



**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**MODLU BEYİN MR GÖRÜNTÜLERİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FATMATÜL ZEHRA YOLCU

İSTANBUL, 2024



**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**MODLU BEYİN MR GÖRÜNTÜLERİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FATMATÜL ZEHRA YOLCU
(210231001)**

**Danışman
(Dr. Öğr. Üyesi Hayriye Aktaş Dinçer)**

İSTANBUL, 2024

FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
TEZ ONAY FORMU

23 /01/2024

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı Biyomedikal Mühendisliği tezli yüksek lisans programı öğrencisi 210231001 numaralı *Fatmatül Zehra YOLCU*'nun hazırladığı, “*Modlu Beyin MR Görüntülerinin İncelenmesi*” konulu tezi ile ilgili Tez Savunma Sınavı, 23.01.2024 Salı günü saat 15:00’de yapılmış, sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin **Kabulüne Oy Birliği** ile karar verilmiştir.

Tez adı değişikliği yapılması halinde: Tez adının
.....
şeklinde değiştirilmesi uygundur.

Jüri Üyesi	Karar
1. Dr. Öğr. Üyesi Hayriye AKTAŞ DİNÇER (Danışman)	Kabul
2. Prof. Dr. Bahattin KARAGÖZOĞLU	Kabul
3. Doç. Dr. Sadullah ÖZTÜRK	Kabul
4.
5.
6. (İkinci Danışman)*.....

*2. Danışman varsa doldurulması gerekmektedir.

ETİK BİLDİRİM

Bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bağlı olduğum üniversite veya bir başka üniversitedeki başka bir çalışma olarak sunulmadığını beyan ederim.

Fatmatül Zehra Yolcu

TEŞEKKÜR

Bu tezin yazılmasında katkı sağlayan Dr. Öğr. Üyesi Hayriye AKTAŞ
DİNÇER'e ve beni her zaman destekleyen aileme teşekkür ederim.

Fatmatül Zehra Yolcu

MODLU BEYİN MR GÖRÜNTÜLERİNİN İNCELENMESİ

Fatmatül Zehra Yolcu

ÖZET

Beynin karmaşık bir yapısı vardır ve pek çok görevi bulunmaktadır. Beynin bu karmaşık yapısını invaziv olmayan bir yöntem olan manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile incelenmesi oldukça sık tercih edilmektedir. MRG, çok yönlü bakış açısı kazandırmakla birlikte, yüksek uzamsal rezolüsyona sahip görüntüler sağladığı için beynin karmaşık yapısının en küçük bölümüne inerek beynin morfolojisini değerlendirebilecek bir bakış açısı sunmaktadır. Beynin morfolojik özelliği; farklı yoğunluklarda olan gri madde (koyu renkte), beyaz madde (açık renkte) ve beyin omurilik sıvısı (beyaz) olarak üç bölüme ayrılarak T1 ağırlıklı (T1w) görüntüler ile incelenmektedir. Bu doğrultuda, son kavramsal gelişmelerden biri olan niceleyici (quantitative) T1 (qT1) MR yöntemi beynin bölümlerinin incelenmesi ile beyin dokusunun büyüklüğü konusunda önemli veriler sağlamaktadır. Konvansiyonel MR görüntülerindeki yoğunluk değerleri MR sekans parametreleri (TR, TE vb.) gibi birçok dışsal parametreye bağlı iken, qT1 ile elde edilen T1 haritaları dokunun içsel özellikleri olan su kapasitesi, miyelinleşme gibi özellikleri yansıtır. Bölümler arasındaki ilişki, bölgenin benzerliği, morfolojisi, moleküler ve mikro devre özelliği çeşitli modlarla oluşturulan veri setleri ile açıklanabilmektedir.

Bu tezin amacı, Royer ve arkadaşları (2002) tarafından yapılan çalışmada paylaşılan 50 sağlıklı katılımcıya ait çoklu beyin MR görüntülerini analiz ederek, sağlıklı insan beyninin farklı özniteliklerini tanımlamaktır. Sağlıklı beyin görüntülerinden elde edilen yapısal bilgiler tanımlanabilirse, bu sonraki aşamalarda nörolojik hastalıklara sahip bireylerin tanı ve teşhisini kolaylaştıracak bir çatı oluşturulmasını sağlayacaktır. qT1 ve T1w görüntülerinin analizi FSL ve AFNI gibi ortamlarda yapılmıştır. Görüntü kalitesini artırmak ve gürültüyü gidermek için her bir adımda hata payı kullanarak daha iyi görüntü kalitesi çıkarma, çakıştırma, segmentasyon ve ilgili bölümde normalizasyon ile oluşturulmuştur.

Oluşturulan görüntüler, sağ ve sol yarım küreler olarak sıralanarak beynin bölümleri arasındaki normal ilişkiler açıklanmıştır. Sonuç olarak, bu çalışma ile farklı modlarda oluşturulan MR görüntüleri kullanarak sağlıklı beyin incelenmiştir ve aynı beyin bölgelerinin farklı görüntüleme yöntemleri kullanarak elde edilen hacim ölçümlerinin istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa sahip olduğu gösterilmiştir. Bu farklarla beynin normalizasyon yapılan hacim ölçümlerinin standart verilerini bulmak ve bu bilgilerin ışığında doktorların daha doğru teşhis yapabilmeleri için bakış açılarına katkıda bulunulması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapısal MRG, Segmentasyon, Beyin, qT1, T1w,

INVESTIGATION OF MULTIMODAL BRAIN MR IMAGES

Fatmatül Zehra Yolcu

ABSTRACT

Brain has a complex structure and many functions. Magnetic resonance imaging (MRI), which is a non-invasive method, is frequently preferred to examine this complex structure of the brain. MRI provides a versatile perspective; because it provides images with high spatial resolution, it provides a perspective that can evaluate the morphology of the brain by going down to the smallest part of the complex structure of the brain. Morphological feature of brain divided into three sections that contains different density and examined with T1 weighted (T1w) images: gray matter(dark color), white matter(light color) and cerebrospinal fluid(white). In this direction, the quantitative T1 (qT1) MRI method, which is one of the latest conceptual developments, provides important data on the mapping of brain tissue by examining parts of the brain. While the intensity values in conventional MR images depend on many external parameters such as MR sequence parameters (TR, TE, etc.), T1 maps obtained by the qT1 method reflect the internal characteristics of the tissue such as water capacity and myelination. The relationship between the sections, the similarity, morphology, molecular and microcircuit characteristics of the sections can be explained by the data sets created with various modes.

The aim of this thesis is to identify different attributes of healthy human brain by analyzing multiple brain MRI images of 50 healthy participants shared in a study conducted by Royer et al. (2002). If the structural and functional information obtained from healthy brain images can be defined, this will provide a framework that will facilitate the diagnosis of individuals with neurological diseases in the next stages. The analysis of qt1 ant T1w were performed in programs such as FSL and AFNI. Better image quality will be created by using the margin of error at each step to improve image quality and remove noise with brain extraction, registration, segmentation and region of interesting. The created images were sorted into right and left hemispheres and the normal relations between the parts of the brain will be

explained. As a result, with this study, the healthy brain were examined using MRI images created in different modes and volume measurements of the same brain regions obtained using different imaging methods have been shown that have statistically significant differences. With these differences, it is aimed to find the standardization of brain normalization volume measurements and contribute to doctors' perspectives in order to make a more accurate diagnosis in the light of this information.

Keywords: Structural MRI, Segmentation, Brain, qt1map, t1w map

ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasının amacı, sağlıklı beynin hacimsel yapısını inceleyerek nörolojik ve psikiyatrik hastalıklarda doğru teşhis ve tanının hata oranını azaltarak sağlık personeline ve biz mühendislere kolaylık sağlamaktır.

Çok modlu beyin mr görüntülerinin incelenmesi için sağlıklı beyin görüntüsünü araştırıp beyinle yapılan analizleri incelemek, benim için güzel bir proje olmuştur. Bu tezin her aşamasında bilgisini ve ilgisini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Hayriye AKTAŞ DİNÇER hocama teşekkürü bir borç bilirim.

Ocak, 2024

Fatmatül Zehra Yolcu

İÇİNDEKİLER

ÖZET	v
ABSTRACT	vii
ÖN SÖZ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	xii
TABLO ÇİZELGESİ	xiii
KISALTMALAR	xiv
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	2
1. MERKEZİ SİNİR SİSTEMİ	2
1.1. BEYİN	3
1.2. BEYNİN ÖZELLİKLERİ	3
1.2.1. Gri Madde ve Ak Madde	4
1.2.2. Girus ve Sulkus	4
1.2.3. Serebral İki Yarımküre	5
1.2.4. Korteks	5
1.3. BEYNİN BÖLÜMLERİ	5
1.3.1. Ön Lob (Frontal Lob)	6
1.3.2. Parietal Lob	7
1.3.3. Oksipital Lob	7
1.3.4. Temporal Lob	7
1.3.5. Caudate	7
1.3.6. Talamus	8
İKİNCİ BÖLÜM	9
2. MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME	9
2.1. MANYETİZMA	9
2.2. REZONANS	10
2.3. RELAKSASYON	11
2.4. MR'DA GÖRÜNTÜ OLUŞUMU VE ÇESİTLERİ	12
2.4.1. MR Sekansları	12
2.4.2. Spin Eko	14
2.4.3. MR Görüntüleme Tekniği	14
2.5. MR'IN AVANTAJLARI	15
2.6. MR'IN DEZAVANTAJLARI	15
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	16
3. MATERYAL VE YÖNTEM	16
3.1. MATERYAL	16
3.2. MR GÖRÜNTÜ ANALİZİ	16

3.2.1. Kafatası Çıkarma	16
3.2.2. Çakıştırma.....	18
3.2.3. Segmentasyon.....	19
3.2.4. İlgili Bölge (Region of Interest, ROI) İşlemleri	21
3.2.5. Maskeleye.....	22
3.2.6. Hacim Ölçümü	25
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM.....	26
4. ANALİZ	26
4.1. HACİM DEĞERLERİ.....	26
4.2. İSTATİKSEL ANALİZ.....	26
4.2.1. Normallik Testi	26
4.2.2. Wilcoxon İşaretili Sıralama Testi.....	27
BEŞİNCİ BÖLÜM	31
5. BULGULAR	31
5.1. CAUDATE	31
5.2. PREFRONTAL KORTEKS	31
5.3. TALAMUS	32
5.4. TOPLAM BEYİN.....	33
5.5. CAUDATE ORAN	33
5.6. PREFRONTAL ORAN	34
5.7. TALAMUS'TA ORAN	35
ALTINCI BÖLÜM.....	37
6. TARTIŞMA	37
SONUÇ	40
KAYNAKÇA	41
EKLER.....	46

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1: Merkezi ve Periferik Sinir Sistemi[1]	2
Şekil 1.2: Nöron Bağlantısı [4].....	3
Şekil 1.3: Gri ve ak madde[5].	4
Şekil 1.4: Sulkus ve Girus[7]	4
Şekil 1.5: Corpus Callosum [7].....	5
Şekil 1.6: Beynin lobları [10].....	6
Şekil 1.7: Motor korteks ve duyuşal korteks çalışma alanları [5].....	7
Şekil 1.8: Caudate.....	8
Şekil 1.9: Talamus.....	8
Şekil 2.2: a) Açısal Momentum, b) Manyetik Moment [22].....	10
Şekil 2.3: Hidrojen ekirdeğinin dönmesi ile güçlü manyetik alan oluşumu [21].....	11
Şekil 2.4: Releksasyon [22].....	12
Şekil 2.5: Spin eko [34].....	14
Şekil 3.1: T1 ağırlıklı yapısal MR görüntüsünde kafatası ıkarma.....	17
Şekil 3.2: qT1 yapısal MR görüntüsünde kafatası ıkarma.....	17
Şekil 3.3: Altta atlas görüntüsü, üstte T1 ağırlıklı çakıştırılmış MR görüntüsü... 18	
Şekil 3.4: Altta atlas görüntüsü, üstte qT1 çakıştırılmış MR görüntüsü.....	19
Şekil 3.5: Beynin üç ana bölüme ayrılan coronal, sagital ve transvers yönlerinde A; beyin omurilik sıvısı, B; gri Madde, C; ak madde segmentasyonu.....	20
Şekil 3.6: A; qT1, B; T1 ağırlıklı MR görüntüsünde bulunan Koyu mavi, beyin omurilik sıvısı; Açık mavi, gri madde; Yeşil, ak madde için hesaplanan segmentasyon değeri '1' olan MR görüntüsü.....	21
Şekil 3.7: A, Caudate; B. PFK; C, talamus için ROI.....	22
Şekil 3.8: Beyin Maskesi.....	23
Şekil 3.9: A, caudate; B, prefrontal kortes; C, talamus için 3dcalc'da hazırlanan ilgili bölgeler.....	24
Şekil 3.10: Beyin MR görüntüsünde hacim lm.....	25
Şekil 5.1: qT1 ve T1w görüntülerinden ölçülen caudate hacim lmleri.....	31
Şekil 5.2: qt1 ve T1w görüntülerinden llen PFK caudate hacim lmleri....	32
Şekil 5.3: qt1 ve T1w görüntülerinden ölçülen talamus hacim lmleri.....	32
Şekil 5.4: qT1 ve T1w qt1 ve T1w görüntülerinden ölçülen beyin hacim lmleri.....	33
Şekil 5.5: Caudate/toplam beyin oranında ölçülen hacim değerleri.....	34
Şekil 5.6: PFK/toplam beyin oranında ölçülen hacim değerleri.....	35
Şekil 5.7: Talamus/toplam beyin oranında ölçülen hacim değerleri.....	36

TABLO ÇİZELGESİ

Tablo 1: T1 ve T2 ağırlıklı MR görüntülerinin kullanım alanları [27].	13
Tablo 2: MR çekim parametreleri[39]	16
Tablo 3: Normallik Tablosu.	27
Tablo 4: Wilcoxon İşaretli Sıralama Testi'nda açıklayıcı istatistik verileri.	28
Tablo 5: Wilcoxon İşaretli Sıralama Testi'nde ranks.	29
Tablo 6: Wilcoxon İşaretli Sıralama Testi'nde İstatistik.	30
Tablo 7: Etki büyüklüğü.	30
Tablo 1E: qT1 beyin MR görüntüsü ve ilgili bölgede hacim ölçümü, ortalama ve standart sapma	46
Tablo 2E: T1 ağırlıklı beyin MR görüntüsü ve ilgili bölgede hacim ölçümü, standart sapma ve ortalama	48

KISALTMALAR

AFNI	: Analysis of Functional NeuroImages
B/X	: qT1_caudate/Toplam Beyin
BET	: Brain Extraction
BW	: Bant genişliği
C/X	: qT1_PFK/Toplam Beyin
D/X	: qT1_Talamus/Toplam Beyin
EPI	: Ekoplanar görüntü
f	: Fractional intensity threshold
FID	: Geçici salınım
fMR	: Fonksiyonel MR
FOV	: İlgili Alan
FSL	: FMRIB Software Library
g	: Threshold gradient
H	: Hidrojen
I/L	: T1w_caudate/Toplam Beyin
J/L	: T1w_PFKToplam Beyin
K/L	: T1w_Talamus/Toplam Beyin
M	: Ortanca
MR, MRG	: Manyetik rezonans görüntü
M_z, M_y	: Manyetik alan vektörleri
p	: Anlamlılık Değeri
PFK	: Prefrontal Korteks
qT1	: Nicel T1
r	: Etki büyüklüğü
ROI	: İlgili Bölge
Sdt_S	: Standart Sapma
Sig	: Anlamlılık Değeri
SoR	: Dizilerin toplamı
T	: Tesla
T1w	: T1 ağırlıklı
TE	: Eko zamanı
TI	: İnverson zamanı
TR	: Tekrar zamanı

GİRİŞ

Beyin farklı hareketleri, duyuları ve refleksleri yönetmektedir. Böylece beynin karmaşık bir yapısı ve pek çok görevi bulunmaktadır. Bu yapılardan gri madde, beyaz madde, sulkus, girus, korteks, serebral bölümler incelenecek olup beynin görevlerinde özelleşen bölgeler (ön lob, motor korteks, temporal lob, oksipital lob, parietal lob) araştırılacaktır.

Beynin bu karmaşık yapısını invaziv olmayan bir yöntem olan manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile incelenmesi oldukça sık tercih edilmektedir. MR'da görüntünün nasıl oluştuğunu incelemek ve hangi dokular için çekim yapıldığı sunulacaktır.

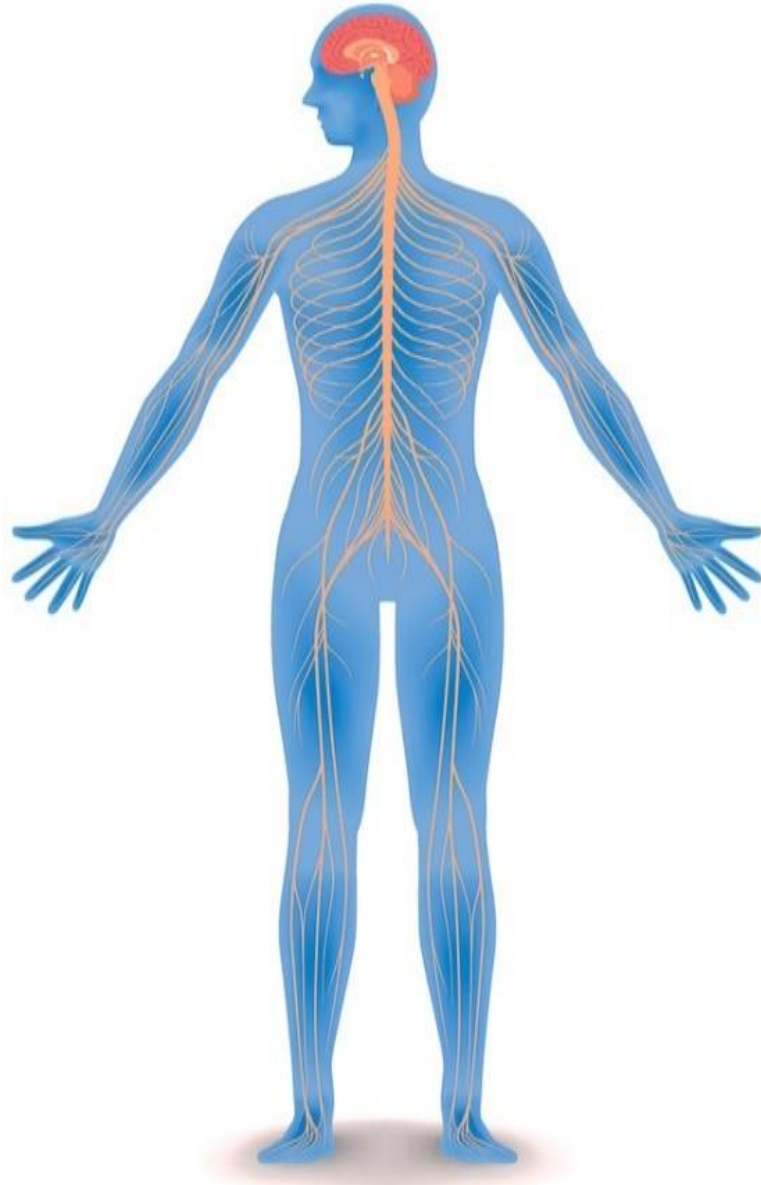
MR, çok yönlü bakış açısı kazandırmakla birlikte, yüksek uzamsal rezolüsyona sahip görüntüler sağladığı için beynin karmaşık yapısının en küçük bölümüne inerek beynin morfolojisini değerlendirebilecek bir bakış açısı sunacaktır. Beynin morfolojik özelliği; farklı yoğunluklarda olan gri madde (koyu renkte), beyaz madde (açık renkte) ve beyin omurilik sıvısı (beyaz) olarak üç bölüme ayrılarak T1 ağırlıklı (weighted T1, T1w) ve nicel T1 (quantitative T1, qT1) görüntüler ile sağlıklı beyin üzerinde incelenecektir.

Sağlıklı beyin görüntülerinden elde edilen yapısal ve fonksiyonel bilgiler AFNI ve FSL programlarında elde edilip sonraki aşamalarda nörolojik hastalıklara sahip bireylerde tanı ve teşhisi kolaylaştıracak bir çatı oluşturmasını sağlayacaktır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. MERKEZİ SİNİR SİSTEMİ

Bedenimizdeki farklı türlerdeki hareket koordinasyonunu, refleksleri, duyuları sinir sistemi olmadan yönetilememektedir. Bu doğrultuda merkezi sinir sistemi Şekil 1.1’de gösterilen beyin, omurilik ve periferik sinir sistemi oluşturmaktadır [1]. Beyin, bedenin üzerine ve kafatasının içine yerleştirilmektedir [2]. Periferik sinirler omurilik bağlantılarından vücuda dağılmaktadır.

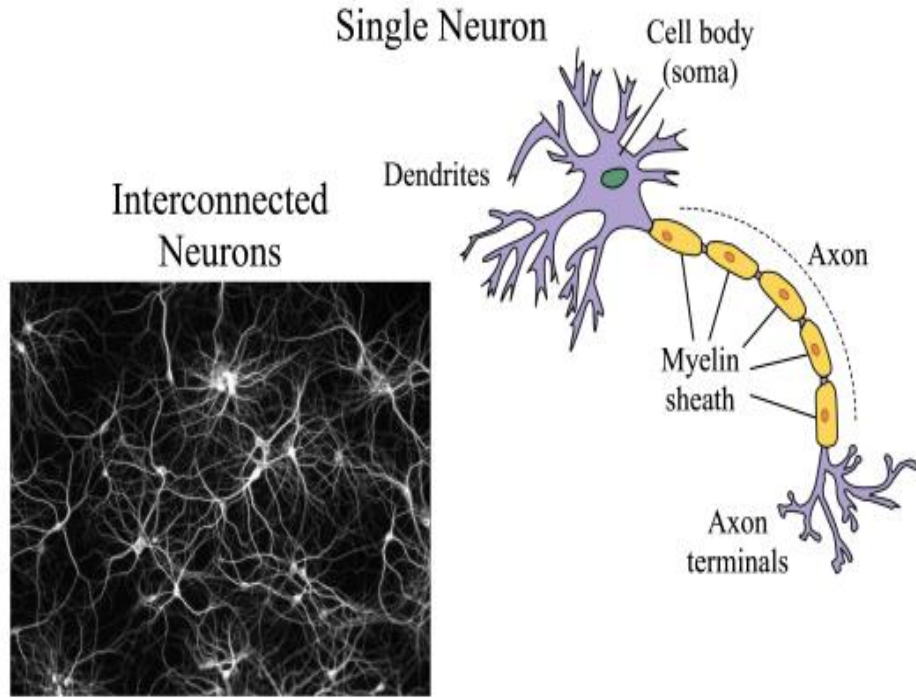


Şekil 1.1: Merkezi ve Periferik Sinir Sistemi[1]

1.1. BEYİN

Bedeni veya vücudu yöneten beyin; kendine has kokusu olan, yapışkan, peltemsi bir madde ile oluşan, kafatasını dolduran, ağırlığı 1,2 kilogramdan fazla olan organdır. Beynin ağırlığı kişiden kişiye değişiklik göstermekte olup %78 su, %10 yağ ve %12 protein içermektedir [3].

Beyin, en önemli yapıtaşlarından biri olan milyarlarca birbirine bağlanmış sinir nöronlardan Şekil 1.2’de gösterilen biçimde oluşmaktadır [2]. Hücrelerden gelen sinyaller için her bir nöronda bir akson bulunmaktadır. Aksonun uzunluğu bir milimetreden 100’lerce milimetreye kadar uzanmaktadır. Aksonlar, hücre gövdesine (soma) bağlanarak dendrit uzantıları ile diğer sinir hücreleri arasında sinaps (dendritlerle akson terminali arasındaki bağ) bağlantıları yapılarak sinyaller iletilmektedir. Miyelin kılıf sinir hücresinde oluşan elektrik sinyallerini daha hızlı iletilmesini sağlamaktadır [4].



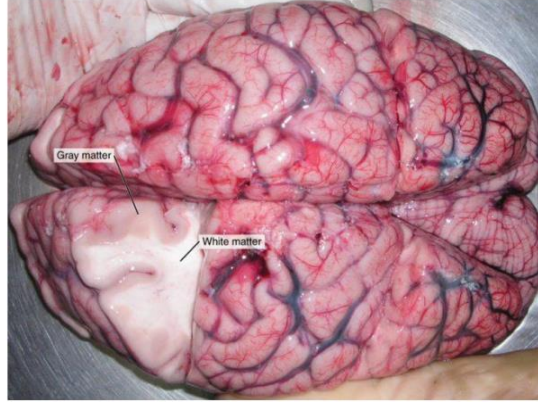
Şekil 1.2: Nöron Bağlantısı [4].

1.2. BEYNİN ÖZELLİKLERİ

- Gri madde ve ak madde
- Girus ve sulkus
- Beyin sağ ve sol olmak üzere iki yarımküre (hemisfer)
- Korteks

1.2.1. Gri Madde ve Ak Madde

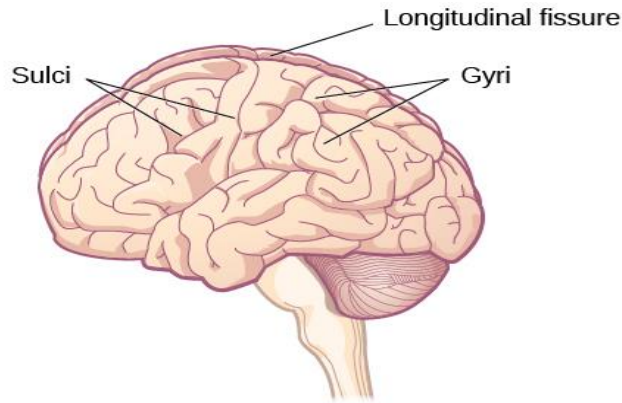
Şekil 1.3'te beyin kesit alanında, beyazımsı olan renge beyaz madde; pembemsi olan bölge ise gri madde ile ifade edilmektedir [5]. Gri madde; dendrit, sinir gövdesini içermektedir ve beynin %40'ını kapsamaktadır. Beyaz madde miyelin, miyelinli aksonları beynin %60'luk bölümünü kapsamaktadır. Renk farklılıkları, sinir gövdesi ve sinir fibrillerinin mikroskobik ortamda açıklanabilmektedir [2][6].



Şekil 1.3: Gri ve ak madde[5].

1.2.2. Girus ve Sulkus

Serebral korteks olarak bilinen beyin yüzeyinde düzensiz yapılar bulunmaktadır. Bu yapılar Şekil 1.4'te gösterilen kıvrımlı bölgelere, girus (gyri); kanallara, sulkus (sulci) denilmektedir. En bilinen sulkus, beyni ortadan ikiye bölen longitudinal sulkustur. Bu sulkus ve giruslar, beyin fonksiyonel merkezlere ayrılmasına katkıları bulunmaktadır [7]

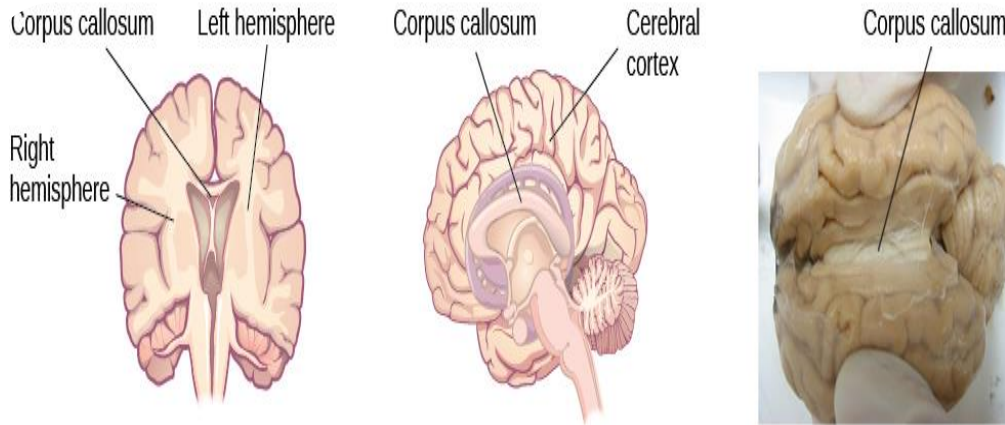


Şekil 1.4: Sulkus ve Girus[7]

1.2.3. Serebral İki Yarımküre

Beyin, şekil 1.5'te gösterildiği gibi sağ ve sol olmak üzere iki yarım küreye (hemisfer) ayrılmaktadır. Hemisferler anatomik olarak birbirinin aynası gibi olmasına rağmen fonksiyonel bakımdan birbirlerinden ayrılmaktadırlar. Bilindiği üzere sağ hemisfer bedenin sol tarafını yönetirken beynin sol hemisferi bedenin sağ tarafını çalıştırmaktadır[8].

Sekil 1.5'te görüldüğü gibi her iki hemisferi birleştiren corpus callosum bulunmaktadır. Corpus Callosum iki hemisfer arasında yaklaşık 200 milyon nöronla bağlantıyı sağlamaktadır. Aynı zamanda corpus callosum, hemisferler arasında bilgi alışverişine izin vermektedir [9].



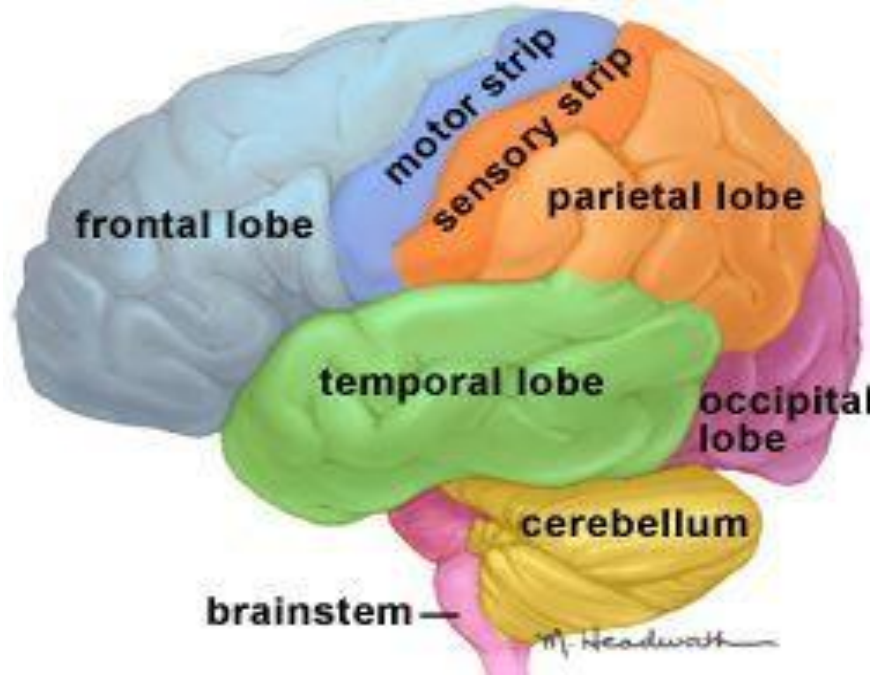
Şekil 1.5: Corpus Callosum [7].

1.2.4. Korteks

Beynin dış yüzeyine korteks denilmektedir. Kortekste 16 milyar nöron bulunmaktadır. Nöron çekirdekleri burada gri maddeye rengini vermekteler. Nöron gövdesi de burada beyaz rengi verilen ak madde bulunmaktadır. Korteksin katları, beyin fonksiyonunu ve nöronların sayısı ile birlikte beyin yüzeyini artırmaktadır. Giruslar ve sulkuslar korteksi bölümlere ayırmada kullanılmaktadır [9].

1.3. BEYNİN BÖLÜMLERİ

Beynin korteks bölümü; ön lob (frontal lob), parietal lob, temporal lob ve oksipital lob olmak üzere dört bölümde ve iki şerit olan motor korteks ve duyuşal (sensory) korteks Şekil 1.6'da sunulmuştur.



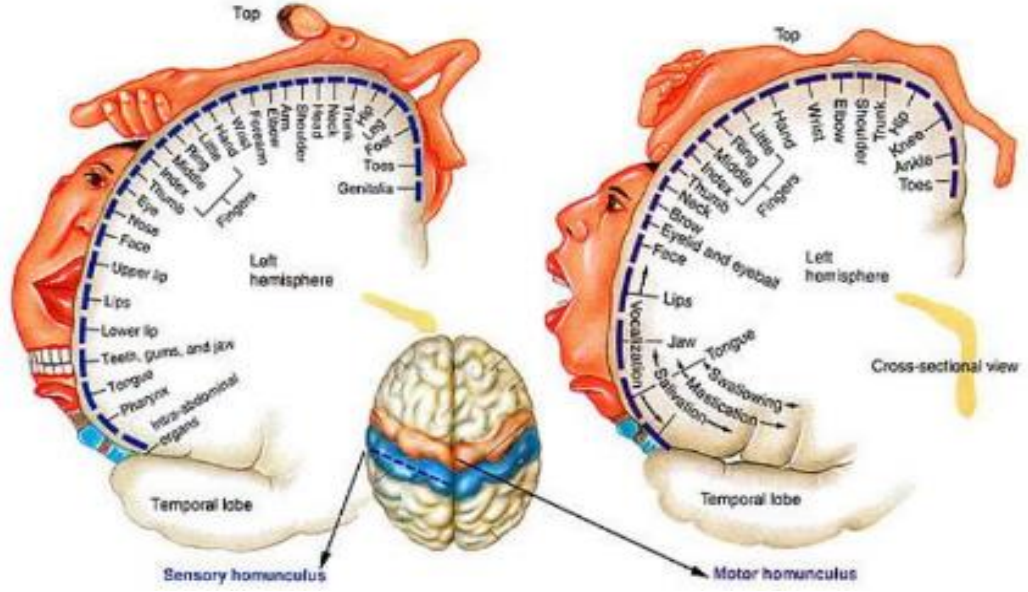
Şekil 1.6: Beynin lobları [10].

1.3.1. Ön Lob (Frontal Lob)

Ön lob serebral korteksin ve parietal lobun önüne, temporal lobun üst çaprazına yer almaktadır. Merkez sulkus, ön lob ile parietal lobu; lateral sulkus (Sylvian fissure) temporal lobu ayırmaktadır. Ön lobun arka bölümünde precentral girusta motor korteks bulunmaktadır [11].

Ön lob; kişisellik, davranış, duyular, yargılama, planlama, problem çözme, okuma yazma, istemli vücut hareketleri, zeka, konsantrasyon, mekânsal ve görsel algılamayı kontrol etmektedir [12].

Ön lobda bulunan motor korteks ve duysal korteks, Şekil 1.7’de verilen bölgelerin istemli hareketlerin çalışma yerleri verilmiştir [5].



Şekil 1.7: Motor korteks ve duyuşal korteks çalışma alanları [5].

1.3.2. Parietal Lob

Oksipital lobun üstünde, ön lobun ve merkezi sulkusun arkasına yerleşen parietal lob davranışlarımızı kontrol etmektedir [12][13]. Duyuların oryantasyonunda rol almaktadır. Kompleks hareketleri, sağ sol yönleri ayırmayı kontrol etmektedir[14].

1.3.3. Oksipital Lob

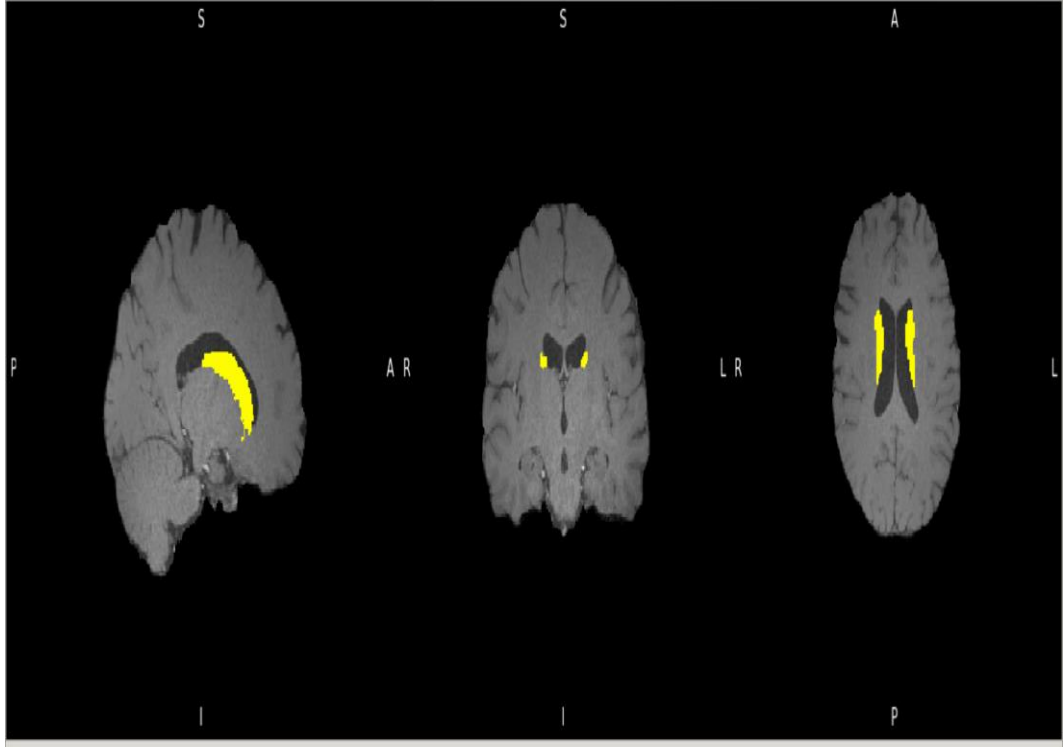
Beynin arka bölümüne bulunan oksipital lob, görme alanını kontrol etmektedir [15][16].

1.3.4. Temporal Lob

Serebral hemisferde lateral sulkusun altında yer almaktadır. Duymayı, konuşmayı, davranışı, hafızayı kontrol etmektedir [17].

1.3.5. Caudate

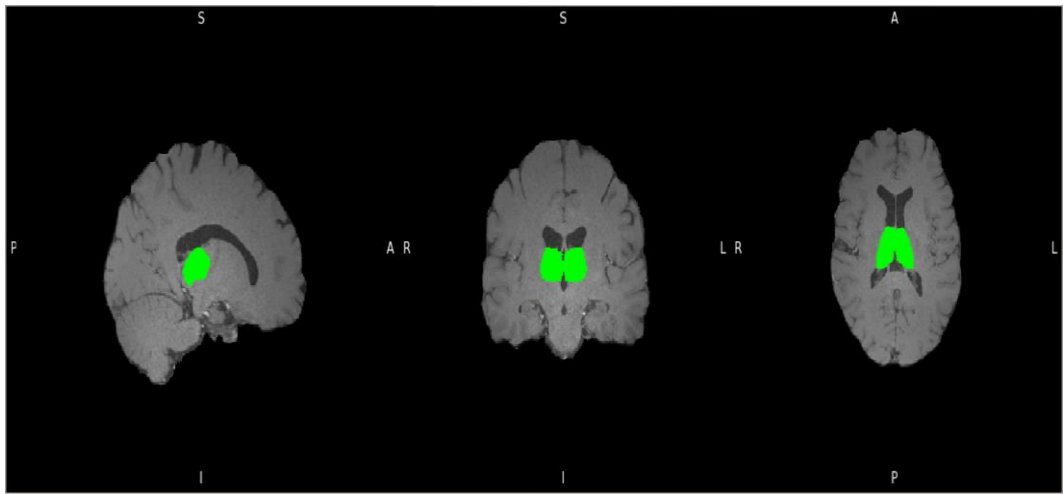
Caudate; duyuşal ve motor korteksi, ana dili, duygu, ödül ve öğrenme gibi önemli beyin fonksiyonlarını kapsamaktadır [18]. Şekil 1.8’de gösterildiği şekilde caudate, beynin her iki tarafında ve corpus callasumun alt kenarında bulunmaktadır.



Şekil 1.8: Caudate.

1.3.6. Talamus

Talamus, Şekil 1.9’ da gösterildiği şekilde beyinin orta bölümüne yerleşen simetrik yapılardan oluşmaktadır. Yerleşim ve nörolojik bağlantılar bakımından serebral korteks ve orta beyin arasında konumlandırılmaktadır. Görevi duyu ve devimsel sinyallerin serebral kortekse göndermek, bilinç, uyku ve uyanıklığı düzenlemektedir [19].

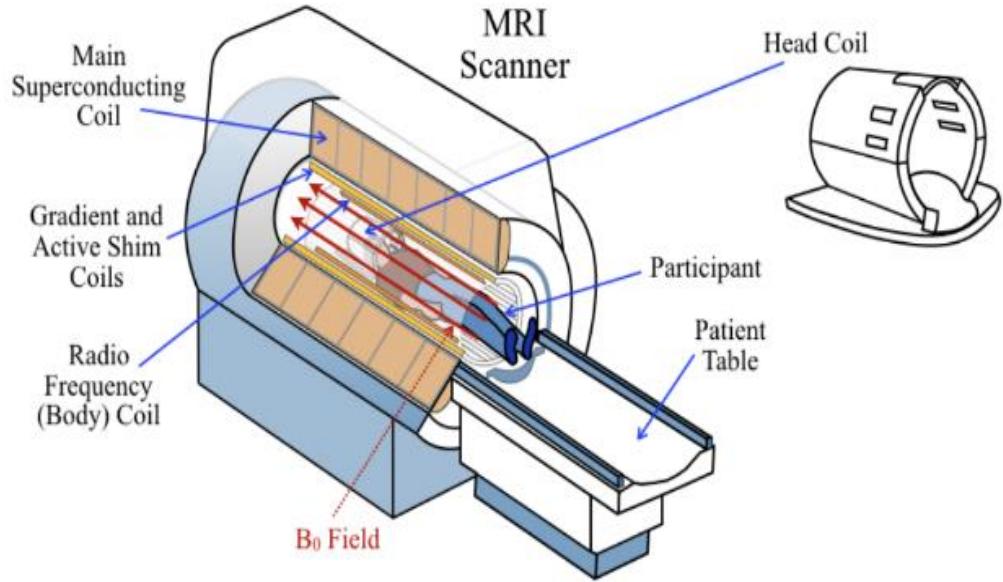


Şekil 1.9: Talamus.

İKİNCİ BÖLÜM

2. MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME

İlerleyen teknoloji ile tanıyı koymada kullanılan en önemli cihazlardan (Şekil 2.1) biri olan manyetik rezonans görüntüleme, yumuşak doku çözümü en kuvvetli olması sebebiyle radyo frekans dalgalarını başta merkezi sinir sistemi olmak üzere bedinin herhangi bir yumuşak dokusuna gönderip sinyal kesildikten sonra vücuttan geri dönen sinyallerin görüntüye dönüştürülmesine dayanmaktadır [20].



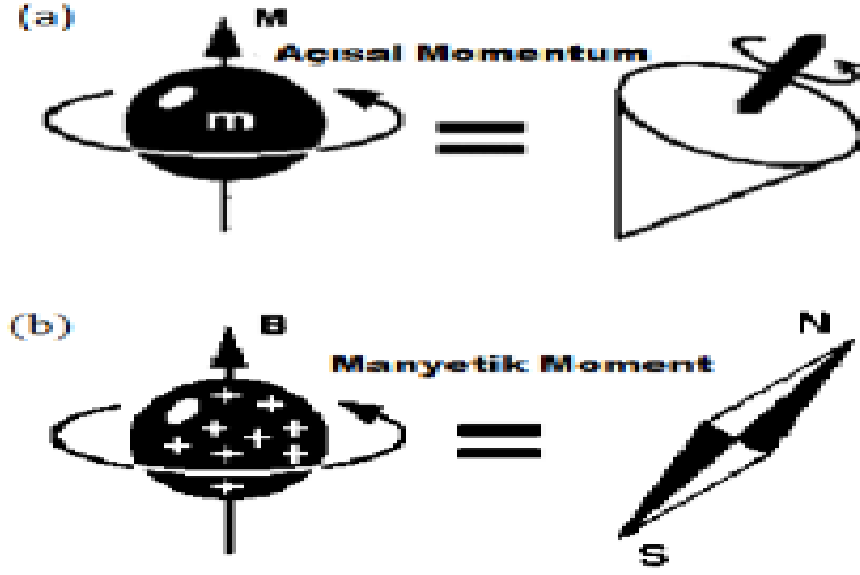
Şekil 2.1: MRG cihazı [21]

2.1. MANYETİZMA

Atomun yapısında protonlardan ve nötronlardan oluşan çekirdekler ve çekirdek etrafında da negatif yüklü elektronların varlığı bilinmektedir. Klasik fizikten farklı olarak kuantum fiziğinde protonun Şekil 2.2’de gösterilen spin (dönme, devinim) hareketi bulunmaktadır [22].

Proton, vücutta en çok bulunan hidrojen (¹H) atomu ve pozitif tek yüklü diğer atomlar oluşturmaktadır. Bu atomlar MRG sinyal kaynağı olarak spin hareketi yapmaktalar. Farklı atomlardan sinyal tespit edilmesine rağmen bedinin büyük bir çoğunluğunda su molekülü bulunması nedeniyle spin hareketleri MRG’de manyetik alan için kullanılmaktadır[23]. Manyetik alan, soğuk sıvı

helyum ile büyük iletkenlik sağlanan B0 alanını oluşturmaktadır. Çekim gücünün büyüklüğü Tesla (T) olarak isimlendirilmektedir[21].

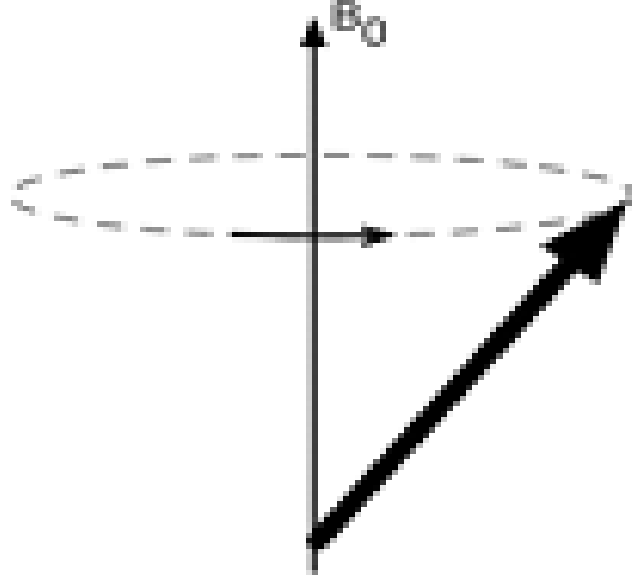


Şekil 2.2: a) Açısal Momentum, b) Manyetik Moment [22].

2.2. REZONANS

Şekil 2.3'te B0 etrafında dönen hidrojen çekirdeğinin sıralanmasının rotasyon frekansı ile güçlü manyetik alanı oluşturmaktadır [21].

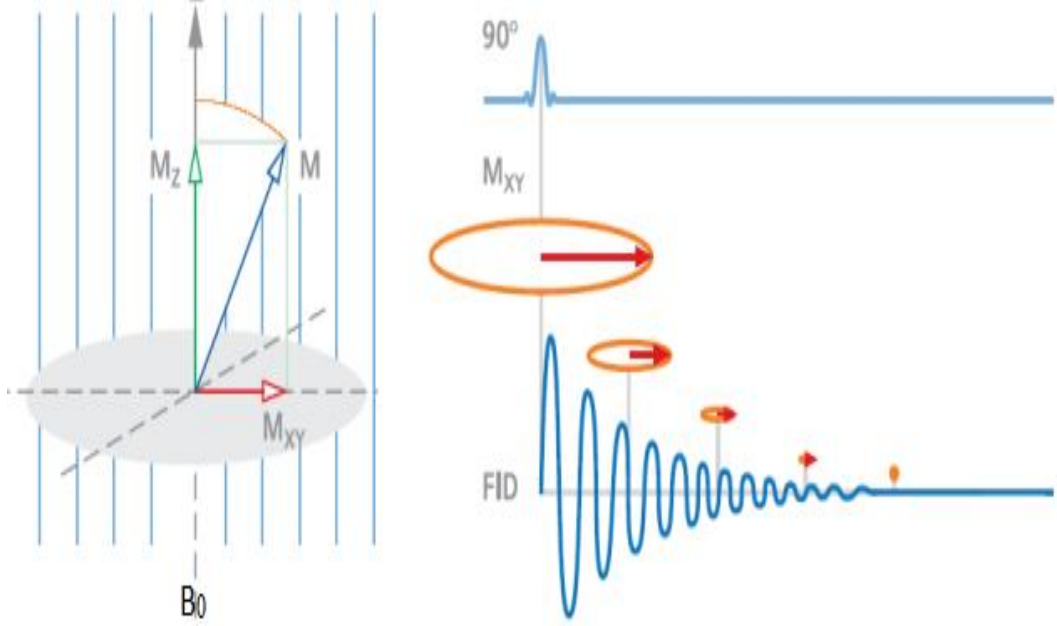
Çekirdekler, üç eksen (koronal, sagital, transvers) boyunca manyetizasyon vektörünün başlangıç tarafına ve uygulanan elektromanyetik frekansın yönüne dik bir ekseninde dönmektedir [22].



Şekil 2.3: Hidrojen çekirdeğinin dönmesi ile güçlü manyetik alan oluşumu [21].

2.3. RELAKSASYON

Şekil 2.4'te B_0 'a paralel olan manyetik alan vektörü M_z (longitudinal, T_1), B_0 'a dik olan eksenlere x-y düzlemi (transvers, T_2) denilmektedir [24][25]. Rezonans aşamasında M_{xy} manyetik alan vektörüne doğru dönen M_z vektörünün radyo frekans sinyallerinin kesilmesi ile dokudaki protonların normal haline döndüğü sürede (T_1 ve T_2 zaman diliminde) yayılan enerjiyle görüntünün elde edilmesi sağlanmaktadır [23][24]. Bu süreler T_1 ve T_2 aynı anda geçici salınımla (FID) başlasa da T_1 sıfırdan radyo frekans dalgaları gönderilmeden önceki maksimum düzeye ilerlerken T_2 ise maksimum düzeyden sıfıra doğru eğilim göstermektedir [25].



Şekil 2.4: Releksasyon [22].

2.4. MR'DA GÖRÜNTÜ OLUŞUMU VE ÇESİTLERİ

MR'da farklı özelliklerde veya türlerde görüntüler elde edilmektedir.

2.4.1. MR Sekansları

T1 Ağırlıklı ve T2 Ağırlıklı Görüntüler

MR sekanslarını açıklamadan önce MR görüntülerinin kontrastlarından kısaca bahsetmek faydalı olacaktır. Beynin yapısında bulunan beyaz madde, gri madde ve beyin omurilik sıvısı (BOS) MR'da farklı yoğunluklarda gösterilmektedir. T1 ağırlıklı MR görüntüsünde gri madde koyu gri, beyaz madde açık renkli ve beyin omurilik sıvısı siyaha yakın renkte oluşmaktadır. T2 ağırlıklı MR görüntüsünde ise gri madde ve beyin omurilik sıvısı parlak, beyaz madde koyu renkte gösterilmektedir [26]. Tablo 1'de T1 ve T2 ağırlıklı MR görüntülerinin kullanım alanları verilmektedir.

Tablo 1: T1 ve T2 ağırlıklı MR görüntülerinin kullanım alanları [27].

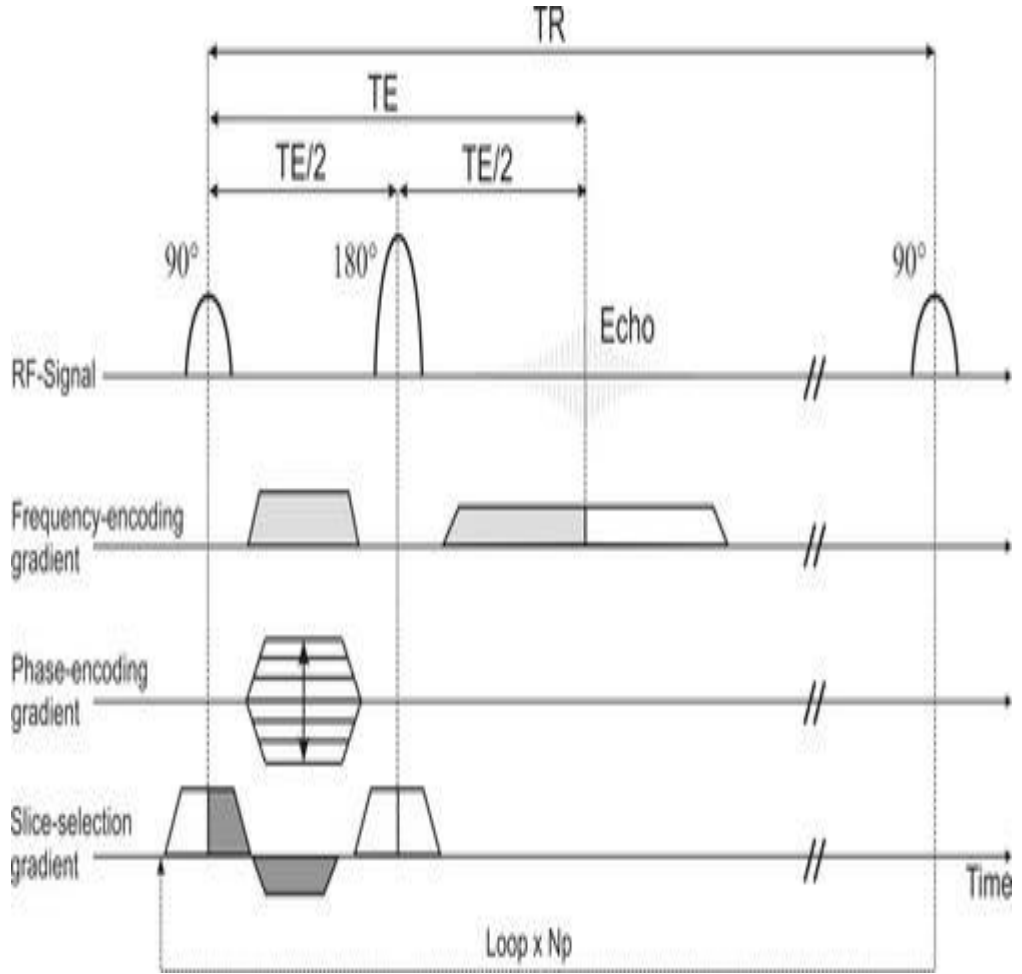
Sinyal	T1 Ağırlık	T2 Ağırlık
Yüksek	Yağ Melanin Subakut kanama Anatomi Nekroz	Subakut kanama Yağ Patoloji Ödem Tümör İnflamason Enfeksiyon Hemglobin
Düşük	Kemik Ürin BOS Hava Tümör İnflamasyon Enfeksiyon Kronik kanama	Kemik Hava Fibrosis Deoksi hemogloblin Demir Ferritin Melanin

T1 ağırlıklı ve T2 ağırlıklı MR görüntülerini oluşturmak için MR çekim parametreleri farklı kombinasyonlarda kullanılabilir. Bu parametreler aşağıda açıklanmıştır.

- ✓ Tekrar Zamanı (Time repetition, TR): Aynı görüntüde iki ardışık uyarı arasındaki zamandır.[28]
- ✓ Eko Zamanı (Echo time, TE): Uyarı ile maksimum sinyal arasındaki geçen süredir [28].
- ✓ Flip Açısı (Flip angle): Manyetik alan vektörünün longitudinal bileşenin M_z 'nin M_x -y manyetik alan vektörüne döndüğü açıdır [29].
- ✓ Bant Genişliği (Band Width, BW): Transfer edilen eko sinyalinin analizinde oluşan frekans analizini göstermektedir [30].
- ✓ Eko Spacing: MR'da bant genişliğini artırırken gürültünün artmasına karşı zamanı milisaniyeler düzeyine indirerek görüntünün alınmasını sağlamaktadır [31].
- ✓ İnverson Zamanı (İnversion time, TI): 180° inverson puls ve 90° uyarım pulsun arasındaki zaman dilimidir [32].
- ✓ İlgili Alan (Field of view, FOV): MR görüntüsünde sınırlı bölgeler üzerinde çalışılmaktadır [33].

2.4.2. Spin Eko

Spin eko, MR'ın başlıca çekim sekanslarından biridir ve farklı klinik çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır. MR, 90° (M_z) olan radyo frekans dalgasının 180° 'ye (M_{x-y}) döndürüldüğünde faz bozumuyla oluşmaktadır. MR görüntüsü oluşması için manyetik alan şifrelemesi gerekmektedir. Şekil 2.5; frekans şifrelemesi (frequency-encoding gradient), faz şifrelemesi (phase-encoding gradient) ve alan seçimi (slice-selection gradient) parçalarının aynı anda çalışması ile oluşan spin eko sekansını göstermektedir [34].



Şekil 2.5: Spin eko [34].

2.4.3. MR Görüntüleme Tekniği

Klinikte en çok kullanılan tekniklerden bir tanesi olan yapısal MR görüntü tekniği, anatomik yapıyı yüksek çözünürlüklü çekimlerle sunmaktadır. Beyaz madde, gri madde ve beyin omurilik sıvısını ayırımında kontrast sağlanmaktadır. MR parametrelerinin (TR, TI, TE) farklı ayarlanmasıyla T1 ağırlıklı (T1 weighted,

T1w) ve nicel T1 (quantitative T1, qT1) sınıflandırılarak görüntü tespit edilmektedir[35].

2.5. MR'IN AVANTAJLARI

- Farklı MR teknikleri ile hastalıklar araştırılır.
- Farklı eksenlerden görüntü alınabilmektedir.
- Kemikleri çekmediği için anatomik yapı rahatlıkla okunabilmektedir.
- İyonize radyasyon bulunmamaktadır.
- Kontrast maddeye ihtiyaç bulunmamaktadır [36].
- Yumuşak doku üzerindeki anormallikleri büyük hassasiyetle göstermektedir [37].

2.6. MR'IN DEZAVANTAJLARI

- Kompleks ve yüksek maliyetlidir.
- Uzun sürede çekim yapılmaktadır.
- Hasta, çekim sırasında gürültüye maruz kalmaktadır.
- Kalp pili, metal parçaları bulunan hastalar, manyetik alandan dezavantajlı sayılmaktadırlar [36].

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. MATERYAL

Bu çalışmada Royer, J. & arkadaşlarının yaptığı ‘An open MRI dataset for multiscale neuroscience’ isimli çalışmasında paylaşılan 50 katılımcının (23 kadın $29,54 \pm 5,62$) qT1 ve T1w görüntüleri kullanılmaktadır [38]. Tablo 2’de paylaşılan görüntü teknik parametreleri verilmiştir. Yapılan analiz sonucunda 10 aykırı değer çıkarılmış olup 40 katılımcı ile analizler yapılacaktır.

Tablo 2: MR çekim parametreleri[39]

Sekanslar	Manyetik Alan	Üretici	Çekim Yönü	İncelik	TE	TR	T1	flip açısı
sub-hC_ses-01_acq-inv2_T1map	3	siemens	HFS	0,8	0,0029	5	2,83	5
sub-hC_ses-01_run-1_T1w	3	siemens	HFS	0,8	0,00314	2,3	0,9	9

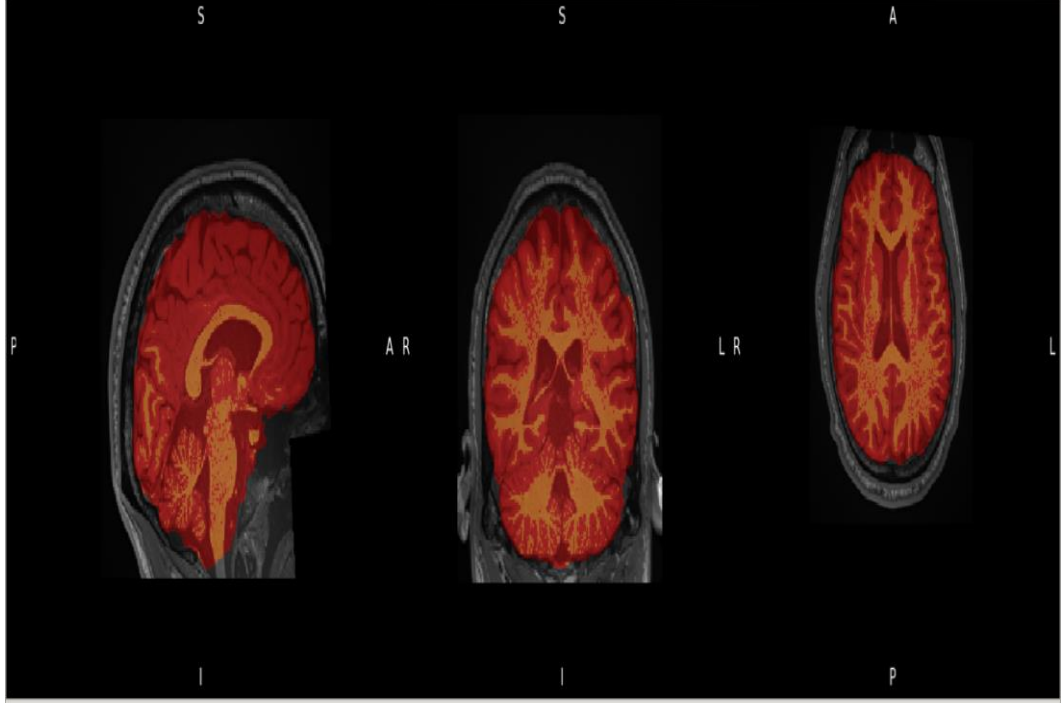
3.2. MR GÖRÜNTÜ ANALİZİ

Görüntü analizini yapısal MR görüntüsünde bulunan T1 ağırlıklı MR ve niceliksel MR olmak üzere iki farklı şekilde incelenmektedir.

3.2.1. Kafatası Çıkarma

İlk adım olan ön hazırlıkta Brain Extraction (BET), yüksek çözünürlüklü anatomik beyin görüntüsünü üç farklı yönde (coronal, beyin x düzlemi; sagittal, beyin y düzlemi ve transvers, beyin z düzlemi) elde etmek için kullanılmaktadır. Bu ön hazırlıkla T1 ağırlıklı ve qT1 yapısal beyin MR görüntüsünden omuz, beyin zarını, kafatasını, havayı, yağı, spinal kordu, ağız, gözü beyin yapısını incelemek için gereksiz yapılar çıkarılır [40]. T1 ağırlıklı yapısal MR görüntüsü olan beyinden kafatasını ve beyin zarını temizlemek için kullanılan FSL (BET) uygulaması kullanılarak ‘Fractional intensity threshold (f) 0.35, threshold gradient (g) 0’ değerleri seçilerek ‘Bias Field & Neck Cleanup’ opsiyonu ile işlem gerçekleştirilmiştir [41]. Şekil 3.1’de altta bir katılımcıya ait olan T1 ağırlıklı MR

görüntüsü üstte ise aynı katılımcıya ait olan beyinden kafatası çıkarılmış T1 ağırlıklı MR görüntüsü elde edilmiştir.



Şekil 3.1: T1 ağırlıklı yapısal MR görüntüsünde kafatası çıkarma.

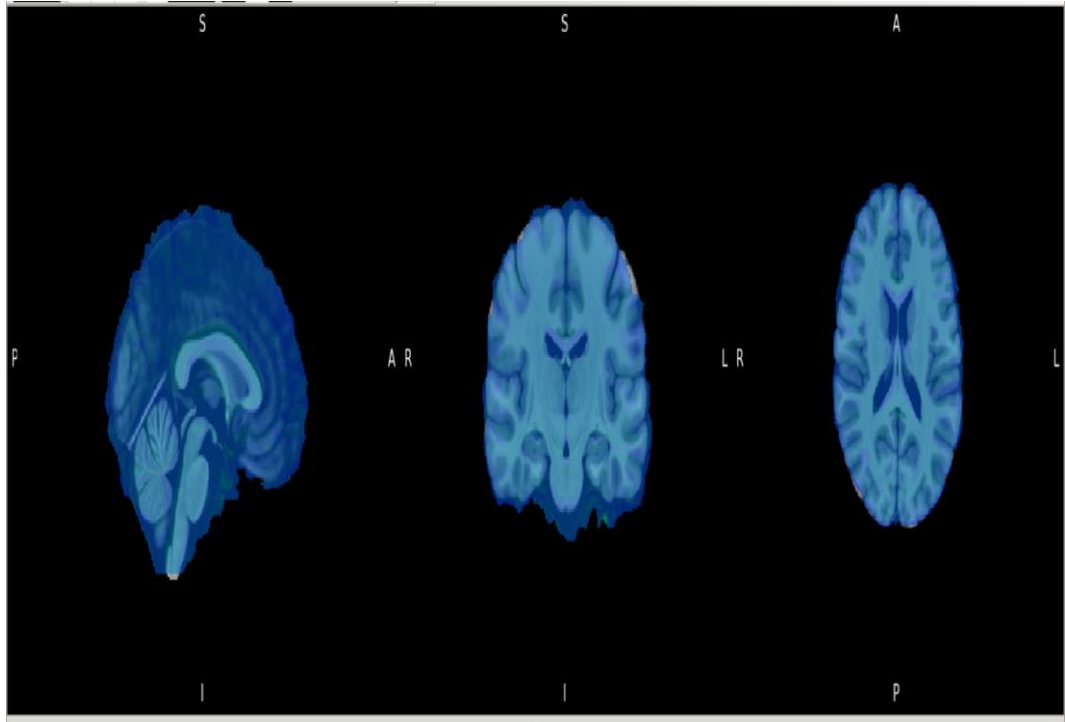
Şekil 3.2, qT1 yapısal MR görüntüsü olan beyinden kafatasını ve beyin zarını temizlemek için kullanılan FSL (BET) uygulaması kullanılarak 'Fractional intensity threshold (f) 0.5, threshold gradient (g) 0' değerleri verilerek 'Run Standard Brain Extraction Using BET2' işlemi uygulanmıştır [41]. Bu doğrultuda altta işlenen bir katılımcıya ait olan qT1 MR görüntüsü üstte ise aynı katılımcıya ait olan beyinden kafatası çıkarılmış qT1 MR görüntüsü elde edilmiştir.



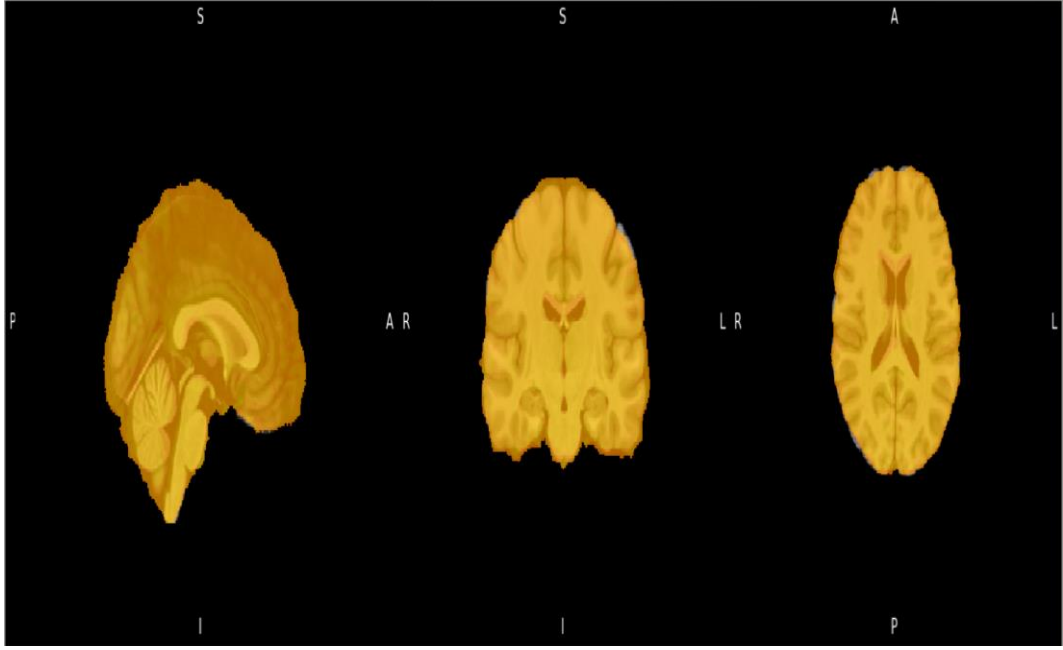
Şekil 3.2: qT1 yapısal MR görüntüsünde kafatası çıkarma.

3.2.2. akıştırma

Beyin görüntüsü başta olmak üzere diğer organlarda çakıştırma uygulanmaktadır. akıştırma; 2 veya daha fazla görüntüye füzyon, sapma ve eşleştirme ile uygulanmaktadır. akıştırma ile işlenen görüntüye transfer yaparak en iyi optimal sonucu bulma amaçlanmaktadır[42]. akıştırma için kullanılan en yaygın programlardan birisi AFNI'dir. AFNI'de MNI152_2009_template.nii.gz atlasına göre yapılan T1 ağırlıklı olan MR akıştırma görüntüsü Şekil 3.3'de ve qT1'e ait olan çakıştırma görüntüsü Şekil 3.4'te gösterilmektedir [42].



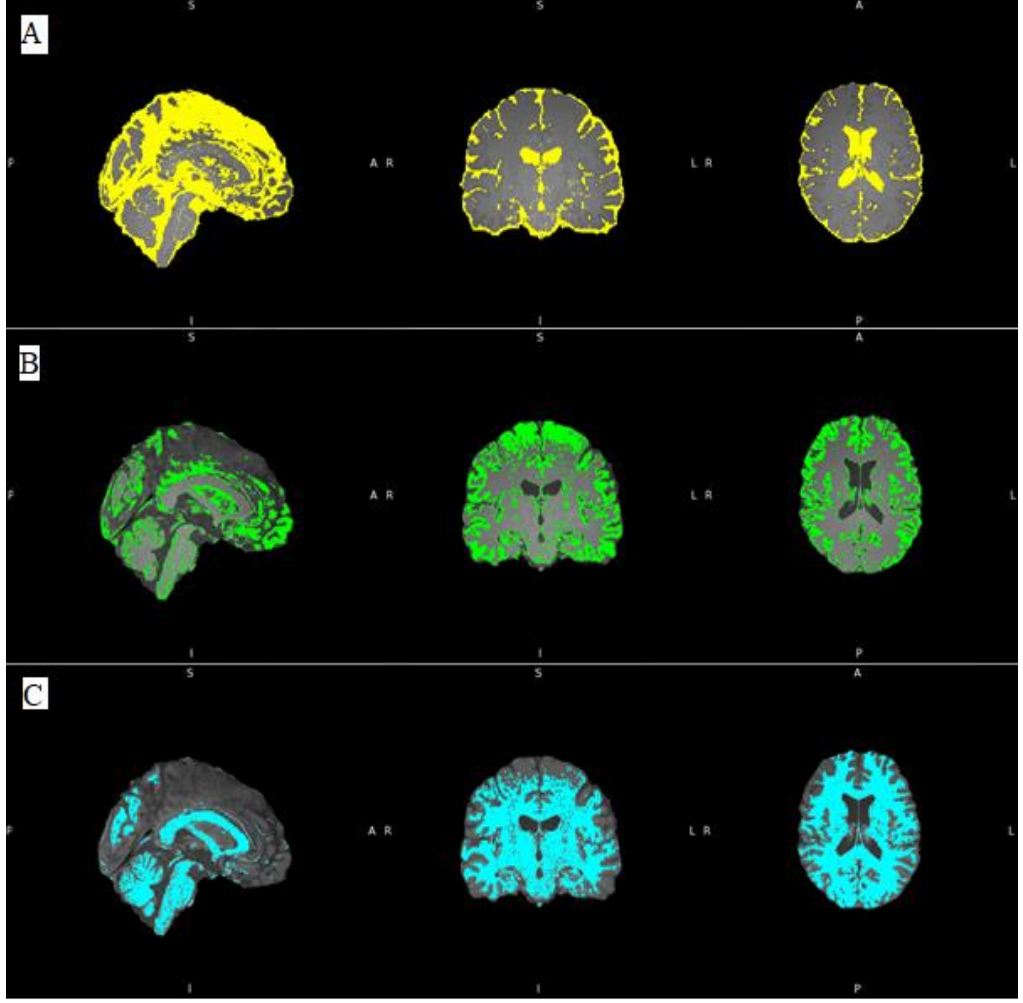
Şekil 3.3: Altta atlas görüntüsü, üstte T1 ağırlıklı çakıştırılmış MR görüntüsü.



Şekil 3.4: Altta atlas görüntüsü, üstte qT1 çakıştırılmış MR görüntüsü.

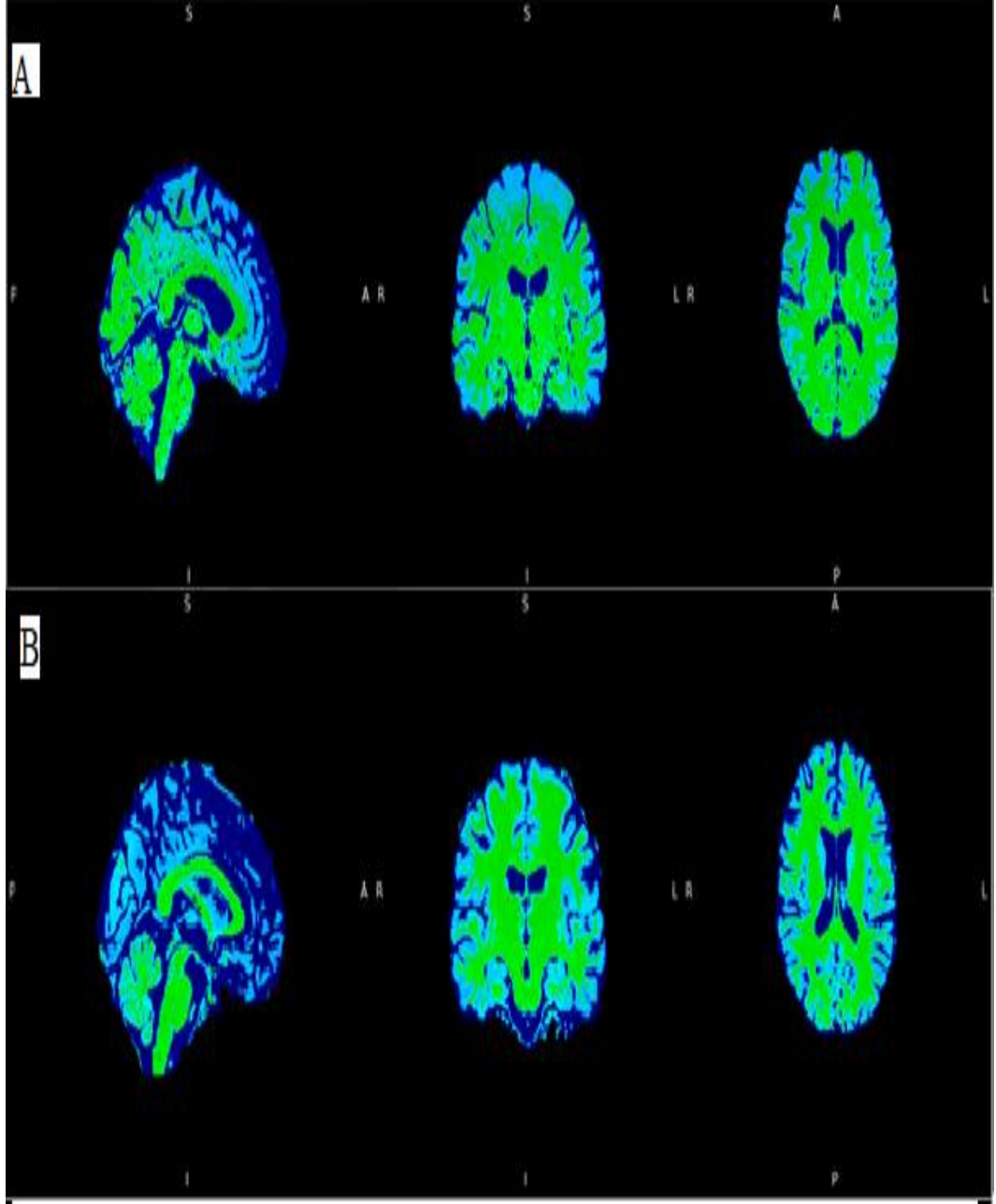
3.2.3. Segmentasyon

Medikal görüntü analizinde en önemli aşamalardan biri olan görüntü segmentasyonudur.. Genellikle beyin MR görüntü segmentasyonu, beynin anatomik yapısını gözlemlemede ve ölçülenmesinde kullanılmaktadır. Beyinde oluşan anormallikleri belirleme, patolojik bölgeleri saptama, operasyonel planlama için sıklıkla kullanılmaktadır [43]. Şekil 3.5, koronal, sagittal ve transvers yönde 'FSL_Fast'te oluşturulan segmente edilmiş doku maskeleri gösterilmiştir. A'da beyin omurilik sıvısı sarı, B'de gri madde yeşil ve C'de ak madde mavi olarak gösterilmektedir [44].



Şekil 3.5: Beynin üç ana bölüme ayrılan coronal, sagittal ve transvers yönlerinde A; beyin omurilik sıvısı, B; gri Madde, C; ak madde segmentasyonu.

Şekil 3.6'de A; qT1 ve B; T1 ağırlıklı MR önceki bölümde yapılan gri madde, ak madde ve beyin omurilik sıvısı maskeleriyle çarpılmış olan görüntüler sunulmuştur. Şekil 3.6, bu şekilde elde edilen görüntülerin sıfır olmayan vöksel değerleri için segmentasyon görüntüleri koyu mavi; beyin omurilik sıvısı, açık mavi; gri madde ve yeşil; ak madde gösterilmektedir.

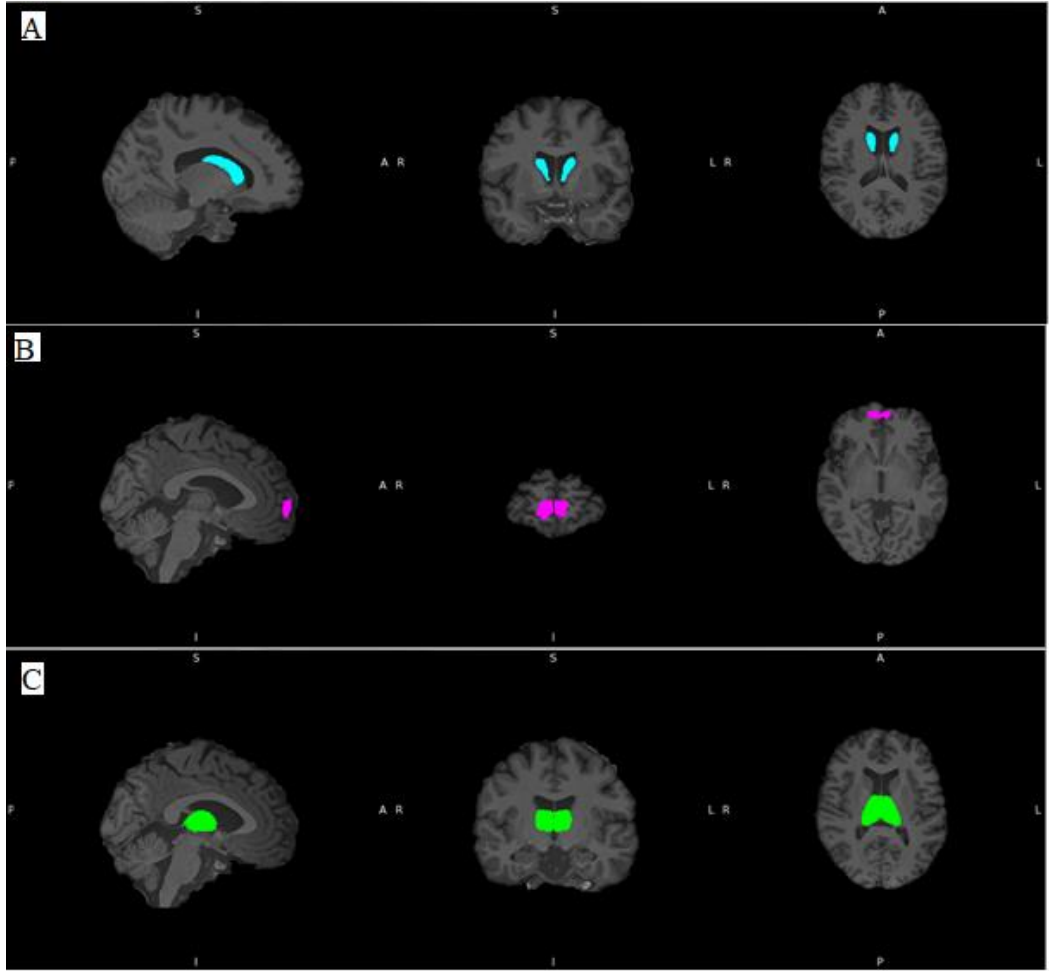


Şekil 3.6: A; qT1, B; T1 ağırlıklı MR görüntüsünde bulunan Koyu mavi, beyin omurilik sıvısı; Açık mavi, gri madde; Yeşil, ak madde için hesaplanan segmentasyon değeri '1' olan MR görüntüsü.

3.2.4. İlgili Bölge (Region of Interest, ROI) İşlemleri

ROI beynin ilgili bölümünün segmentasyonu, MR görüntüsü için bilgisayar destekli önemli bir adım oluşturmaktadır. Örneğin herhangi bir hastalığın teşhisinde beyin hacmi ile ROI hacminin oranının hesaplanması hastalığın tanısı ve tedavisinde kullanılan önemli bir biyobelirteçtir. Beyin görüntülerinin hazırlanması zaman alıcı olmakla birlikte hataya açık olmaktadır. Bu nedenle otomatik olarak segmentlere bölünen beyin MR görüntülerinden pratik olarak yararlanılmaktadır

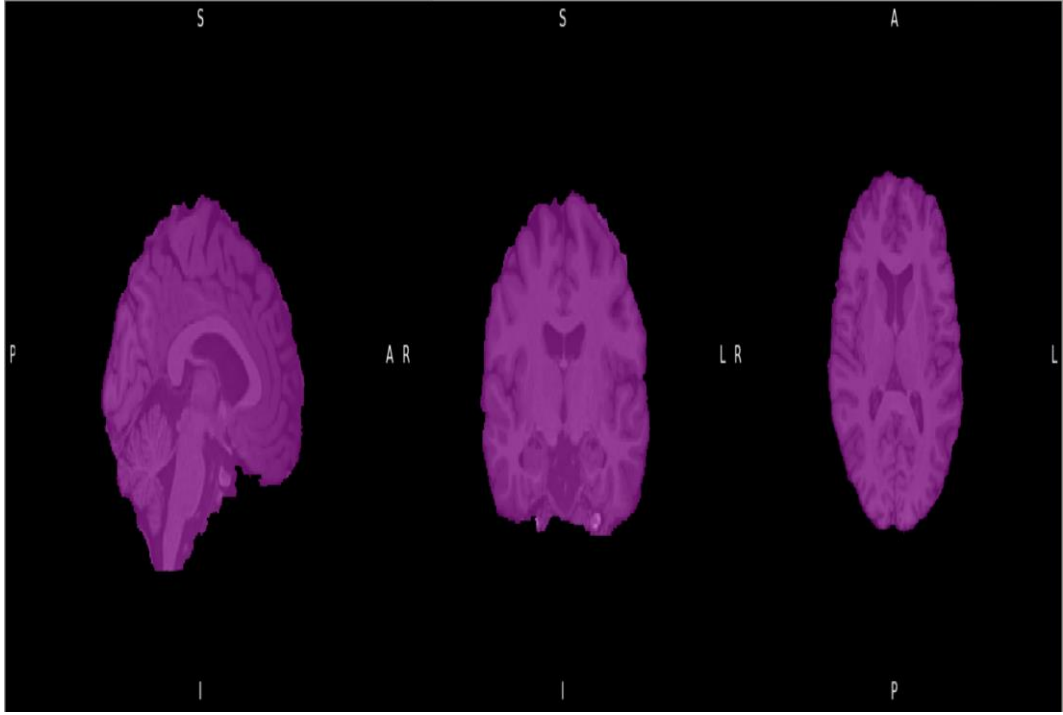
[45]. Bu çalışmada AFNI DKD_DESAI_MPM haritası kullanılarak oluşturulan ROI'lar Şekil 21'de gösterilmiştir. Şekil 3.7, A'da coronal, sagittal ve transvers yönde caudate mavi, B'de prefrontal korteks (frontal pole) pembe ve C'de talamus yeşil olarak ROI analizi çizilmiştir.



Şekil 3.7: A, Caudate; B. PFK; C, talamus için ROI.

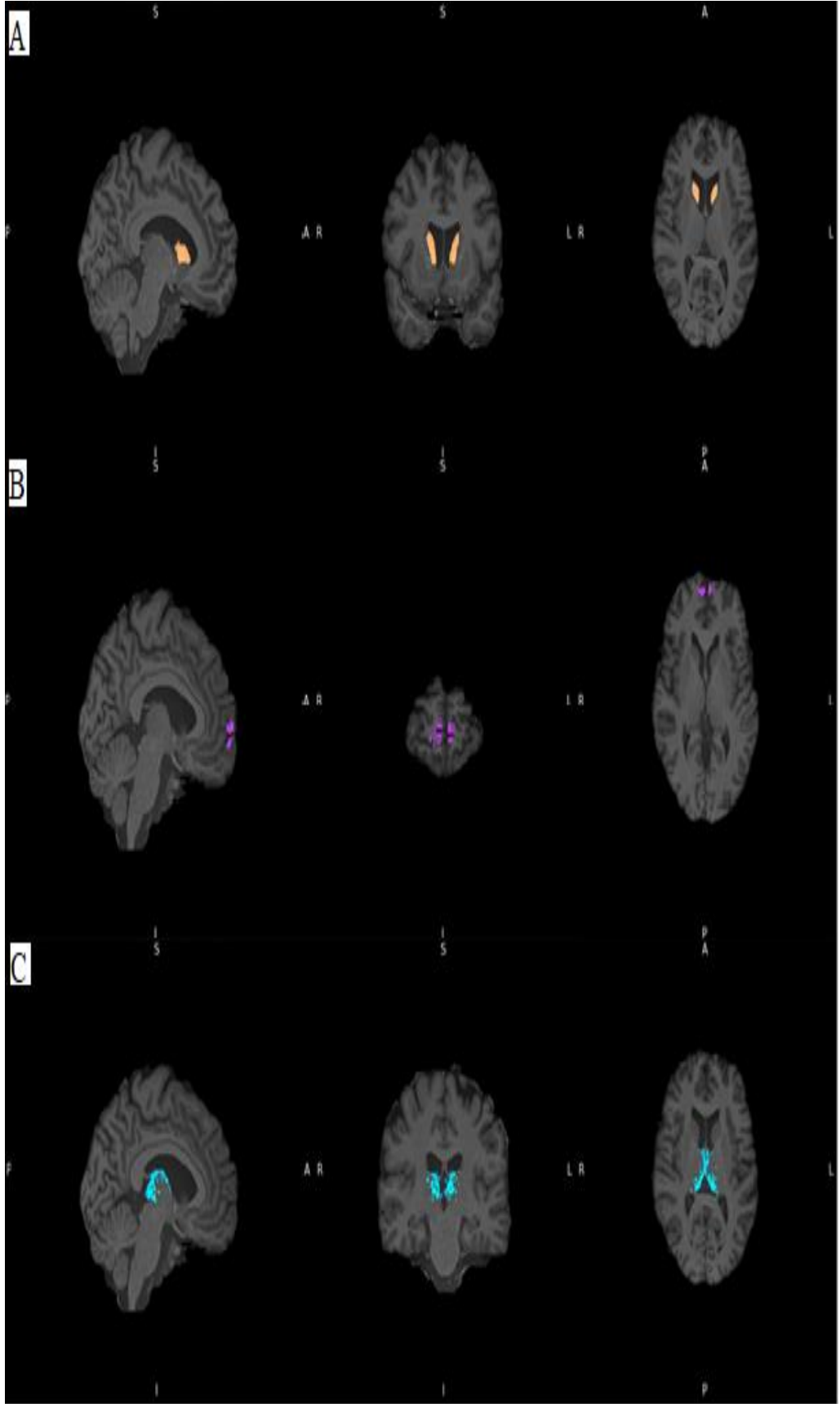
3.2.5. Maskeleme

Beyin MR görüntüsünde sulkus ve girus sınırlandırılmaları kaldırılıp beyin yuvarlak şeklini alarak MR görüntüsü doğrulanmıştır. Aynı zamanda beyin MR görüntüsünde, fslmaths kullanılarak toplam beyin hacmi voksel olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.8, karşılaştırma yapılmış MR görüntüsü üzerinde bulunan beyin maskesini göstermektedir.



Şekil 3.8: Beyin Maskesi.

İlgili bölge ile yapılan beyin MR görüntüsündeki maskeleme görüntünün doğrulanması bakımından ise vokseller, gri madde üzerinde hacim değerleri sıfır olmayan '1' vksel sayısı üç boyutta işlenmiştir. Şekil 3.9, A; caudate, B; prefrontal korteks ve C; talamus için hedeflenen ilgili bölgeyi göstermektedir.



Şekil 3.9: A, caudate; B, prefrontal kortes; C, talamus için 3dcalc’da hazırlanan ilgili bölgeler.

3.2.6. Hacim Ölçümü

T1 ağırlıklı ve qt1 MR görüntülerinde Afni '3dBrickStat -volume -non -zero veriseti' komutu kullanılarak tüm beyin hacmi ve ilgili bölge için sıfır olmayan voksel değerleri '1' olan değerler coronal, axial ve sagittal yönde hesaplanmıştır. Şekil 3.10, ölçülen voksellerin koronal (R toL), sagittal (A toP) ve transfers (I to S) yönünde milimetrik (mm) ölçümü gösterilmiştir.

```
R-to-L extent: -96.000 [R] -to- 96.000 [L] -step- 1.000 mm [193 voxels]
A-to-P extent: -96.000 [A] -to- 132.000 [P] -step- 1.000 mm [229 voxels]
I-to-S extent: -78.000 [I] -to- 114.000 [S] -step- 1.000 mm [193 voxels]
```

Şekil 3.10: Beyin MR görüntüsünde hacim ölçümü.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. ANALİZ

4.1. HACİM DEĞERLERİ

Ek Tablo 1E, 40 sağlıklı insanın qT1 beyin MR görüntülerinde tüm beyin ve ilgili bölgeler olan caudate, prefrontal korteks (PFK), talamusun hacim (mm³) ölçümlerini göstermektedir. Bölgeler tüm beyine bölünerek ilgili bölgelerin oranları, standart sapma (Sdt_S) ve ortanca (M) değerleri gösterilmektedir.

Ek Tablo 2E, 40 sağlıklı insanın T1 ağırlıklı (T1w) beyin MR görüntülerinde tüm beyin ve ilgili bölgeler olan caudate, prefrontal korteks (PFK), talamusun hacim (mm³) ölçümleri göstermektedir. Microsoft Excel programında bölgeler tüm beyine bölünerek ilgili bölgelerin oranları, standart sapma (Sdt_S) ve ortanca (M) değerleri hesaplanarak gösterilmektedir.

4.2. İSTATİKSEL ANALİZ

4.2.1. Normallik Testi

Veri setinin normal dağılıp dağılmadığını belirlemek için analiz yapılmaktadır. Analizin sonucuna göre uygulanacak olan istatistiksel testin parametrik veya non-parametrik olduğuna karar vermek amacıyla normallik testi yapılmıştır (Tablo 3). Test sonucunda veri seti 40 (>30) olduğundan dolayı 'Kolmogorov-Smirnov'da anlamlılık derecesi 'Significance, Sig.' bölümüne bakılarak $p < 0.05$ olan Caudate_T1w, Talamus_T1w, Beyin_qT1, J/L, değerleri verilerin normal dağılmadığını gösteriyor. Bu durumda Wilcoxon İşaretli Sıralama Testi'nin uygulanmasına karar verilmiştir.

Tablo 3: Normallik Tablosu.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Caudate_qt1 (B)	,080	40	,200 [*]	,986	40	,889
Caudate_T1w (I)	,180	40	,002	,899	40	,002
PFK_qt1 (C)	,100	40	,200 [*]	,972	40	,420
PFK_T1w (J)	,089	40	,200 [*]	,971	40	,374
Talamus_qt1 (D)	,105	40	,200 [*]	,959	40	,150
Talamus_T1w (K)	,140	40	,047	,960	40	,165
Beyin_qt1 (X)	,269	40	,000	,826	40	,000
Beyin_T1w (L)	,127	40	,103	,974	40	,481
B/X	,091	40	,200 [*]	,984	40	,825
I/L	,168	40	,006	,902	40	,002
C/X	,101	40	,200 [*]	,974	40	,487
J/L	,475	40	,000	,191	40	,000
D/X	,083	40	,200 [*]	,970	40	,372
K/L	,120	40	,148	,963	40	,216

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

4.2.2. Wilcoxon İşaretli Sıralama Testi

Wilcoxon İşaretli Sıralama Testi (Wilcoxon Signed-Rank Test), 't-test'in non-parametrik şekli olan iki bağımlı testi olup bir katılımcıya ait olan qT1 ve T1w MR görüntüsünde en iyi karşılaştırmayı yapmaktadır. Tablo 4, SPSS'de Wilcoxon İşaretli Sıralama Testi için oluşturulan açıklayıcı istatistik (Descriptive Statistics) bölümünde ortalama (Mean), Standart Sapma (Std. Deviation), en küçük değer (minimum) ve en büyük değer (maximum) olarak qT1 ve T1 ağırlıklı (T1w) caudate, PFK, talamus, toplam beyin ve oransal veriler (B/X, C/X, D/X, I/L, J/L, K/L) verileri gösterilmiştir.

Tablo 4: Wilcoxon İşaretli Sıralama Testi'nda açıklayıcı istatistik verileri.

Descriptive Statistics					
	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Caudate_qt1 (B)	40	1903,10	389,128	1087	2858
PFK_qt1 (C)	40	1306,25	152,883	1042	1696
Talamus_qt1 (D)	40	2023,38	430,996	1320	3019
Beyin_qt1 (X)	40	1945578,00	37505,512	1900832	2022165
B/X	40	,00097893	,000203829	,000544	,001490
C/X	40	,00067155	,000079790	,000517	,000891
D/X	40	,00103963	,000217060	,000662	,001528
Caudate_T1w (I)	40	4797,50	851,459	2604	6067
PFK_T1w (J)	40	1148,08	98,116	964	1430
Talamus_T1w (K)	40	5865,63	658,364	4660	7511
Beyin_T1w (L)	40	1929164,80	14126,752	1898261	1963196
I/L	40	,00248543	,000435018	,001372	,003128
J/L	40	,00072838	,000845040	,000503	,005930
K/L	40	,00304058	,000341071	,002404	,003902

Tablo 5; negatif diziler qT1 caudate, PFK, talamus, tüm beyin B/X, C/X ve D/X hacim ölçüsü, T1 ağırlıklı caudate, PFK, talamus, tüm beyin I/L, J/L, K/L hacim ölçüsünden büyük değeri vermektedir. Pozitif diziler ise qT1 caudate, PFK, talamus, tüm beyin B/X, C/X, D/X hacim ölçüsü, T1 ağırlıklı caudate, PFK, talamus, tüm beyin I/L, J/L, K/L hacim ölçüsünden küçük değeri göstermektedir. Aynı zamanda negatif diziler (Negative Ranks) ve pozitif diziler (Positive Ranks)de dizilerin ortalaması (Mean, M) ve dizilerin toplamı (Sum of Ranks, SoR) gözlemlendi. Caudate_qT1-caudate_T1w negatif dizi (M = ,00 SoR = ,00); pozitif dizi (M = 20,50 SoR = 820,00) bulundu. PFK_qT1-PFK_T1w negatif dizi (M = 22, 85, SoR = 754,00); pozitif dizi (M = 9,43, SoR = 66,00) tespit edildi. Talamus_qT1-talamus_T1w negatif dizi (M = ,00, SoR = ,00); pozitif dizi (M = 20,50, SoR = 820,0) hesaplandı. Tüm beyin_qT1-tüm beyin_T1w negatif değer (M = 28,39, SoR = 511,00); pozitif dizi (M = 14,06, SoR = 112,50) gözlemlendi. B/X- I/L negatif dizi (M = ,00, SoR = ,00); pozitif dizi (M = 20,50 SoR = 820,00) saptandı. C/X- J/L negatif dizi (M = 22,11, SoR = 707,50); pozitif dizi (M = 14,06, SoR = 112,50) gözlemlendi. D/X- K/L negatif dizi (M = ,00, SoR = ,00); pozitif dizi (M = 20,50,

SoR = 820,00) hesaplandı. İki bölge olan qT1 ve T1w arasındaki ilişkiyi açıklanmıştır.

Tablo 5: Wilcoxon İşaretli Sıralama Testi'nde ranks.

Ranks		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Caudate_T1w (I) - Caudate_qt1 (B)	Negative Ranks	0 ^a	,00	,00
	Positive Ranks	40 ^b	20,50	820,00
	Ties	0 ^c		
	Total	40		
PFK_T1w (J) - PFK_qt1 (C)	Negative Ranks	33 ^d	22,85	754,00
	Positive Ranks	7 ^e	9,43	66,00
	Ties	0 ^f		
	Total	40		
Talamus_T1w (K) - Talamus_qt1 (D)	Negative Ranks	0 ^g	,00	,00
	Positive Ranks	40 ^h	20,50	820,00
	Ties	0 ⁱ		
	Total	40		
Beyin_T1w (L) - Beyin_qt1 (O)	Negative Ranks	18 ^j	28,39	511,00
	Positive Ranks	22 ^k	14,05	309,00
	Ties	0 ^l		
	Total	40		
I/L - B/X	Negative Ranks	0 ^m	,00	,00
	Positive Ranks	40 ⁿ	20,50	820,00
	Ties	0 ^o		
	Total	40		
J/L - C/X	Negative Ranks	32 ^p	22,11	707,50
	Positive Ranks	8 ^q	14,06	112,50
	Ties	0 ^r		
	Total	40		
K/L - D/X	Negative Ranks	0 ^s	,00	,00
	Positive Ranks	40 ^t	20,50	820,00
	Ties	0 ^u		
	Total	40		

- a. Caudate_T1w (I) < Caudate_qt1 (B)
b. Caudate_T1w (I) > Caudate_qt1 (B)
c. Caudate_T1w (I) = Caudate_qt1 (B)
d. PFK_T1w (J) < PFK_qt1 (C)
e. PFK_T1w (J) > PFK_qt1 (C)
f. PFK_T1w (J) = PFK_qt1 (C)
g. Talamus_T1w (K) < Talamus_qt1 (D)
h. Talamus_T1w (K) > Talamus_qt1 (D)
i. Talamus_T1w (K) = Talamus_qt1 (D)
j. Beyin_T1w (L) < Beyin_qt1 (O)
k. Beyin_T1w (L) > Beyin_qt1 (O)
l. Beyin_T1w (L) = Beyin_qt1 (O)
m. I/L < B/X
n. I/L > B/X
o. I/L = B/X
p. J/L < C/X
q. J/L > C/X
r. J/L = C/X
s. K/L < D/X
t. K/L > D/X
u. K/L = D/X

Normal dağılımın anlamlılık değerlerine göre hesaplanmasına izin veren t-test, Wilcoxon sıralı dizi testinde Z-skoruna dönüşerek SPSS'te çözümlenmektedir. Z-skoru (< -1.99) ve anlamlılık değeri (p<0,5) olan veriler, analiz edilmektedir.

Tablo 6, Z skoru-Anlamlılık değeri (Asym. Sig. (2-tail)) her bir bölgede gözlemlendi. Caudate_T1w-caudate_qT1 (Z = -5,511, Sig. = ,000) değerleri elde edildi. PFK_T1w-PFK_qT1 (Z = -4,624, Sig. = ,000) verileri görüldü. Talamus T1w-talamus_qT1 (Z = -5,511, Sig. = ,000) değerleri tespit edildi. Tüm beyin_T1w-tüm beyin_qT1 (Z = -1,358, Sig. = ,175) değerleri gözlemlendi. I/L-B/X (Z = -5,511,

Sig. = ,000) verileri bulundu. J/L-C/X (Z = -3,999, Sig. = ,000) veriler elde edildi. K/L-D/X (Z = -5,511, Sig = ,000) değerleri göstermektedir.

Tablo 6: Wilcoxon İşaretli Sıralama Testi'nde İstatistik.

Test Statistics ^c							
	Caudate_T1w (I) - Caudate_qt1 (B)	PFK_T1w (J) - PFK_qt1 (C)	Talamus_T1w (K) - Talamus_qt1 (D)	Beyin_T1w (L) - Beyin_qt1 (X)	I/L - B/X	J/L - C/X	K/L - D/X
Z	-5,511 ^a	-4,624 ^b	-5,511 ^a	-1,358 ^b	-5,511 ^a	-3,999 ^b	-5,511 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,175	,000	,000	,000
a. Based on negative ranks.							
b. Based on positive ranks.							
c. Wilcoxon Signed Ranks Test							

Bir diğer önemli parametre etki büyüklüğü (r) olup önceki çalışmalarla standart ölçümleri yapabilmek için Tablo 7 hazırlanmıştır.

Tablo 7: Etki büyüklüğü.

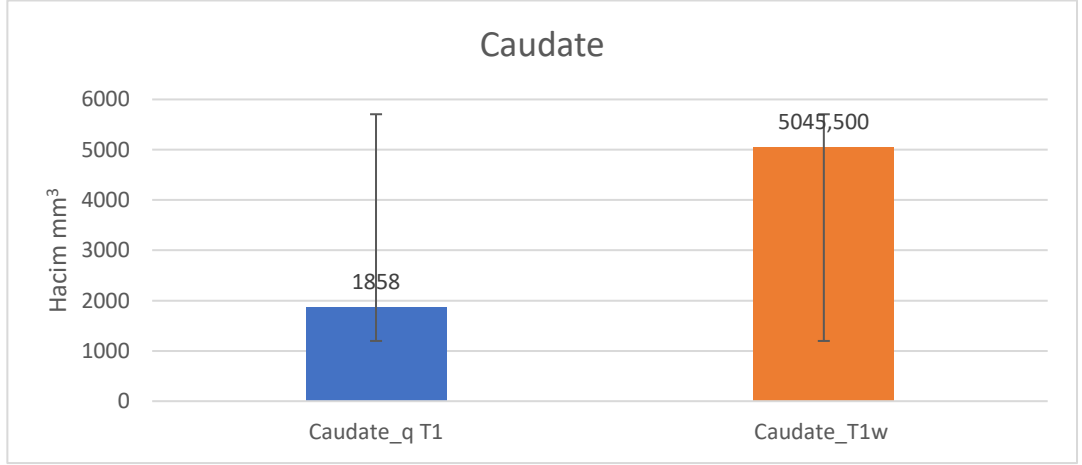
	Caudate_T1w- caudate_qT1	PFK_T1w- PFK_qT1	Talamus T1w- talamus_qT1	beyin_T1w- beyin_qT1	I/L-B/X	J/L-C/X	K/L-D/X
r	-0,871	-0,731	-0,871	-0,215	-0,871	-0,632	-0,871

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. BULGULAR

5.1. CAUDATE

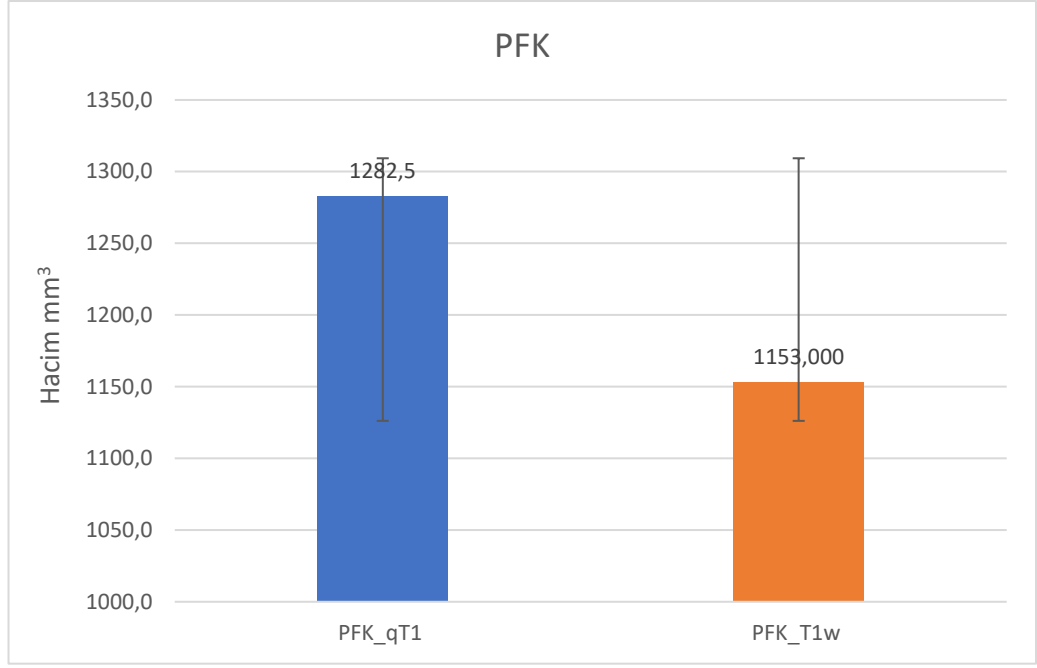
Çalışmamız doğrultusunda caudate_qT1-caudate_T1w bölgesel hacim arasında anlamlı farklılıklar bulunurken $M_{qT1} = 1858$, $M_{T1w} = 5045,5$, $Z = -5,511$, $r = -,871$ (Z-skoru $< -1,99$ ve $p < 0,05$) qT1’de çekim yapılan MR görüntüsü T1w görüntüsünden daha büyük hacimli MR görüntüsü negatif sıralama oluşturuldu. Şekil 5.1, ortanca değeri (Medyan, M) ve standart sapma değerini göstermektedir



Şekil 5.1: qT1 ve T1w görüntülerinden ölçülen caudate hacim ölçümleri.

5.2. PREFRONTAL KORTEKS

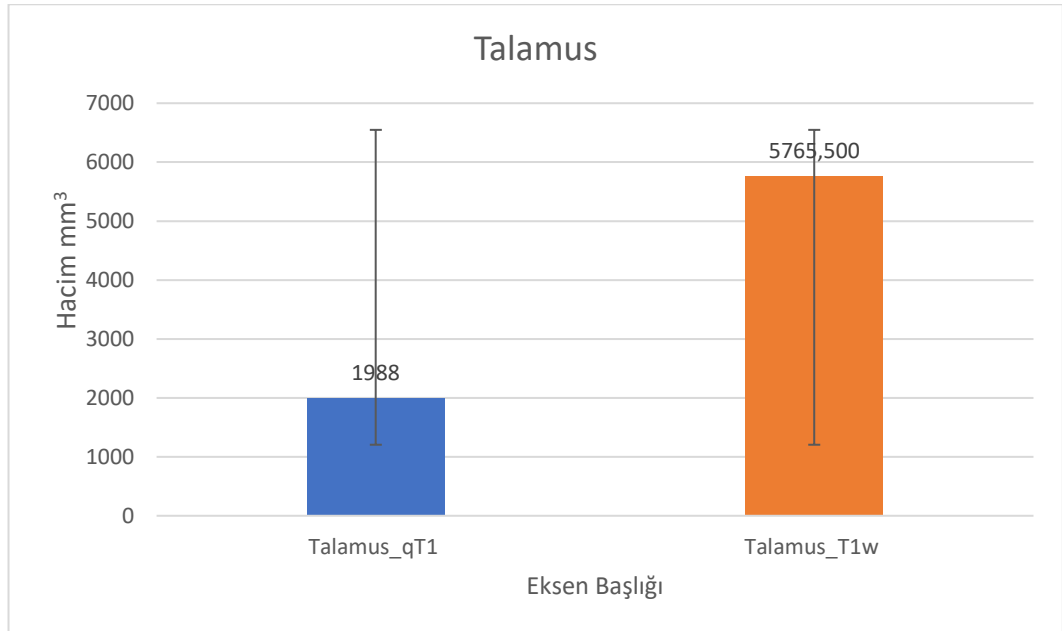
Bu çalışma doğrultusunda PFK_T1w-PFK_qT1 bölgesel hacim arasında anlamlı farklılıklar gözlemlenirken $M_{qT1} = 1282,5$, $M_{T1w} = 1153$, $Z = -4,624$, $r = -,731$ (Z-skoru $< -1,99$ ve $p < 0,05$) qT1’de çekim yapılan MR görüntüsü T1w görüntüsünden daha küçük hacimli MR görüntüsünde pozitif sıralama elde edildi. Şekil 5.2, ortanca değeri (Medyan, M) ve standart sapma değerini göstermektedir



Şekil 5.2: qt1 ve T1w görüntülerinden ölçülen PFK hacim ölçümleri.

5.3. TALAMUS

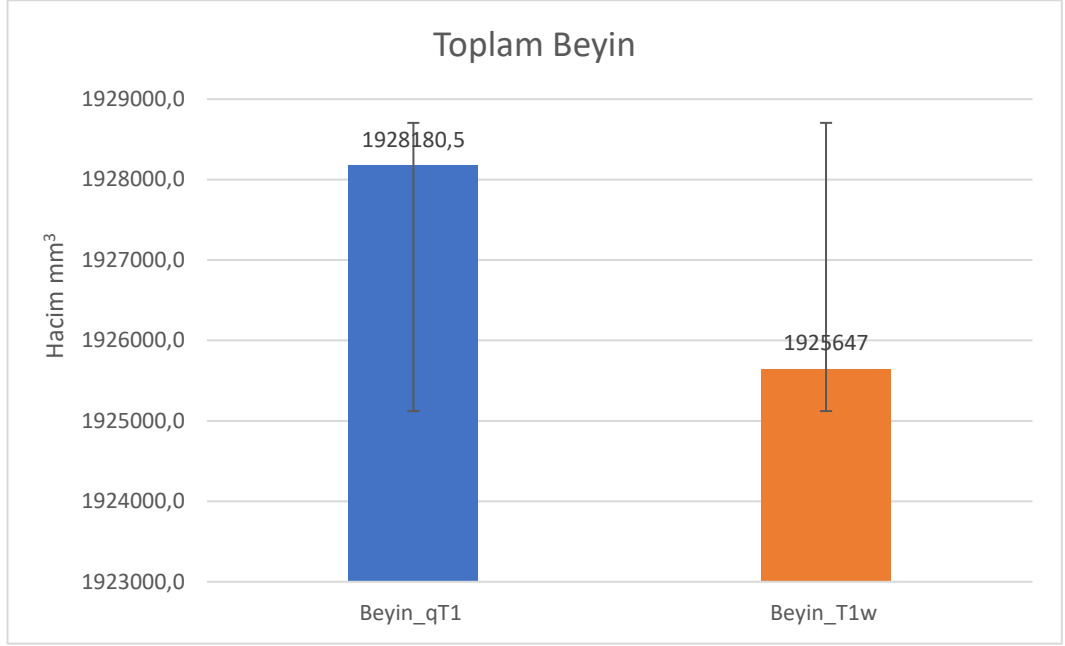
Çalışmamızda talamus_T1w-talamus_qT1 bölgesel hacim arasında anlamlı farklılıklar $M_{qT1} = 1988$, $M_{T1w} = 5765,5$, $Z = -5,511$, $r = -,871$ (Z-skoru $< -1,99$ ve $p < 0,05$) qT1’de çekim yapılan MR görüntüsünü T1w görüntüsünden büyük hacimli MR görüntüsünde negatif sıralama görüldü. Şekil 5.3, ortanca değeri (Medyan, M) ve standart sapma değerini göstermektedir



Şekil 5.3: qt1 ve T1w görüntülerinden ölçülen talamus hacim ölçümleri.

5.4. TOPLAM BEYİN

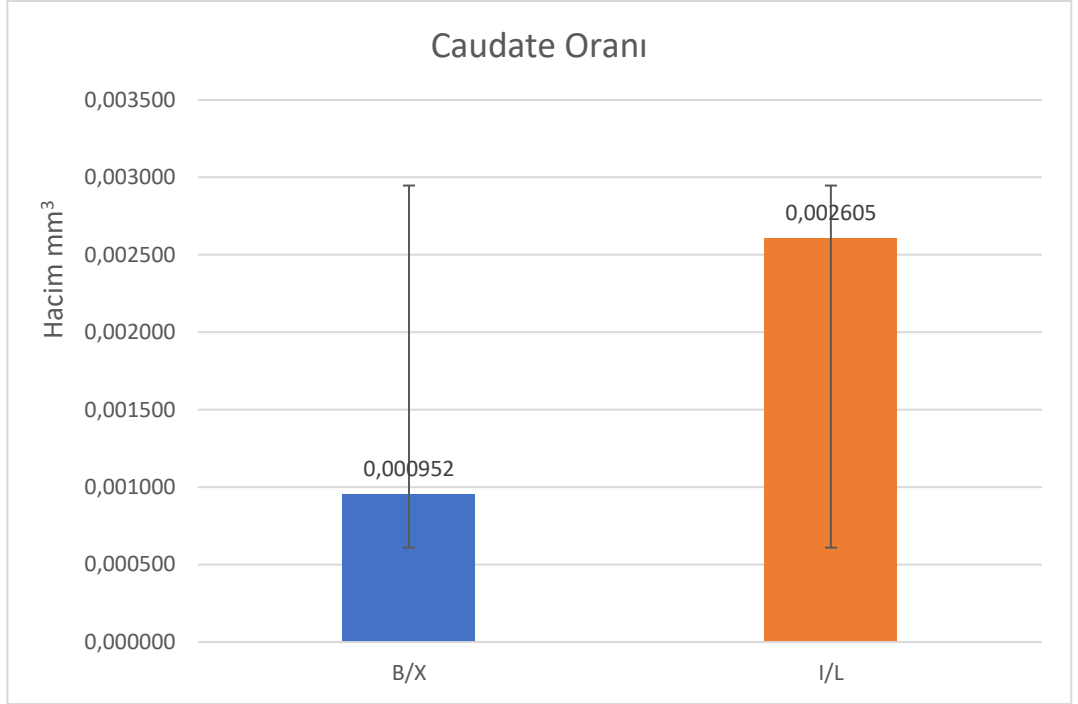
Bu çalışmada tüm beyin_T1w-tüm beyin_qT1 bölgesel hacim arasında anlamlı farklılıklar $M_{qT1} = 1928180,5$, $M_{T1w} = 1925647$ $Z = -1,358$, $r = -,215$ (Z-skoru $> -1,99$ ve $p > 0,05$) bulunamadı. Şekil 5.4, toplam beyinde ortanca değeri (Medyan, M) ve standart sapma değerini göstermektedir.



Şekil 5.4: qT1 ve T1w qt1 ve T1w görüntülerinden ölçülen beyin hacim ölçümleri.

5.5. CAUDATE ORAN

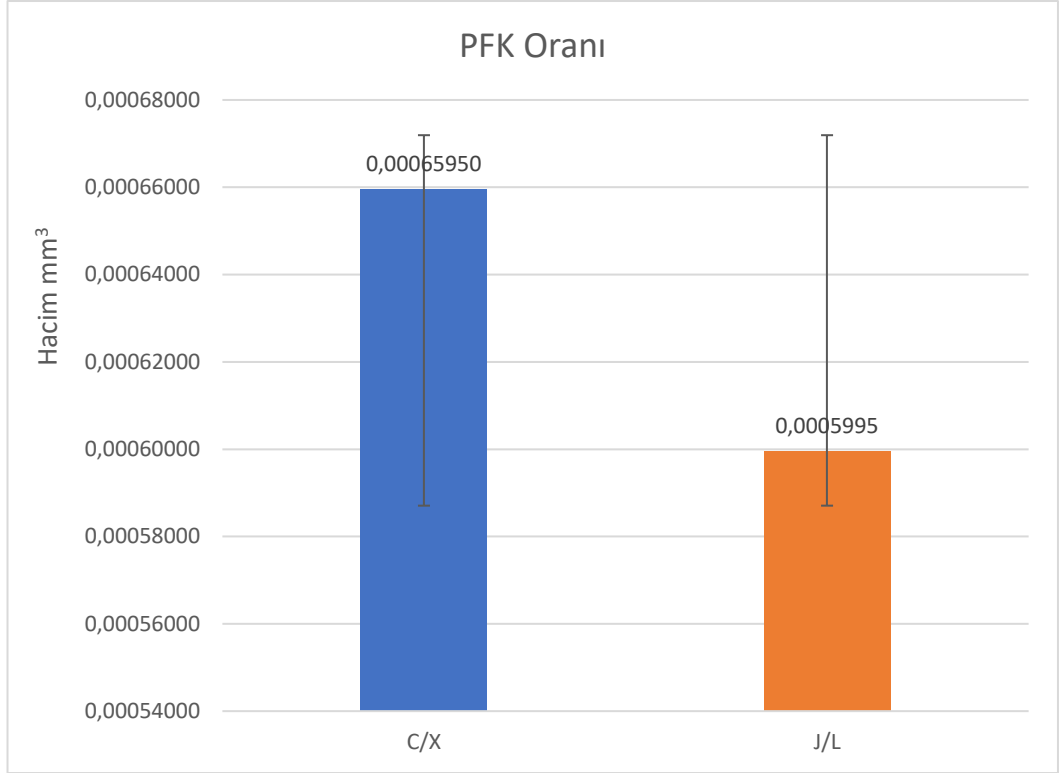
Bu çalışma doğrultusunda I/L-B/X oransal hacim arasında anlamlı farklılıklar $M_{qT1} = ,000952$, $M_{T1w} = ,002605$ $Z = -5,511$, $r = -,871$ (Z-skoru $< -1,99$ ve $p < 0,05$) qT1'de çekim yapılan MR görüntüsü T1w görüntüsünden büyük hacimli MR görüntüsünde negatif sıralama verdi. Şekil 5.5, caudate oranında ortanca değeri (Medyan, M) ve standart sapma değerini göstermektedir



Şekil 5.5: Caudate/toplam beyin oranında ölçülen hacim değerleri.

5.6. PREFRONTAL ORAN

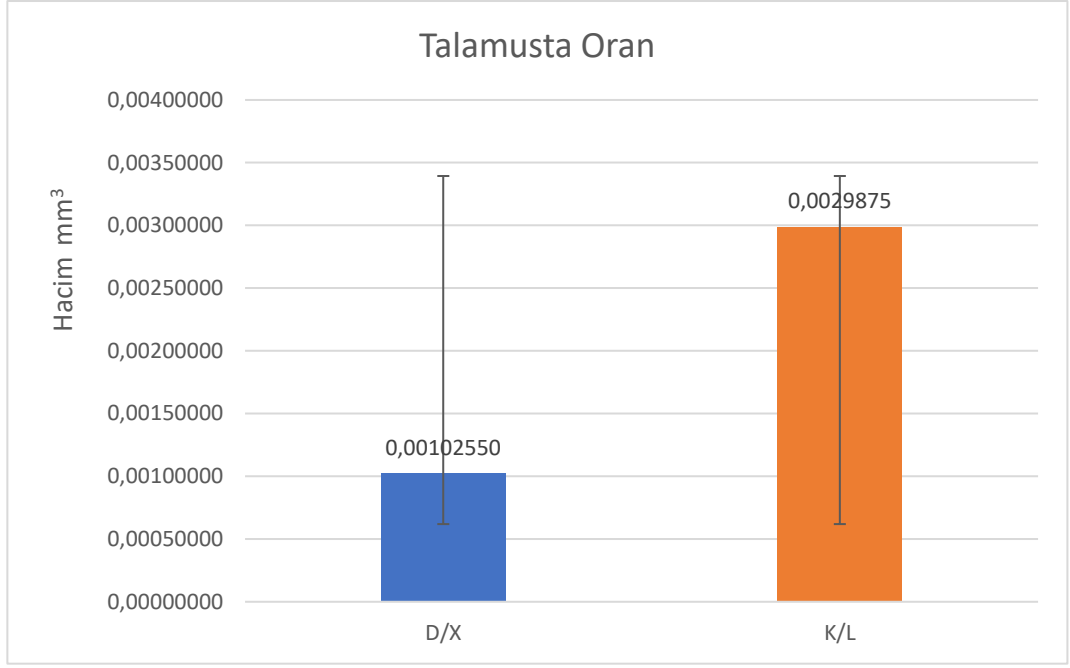
Bu çalışma doğrultusunda J/L-C/X oransal hacim arasında anlamlı farklılıklar $M_{qT1} = ,0006595$, $M_{T1w} = ,0005995$, $Z = -3,999$, $r = -,632$ (Z-skoru $< -1,99$ ve $p < 0,05$) qT1’de çekim yapılan MR görüntüsü T1w görüntüsünden küçük hacimli MR görüntüsünde pozitif sıralama çıktı. Şekil 5.6, PFK oranında ortanca değeri (Medyan, M) ve standart sapma çizgisini göstermektedir.



Şekil 5.6: PFK/toplam beyin oranında ölçülen hacim değerleri.

5.7. TALAMUS'TA ORAN

K/L-D/X oransal hacim arasında anlamlı farklılıklar ile $M_{qT1} = ,0010255$, $M_{T1w} = ,0029875$, $Z = -5,511$, $r = ,871$ (Z -skoru $< -1,99$ ve $p < 0,05$) $qT1$ 'de çekim yapılan MR görüntüsü T1w görüntüsünden büyük hacimli MR görüntüsü için negatif sıralamada sonuç alındı. Şekil 5.7, talamus oranda ortanca değeri (Medyan, M) ve standart sapma çizgisini göstermektedir



Şekil 5.7: Talamus/toplam beyin oranında ölçülen hacim değerleri.

ALTINCI BÖLÜM

6. TARTIŞMA

Bu çalışmada MR yapısal görüntüleme tekniklerinden olan nicel T1 görüntüleme sekansı qT1 ve T1 ağırlıklı MR görüntüleme yöntemi ile elde edilen görüntülerden hesaplanan hacimlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Bu çalışmada, aynı katılımcılardan elde edilen farklı sekanslarla çekilmiş MR görüntüleri incelendiğinde, aynı beyin bölgelerinin farklı hacimlere sahip olduğu ve bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu gösterilmiştir. Hacim ölçümleri sonucunda elde edilen veriler literatürde yapılan diğer çalışmalarla paralellik göstermiştir.

Daha önce yapılmış olan bir çalışmada şizofreni hastaları ve sağlıklı katılımcıların caudate ve talamus hacim ölçümleri yapılmıştır ve bu çalışmada önceki çalışmada bulunan kontrol grubu hacimlerine benzer sonuçlar bulunmuştur [46].

Daha önce yürütülen bir çalışmada şizofreni hastaları, kişilik bozukluğu olan katılımcılar ve kontrol grubunda tüm beyin hacmi ölçümü yapılmıştır ve kontrol grubunun toplam beyin hacmi bu çalışmadaki beyin hacminden küçük hacim elde edilmiştir [47]. Bu farklılığın bahsedilen çalışmadaki katılımcıların yaşları daha büyük olduğu için yaşlanmaya bağlı hacim azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı çalışmada, raporlanan kontrol grubu, talamus hacimleri bizim çalışmamızdaki bulgularla paralellik göstermektedir.

Unutkanlık şikâyeti olan hastalarla Alzheimer hastalığının karşılaşması sonucunda oluşturulan unutkanlık şikayeti olan grubun toplam beyin hacmi ile bu çalışmada yapılan beyin hacminden oldukça küçük olmasının sebebinin beyin omurilik sıvısının alınmadığı ve yaşa bağlı olduğu saptandı. Talamus ve caudate bölümü yaklaşık sonuç alındığı saptandı [48].

Şizofreni ve kontrol grubu ile veriler elde edilen çalışmada kontrol grubunun toplam beyin hacmi çalışmamızdan küçük bulunurken talamus benzer ölçümlere sahip olduğu tespit edildi [49].

MS hastalarında ve sağlıklı katılımcılarda beyin hacmi intrakraniyal ölçüm ile çalışıldığı için bu makaledeki sağlıklı katılımcıların toplam beyin hacmi

çalışmamızda hesaplanan toplam beyin hacminden küçük saptanmasına rağmen caudate ve talamus hacim ölçümleri benzerlik göstermektedir [50].

Şizofrenik kişilik bozukluğu olan kişilerle kontrol grubu karşılaştırılan çalışmada, beyin hacmi ölçüsü beyin omurilik sıvısını içermediğinden dolayı toplam beyin hacmi kontrol grubunda toplam beyin hacmi bu çalışmadaki toplam beyin hacminden küçük olduğu belirlenmiştir. Caudate hacminde, yaklaşık hacim ölçüsü bulunmaktadır [51].

Sağlıklı genç ve yaş almış katılımcılarla oluşturulan hacim ölçümleri toplam beyin, beyin omurilik sıvısını kapsamadığından dolayı genç grubunda bulunan hacim değerleri bu çalışmadaki toplam beyin hacminden küçük bulunmuştur. Aynı zamanda, caudate hacminde çalışmamızdaki caudate hacim ölçüsüne benzer olduğu görülmüştür. [52].

Alzheimer hastalığı ve kontrol grubu ile çalışılan caudate hacim ölçümünde kontrol grubunun hacim değeri bu çalışma sonuçlarına benzer ölçümler kaydedildi [53]

Üç farklı yaş grubu (genç, orta yaşlı ve yaş alan) ile zekâ (IQ) çalışmasında, zekânın ölçümünde caudate hacminin nasıl etkilendiği ile analiz edilen orta yaşlı grubun hacim bulguları ile çalışmamızda bulunan caudate hacim ölçümü yaklaşık olarak gözlemlenmiştir [54].

Psikotropik hastalar ile kontrol grubu ile çalışılan toplam beyin hacim ölçümü bu çalışmadaki toplam beyin hacminden küçük bulunmuştur. Yaşa bağlı olarak PFK hacim ölçümünde çalışmamıza göre büyük ölçekte farklı hacim değeri saptandı[55]. Bu farklılık çalışmamızda prefrontal korteksin parçası olan DKD_DESAI_MPM haritası kullanılarak hazırlanan frontal pole çalışılarak bulundu.

Alkolik katılımcılar kontrol grubunda bulunan katılımcılar arasında çalışılan kontrol grubunun PFK hacim ölçümünde, toplam beyin çalışmamızdaki beyin hacminden küçük çıkmasıyla beraber PFK hacim ölçümü normal olarak bulundu [56].

Depresyon hastaları ile sağlıklı katılımcılar için bulunan PFK hacim ölçümünde sağlıklı katılımcıların PFK değerleri çalışmamızdan büyük olmasının sebebi çalışmamızda farklı haritalarda çalışılarak elde edilmesidir [57].

Kronik yorgunluk sendromu ile kontrol grubu karşılaştırılması yapılan çalışmada ise kontrol grubunda açıklanan PFK hacim ölçüsü bu çalışmada ölçülen ile benzerlik göstermektedir [58].

Şizofreni ve kontrol grubu ile oluşturulan kontrol grubunun PFK hacim ölçümü değeri çalışmamızla benzer nitelikler saptandı [59]. Benzer diğer bir çalışmada ise kontrol grubunun PFK hacim ölçüsü bulduğumuz ölçümler ile benzer veriler elde edildi[60].

Fibromiyalji hastaları ile sağlıklı katılımcıların beyin hacimlerinin karşılaştırıldığı çalışmada bulunan PFK, sağlıklı katılımcıların PFK hacim ölçümleri ile çalışmamızda bulunan hacim ölçümüne benzer değerler saptandı [61].

SONUÇ

Bu çalışmada merkezi sinir sisteminin parçası olan beyin yapısı incelendi. Beynin özellikleri olan gri madde ve ak madde, girus-sulkus, serebral yarı küreler korteks incelendi. Beynin bölümlerinden ön lob, caudate ve talamus çalışıldı.

Çalışma kapsamında manyetik rezonans görüntüleme incelenen manyetizma, rezonans, relaksasyon, MR'da görüntü oluşumu ve çeşitleri, MR'ın avantajları ve dezavantajları açıklandı.

Araştırılan çalışmalar ile beyin MR görüntüsünün incelenmesi amacımız doğrultusunda sağlıklı beyin normalizasyon yapılan hacim ölçümlerinin araştırılması yapılarak normal beyin milimetrik hesaplama ile sağlıklı beyinde normal veriler elde edildi. Sağlıklı beyin MR görüntüsü incelenirken kullanılarak yapısal MR tekniği olan qT1 ve T1 ağırlıklı MR görüntülerini analiz etmek için FSL ve AFNI kullanıldı. Kullanılacak olan programların kurulumu ubuntu_18 üzerinden tamamlandı ve veri setine erişildi. Veri setinde prefrontal korteks, caudate, talamus ve toplam beyin maskeleri oluşturulup hacim değerleri SPSS programında analiz edildi. Caudate ve talamus hacim ölçümünde T1 ağırlıklı görüntü daha büyük sonuç vermesine rağmen PFK hacim ölçümünde ise qT1 MR görüntüsü daha büyük ölçüm gözlemlendi. Toplam beyin hacminde ise qT1 ve T1 ağırlıklı MR görüntüsü arasında fark saptanmadı. Bulunan toplam beyin hacim ölçümleri literatürde karşılaştırılan hacim ölçüsünden daha büyük olduğu beyin omurilik sıvısı hacminin incelenmeye katılmadığı ve yaşa bağlı olduğu gözlemlendi. Buna rağmen talamus ve caudate hacim ölçümleri literatürde yapılan çalışmalarla uyumluluk gösterdi. Prefrontal korteks için literatürde araştırılan makalelerde büyük hacim çıkması farklı atlasların kullanılması olarak tespit edildi.

Gelecekte yapılacak çalışmalar qT1 ve T1 ağırlıklı MR görüntüsünün karşılaştırılmasında haritalandırma yöntemini araştırabilirler.

Kısıtlılıkta veri setinde kız erkek ayrımının olmaması ve AFNI programının çok geç açılma ve donma ile karşılaşma oluşturmaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] “Central Nervous System: brain and spinal cord - Queensland Brain Institute - University of Queensland.” Accessed: May 04, 2023. [Online]. Available: <https://qbi.uq.edu.au/brain/brain-anatomy/central-nervous-system-brain-and-spinal-cord>
- [2] “Your Brain Structure – What is the Brain Made Of?” Accessed: May 04, 2023. [Online]. Available: <https://www.developinghumanbrain.org/brain-structure/>
- [3] E. Üngüren, A. Alaaddin, and K. Ü University, “Beynin Nöroanatomik ve Nörokimsiyal Yapısının Kişilik ve Davranış Üzerindeki Etkisi The Impact of Neuroanatomical and Neurochemical Structure of Brain on Personality and Behavior,” 2015. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/331135839>
- [4] M. Jenkinson and M. Chappell, *Short introduction to Brain Anatomy for Neuroimaging*. OXFORD NEUROIMAGING. Accessed: Jun. 17, 2023. [Online]. Available: <https://www.fmrib.ox.ac.uk/primers/appendices/anatomy.pdf>
- [5] D. Rıza SONKAYA Nöroloji Anabilim Dalı, “SİNİR SİSTEMİ ANATOMİSİ, FİZYOLOJİSİ ve HASTALIKLARI.”
- [6] “The Central Nervous System: Structure and Function - Per Brodal - Google Kitaplar,” oxford university press. Accessed: May 04, 2023. [Online]. Available: https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=WdATFQ0YUrMC&oi=fnd&pg=PR7&dq=explain+of+brain+structure+and+function&ots=TVv4oiNCYU&sig=cDfKfcXZzIhydOgpwc0k5Gf7xxE&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- [7] “Brain Hemispheres – General Psychology.” Accessed: May 06, 2023. [Online]. Available: <https://pressbooks.online.ucf.edu/lumenpsychology/chapter/the-brain-and-spinal-cord/>
- [8] S. Pençe, “Serebral Lateralizasyon,” vol. 7, no. 3, pp. 120–125, 2000.
- [9] “Brain anatomy, Anatomy of the human brain | Mayfield Brain & Spine Cincinnati, Ohio.” Accessed: May 07, 2023. [Online]. Available: <https://mayfieldclinic.com/pe-anatbrain.htm>
- [10] “125182e0792a83fd8109cf8fbc1accd6.jpg (250×238).” Accessed: May 07, 2023. [Online]. Available: <https://i.pinimg.com/originals/12/51/82/125182e0792a83fd8109cf8fbc1accd6.jpg>
- [11] E. Üniversitesi, T. Fakültesi, B. Ve, S. Cerrahisi, A. Dalı, and T. Nöroşir, “Kranial ve Servikal Genel Anatomisi ve Anatomik Landmarklar Cranial and Cervical General Anatomy and Anatomical Landmarks,” *Türk Nöroşir Dergisi*, vol. 30, pp. 9–17, Nov. 2019.
- [12] “Brain Structures and Their Functions | New Health Advisor.” Accessed: May 04, 2023. [Online]. Available: <https://www.md-health.com/Parts-Of-The-Brain-And-Function.html>

- [13] “Parietal Lobe: Function, Location, and Structure.” Accessed: Jan. 01, 2024. [Online]. Available: <https://www.spinalcord.com/parietal-lobe>
- [14] “Human Brain Structure.” Accessed: May 04, 2023. [Online]. Available: <https://www.news-medical.net/health/Human-Brain-Structure.aspx>
- [15] M. Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Eğitimi Anabilim Dalı and M. Bal, “2-14 YAŞ KADIN HENTBOLCULARIN TEKNİK ÖZELLİKLERİNİN TRANSFER ETKİSİ YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ,” 2019.
- [16] M. Jenkinson and M. Chappell, *Short introduction MRI Physics for neuroimaging*. OXFORD NEUROIMAGING. Accessed: Jun. 17, 2023. [Online]. Available: https://www.fmrib.ox.ac.uk/primers/appendices/mri_physics.pdf
- [17] “Temporal Lobe: Structure and Functions (with Images) | Life Persona.” Accessed: Jan. 01, 2024. [Online]. Available: <https://www.lifepersona.com/temporal-lobe-structure-and-functions-with-images>
- [18] Y. Xia, K. Bettinger, L. Shen, and A. L. Reiss, “Automatic segmentation of the caudate nucleus from human brain MR images,” *IEEE Trans Med Imaging*, vol. 26, no. 4, 2007, doi: 10.1109/TMI.2006.891481.
- [19] Ö. Daniş and D. Ayşe OGAN, “GENETİK ABSANS EPİLEPSİ (GAERS) DENEYSEL MODELİNDE TALAMUS VE KORTEKS PROTEOMLARININ PROFİLLENDİRİLMESİ DOKTORA TEZİ KİMYA ANABİLİM DALI BİYOKİMYA PROGRAMI,” İstanbul, 2010.
- [20] O. Algın, A. Ç. Özen, and E. Atalar, “MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME FİZİĞİ.”
- [21] Z. Yüksel, “Derleme (Review) MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME FİZİK TEMELLERİ VE SİSTEM BİLEŞENLERİ,” *Black Sea Journal of Engineering and Science*, vol. 2, no. 2, pp. 57–65, 2019, [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0001-7880-156X>
- [22] “(PDF) TEMEL MRG FİZİĞİ - turkrad.org.tr · • T1 ve T2 relaksasyonları, aynı anda başlayıp birlikte devam eden, ancak devam etme süreleri birbirinden farklı olan süreçlerdir - DOKUMEN.TIPS.” Accessed: May 17, 2023. [Online]. Available: <https://dokumen.tips/documents/temel-mrg-fizigi-t1-ve-t2-relaksasyonlari-ayni-anda-baslayip-birlikte.html?page=65>
- [23] “BİYOMEDİKAL CİHAZ TEKNOLOJİLERİ MR FONKSİYON TESTİ 523EO0234,” 2012.
- [24] G. Fitzmaurice *et al.*, “Chapman & Hall/CRC Handbooks of Modern Statistical Methods Series Editor Aims and Scope Published Titles Handbook of Mixed Membership Models and Their Applications Edited by Edoardo M Handbook of Discrete-Valued Time Series Edited.”
- [25] “MRI physics of T1 and T2.” Accessed: Jun. 19, 2023. [Online]. Available: <https://mrimaster.com/characterise%20physics.html>

- [26] “MRI Basics.” Accessed: Jun. 19, 2023. [Online]. Available: <https://case.edu/med/neurology/NR/MRI%20Basics.htm>
- [27] “Glial Tümörlerin Susceptibility Weighted Imaging (SWI) Tekniği Kullanılarak Gradelendirilmesi, Perfüzyon Mr ve Patolojik Grade İle Karşılaştırılması - ProQuest.” Accessed: Jun. 19, 2023. [Online]. Available: <https://www.proquest.com/docview/2606865540?fromopenview=true&pq-origsite=gscholar>
- [28] “3 MAGNETOM Flash · 2/2013 · www.siemens.com/magnetom-world”, Accessed: May 23, 2023. [Online]. Available: www.siemens.com/magnetom-world
- [29] A. N. Dula, D. F. Gochberg, and M. D. Does, “Optimal echo spacing for multi-echo imaging measurements of Bi-exponential T2 relaxation,” *Journal of Magnetic Resonance*, vol. 196, no. 2, pp. 149–156, Feb. 2009, doi: 10.1016/J.JMR.2008.11.002.
- [30] “Ters çevirme süresi | inversiyon süresinin tanımı tarafından Tıp sözlüğü.” Accessed: May 23, 2023. [Online]. Available: <https://medical-dictionary.thefreedictionary.com/inversion+time>
- [31] G. Delso, A. Martinez-Möller, R. A. Bundschuh, S. G. Nekolla, and S. I. Ziegler, “The effect of limited MR field of view in MR/PET attenuation correction,” *Med Phys*, vol. 37, no. 6Part1, pp. 2804–2812, Jun. 2010, doi: 10.1118/1.3431576.
- [32] B. A. Jung and M. Weigel, “Spin echo magnetic resonance imaging,” *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, vol. 37, no. 4, pp. 805–817, Apr. 2013, doi: 10.1002/JMRI.24068.
- [33] M. S. Cohen, “Echo-planar imaging (EPI) and functional MRI”, Accessed: May 26, 2023. [Online]. Available: <http://thelonius.loni.ucla.edu/Papers/EPI-fMRI.html>
- [34] X. Hong, X. V. To, I. Teh, J. R. Soh, and K. H. Chuang, “Evaluation of EPI distortion correction methods for quantitative MRI of the brain at high magnetic field,” *Magn Reson Imaging*, vol. 33, no. 9, pp. 1098–1105, Nov. 2015, doi: 10.1016/J.MRI.2015.06.010.
- [35] R. R. Cruces *et al.*, “Micapipe: A pipeline for multimodal neuroimaging and connectome analysis,” *Neuroimage*, vol. 263, 2022, doi: 10.1016/j.neuroimage.2022.119612.
- [36] N. D. DiProspero, S. Kim, and M. A. Yassa, “Magnetic resonance imaging biomarkers for cognitive decline in Down syndrome,” *The Neurobiology of Aging and Alzheimer Disease in Down Syndrome*, pp. 149–172, Jan. 2021, doi: 10.1016/B978-0-12-818845-3.00014-1.
- [37] N. KARABAY, “Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme ve Klinik Kullanım Alanları,” *Türkiye Klinikleri Radyoloji - Özel Konular*, vol. 7, no. 2, pp. 88–95, 2014, Accessed: May 29, 2023. [Online]. Available: <https://www.turkiyeklinikleri.com/article/tr-fonksiyonel-manyetik-rezonans-goruntuleme-ve-klinik-kullanim-alanlari-69598.html>

- [38] J. Royer *et al.*, “An Open MRI Dataset For Multiscale Neuroscience,” *Sci Data*, vol. 9, no. 1, 2022, doi: 10.1038/s41597-022-01682-y.
- [39] “OSF | MICA-MICs: a dataset for Microstructure-Informed Connectomics.” Accessed: May 26, 2023. [Online]. Available: <https://osf.io/j532r/>
- [40] “How to use FSL brain extraction. One of the most common tools in brain... | by Taylor Hanayik | Selective Sapience | Medium.” Accessed: Jun. 28, 2023. [Online]. Available: <https://medium.com/selective-sapience/how-to-use-fsl-brain-extraction-9a83aa100796>
- [41] “First-level analyses (using FSL) — NI-edu.” Accessed: Jun. 28, 2023. [Online]. Available: https://lukas-snoek.com/NI-edu/fMRI-introduction/week_5/first_level_analyses.html
- [42] F. P. M. Oliveira and J. M. R. S. Tavares, “Medical image registration: A review,” *Comput Methods Biomech Biomed Engin*, vol. 17, no. 2, pp. 73–93, 2014, doi: 10.1080/10255842.2012.670855.
- [43] I. Despotović, B. Goossens, and W. Philips, “MRI segmentation of the human brain: Challenges, methods, and applications,” *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, vol. 2015, 2015. doi: 10.1155/2015/450341.
- [44] “Andy’s Brain Blog: FSL Tutorial 8: FAST.” Accessed: Jun. 29, 2023. [Online]. Available: <https://andysbrainblog.blogspot.com/2012/10/fsl-tutorial-8-fast.html>
- [45] L. Sun, W. Shao, D. Zhang, and M. Liu, “Anatomical Attention Guided Deep Networks for ROI Segmentation of Brain MR Images,” *IEEE Trans Med Imaging*, vol. 39, no. 6, pp. 2000–2012, Jun. 2020, doi: 10.1109/TMI.2019.2962792.
- [46] R. E. Gur, V. Maany, P. D. Mozley, C. Swanson, W. Bilker, and R. C. Gur, “Subcortical MRI volumes in neuroleptic-naive and treated patients with schizophrenia,” *American Journal of Psychiatry*, vol. 155, no. 12, 1998, doi: 10.1176/ajp.155.12.1711.
- [47] E. A. Hazlett *et al.*, “Three-dimensional analysis with MRI and PET of the size, shape, and function of the thalamus in the schizophrenia spectrum,” *American Journal of Psychiatry*, vol. 156, no. 8, 1999, doi: 10.1176/ajp.156.8.1190.
- [48] L. W. De Jong *et al.*, “Strongly reduced volumes of putamen and thalamus in Alzheimer’s disease: An MRI study,” *Brain*, vol. 131, no. 12, 2008, doi: 10.1093/brain/awn278.
- [49] E. M. Kemether *et al.*, “Magnetic resonance imaging of mediodorsal, pulvinar, and centromedian nuclei of the thalamus in patients with schizophrenia,” *Arch Gen Psychiatry*, vol. 60, no. 10, 2003, doi: 10.1001/archpsyc.60.9.983.
- [50] S. Batista *et al.*, “Basal ganglia, thalamus and neocortical atrophy predicting slowed cognitive processing in multiple sclerosis,” *J Neurol*, vol. 259, no. 1, 2012, doi: 10.1007/s00415-011-6147-1.
- [51] J. J. Levitt *et al.*, “MRI study of caudate nucleus volume and its cognitive correlates in neuroleptic-naive patients with schizotypal personality disorder,” *American*

- Journal of Psychiatry*, vol. 159, no. 7, pp. 1190–1197, Jul. 2002, doi: 10.1176/APPI.AJP.159.7.1190/ASSET/IMAGES/LARGE/K617F3.JPEG.
- [52] A. Abedelahi, H. Hasanzadeh, H. Hadizadeh, and M. T. Joghataie, “Morphometric and volumetric study of caudate and putamen nuclei in normal individuals by MRI: Effect of normal aging, gender and hemispheric differences,” *Pol J Radiol*, vol. 78, no. 3, 2013, doi: 10.12659/PJR.889364.
- [53] R. Elshafey *et al.*, “Hippocampus, caudate nucleus and entorhinal cortex volumetric MRI measurements in discrimination between Alzheimer’s disease, mild cognitive impairment, and normal aging,” *The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*, vol. 45, no. 2, pp. 511–518, Jun. 2014, doi: 10.1016/J.EJRN.2013.12.011.
- [54] R. G. Grazioplene, S. G. Ryman, J. R. Gray, A. Rustichini, R. E. Jung, and C. G. Deyoung, “Subcortical intelligence: Caudate volume predicts IQ in healthy adults,” *Hum Brain Mapp*, vol. 36, no. 4, p. 1407, Apr. 2015, doi: 10.1002/HBM.22710.
- [55] C. L. Nolan *et al.*, “Prefrontal Cortical Volume in Childhood-Onset Major Depression: Preliminary Findings,” *Arch Gen Psychiatry*, vol. 59, no. 2, pp. 173–179, Feb. 2002, doi: 10.1001/ARCHPSYC.59.2.173.
- [56] K. L. Medina, T. McQueeny, B. J. Nagel, K. L. Hanson, A. D. Schweinsburg, and S. F. Tapert, “Prefrontal cortex volumes in adolescents with alcohol use disorders: Unique gender effects,” *Alcohol Clin Exp Res*, vol. 32, no. 3, pp. 386–394, Mar. 2008, doi: 10.1111/j.1530-0277.2007.00602.x.
- [57] R. S. Hastings, R. V. Parsey, M. A. Oquendo, V. Arango, and J. J. Mann, “Volumetric Analysis of the Prefrontal Cortex, Amygdala, and Hippocampus in Major Depression,” *Neuropsychopharmacology 2004 29:5*, vol. 29, no. 5, pp. 952–959, Nov. 2003, doi: 10.1038/sj.npp.1300371.
- [58] F. P. De Lange *et al.*, “Increase in prefrontal cortical volume following cognitive behavioural therapy in patients with chronic fatigue syndrome,” *Brain*, vol. 131, no. 8, pp. 2172–2180, Aug. 2008, doi: 10.1093/BRAIN/AWN140.
- [59] V. B. Raju *et al.*, “The frontal pole and cognitive insight in schizophrenia,” *Psychiatry Res Neuroimaging*, vol. 308, p. 111236, Feb. 2021, doi: 10.1016/J.PSYCHRESNS.2020.111236.
- [60] A. Prasannakumar *et al.*, “Relation between frontal pole volumes and cognitive insight in Schizophrenia,” *Asian J Psychiatr*, vol. 76, p. 103204, Oct. 2022, doi: 10.1016/J.AJP.2022.103204.
- [61] K. T. Martucci, N. Borg, K. H. MacNiven, B. Knutson, and S. C. Mackey, “Altered prefrontal correlates of monetary anticipation and outcome in chronic pain,” *Pain*, vol. 159, no. 8, p. 1494, 2018, doi: 10.1097/J.PAIN.0000000000001232.

EKLER

Tablo 1E: qT1 beyin MR görüntüsü ve ilgili bölgede hacim ölçümü, ortalama ve standart sapma.

Katılımcı	qT1 (mm ³)						
	Caudate_q T1 (B)	PFK_q T1 (C)	Talamus_ qT1 (D)	Beyin_q T1 (X)	Oran		
					B/X	C/X	D/X
1	1855	1291	3019	1975690	0,00093 9	0,00065 3	0,00152 8
2	2590	1346	2053	1927088	0,00134 4	0,00069 8	0,00106 5
3	2048	1156	1925	1936650	0,00105 7	0,00059 7	0,00099 4
4	2044	1310	2070	1924703	0,00106 2	0,00068 1	0,00107 5
5	2674	1489	2049	1904750	0,00140 4	0,00078 2	0,00107 6
6	2039	1202	2837	1917575	0,00106 3	0,00062 7	0,00147 9
7	1821	1452	2458	1907060	0,00095	0,00075 7	0,00128 2
8	2236	1108	1573	1945348	0,00114 9	0,00057	0,00080 9
9	1861	1235	2593	2001134	0,00093	0,00061 7	0,00129 6
10	2342	1128	2185	1915249	0,00122 3	0,00058 9	0,00114 1
11	1087	1443	1463	1998891	0,00054 4	0,00072 2	0,00073 2
12	1756	1177	1796	1927991	0,00091 1	0,00061	0,00093 2
13	1673	1228	1933	1925847	0,00086 9	0,00063 8	0,00100 4

14	1600	1237	1611	1932711	0,00082 8	0,00064	0,00083 4
15	1929	1542	2777	2022165	0,00095 4	0,00076 3	0,00137 3
16	2289	1176	2908	2020922	0,00113 3	0,00058 2	0,00143 9
17	2180	1195	1835	1990819	0,00109 5	0,0006	0,00092 2
18	2041	1376	1573	2016574	0,00101 2	0,00068 2	0,00078
19	1167	1113	1836	1920869	0,00060 8	0,00057 9	0,00095 6
20	1511	1237	1851	1927865	0,00078 4	0,00064 2	0,00096
21	1728	1405	2109	1935324	0,00089 3	0,00072 6	0,00109
22	1889	1281	1831	1922068	0,00098 3	0,00066 6	0,00095 3
23	1438	1463	1569	1935008	0,00074 3	0,00075 6	0,00081 1
24	1445	1264	1320	1994069	0,00072 5	0,00063 4	0,00066 2
25	1927	1222	1733	1928370	0,00099 9	0,00063 4	0,00089 9
26	1699	1476	2237	1954632	0,00086 9	0,00075 5	0,00114 4
27	2373	1645	1773	1935265	0,00122 6	0,00085	0,00091 6
28	2288	1533	2270	1992987	0,00114 8	0,00076 9	0,00113 9
29	2197	1196	2494	1936179	0,00113 5	0,00061 8	0,00128 8
30	1615	1409	1743	1918301	0,00084 2	0,00073 5	0,00090 9
31	2210	1284	2062	1913311	0,00115 5	0,00067 1	0,00107 8

32	1466	1398	1496	1995537	0,000735	0,000701	0,00075
33	1599	1104	1544	1900832	0,000841	0,000581	0,000812
34	1536	1470	2475	1924261	0,000798	0,000764	0,001286
35	1996	1070	1426	1923276	0,001038	0,000556	0,000741
36	1795	1696	1847	1903290	0,000943	0,000891	0,00097
37	1850	1248	1675	1931954	0,000958	0,000646	0,000867
38	1597	1042	2240	2016116	0,000792	0,000517	0,001111
39	1669	1382	2349	1921813	0,000868	0,000719	0,001222
40	2463	1320	2284	1920815	0,001282	0,000687	0,001189
Ortanca	1858	1282,5	1988	1928180,5	0,000952	0,00065950	0,00102550
Sdt_S	389,128	152,883	430,996	37505,5120	0,00203829	0,00007979	0,00021706

Tablo 2E: T1 ağırlıklı beyin MR görüntüsü ve ilgili bölgede hacim ölçümü, standart sapma ve ortalama.

Katılımcı	T1w (mm ³)						
	Caudate_T1w (I)	PFK_T1w (J)	Talamus_T1w (K)	Beyin_T1w (L)	Oran		
					I/L	J/L	K/L
1	3027	1154	5733	1926418	0,001571	0,000599	0,002976
2	5398	1167	5722	1938486	0,002785	0,000602	0,002952
3	5457	1154	6020	1944849	0,002806	0,000593	0,003095
4	5219	1291	5433	1919628	0,002719	0,000673	0,00283
5	4297	1152	5031	1918488	0,00224	0,0006	0,002622
6	3904	1128	5635	1925672	0,002027	0,000586	0,002926
7	3887	1212	5397	1917326	0,002027	0,000632	0,002815
8	4581	1168	5124	1929073	0,002375	0,000605	0,002656
9	4134	1139	6966	1919222	0,002154	0,000593	0,00363
10	5746	1140	5262	1924142	0,002986	0,000592	0,002735
11	6067	1006	6585	1939402	0,003128	0,000519	0,003395

12	4974	1108	5655	1939391	0,002565	0,000571	0,002916
13	5134	1238	5601	1927585	0,002663	0,000642	0,002906
14	5862	1121	5340	1932322	0,003034	0,00058	0,002764
15	4591	1053	5837	1915144	0,002397	0,00055	0,003048
16	4563	1055	6421	1955633	0,002333	0,000539	0,003283
17	5218	1234	6640	1947918	0,002679	0,000633	0,003409
18	4994	985	5464	1956562	0,002552	0,000503	0,002793
19	5548	1082	6393	1925622	0,002881	0,000562	0,00332
20	5649	1005	6771	1942275	0,002908	0,000517	0,003486
21	5358	1231	5009	1946990	0,002752	0,000632	0,002573
22	2678	964	5367	1914624	0,001399	0,000503	0,002803
23	3220	1020	5158	1919442	0,001678	0,000531	0,002687
24	4678	1199	5820	1924806	0,00243	0,000623	0,003024
25	5131	1135	5378	1937090	0,002649	0,000586	0,002776
26	5991	1128	6154	1969227	0,003042	0,000573	0,003125
27	5445	1375	5657	1946312	0,002798	0,000706	0,002907
28	4916	1146	6923	1941605	0,002532	0,00059	0,003566
29	5552	1072	6149	1922465	0,002888	0,000558	0,003198
30	5471	1157	7250	1923611	0,002844	0,000601	0,003769
31	5393	1360	5798	1917824	0,002812	0,000709	0,003023
32	5464	1210	4660	1938301	0,002819	0,000624	0,002404
33	3741	1217	5196	1921211	0,001947	0,000633	0,002705
34	2604	1185	6215	1898261	0,001372	0,000624	0,003274
35	5311	1033	5813	1924014	0,00276	0,000537	0,003021
36	5030	1060	6078	1906997	0,002638	0,000556	0,003187
37	5289	1228	5719	1937908	0,002729	0,000634	0,002951
38	4108	1089	5841	1904875	0,002157	0,000572	0,003066
39	5061	1157	6558	1923746	0,002631	0,000601	0,003409
40	4629	1194	5265	1929447	0,002399	0,000619	0,002729
Ortanca	5045,5	1153	5765,5	1925647	0,002605	0,0005995	0,0029875
Sdt_S	851,459	98,116	658,364	14126,7 52	0,00043501 8	0,00084504	0,000341071

