklı bireylerden oluşan grup. SA: Substantia alba, SG: Substantia grisea. Tüm karşılaştırmalar Mann Whitney U testi kullanılarak yapılmıştır. \*p < 0,05

Lobus occipitalis toplam hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (81,83 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (94,51 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,002). Lobus occipitalis sağ hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (41,53 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (48,12 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,002). Lobus occipitalis sol hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (40,78 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (45,99 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,002). Cortex calcarinus toplam hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (7,04 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (8,5 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,002). Cortex calcarinus sağ hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (3,6 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (4,33 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = <0,001). Cortex calcarinus sol hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (3,42 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (4,12 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,008). Gyrus lingualis toplam hacmi ortanca değeri NAİON grubunda

(16,18 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (19,34 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,001). Gyrus lingualis sağ hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (8,33 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (10,25 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = <0,001). Gyrus lingualis sol hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (8,32 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (9,17 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p= 0,007). Tablo 4.4'te yer alan lobus occipitalis'in diğer bölümlerinin hacimlerinde gruplar arasında anlamlı fark yoktu (p > 0,05). (Tablo 4.4.).

Tablo 4.4. NAİON ile Sağlıklı Kontrol Gruplarının Lobus Occipitalis ve Bölümlerinin Hacimlerinin Karşılaştırılması

Hacim (cm <sup>3</sup> )	NAİON ortanca	(n=14) (min-maks)	Kontrol (n=14) ortanca	(min-maks)	p
Lobus occipitalis toplam	81,83	(67,25-94,01)	94,51	(81,95-108,11)	<b>0,002</b>
Lobus occipitalis sağ	41,53	(34,35-47,71)	48,12	(41,80-52,72)	<b>0,002</b>
Lobus occipitalis sol	40,78	(32,91-46,30)	45,99	(40,15-56,10)	<b>0,002</b>
Cortex calcarinus toplam	7,04	(5,10-8,30)	8,50	(7,40-11,06)	<b>0,002</b>
Cortex calcarinus sağ	3,60	(2,54-4,13)	4,33	(3,71-5,58)	<b>&lt;0,001</b>
Cortex calcarinus sol	3,42	(2,54-4,28)	4,12	(3,07-5,80)	<b>0,008</b>
Cuneus toplam	9,15	(7,22-11,97)	10,64	(8,87-12,03)	0,051
Cuneus sağ	4,59	(3,69-6,22)	5,26	(4,64-7,01)	0,054
Cuneus sol	4,59	(3,53-6,20)	5,22	(3,96-6,26)	0,073
Gyrus lingualis toplam	16,18	(14,16-19,98)	19,34	(17,30-23,04)	<b>0,001</b>
Gyrus lingualis sağ	8,33	(6,70-10,89)	10,25	(9,14-11,84)	<b>&lt;0,001</b>
Gyrus lingualis sol	8,32	(5,9-10,14)	9,17	(7,96-11,21)	<b>0,007</b>
Gyrus occipitalis fusiformis toplam	8,92	(6,59-11,96)	9,09	(5,86-13,09)	0,462
Gyrus occipitalis fusiformis sağ	4,25	(2,25-5,34)	4,19	(3,01-6,36)	0,963
Gyrus occipitalis fusiformis sol	4,82	(3,34-6,62)	5,46	(2,85-7,93)	0,26

NAİON: Nonarteritik anterior iskemik optik nöropati grubu, Kontrol: Sağlıklı bireylerden oluşan grup. Tüm karşılaştırmalar Mann Whitney U testi kullanılarak yapılmıştır. \*p < 0,05

Gyrus occipitalis medius toplam hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (11,07 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (12,39 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,018). Gyrus occipitalis medius sol hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (5,39 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (6,28 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,031). Gyrus occipitalis superior toplam hacmi ortanca değeri NAİON

grubunda (7,96 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (10,28 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,029). Gyrus occipitalis superior sağ hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (4,41 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (5,54 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,027). Gyrus occipitalis superior sol hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (3,78 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (4,53 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,031). Tablo 4.5'te yer alan lobus occipitalis'in diğer bölümlerinin hacimlerinde gruplar arasında anlamlı fark yoktu (p > 0,05). (Tablo 4.5.)

Tablo 4.5. NAİON ile Sağlıklı Kontrol Gruplarının Lobus Occipitalis Bölümlerinin Hacimlerinin Karşılaştırılması

Hacim (cm <sup>3</sup> )	NAİON (n=14)		Kontrol (n=14)		p
	ortanca	(min-maks)	ortanca	(min-maks)	
Gyrus occipitalis inferior toplam	14,30	(11,80-19,57)	16,49	(12,17-19,82)	0,135
Gyrus occipitalis inferior sağ	7,76	(5,17-10,27)	7,79	(5,96-9,97)	0,566
Gyrus occipitalis inferior sol	6,68	(6,03-9,45)	8,44	(6,01-10,36)	0,098
Gyrus occipitalis medius toplam	11,07	(7,86-14,10)	12,39	(11,22-15,75)	<b>0,018</b>
Gyrus occipitalis medius sağ	5,89	(4,09-7,75)	6,42	(5,53-8,19)	0,06
Gyrus occipitalis medius sol	5,39	(3,69-7,74)	6,28	(4,82-8,18)	<b>0,031</b>
Gyrus occipitalis superior toplam	7,96	(6,10-11,51)	10,28	(6,88-13,22)	<b>0,029</b>
Gyrus occipitalis superior sağ	4,41	(3,38-7,38)	5,54	(4,20-7,93)	<b>0,027</b>
Gyrus occipitalis superior sol	3,78	(2,32-5,46)	4,53	(2,58-6,19)	<b>0,031</b>
Polus occipitalis toplam	5,76	(3,76-7,22)	5,84	(4,23-8,08)	0,421
Polus occipitalis sağ	2,65	(1,61-3,63)	3,04	(1,61-4,13)	0,223
Polus occipitalis sol	3,07	(2,01-3,88)	2,92	(2,17-3,95)	0,945

NAİON: Nonarteritik anterior iskemik optik nöropati grubu, Kontrol: Sağlıklı bireylerden oluşan grup  
Tüm karşılaştırmalar Mann Whitney U testi kullanılarak yapılmıştır. \*p < 0,05

Cerebellum toplam hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (112,04 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (117,04 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,21). Cerebellum sağ hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (55,82 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (58,97 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,23). Cerebellum sol hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (55,34 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan

(58,07 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,29). Tablo 4.6’da yer alan cerebellum’un diğer bölümlerinin hacimlerinde de gruplar arasında anlamlı fark yoktu (p > 0,05). (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. NAİON ile Sağlıklı Kontrol Gruplarının Cerebellum ve Lobüllerinin Hacimsel Karşılaştırılması

Hacim (cm <sup>3</sup> )	NAİON (n=14)		Kontrol (n=14)		p
	ortanca	(min-maks)	ortanca	(min-maks)	
Cerebellum toplam	112,04	(95,44-130,83)	117,04	(101,42-144,05)	0,21
Cerebellum sağ	55,82	(47,51-66,29)	58,97	(51,33-74,43)	0,23
Cerebellum sol	55,34	(47,93-64,54)	58,07	(50,09-69,62)	0,29
I- II toplam	0,05	(0,01-0,11)	0,06	(0,04-0,08)	0,23
I- II sağ	0,03	(0,01-0,06)	0,03	(0,02-0,04)	0,26
I- II sol	0,03	(0,00-0,05)	0,03	(0,02-0,04)	0,84
III toplam	1,21	(0,91-1,71)	1,32	(0,94-1,66)	0,42
III sağ	0,64	(0,47-0,92)	0,67	(0,44-0,88)	0,49
III sol	0,55	(0,43-0,89)	0,65	(0,50-0,81)	0,24
IV toplam	4,09	(3,26-5,60)	4,44	(3,93-5,79)	0,06
IV sağ	2,08	(1,62-3,10)	2,26	(2,02-3)	0,77
IV sol	2,03	(1,60-2,71)	2,21	(1,83-2,79)	0,24
V toplam	7,28	(5,71-9,72)	7,72	(6,35-9,49)	0,16
V sağ	3,64	(3,13-4,94)	3,94	(3,15-4,88)	0,12
V sol	3,83	(2,55-4,78)	3,85	(3,06-4,80)	0,37
VI toplam	15,02	(12,80-18,40)	15,41	(13,48-20,01)	0,30
VI sağ	7,77	(6,61-9,44)	7,65	(6,78-10,31)	0,64
VI sol	7,42	(6-9,19)	7,60	(6,61-9,70)	0,62
Crus I toplam	23	(19,12-27,41)	22,70	(15,13-29,04)	0,61
Crus I sağ	11,54	(9,59-14,10)	11,21	(8,19-15,69)	0,64
Crus I sol	11,57	(9,53-14,11)	11,49	(6,94-13,80)	0,73

NAİON: Nonarteritik anterior iskemik optik nöropati grubu, Kontrol: Sağlıklı bireylerden oluşan grup. Tüm karşılaştırmalar Mann Whitney U testi kullanılarak yapılmıştır. \*p < 0,05

Cerebellum’un Crus II toplam hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (14,19 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (13,91 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,5). Crus II sağ hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (6,97 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (7,47 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü ve (p = 0,21). Crus II sol hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (7,09 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (6,98 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,67). Tablo 4.7’de yer alan cerebellum’un diğer bölümlerinin hacimlerinde de gruplar arasında anlamlı fark yoktu (p > 0,05). (Tablo 4.7.).

Tablo 4.7. NAİON ile Sağlıklı Kontrol Gruplarının Cerebellum Lobüllerinin Hacimsel Karşılaştırılması

<b>Hacim (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>NAİON ortanca</b>	<b>(n=14) (min-maks)</b>	<b>Kontrol (n=14) ortanca</b>	<b>(min-maks)</b>	<b>p</b>
Crus II toplam	14,19	(10,95-17,36)	13,91	(11,54-18,95)	0,50
Crus II sağ	6,97	(5,58-8,48)	7,47	(5,84-10,59)	0,21
Crus II sol	7,09	(5,53-8,95)	6,98	(5,70-9,13)	0,67
VII B toplam	7,64	(5,90-9,57)	8,05	(6,54-11,13)	0,50
VII B sağ	4,05	(2,62-4,64)	4,02	(3,23-5,71)	0,26
VII B sol	3,81	(3,29-5,08)	3,91	(3,27-5,42)	0,23
VIII A toplam	10,92	(8,32-13,24)	10,97	(8,72-14,58)	0,35
VIII A sağ	5,26	(4,21-6,63)	5,65	(4,64-7,24)	0,17
VIII A sol	5,29	(4,11-6,91)	5,34	(4,08-7,96)	0,81
VIII B toplam	7,12	(5,65-9,49)	7,92	(5,93- 9,72)	0,19
VIII B sağ	3,57	(2,74-4,86)	3,82	(2,99-4,91)	0,19
VIII B sol	3,53	(2,82-4,63)	3,92	(2,91-5,42)	0,18
IX toplam	5,84	(3,51-9,56)	6,90	(4,30-8,50)	0,10
IX sağ	2,96	(1,87-4,96)	3,54	(2,13- 4,45)	0,09
IX sol	2,84	(1,64-4,60)	3,41	(2,17-4,05)	0,07
X toplam	0,93	(0,70-1,27)	0,98	(0,81-1,21)	0,24
X sağ	0,46	(0,39-0,63)	0,49	(0,42-0,61)	0,24
X sol	0,47	(0,36-0,64)	0,49	(0,39-0,61)	0,38

NAİON: Nonarteritik anterior iskemik optik nöropati grubu, Kontrol: Sağlıklı bireylerden oluşan grup. Tüm karşılaştırmalar Mann Whitney U testi kullanılarak yapılmıştır. \*p < 0,05

Cerebellum toplam SG hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (87,81 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (90,75 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,29). Cerebellum sağ SG hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (43,5 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (45,67 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,38). Cerebellum sol SG hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (43,5 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (45,07 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,27). Tablo 4.8’de yer alan cerebellum’un diğer bölümlerinin SG hacimlerinde de gruplar arasında anlamlı fark yoktu (p > 0,05). (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. NAİON ile Sağlıklı Kontrol Gruplarının Cerebellum ve Lobüllerinin Substantia Grisea Hacimlerinin Karşılaştırılması

Hacim (cm <sup>3</sup> )	NAİON	(n=14)	Kontrol (n=14)		p
	ortanca	(min-maks)	ortanca	(min-maks)	
Cerebellum toplam SG	87,81	(75,36-103,14)	90,75	(79,55-112,02)	0,29
Cerebellum sağ SG	43,5	(37,37-51,83)	45,67	(39,97-57,66)	0,38
Cerebellum sol SG	43,5	(37,99-51,32)	45,07	(39,58-54,57)	0,27
I- II toplam SG	0,03	(0,01-0,07)	0,04	(0,03-0,05)	0,60
I- II sağ SG	0,02	(0,01-0,04)	0,02	(0,01-0,03)	0,42
I- II sol SG	0,02	(0,00-0,03)	0,01	(0,01-0,03)	0,98
III toplam SG	0,94	(0,75-1,36)	1,04	(0,78-1,33)	0,19
III sağ SG	0,49	(0,37-0,76)	0,53	(0,37-0,68)	0,35
III sol SG	0,44	(0,36-0,73)	0,53	(0,41-0,65)	0,07
IV toplam SG	3,74	(2,93-5,10)	4,01	(3,56-5,31)	0,11
IV sağ SG	1,9	(1,44-2,81)	2,03	(1,86-2,74)	0,09
IV sol SG	1,87	(1,45-2,53)	2,00	(1,66-2,57)	0,37
V toplam SG	6,31	(4,99-8,42)	6,59	(5,58-8,46)	0,21
V sağ SG	3,08	(2,62-4,20)	3,31	(2,70-4,08)	0,16
V sol SG	3,37	(2,28-4,22)	3,39	(2,60-4,38)	0,35
VI toplam SG	13,9	(11,88-16,60)	14,1	(12,48-18,18)	0,44
VI sağ SG	7,08	(6,08-8,39)	7,01	(6,13-9,26)	0,74
VI sol SG	6,87	(5,65-8,30)	7,08	(6,21-8,92)	0,29
Crus I toplam SG	20,33	(16,78-24,02)	20,13	(13,56-25,46)	0,56
Crus I sağ SG	10,21	(8,38-12,11)	9,91	(7,21-13,65)	0,50
Crus I sol SG	10,31	(8,40-12,91)	10,34	(6,36-12,33)	0,52

NAİON: Nonarteritik anterior iskemik optik nöropati grubu, Kontrol: Sağlıklı bireylerden oluşan grup. SG: Substantia grisea. Tüm karşılaştırmalar Mann Whitney U testi kullanılarak yapılmıştır. \*p < 0,05

Cerebellum IX sol SG hacmi ortanca değeri NAİON grubunda (2,44 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (2,92 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,04). Tablo 4.9’da yer alan cerebellum’un diğer bölümlerinin SG hacimlerinde gruplar arasında anlamlı fark yoktu (p > 0,05). (Tablo 4.9).

Tablo 4.9. NAİON ile Sağlıklı Kontrol Gruplarının Cerebellum Lobüllerinin Substantia Grisea Hacimlerinin Karşılaştırılması

Hacim (cm <sup>3</sup> )	NAİON	(n=14)	Kontrol (n=14)		p
	ortanca	(min-maks)	ortanca	(min-maks)	
Crus II toplam SG	12,76	(9,94-16,20)	12,52	(10,75-17,54)	0,59
Crus II sağ SG	6,42	(5,12-7,84)	6,77	(5,46-9,70)	0,40
Crus II sol SG	6,36	(4,82-8,35)	6,29	(5,29-8,18)	0,66
VII B toplam SG	7,07	(5,37-8,86)	7,49	(5,93-10,44)	0,38
VII B sağ SG	3,81	(2,42-4,25)	3,74	(2,95-5,35)	0,35
VII B sol SG	3,47	(2,95-4,67)	3,57	(2,93-5,09)	0,27
VIII A toplam SG	10,04	(7,61-12,18)	10,05	(8,42-13,28)	0,23
VIII A sağ SG	4,83	(3,86-5,99)	5,12	(4,15-6,66)	0,21
VIII A sol SG	4,87	(3,74-6,44)	4,89	(3,77-7,28)	0,76
VIII B toplam SG	6,35	(4,92-8,50)	6,94	(5,31- 8,77)	0,19
VIII B sağ SG	3,19	(2,39-4,33)	3,41	(2,64-4,39)	0,22
VIII B sol SG	3,17	(2,54-4,17)	3,45	(2,59-4,77)	0,21
IX toplam SG	5,04	(3,10-8,18)	6,03	(3,72-7,49)	0,07
IX sağ SG	2,61	(1,68-4,25)	3,12	(1,85-3,97)	0,09
IX sol SG	2,44	(1,42-3,93)	2,92	(1,87-3,52)	<b>0,04</b>
X toplam SG	0,87	(0,73-1,20)	0,93	(0,78-1,16)	0,21
X sağ SG	0,42	(0,36-0,59)	0,46	(0,40-0,57)	0,21
X sol SG	0,45	(0,35-0,61)	0,48	(0,38-0,59)	0,29

NAİON: Nonarteritik anterior iskemik optik nöropati grubu, Kontrol: Sağlıklı bireylerden oluşan grup. SG: Substantia grisea. Tüm karşılaştırmalar Mann Whitney U testi kullanılarak yapılmıştır. \*p < 0,05

Cerebellum kortikal kalınlığı ortanca değeri NAİON grubunda (5,23 mm), kontrol grubundan (5,22 mm) daha düşüktü (p = 0,92). Cerebellum sağ kortikal kalınlığı ortanca değeri NAİON grubunda (5,23 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (5,19 mm) daha düşüktü (p = 0,56). Cerebellum sol kortikal kalınlığı ortanca değeri NAİON grubunda (5,27 mm), kontrol grubundan (5,27 mm) daha düşüktü (p = 0,44). Tablo 4.10’da yer alan cerebellum’un diğer lobüllerinin kortikal kalınlıklarında da gruplar arasında anlamlı fark yoktu (p > 0,05). (Tablo 4.10).

Tablo 4.10. NAİON ile Sağlıklı Kontrol Gruplarının Cerebellum ve Lobüllerinin Kortikal Kalınlıklarının Karşılaştırılması

Kortikal Kalınlık (mm)	NAİON (n=14)		Kontrol (n=14)		p
	ortanca	(min-maks)	ortanca	(min-maks)	
Cerebellum ortalama	5,23	(5,10-5,37)	5,22	(5,08-5,50)	0,92
Cerebellum sağ	5,23	(5,04-5,35)	5,19	(5,04-5,48)	0,56
Cerebellum sol	5,27	(5,15-5,40)	5,27	(5,11-5,52)	0,44
I- II ortalama	2,27	(1,47-3,21)	2,27	(1,53-2,87)	0,61
I- II sağ	2,42	(1,02-3,27)	2,42	(1,44-3,07)	0,89
I- II sol	2,35	(1,54-3,12)	2,18	(1,21-2,93)	0,66
III ortalama	4,22	(4,03-4,47)	4,26	(3,80-4,34)	0,98
III sağ	4,20	(3,91-4,44)	4,22	(3,73-4,37)	0,87
III sol	4,26	(3,95-4,73)	4,26	(3,64-4,47)	0,47
IV ortalama	5,31	(5,08-5,38)	5,34	(5,15-5,56)	0,84
IV sağ	5,27	(4,86-5,44)	5,33	(5,12-5,62)	0,06
IV sol	5,32	(5,18-5,55)	5,38	(5,19-5,48)	0,26
V ortalama	5,19	(4,94-5,34)	5,17	(5,04-5,37)	0,92
V sağ	5,12	(4,74-5,33)	5,10	(4,98-5,35)	0,52
V sol	5,27	(4,96-5,37)	5,24	(5,09-5,41)	0,49
VI ortalama	5,37	(5,17-5,45)	5,34	(5,19-5,44)	0,06
VI sağ	5,33	(5,08-5,49)	5,28	(5,13-5,41)	0,06
VI sol	5,42	(5,26-5,48)	5,39	(5,21-5,48)	0,23
Crus I ortalama	5,27	(5,14-5,39)	5,28	(4,98-5,60)	0,89
Crus I sağ	5,25	(5,11-5,46)	5,22	(4,91-5,53)	0,44
Crus I sol	5,27	(5,17-5,47)	5,31	(5,05-5,69)	0,10

NAİON: Nonarteritik anterior iskemik optik nöropati grubu, Kontrol: Sağlıklı bireylerden oluşan grup. Tüm karşılaştırmalar Mann Whitney U testi kullanılarak yapılmıştır. \*p < 0,05.

Cerebellum X sağ kortikal kalınlığı ortanca değeri NAİON grubunda (3,43 cm<sup>3</sup>), kontrol grubundan (3,83 cm<sup>3</sup>) daha düşüktü (p = 0,03). Tablo 4.11’de yer alan cerebellum’un diğer bölümlerinin kortikal kalınlıklarında gruplar arasında anlamlı fark yoktu (p > 0,05). (Tablo 4.11).

Tablo 4.11. NAİON ile Sağlıklı Kontrol Gruplarının Cerebellum Lobüllerinin Kortikal Kalınlıklarının Karşılaştırılması

Kortikal Kalınlık (mm)	NAİON (n=14)		Kontrol (n=14)		p
	ortanca	(min-maks)	ortanca	(min-maks)	
Crus II ortalama	5,24	(5,08-5,51)	5,25	(5,09-5,63)	0,90
Crus II sağ	5,25	(5,10-5,49)	5,26	(5,08-5,65)	0,76
Crus II sol	5,27	(4,96-5,53)	5,27	(5,09-5,63)	0,74
VII B ortalama	5,32	(5,13-5,49)	5,34	(5,15-5,66)	0,62
VII B sağ	5,33	(5,18-5,51)	5,32	(5,15-5,66)	0,85
VII B sol	5,33	(5,02-5,52)	5,36	(5,16-5,67)	0,35
VIII A ortalama	5,24	(5,06-5,38)	5,22	(5,12-5,44)	0,71
VIII A sağ	5,21	(4,93-5,37)	5,14	(5,02-5,41)	0,39
VIII A sol	5,28	(5,15-5,41)	5,30	(5,20-5,46)	0,42
VIII B ortalama	5,30	(5,13-5,47)	5,29	(5,15-5,52)	0,96
VIII B sağ	5,24	(5,09-5,53)	5,21	(5,10-5,55)	0,44
VIII B sol	5,37	(5,16-5,45)	5,34	(5,20-5,58)	0,55
IX ortalama	4,97	(4,81-5,22)	5,10	(4,85-5,28)	0,07
IX sağ	5,03	(4,84-5,33)	5,12	(4,90-5,31)	0,06
IX sol	4,95	(4,72-5,18)	5,06	(4,81-5,35)	0,09
X ortalama	3,66	(3,21-4,17)	3,98	(3,35-4,32)	0,05
X sağ	3,43	(2,85-3,85)	3,83	(3,00-4,26)	<b>0,03</b>
X sol	3,94	(3,37-4,48)	4,10	(3,37-4,41)	0,32

NAİON: Nonarteritik anterior iskemik optik nöropati grubu, Kontrol: Sağlıklı bireylerden oluşan grup. Tüm karşılaştırmalar Mann Whitney U testi kullanılarak yapılmıştır. \*p < 0,05

## 5- TARTIŞMA

NAİON, optik sinirin ön kısmında idiyopatik bir iskemik süreç sonucunda gelişen ve görme keskinliğinde azalma, bulanık görme, görme alanı kaybı ve renkli görme bozukluğu gibi semptomlarla karakterize klinik bir durumdur (Hayreh, Podhajsky, ve Zimmerman, 1997).

Literatüre bakıldığında NAİON tanısı konulan 340 hastanın değerlendirildiği bir çalışmada, ilk iki hafta içinde muayene edilen vakaların başlangıç görme keskinliğinin %49'unun 20/30 veya daha iyi, %23'ünün ise 20/200 veya altında olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, literatüre bakıldığında normal düzeylerdeki görme keskinliğinin NAİON tanısını dışlatamayacağı göstermektedir (Hayreh ve Zimmerman, 2008b). Newman ve ark.'nın gerçekleştirdiği bir çalışmada, NAİON tanısı almış hastaların beş yıllık izlem süresinde ikinci gözde etkilenme riskinin %15-25 arasında değiştiği belirlenmiştir (Newman ve ark., 2002). Literatürde görme kaybına neden olan glokom, makuler dejenerasyon, optik nörit ve konjenital görme kaybı gibi durumların beyin hacmi üzerindeki etkilerini otomatik segmentasyon yöntemi ile araştıran çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Frezza ve ark., 2014; Hanson ve ark., 2019; Sayin Sakul ve ark., 2023; Wu ve ark., 2023). Bildiğimiz kadarıyla NAİON'un beyin üzerine hacimsel etkisini araştıran çalışmaya rastlamadık. Bu nedenle çalışmamız NAİON'un neden olduğu görme kaybının görsel korteksin yanı sıra görsel olmayan korteks ve cerebellum üzerinde oluşturabileceği hacimsel değişiklikleri tespit ederek, beyin üzerindeki etkilerini araştırmak üzere yapıldı.

Görüntüleme tekniklerinden MRG, rutin radyolojik incelemeler ve araştırmalarda en sık kullanılan radyolojik görüntüleme tekniklerinden birisidir. İnsan beyni MR görüntülerini destekleyen programlar sayesinde yapısal ve fonksiyonel olarak

değerlendirilebilmektedir. Voksel bazlı morfometri programları vasıtasıyla MR görüntüleri üzerinden beyin bölümleri hacimsel olarak incelenebilmektedir (Assaf ve Pasternak, 2008). Çalışmamızda volbrain otomatik segmentasyon yöntemi kullanılarak, cerebrum ve cerebellum hacimleri değerlendirildi. Elde ettiğimiz verilerde kontrol grubuna göre NAİON grubunda, beyinde görsel ve görsel olmayan korteks üzerinde anlamlı düzeyde hacimsel azalma tespit edilirken, cerebellum üzerinde anlamlı düzeyde hacimsel azalmanın olmadığı tespit edilmiştir.

Literatüre bakıldığında Ptito ve ark., doğuştan görme kaybı olan 11 birey ile normal görme yetisi olan 21 birey üzerinde MR görüntüleri üzerinde voksel tabanlı morfometri yöntemi kullanarak yapmış oldukları çalışmada primer görme merkezinde %25, sekonder görme merkezinde ise %20 hacim azalmasının olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, optik sinir lezyonuna bağlı olarak optik sinir, görme yolları ve bu yapılarla ilişkili SA bölgelerinin etkilendiği belirlenmiş; ayrıca, bu bölgelerde belirgin hacimsel atrofi gözlemlenmiştir. Görsel yollardaki bu atrofünün, uyanların görsel kortekse projeksiyonunu olumsuz etkilediği ve görsel kortikal hacimde azalmaya neden olduğu rapor edilmiştir (Ptito ve ark., 2008). Görme bozuklukları, göz ile kortikal görme merkezi arasındaki nöroanatomik bağlantıların bir bütün olarak ele alınmasını gerektirir. Bu bağlantılar, görsel algının temelini oluştururken, aynı zamanda transnöronal dejenerasyonla ilişkilendirilen önemli değişiklikler de gözlemlenmektedir. Özellikle retinal problemler, optik sinir ve bu sinirin devamındaki yollar üzerindeki lezyonlar, görme işlevinin bozulmasına yol açarak, beyin çeşitli bölgelerini etkileyebilmektedir. Bu süreç, görsel bilgi işleme sisteminde karmaşık etkileşimlerin meydana gelmesine neden olarak, hem görsel algıyı hem de bireyin genel algısal deneyimini olumsuz etkileyebilir (Garzone ve ark., 2023). Beyin hemisferlerindeki lobları birbirine bağlayan

yolların bir kısmı frontal lobdan parietal ve oksipital loba, bir kısmı da temporal lobdan oksipital loba uzanır. Görme kaybı yaşayan bireylerde, yalnızca görme yollarında etkilenme olmadığı, aynı zamanda kortikospinal, talamik ve serebellar yollarda da atrofi olduğu gözlenmiştir. Bu durum, görme kaybının, beynin diğer bölgeleriyle bağlantılı yapıları da etkileyerek, geniş kapsamlı hacimsel değişikliklere yol açtığını göstermektedir. Özellikle beyaz cevherdeki bağlantı yollarındaki atrofının, beyin loblarındaki hacimsel değişikliklerle ilişkilendirildiği ifade edilmektedir (Frezzotti ve ark., 2014). Sayin Sakul ve ark., optik nörit tanısı konulan 16 hasta ile 16 sağlıklı birey üzerinde yaptıkları çalışmada, optik nöritin beyin toplam, sağ ve sol hemisferlerinde SA hacimlerinde belirgin atrofiye neden olduğunu bildirmişlerdir. SG hacimlerinde ise herhangi bir fark gözlenmemiştir (Sayin Sakul ve ark., 2023). Çeşitli çalışmalarda, tam görme kaybının sağlıklı bireylere kıyasla beyin SG hacminde önemli düzeyde atrofiye yol açtığı bildirilmiştir (Park ve ark., 2009; Ptito ve ark., 2008). Park ve ark., yaş ortalaması 27,1 olan tam görme kaybı bulunan bireyler ile yaş ortalaması 26,7 olan sağlıklı bireyler üzerinde yaptıkları çalışmada, görme kaybı olan bireylerde beyin SG hacmini  $426,071 \text{ cm}^3$ , sağlıklı bireylerde ise beyin SG hacmini  $436,174 \text{ cm}^3$  bulmuşlar ve iki grup arasında anlamlı fark tespit etmişlerdir (Park ve ark., 2009). Ptito ve ark. yaş ortalamaları 21 olan görme kaybı olan ve sağlıklı bireylerde yaptıkları çalışmada, doğuştan görme kaybı olan bireylerde toplam beyin hacmini  $1004 \text{ cm}^3$ , sağlıklı kontrollerde ise  $1099 \text{ cm}^3$  bulmuşlar ve her iki grup arasında anlamlı fark tespit etmişlerdir (Ptito ve ark., 2008). Bizim çalışmamızda yaş ortalaması 62,5 olmakla birlikte literatüre benzer şekilde NAİON'li grubun toplam cerebrum hacminde, SA ve SG hacimlerinde belirgin bir atrofi gözlemlenmiştir.

Frontal lob, motor kontrolün yanı sıra duyguların düzenlenmesi, muhakeme ve planlama gibi karmaşık bilişsel işlevlerin merkezidir. Bu lobun önemli bir bölümü olan gyrus frontalis medius, ön görme merkezi olarak bilinir ve oksipital lob ile güçlü bir bağlantı kurarak göz hareketlerinin ve görsel reflekslerin kontrolünde kritik bir rol oynar. Frontal lob, aynı zamanda davranışların yönlendirilmesi ve karar verme süreçlerinde de etkili olup, görsel bilgi ile etkileşimde bulunarak bireyin çevresini daha iyi anlamasını sağlar. Bu işlevlerin entegre bir şekilde çalışması, görsel algının yanı sıra motor becerilerin de etkin bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanır (Schiller ve Chou, 1998). Huang ve ark., optik nörit tanısı konulan 12 birey ile sağlıklı 12 bireyi değerlendirdikleri çalışmada, bilateral frontal görme alanlarındaki SG hacminde ve ayrıca sol frontal görme alanının SA hacminde anlamlı bir azalma bildirmişlerdir. Görsel korteks ile frontal lob arasındaki iletişimin azalması, frontal lobun hacim açısından olumsuz etkilenmesine neden olabilir (Huang ve ark., 2016). Frezzotti ve ark., ileri glokom tanısı konulan 12 hasta ile sağlıklı 13 bireyin beyin ve frontal görme alanı hacimlerini araştırdığı çalışmalarında, glokomlu hastaların frontal görme alanı hacminde anlamlı bir azalma olduğunu bildirmişlerdir. Bu durumun, oksipital korteks ile arasındaki bağlantıyı sağlayan SA yollarındaki hacim azalmasına bağlı olduğu düşünülmüştür (Frezzotti ve ark., 2014). Zhao ve ark., glokom tanısı konulan 19 hasta ile sağlıklı 19 birey üzerinde yaptıkları çalışmada, glokoma bağlı artan göz içi basıncın optik sinirde atrofiye neden olduğunu öne sürmüşlerdir. Optik sinirde oluşan bu atrofinin ise görsel korteks hacminde ve frontal görme alanının toplam ve sol hemisfer hacimlerinde anlamlı azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir (Zhao ve ark., 2021). Bizim çalışmamızda da benzer şekilde frontal görme alanında toplam ve sol hemisfer hacimlerinde anlamlı azalmalar bulunmuştur. Retrospektif olması nedeniyle çalışmamızda bireylerin el ve göz

baskınlığını bilmiyor olmamıza rağmen toplumda sağ el kullanımının fazla olması ve sağ göz baskınlığı nedeniyle beynin sol hemisfer baskınlığı daha sık görülmektedir. Sol hemisfer hacmi üzerindeki etkinin bu durumdan kaynaklandığı kanaatindeyiz (Aliosmanoğlu ve Köçkar, 2014). NAİON'da hastaların motor aktiviteleri ve uyarınları algılamaları etkilenmektedir (Kim ve ark., 2019). Bu bağlamda, hastaların ilgili beyin bölgelerinde hacimsel değişikliklerin meydana gelmiş olabileceğini düşünüyoruz. Bu değişiklikler, hastaların motor becerilerinde azalma ve uyarınları algılamada yetersizliğe yol açabilir. Görme kaybının yanı sıra, hastalarda motor ve bilişsel işlevlerdeki bu bozulmalar, NAİON'un çok yönlü etkilerini anlamak açısından büyük önem taşımaktadır (Wu ve ark., 2023).

Literatür taraması, görme sorunlarına neden olan optik nörit, distiroid ON, glokom ve maküler dejenerasyon gibi durumların görsel korteks hacminde atrofiye yol açtığını göstermektedir (Frezzotti ve ark., 2014; Hanson ve ark., 2019; Sayin Sakul ve ark., 2023; Wu ve ark., 2023). Optik sinir deformasyonu, hem anterograd (retinadan kortekse) hem de retrograd (korteksten retina) trans-sinaptik fonksiyonel değişikliklere yol açar. Bu değişiklikler, görsel uyarınlara optik sinir ve görme yolları boyunca iletiminde bozulmalara neden olabilir. Bunun sonucunda, görsel korteksle bağlantı kurulmasında da aksaklıklar meydana gelebilir. Bu durum, bireylerin görsel algılarını önemli ölçüde etkileyerek, çevrelerindeki dünyayı anlamalarını zorlaştırabilir (Sayin Sakul ve ark., 2023). Deneysel bir çalışmada konjenital optik sinir transeksiyonu ile retinal girdiden yoksun bırakılan sıçanlarda primer görme merkezindeki biyokimyasal reaksiyon ürününün önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir (Melzer ve ark., 2007). Hanson ve ark., yaşa bağlı makula dejenerasyonu nedeniyle tek taraflı ani görme kaybı yaşayan bireylerde, görsel kortekste zaman içerisinde meydana gelen yapısal değişimleri

incelemişlerdir. Çalışmalarına 10 hasta dahil etmişler ve katılımcıların kortikal yapılarını; hastalık başlangıcında, tedavinin ilk 3-4 ayında ve ortalama 5 yıl sonra olmak üzere üç farklı zaman noktasında manyetik rezonans görüntüleme (MRG) yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Araştırma bulguları, kısa vadede (3 ay) görsel korteks hacminde anlamlı bir değişiklik gözlenmediğini, ancak uzun vadede (yaklaşık 5 yıl sonra) Brodmann'ın 17. ve 18. alanları başta olmak üzere, görsel uyarıyı ileten afferent liflerin projeksiyon bölgelerinde belirgin kortikal atrofi geliştiğini ortaya koymuşlardır (Hanson ve ark., 2019). Optik sinir lezyonunda meydana gelen atrofi, optik sinir ve onun devamındaki görme yollarındaki SA hacmini olumsuz etkiler. Bu durum, görsel uyarıların görsel korteksteki projeksiyonunu da zayıflatır. Sonuç olarak, görsel korteksin hacminde belirgin bir azalma yaşanabilir. Bu mekanizma, görsel algının bozulmasına yol açarak, bireylerin çevresel bilgileri işleme yeteneklerini kısıtlar. Görsel korteksin hacmindeki bu azalma, hem görsel hem de bilişsel işlevlerde olumsuz etkilere neden olabilir (Ptito ve ark., 2008). Bizim çalışmamızda da literatüre benzer şekilde NAİON'lu bireylerde görme merkezlerinin bulunduğu lobus occipitalis hacimlerinde belirgin atrofi tespit edildi. NAİON, optik sinir ve görme yollarında hasara neden olmaktadır. Görsel uyarıların algılanamamasının SA ve SG hacimlerinde azalmaya yol açtığını ve bunun da görsel uyarıların görsel kortekse yansıtılmasında bozulmaya neden olduğunu düşünüyoruz.

Literatürde görme kaybına rağmen beyinde atrofi oluşmadığını, hatta bağlantılarda artış olduğunu bildiren çalışmalar da mevcuttur (Park ve ark., 2009; Ptito ve ark., 2001). Görme kaybı olan ancak işitme fonksiyonu normal olan hamsterlarda işitsel korteksin geliştiği ve görsel korteks ile daha fazla bağlantı kurulduğu tespit edilmiştir (Ptito ve ark., 2001). Ptito ve ark., doğuştan görme kaybı olan bireyler üzerinde



konumları hakkında bilgi edinmek için daha fazla kullanılmaktadır. Bu değişimin, supramodal beyin alanlarının etkilenmesine ve sonuç olarak premotor ile primer motor alanlarda hacimsel artışlara yol açtığı bildirilmiştir (Ricciardi ve Pietrini, 2011). Doğuştan körlük durumunda, görsel girdinin yokluğu, afferent ve efferent görsel yolların çeşitli bileşenlerinde atrofiyi tetikler. Ancak, azalan hacmine rağmen, görsel korteks çeşitli nörogörüntüleme teknikleri kullanılarak değerlendirildiğinde işlevsel aktivite gösterebilmektedir. Bu durum, talamokortikal (Liu ve ark., 2007) ve kortikokortikal (Shimony ve ark., 2006) bağlantıların doğuştan körlükte çapraz modal plastisiteye katkıda bulunabileceğini düşündürmektedir. Bu bulgular, görme kaybının beyindeki adaptif değişimlerini ve diğer duyuşsal sistemlerle olan etkileşimlerini anlamak açısından önem taşımaktadır. Böylece, beynin görsel bilgiyi işleme yönteminin değişmesi, diğer duyuşsal bilgilerin entegrasyonuna yardımcı olarak çevresel algıyı güçlendirebilir.

Cerebellum, denge, koordinasyon, motor kontrol, karmaşık motor öğrenme, bilişsel işlevler ve davranış gibi üst düzey işlevlerle güçlü bir bağlantı içindedir (Bolduc ve ark., 2012). Cerebellum'un I-VI ve VIII lobülleri, beyindeki sensorimotor alanlarla iletişim kurduğu için bu bölgeler cerebellum'un sensorimotor alanları olarak tanımlanmaktadır (Stoodley ve Schmahmann, 2018). Ayrıca, cerebellum'un VI, VII, Crus I-II, VIII ve IX lobülleri, bilişsel supramodal bölgeler olarak kabul edilmektedir. Bu lobüller, hareketin planlama koordinasyonunda, bilişsel süreçlerin düzenlenmesinde ve çeşitli duyuşsal bilgilerin entegre edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (O'reilly ve ark., 2010). Lobül X tarafından oluşturulan flokülodüler lob, cerebellum'un vestibüler bileşeni olarak işlev görür. Bu bölge, iç kulaktan gelen denge ve pozisyon bilgilerini entegre eden kritik bir alan olup, vücudun denge ve koordinasyonunu sağlamak için

oldukça önemlidir. Flokülodüler lob, baş ve boyun pozisyonuna göre vücudun kontrolünü optimize eder (Schniepp ve ark., 2017).

Sayın Sakul ve ark., izole optik nörit tanısı konulan bireyler üzerinde yaptıkları çalışmada cerebellum hacimlerini sağlıklı bireylerle karşılaştırmışlardır. VolBrain otomatik segmentasyon yöntemi kullandıkları çalışmada optik nörit tanısı konulan 16 birey ile sağlıklı 16 bireyi karşılaştırmışlardır. Çalışmalarında sol hemisferde lobül I-II ve III hacimleri optik nörit tanısı konulan bireylerde anlamlı düzeyde düşük iken, sol lobül VIII B ve her iki hemisfer için lobül IX hacimlerini optik nöritli grupta anlamlı düzeyde yüksek olarak bulmuşlardır. Görsel uyarıları alamamalarına rağmen cerebellum'un bazı loblarındaki hacim artışlarının cerebellum'da meydana gelen telafi edici reaksiyonlardan kaynaklandığını bildirilmiştir (Sayın Sakul ve ark., 2023). Özen ve ark., travmaya bağlı olarak geç yaşta gelişen monoküler körlüğe sahip bireylerde cerebellum hacimlerini sağlıklı bireylere göre karşılaştırmışlardır. VolBrain otomatik segmentasyon yöntemi kullandıkları çalışmada monoküler körlüğü olan 11 birey ile sağlıklı 11 bireyi incelemişlerdir. Çalışmalarında monoküler körlüğü olan bireylerde lobül VII B ve VIII A ile crus II hacimlerinde anlamlı düzeyde artış tespit ederken; lobül VI SG hacminde, lobül VI ve crus I-II kortikal kalınlıklarında anlamlı düzeyde azalma tespit etmişlerdir. Bu hacim değişikliklerinin, kaybolan görsel girdinin ardından cerebellumun telafi edici reaksiyonlarıyla ortaya çıkabileceğini öne sürmüşlerdir (Özen ve Aslan, 2021). Bizim çalışmamızda, literatürden farklı olarak, cerebellum'un birçok bölgesinin hacminde anlamlı bir fark bulunmadı. NAİON'da cerebellum hacminde anlamlı değişiklik olmamasının hastalığın süresi ile ilişkili olabileceğini ve kompensatuar reaksiyonların henüz gelişmemiş olabileceğini düşünüyoruz.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Nonarteritik anterior iskemik optik nöropatiye bağlı (NAİON) kortikal görme merkezlerinin yanı sıra kortikal görme merkezi ile bağlantı kuran bir çok beyin bölgesinde hacimsel azalma söz konusudur. Çalışmamızda cerebrum toplam, sağ, sol volümleri ile cerebrum'un SA ile SG toplam, sağ ve sol volümlerinde azalma olduğu tespit edilmiştir. NAİON'lu bireylerde motor fonksiyonların kontrol merkezi olan frontal lob volümetrik olarak etkilenmektedir. Çalışmamıza frontal lobun toplam, sağ ve sol volümlerinde azalma tespit edilmiştir. Frontal lobun ön görme merkezi olarak adlandırılan gyrus frontalis medius'un toplam ve sol volümlerinde azalma tespit edilmiştir. Çalışmamızda kortikal görme merkezinin segmentasyonunda bir çok alanın volümetrik olarak etkilendiği tespit edilmiştir. Oksipital lobun toplam, sağ ve sol volümlerinde, cortex calcarinus'un toplam, sağ ve sol volümlerinde, gyrus lingualis'in toplam, sağ ve sol volümlerinde, gyrus occipitalis medius'un toplam ve sol volümlerinde ve gyrus occipitalis superior'un toplam, sağ ve sol volümlerinde hacim azalması tespit edilmiştir. Çalışmamızda denge ve koordinasyonda önemli rolü olan merkezlerden cerebellum'un IX sol lobülünün SG hacmi ile X sağ lobülünün kortikal kalınlığında anlamlı farklılıklar tespit edilirken diğer bölümlerin volümlerinde ve kortikal kalınlıklarda anlamlı farklılıklar tespit edilmemiştir. Sonuçlarımız, optik sinirde meydana gelen lezyonların, görsel korteksle bağlantılı farklı beyin bölgelerinde sinaptik bağlantılarda bozulmalar ve SA bütünlüğünde değişiklikler yoluyla etkiler oluşturabileceğini, bu durumun ise volümetrik değişikliklere neden olabileceğini göstermektedir.

NAİON'lu bireyler üzerinde daha geniş örneklem gruplarıyla yapılacak çalışmalar, beynin volümetrik yapıları üzerindeki etkilerini daha ayrıntılı bir şekilde ortaya koyarak

literatüre önemli katkılarda bulunabilir. Bu tür araştırmaların ve verilerin bir araya getirilmesi, hem klinik hem de nörobilimsel alanda kayda değer bir ilerleme sağlayabilir. Bu alanda yapılacak çalışmalardan elde edilecek bilgiler, NAİON'un uzun vadeli etkilerinin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olacak ve hem hastalar için hem de tedavi yaklaşımları için daha etkin çözümler geliştirilmesine zemin hazırlayacaktır.



## KAYNAKLAR

- Acer, N., & Turgut, M. (2018). Measurements of the insula volume using MRI. *Island of Reil (Insula) in the Human Brain: Anatomical, Functional, Clinical and Surgical Aspects*, 101-111.
- Akudjedu, T. N., Nabulsi, L., Makelyte, M., Scanlon, C., Hehir, S., Casey, H., Ambati, S., Kenney, J., O'Donoghue, S., & McDermott, E. (2018). A comparative study of segmentation techniques for the quantification of brain subcortical volume. *Brain imaging and behavior*, 12, 1678-1695.
- Aliosmanoğlu, B., ve Köçkar, Ç. (2014). Üniversite öğrencilerinde el tercihinin ve dominant gözün bazı hastalıklar ile ilişkisi. *Eur J Basic Med Sci*, 4(3), 53-57.
- Arifoğlu, Y. (2021). Her Yönüyle Anatomi 3. Baskı. *İstanbul Tıp Kitabevleri*, 721 s. (İstanbul)
- Arıncı, K., ve Elhan, A. (2016). Anatomi: Dolaşım Sistemi, Periferik Sinir Sistemi, Merkezi Sinir Sistemi, Duyu Organları, 6. baskı *Güneş Kitabevi*, 437 s. (Ankara)
- Arnold, A. C. (2003). Pathogenesis of nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy. *Journal of Neuro-Ophthalmology*, 23(2), 157-163.
- Assaf, Y., & Pasternak, O. (2008). Diffusion tensor imaging (DTI)-based white matter mapping in brain research: a review. *Journal of molecular neuroscience*, 34, 51-61.
- Avcı, D. E., ve Yağbasan, R. (2008). Beyin yarı kürelerinin baskın olarak kullanılmasına yönelik öğretim stratejileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28(2), 1-18.
- Bao, S., & Chung, A. C. (2017). Feature sensitive label fusion with random walker for atlas-based image segmentation. *IEEE Transactions on Image Processing*, 26(6), 2797-2810.
- Bilton, E. J., & Mollan, S. P. (2023). Giant cell arteritis: reviewing the advancing diagnostics and management. *Eye*, 37(12), 2365-2373.
- Biousse, V., & Newman, N. J. (2016). Diagnosis and clinical features of common optic neuropathies. *The lancet neurology*, 15(13), 1355-1367.
- Boghen, D., & Glaser, J. S. (1975). Ischaemic optic neuropathy. The clinical profile and history. *Brain: a journal of neurology*, 98(4), 689-708.
- Bolduc, M.-E., Du Plessis, A. J., Sullivan, N., Guizard, N., Zhang, X., Robertson, R. L., & Limperopoulos, C. (2012). Regional cerebellar volumes predict functional outcome in children with cerebellar malformations. *The Cerebellum*, 11, 531-542.
- Carola, R. (1990). JP Harley and CR Noback, 1990. Human Anatomy and Physiology. In: McGraw-Hill Inc. USA.
- Coupé, P., Manjón, J. V., Fonov, V., Pruessner, J., Robles, M., & Collins, D. L. (2011). Patch-based segmentation using expert priors: Application to hippocampus and ventricle segmentation. *NeuroImage*, 54(2), 940-954.
- Demirsoy, A. (2000). *Yaşamın temel kuralları cilt 1, kısım II*. [Yy](Meteksan).
- Dere, F. (2018). *Atlaslı Nöroanatomi Fonksiyonel Nöroloji*. Akademisyen Kitabevi.
- Dickersin, K., Everett, D., Feldon, S., Hooper, F., Kaufman, D., Kelman, S., Langenberg, P., Newman, N. J., Wilson, P. D., & Zam, Z. S. (1995). Optic nerve decompression surgery for nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy (NAION) is not effective and may be harmful. *JAMA*, 273(8), 625-632.

- Dworak, D. P., & Nichols, J. (2014). A review of optic neuropathies. *Disease-a-Month*, 60(6), 276-281.
- Frezzotti, P., Giorgio, A., Motolese, I., De Leucio, A., Iester, M., Motolese, E., Federico, A., & De Stefano, N. (2014). Structural and functional brain changes beyond visual system in patients with advanced glaucoma. *PloS one*, 9(8), e105931.
- Garzone, D., Finger, R. P., Mauschitz, M. M., Koch, A., Reuter, M., Breteler, M. M., & Aziz, N. A. (2023). Visual impairment and retinal and brain neurodegeneration: a population-based study. *Human Brain Mapping*, 44(7), 2701-2711.
- Giraud, R., Ta, V.-T., Papadakis, N., Manjón, J. V., Collins, D. L., Coupé, P., & Initiative, A. s. D. N. (2016). An optimized patchmatch for multi-scale and multi-feature label fusion. *NeuroImage*, 124, 770-782.
- Hanson, R. L., Gale, R. P., Gouws, A. D., Airody, A., Scott, M. T., Akthar, F., Waterson, S., Wells, M. T., Wright, A. J., & Bell, K. (2019). Following the status of visual cortex over time in patients with macular degeneration reveals atrophy of visually deprived brain regions. *Investigative ophthalmology & visual science*, 60(15), 5045-5051.
- Hattenhauer, M. G., Leavitt, J. A., Hodge, D. O., Grill, R., & Gray, D. T. (1997). Incidence of nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy. *American journal of ophthalmology*, 123(1), 103-107.
- Hayreh, S., Podhajsky, P., & Zimmerman, M. B. (1999). Role of nocturnal arterial hypotension in optic nerve head ischemic disorders. *Ophthalmologica*, 213(2), 76-96.
- Hayreh, S. S. (1974). Anterior ischaemic optic neuropathy. I. Terminology and pathogenesis. *The British journal of ophthalmology*, 58(12), 955.
- Hayreh, S. S. (1981). Posterior ischemic optic neuropathy. *Ophthalmologica*, 182(1), 29-41.
- Hayreh, S. S. (2009). Ischemic optic neuropathy. *Progress in retinal and eye research*, 28(1), 34-62.
- Hayreh, S. S. (2011). Management of ischemic optic neuropathies. *Indian journal of ophthalmology*, 59(2), 123-136.
- Hayreh, S. S., Podhajsky, P. A., Raman, R., & Zimmerman, B. (1997). Giant cell arteritis: validity and reliability of various diagnostic criteria. *American journal of ophthalmology*, 123(3), 285-296.
- Hayreh, S. S., Podhajsky, P. A., & Zimmerman, B. (1997). Nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy: time of onset of visual loss. *American journal of ophthalmology*, 124(5), 641-647.
- Hayreh, S. S., Podhajsky, P. A., & Zimmerman, B. (1998). Ocular manifestations of giant cell arteritis. *American journal of ophthalmology*, 125(4), 509-520.
- Hayreh, S. S., & Zimmerman, B. (2005). Visual field abnormalities in nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy: their pattern and prevalence at initial examination. *Archives of ophthalmology*, 123(11), 1554-1562.
- Hayreh, S. S., & Zimmerman, M. B. (2007). Optic disc edema in non-arteritic anterior ischemic optic neuropathy. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 245(8), 1107-1121.
- Hayreh, S. S., & Zimmerman, M. B. (2008a). Nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy: clinical characteristics in diabetic patients versus nondiabetic patients. *Ophthalmology*, 115(10), 1818-1825.

- Hayreh, S. S., & Zimmerman, M. B. (2008b). Nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy: natural history of visual outcome. *Ophthalmology*, *115*(2), 298-305. e292.
- Hayreh, S. S., Zimmerman, M. B., Podhajsky, P., & Alward, W. L. (1994). Nocturnal arterial hypotension and its role in optic nerve head and ocular ischemic disorders. *American journal of ophthalmology*, *117*(5), 603-624.
- Huang, X., Zhang, Q., Hu, P.-H., Zhong, Y.-L., Zhang, Y., Wei, R., Xu, T.-T., Shao, Y., & Group, O. f. S. (2016). White and gray matter volume changes and correlation with visual evoked potential in patients with optic neuritis: a voxel-based morphometry study. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, *22*, 1115.
- Johnson, L. N., & Arnold, A. C. (1994). Incidence of nonarteritic and arteritic anterior ischemic optic neuropathy: population-based study in the state of Missouri and Los Angeles County, California. *Journal of Neuro-Ophthalmology*, *14*(1), 38-44.
- Jonas, J. B., Hayreh, S. S., Tao, Y., Papastathopoulos, K. I., & Rensch, F. (2012). Optic nerve head change in non-arteritic anterior ischemic optic neuropathy and its influence on visual outcome. *PloS one*, *7*(5), e37499.
- Jonas, J. B., Spandau, U. H., Harder, B., & Sauder, G. (2007). Intravitreal triamcinolone acetate for treatment of acute nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, *245*, 749-750.
- Kaderli, B., Avci, R., Yucel, A., Guler, K., & Gelisken, O. (2007). Intravitreal triamcinolone improves recovery of visual acuity in nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy. *Journal of Neuro-Ophthalmology*, *27*(3), 164-168.
- Kim, M. S., Jeong, H. Y., Cho, K. H., Oh, S. W., Byun, S. J., Woo, S. J., Yang, H. K., Hwang, J. M., Park, K. H., & Kim, C. K. (2019). Nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy is associated with cerebral small vessel disease. *PloS one*, *14*(11), e0225322.
- Kupers, R., & Ptito, M. (2014). Compensatory plasticity and cross-modal reorganization following early visual deprivation. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *41*, 36-52.
- Lasco, F. (1961). Les affections vasculaires du nerf optique et leurs manifestations cliniques. *Ophthalmologica*, *142*(4), 500-509.
- Lee, E. J., Yang, H. K., Kim, T.-W., Hwang, J.-M., Kim, Y.-H., & Kim, C.-Y. (2015). Comparison of the pattern of retinal ganglion cell damage between patients with compressive and glaucomatous optic neuropathies. *Investigative ophthalmology & visual science*, *56*(12), 7012-7020.
- Liu, Y., Yu, C., Liang, M., Li, J., Tian, L., Zhou, Y., Qin, W., Li, K., & Jiang, T. (2007). Whole brain functional connectivity in the early blind. *Brain*, *130*(8), 2085-2096.
- Looi, J. C. L., Lindberg, O., Liberg, B., Tatham, V., Kumar, R., Maller, J., Millard, E., Sachdev, P., Högberg, G., & Pagani, M. (2008). Volumetrics of the caudate nucleus: reliability and validity of a new manual tracing protocol. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, *163*(3), 279-288.
- Ludwig, P. E., Lopez, M. J., & Cxyz, C. N. (2018). Embryology, eye malformations.
- Melzer, P., Mineo, L., & Ebner, F. F. (2007). Optic nerve transection affects development and use-dependent plasticity in neocortex of the rat: Quantitative acetylcholinesterase imaging. *Brain research*, *1139*, 68-84.
- Modi, S., Bhattacharya, M., Singh, N., Tripathi, R. P., & Khushu, S. (2012). Effect of visual experience on structural organization of the human brain: a voxel based

- morphometric study using DARTEL. *European Journal of Radiology*, 81(10), 2811-2819.
- Moore, K. L., & Persaud, T. V. N. (2002). *İnsan Embriyolojisi. (Eds) Yıldırım, M., Okar, İ., Dalçık, H.* Nobel Tıp Kitabevleri.
- Nahir, M. (2024). *Anatomi Atlası* (Vol. 1). Ankara Nobel Tıp Kitabevleri.
- Newman, N. J., Scherer, R., Langenberg, P., Kelman, S., Feldon, S., Kaufman, D., Dickersin, K., & Group, I. O. N. D. T. R. (2002). The fellow eye in NAION: report from the ischemic optic neuropathy decompression trial follow-up study. *American journal of ophthalmology*, 134(3), 317-328.
- O'reilly, J. X., Beckmann, C. F., Tomassini, V., Ramnani, N., & Johansen-Berg, H. (2010). Distinct and overlapping functional zones in the cerebellum defined by resting state functional connectivity. *Cerebral Cortex*, 20(4), 953-965.
- Oyar, O. (1998). *Radyolojide Temel Fizik Kavramlar*. Nobel Tıp Kitabevleri. (İstanbul)
- Oyar, O. (2008). Magnetik rezonans görüntüleme MRG nin klinik uygulamaları ve endikasyonları. *Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 5(2), 31-40.
- Oyar, O., ve Gülsoy, U. (2003). Tıbbi Görüntüleme Fiziği, Ankara Baskı Reklam, 5, 600. In: Ankara.
- Ozan, H. (2014). Ozan Anatomi. *Klinisyen Tıp Kitabevleri*, 752 s. (Ankara)
- Özen, Ö., & Aslan, F. (2021). Morphometric evaluation of cerebellar structures in late monocular blindness. *International Ophthalmology*, 41, 769-776.
- Öztürk, M. (1997). Ruh Sağlığı ve Bozuklukları. Hekimler Yayın Birliği, 7. Basım. Ankara.
- Park, H.-J., Lee, J. D., Kim, E. Y., Park, B., Oh, M.-K., Lee, S., & Kim, J.-J. (2009). Morphological alterations in the congenital blind based on the analysis of cortical thickness and surface area. *NeuroImage*, 47(1), 98-106.
- Ptito, M., Giguère, J.-F., Boire, D., Frost, D., & Casanova, C. (2001). When the auditory cortex turns visual. *Progress in Brain Research*, 134, 447-458.
- Ptito, M., Schneider, F. C., Paulson, O. B., & Kupers, R. (2008). Alterations of the visual pathways in congenital blindness. *Experimental brain research*, 187, 41-49.
- Ricciardi, E., & Pietrini, P. (2011). New light from the dark: what blindness can teach us about brain function. *Current opinion in neurology*, 24(4), 357-363.
- Romero, J. E., Coupe, P., & Manjón, J. V. (2016). High resolution hippocampus subfield segmentation using multispectral multiatlas patch-based label fusion. Patch-Based Techniques in Medical Imaging: Second International Workshop, Patch-MI 2016, Held in Conjunction with MICCAI 2016, Athens, Greece, October 17, 2016, Proceedings 2,
- Sancak, İ. (2015). Temel radyoloji. *Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri*, 579-584.
- Sargon, M. (2019). Anatomi Akıl Notları. *Güneş Tıp Kitabevleri*, 107-113. (Ankara)
- Sayın Sakul, A., Pençe, K. B., Ormeci, T., & Gunal, M. (2023). Can volumetric analysis of the brain help diagnose isolated optic neuritis? *Clinical Anatomy*, 36(8), 1109-1115.
- Schiller, P. H., & Chou, I.-h. (1998). The effects of frontal eye field and dorsomedial frontal cortex lesions on visually guided eye movements. *Nature neuroscience*, 1(3), 248-253.
- Schniepp, R., Möhwald, K., & Wuehr, M. (2017). Gait ataxia in humans: vestibular and cerebellar control of dynamic stability. *Journal of neurology*, 264, 87-92.

- Shimony, J., Burton, H., Epstein, A., McLaren, D., Sun, S., & Snyder, A. (2006). Diffusion tensor imaging reveals white matter reorganization in early blind humans. *Cerebral Cortex*, 16(11), 1653-1661.
- Shu, N., Liu, Y., Li, J., Li, Y., Yu, C., & Jiang, T. (2009). Altered anatomical network in early blindness revealed by diffusion tensor tractography. *PloS one*, 4(9), e7228.
- Snell, R. S., & Lemp, M. A. (2013). *Clinical anatomy of the eye*. John Wiley & Sons.
- Soysal, A. Ş., Yalçın, K., & Karakaş, S. (2005). Temporal lobun sesi: Müzik. Yeni Symposium,
- Soysal, H., Acer, N., Özdemir, M., & Eraslan, Ö. (2022). Volumetric measurements of the subcortical structures of healthy adult brains in the Turkish population. *Folia Morphologica*, 81(2), 294-306.
- Steele, R. J. (2009). Gray's Anatomy. The Anatomical Basis of Clinical Practice, Susan Standring (Ed.), Churchill Livingstone Elsevier (2008), Editor-in Chief, ISBN: 978 0 8089 2371 8. In: Elsevier.
- Stoodley, C. J., & Schmahmann, J. D. (2018). Functional topography of the human cerebellum. *Handbook of clinical neurology*, 154, 59-70.
- Şahin, B. (2025). *Temel İnsan Anatomisi* (B. Şahin, Ed. 1 ed., Vol. 3). Ankara Nobel Tıp Kitabevleri.
- Taner, D., Atasever, A., ve Durgun, B. (2021). Fonksiyonel nöroanatomi *ODTÜ Yayıncılık*, 397 s. (İstanbul)
- Williams, P. L., Warwick, R., Dyson, M., Bannister, L.H. (1989). *Gray's Anatomy 37 th Edition*. Great Britain.
- Wright, K. W., Spiegel, P. H., & Hengst, T. (2013). *Pediatric ophthalmology and strabismus*. Springer Science & Business Media.
- Wu, H., Luo, B., Wang, Q., Zhao, Y., Yuan, G., Liu, P., Zhai, L., Lv, W., & Zhang, J. (2023). Functional and Morphological Brain Alterations in Dysthyroid Optic Neuropathy: A Combined Resting-State fMRI and Voxel-Based Morphometry Study. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 58(2), 510-517.
- Yeşildağ, A. (2003). Oyar O. *Manyetik rezonans görüntüleme fiziği*. Oyar O, Gülsoy UK ed. *Tıbbi Görüntüleme Fiziği*. Tisamat Basım, Ankara, 281-372.
- Yıldırım, M. (2017). Temel nöroanatomi: Temel Anatomik Bilgiler, Klinik Özellikler, Çalışma Soruları ve Yanıtları, Seçilmiş Şekiller. *Nobel Tıp Kitabevleri*, 397 s. (İstanbul)
- Zhao, H., Shi, Y.-D., Liang, R.-B., Ge, Q.-M., Pan, Y.-C., Zhang, L.-J., Shu, H.-Y., Li, Q.-Y., & Shao, Y. (2021). Voxel-based morphometry reveals altered gray matter volume related to cognitive dysfunctioning in neovascular glaucoma patients. *Journal of Integrative Neuroscience*, 20(4), 839-846.

**ETİK KURUL**

T.C.  
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞI  
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu



Sayı : 83116987 - 670  
Konu : Etik Kurul Kararı  
Toplantı Tarihi : 09.11.2023  
Toplantı No : 2023/20  
Proje No : 23-KAEK-255

09.11.2023

Sayın, Doç.Dr. Hilal IRMAK SAPMAZ

Etik Kurulumuzun 09.11.2023 tarihli toplantısında görüşülen 23-KAEK-255 kayıt numaralı **“Görme Problemi Olan Bireylerde Serebellumun ve Kortikal Görme Merkezlerinin Otomatik Segmentasyon Yöntemiyle Volumetrik İncelenmesi”** başlıklı çalışmanız gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup, çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına karar verilmiştir.

İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmeliğin 14-4. maddesi ve yönergemizin 18-3. maddesine göre çalışmanız tamamlandıktan sonra sonuç raporunun tarafımıza en geç 90 gün içerisinde bildirilmesi gerekmektedir.

Bilgilerinizi rica ederim.

  
Başkan