

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ANATOMİ ANABİLİM DALI**

**CİNSİYET VE EL TERCİHİNİN TELENCEPHALON
MORFOLOJİSİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN
DİFÜZYON TENSÖR GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMİ İLE
ATLAS TEMELLİ İNCELENMESİ**

Dr. Güneş AYTAÇ

DOKTORA TEZİ

2017 - ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ANATOMİ ANABİLİM DALI**

**CİNSİYET VE EL TERCİHİNİN TELENCEPHALON
MORFOLOJİSİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN
DİFÜZYON TENSÖR GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMİ İLE
ATLAS TEMELLİ İNCELENMESİ**

Dr. Güneş AYTAÇ

DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN

Prof. Dr. Muzaffer SİNDEL

Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından TDK-2015-703 proje numarası ile desteklenmiştir.

“Kaynakça gösterilerek tezinden yararlanılabilir”

2017 - ANTALYA

Sağlık Bilimleri Enstitüsü M¼d¼rl¼ę¼ne;

Bu alışma j¼rimiz tarafından Anatomi Anabilim Dalı Anatomi Programında doktora tezi olarak kabul edilmiştir. / /

İmza

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Muzaffer SİNDEL
Akdeniz Üniversitesi

¼ye : Prof. Dr. Levent SARIKCIOğLU
Akdeniz Üniversitesi

¼ye : Prof. Dr. Kamil KARAALI
Akdeniz Üniversitesi

¼ye : Prof. Dr. Niyazi ACER
Erciyes Üniversitesi

¼ye : Prof. Dr. B. Ufuk şAKUL
Medipol Üniversitesi

Bu tez, Enstit¼ Y¼netim Kurulunca belirlenen yukarıdaki j¼ri ¼yeleri tarafından uygun g¼r¼lm¼ř ve Enstit¼ Y¼netim Kurulu'nun .. / .. / 2017 tarih ve .. / .. sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Narin DERİN
Enstit¼ M¼d¼r¼

ETİK BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara, kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı beyan ederim.

Güneş AYTAÇ

İmza

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Muzaffer SİNDEL

İmza

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince derin bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, beraber çalıştığımız süre boyunca her konuda destek olan biricik hocam Prof. Dr. Muzaffer SİNDEL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tıp eğitimim sırasında Anatomi bilimini sevmemde ve bu alanda doktora yapmaya karar vermemde büyük etkileri olan hocalarıma ve Mersin'deki eğitimim sırasında hem sosyal hem de bilimsel hayatımda danışmanım olan saygı değer hocam Prof. Dr. Zeliha KURTOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam boyunca '*Kalbimi mukim tutmamı*' öğütleyen, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan hocam Prof. Dr. Kamil KARAALİ'ye, tezimin şekillerini ve kaynaklarını hazırlarken kullandığım programları öğreten, pek çok konuda engin bilgilerini paylaşmayı esirgemeyen hocam Prof. Dr. Levent SARIKCIOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam boyunca sabırla her soruma cevap veren kullandığım tekniği incelikle öğreten sevgili hocam Prof. Dr. Niyazi ACER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. İstatistik konusunda yardımlarını esirgemeyen hocam Yrd. Doç. Dr. Hakan GÜLKESEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Anatomi Anabilim Dalında geçirdiğim süre boyunca yetişmemde emeği olan anabilim dalımızın değerli hocalarına içtenlikle teşekkür ederim.

Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalına ve verileri alabilmem için gece gündüz yardımcı olan Gökhan KAYA ve Nazlı KOÇ'a teşekkürlerimi sunarım. Tezimin oluşum aşamasında yardımlarını esirgemeyen biricik çalışma arkadaşlarım Serra ÖZTÜRK, Merve ÖNDER ve Günel TALİBOVA'ya teşekkürlerimi sunarım. Teknik ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili Melis MOTORCU ve Said DİDİN'e içtenlikle teşekkür ederim. İşlerini büyük bir titizlik ile yapan Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü personellerine ve Enstitü Sekreterimiz Sayın Turhan TAT'a desteklerinden ötürü teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Bu süreç boyunca her konuda yanımda olan, kahrımı çeken, sevgilerini ve ilgilerini esirgemeyen biricik anneme, babama ve ablama en içten teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Amaç: Serebral hemisferler birbirinden farklılıklar göstermektedir. Bu asimetrinin bazıları el tercihi, dil, kompleks motor beceriler ile ilişkiliyken, bazıları da daha az göze çarpan kognitif işlevlerle ilgilidir. Belli serebral anatomik asimetriler hem makroskopik hem de histolojik olarak görülebilmektedir. Bu çalışmada el tercihi ve cinsiyetin telencephalon morfolojisi üzerindeki etkilerini, tractus corticospinalis (TCS), capsula interna'nın crus posterior'u (CICP), fasciculus longitudinalis superior (FLS) ve fasciculus uncinatus (FU)'un diffüzyon parametrelerini parselasyon yöntemiyle karşılaştırarak incelemeyi ve amaçladık.

Yöntem: Çalışmamıza 18-28 yaş aralığındaki 54'ü sağ 54'ü sol elini kullanan bireyler dahil edildi ve cinsiyet dağılımı iki grupta eşit idi. El tercihini belirlemek için 'Edinburgh handedness inventory' testi uygulandı. MRG'den elde edilen ham veriler bir görüntü işleme programı olan MRI Studio kullanılarak işlendi. Tüm bireyler için her iki hemisferden TCS, FU, CICP, FLS için fraksiyonel anizotropi (FA) ve ortalama diffüzyon hızı (MD) ortalama değerleri hesaplandı. Bireylerin hem hemisferler arası farklılıkları hem de el tercihinin ve cinsiyete göre farklılıkları değerlendirildi.

Bulgular: TCS ve CICP'de tüm bireylerde sol hemisferde yüksek FA, düşük MD değerleri saptandı. FU'un FA değerleri kadınlarda sol elini kullananlarda, erkeklerde ise sağ elini kullananlarda yüksek bulundu. Sadece kadınlarda, el tercihinin bakılmaksızın sol hemisferde düşük MD değerleri saptandı. FLS değerlendirildiğinde, el tercihi ve cinsiyete bakılmaksızın sağ hemisferde daha yüksek FA, daha düşük MD değerleri saptandı.

Sonuç: Beyaz cevher yollarının incelenmesindeki en iyi *in vivo* yöntem olan DTG kullanarak yaptığımız çalışmamızda bazı yolların difüzyon parametrelerini karşılaştırdık. Bu güne kadar bu karşılaştırma parselasyon yöntemi kullanılarak yapılmamıştır. Bulgularımızın bu konudaki mevcut literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Difüzyon tensör görüntüleme, MRI Studio, fraksiyonel anizotropi, el tercihi.

ABSTRACT

Objective: Cerebral hemispheres differ from each other. Some of these asymmetries are related to hand preference, language, complex motor skills, while others are related to less distinct cognitive functions. Certain cerebral anatomic asymmetries can be seen both macroscopically and histologically. In this study, we aimed to investigate the effects of hand preference and sex on the telencephalon morphology by comparing the diffusion parameters of corticospinal tract (TCS), posterior limb of internal capsule (CICP), superior longitudinal fasciculus (FLS) and uncinate fasciculus (FU) with parcellation method.

Methods: The study included 108 subjects (54 right, 54 left hand preference) in the age range 18-28 years and gender distribution was equal in two groups. 'Edinburgh handedness inventory' test was applied to determine hand preference. The raw data from the MRI was processed using MRI Studio image processing program. Fractional anisotropy (FA) and mean diffusivity (MD) averages of TCS, FU, CICP, and FLS were calculated for all subjects for both hemispheres. Differences among individual hemispheres and hand preference and sex were assessed.

Results: In both TCS and CICP, high FA and low MD values were detected in the left hemisphere in all subjects. FU FA values were higher in right handed females than left handed; left handed males than right handed. There was no difference between hemispheres. Low MD values were detected in the left hemisphere, regardless of hand preference in only women. When FLS was evaluated, MD was higher, FA was lower in the right hemisphere, regardless of hand preference and sex.

Conclusion: In our study, using DTG, the best *in vivo* method of examining white matter pathways, we compared diffusion parameters of some pathways. Until now, this comparison has not been done using the DTI parcellation method. Our findings are thought to contribute to literature in this regard.

Key words: Diffusion tensor imaging, MRI Studio, fractional anisotropy, hand preference.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
TABLolar DİZİNİ	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Cerebrum	3
2.2. Difüzyon Tensör Görüntüleme	5
2.3. Miyelin Kılıf	11
2.4. Tractus corticospinalis	12
2.5. Capsula interna	14
2.6. Fasciculus longitudinalis superior	15
2.7. Fasciculus uncinatus	17
2.8. El Tercihi, Cinsiyet ve Lateralizasyon	18
3. GEREÇ VE YÖNTEM	19
3.1. Bireyler	19
3.2. MRG ile Veri Elde Edilmesi	19
3.3. DTI ile Parselasyon İşlemi	20
3.3.1. DTI Studio	20
3.3.2. MRICro	22
3.3.3. ROIEditor	23
3.3.4. DiffeoMap	24
3.4. İstatistiksel Analiz	26
4. BULGULAR	27
5. TARTIŞMA	35
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	41
KAYNAKLAR	42
ÖZGEÇMİŞ	49

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Cerebrum'un ontogenik sınıflandırması	4
Şekil 2.2. Değişik sekanslarda çekilmiş MR görüntüleri	6
Şekil 2.3. Üç farklı bölgenin difüzyon elipsoidleri	8
Şekil 2.4. Difüzyon ağırlıklı transvers görüntüler	10
Şekil 2.5. Üç boyutlu görüntüye yerleştirilmiş tractus corticospinalis traktografisi	10
Şekil 2.6. Molekülün miyelinli dokudaki kısıtlanmasının şematizasyonu	12
Şekil 2.7. Tractus corticospinalis	13
Şekil 2.8. Capsula interna	14
Şekil 2.9. Fasciculus longitudinalis superior'un kısımları	16
Şekil 2.10. Fasciculus arcuatus	16
Şekil 2.11. Fasciculus uncinatus	18
Şekil 3.1. DTI Studio programında verilerin işlenmesi	21
Şekil 3.2. Beyin dokusu dışındaki dokuların otomatik olarak çıkarılması	22
Şekil 3.3. Beyin dokusu dışındaki dokuların el ile seçilerek çıkartılması	23
Şekil 3.4. Diffeomap ile parselasyon haritasının çıkarılması	25
Şekil 3.5. ROIeditor ile FA ve MD değerlerinin elde edilmesi	25
Şekil 4.1. Kadın ve erkek bireylerde TCS FA ve MD değerlerini gösteren grafik	28
Şekil 4.2. Kadın ve erkek bireylerde CICP FA ve MD değerlerini gösteren grafik	30
Şekil 4.3. Kadın ve erkek bireylerde FU FA ve MD değerlerini gösteren grafik	32
Şekil 4.4. Kadın ve erkek bireylerde FLS FA ve MD değerlerini gösteren grafik	34

TABLolar DİZİNİ

Tablo 4.1. Erkek ve kadın bireylerde TCS için ortalama MD ve FA değerleri	27
Tablo 4.2. TCS FA ve MD değerlerinin cinsiyet ve el tercihi ile olan ilişkisinin karşılaştırılması	28
Tablo 4.3. Erkek ve kadın bireylerde CİCP için ortalama MD ve FA değerleri	29
Tablo 4.4. CİCP FA ve MD değerlerinin cinsiyet ve el tercihi ile olan ilişkisinin karşılaştırılması	30
Tablo 4.5. Erkek ve kadın bireylerde FU için ortalama MD ve FA değerleri	31
Tablo 4.6. FU FA ve MD değerlerinin cinsiyet ve el tercihi ile olan ilişkisinin karşılaştırılması	32
Tablo 4.7. Erkek ve kadın bireylerde FLS için ortalama MD ve FA değerleri	33
Tablo 4.8. FLS FA ve MD değerlerinin cinsiyet ve el tercihi ile olan ilişkisinin karşılaştırılması	34

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

CICP	Capsula interna'nın crus posterior'u
DTG	Difüzyon Tensör Görüntüleme
DTI	Difüzyon Tensör Imaging
EHI	Edinburgh Handedness Inventory
FA	Fraksiyonel Anizotropi
FLS	Fasciculus Longitudinalis Superior
FU	Fasciculus Uncinatus
LDMM	Large Deformation Metric Mapping
MD	Ortalama Diffüzivite
MR	Manyetik Rezonans
MRG	Manyetik Rezonans Görüntüleme
MRI	Manyetik Rezonans Imaging
Örn	Örnek
ROI	Region of interest
Sd.	Standart sapma
TCS	Tractus corticospinalis

1. GİRİŞ

Beyin insan vücudunun en karmaşık ve büyüleyici organlarından biridir. Yüzyıllardan beri filozoflar, doktorlar, anatomistler, biyologlar, mühendisler, fizyologlar ve son yıllarda da sinir bilimciler tarafından çalışılmaktadır. Beynin makroskopik anatomisiyle ilgili çalışmalar, fizyolojik fonksiyon ve disfonksiyon modellerinin gelişimi ile büyük ölçüde yetersiz hale gelmiştir (Forstmann ve Wagenmakers, 2015).

Gelişen manyetik rezonans görüntüleme (MRG) teknikleri beyin anatomisini eski önemli yerine getirmede umut vaat etmektedir. *In vivo* yapılan milimetreden de küçük yapısal ve fonksiyonel ölçümler, çalışmacılara en küçük yapılara dahi odaklanabilme şansı vermektedir (Eickhoff ve ark., 2005; Evans ve ark., 2012).

Nöroradyoloji alanındaki son gelişmeler sinir bilim alanına güçlü bir araç sağlamakta ve yapılan çalışmalar beyin anatomisinin popülerliğini geri kazandırıyor gibi görünmektedir. Geleneksel postmortem nöroanatomî çalışmaları yerini girişim gerektirmeyen, çok sayıda kişi ile çalışmaya izin veren daha da önemlisi sağlıklı bireylerde çalışmaya izin veren tekniklere bırakmaktadır. Bu teknikler sayesinde anatomik çalışmalar beyin anatomisi ve fonksiyonunun anlaşılmasına katkı sağlamaya devam edecektir (Forstmann ve Wagenmakers, 2015).

Difüzyon tensör görüntüleme (DTG) yöntemi insan beynindeki beyaz cevher yollarının haritalanmasının en iyi *in vivo* yollarından biridir. DTG miyelinsiyon hakkında bilgi vermekte, miyelin yapısındaki değişiklikleri de saptayabilmektedir. DTG ile yapılan ölçümler beyaz cevheri haritalamada en duyarlı yöntemdir ve özellikle beyindeki beyaz cevherin makro ve mikro yapısı hakkında bilgiler vermektedir. Difüzyon tensör görüntülerinin ölçümleri ile geniş veri kaynakları oluşturulur. Bu verilerin değişik matematiksel işlemler ile işlenmesi ile ortalama difüzyon, difüzyonun ana yönü ve anizotropi derecesi gibi önemli bilgiler sağlanır. Ancak, normal miyelinsiyondaki DTG parametrelerini gösteren çalışmalar az sayıdadır ve bu konuda oturmuş bilgiler henüz mevcut değildir (Erden, 2006; Akan 2008). Bu yöntemden elde edilen bilgilerin önemi ve faydaları henüz tam olarak anlaşılammış olsa da son yıllarda beyin MRG'nin önemli ve klinikle ilişkili bilgiler verdiği tartışılmaktadır (Atlas, 2001).

Serebral hemisferler çeşitli fonksiyonlar açısından birbirinden farklılıklar göstermektedir. Bu asimetrinin bazıları el tercihi, dil, kompleks motor beceriler ile ilişkilirken bazıları da daha az göze çarpan kognitif işlevlerle ilgilidir (Fitzgerald ve Gruener, 2012). Belli serebral anatomik asimetri hem makroskopik hem de histolojik olarak görülebilmektedir (Standring, 2015).

Beynin sol hemisferi genellikle sözel, dil yeteneğiyle, analitik düşünme ile ilişkilendirilirken sağ hemisfer genelde sözel olmayan yeteneklerle ve matematiksel beceri ile ilişkilendirilmiştir. Dengesiz lateralizasyonun bazı hastalıkların doğasında var olması, hatta hastalığın etiolojisiyle ilişkili olması sebebiyle serebral asimetrinin ilginç klinik sonuçları olabilmektedir (Standring, 2015).

Son yıllarda Atlas temelli metotlarla farklı yazılımlar kullanılarak beyin morfolojisi çalışılmaktadır. Bu metot içerisinde kullanılan yazılımlardan biri ise MRI Studio'dur ve bu program; DTI Studio, ROIEditor ve Diffeomap isimli üç programdan oluşmaktadır. DTI Studio DICOM görüntülerinin açılması ve kayıt edilmesi, ROIEditor görüntülerden maske oluşturulması ve DiffeoMap ise lineer ve non-lineer görüntü transformasyonu için kullanılmaktadır. Bu yöntem kullanılarak MR görüntüleri üzerinde beyin 160 ya da 180 bölgeye ayrılıp her bir bölgenin difüzyon özellikleri ve hacimleri otomatik olarak hesaplanabilir (Faria ve ark. 2011; Yoshida ve ark. 2013; Acer ve ark. 2017, İzbudak ve ark). Böylece değişik nörolojik ve psikiyatrik hastalıklarda, beyinde görülen değişiklikler araştırılabilmektedir.

El tercihi sıklıkla hangi hemisferin motor kontrolde baskın olduğunu göstermektedir. İnsanların %90'ında sağ el dominansı görülürken %10'unda sol el dominanttır (Amunts ve ark., 2000). Sağ ve sol elini kullanan bireylerde serebral hemisferlerde çeşitli farklılıklar saptanmıştır (Seizeur ve ark, 2014).

Çalışmamızın amacı el tercihi ve cinsiyetin telencephalon morfolojisi üzerindeki etkilerini; tractus corticospinalis (TCS), capsula interna'nın crus posterior'u (CICP), fasciculus longitudinalis superior (FLS) ve fasciculus uncinatus (FU)'un diffüzyon parametrelerini karşılaştırarak incelemektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Cerebrum

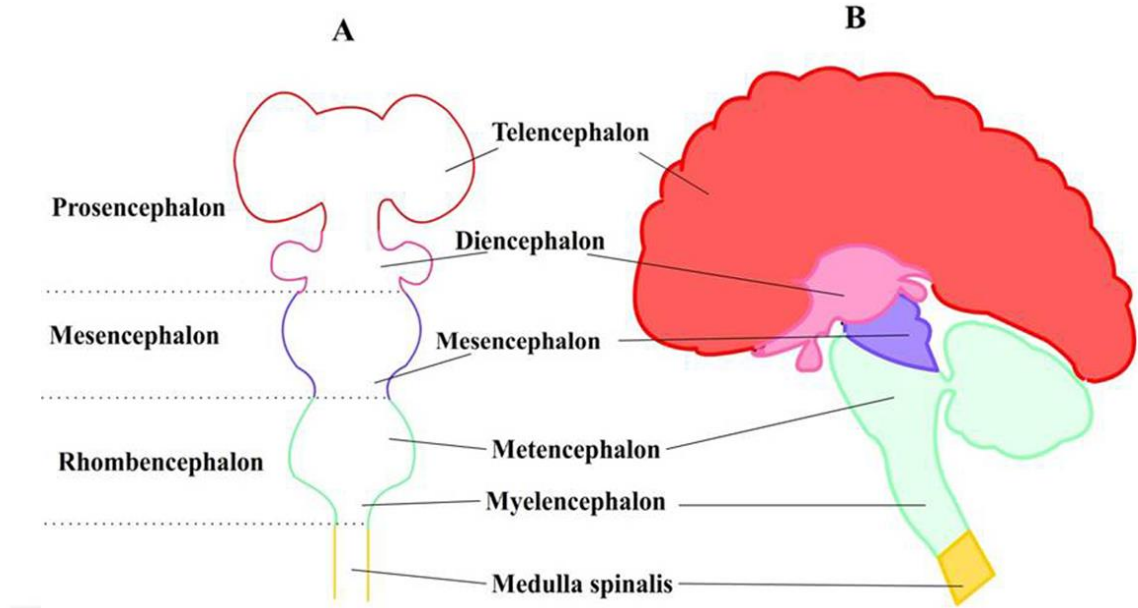
Cerebrum (encephalon, beyin) MSS'nin cavitas cranii içinde yer alan parçasıdır. İnsan beyni yaklaşık 1150-1400 gr ağırlığında olup vücut ağırlığının yaklaşık %2'sini oluşturur. Çevremizdeki tüm uyarılar ilgili reseptörler tarafından alınıp beyne iletilirler. Beyne gelen uyarıların farklı şiddette olması öğrenmenin temelini oluşturur. Dikkat, şuurluluk, uyuma, duygusal davranışlar beyin tarafından oluşturulur. Mekanizmaları tam olarak bilinmese de hafıza, hayal kurma, düşünme de beynin kompleks faaliyetleri olarak kabul edilmektedir. Beyin tüm motor aktiviteyi, endokrin ve somatik fonksiyonları ve organların çalışmasını da kontrol etmektedir (Arıncı ve Elhan, 2001).

Beyin makroskopik olarak hemisferler, beyin sapı ve cerebellum olmak üzere 3 ana bölüme ayrılır. Ontogenik olarak ise çeşitli kısımlara ayrılmıştır. Ontogenik olarak medulla spinalis'ten yukarıya doğru rhombencephalon, mesencephalon ve prosencephalon olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 2.1) (Standring, 2015).

Rhombencephalon; myelencephalon (medulla oblongata) ve metencephalon (pons ve cerebellum) olmak üzere iki alt gruba ayrılır. Medulla oblongata (bulbus), pons ve mesencephalon üçlüsüne beyin sapı (truncus cerebri) denir (Gökmen, 2003). Prosencephalon ise diencephalon ve telencephalon olmak üzere iki alt gruba ayrılır (Şekil 2.1).

Diencephalon üçüncü ventrikül ve etrafını saran yapılardan meydana gelmektedir. Arkada üçüncü ventrikülün aqueductus cerebri ile devam ettiği yere, önde foramen interventriculare'ye dek uzanır. Kısaca diencephalon sağ ve sol yarıları simetrik bir orta hat yapısıdır (Arıncı ve Elhan, 2001).

Telencephalon iki beyin hemisferi tarafından oluşturulur. Beyin hemisferleri 4 ana yapıdan oluşur. Bu yapılar; beynin dış yüzünü oluşturan cortex cerebri, bunun altında substantia alba encephali adı verilen beyaz cevher, beyaz cevher içindeki bazal nükleuslar ve iç ve orta kısımda yerleşmiş olan rhinencephalon'dur (Arıncı ve Elhan, 2001).



Şekil 2.1. Cerebrum'un ontogenik sınıflandırması. A) Beynin embriyonik şematizasyonu
B) Erişkin insan beyni.

Fonksiyonel olarak bir bütünlük gösteren cerebrum'un her iki yarım küresi (hemispherium cerebri), fissura longitudinalis cerebri denen yarıkla birbirinden ayrılır. Sağ ve sol hemisfer, bu yarığın derinliklerinde yer alan corpus callosum gibi komissural demetlerle birbirine bağlanır. Her bir hemisfer içinde (ventriculus lateralis), hemisferler arasında (ventriculus tertius) ve beyin sapı ile cerebellum arasında (ventriculus quartus) içleri beyin omurilik sıvısı (BOS) ile dolu boşluklar bulunur. Bu boşlukları çevreleyen beyin dokusu, nöronların gövdeleri, uzantıları, nöroglia ve kan damarlarından oluşmuş duvar şeklindedir. Duvarın dış bölümü nöronların hücre gövdeleri tarafından yapılmış olup cortex cerebri adını alır (Yıldırım, 2014). Cortex cerebri beyaz cevheri örten gri cevher tabakasıdır. Hemisferlerin yüzeyini genişletebilmek için dış yüzde gyri ve sulci cerebri denilen kabarıntı ve oluklar bulunur. Serebral korteksin büyük bir kısmı sulci cerebri duvarları arasına gizlenmiştir. Sulkusların yapısı kişiden kişiye çeşitlilik gösterse de bazı sulkuslar sabittir ve tanımlayıcı olarak kullanılırlar (Fitzgerald ve ark., 2012). Bu sulkuslara göre her bir beyin hemisferi loblara ayrılır. Bu loblar kafa kemiklerinin isimlerine göre lobus frontalis, lobus parietalis, lobus temporalis, lobus occipitalis olarak bölümlere ayrılır. Ayrıca sulcus lateralis'in derininde lobus insularis bulunur (Yıldırım, 2014; Taner 2014).

Cortex cerebri, analiz ve sentez'in merkezi olup, birçok motor, duyu ve psişik merkezleri içerir. Cortex cerebri'de birçok fonksiyon için özel merkezler yer alır. Her lobdaki özel merkezler Brodmann tarafından numaralandırılmıştır. Nöronların hücre gövdelerinin oluşturduğu doku gri renkte görüldüğünden substantia grisea (gri cevher), sinir lifleri tarafından yapılan doku beyaz görüldüğünden substantia alba (beyaz cevher) terimi kullanılır. Bir hemispherium cerebri'de en dışta cortex cerebri, içte substantia alba tabakası vardır. Gri cevher nöron gövdeleri ve bağlantılarını içerirken beyaz cevher beynin çeşitli bölgelerini birbirine bağlayan miyelinli aksonları içermektedir. Aksonlar birbirleriyle birleşerek değişik çaplarda demetler (beyaz cevher yolakları) oluşturmaktadır (Arıncı K, 2001).

Hemispherium cerebri'nin konveks olan üst-dış yüzüne facies superolateralis hemispherium cerebri, düz olan iç yüzüne facies medialis hemispherium cerebri ve girintili çıkıntılı olan alt yüzüne de facies inferior hemispherium cerebri denir. Facies superolateralis ile medialis arasındaki belirgin kenara margo superior denir. Üst dış yüzle alt yüzü birbirinden ayıran kenara margo inferior, alt yüzle iç yüzü birbirinden ayıran kenara ise margo medialis denir. Hemispherium cerebri'nin ön ucuna polus frontalis, arka ucuna polus occipitalis, temporal lobun ön ucuna da polus temporalis adı verilir (Arıncı K, 2001).

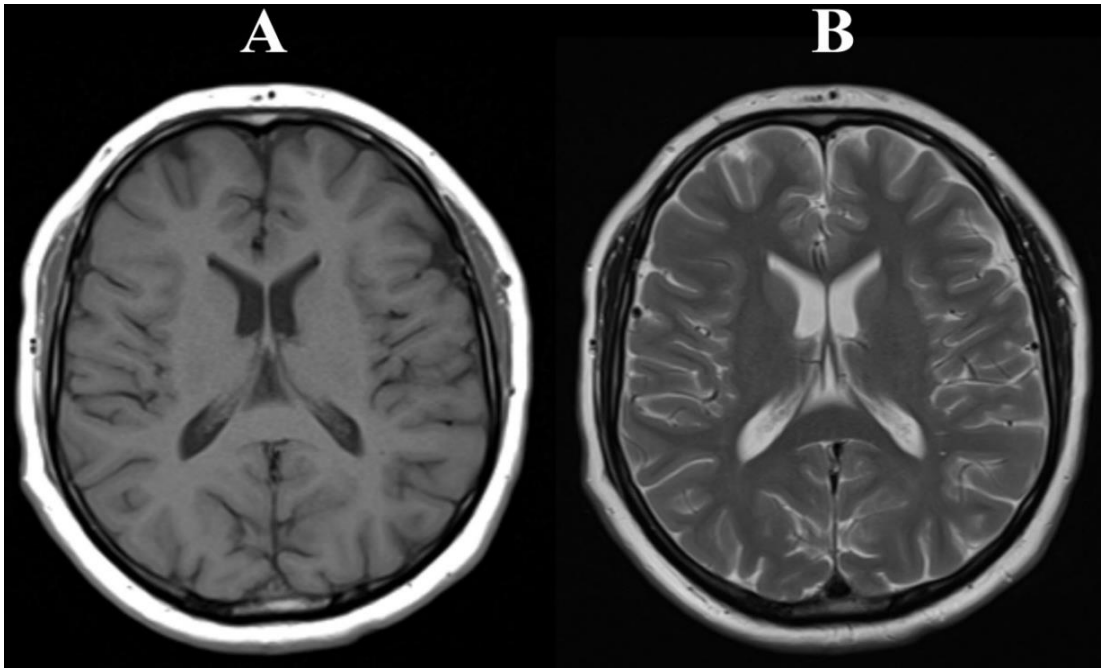
2.2. Difüzyon Tensör Görüntüleme

MRG tekniği görüntülerin ilgilenilen anatomik yapıya ya da ilgilenilen hastalığa göre düzenlenmesine izin veren dinamik ve esnek bir yöntemdir. Manyetik rezonans (MR) belli bir frekansta, partiküllerin farklı enerji seviyeleri arasında hareketi sırasında oluşan enerji değiş tokuşudur. Normalde dokulardaki protonlar rastgele dizilmiş ufak manyetik alanlar oluştururlar. MRG cihazının oluşturduğu güçlü manyetik saha ile çevrildiğinde manyetik eksen bu saha boyunca dizilir. Bir radyofrekans dalgası uygulandığında birçok proton geçici olarak yüksek enerjili bir durum içerisinde bu sahanın karşısı boyunca dizilir. Radyofrekansın etkisi geçtiğinde protonlar rahatlar (relaksasyon) ve MRG cihazının oluşturduğu manyetik alandaki ana dizilimlerine geri dönerler. Protonların ana dizilimlerine dönerken oluşturdukları enerjinin büyüklüğü ve oranı cihazın oluşturduğu radyofrekans dalgasının uyarımı sonucu, su ve yağ moleküllerinin hidrojen nükleuslarından salınan sinyaller ile MR görüntüleri

oluşur. MRG ile sekanslar ve görüntüleme parametreleri değiştirilerek birçok farklı görüntü elde edilebilir (Akan, 2008; Berger, 2002).

Relaksasyon, radyofrekans dalgası ile konum değiştiren protonların eski konumlarına gelmeleridir. Bunun için radyofrekans dalgası ile oluşan manyetik vektörün ortadan kaybolması (transvers relaksasyon-T2) ve eski manyetik vektörün tekrar oluşması (longitudinal relaksasyon-T1) gerekmektedir (<http://www.konez.com/>, Erişim tarihi: 24.09.2016).

“MR görüntüleme hangi özellikten faydalanarak görüntüdeki dokuları birbirinden ayırmak ve patolojik dokuyu saptamak amaçlanıyorsa, bu amaca yönelik görüntüler elde edilir. Örneğin, dokulardaki proton miktarlarının farklı olmasına bağlı olarak elde edilen görüntülere proton dansite görüntüler denmektedir; dokuların T1 sürelerinin farklı olmasına bağlı olarak elde edilen görüntülere T1 ağırlıklı ve dokuların T2 sürelerinin farklı olmasına bağlı olarak elde edilen görüntülere ise T2 ağırlıklı görüntüler denmektedir” (<http://www.konez.com/>, Erişim tarihi: 24.09.2016) (Şekil 2.2). Yağ dokusu T1 ağırlıklı görüntülerde yüksek, T2 ağırlıklı görüntülerde düşük sinyal yoğunluğuna sahip olduğundan T1 görüntülerde parlak, T2 görüntülerde ise karanlık görünür (<http://www.konez.com/>, Erişim tarihi: 24.09.2016).



Şekil 2.2. Değişik sekanslarda çekilmiş MR görüntüleri. A) T1 ağırlıklı görüntü, B) T2 ağırlıklı görüntü.

MR görüntüleri farklı yoğunluktaki (parlaklıktaki) piksellerden oluşmaktadır. MR görüntüleri değerlendirilirken iki önemli parametre göz önünde bulundurulmalıdır; uzamsal çözünürlük (piksel boyutu) ve kontrast. Modern MRG'de piksel boyutları 1-3 mm hatta daha küçük olup beyin anatomisiyle ilgili oldukça detaylı bilgi verebilmektedir. Kontrast ise beynin farklı bölgelerindeki farklı piksel yoğunlukları sonucu ortaya çıkmaktadır. Geleneksel olarak MRG'deki kontrast, hücreler arası sıvıdaki relaksasyon zamanına dayanmaktadır ve bu da korteks, derin gri cevher ve beyaz cevher gibi beynin bazı bölgelerinin ayırt edilebilmesine olanak vermektedir. Ancak geleneksel MRG beyaz cevher içerisindeki yapıları ayırt etmede yetersizdir. Beyaz cevher MRG'de genel olarak su benzeri homojen bir yapıda gözlemlenir. Corpus callosum, commissura anterior gibi bazı yolaklar mid-sagittal seviyede geleneksel MRG'de açıkça izlenebilirken çoğu yolak MRG'de, hatta postmortem beyin kesitlerinde bile izlenemez. Çünkü bu yolakların çoğu benzer kimyasal yapıya ve T1-T2 relaksasyon sürelerine sahiptir (Oishi ve ark. 2010).

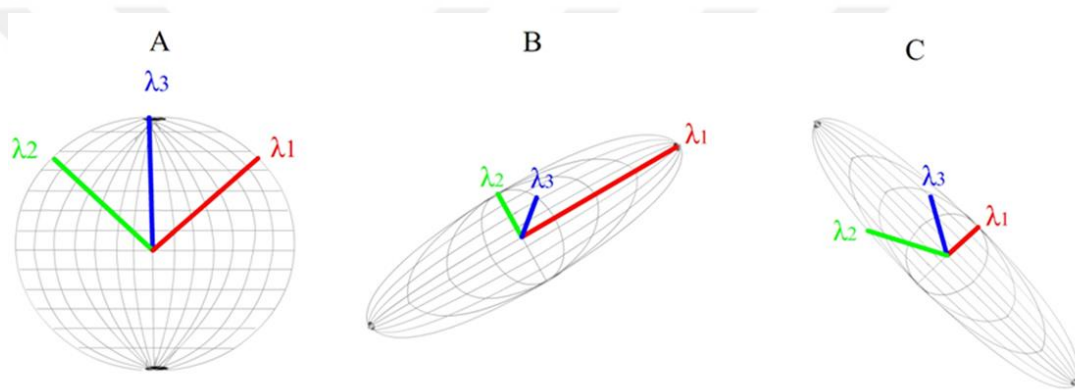
Geleneksel MRG beyaz cevher yolakları ile ilgili yeterli bilgi veremez. Bununla birlikte DTG ile beyaz cevher yolaklarının mikro yapısı ile ilgili önemli bilgiler sağlanabilir (Akan, 2008; Werring ve ark., 2000).

MRG, su moleküllerinin proton sinyallerinin saptamanın yanı sıra su moleküllerinin bölgesel kimyasal ve fiziksel özellikleri ile ilgili bilgi de verebilmektedir. Bu özelliklere örnek olarak moleküler difüzyon ve akışı (flow) verebiliriz (Oishi ve ark. 2010). Difüzyon tekniğinin temeli Brownian harekete dayanmaktadır. Moleküllerin üç boyutlu ortamda yaptığı serbest harekete Brownian hareketi denir. DTG yöntemi beynin farklı bölgelerinde protonların Brownian hareketinin miyelinden zengin aksonlara dik yönde daha fazla kısıtlanması temeline dayanmaktadır (Akan, 2008).

Bu süreci şöyle örnekleyebiliriz; bir kağıda mürekkep damladığında genellikle bir halka halindedir ve halka zaman içinde genişler. Difüzyon ne kadar hızlı ise halkanın çapı o kadar geniş olacaktır. Lekenin yayılımı her yöne eşit olduğunda bu izotropik difüzyon olarak adlandırılır. Ancak eğer kağıdın dokusunda yoğun dokunmuş vertikal lifler ve daha az yoğunlukta dokunmuş horizontal lifler var ise mürekkep lekesi oval olacak ve vertikal ekseninde uzayacaktır. Bu da anizotropik difüzyon olarak adlandırılır (Oishi ve ark. 2010).

Beyinde yoğun aksonal dizilim nedeniyle anizotropik difüzyon vardır. Beyindeki bu anizotropiden faydalanılarak belirlenmiş bir aks boyunca difüzyon ölçümleri yapılabilir. Anizotropi değerlerini saptayabilmek için fraksiyonel anizotropi (FA), rölatif anizotropi, ortalama diffüzivite (MD) ve oylum oranı gibi anizotropi değerleri kullanılır. Beyaz cevher yolaklarının görüntülenmesinde bu değerler temel alınmaktadır. Bu değerlerin herhangi bir birimi yoktur (Akan, 2008).

Anizotropik difüzyon matematiksel olarak 3x3 simetrik bir matris ile gösterilebilir ve bu matrise tensör denir. Tensör, difüzyonu 3 boyutta tanımlayan bir ifadedir. Tensör en iyi uzun eksenini ana difüzyon yönünü gösteren bir elipsoid olarak gösterilebilir (Şekil 2.3) (Demir, 2008; Feldman ve ark., 2010).



Şekil 2.3. Üç farklı bölgenin difüzyon elipsoidleri. λ_1 x eksenindeki (sağ-sol), λ_2 y eksenindeki (posterior-anterior), λ_3 z eksenindeki (inferior-superior) ana özvektörleri temsil etmektedir. **A.** İzotropik difüzyon elipsoidi (Örn: Beyin omurilik sıvısı) **B.** Anizotropik difüzyon elipsoidi x eksenine paralel lifleri temsil etmektedir (Örn: corpus callosum) **C.** Anizotropik difüzyon elipsoidi y eksenine paralel lifleri temsil etmektedir (Örn: fasciculus longitudinalis superior).

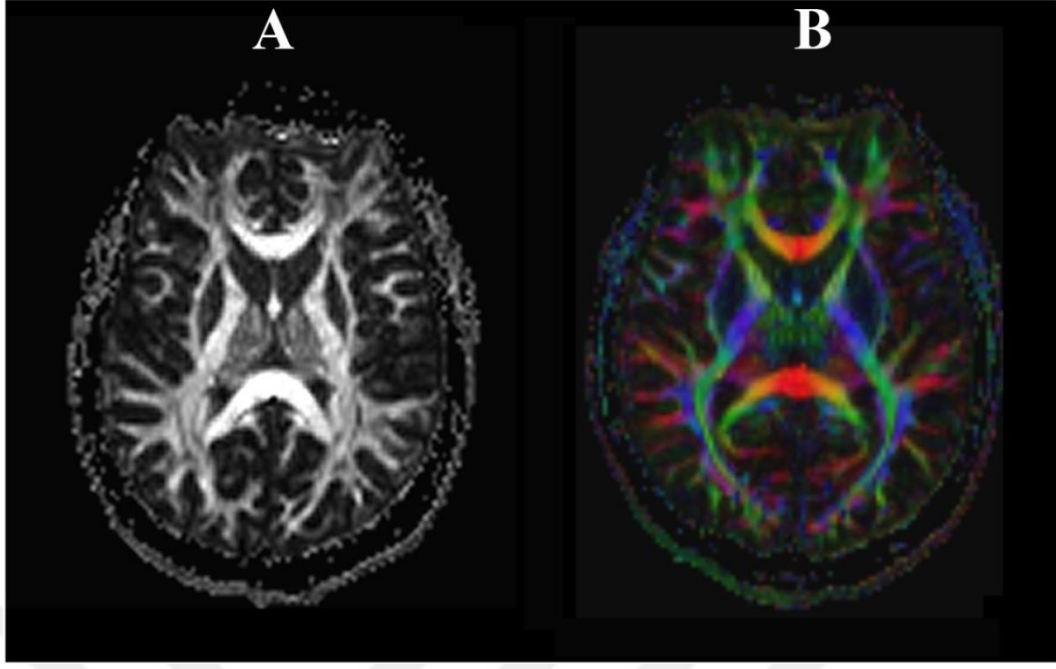
Difüzyon tensörünü matematiksel olarak hesaplamak için en az 6 farklı yönde difüzyon ağırlıklı görüntü ve buna ek olarak bir tane de difüzyon manyetik alan değişimi uygulanmamış ($b=0$) referans görüntüsü elde edilir. Bu görüntüler üzerinden çeşitli matematiksel işlemler ile difüzyon tensörü hesaplanır (Demir, 2008).

“Difüzyon tensörü simetrik olduğu için her zaman Jacobi transformasyonu kullanılarak köşegenleştirilebilir ve 3x3'lük matriste sadece köşegen üzerinde 0'dan farklı değerler kalır” (Demir, 2008).

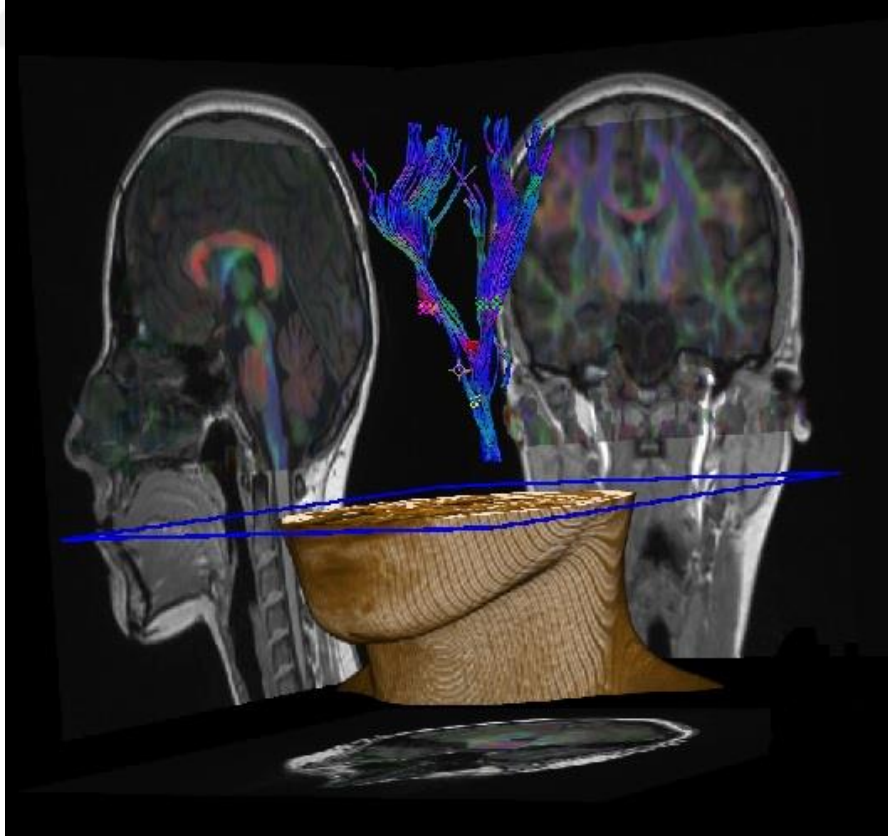
Köşegen üzerindeki bu 3 değere özdeğer (eigen value) denir. Köşegenleştirme işlemi sırasında kullanılan çarpanlar da özvektördür (eigen vector). Özdeğerlere karşılık gelen öz vektörler ellipsoidin eksenlerinin yönünü gösterir (Şekil 2.3) (Demir, 2008; Feldman ve ark., 2010).

“DT ölçümleri ile elde edilen veriler değişik matematiksel işlemler ile işlenerek ortalama difüzyon, difüzyonun ana yönü ve anizotropi derecesi hakkında bilgisini verir. En büyük özdeğer ve özvektör, o vokseldeki ana difüzyon yönünü belirler. Major eigen vektör (e_1) en büyük özdeğer işaret eder (λ_1) ve aynı zamanda aksiyel difüzyon (D_a) olarak kabul edilir; bu en hızlı difüzyonun yönünü, yani ana difüzyon yönünü belirler. Genellikle beyaz cevherdeki akson liflerinin yönüne paralel olarak kabul edilir. Orta ve en küçük özdeğer (sırasıyla λ_2 ve λ_3) beyaz cevher yolaklarına dik olarak kabul edilir. Dik plandaki difüzyonun ölçümü radial difüzyondur ($D_r=(\lambda_2+\lambda_3)/2$). Ortalama difüzyon (D) ya da diğer adıyla “görünür difüzyon katsayısı”, izotropik difüzyonu en iyi tanımlayan veridir. Bu katsayıyı hesaplamak için ana özdeğerlerin ortalaması alınır “ $MD=(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3)/3$ ” ” (http://tip.erciyes.edu.tr/dti_genel_bilg.asp. Erişim tarihi: 13.05.2017).

Bu üç farklı özdeğer arasındaki ilişki kıyaslanarak beyin haritaları oluşturulabilmekte (Şekil 2.4) ve anizotropinin yüksek olduğu yerlerde özvektörlerden özdeğeri en büyük olanının yönünü takip ederek beyaz cevherdeki yolaklar üç boyutlu olarak oluşturulabilmektedir (Şekil 2.5).



Şekil 2.4. Difüzyon ağırlıklı transvers görüntüler. **(A)** FA anizotropi haritası. Yüksek sinyal (beyaz alanlar) yüksek fraksiyonel anizotropiyi (beyaz cevher); düşük sinyal (siyah alanlar) azalmış fraksiyonel anizotropiyi (gri cevher ve beyin omurilik sıvısı) göstermekte. **(B)** Renk kodlu harita. Kırmızı renk ile işaretli vokseller sağ-sol eksenindeki lifleri (x eksenini), yeşil renk ile işaretli vokseller anterior-posterior eksenindeki lifleri (y eksenini), mavi renk ile işaretli vokseller superior-inferior eksenindeki lifleri (z eksenini) temsil etmektedir.



Şekil 2.5. Üç boyutlu görüntüye yerleştirilmiş tractus corticospinalis traktografisi.

FA, difüzyon tensörün anizotropik bileşeninin tüm difüzyon tensöre oranını ifade etmektedir. Aksonal yoğunluk, miyelinsasyon, akson ana yönünde birliktelik gösteren lif sayısı difüzyon anizotropisini belirler ve FA 0 ile 1 arasında değişir. FA mikro yapısal değişikliklere son derece hassastır ancak değişikliğin ne olduğu ile ilgili detaylı bilgi vermez (Alexander ve Hurley, 2011; Feldman ve ark., 2010; Fitzgerald ve ark., 2012).

MD özvektörlerin toplamının üçte birine eşittir ve doku yönünden bağımsız olarak ortalama moleküler hareketliliği gösterir. Hücresel boyut ve devamlılık ile yakından ilişkilidir. MD gri ve beyaz cevherde yakın değerler gösterir. Ödem ve nekroz ile ilgili bilgi verebilir (Alexander ve ark., 2011; Feldman ve ark., 2010).

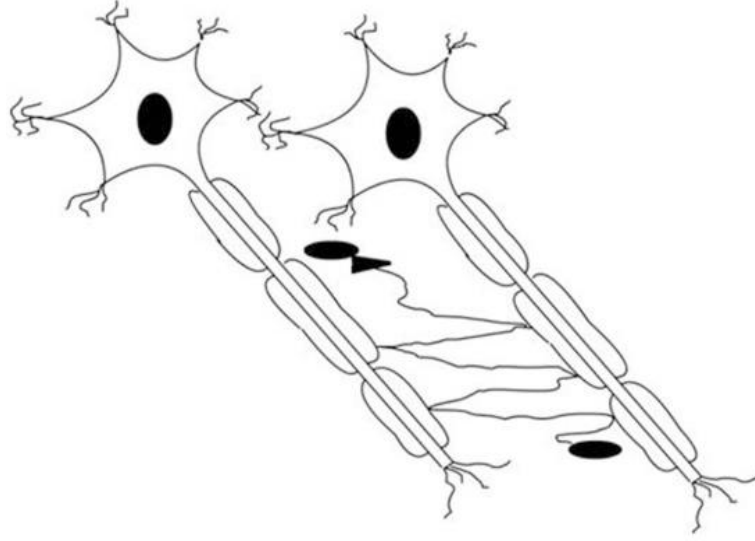
FA ve MD anizotropinin derecesini, beyaz cevher yolaklarındaki sıralanmayı, hücresel devamlılığı göstermede en sık kullanılan ölçümlerendir (Cercignani ve ark., 2001).

2.3. Miyelin Kılıf

Miyelin, akson etrafında bulunan ve onu sarı koruyan bir kılıftır. Merkezi sinir sisteminde oligodendrositler, periferik sinir sisteminde Schwann hücreleri tarafından oluşturulur (van der Knaap ve Valk, 2013).

Myelin kılıf, periferik sinir sisteminde santral sinir sisteminden daha yoğun olarak bulunmaktadır. Hem periferik hem de santral sinir sisteminde myelin, sinir liflerinin normal fonksiyon gösterebilmesi için esastır (Standring, 2015).

Miyelin difüzyon kısıtlılığını sağlayan önemli bir yapıdır. Çalışmalar miyelin anizotropide etkili olduğu için beyaz cevherdeki miyelinli lif demetlerinin paralel organizasyonunun, difüzyon anizotropisinin temelini oluşturduğunu savunmaktadır (Şekil 2.6). Normal beyin gelişimi veya demiyelinasyon ile ilgili çalışmaların neredeyse tamamı miyelinli aksonların az olduğu beyin bölgelerinde difüzyon anizotropisinin de daha az olduğunu göstermektedir (Alexander ve Lee, 2007). FA ve MD değerlerinin, akson sayısı ve miyelin miktarı ile yüksek derecede korelasyon gösterdiği belirtilmiştir (Johansen-Berg ve Behrens, 2013).

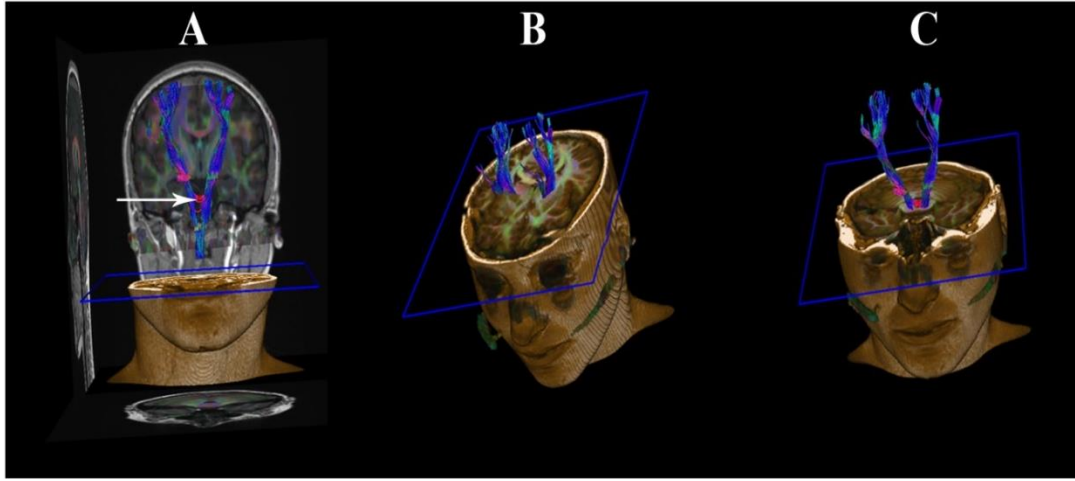


Şekil 2.6. Molekülün miyelinli dokudaki kısıtlanmasının şematizasyonu.

2.4. Tractus corticospinalis

Kortikospinal ve kortikonükleer lifler serebral korteksteki nöronlardan başlar ve çoğu lif kontralateral beyin sapı veya medulla spinalis'te sonlanır. Bu liflerin çoğu primer motor korteks (Brodmann'ın 4 no'lu sahası) ve premotor kortekste (Brodmann'ın 6 no'lu sahası) nöronlardan başlar. Liflerin az bir kısmı ise somatosensoryel korteks (Brodmann'ın 3,1,2 no'lu sahası) ve yakınındaki parietal kortekste (Brodmann'ın 5 no'lu sahası) sona erer (Standring, 2015).

Kortikospinal ve kortikonükleer lifler subkortikal beyaz cevher boyunca aşağıya doğru iner ve capsula interna'nın genu'sundan ve crus posterior'undan geçer. Daha sonra mesencephalon seviyesinde crus cerebri'den geçer ve pons'un kaudalinden geçerek aşağı doğru devam eder (Şekil 2.7). Bu seviyede transvers pontin lifler tarafından fasiküllere ayrılır. Kortikonükleer lifler beyin sapındaki kranial sinir nükleusları ile sinaps yapmak üzere ilgili seviyelerde bu demetten ayrılır. Geriye kalan lifler artık kortikospinal liflerdir ve pyramidal yol olarak da adlandırılır. Her pyramid, 1.200.000 adet çeşitli çaplardaki aksonları içerir. Liflerin çoğunluğu miyelinlidir ve 1-4 µm çapındadır. %10 kadar 5-10 µm çapında ve çok az bir kısmı ise 11-22 µm çapındadır. En geniş çaplardaki aksonlar Betz'in dev pyramidal hücrelerinden başlamaktadır (Carpenter, 1976; Standring, 2015).



Şekil 2.7. Tractus corticospinalis. **A:** Sağ ve sol TCS ve decussatio pyramidum (beyaz ok ile gösterilmekte), **B:** Capsula interna'nın crus posterior'u seviyesinde TCS, **C:** Mesencephalon seviyesinde TCS.

Spinomedullar bileşkenin hemen rostralinde liflerin %75-90'ı çapraz yaparak orta hatta decussatio pyramidum'u oluşturur (Şekil 2.7). Çapraz yapan bu lifler tractus corticospinalis lateralis adını alır ve kaudalde aşağı doğru devam eder. Çapraz yapmayan lifler tractus corticospinalis anterior adını alarak medulla spinalis'in funiculus anterior'unda devam eder. (Carpenter, 1976; Fitzgerald ve ark., 2012; Standring, 2015).

Kortikospinal lifler alt spinal segmetlere inerken ilgili yerlerde sonlanır ve çapları daralır. Tractus corticospinalis anterior'daki lifler comissura alba anterior'da çapraz yapar ve genellikle orta torakal seviyelerde tamamen sonlanır (Fitzgerald ve ark., 2012).

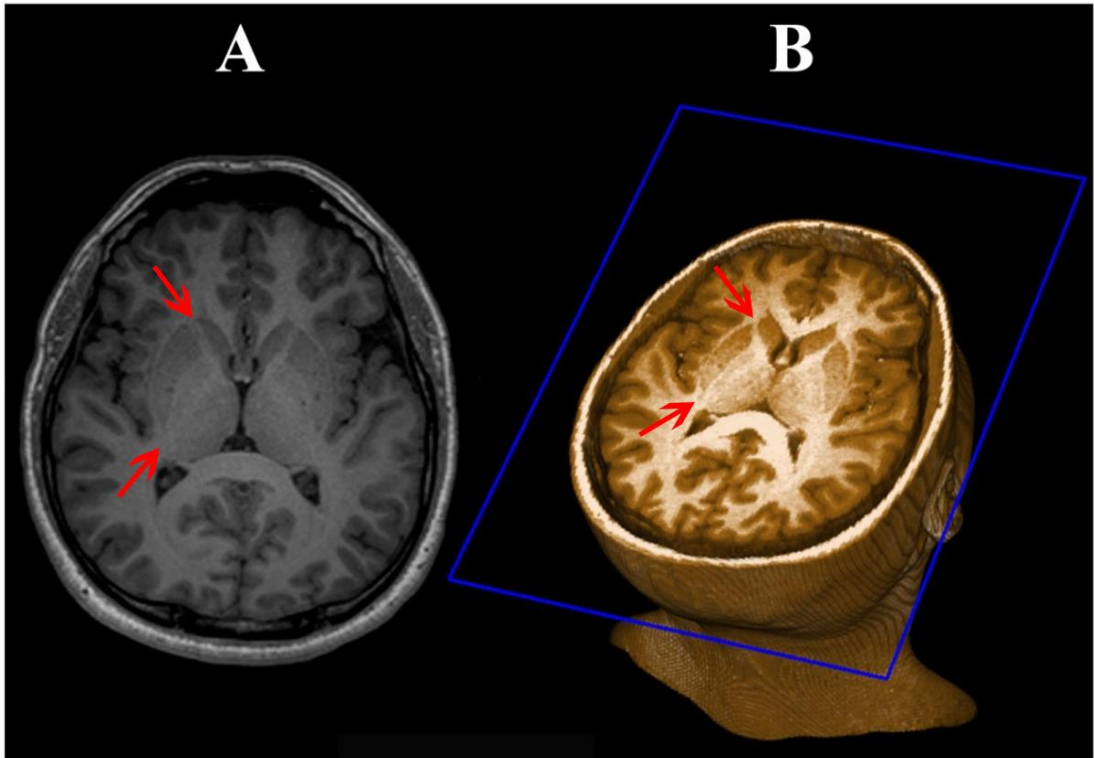
Tractus corticospinalis'teki aksonlar gri cevherin cornu anterior'undaki alfa ve gamma motor nöronlarının dendritleri ile sinaps yaparak extremité kaslarının motor innervasyonunu sağlar (Fitzgerald ve ark., 2012; Standring, 2015).

El hareketleri kontralateral serebral motor korteks tarafından TCS aracılığı ile kontrol edilmektedir. Bu fonksiyonel ilişki mikroyapısal düzeyde de etkili olabilir ve TCS varyasyonları FA gibi parametrelere de yansiyabilir (Huang ve ark., 2007). TCS varyasyonları ise el tercihi ve cinsiyetle ilişkilendirilebilir (Huang ve ark., 2007; Seizeur ve ark., 2014).

2.5. Capsula interna

Serebrum beyin sapı ve medulla spinalis'e çok geniş bir projeksiyon sistemi ile bağlıdır. Fonksiyon bakımından birbirinden farklı yolları temsil eden bu projeksiyon lifleri beyaz cevher içerisinde yelpaze şeklinde bir görüntü oluştururlar. Bu görüntüye corona radiata adı verilir (Carpenter, 1976; Standring, 2015). Bu lifler subkortikal gri cevher arasından geçerken kompakt bir bant haline gelerek capsula interna adı verilen oluşumu meydana getirirler. Capsula interna, medialde thalamus ve nucleus caudatus, lateralde nucleus lentiformis tarafından sınırlanır. Capsula interna serebral kortekse giden ve gelen afferent ve efferent liflerden tamamından meydana gelmektedir. Capsula interna'daki liflerin büyük çoğunluğu talamokortikal lifler olup geri kalanı ise kortikal efferent liflerdir (Carpenter, 1985).

Capsula interna horizontal kesitte kısa bir crus anterior, daha uzun bir crus posterior ve bu ikisini geniş bir açıyla birleştiren genu kısımlarından oluşur (Şekil 2.8). Ayrıca capsula interna'nın nucleus lentiformis'in arkasına doğru uzanan kısmına pars retrolenticularis adı verilir. Crus anterior nucleus lentiformis ve nucleus caudatus ile crus posterior ise nucleus lentiformis ve thalamus ile sınırlanır (Carpenter, 1976; Carpenter, 1985).



Şekil 2.8. Capsula interna. A: Transvers T1 ağırlıklı görüntüde capsula interna. B: Üç boyutlu görüntüde capsula interna.

Crus anterior'da radiatio thalamica anterior ve prefrontin kortikopontin traktusa ait lifler yer alır. Genu kortikobulbar ve kortikoretiküler lifler içerir. CICIP ise kortikospinal, frontopontin, kortikotekal, kortikorubral, kortikoretiküler lifler ve radiatio thalamica superior'a ait lifler içerir. Pars retrolenticularis radiatio thalamica posterior ve inferior liflerini içerir (Carpenter, 1976).

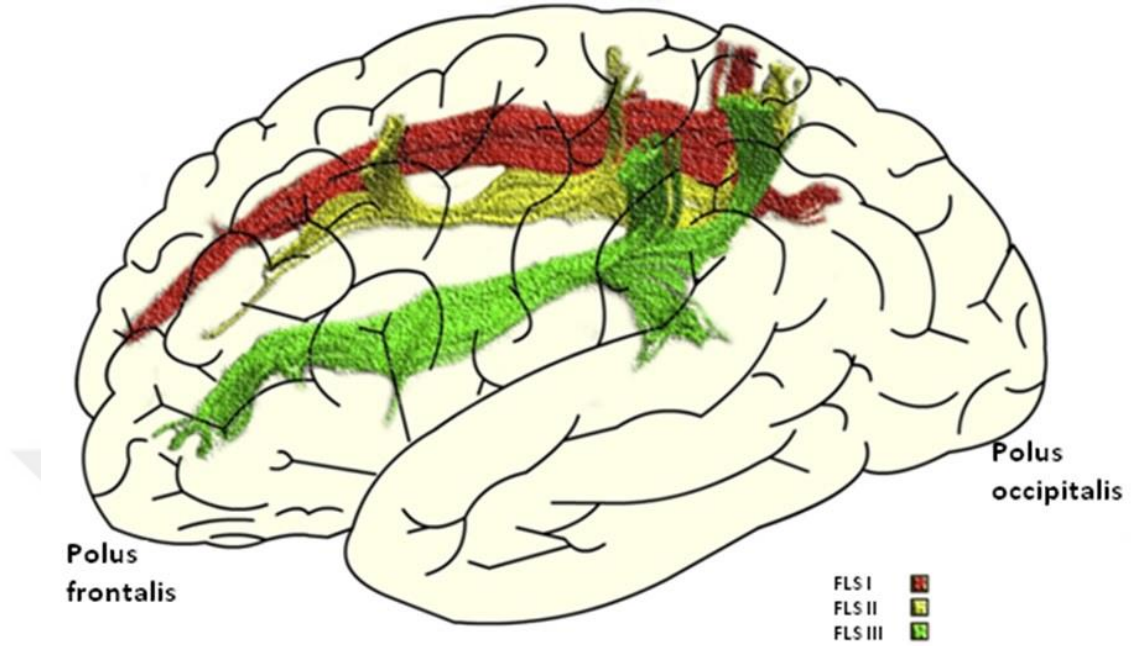
TCS, CICIP'ndan geçtiği için bu bölgenin difüzyon parametrelerinde de cinsiyet ve el tercihi ile ilişkili farklılıklar olması beklenmektedir (Powell ve ark., 2012; Westerhausen ve ark., 2007).

2.6. Fasciculus longitudinalis superior

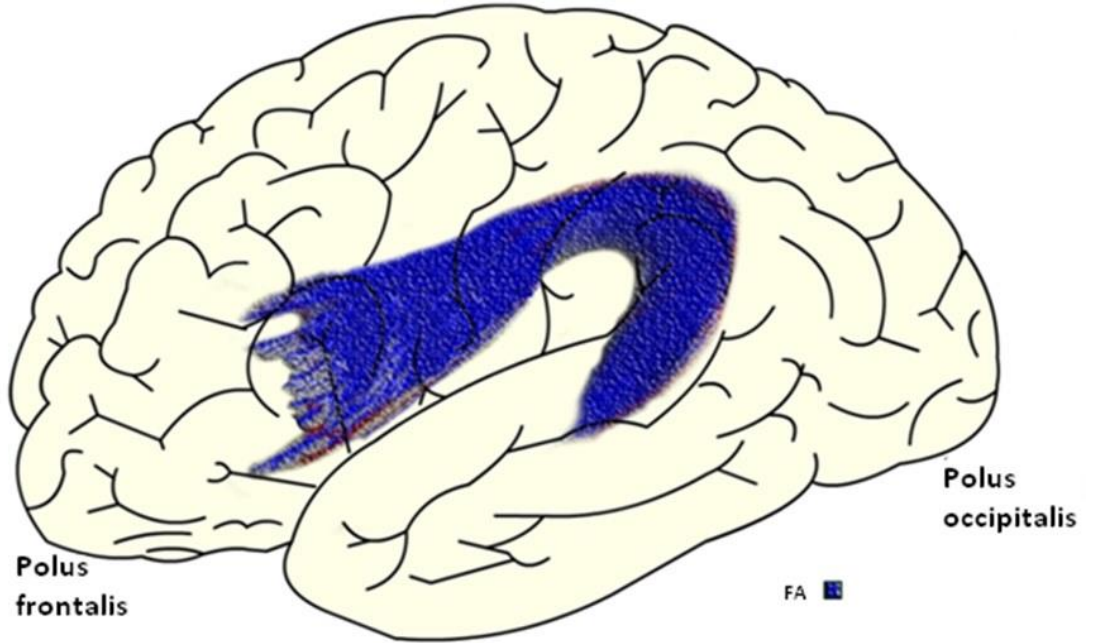
FLS parietal, oksipital ve temporal lobları ipsilateral frontal kortikal sahalara bağlar ve uzun asosiyasyon liflerinin en büyüğüdür (Kamali ve ark., 2014). Frontal bölgenin ön taraflarından başlar insula'nın üzerinden arkaya doğru bir ark yapar ve corona radiata'nın alt kısımlarının lateraline doğru uzanır. Occipital ve parietal bölgeye dağılan bir kısım lifler verdikten sonra aşağı doğru bir kavis yapar ve insular bölgenin arkasından temporal loba yayılır (Standring, 2015). FLS hafıza, emosyon ve dil ile ilgili temel süreçlerin işleyişi sırasında gerekli olan iki yönlü nöronal bağlantıyı sağlayan bir yapıdır. Beş alt parçası tanımlanmıştır. İpsilateral frontal ve opercular sahaları, superior parietal lob ile bağlantı sağlayan horizontal lifler FLSI, gyrus angularis ile bağlantı sağlayan lifler FLSII, gyrus supramarginalis ile bağlantı sağlayan lifler FLSIII olarak tanımlanmıştır (Şekil 2.9). Dördüncü kısım gyrus temporalis superior ile anterolateral prefrontal korteksi birbirine bağlayan fasciculus arcuatus olarak bilinmektedir (Şekil 2.10) (Kamali ve ark., 2014; Thiebaut de Schotten ve ark., 2011). Beşinci bileşen temporal ve parietal lobları birbirine bağlamakta ve temporoparietal FLS (FLSTP) olarak adlandırılmaktadır (Frey ve ark., 2008; Kamali ve ark., 2014; Zhang ark., 2010). Fasciculus arcuatus, frontal ve parietotemporal konuşma alanlarını birbirine bağlar ve konuşma fonksiyonunda önemli rol oynar. Kişilerin %90'ında konuşma için sol hemisfer dominanttır (Fitzgerald ve ark., 2012).

Hem motor kontrol hem de konuşma için genellikle sol hemisfer dominant olmasına rağmen, bu ikisi istatistiksel olarak birbirinden bağımsız kabul edilmektedir. Çünkü solak bireylerin çoğunun konuşma için dominant hemisferi de soldur (Fitzgerald ve

ark., 2012). Çeşitli çalışmalar FLS'nin hem difüzyon parametreleri açısından hem de yapısal olarak lateralizasyon gösterdiğini belirtmektedir (Powell ve ark., 2012).



Şekil 2.9. Fasciculus longitudinalis superior'un kısımları.

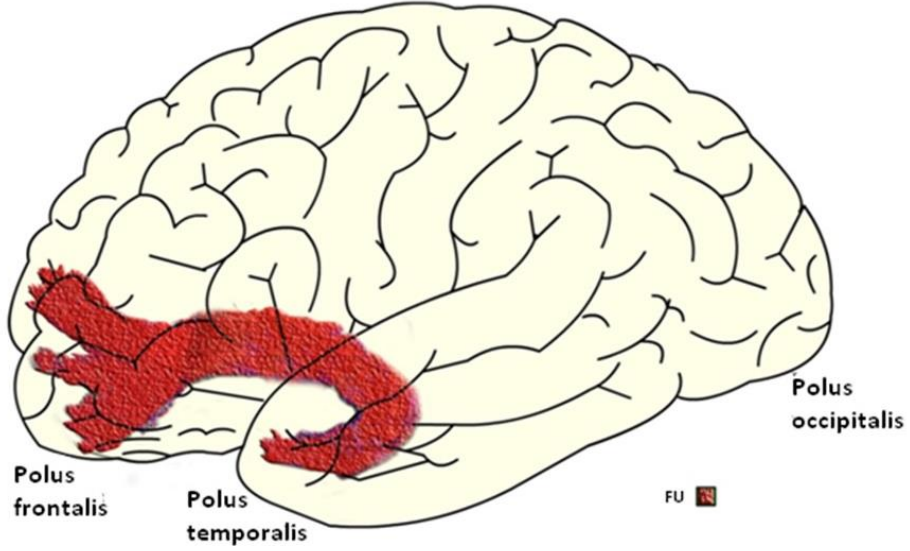


Şekil 2.10. Fasciculus arcuatus.

2.7. Fasciculus uncinatus

FU anterior temporal lob ile medial ve lateral orbitofrontal korteksi birbirine bağlayan yoğun bir asosiyasyon lif demetidir (Carpenter, 1985; Papagno ve ark., 2011). Temporal lifleri, fasciculus longitudinalis inferior'un ön ve medialinde seyrederek Capsula externa'ya girdiğinde ise lifler insula'nın medialinden nucleus lentiformis'in lateralinden öne doğru ilerler (Papagno ve ark., 2011). FU geleneksel olarak limbik sistemin bir parçası olarak düşünülmektedir. FU'nun sulcus lateralis cerebri etrafında ark yapan kendine özgü kancaya benzer bir biçimi vardır (Şekil 2.11) (Schmahmann ve Pandya, 2006). Tanımlama kolaylığı açısından FU sıklıkla üç kısma ayrılır: Dorsal (temporal) segment, orta (insular) segment, ventral (frontal) segment (Von Der Heide ve ark., 2013). FU'nun temporal segmenti uncustan köken alır ve entorhinal kortekse, perirhinal kortekse, polus temporalis'e ve anterior temporal loba uzanır. Uncus olfaktor korteksin bir parçasıdır. Entorhinal korteks hipokampusun epizodik (anısız) hafıza fonksiyonuyla yakından ilişkilidir. Perirhinal korteksin objelerin algılanması ve hafızası ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Polus temporalis ve çevresindeki yapılar anterior temporal lobu oluşturur. Anterior temporal lobun semantik (anlamsal) hafızada önemli rol oynadığı düşünülmektedir. Literatürde FU'nun hemisferler arası farklılıkları ile ilgili çelişkili bulgular mevcuttur. Bazı çalışmalarda sağ hemisferde baskın olduğu belirtilirken bazı çalışmalarda sol hemisferde baskın olduğu gösterilmiştir (Highley ve ark., 2002; Kubicki ve Westin ve ark., 2002).

Fonksiyonu tam olarak bilinmese de FU emosyon ve hafızada kritik rol oynayan, limbik sisteme ait bir yapı olarak değerlendirilmektedir (Papagno ve ark., 2011).



Şekil 2.11. Fasciculus uncinatus.

2.8. El Tercihi, Cinsiyet ve Lateralizasyon

Lateralizasyon genellikle vücudun bir tarafını düzenli olarak tercih etmek ya da bir tarafı daha becerikli kullanmak olarak yorumlanmaktadır. İnsan beyni asimetrisi ile ilgili yapılan çalışmalar göstermektedir ki serebral hemisferler hem fonksiyonel hem de morfolojik olarak lateralizasyon göstermektedir. Lateralizasyon göz tercihi, kulak tercihi gibi duysal fonksiyonlarla ilişkili olabileceği gibi el tercihi, ayak tercihi gibi motor fonksiyonlarla da ilgili olabilir (Leong, 1980). Bu fonksiyonların her biri kişinin sağ ya da sol hemisferinde lateralize olmaktadır. Nörofizyolojik ve nöroradyolojik çalışmalar elin motor fonksiyonları ve dilin genellikle sol hemisfere lateralize olduğunu ortaya koymaktadır (Gotts ve ark., 2013). İnsanların %90'ında sağ el tercihi görülürken %10 unda sol el tercihi görülmektedir (Westerhausen ve ark., 2007; Arning ve ark., 2015). Sağ el tercihliilerin % 95'inde ve sol el tercihliilerin %70'inde sol hemisfer dominansi vardır (Bear ve ark., 2007). Ancak cinsiyet, çeşitli kognitif süreçleri etkilemektedir. Erkeklerin beyni kadınlara göre daha güçlü lateralizasyon göstermektedir. Özellikle dil ile ilgili kısımların sağ hemisfere lateralizasyonu erkeklerde kadınlara göre daha güçlüdür (Singh, 2016). Ayrıca fonksiyonel MRG çalışmaları göstermiştir ki sağ ve sol elini kullanan bireylerin motor sahadaki beyin aktiviteleri ardışık parmak hareketleri yaparken farklı olarak kaydedilmektedir. Her ne kadar cinsiyet ve el tercihinin beyindeki fonksiyonel sahalarla ilişkili olduğu uzun süredir bilinse de, anatomik mikro yapıların asimetrisi ile ilgili deneysel kanıtlar nadir ve tutarsızdır (Huang ve ark., 2007).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Bireyler

Çalışmaya 18-28 yaş aralığında 108 gönüllü sağlıklı birey alındı. Gönüllülerin 54'ü kadın 54'ü erkek bireylerdi. MRG'leri normal olan ve EHI skoru uygun olan kişiler çalışmaya dahil edildi. Gönüllülerden 2'si MRG'de görülen patolojiler sebebiyle çalışmadan çıkarıldı. Her gruba 27 sağ, 27 sol el tercihli birey seçildi. El tercihini belirlemek için 'Edinburgh Handedness Inventory (Revised)' testi uygulandı (Westerhausen ve ark., 2007). Bu testte kişilere yazı yazma, fırlatma, makas kullanma, diş fırçası kullanma, çatal yokken bıçak kullanma, kaşık kullanma, kibrit çakma, bilgisayar faresi kullanma durumlarındaki el tercihleri soruldu. Her zaman sol yanıtı -50, genellikle sol yanıtı -25, fark etmez yanıtı 0, her zaman sağ yanıtı 50, genellikle sağ yanıtı 25 olarak puanlandırıldı. -12 ve altı solak, 12 ve üstü sağlak kabul edildi (Westerhausen ve ark., 2007; Williams, 1991) (Tablo 3.1). Gönüllülere uygulanan tüm işlemler Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından değerlendirilmiş ve onaylanmıştır (Protokol no: 2015.02.25).

Tablo 3.1. Grupların özellikleri.

	Sağ elini kullanan bireyler	Sol elini kullanan bireyler
N (Kadın/Erkek)	54 (27/27)	52 (25/27)
Yaş (Ortalama±Sd)	20.26 (±3)	20.32 (±3.6)
Yaş aralığı	18-28	18-25
EHI skor (±Sd)	16.1 (±1.2)	-15.3 (±1.4)

N: Kişi sayısı, EHI: Edinburgh Handedness Inventory

3.2. MRG ile Veri Elde Edilmesi

Tüm beyin MRG incelemeleri 3 Tesla gücündeki cihazda (Siemens, Spectra, Erlangen, Germany) gerçekleştirildi. Alınan sekanslar ve parametreleri şu şekilde idi: Üç boyutlu T1 sagittal (T1-MPRAGE, TR= 1900 ms TE= 2,42 ms, Kesit kalınlığı = 1 mm NEX= 1) ve difüzyon tensör görüntüleri (TR= 4200 TE= 103 kesit kalınlığı = 4 mm, NSA= 3 Bipolar ve 30 yönde difüzyon vektörü).

Traktografi görüntüleri, DTG verilerinden, cihaza ait post process konsolunda (Leonardo workstation, Siemens, Germany) oluşturuldu. Önce 3 boyutlu T1 kesitler yüklenerek üzerine difüzyon tensör verileri eklendi. Traktusların oluşturulması için

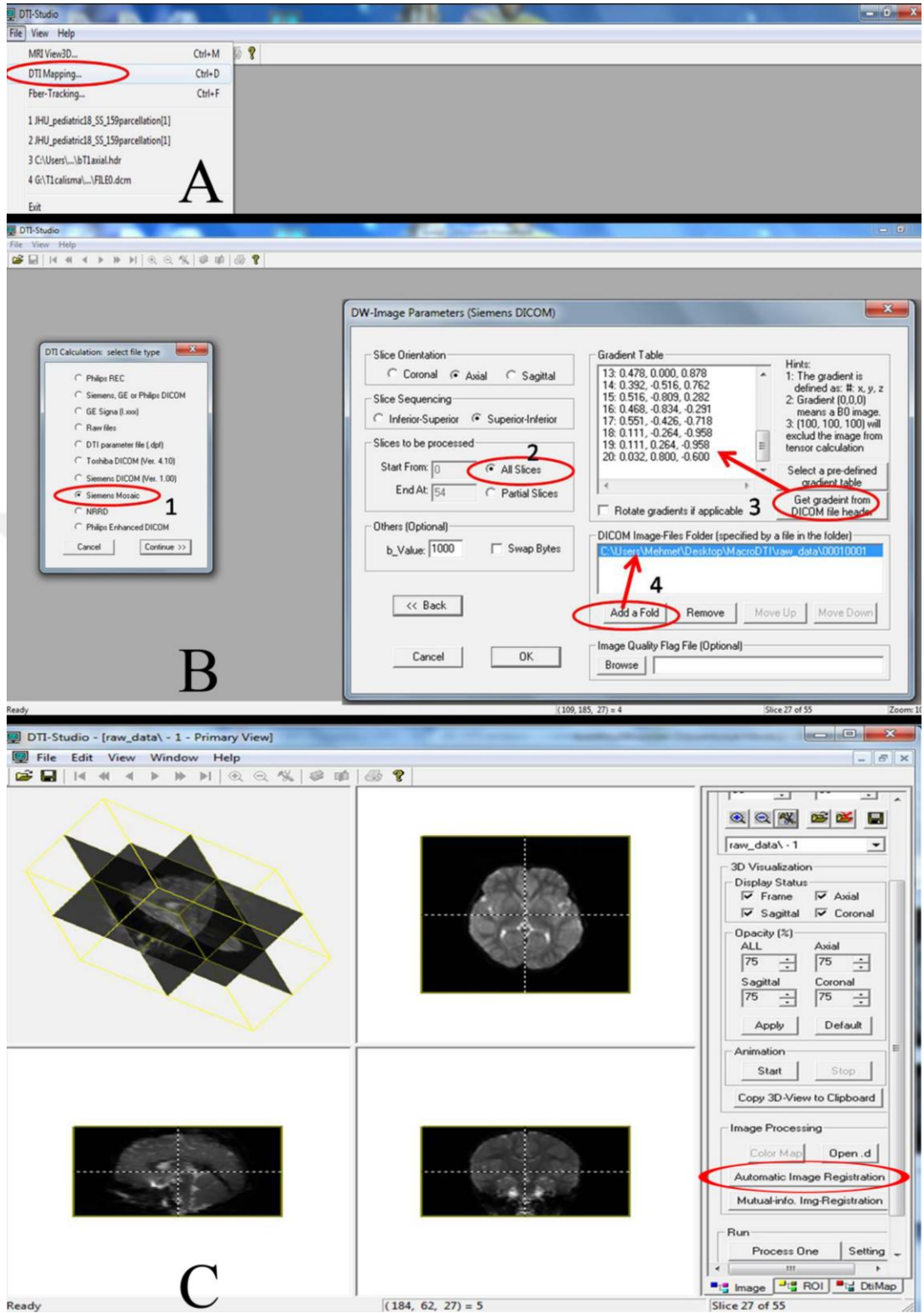
uygun “seeding point”ler verilerek software tarafından kullanılan algoritma ile yollara ait görüntüler elde edildi.

3.3. DTI ile Parselasyon İşlemi

Çalışmamızda görüntü işleme programı olan MRI Studio kullanılmıştır (www.mristudio.org. Erişim tarihi: 15.05.17). Bu program DTI Studio, ROIEditor ve Diffeomap yazılımlarından oluşmaktadır. DTI Studio DICOM görüntülerinin açılması ve kayıt edilmesi, ROIEditor görüntülerden mask görüntü eldesi ve DiffeoMap ise lineer ve non-lineer görüntü transformasyonu için kullanıldı. Ayrıca beyin dokusunu kemikten ayırmak için MRICro adlı program kullanıldı. Her bireyin ana dosyası içerisinde postregistration, poststripping ve postlineer isimli 3 adet ana klasör oluşturuldu (Faria ve ark., Yoshida ve ark.).

3.3.1. DTI Studio

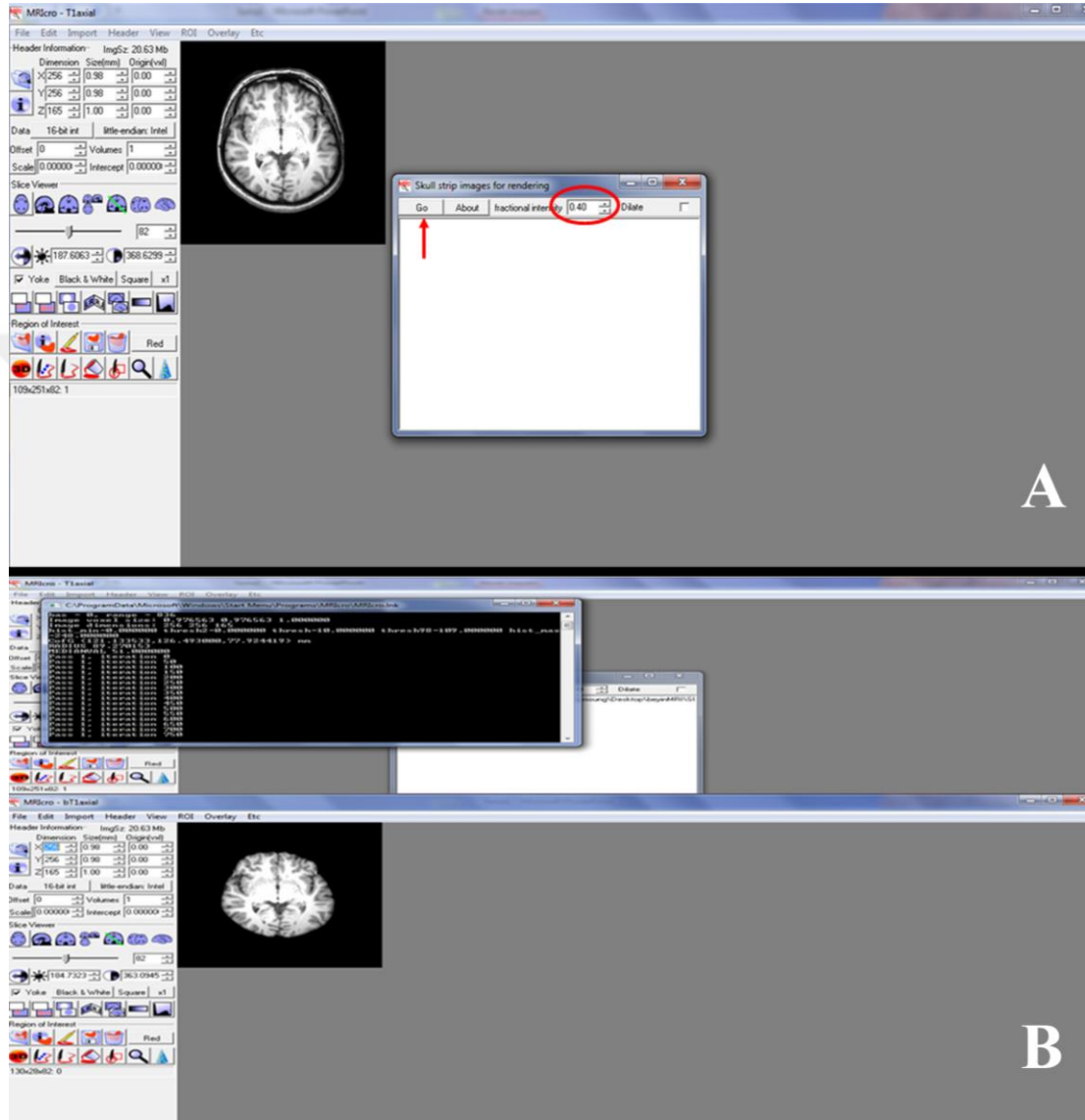
DTI Studio programında. dosyadan DTI mapping ve Siemens ve otomatik imge karşılaştırması (automatic image registration) ve lineer transformasyon işlemleri yapıldı. İşlem tamamlandıktan sonra mean DWI, trace ve FA görüntüleri analiz formatında postregistration klasörüne kayıt edildi (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. DTI Studio programında verilerin işlenmesi. **A:** Haritalandırma işleminin seçilmesi. **B:** Görüntünün açılması. **C:** Otomatik imge çakıştırması (automatic image registration) işleminin yapılması.

3.3.2. MRICro

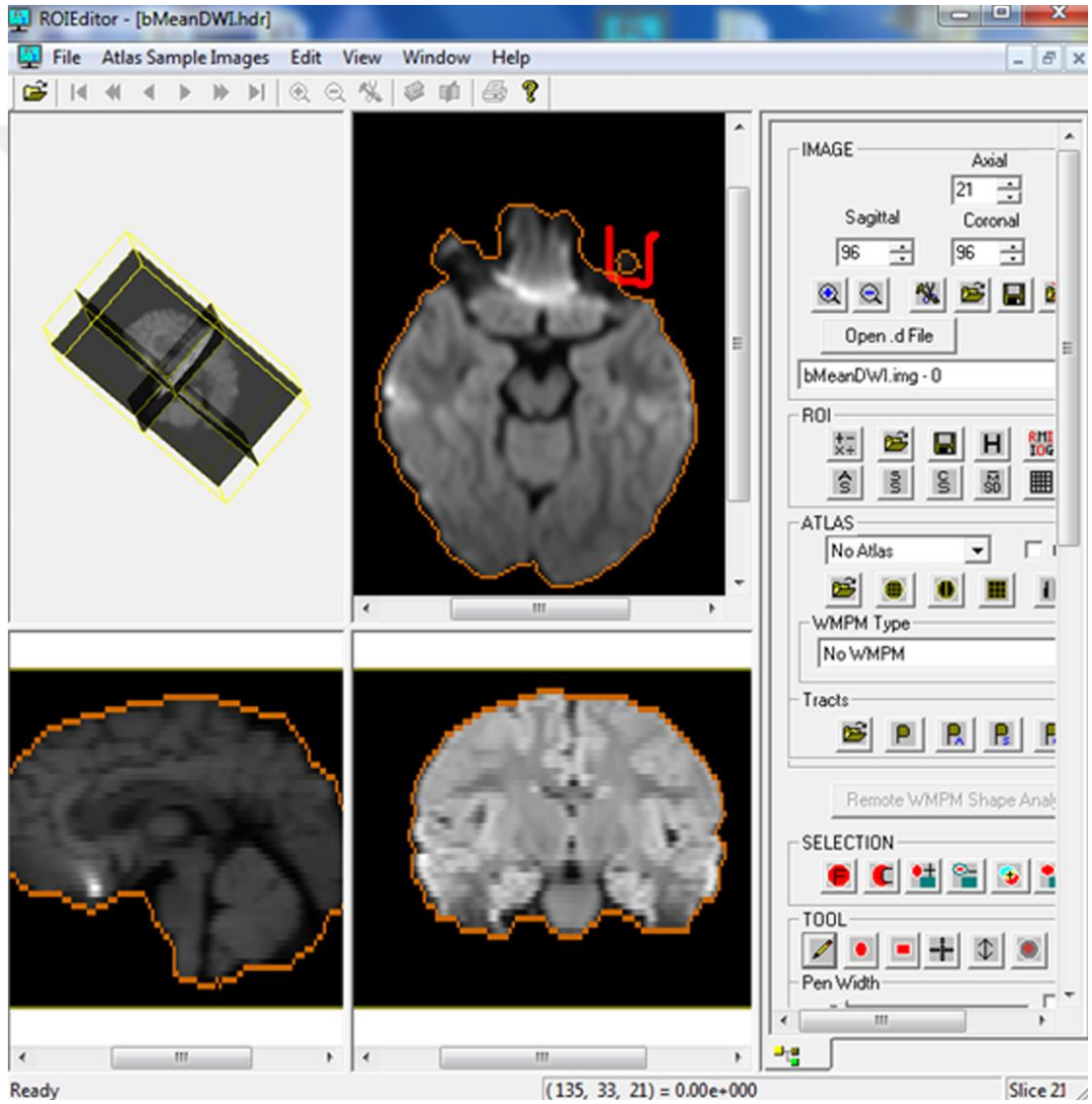
Bireyin postregistration klasöründeki meanDWI görüntü açılıp ve ‘skull stripping’ işlemi uygulandı. Bu işlem beyin dışındaki kafatası kemikleri ve orbita gibi yapıların çıkarılma işlemidir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Beyin dokusu dışındaki dokuların otomatik olarak çıkarılması. A: Dokular çıkarılmadan önce B: Dokular çıkarıldıktan sonra.

3.3.3. ROIEditor

ROIEditor’de postregistration dosyası içerisinde otomatik olarak MRICro ile kayıt edilen “bMeanDWI” şeklinde kayıt ettiğimiz görüntü açıldı. Bu programda amaç MRICro ile atılmayan beyin dışı dokuları atmaktır. Her kaydedilen görüntü için maskeleme işlemi uygulandı ve tüm kesitlerdeki beyin dışı yapılar el ile seçilerek çıkartıldı (Şekil 3.3). Bu işlem bMeanDWI, trace FA görüntülerinin hepsine uygulandı ve elde edilen görüntüler poststripping dosyasına başına ‘mask’ eklenerek kayıt edildi.



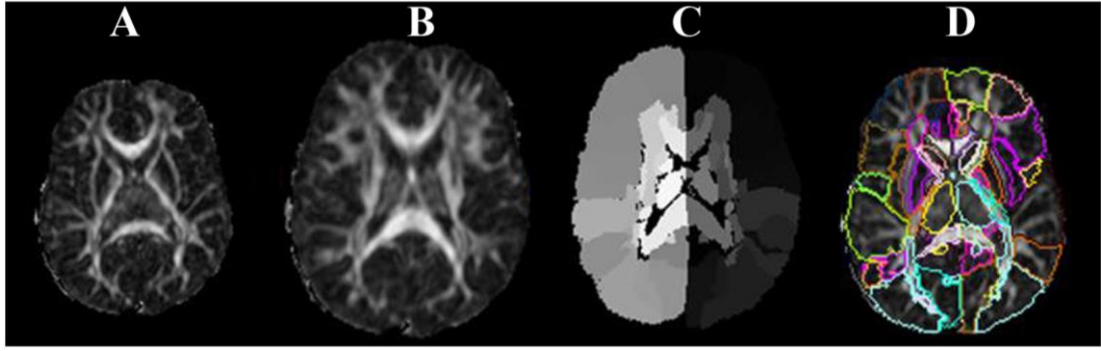
Şekil 3.3. Beyin dokusu dışındaki dokuların el ile seçilerek çıkartılması.

3.3.4. DiffeoMap

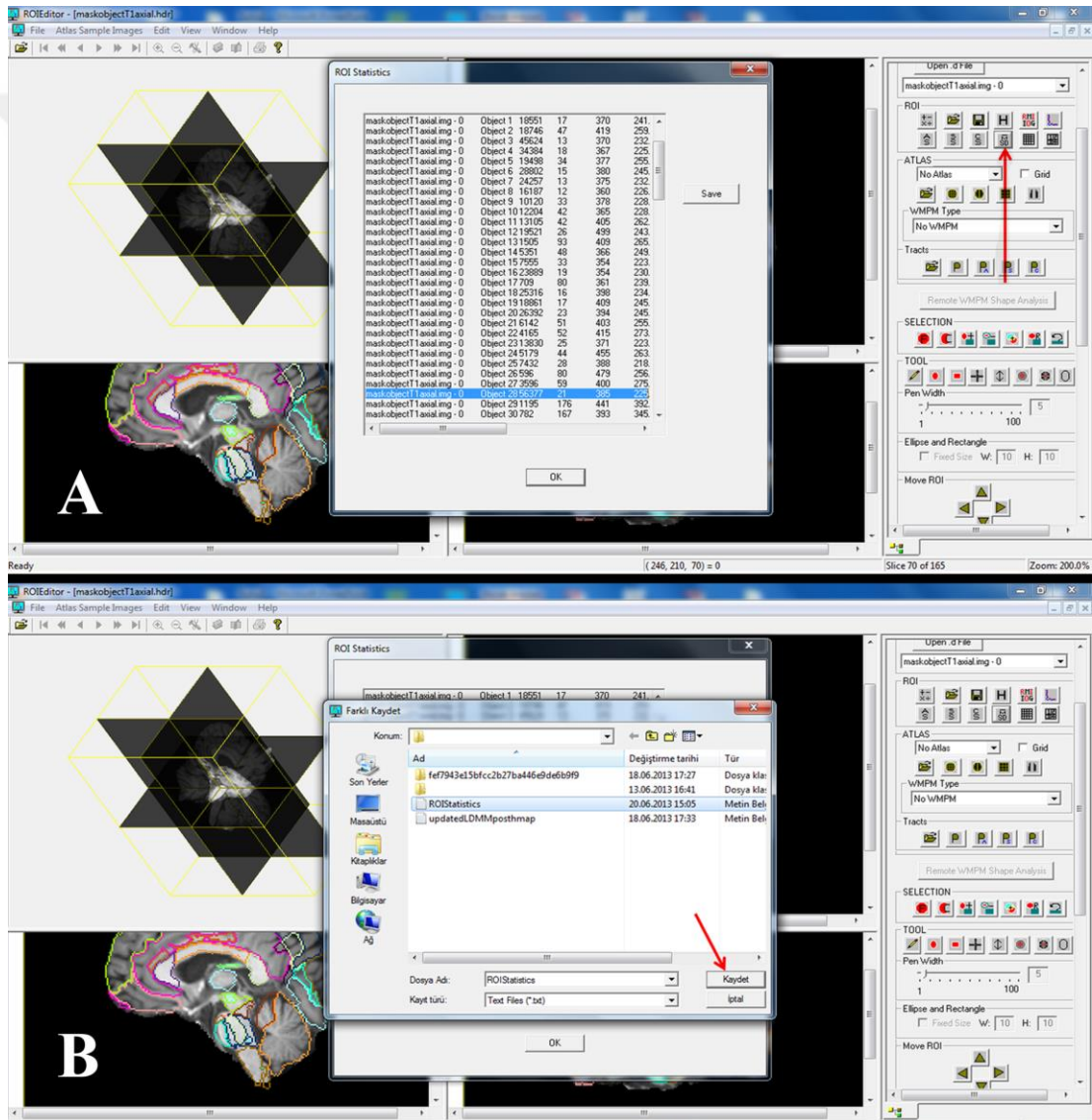
Bu programda ‘Atlas Sample Images’ içerisinde JHU_MNI_SS seçildi ve bununda içerisinde “JHU_MNI_SS_FA_ss” seçildi. Bu atlaslar normal kişilerin görüntüleri üzerinde oluşturulmuştur (Mori ve ark. 2008). Atlas görüntüleri açıldıktan sonra poststripping klasörüne kaydettiğimiz mask görüntüler tek tek açıldı (Şekil 3.4.A). Daha sonra atlas ve birey görüntüleri için normalizasyon yapıldı. Bunun için model olarak “traditional 9 parameters” ve interpolation olarak ta “trilinear” seçildi. İşlem uygulandıktan sonra elde edilen veri bireyin ana klasörü içerisine Alignlinear Output adı ile (sistem otomatik olarak adlandırıyor) kaydedildi. Elde edilen her bir görüntü update olarak kaydedildi (Şekil 3.4.B). Hem atlas, hem de birey görüntüleri program aracılığı ile bite çevrilip ‘Automatic Histogram Matching’ işlemi uygulandı. Son olarak bu atlas ve birey verileri ‘Single Channel’ kullanılarak ve mail adresimiz yazılarak sunucuya gönderildi.

Gönderdiğimiz veri sunucudan programa kayıtlı mail adresimize geldikten sonra son aşamaya geçildi. Bu aşamada Diffeomap programına mailimize gelen kod yüklenerek sonuçlar yüklendi. Daha önceden kaydetmiş olduğumuz updated-FA ve updated-Trace görüntüleri atlas görüntüleriyle beraber açıldı. Ardından maille aldığımız ve kayıt ettiğimiz Hmap matrix yüklendi. Bu işlemden sonra elde edilen görüntü parcellation_Post_Hmap isminde kayıt edildi. Bu işlemden sonra yine Diffeomap kullanılarak önceden kaydettiğimiz mask görüntü ve en son kaydettiğimiz parcellation_Post_Hmap görüntüsü beraber açıldı ve matrix eklenerek Updated_LDMM adıyla ham veri olarak kayıt edildi (Şekil 3.4.C).

Son olarak, ROIeditor’de mask görüntüleri açıldı üzerine ham görüntü seçilerek gerçek görüntüler üzerine superpose edildi. Bu işlem her bir açılan FA ve Trace için yapıldı (Şekil 3.4.D). İstatistikler kısmında (Roi statistics) beyinde istediğimiz bölgenin değerleri elde edilmiş oldu (Şekil 3.5).



Şekil 3.4. Diffeomap ile parselasyon haritasının çıkarılması. **A:** Bireyin mask-FA görüntüsü **B:** Lineer transformasyon yapılmış görüntü. **C:** LDMM görüntüsü **D:** FA görüntüsüne parselasyon haritasının yerleştirilmesi.



Şekil 3.5. ROIeditor ile FA ve MD değerlerinin elde edilmesi. **A:** İstatistiklerin eldesi. **B:** İstatistiklerin kaydedilmesi.

3.4. İstatistiksel Analiz

Analiz için SPSS 18.0 programı kullanıldı. Normal dağılıma uygunluk, Shapiro-Wilk veya Kolmogorov-Smirnov tek örneklem testi ile incelendi. Gruplar t testi veya Mann-Whitney U testi ile karşılaştırıldı. Eşli karşılaştırmalar için paired t-testi veya Wilcoxon testi kullanıldı. Alfa anlamlılık değeri 0,05 olarak kabul edildi.



4. BULGULAR

Tüm bireyler için TCS, FU, CİCP, FLS için FA ve MD ortalama değerleri hesaplandı (Tablo 4.1. - Tablo 4.4.). Bireylerin hem hemisferler arası farklılıkları hem de el tercihi ve cinsiyete göre farklılıkları değerlendirildi.

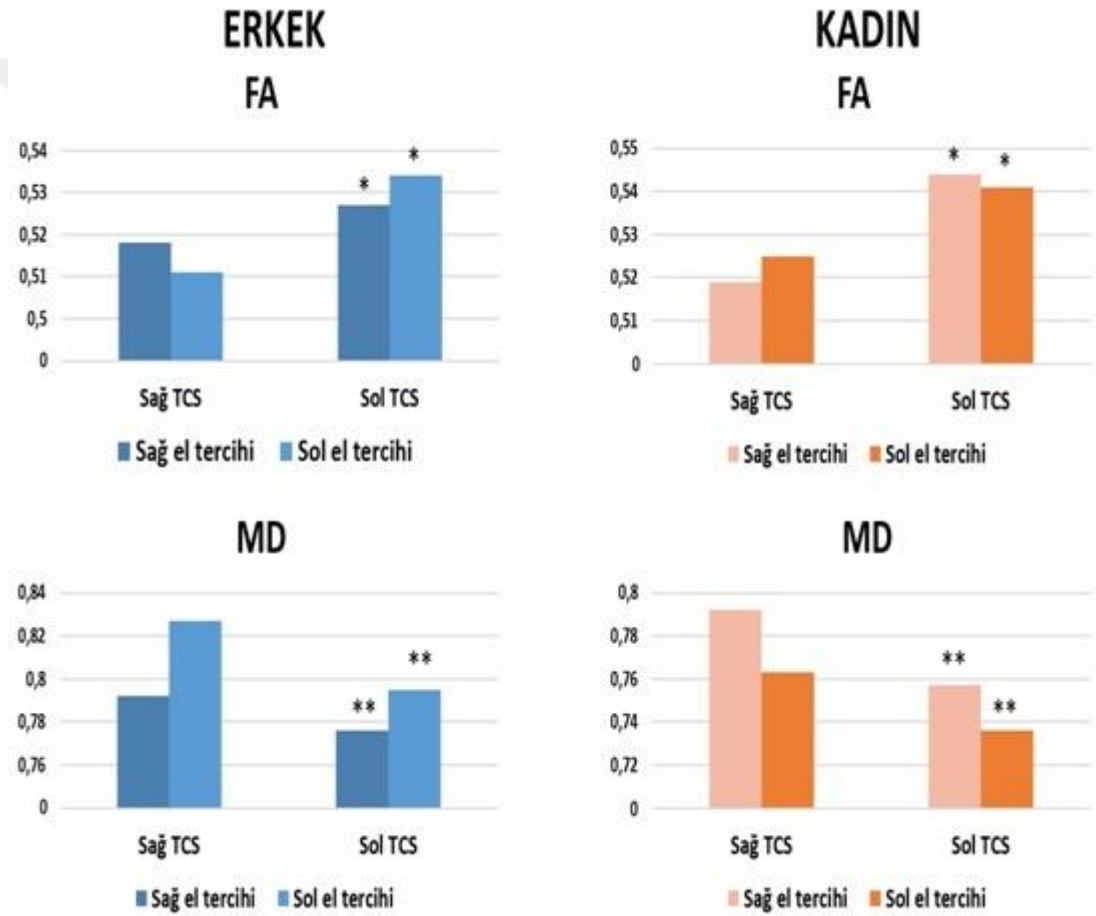
Tablo 4.1. Erkek ve kadın bireylerde TCS için ortalama MD ve FA değerleri. ($MD \times 10^{-3}$)

Erkekler				
	Sağ el tercihi		Sol el tercihi	
	Sağ TCS	Sol TCS	Sağ TCS	Sol TCS
FA±Sd.	0.518±0.007	0.527±0.010	0.511±0.009	0.534±0.010
MD±Sd. ($\times 10^{-3}$)	0.792±0.019	0.776±0.017	0.827±0.029	0.795±0.032
Kadınlar				
	Sağ el tercihi		Sol el tercihi	
	Sağ TCS	Sol TCS	Sağ TCS	Sol TCS
FA±Sd.	0.519±0.007	0.544±0.009	0.525±0.005	0.541±0.005
MD±Sd. ($\times 10^{-3}$)	0.792±0.010	0.757±0.012	0.763±0.008	0.736±0.006

Çalışmaya alınan tüm bireylerde TCS değerlendirildiğinde el tercihi ve cinsiyet farketmeksizin FA değeri sol hemisferde sağ hemisfere göre daha yüksek, MD'nin ise düşük olduğu tespit edildi $p < 0,05$ (Tablo 4.1., Tablo 4.2., Şekil 4.1.). Bu istatistiksel fark her ne kadar anlamlı olsa da sayısal olarak birbirlerine yakın olduğu gözlemlendi.

Tablo 4.2. TCS FA ve MD değerlerinin cinsiyet ve el tercihi ile olan ilişkisinin karşılaştırılması. Tüm değerlerde istatistiksel olarak anlamlı farklılık mevcuttur (yeşil oklar karşı hemisfere göre düşük, kırmızı oklar ise yüksek değerleri temsil etmektedir ($p<0,05$)).

		Erkekler		Kadınlar	
		Sağ TCS	Sol TCS	Sağ TCS	Sol TCS
Sağ el tercihi	FA	↓	↑	↓	↑
	MD	↑	↓	↑	↓
Sol el tercihi	FA	↓	↑	↓	↑
	MD	↑	↓	↑	↓



Şekil 4.1. Kadın ve erkek bireylerde TCS FA ve MD değerlerini gösteren grafik. Erkek ve kadın bireylerde el tercihinin bakılmaksızın FA değerlerinin sol hemisferde yüksek olduğu görülmektedir ($*p<0,05$). MD değerlerinin her iki grupta el tercihinin bakılmaksızın sol hemisferde düşük olduğu görülmektedir ($**p<0,05$).

Tablo 4.3. Erkek ve kadın bireylerde CİCP için ortalama MD ve FA değerleri.

Erkekler

	Sağ el tercihi		Sol el tercihi	
	Sağ CİCP	Sol CİCP	Sağ CİCP	Sol CİCP
FA±Sd.	0.463±0.009	0.470±0.009	0.451±0.013	0.461±0.014
MD±Sd. (x10⁻³)	0.886±0.022	0.858±0.035	0.898±0.029	0.889±0.018

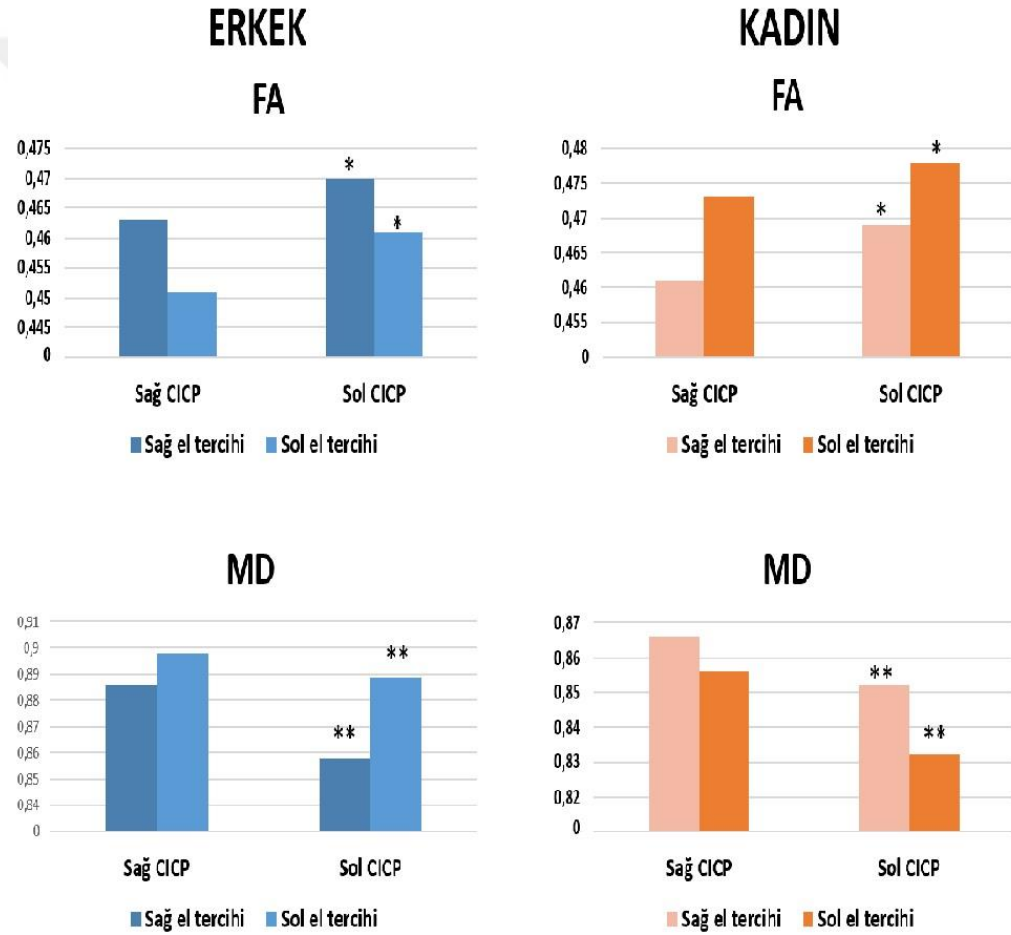
Kadınlar

	Sağ el tercihi		Sol el tercihi	
	Sağ CİCP	Sol CİCP	Sağ CİCP	Sol CİCP
FA±Sd.	0.461±0.003	0.469±0.003	0.473±0.005	0.478±0.005
MD±Sd. (x10⁻³)	0.866±0.016	0.852±0.008	0.856±0.007	0.832±0.011

Çalışmaya alınan tüm bireylerde TCS ile benzer şekilde CİCP’de el tercihi ve cinsiyet farketmeksizin FA değeri sol hemisferde sağ hemisfere göre daha yüksek, MD’nin ise duşuk olduğu tespit edildi ($p<0,05$) (Tablo 4.3., Tablo 4.4., şekil 4.2.).

Tablo 4.4. CİCP FA ve MD değerlerinin cinsiyet ve el tercihi ile olan ilişkisinin karşılaştırılması. Tüm değerlerde istatistiksel olarak anlamlı farklılık mevcuttur (yeşil oklar karşı hemisfere göre düşük, kırmızı oklar ise yüksek değerleri temsil etmektedir ($p < 0,05$)).

		Erkekler		Kadınlar	
		Sağ CİCP	Sol CİCP	Sağ CİCP	Sol CİCP
Sağ el tercihi	FA	↓	↑	↓	↑
	MD	↑	↓	↑	↓
Sol el tercihi	FA	↓	↑	↓	↑
	MD	↑	↓	↑	↓



Şekil 4.2. Kadın ve erkek bireylerde CİCP FA ve MD değerlerini gösteren grafik. FA değerlerinin el tercihine bakılmaksızın sol hemisferde yüksek olduğu görülmektedir ($*p < 0,05$). MD değerlerinin her iki grupta el tercihine bakılmaksızın sol hemisferde düşük olduğu görülmektedir ($**p < 0,05$).

Tablo 4.5. Erkek ve kadın bireylerde FU için ortalama MD ve FA değerleri.

Erkekler				
	Sağ el tercihi		Sol el tercihi	
	Sağ FU	Sol FU	Sağ FU	Sol FU
FA±Sd.	0.342±0.010	0.347±0.010	0.308±0.015	0.314±0.015
MD±Sd. (x10⁻³)	0.823±0.015	0.860±0.019	0.877±0.037	0.920±0.036

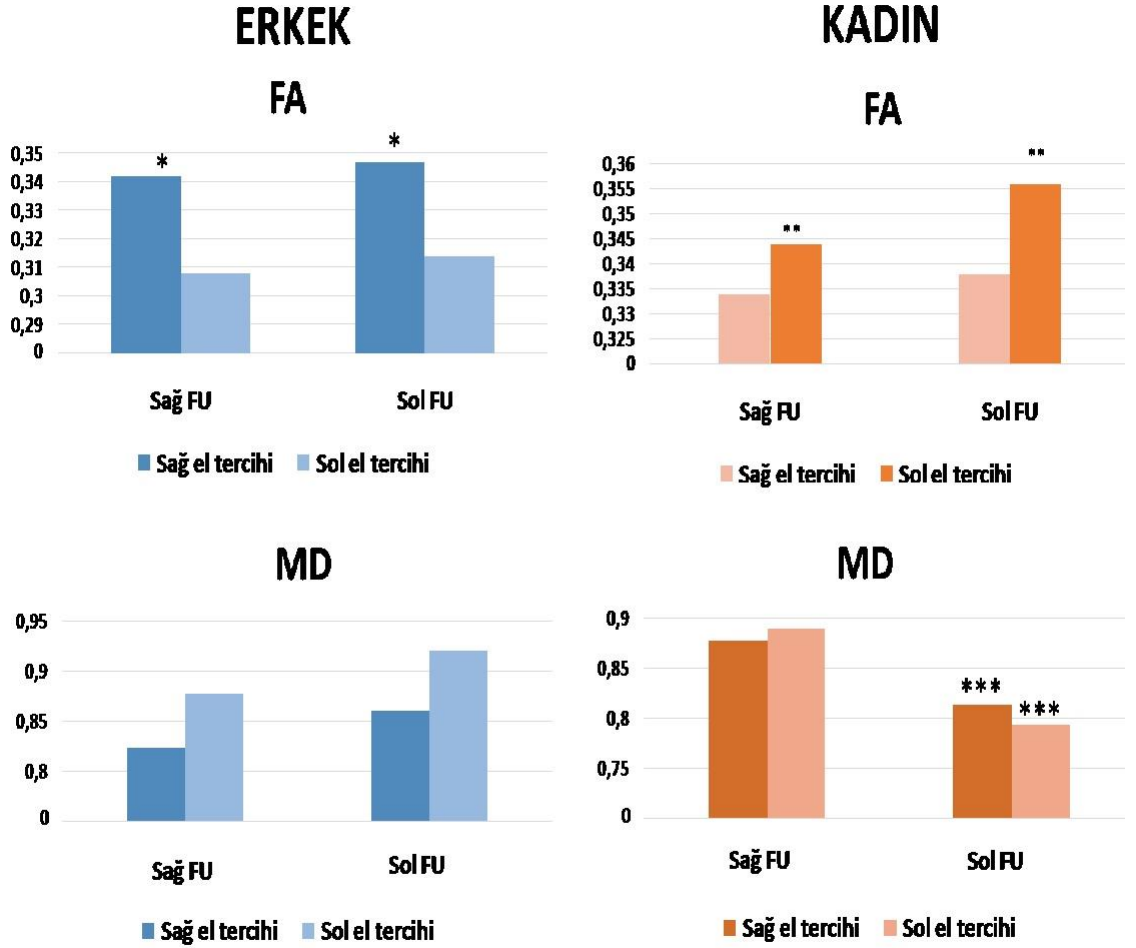
Kadınlar				
	Sağ el tercihi		Sol el tercihi	
	Sağ FU	Sol FU	Sağ FU	Sol FU
FA±Sd.	0.334±0.006	0.338±0.007	0.344±0.008	0.356±0.008
MD±Sd. (x10⁻³)	0.877±0.007	0.813±0,013	0.889±0.005	0.793±0.011

Çalışmaya katılan bireylerde FU FA değerlerinin kadınlarda sol elini kullanan bireylerde, erkeklerde ise sağ elini kullanan bireylerde yüksek olduğu görülmektedir ve bu fark anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$).

Hemisferler arasında görülen farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır($p>0,05$). MD parametresi için ise sadece kadın bireylerde el tercihine bakılmaksızın sol hemisferde sağ hemisfere göre düşük değerler saptanmıştır ($p<0,05$). Erkek bireylerde MD değeri için istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$) (Tablo 4.5., Tablo 4.6., Şekil 4.3.).

Tablo 4.6. FU FA ve MD değerlerinin cinsiyet ve el tercihi ile olan ilişkisinin karşılaştırılması (yeşil oklar karşı el tercihinine göre düşük, kırmızı oklar ise yüksek değerleri temsil ederken; sarı oklar karşı hemisfere göre yüksek, mavi oklar ise düşük değerleri temsil etmektedir) ($p<0,05$). İstatistiksel fark saptanmayan bölgeler boş bırakılmıştır.

		Erkekler		Kadınlar	
		Sağ FU	Sol FU	Sağ FU	Sol FU
Sağ el tercihi	FA	↑	↑	↓	↓
	MD			↑	↓
Sol el tercihi	FA	↓	↓	↑	↑
	MD			↑	↓



Şekil 4.3. Kadın ve erkek bireylerde FU FA ve MD değerlerini gösteren grafik. Sağ elini kullanan erkek bireylerde her iki hemisferde de sol elini kullananlara göre yüksek FA değerleri saptandı ($*p<0,05$). Solak kadın bireylerde sağ elini kullananlara göre her iki hemisferde de yüksek FA değerleri saptandı ($**p<0,05$). El tercihinin bakılmaksızın kadın bireylerde sol hemisferde düşük MD değerleri saptandı ($***p<0,05$).

Tablo 4.7. Erkek ve kadın bireylerde FLS için ortalama MD ve FA değerleri.

Erkekler

	Sağ el tercihi		Sol el tercihi	
	Sağ FLS	Sol FLS	Sağ FLS	Sol FLS
FA±Sd.	0.449±0.005	0.438±0.005	0.448±0.005	0.439±0.005
MD±Sd. (x10 ⁻³)	0.722±0.007	0.749±0.005	0.717±0.005	0.754±0.008

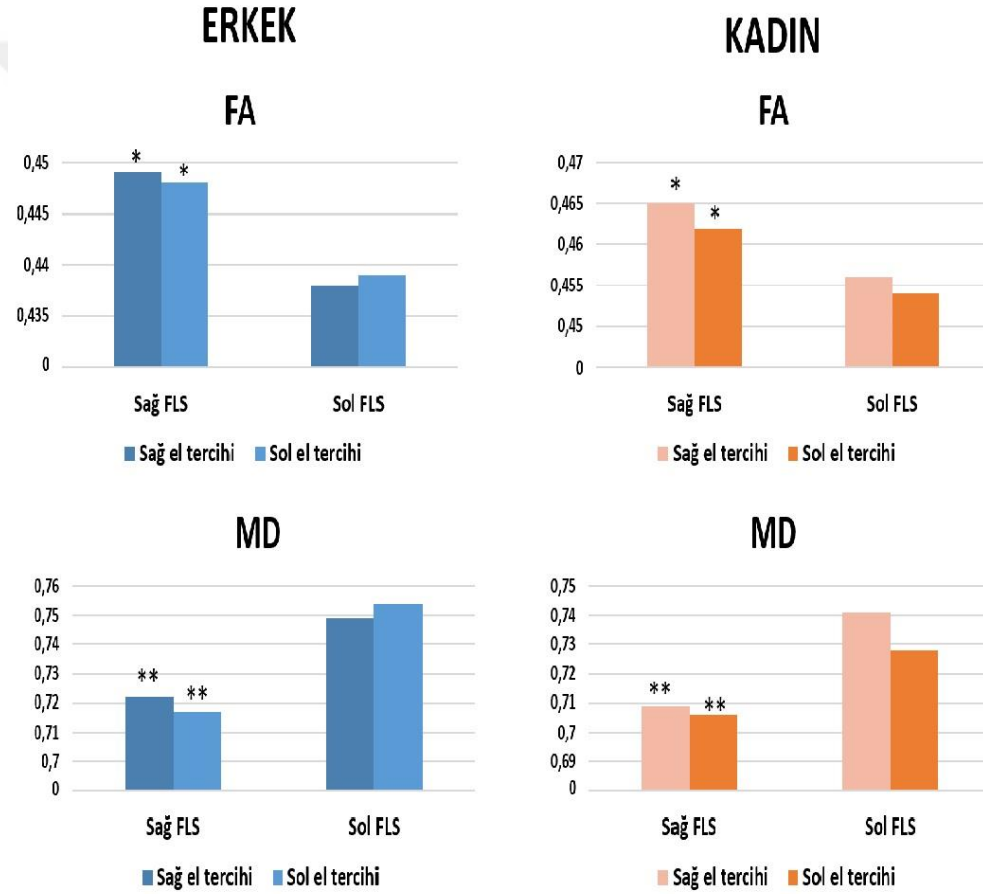
Kadınlar

	Sağ el tercihi		Sol el tercihi	
	Sağ FLS	Sol FLS	Sağ FLS	Sol FLS
FA±Sd.	0.465±0.004	0.456±0.004	0.462±0.004	0.454±0.003
MD±Sd. (x10 ⁻³)	0.709±0.009	0.741±0.003	0.706±0.003	0.728±0.029

Çalışmaya katılan kadın ve erkek bireylerde FLS değerlendirildiğinde el tercihi ve cinsiyete bakılmaksızın sağ hemisferde daha yüksek FA daha düşük MD değerleri saptandı ($p<0,05$) (Tablo 4.7, Tablo 4.8, Şekil 4.4.).

Tablo 4.8. FLS FA ve MD değerlerinin cinsiyet ve el tercihi ile olan ilişkisinin karşılaştırılması. Tüm değerlerde istatistiksel olarak anlamlı farklılık mevcuttur (yeşil oklar karşı hemisfere göre düşük, kırmızı oklar ise yüksek değerleri temsil etmektedir ($p < 0,05$)).

		Erkekler		Kadınlar	
		Sağ FLS	Sol FLS	Sağ FLS	Sol FLS
Sağ el tercihi	FA	↑	↓	↑	↓
	MD	↓	↑	↓	↑
Sol el tercihi	FA	↑	↓	↑	↓
	MD	↓	↑	↓	↑



Şekil 4.4. Kadın ve erkek bireylerde FLS FA ve MD değerlerini gösteren grafik. El tercihi ve cinsiyete bakılmaksızın sağ hemisferde daha yüksek FA değerleri görülmektedir ($*p < 0,05$). El tercihi ve cinsiyete bakılmaksızın sağ hemisferde daha düşük MD değerleri saptandı ($**p < 0,05$).

5. TARTIŞMA

İnsan merkezi sinir sistemi, bilinen en karmaşık yapılardan biridir. İnsan beyni birçok sinir hücresi ve bunların aralarındaki trilyonlarca bağlantıyı içermektedir. Hayatın çeşitli dönemlerinde hem morfolojik hem de fonksiyonel değişiklikler göstermektedir (Standring, 2015).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda beynin sağ ve sol taraf fonksiyonları ve dominantlık gibi parametreler sinir bilimlerinin ilgi odağı olmuştur (Amunts ve ark., 2000; Powell ve ark., 2012; Seizeur ve ark., 2014) Üzerinde çok sayıda araştırma yapılan fonksiyonel MRG ile beynin birçok fonksiyonu anlaşılmış ve beyin hakkındaki bilgimiz artmıştır (Grabowska ve ark. 2012). Klinikte beynin plastisite özelliğini kullanarak tedavi yöntemleri geliştirme, son yılların popüler konuları arasına girmiştir. Demans ve Alzheimer gibi nörodejeneratif hastalıkların tedavi edilebilmesi için beynin fonksiyonlarının ortaya çıkarılması önem arz etmektedir (Kljajevic ve ark, 2016).

El tercihi ömür boyu süren bir alışkanlık olarak sensorimotor sistem ile yapısal bir korelasyona sahiptir. El seçimi sıklıkla hangi hemisferin motor kontrolde baskın olduğunu göstermektedir. El hareketleri kontralateral serebral motor korteks tarafından TCS aracılığı ile kontrol edilmektedir. Bu fonksiyonel ilişki mikro yapısal düzeyde de etkili olmakta ve TCS varyasyonları FA gibi parametrelere de yansiyabilmektedir. TCS ince ve bağımsız parmak hareketlerinin sağlanabilmesi için büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle TCS'deki interhemisferik asimetrielerin el tercihi ile ilişkili olabileceği sıklıkla öne sürülmüştür (Amunts ve ark., 2000; Davidson ve Tremblay, 2013; Huang ve ark., 2007; Powell ve ark., 2012; Seizeur ve ark., 2014; Singh, 2016). Biz de çalışmamızda TCS ve CICIP'yi difüzyon parametreleri olan FA ve MD açısından değerlendirdik. TCS ve CICIP istatistiksel analizlerimiz hemisferler arasında difüzyon parametreleri açısından önemli farklılık gösterse de ($p<0,05$) bu farklılık el tercihi ile ilişkilendirilememiştir. Bu bulgular bize el tercihinin her ne kadar motor kortikal asimetriyle ilişkili olsa da bu farklılıkların TCS liflerinin difüzyon karakteristiklerini etkilemediğini düşündürdü. Modern MRG yöntemlerinin kullanıldığı bazı klinik çalışmalarda multiple skleroz ve inme gibi bazı hastalıklarda TCS ve CICIP hasar derecesi ile karşı taraf üst

ekstremitelerde görülen motor fonksiyon bozukluk derecesinin paralellik gösterdiği saptanmıştır (Lee ve ark., 2000; Thomalla ve ark., 2004). Buna benzer olarak primer motor ve premotor korteksteki yapısal ve fonksiyonel asimetrielerin el tercihi ile ilişki olduğunu kanıtlayan çalışmalar mevcuttur (Amunts ve ark., 2000; Amunts ve ark., 1996). El dominansının beyindeki etkilerinin transkraniyal manyetik uyarı verilerek değerlendirildiği bir çalışmada, kortikospinal uyarılabilirlik el tercihi ile ilişkilendirilmiştir (De Gennaro ve ark., 2004).

Grabowska ve ark, yaptıkları fonksiyonel MRG çalışmasında sağ elini kullananlarda, sol elini kullananlarda ve solak olup sağ elini kullanmaya zorlanan bireylerde el hareketlerinin karşı hemisfer tarafından kontrol edildiğini göstermiştir (Grabowska ve ark. 2012).

Hervé ve ark., voksel tabanlı morfometri çalışmalarında CICIP’de beyaz cevher yoğunluğunun sol hemisferde sağ hemisfere göre daha yüksek olduğunu saptamışlar ancak bunu el tercihi ile ilişkilendirememişlerdir (Herve ve ark., 2006). Aynı çalışmada beyin birçok farklı bölgesinde gri ve beyaz cevherde analiz yapılmış ve bazı bölgelerdeki sonuçlar el tercihi ile ilişkilendirilmiştir. Ancak yazarlar bulgularının el tercihi ve asimetri hipotezini kesin bir şekilde gösterdiğini söylemek yerine, bu hipotezi destekler olduğunu belirtmek gerektiğinin üzerinde durmuşlardır (Herve ve ark., 2006).

Büchel ve ark., 9’u solak 28 kişide yaptıkları çalışmada, FA değerlerini sol elini kullanan bireylerde sağ hemisferde, sağ elini kullanan bireylerde ise sol hemisferde yüksek bulmuşlardır (Buchel ve ark., 2004), ancak bu bulgular hemisferin tümünün FA değerleri üzerinden elde edilmiştir. Bizim çalışmamızda ise sadece TCS ve CICIP’den elde edilen FA değerleri el tercihiye bakılmaksızın sol hemisferde yüksek bulunmuştur. Bazı çalışmalarda dominant elin kontrol edildiği hemisferde lif yoğunluğunun yüksek olduğu belirtilirken, TCS’nin seyri boyunca yapılan asimetri çalışmaları el tercihi ile açık bir ilişki gösterememiştir.

Seizeur ve ark., çalışmalarında 25 sağlıklı gönüllüde (15 sağ, 10 sol el tercihi) 3 farklı seviyedeki kesitte (corona radiata, corpus callosum, capsula interna) TCS’nin FA ve MD değerlerinin el tercihi ile ilişkisini değerlendirmişlerdir (Seizeur ve ark., 2014). Bu çalışmada FA değerleri sağ elini kullananlarda 2 seviyede (corpus

callosum, capsula interna), sol elini kullananlarda ise tek bir seviyede (corpus callosum) sağ yarıkürede yüksek saptanmıştır (Seizeur ve ark., 2014). Bu çalışmada sağ elini kullananlarda saptanan bulgular bizim çalışmamızla paraleldir ancak sol el tercihi için farklı sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmamızda ve referans çalışmada yöntem açısından farklılıklar bulunmaktadır. Bu çalışmada tek kesitte ilgili alan seçilerek FA hesaplanırken bizim çalışmamızda parselasyon yapılarak TCS'nin tamamı için FA değeri elde edilmiştir.

Müzisyenlerde yapılan bir araştırmada müzisyenlerde; müzisyen olmayanlara göre FA değeri daha düşük bulunmuş ve aynı zamanda FA değerinin sağ tarafta sola göre daha yüksek olduğu saptanmıştır (İmfeld ve ark., 2009). Araştırmacılar çalışmalarının sonucunda bu durumun erken yaşlarda müziğe başlama ile beyinde plastisite değişikliklerinin olduğunu ve radial difüzyon değeri yükselttiğini, ancak FA değerini düşürdüğünü ileri sürmüşlerdir. Müzisyenlerde yapılan başka bir çalışmada ise corpus callosum'un genu'sunda FA değeri yüksek tespit edilirken, corona radiata ve capsula interna'da düşük değerler bildirilmiştir (Schmithorst VJ ve Wilke, 2002).

Cicceralli ve ark., beyaz cevherde bireyler arasında görülen farklılıkları incelemiş ve beyaz cevher yolaklarının kor kısımları kişiler arası fark göstermezken, periferik kısımlarının anlamlı farklılıklar gösterdiğini bulmuşlardır (Ciccarelli ve ark., 2003). Bu bulgular farklılıkların difüzyon tensör görüntüleme yönteminin en önemli kısıtlılıklarından biri olan kesişen liflerin (crossing and kissing fibers) ayırt edilememesinden kaynaklanabileceğini düşündürmektedir.

Westerhausen ve ark., 2007 çalışmalarında TCS ve CACP'yi değerlendirmiş, bizim çalışmamızla ile benzer olarak sağ hemisferde FA değerini yüksek, MD değerini düşük bulmuşlardır (Westerhausen ve ark., 2007). Bu değerleri el tercihi ve cinsiyet açısından değerlendirdiklerinde erkeklerde kadınlara, sol elini kullananlarda sağ elini kullananlara göre daha yüksek FA değerleri saptamışlar (Westerhausen ve ark., 2007). Biz çalışmamızda böyle bir ilişki kurmadık. Araştırmacılar FA'nın aksonal hizalanmanın derecesini saptamak suretiyle difüzyonun yönünü, MD'nin ise difüzyon bariyerlerinin varlığına göre total difüzyon kuvvetini gösteren bir parametre olduğuna dikkat çekmiş ve bu parametrelerle ilgili buldukları sonuçların sol

hemisferde miyelinizasyonun daha yoğun olmasından kaynaklanıyor olabileceğini öne sürmüşlerdir (Westerhausen ve ark., 2007).

Hemisferlerde bu yapılarda el tercihi arasında ilişki bulamamış olmamız yapısal asimetrinin el tercihi ile ilişkili olmayabileceğini düşündürdü. Hemisferler arası olarak farklılıklarının total hacim veya hemisferlerin yapısal farklılıklarından kaynaklanıyor olabileceğini düşündürmektedir. Bu nedenle hemisferlerin tümünde görülen farklılıklar ile yolaklar arasında görülen farklılıklar bir arada değerlendirilebilir.

FU temporal lob ile frontal korteksi birbirine bağlayan assosiasyon yollarından birisidir (Schmahmann ve Pandya, 2006). Fonksiyonu tam olarak bilinmese de FU emosyon ve hafızada kritik rol oynayan, limbik sisteme ait bir yapı olarak değerlendirilmektedir (Papagno ve ark., 2011). FU ile ilgili çalışmalar genellikle inferior frontal lob ile anterior temporal lobu birbirine bağlayan bu yapının çeşitli hastalıklar ile olan ilişkisini incelemek üzere yapılmıştır. Çeşitli çalışmalarda FU'nun şizofreni, Alzheimer, travma sonrası stres bozukluğu gibi hastalıklar ile olan ilişkisi değerlendirilmiştir (Diao ve ark., 2015; Kljajevic ve ark., 2016; Koch ve ark., 2017). Literatürde FU'nun hemisferler arası farklılıkları ile ilgili çelişkili bulgular mevcuttur. Kubicki ve ark. şizofreni hastalarında yaptıkları çalışmada sağlıklı bireylerde, sol hemisferde sağ hemisfere göre yüksek FA değerleri bulurken bu farkın şizofreni hastalarında olmadığını belirtmişlerdir (Kubicki ve ark., 2002). Ancak bu çalışmaya el tercihi fark yaratmaksızın sadece erkek bireyler dahil edilmiştir. Highley ve ark. ise postmortem beyinlerde yaptıkları çalışmada, hem sağlam bireylerde, hem şizofreni hastalarında sol hemisferde yüksek FA değerleri saptamışlardır (Highley ve ark., 2002). Bizim çalışmamızda da sol hemisfer FA değerleri her iki cinsiyette de yüksek bulunsa da, bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$). Çalışmamızda hemisferler arası anlamlı fark bulunmaz iken, erkeklerde sağ elini kullanan bireylerde kadınlarda sol elini kullanan bireylerde yüksek FA değerleri saptanmıştır. Koch ve ark. travma sonrası stres bozukluğu olan 38 (21 erkek/17 kadın) polis memuru ile 39 (20 erkek/19 kadın) sağlam bireyde FU MD değerlerini karşılaştırmış, cinsiyet fark etmeksizin hasta grubunda sağ hemisfer FU'da yüksek MD değerleri bulmuşlardır (Koch ve ark., 2017). Bizim çalışmamızda

ise sağlıklı kadın bireylerde, sağ hemisfer FU MD değerleri yüksek saptanırken, erkeklerde herhangi bir fark saptanmamıştır.

FU ile ilgili yapılan DTG çalışmalarındaki farklılıkların çalışmaların küçük ve heterojen gruplarda yapılmasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Bu durumdan dolayı saptanan bu farklılıkların hastalıkla veya el tercihi ile bağdaştırılmasının zor olduğu, böyle bir ilişki saptansa bile FU'da birçok farklı hastalıkta değişiklik görülebildiği akıldan çıkarılmamalıdır.

FLS, parietal, oksipital ve temporal lobları ipsilateral frontal kortikal sahalarla bağlayan asosiyasyon liflerinin en büyüğüdür (Kamali ve ark., 2014). Powell ve ark. el tercihi ve cinsiyetin beyaz cevher üzerindeki etkilerini araştırdıkları DTG çalışmalarında, FLS'nin gyrus supramarginalis altındaki kısmının cinsiyet fark etmeksizin sağ tarafta daha yüksek anizotropi gösterdiğini saptamışlardır (Powell ve ark., 2012). Bu sonuç bizim bulgularımız ile paralel olmakla birlikte, aynı çalışmada anizotropinin erkeklerde kadınlara göre daha fazla olduğu saptanmıştır. Çalışmamızda bu bulguya ulaşmamıştır.

Murphy ve Frodl, 7 adet makale ile yaptıkları meta-analiz çalışmasında SLF ile major depresif bozukluk arasındaki ilişkiyi incelemiş ve FA değerlerinin bu hastalıkta anlamlı olarak azaldığını saptamışlardır (Murphy ve Frodl, 2011). Bu çalışma bize küçük ve heterojen gruplarda aynı yolaklar üzerinde yapılan DTG çalışmalarının meta-analizler ile değerlendirilerek daha güçlü sonuçlar elde edilebileceğini düşündürmüştür.

Bu çalışmaların çoğunda cinsiyet değerlendirilmemiş ya da çalışmalara sadece erkek bireyler dahil edilmiştir. Bizim çalışmamızda erkek ve kadın bireyler arasında, anizotropi açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Takao ve arkadaşları da 109 bireyde yaptıkları DTG çalışmasında FA değeri ile cinsiyet arasında ilişki saptamaz iken, Powell ve arkadaşları beyaz cevherin birçok bölgesini inceledikleri DTG çalışmasında, bazı alanlarda cinsiyetler arası anlamlı farklılıklar saptamışlardır (Powell ve ark., 2012; Takao ve ark., 2011).

Kadın ve erkek beyinleri hem hacim açısından hem de içerdiği gri ve beyaz cevher oranı açısından bir miktar farklılık göstermektedir. Çalışmamızdaki bulgularda bazen FA değeri, bazen MD değeri kadın ve erkeklerde, sağ ve sol el tercihlerine göre

farklılık göstermektedir. Birbirinden farklı çalışan kadın ve erkek beyinde bu farklılıkların ortaya çıkması gayet doğaldır. Aynı zamanda sağ ve sol el tercihine göre beyindeki FA ve MD gibi difüzyon değerlerinin ortaya çıkarılması açısından çalışmamız ilk çalışmadır. Dolayısıyla bulgularımızın konu ile ilgili yapılacak çalışmalara referans olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızda tüm traktuslarda FA değeri yüksek bulunan yerlerde, MD değeri düşük bulunmuştur. Miyelinizasyonun arttığı durumlarda FA değerinin yüksek, MD değerinin düşük, aksonal hasarlanma durumlarında ise FA değerinin düşük ve MD değerinin yüksek bulunduğu bildirilmektedir (Feldman ve ark. 2010; Alexander ve ark. 2011). Bu açıdan bulgularımız literatür ile uyumludur.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

DTG günümüzde beyaz cevher yolaklarının incelenmesindeki iyi bir *in vivo* yöntemdir. Biz de çalışmamızda bu yöntemi kullanarak bazı yolakların difüzyon parametrelerini karşılaştırdık. Bugüne kadar bu karşılaştırma parselasyon yöntemi kullanılarak yapılmamıştır. Mevcut literatürde birbiri ile çelişen bulgular bulunması sebebiyle bazı bulgularımız literatürle uyumlu iken, çelişen bulgularımız da mevcuttur.

Literatürdeki birçok DTG çalışması, yolakların ilgili bölge el ile seçilerek (region of interest) açığa çıkarılmasıyla yapılmıştır. Bu yöntemde ortaya çıkabilecek hataların azaltılması için titizlikle çalışılabilir ve çalışmalara daha büyük gruplar dahil edilebilir. Çalışmamızdaki bulgular kullanılan parselasyon yöntemi ile incelediğimiz her bir yolağın tüm kesitlerinin elde edilip bir hacim oluşturularak, içerisindeki FA ve MD gibi difüzyon parametrelerinin istatistiksel karşılaştırmalarının yapılması ile elde edilmiştir. Parselasyon yönteminin kullanılmasının diğer yöntemlere göre daha tutarlı veriler elde edilmesini sağladığını düşünmekteyiz.

Beyaz cevheri incelemek için yapılacak ilerideki çalışmalarda daha homojen ve büyük gruplarla çalışılması önerilmektedir. Bir diğer yandan yolaklar incelenirken total beyaz cevherin de incelenmesi, çalışmaların güvenilirliğini arttıracak bir yöntem olabilir.

Sonuç olarak, sağ ve sol el tercihinin göre beyindeki bazı yolaklarda FA ve MD gibi difüzyon değerlerinin ortaya çıkarılması ile elde ettiğimiz bulguların literatüre katkı sağlayacağını düşünmekteyiz.

KAYNAKLAR

Acer N, Dolu N, Zararsız G, Doğan MS, Gümüş K, Özmen S, Kara AY, Soysal H, Per H, Bilgen M. Anatomical characterization of ADHD using an atlas-based analysis: A diffusion tensor imaging study. *Eurobiotech J*, 2017; 1: 46-56.

Akan M. Akut İskemik Olayda Difüzyon Tensor Görüntüleme ve Fiber Traktografi Uygulaması. *Radyoloji Uzmanlık Tezi*, 2008, T.C. Sağlık Bakanlığı Haseki Eğitim ve Araştırma Hastanesi.

Alexander AL, Hurley SA. Characterization of cerebral white matter properties using quantitative magnetic resonance imaging stains. *Brain Connectivity*, 2011; 1(6): 423-446.

Alexander AL, Lee EL. Diffusion tensor imaging of the brain. *Neurotherapeutics: The Journal of The American Society for Experimental Neurotherapeutics*, 2007; 4(3): 316-329.

Amunts K, Jancke L, Mohlberg H. Interhemispheric asymmetry of the human motor cortex related to handedness and gender. *Neuropsychologia*, 2000; 38(3): 304-312.

Amunts K, Schlaug G, Schleicher A. Asymmetry in the human motor cortex and handedness. *Neuroimage*, 1996; 4: 216-222.

Arıncı K, Elhan A. *Anatomi*, 3. baskı, 2. cilt, Güneş Kitabevi, Ankara 2001; 264-346.

Arning L, Ocklenburg S, Schulz S, Ness V, Gerding WM, Hengstler JG, Falkenstein M, Epplen JT, Güntürkün O, Beste C. Handedness and the X chromosome: the role of androgen receptor CAG-repeat length. *Sci Rep.*, 2015: 8325. doi: 10.1038/srep08325.

Atlas SW, *Magnetic resonance imaging of the brain and spine*. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2001.

Bear MF, Connors BW, Paradiso MA. *Neuroscience: Exploring the brain*. 3. ed., USA, Lippincott Williams & Wilkins, 2007: 632.

Berger A. Magnetic resonance imaging. *BMJ*, 2002; 324(7328): 35.

Büchel C, Raedler T, Sommer M, Sach M, Weiller C, Koch MA. White matter asymmetry in the human brain: a diffusion tensor MRI study. *Cereb Cortex*, 2004; 14(9): 945-951.

Carpenter MB, Truex RC. *Human Neuroanatomy*. U.S.A., The Williams & Wilkins Company, 1976.

Carpenter MB. *Core Text of Neuroanatomy*. U.S.A., Williams & Wilkins, 1985.

Cercignani M, Inglese M, Paggani E, Comi G, Filippi M. Mean diffusivity and fractional anisotropy histograms of patients with multiple sclerosis. *American Journal of Neuroradiology*, May 2001; 22(5): 952-958.

Ciccarelli O, Toosy AT, Parker GJM. Diffusion tractography based group mapping of major white-matter pathways in the human brain. *Neuroimage*, 2003; 19(4): 1545-1555.

Davidson T, Tremblay F. Hemispheric differences in corticospinal excitability and in transcallosal inhibition in relation to degree of handedness. *PLoS One* 2013; 8(7): e70286.

De Gennaro L, Cristiani R, Bertini M, Curcio G, Ferrara M. Handedness is mainly associated with an asymmetry of corticospinal excitability and not of transcallosal inhibition. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of The International Federation of Clinical Neurophysiology*. 2004; 115(6): 1305-1312.

Demir A. Beyin Beyaz Cevher Yolaklarının Difüzyon Tensör Görüntüleme ile Gösterilmesi. *Yeditepe Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği*, 2008, Erişim tarihi: 25.09.16.

Diao L, Yu H, Zheng J, Chen Z, Huang D, Yu L. Abnormalities of the uncinate fasciculus correlate with executive dysfunction in patients with left temporal lobe epilepsy. *Magnetic Resonance Imaging*, 2015 33(5): 544-550. <https://doi.org/10.1016/j.mri.2015.02.011>

Eickhoff S, Walters NB, Schleicher A, Kril J, Egan GF. High-resolution MRI reflects myeloarchitecture and cytoarchitecture of human cerebral cortex. *Human Brain Mapping*, 2004; 24(3): 206-215. DOI: 10.1002/hbm.20082

Erden İ. Nöroradyoloji Manyetik Rezonans Uygulamaları. Ankara, Türk Manyetik Rezonans Derneği, 2006: 205-221.

Evans AC, Janke AL, Collins DL, Baillet S. Brain templates and atlases. *Neuroimage*, 2012; 62(2): 911-922.

Faria AV, Hoon A, Stashinko E, Li X, Jiang H, Mashayekh A, Akhter K, Hsu, Oishi K, Zhang J, Miller M, van Zijl PCM, Mori S. Quantitative Analysis of Brain Pathology Based on MRI and Brain Atlases-Applications for Cerebral Palsy. *Neuroimage*, 2011; 54(3): 1854–1861

Feldman HM, Yeatman JD, Lee ES. Diffusion tensor imaging: a review for pediatric researchers and clinicians. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, 2010; 31(4): 346-356.

Fitzgerald MJT, Gruener G, Mtui E. *Clinical Neuroanatomy and Neuroscience*, 6. ed, Saunders Elsevier 2011: 187-189.

Forstmann BU, Wagenmakers EJ. *Model-Based Cognitive Neuroscience*. New York, Springer 2015.

Frey S, Campbell JSW, Pike B, Petrides M. Dissociating the human language pathways with high angular resolution diffusion fiber tractography. *The Journal of Neuroscience: the Official Journal of The Society for Neuroscience*, 2008; 28(45): 11435-11444.

Gotts SJ, Jo HJ, Wallace GL, Saad ZS, Cox RW, Martin A. Two distinct forms of functional lateralization in the human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2013; 110(36): E3435-3444. doi: 10.1073/pnas.1302581110

Gökmen FG. *Sistematik Anatomi*, İzmir Güven Kitabevi, İzmir, 2003: 624-777

Grabowska A, Gut M, Binder M, Forsberg L, Rymarczyk K, Urbanik A. Switching handedness: fMRI study of hand motor control in right-handers, left-handers and converted left-handers. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 2012; 72(4): 439-451.

Herve PY, Crivello F, Perchey G, Mazoyer B. Handedness and cerebral anatomical asymmetries in young adult males. *Neuroimage* 2006; 29(4): 1066-1079.

Highley JR, Walker MA, Esiri MM, Crow TJ, Harrison PJ. Asymmetry of the uncinate fasciculus: a post-mortem study of normal subjects and patients with schizophrenia. *Cereb Cortex*, 2002; 12(11): 1218-1224.

Huang SC, Yeh FG, Tsai YC, Tseng WY. Effects of Gender and Handedness on Corticospinal Tracts: Tract Specific Analysis of Fractional Anisotropy Based on Diffusion Spectrum Imaging. Joint Annual Meeting ISMRM-ESMRMB. Berlin. *Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med.* 2007; 15: 1577.

Imfeld A, Oechslin MS, Meyer M, Loenneker T, Jancke L. White matter plasticity in the corticospinal tract of musicians: a diffusion tensor imaging study. *Neuroimage*. 2009 Jul 1;46(3):600-607.

Izbudak I, Acer N, Poretti A, Gümüş K.Z, Zararsiz G. Macrocerbellum: Volumetric and Diffusion Tensor Imaging Analysis. *Turkish Neurosurgery*, 2015; 25: 948-953.

Johansen-Berg H, Behrens TEJ. *Diffusion MRI: From Quantitative Measurement to In vivo Neuroanatomy*. 2. ed, Elsevier Science 2013.

Kamali A, Flanders AE, Brody J, Hunter JV. Tracing superior longitudinal fasciculus connectivity in the human brain using high resolution diffusion tensor tractography. *Brain Struct Funct*, 2014; 219(1): 269-281. DOI: 10.1007/s00429-012-0498-y

Kljajevic V, Dyrba M, Kasper E, Teipel S. Is the left uncinate fasciculus associated with verbal fluency decline in mild Alzheimer's disease? *Translational Neuroscience*, 2016; 7(1): 89-91. DOI: <https://doi.org/10.1515/tnsci-2016-0014>

Koch SBJ, van Zuiden M, Frijling JL, Veltman DJ, Olf M. Decreased uncinate fasciculus tract integrity in male and female patients with PTSD: a diffusion tensor

imaging study. *Journal of Psychiatry & Neuroscience*, JPN 2017; 42(4): 160129. doi: 10.1503.jpn.160129

Kubicki M, Westin CF, Maier SE, Frumin M. Uncinate fasciculus findings in schizophrenia: a magnetic resonance diffusion tensor imaging study. *The American Journal of Psychiatry*, 2002; 159(5): 813-820.

Lee MA, Blamire AM, Pendlebury S. Axonal injury or loss in the internal capsule and motor impairment in multiple sclerosis. *Archives of Neurology*, 2000; 57(1): 65-70. doi:10.1001/archneur.57.1.65

Leong CK. Laterality and Reading Proficiency in Children. *Reading Research Quarterly*, 1980; 15(2): 185-202. DOI: 10.2307/747324

Mori S, Oishi K, Jiang H, Jiang L, Li X, Akhter K. Stereotaxic white matter atlas based on diffusion tensor imaging in an ICBM template. *Neuroimage*, 2008; 40(2): 570-582. doi: 10.1016/j.neuroimage.2007.12.035

MRI Studio. www.mristudio.org. Erişim tarihi: 15.05.17.

Murphy ML, Frodl T. Meta-analysis of diffusion tensor imaging studies shows altered fractional anisotropy occurring in distinct brain areas in association with depression. *Biology of Mood & Anxiety Disorders* 2011; 1(1): 3. DOI: 10.1186/2045-5380-1-3

Oishi K, Faria AV, van Zijl PCM, Mori S. *MRI Atlas of Human White Matter*. 2. ed., Elsevier Science 2010.

Papagno C, Miracapillo C, Casarotti A, What is the role of the uncinate fasciculus? Surgical removal and proper name retrieval. *Brain: A Journal of Neurology*, 2011; 134: 405-414. DOI: <https://doi.org/10.1093/brain/awq283>

Powell JL, Parkes L, Kemp GJ, Sluming V, Barrick TR, Garcia-Finana M. The effect of sex and handedness on white matter anisotropy: a diffusion tensor magnetic resonance imaging study. *Neuroscience*, 2012; 207: 227-242.

Schmahmann J, Pandya D. *Fiber Pathways of the Brain*. New York, Oxford University Press, 2006: 391-455.

Schmithorst VJ, Wilke M Differences in white matter architecture between musicians and non-musicians: a diffusion tensor imaging study. *Neurosci Lett.* 2002; 321(1-2):57-60.

Seizeur R, Magro E, Prima S, Wiest-Daessle NW, Maumet C, Morandi X. Corticospinal tract asymmetry and handedness in right- and left-handers by diffusion tensor tractography. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 2014; 36(2): 111-124.

Singh V. Sex-Differences, Handedness, and Lateralization in the Iowa Gambling Task. *Frontiers in Psychology*, 2016; 7: 708.

Standring S. *Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice*, 40. ed., Elsevier Health Sciences UK, 2015: 596-635.

Takao H, Abe O, Yamasue H, Aoki S, Sasaki H, Kasai K, Yoshioka N, Ohtomo K. Abe Gray and white matter asymmetries in healthy individuals aged 21-29 years: a voxel-based morphometry and diffusion tensor imaging study. *Human Brain Mapping*, 2011; 32(10): 1762-1773. DOI: 10.1002/hbm.21145

Taner D. *Fonksiyonel Nöroanatomi*. 12. Baskı, ODTÜ Yayıncılık, Ankara, 2014: 26-178

Thiebaut de Schotten M, Dell'Acqua F, Forkel SJ, Simmons A. A lateralized brain network for visuospatial attention. *Nature Neuroscience*, 2011; 14(10): 1245-1246. doi:10.1038/nn.2905

Thomalla G, Glauche V, Koch MA. Diffusion tensor imaging detects early Wallerian degeneration of the pyramidal tract after ischemic stroke. *Neuroimage*, 2004; 22(4): 1767-1774.

van der Knaap MS, Valk J. *Magnetic Resonance of Myelin, Myelination, and Myelin Disorders* 2. ed. Springer Berlin Heidelberg. 2013; 1:1-2

Von Der Heide RJ, Skipper IM, Klobusicky F, Olson IR. Dissecting the uncinata fasciculus: disorders, controversies and a hypothesis. *Brain*, 2013; 136(Pt 6): 1692-1707.

Werring D, Toosy A, Clark CA, Parker CJM, Barker GJ. Diffusion tensor imaging can detect and quantify corticospinal tract degeneration after stroke. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 2000; 69(2): 269-272.

Westerhausen R, Huster RJ, Kreuder F, Wittling W, Schweiger E. Corticospinal tract asymmetries at the level of the internal capsule: is there an association with handedness? *Neuroimage* 2007; 37(2): 379-386. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2007.05.047

Williams SM. Handedness Inventories: Edinburgh Versus Annett. *Neuropsychology* 1991; 5(1): 43-48.

Yıldırım M. Temel Nöroanatomi. 2. Baskı, Nobel Tıp Kitabevi, İstanbul, 2014: 11–378.

Yoshida S, Faria AV, Oishi K, Kanda T, Yamori Y, Yoshida N, Hirota H, Iwami M, Okano S, Hsu J, Li X, Jiang H, Li Y, Hayakawa K, Mori S. Anatomical Characterization of Athetotic and Spastic Cerebral Palsy Using An Atlas-Based Analysis. *J Magn Reson Imaging* 2013; 38(2): 288-298.

Zhang Y, Zhang J, Oishi K, Faria AV, Jiang H, Li X. Atlas-guided tract reconstruction for automated and comprehensive examination of the white matter anatomy. *Neuroimage* 2010; 52(4): 1289-1301.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Güneş	Uyruğu	T.C.
Soyadı	AYTAÇ	Tel No	5062897070
Doğum Tarihi	02.03.1988	e-posta	gunesaytac@akdeniz.edu.tr

Eğitim Bilgileri

	Mezun Olduğu Kurum	Mezuniyet Yılı
Lise	Selim Nevzat Şahin Anadolu Lisesi	2005
Lisans	Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi	2011
Doktora	Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi	Devam ediyor

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (yıl-yıl)
Öğr.Gör.	Sinop Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri MYO	2017- Devam ediyor
Arş.Gör.	Akdeniz Üniversitesi, Tıp Fakültesi	2014 - 2017
Arş.Gör.	Mersin Üniversitesi, Tıp Fakültesi	2012 - 2014
Pratisyen hekim	Mut Devlet Hastanesi Acil Servis	2011 - 2013

Yabancı Dilleri	Sınav Türü	Puanı
İngilizce	YDS	90

Proje Deneyimi

Proje Adı	Destekleyen kurum	Süre (Yıl-Yıl)
Plastine materyal ile eğitimin lisans öğrencilerinin başarı düzeylerine etkisi.	Akdeniz Üniversitesi BAP	2015-2017
Meme Kanseri Modelinde Primer Tümör ve Metastaz Oluşumunda Melatonin ve Doksorubisinin <i>in vivo</i> ve <i>in vitro</i> Etkilerinin Değerlendirilmesi	TÜBİTAK Projesi	2015-Devam Ediyor
Multipl Skleroz oluşturulan fare modelinde demiyelinizasyon ve remiyelinizasyonun gösterilmesi	Akdeniz Üniversitesi BAP	2016- Devam Ediyor

Yayınlar ve Bildiriler:

SCI, SSCI, AHCI İndekslerine Giren Dergilerde Yayımlanan Çalışmalar

- * Özgür Ö, Sindel M, Hizay A, Öztürk S, **Aytaç G**, Sindel T. Occipital artery arising from the internal carotid artery: a case report. Surg Radiol Anat. 2017 Feb;39(2):219-222.
- * Koç T, Gilan İY, Aktekin M, Kurtoğlu Z, Dağtekin A, **Aytaç G**, Coşgun E. Evaluation of the origin and branching patterns of the iliolumbar artery and its implications on pelvic and vertebral surgery. Saudi Med J. 2016 Apr;37(4):457-60.

Diğer Dergilerde Yayımlanan Makaleler

- * **Aytaç G**, Clinical Value of Anatomical Variations. Int J Anat Var. 2017;10(2):013-13.
- * Sindel A, Ögüt E, **Aytaç G**, Oğuz N, Sindel M. Morphometric study of pterion. Int J Anat Res. 2016; 4(1): 1954-57.
- * Karaali K, **Aytaç G**, Şenol U, Sindel M. Heschl's Transverse Gyri: Anatomy and Morphological Variations. Akdeniz Tıp Dergisi 2016; 3: 149-152.
- * Sindel A, Ögüt E, **Aytaç G**, Sindel M. Bifid alveol and root of the canine teeth. Gaziantep Med J. 2016; 22(2): 63-65.

Hakemli Kongre/Sempozyum Bildiri Kitaplarında Yer Alan Çalışmalar

- * **Aytaç G**, Erin N, Dilmaç S, Sindel M, Tanrıöver G. Fare metastatik meme kanseri modelinde hipokampusta doksorubisine bağlı NFκB ekspresyon değişimi. 15. Ulusal Sinirbilim Kongresi, Sakarya, 07-10 Mayıs 2017, (Poster Sunumu)
- * Tanrıöver G, Dilmaç S, **Aytaç G**, Erin N. Fare meme kanseri modelinde melatoninin nöroprotektif etkisi merkezi sinir sisteminde NFκB immünreaktivitesini azaltır. 15. Ulusal Sinirbilim Kongresi, Sakarya, 07-10 Mayıs 2017, (Poster Sunumu)
- * Öztürk S, Göksu K, **Aytaç G**, Tanrıöver G, Hatipoğlu B, Derin N, Sindel M. Kuprizon; fare multipl skleroz modeli için iyi bir ajandır. 15. Ulusal Sinirbilim Kongresi, Sakarya, 07-10 Mayıs 2017, (Poster Sunumu)
- * Göztepe MB, Öztürk S, **Aytaç G**, Sindel M. Morphology and morphometry of infraorbital foramen. 17. Ulusal Anatomi Kongresi, Eskişehir, Eylül 2016, (Poster Sunumu)
- * Keven A, Öztürk S, **Aytaç G**, Sindel M. Sex-related morphologic differences in the hyoid bone. 17. Ulusal Anatomi Kongresi, Eskişehir, Eylül 2016, (Poster Sunumu)
- * Keven A, Öztürk S, **Aytaç G**, Kastan Ö, Sindel M. Variations of hyoid bone. 17. Ulusal Anatomi Kongresi, Eskişehir, Eylül 2016, (Poster Sunumu)
- * Köse Ö, Acar B, **Aytaç G**, Sindel M. Os centrale carpi. 17. Ulusal Anatomi Kongresi, Eskişehir, Eylül 2016, (Poster Sunumu)
- * Özgür Ö, Sindel M, **Aytaç G**, Sindel T. The median arcuate ligament syndrome. 17. Ulusal Anatomi Kongresi, Eskişehir, Eylül 2016, (Poster Sunumu)
- * **Aytaç G**, Susar H, Acer N, Karaali K, Sindel M. Hippocampal volume measurements using IBASPM and evaluation of the relation between school

- success and sex. 17. Ulusal Anatomi Kongresi, Eskişehir, Eylül 2016, (Poster Sunumu)
- * Karaali K, **Aytaç G**, Sindel M, Şenol U. Heschl'in transvers giruslarının anatomisi ve morfolojik varyasyonları. 14. Ulusal Sinirbilim Kongresi, Ankara, 26-29 Mayıs 2016, (Poster Sunumu)
 - * Sindel M, Öztürk S, **Aytaç G**, Acar B. Facies articularis talaris ve sulcus calcanei morfolojisi. Antropoloji, Radyoloji ve Anatomi Kongresi, Ankara, 12-13 Kasım 2015, (Poster Sunumu)
 - * Özgür Ö, Sindel M, **Aytaç G**, Sindel HT. Arteria descendens genus'un bacak perfüzyonunda koruyucu rolü. Antropoloji, Radyoloji ve Anatomi Kongresi, Ankara, 12-13 Kasım 2015, (Poster Sunumu)
 - * Sindel M, Öztürk S, Kaştan Ö, **Aytaç G**, Acar B. Facies articularis calcanea ve sulcus calcanei morfolojisi. Antropoloji, Radyoloji ve Anatomi Kongresi, Ankara, 12-13 Kasım 2015, (Poster Sunumu)
 - * Özbilek Ö, **Aytaç G**, Karaali K, Sindel M, Bircan O. Biliyer sistemin anatomik varyasyonlarının MR kolanjiografi ile değerlendirilmesi. Antropoloji, Radyoloji ve Anatomi Kongresi, Ankara, 12-13 Kasım 2015, (Poster Sunumu)
 - * Özgür Ö, Sindel M, Kaştan Ö, **Aytaç G**, Sindel HT. Anatomical variation in the origin of superior thyroid artery. XXIV. International Symposium on Morphological Sciences, İstanbul, 2-6 Eylül 2015. (Poster Sunumu)
 - * Özgür Ö, Sindel M, Öztürk S, **Aytaç G**, Sindel HT. Occipital artery arising from internal carotid artery: a case report. XXIV. International Symposium on Morphological Sciences, İstanbul, 2-6 Eylül 2015. (Poster Sunumu)
 - * Özgür Ö, **Aytaç G**, Sindel M, Sindel HT. Persistent carotid-vertebrobasilar anastomoses: proatlantal artery type I and type II. XXIV. International Symposium on Morphological Sciences, İstanbul, 2-6 Eylül 2015. (Poster Sunumu)
 - * Şekerci R, Sindel M, Özgür Ö, **Aytaç G**, Sindel HT. Absence of right posterior communicating artery. XXIV. International Symposium on Morphological Sciences, İstanbul, 2-6 Eylül 2015. (Poster Sunumu)
 - * Öztürk S, Sindel M, **Aytaç G**. Morphometric analysis of hard palate sutures. International Congress of Anthropological Sciences, Ankara, 9-11 Nisan 2015. (Poster Sunumu)
 - * Sindel M, Özgür Ö, **Aytaç G**, Sindel HT. Vertebral artery arising from the aortic arch. 16. Ulusal Anatomi Kongresi, Malatya, 11-14 Eylül 2014. (Poster Sunumu)
 - * Elvan Ö, **Aytaç G**, Bobuş Kara A. Plexus brachialis comprising of fasciculus anterior (?) and posterior: a case report. 16. Ulusal Anatomi Kongresi, Malatya, 11-14 Eylül 2014. (Poster Sunumu)
 - * Koç T, **Aytaç G**, Gilan İY, Dağtekin A, Aktekin M. Arteria iliolumbalis'in kökeni, dallanma düzeni ve cerrahi açıdan önemi. 15. Ulusal Anatomi Kongresi, Samsun, 5-8 Eylül 2013. (Poster Sunumu)
 - * **Aytaç G**, Kurtoğlu Z, Kara A. Tek fasciculus'lu plexus brachialis anomalisi. 15. Ulusal Anatomi Kongresi, Samsun, 5-8 Eylül 2013. (Poster Sunumu)
 - * Kara A, Aktekin M, Öztürk H, Kurtoğlu Z, Uzmansel D, Öztürk NC, Elvan Ö, Gilan İY, Koç T, **Aytaç G**. Mersin Üniversitesi'nde Bağış Kadavraya Şükran Töreni. VIII. Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Günleri, Gaziantep, 22-25 Mayıs 2013. (Poster Sunumu)