

**T.C.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEMEL NÖROANATOMİ EĞİTİMİNDE FİBRİL DİSEKSİYON,  
TRAKTOGRAFI, MİKROSKOBİK ANATOMİ VE PLASTİNASYON  
TEKNİKLERİNİN BİRLİKTE KULLANIM MODELİ OLUŞTURULMASI**

**Arş. Gör. Hasan Barış ILGAZ**

**Anatomi Programı  
DOKTORA TEZİ**

**ANKARA  
2018**



**T.C.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEMEL NÖROANATOMİ EĞİTİMİNDE FİBRİL DİSEKSİYON,  
TRAKTOGRAFI, MİKROSKOBİK ANATOMİ VE PLASTİNASYON  
TEKNİKLERİNİN BİRLİKTE KULLANIM MODELİ OLUŞTURULMASI**

**Arş. Gör. Hasan Barış ILGAZ**

**Anatomi Programı  
DOKTORA TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI  
Doç. Dr. İlkan TATAR**

**ANKARA  
2018**

## ONAY SAYFASI

TEMEL NÖROANATOMİ EĞİTİMİNDE FİBRİL DİSEKSİYON, TRAKTOGRAFI MİKROSKOBİK ANATOMİ VE PLASTİNASYON TEKNİKLERİNİN BİRLİKTE KULLANIM MODELİ OLUŞTURULMASI

Adı ve Soyadı: **Hasan Barış ILGAZ**

Danışman: **Doç. Dr. İlkan TATAR**

Bu tez çalışması 24 Ekim, 2018 tarihinde jürimiz tarafından "Anatomi Doktora Programı" nda doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:

**Prof. Dr. Mustafa F. SARGON**

H.Ü.Tıp Fakültesi A.B.D Öğretim Üyesi



Üye:

**Prof. Dr. İsmail Nadir GÜLEKON**

G.Ü.Tıp Fakültesi A.B.D Öğretim Üyesi



Üye:

**Prof. Dr. Nihal APAYDIN**

A.Ü.Tıp Fakültesi A.B.D Öğretim Üyesi



Üye:

**Prof. Dr. Mustafa ALDUR**

H.Ü.Tıp Fakültesi A.B.D Öğretim Üyesi



Üye:

**Doç. Dr. Ceren Günenç BEŞER**

H.Ü.Tıp Fakültesi A.B.D Öğretim Üyesi



Bu tez, Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun bulunmuştur.

20 Kasım 2018



Prof. Dr. Diclehan ORHAN

Enstitü Müdürü

## YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. <sup>(1)</sup>
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir. <sup>(2)</sup>
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. <sup>(3)</sup>

20 /10/2018  
(İmza)  
Hasan Barış ILGAZ

1

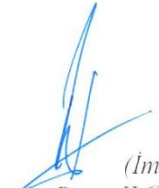
<sup>1</sup> “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**”

- (1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanın** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez **danışmanın** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulunun** gerekçeli kararı ile altı ay aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, **tezin yapıldığı kurum** tarafından verilir \*. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, **ilgili kurum ve kuruluşun önerisi** ile **enstitü** veya **fakültenin** uygun görüşü üzerine **üniversite yönetim kurulu** tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir. Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir

\* Tez **danışmanın** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** tarafından karar verilir.

## ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Doç. Dr. İlkan TATAR danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

  
(İmza)  
Arş. Gör. Dr. Hasan Barış ILGAZ

## TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince hiçbir konuda benden desteğini esirgemeyen, bilimsel açıdan gelişimimin her daim önünü açan Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı'nda görev yapan tüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim. Bölüme başladığım günden itibaren desteğini her zaman yanımda hissettiğim ve tezin ortaya çıkmasında son derece önemli katkıları olan danışmanım Doç. Dr. İlkan Tatar'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tezin oluşum sürecinde her zaman yol gösterici olan Anatomi Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Mustafa Fevzi Sargon'a, tezin yöntemiyle ilgili oldukça ufuk açıcı fikirleriyle Prof. Dr. Mustafa Aldur'a, tezin her aşamasında katkıda bulunan Dr. Öğr. Üyesi Burcu Erçakmak Güneş'e, radyolojik görüntülerin elde edilmesindeki katkıları için Dr. Öğr. Üyesi Rahşan Göçmen'e, histolojik kesitlerin hazırlanmasında katkıda bulunan Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı'ndan Arş. Gör. Nilgün Yersal'a ve Patoloji Anabilim Dalı'ndan Arş. Gör. Dr. Altan Kavuncuoğlu'na teşekkür ederim.

Hayata başladığım ilk günden beri beni her konuda destekleyen annem Zeliha Ilgaz, babam Ata İbrahim Ilgaz'a, kardeşim Mustafa Onur Ilgaz'a ve hayatımın tüm alanlarında ilham kaynağım sevgili eşim Aslıhan Ilgaz'a tüm kalbimle teşekkür ederim.

## ÖZET

**Ilgaz, H.B., Temel Nöroanatomi Eğitiminde Fibril Diseksiyon, Traktografi, Mikroskopik Anatomi ve Plastinasyon Tekniklerinin Birlikte Kullanım Modeli Oluşturulması, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Anatomi Programı Doktora Tezi, Ankara, 2018.** Bu çalışmada temel nöroanatomi eğitiminde lisans ve lisansüstü sağlık bilimleri öğrencilerinin 2 ve 3 boyutlu olarak ilgili konuları algılayabilmelerini kolaylaştırmak amacıyla mevcut bilimsel veriler ışığında yeni, kullanışlı, ucuz ve etkili bir eğitim modeli geliştirilmesi hedeflendi. Bunun için örnek bölge olarak beyinlerin beyaz cevher kısımları seçilerek 2 beyin bu amaçla traktografik görüntüleme, fibril diseksiyon, mikroskopik anatomik görüntüleme ve plastinasyon işlemlerinden geçirildi. Bu işlemlerin her biri sırasında elde edilen görüntülerden mümkün olanları 3 boyutlu hale getirilip, en son olarak da beyinler plastine birer eğitim modeli olarak tespit edildi. Sonrasında Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Dönem II öğrencisi olan 104 katılımcıya (44K, 60E) elde edilen eğitim materyalleri uygulandı. İki gruba ayrılan katılımcıların önce “Beyaz cevher ve telencephalon” teorik dersine girmeleri sağlandı ve sonrasında ilk gruba standart laboratuvar pratik eğitimi (Grup 1), diğer gruba (Grup 2) ise yeni ortaya konan laboratuvar pratik eğitimi uygulandı. Her gruba ayrı ayrı olarak uygulamaların öncesinde ve sonrasında 10 soruluk çoktan seçmeli birer ön test ve son test yapıldı. Buna göre başarı puanı ortalamaları; Grup 1 ön test  $3,87 \pm 1,75$ , Grup 1 son test  $5,38 \pm 1,74$ , Grup 2 ön test  $3,69 \pm 1,91$ , Grup 2 son test  $6,23 \pm 1,75$  olarak saptandı. Sonuçlar değerlendirildiğinde her iki grubun başarısı teorik ders sonrası yapılan teste göre anlamlı olarak arttı ( $p < 0,05$ ), iki grup kendi arasında karşılaştırıldığında ise yeni laboratuvar pratik eğitimi alan grupta standart laboratuvar eğitimi alan gruba göre istatistiksel olarak daha anlamlı bir artış gözlemlendi ( $p < 0,05$ ). Elde edilen sonuçlar temel nöroanatomi eğitiminde görsel eğitim modelleriyle zenginleştirilmiş eğitim modelleri oluşturmanın öğrencilerin anatomik bilgilerinin gelişmesine faydası olduğunu gösterdi.

**Anahtar Kelimeler:** Fibril diseksiyon, mikroskopik anatomi, traktografi, nöroanatomi eğitimi, plastinasyon



## ABSTRACT

**Ilgaz, H.B., Generating a Collocation Model of Fiber Dissection, Tractography, Microscopic Anatomy and Plastination Techniques for Basic Neuroanatomy Education, Hacettepe University Graduate School of Health Sciences Anatomy Doctor of Philosophy Thesis, Ankara, 2018.** In this study, development of a new, practical, cost effective and efficient 2D and 3D education model, to be helpful for the detection of the related issues for the basic neuroanatomy education of the undergraduate and postgraduate medical science students, in the view of hitherto studies was aimed. For this purpose white matter regions of the 2 brain were chosen and tractographic imaging, fibril dissection, microscopic anatomy and plastination techniques were carried out. During all these steps obtained photos of the specimens were converted to the 3D images and lastly specimens were plastinated and became educational models. Thereafter, the education model was applied to 104 (44 female, 60 male) Phase II students of the Hacettepe University Faculty of Medicine. At first all the students attended to the “White Matter and The Telencephalon” lecture and then they were separated into 2 groups. After the theoretical education one group took the classical laboratory education (Group 1) and the other group took the newly designed education model (Group 2). Before and after the laboratory sessions 10 questioned multiple choice pre and post-tests were introduced to each group. According to the obtained results success averages were noted as; Group 1 pre-test  $3.87 \pm 1.75$ , pos-test  $5.38 \pm 1.74$  and Group 2 pre-test  $3.69 \pm 1.9$ , post- test  $6.23 \pm 1.75$ . After the laboratory sessions, success averages of each group were increased significantly ( $p < 0.05$ ). When 2 groups compared with each other increase in the post-test results of the Group 2 was more statistically significant then the Group 1 ( $p < 0.05$ ). Consequently the education model enriched by newly designed method comes in useful for learning and improving the basic neuroanatomy knowledge.

**Keywords:** Fiber dissection, misroscopic anatomy, tractography, neuroanatomy education, plastination

## İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR	xii
ŞEKİLLER	xiv
TABLolar	xvi
<b>1.GİRİŞ</b>	1
<b>2.GENEL BİLGİLER</b>	4
2.1. Türkiye’de ve Dünyada Anatomi Eğitimi	4
2.2. Merkezi Sinir Sisteminin Gelişimi	7
2.3. Beyin Anatomisi	13
2.4. Telencephalon’un Histolojik Yapısı	25
2.5. Fibril Diseksiyon	27
2.6. Difüzyon Tensör Görüntüleme ve Traktografi	29
2.7. Plastinasyon	33
2.7.1. Dokuların Hazırlanması	34

2.7.2. Dehidrasyon	34
2.7.3. Yağdan Arındırma (Defatting)	36
2.7.4. Zorlu İmpregnasyon (Vakumla Gömme)	36
2.7.5. Gaz Kütleme (Sertleştirme)	37
<b>3. GEREÇ ve YÖNTEMLER</b>	<b>38</b>
3.1. Çalışma Grubu	38
3.2. Çalışma Yöntemi	38
3.3. Çalışma Gereçlerinin Oluşturulması	39
3.3.1. Traktografi	39
3.3.2. Fibril Diseksiyon	42
3.3.3. Mikroskopik Anatomi	58
3.3.4. Plastinasyon	60
3.4. İstatistiksel Analiz	62
<b>4. BULGULAR</b>	<b>63</b>
<b>5. TARTIŞMA</b>	<b>75</b>
5.1 Eğitim Modaliteleri	75
5.2 Nöroanatomik Yapıların Uzaysal (3 Boyutlu) Algılanması	76
5.3 Fibril Diseksiyon	78
5.4 Traktografi	80
5.5 Bir Eğitim Modeli Olarak Plastinasyon	81
5.6 Öğrencilerin Eğitim Modelleriyle İlgili Görüşleri	81

**6. SONUÇ ve ÖNERİLER** 83

**7. KAYNAKLAR** 85

**8. EKLER**

**EK-1:** Tez Çalışması ile İlgili Etik Kurul İzinleri

**EK-2:** Tez Çalışması Orijinallik Raporu

**EK-3:** Dijital Makbuz

**EK-4:** Katılımcılara uygulanan değerlendirme anketi

**EK-5:** Katılımcılara uygulanan ön test ve son test

**EK-6:** Katılımcı onam formu

**9. ÖZGEÇMİŞ**

## SİMGELER VE KISALTMALAR

ADC	görünür difüzyon katsayısı (apparent diffusion coefficient)
Bkz.	Bakınız
ce	capsula externa
ce	capsula externa
ci	capsula interna
cm	santimetre
cm <sup>2</sup>	santimetrekare
DTG	difüzyon tensör görüntüleme
EPI	eko-planar görüntüleme (echo-planar imaging)
FA	fraksiyonel anizotropi
fa	fasciculus arcuatus
FACT	çizgi izlem algoritması (fiber assignment by contiguous tracking)
ffo	fasciculus frontooccipitalis
ffoi	fasciculus frontooccipitalis inferior
ffos	fasciculus frontooccipitalis superior
fli	fasciculus longitudinalis inferior
fls (I,II,III)	fasciculus longitudinalis superior (I,II,III)
fu	fasciculus uncinatus
ga	gyrus angularis
gc	gyrus cinguli
gfi	gyrus frontalis inferior
gfm	gyrus frontalis medius

gfml	gyrus frontalis medialis
gfs	gyrus frontalis superior
gpoc	gyrus postcentralis
gprc	gyrus precentralis
gr	gram
gsm	gyrus supramarginalis
gti	gyrus temporalis inferior
gtm	gyrus temporalis medius
gts	gyrus temporalis superior
HÜTF	Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi
Maks.	maksimum
mdlf	middle longitudinal fasciculus
Min.	minimum
mm	milimetre
mm <sup>2</sup>	milimetrekare
MRG	manyetik rezonans görüntüleme
N	çalışma evrenindeki katılımcı sayısı
RA	rölatif anizotropi
ROI	ilgi alanı (region of interest)
SNR	sinyal gürültü oranı (signal noise ratio)
std.	standart
T	Tesla
VA	oylum oranı (volume ratio)
vlcp	ventriculus lateralis cornu posterior
°C	santigrad derece
®	orijinal

## ŞEKİLLER

Şekil		Sayfa
2.1	Beynin lateralden görünümü	17
2.2	Beynin medialden görünümü	19
2.3	Difüzyon tensör görüntüleme (DTG) ile elde edilen görüntüler	31
3.1	Eğitim modelinin uygulanması	39
3.2	Difüzyon tensör MR görüntüsü	40
3.3	MR görüntüsü	41
3.4	Traktografi görüntüsü 1	41
3.5	Traktografi görüntüsü 2	42
3.6	Fibril diseksiyonunda kullanılan tahta spatulalar	43
3.7	Büyüteç altında fibril diseksiyonu yapılması	43
3.8	Üç boyutlu fotoğraflama tekniği	44
3.9	Lateralden görünüm 1 (sağ hemisfer)	46
3.10	Lateralden görünüm 2 (sağ hemisfer)	47
3.11	Lateralden görünüm 3 (sağ hemisfer)	47
3.12	Lateralden görünüm 4 (sağ hemisfer)	48
3.13	Lateralden görünüm 5 (sağ hemisfer)	49
3.14	Lateralden görünüm 6 (sağ hemisfer)	50
3.15	Lateralden görünüm 7 (sağ hemisfer)	51
3.16	Lateralden görünüm 8 (sağ hemisfer)	52
3.17	Lateralden görünüm 9 (sağ hemisfer)	53
3.18	Medialden görünüm 1 (sağ hemisfer)	55
3.19	Medialden görünüm 2 (sağ hemisfer)	56
3.20	Medialden görünüm 3 (sağ hemisfer)	57
3.21	4x büyütmede görüntü (lobus frontalis)	59
3.22	10x büyütmede görüntü (cingulum)	59
3.23	10x büyütmede görüntüsü (corona radiata)	60
3.24	Plastinasyon ekipmanları	61

<b>3.25</b>	Plastine beyin örnekleri	62
<b>4.1</b>	Grup 1 ön test dağılımı	63
<b>4.2</b>	Grup 2 ön test dağılımı	64
<b>4.3</b>	Grup 1 son test dağılımı	64
<b>4.4</b>	Grup 2 son test dağılımı	65
<b>4.5</b>	Soru 1'e verilen cevapların dağılımı	68
<b>4.6</b>	Soru 2'ye verilen cevapların dağılımı	68
<b>4.7</b>	Soru 3'e verilen cevapların dağılımı	69
<b>4.8</b>	Soru 4'e verilen cevapların dağılımı	69
<b>4.9</b>	Soru 5'e verilen cevapların dağılımı	70
<b>4.10</b>	Soru 6'ya verilen cevapların dağılımı	70
<b>4.11</b>	Soru 7'ye verilen cevapların dağılımı	71
<b>4.12</b>	Soru 8'e verilen cevapların dağılımı	71
<b>4.13</b>	Soru 9'a verilen cevapların dağılımı	72
<b>4.14</b>	Soru 10'a verilen cevapların dağılımı	72
<b>4.15</b>	Soru 11'e verilen cevapların dağılımı	73
<b>4.16</b>	Soru 12'ye verilen cevapların dağılımı	73



**TABLolar**

<b>Tablo</b>		<b>Sayfa</b>
<b>4.1</b>	Grupların başarı puanları tablosu	63
<b>4.2</b>	Grup 1 ve Grup 2'nin ön test başarı puanlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi	65
<b>4.3</b>	Grup 1'in ön test ve son test başarı puanlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi	66
<b>4.4</b>	Grup 2'nin ön test ve son test başarı puanlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi	66
<b>4.5</b>	Grup 1 ve Grup 2'nin son test başarı puanlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi	66
<b>4.6</b>	Grup 1'deki öğrencilerin ön test ve son test başarı durumlarının değerlendirilmesi	67
<b>4.7</b>	Grup 2'deki öğrencilerin ön test ve son test başarı durumlarının değerlendirilmesi	67

## 1. GİRİŞ

Hekimliğin dünyadaki ilk mesleklerden biri olduğu düşünülmektedir. Bir yoruma göre ilk hekim insanlık tarihindeki ilk acı çeken insanın çığlığına yetişen kişiydi (1). Bu ilk hekim olmasa da sonrakiler geleneksel olarak usta-ıracak ilişkisi ile tıp eğitimi almaktaydılar. Tıp eğitiminin sistematik hale gelmesiyle birlikte ise bu paradigma yanına başka eğitim yöntemlerini de ekleyerek yerleşiklik kazanmıştır. Son 50 yılda teknoloji ve tıptaki son derece hızlı gelişmelerle birlikte tıp eğitimi büyük bir değişim göstermiş, özellikle bilgisayar temelli yaklaşımlar bu eğitimin ayrılmaz bir parçası olmuştur (2). Başladığı günden beri tıp eğitiminin en temel bileşenlerinden biri de anatomi eğitimi olagelmiştir. Tüm insanlık tarihi boyunca devam etmiş olan insan bedenine hükmetme isteği; bedenin taşıdığı estetik değer ve onu tanıma arzusu ile birleşince anatomi eğitiminin temel motivasyonu ortaya çıkmıştır (3). Ancak bu temel motivasyon tıp öğrencileri için dersi hiç de kolay bir hale getirmemektedir. Bilakis tıp ğrencilerinin en çok zorlandıkları derslerden biri anatomidir (4). Hatta bazı öğrenciler ve genç hekimler, anatominin bir alt dalı olan nroanatomiden korkmaktadırlar ve bazı araştırmacılar bu duruma “nrofobi” adını vermektedirler (5,6). Merkezi sinir sistemi elemanlarının üç boyutlu olarak yerleşimleri, birbirlerine göre olan konumları, fonksiyonları ve hastalıkları öğrenciler için öğrenilmesi ve akılda tutulması oldukça zor konulardır. Buna ek olarak sinir sistemindeki anatomik yapıların diseksiyon ile izole edilerek anatomi laboratuvarlarında gösterilebilmesi zordur (7). Kimi araştırmacılar bu soruna çözüm olarak geleneksel eğitim yöntemlerinin yerine bilgisayar temelli eğitim modellerini nerirlerken, kimileri ise olmazsa olmaz kadavra eğitiminin değerinin artması gerektiğini belirtmişlerdir (7-11). Artan ğrenci sayıları, kadavra temininde yaşanan zorluklar ve gelişen teknoloji anatomi eğitimi ile ilgili birçok yeni değerlendirmeyi beraberinde getirmiştir. Genel kabul gören öneri; geleneksel kadavra ile eğitim yöntemini mümkün olduğunca görsel olarak, özellikle bilgisayar teknolojileri ile birlikte zenginleştirerek oluşturulan eğitim modalitesi kullanımı olmaktadır (10-15) .

Bu çalışmanın amacı sağlık bilimleri ğrencilerinin korkuyla yaklaştıkları nroanatomiyi eğitimine mevcut bilimsel literatürü göz önünde bulundurarak yeni, kullanışlı, ucuz ve etkili bir yaklaşım geliştirmektir.

Bu amaçla beynin beyaz cevher bölümü örnek anatomik yapı olarak seçilmiştir. Beyaz cevher anatomisi bilgisayar tabanlı görüntüleme tekniklerindeki gelişmeler sayesinde eski zamanlardaki bilinemezliğinden uzaklaşarak gittikçe yoğunlaşan bir ilgiye mazhar olmuştur. Gerek kimi hastalıklarda beyaz cevherde yer alan bağlantıların sorumlu tutulması, gerekse de kimi tümöral oluşumların beyaz cevher lifleri ile ilgili yayılım paternlerinin ortaya konulması özellikle beyin cerrahları ve nörologlar olmak üzere tüm beyin araştırmacılarının beyaz cevher anatomisine vâkıf olma isteklerini en üst düzeyde tutmaktadır.

Özellikle difüzyon tensör görüntüleme (DTG) tekniği ve traktografi ile aksonal lif mimarilerinin ortaya koyulabilmesi *in vivo* olarak insan beyninin incelenbilmesine olanak sağlamıştır (16,17). Bu teknikler ayrıca insan beynindeki bazı oluşumların birbirleriyle olan bağlantılarını ortaya koyarak ilgili kısımların fonksiyonlarına dair kimi yorumlar yapılabilmesini de sağlamıştır. Yine yapılan çalışmalarda inme, Alzheimer hastalığı, depresyon, post-travmatik stres bozukluğu ve şizofreni gibi hastalıklarda beyaz cevher anomalilerine rastlanmıştır.(16-19) Ayrıca beynin çeşitli kısımları arasında bağlantıyı sağlayan beyaz cevherin anomalilerinde konuşma, görme, işitme, anlama, motor fonksiyonlar gibi birçok beyin işlevi etkilenebilmektedir. (20-27)

Beynin bu fonksiyonel kısmının anatomisinin bilinmesi beyinle ilgilenen tüm bilim dallarına gerekli olan bir yaklaşımdır. Bu bölgenin anatomisine dair çalışmalar çok eski zamanlardan beri devam etmektedir. Ancak Joseph Klingler'in fiksasyon ve diseksiyon yöntemiyle birlikte bu çalışmalar da daha sistematik bir hal almış Gazi Yaşargil'in katkılarıyla da popüler olmuştur (28-30). Özellikle beyaz cevherin anlaşılabilmesi için geliştirilen bu yöntem, bir bütün olarak beynin anatomik ve klinik olarak anlaşılmasında olmazsa olmaz bir çalışma tarzıdır. Fibril diseksiyon yöntemi kullanılarak beynin anatomik yapısının gözlenebilmesi özellikle beyin cerrahlarına yeni cerrahi teknikler geliştirebilme, var olan tekniklerin komplikasyonlarını azaltabilme imkanı vermiştir (31-34).

Bu yöntemle yapılan diseksiyonun üç boyutlu olarak fotoğraflanması ile öğrencilerin anatomik yapıların uzaysal konumlarını algılayabilmelerine katkıda bulunulabilir. Fotoğraf makinelerinde bu özellik olmasa bile aynı bölgenin açışal olarak çekilen iki fotoğrafını bilgisayar ortamında birleştirme yöntemiyle bu işlem

gerçekleştirilebilmektedir. Stereoskopik resim elde etme denilen bu yöntemle oluşturulan eğitim materyalleri öğrencilerin üç boyutlu algılama becerilerini artırmaktadır (35-37).

Fibril diseksiyon ile birlikte beyaz cevher anatomisinin radyolojik olarak traktografi yöntemiyle gösterilmesi hem birçok bilimsel çalışmada kullanılmakta, hem de eğitimde önemli bir yer tutmaktadır (38). Ayrıca *in vivo* olarak beyaz cevher yolaklarının görüntülenebilmesini sağlayan traktografi yönteminin cerrahi planlama, preoperatif ve postoperatif değerlendirme gibi klinik uygulama sahaları da mevcuttur. Bu yöntemin yine beynin üç boyutlu algılanmasına doğrudan katkısı bulunmaktadır (7,39).

Beyinlerin fonksiyonel anatomilerinin daha iyi kavranabilmesi ve ortaya konan oluşumların doğruluklarının saptanabilmesi için altın standart mikroskobik anatomik görüntüleme dir. Yapıların birbirleriyle olan hücresel ilişkilerinin değerlendirilmesinde, diseksiyonun ortaya çıkarabileceği artefaktların elimine edilmesinde mikroskobik değerlendirme büyük önemdedir. (40).

Ortaya konulan eğitim materyallerinin uzun yıllar ve sağlıklı bir şekilde korunabilmelerini sağlamak için ise plastinasyon tekniği tüm dünyada yaygın bir şekilde uygulanmaktadır (41,42). Dokularda bulunan hücre içi ve hücreler arası sıvının silikonla yer değiştirerek fikse olmalarına olanak tanıyan bu yöntem ile plastik maketler gibi daha uzun süre kullanılabilen eğitim materyalleri üstelik de fiksasyon materyalinin sağlığa olumsuz etkileri bertaraf edilerek elde edilebilmektedir (43,44).

Bu çalışmada sağlık bilimleri öğrencilerinin 3 boyutlu olarak algılamakta zorlandıkları ve korktuklarını belirttikleri nöroanatomi eğitimini mümkün olduğunca fazla görsel eğitim materyali ile sunabilmek amacıyla yukarıda belirtilen fibril diseksiyon, traktografi, mikroskobik anatomi ve plastinasyon yöntemleri beyinlere uygulanmış, elde edilen eğitim modelinin katılımcıların anatomik bilgilerine olan etkileri karşılaştırmalı olarak ortaya konulmuştur.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Türkiye’de ve Dünyada Anatomi Eğitimi

Tıp eğitimi “Bir bireyi doktorluk yapmak için gerekli niteliklerle donatan bilgi, deneyim, beceri, özellik, sorumluluk ve değerlerin süregiden entegrasyonunu içeren öğretim, öğrenim ve öğrenci eğitim sürecidir.” olarak tanımlanmaktadır (45). Bu eğitimin çağımızda temel tıp eğitimi, mezuniyet sonrası tıp eğitimi, uzmanlık eğitimi ve sürekli mesleki gelişim gibi aşamaları mevcuttur. Mezuniyet öncesi tıp eğitimi çağlar boyunca en genel anlamıyla akademi eliyle verilegelmiştir. Bugün de bu eğitim üniversitelerde teknolojik gelişmelerden en fazla yararlanacak şekilde tasarlanmaktadır (10).

Tarihte anatomi ile ilgili ilk yazılı bilgiler M.Ö. 500'lerde yaşayan Croton'lu Alcmeon'dan kalmıştır. Anatomik diseksiyonun ilk örneği ise insan kadavrası ve canlı bedenler üzerinde bilgi edinme amacıyla çalışan Herophilos (M.Ö. 330-250)'a aittir (2,46). İnsan anatomisini, onun bileşenlerini, birbirleriyle olan ilişkilerini, canlı/ölü insan ve başka türden canlılarda incelemeye yarayan işlemlerin tümü olan diseksiyon ilk anatomik diseksiyon sonrasında anatomi eğitiminin temel bileşeni haline gelmiştir. Hipokrat ve Galen gibi birçok bilim insanının bu alanla ilgili çalışmaları olsa da modern anlamıyla anatomi rönesansla gündeme gelmiştir. Anatomik resimleme sanatın ve eğitimin bir dalı olarak yine rönensansla birlikte ortaya çıkmıştır. Teknolojik gelişmelerle birlikte geleneksel anatomi eğitimine birçok ek model girmişse de diseksiyon halen buradaki en önemli yeri teşkil etmektedir (2,46).

Topraklarımızda anatomik diseksiyonun gelişimi; padişah II. Mahmut döneminin hekimbaşısı Mustafa Behçet Efendi ve aynı dönemin ünlü tıp bilgini Şanizade Mehmet Ataullah Efendi ile başlamıştır. Çağdaş tıp okulunun (Mekteb-i Tıbbiye-i Şahane-14 Mart 1827) kurulması ve eğitim müfredatında anatominin olması modern anlamda ilk anatomi eğitimidir. Ancak diseksiyon söz konusu olamamıştır (47). Tanzimat döneminin ardından okulun ders programlarında yenilenmeye gidilmiş; Avusturya'dan padişahın bakımı için çağrılan ve Tıbbiye'de görevlendirilen C.A. Bernard'ın isteği ile sınırlı şartlarla bile olsa, padişah

Abdülmecit tarafından diseksiyon ve otopsilere izin verilmiştir (48). Bu işle görevlendirilen Dr. Spitzer'in çalışmaları ile 1841 yılından itibaren programlı biçimde anatomik diseksiyonlar yapılmıştır (2,14).

Özellikle sanayi devrimiyle birlikte kentlerde yoğunlaşan ve sayısı katlanarak artan insanoğlu hekim yetiştirme noktasında da bir atılıma girmiştir. 20. yüzyılın başarılarıyla beraber tıp eğitimi ciddi bir şekilde incelenen bir alan haline gelmiştir. Flexner 1910'da yazdığı raporda daha fazla sayıda hekime ihtiyaç olduğunu, var olanların da niteliklerinin tartışılır olduğunu belirterek tıp eğitiminde bir standardizasyona gidilmesini önermiştir. Ayrıca bu raporun temel önerilerinden biri olan temel bilimler ile klinik bilimlerin birlikte öğrenilmesi maddesi tıp eğitimin gidişatını oldukça değiştiren bir katkıdır. Bu rapordan sonra modern tıp fakülteleri hastaneleri olan kampüsler şeklinde örgütlenmiş ve hekimlik sadece lisans sahiplerinin yapabildiği bir meslek olmuştur (49). Son 50 yıldaki teknolojik gelişmelerle birlikte tıp eğitimi başlığı kendi başına bir çalışma alanı haline gelmiş ve üzerine oldukça fazla sayıda bilimsel üretim yapılmaya başlanmıştır (10,50).

Tarih boyunca anatomi eğitiminin merkezinde bulunan diseksiyonun yapılacağı bedenleri bulmak bir sorun teşkil etmiştir. Bu amaçla suçluların, idam mahkûmlarının, kimsesizlerin ve bağışçıların bedenlerinin kadavra temininde kullanıldığı görülmektedir (51). Dinlerin ve toplumsal yaşayışların bu temin sürecine doğrudan etkileri bulunmaktadır. Bugün örneğin ülkemizde ciddi bir kadavra sorunuyla karşı karşıya bulunmaktayız (14). Eğitim için her 6 öğrenciye bir kadavra düşmesinin önerildiği günümüzde ülkemizin durumu bu ortalamanın oldukça uzağındadır (13). Dünyanın önemli bir kısmında da benzer bir durum yaşanmaktadır (51). Kadavra temin sıkıntısı, fiksasyon malzemelerinin sağlık üzerine olumsuz etkileri, gelişen bilgisayar teknolojileri ve değişen eğitim yaklaşımları sebebiyle merkezinde diseksiyonun durduğu anatomi eğitimi değişimler yaşamaktadır. Özellikle 1980'li yıllarla beraber aktif eğitim yöntemi, bilgisayar destekli eğitim yöntemi, küçük gruplarla eğitim yöntemi gibi yöntemler tıp eğitiminin konusu olmaya başlamıştır (10).

Büyük Britanya ve İrlanda Anatomi Derneği Eğitim Komitesi'nin tanımına göre iyi bir anatomi eğitimi şu 5 bileşenden oluşmalıdır: 1-diseksiyon/proseksiyon,

2-multimedya, 3-pratik uygulamalar, 4-yüzeysel ve klinik anatomi, 5-radyolojik görüntüler (12).

Diseksiyon/proseksiyon anatomi eğitiminin en eski ve halen en önemli parçasıdır (2,11,12). Kadavralarla yani insan bedeniyle çalışmayı sağlayan bu eğitim aynı zamanda hekimliğe atılan ilk adım olarak değerlendirilmektedir. Anatomik yapıların üç boyutlu yapılarını ve birbirleriyle olan ilişkilerini, bir eğitici ile birlikte aktif bir şekilde öğrenmeyi sağladığı için önemi azalmayan etkili bir öğrenme yöntemidir. Hasta bedenine saygı ve ölümlle tanışma, buna karşı bir tutum geliştirme diğer katkılarıdır (9). Ayrıca yapana el becerisi kazandıran diseksiyonlar gerçek doku hissini sağladığı tek eğitim modelleridir (11,12,15). Proseksiyon ise önceden diseksiyonu yapılmış materyale bakarak öğrenmek anlamına gelmektedir. Bu da geleneksel eğitim yöntemlerinden birini oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalara göre diseksiyonu öğrencilerin gerçekleştirmesi durumunda proseksiyon materyalinden görerek öğrenmeye göre daha fazla anatomi bilgisi edinilmesi sağlanır (52). Ayrıca son yıllarda gelişen ve bir proseksiyon materyali üretmeye yarayan plastinasyon tekniği de yaygın bir şekilde tıp eğitiminde kullanılmaya başlanmıştır (Bkz. Bölüm 2.7.).

Multimedya eğitim yöntemleri bilgisayar tabanlı eğitimi tanımlamaktadır. Son 30 yıldaki teknolojik ilerlemelerin de etkisiyle tüm dünyada anatomi eğitiminin bir parçası haline gelmeye başlayan bu yöntemler kadavra diseksiyonunun zaman alıcı bir işlem olması, yeterince öğrencinin diseksiyondan faydalanamıyor olması, fiksatiflerin sağlık üzerine olumsuz etkilerinin bulunması nedeniyle alternatif yaratmak ve geleneksel eğitim yöntemlerine takviye yapmak amacıyla geliştirilmiştir. (11,12,53). Laboratuvarında geçirilen sınırlı zamanı verimli bir şekilde geçirerek öğrenmeyi artırmak yine bu yöntemin amaçlarından biridir. Bilgisayar teknolojilerindeki gelişmelerle paralel bir şekilde çok sayıda farklı yöntem (sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, karma gerçeklik, simülatörler vb.) geliştirilmiştir. Özellikle öğrencilerin algılamakta zorlandıkları anatomik yapıların üç boyutlu yapıları ve birbirlerine göre olan konumlarını canlandırma özelliği olan yazılımlar anatomi eğitimine oldukça çok katkı sağlamaktadır (11,12,50,53).

Pratik uygulamalar; öğrencilerin klinik uygulama tecrübelerini artırmak, el becerilerini geliştirmek amacıyla kadavra ya da plastik modeller kullanarak anatomi eğitimi verme işlemlerinin genel adıdır (12). Örneğin krikotomi, kardiyopulmoner resüsitasyon, idrar sondası takma gibi işlemlerin modeller üzerinde gerçekleştirilmesi sonrasındaki gerçek klinik uygulamalarda yaşanabilecek sorunları çözmeye yönelik katkılar sunmaktadır (11,12).

Yüzeysel ve klinik anatomi; hasta temelli bir anatomik eğitim yaklaşımı olup klinik olarak önemli olan anatomik kılavuz noktaların hastalar ve kadavralar üzerinde öğretilmesidir (12). Özellikle fizik muayene yapma becerisini geliştirme açısından önemli bir eğitim yöntemidir. Ayrıca nörolojik bilimlerden korkan öğrencilerin bu korkularını yenmelerinde klinik anatomik değerlendirmelerin müfredata eklenmesi olumlu rol oynamaktadır (5,6).

Yine son yılların gelişen teknolojileriyle birlikte radyolojik görüntülerin anatomi eğitiminde kullanılması da geleneksel anatomi eğitimine ve özellikle kesitsel anatomiye getirilen yeni yaklaşımlardan biridir (11,12). MRG ve bilgisayarlı tomografi tabanlı görüntüleme uygulamaları günümüzde anatomi eğitiminin bir parçası haline gelmişler ve yine öğrencilerin üç boyutlu değerlendirme yeteneklerine, anatomi bilgilerine katkılar sunmuşlardır (11,12,53).

## **2.2. Merkezi Sinir Sisteminin Gelişimi**

Merkezi sinir sistemi ektoderm kaynaklıdır. İnsanlarda intrauterin hayatın 3. haftasının başında embriyonun dorsal kısmında lamina neuralis'ler (nöral plak) ortaya çıkar. Hemen sonrasında bu laminanın dış tarafındaki hücreler daha fazla gelişerek plica neuralis'leri (nöral katlantı) oluşturur. Ardından lamina neuralis'in ortasındaki çukur sebebiyle plica neuralis'ler yukarıya doğru yönelerek orta hatta kıvrılırlar. 3. haftanın sonunda da sağ ve sol plica neuralis'ler kaynaşarak tubus neuralis'i (nöral tüp) oluştururlar (54,55). Servikal bölgede ilk olarak başlayan kaynaşmanın ardından tubus neuralis'in uçlarında amniyotik boşlukla bağlantıyı sağlayan neuroporus cranialis ve neuroporus caudalis isimli delikler oluşur. 25. günde kranial, 3 gün sonrasında ise tek kaudal delik kapanır. Tubus neuralis 4. haftanın sonunda ektodermden ayrılır ve neurocranium'dan cauda eqina'ya kadar



uzanan bir boru haline dönüşür. Plica neuralis'lerin kenarlarının göçüyle crista neuralis'ler oluşur. Crista neuralis daha sonra sağ-sol iki yarıma ayrılarak tubus neuralis'in dorsolateralinde bulunan segmenta cristae neuralis'i oluşturur. Segmenta cristae neuralis'den 5., 7., 9., 10. kranial sinirler, ganglia spinalia, ganglia autonómica, pia mater, arachnoid mater ve Schwann hücreleri gelişir (54-56). Tubus neuralis'in duvarı, stratum germinale'yi oluşturan nöroepitelyal hücrelerin farklılaşmalarıyla nöroblast ve glioblast adı verilen hücreleri oluşturur. Oluşan nöroblastların perifere doğru göçleriyle stratum germinale'nin dış tarafında stratum palliale gelişir. Stratum palliale daha sonra substantia grisea'ya dönüşür. Glioblastlardan ise merkezi sinir sisteminin destek hücreleri olan astrosit, oligodendrosit ve ependimositler gelişir. Stratum palliale'deki nöroblastların perifere doğru giden miyelinsiz aksonları ile stratum palliale'ye gelen aksonlar, bu tabakanın dış tarafında üçüncü bir katman olan stratum marginale'yi oluştururlar. Stratum marginale ise sonrasında substantia alba halini alır. Stratum palliale'ye yeni nöroblastların katılmaya devam ediyor olmasının bir sonucu olarak, tubus neuralis'in her iki yanında, bir dorsal ve bir de ventral kalınlaşma ortaya çıkar. Lamina basalis (bazal plak) olarak bilinen ventral kalınlaşma, motor bölgeleri oluştururken, lamina alaris (alar plak) adı verilen dorsal kalınlaşma da duyu bölgelerini meydana getirir. Nöral tüpün nöroblast içermeyen dorsal ve ventral orta kısımlarına taban ve tavan plakları ismi verilir. Sinir liflerinin karşı tarafa geçtiği yolaklar olarak iş görürler (54-57).

Nöral tüpün kaudal ucu medulla spinalis'e farklılaşırken, kranial ucu ise vesiculae encephalicae (primer beyin vezikülleri) adı verilen üç genişleme gösterir. Bunlar: 1- prosencephalon (forebrain-ön beyin), 2- mesencephalon (midbrain-orta beyin) ve 3- rhombencephalon (hindbrain-arka beyin)'dur. Primer beyin veziküllerinin büyümesi ile mesencephalon kısmında flexura cephalica ve rhombencephalon ile medulla spinalis sınırında flexura cervicalis isminde iki dirsek meydana gelir. 5. haftalık gelişimin sonunda primer beyin vezikülleri, beş kısımdan oluşan sekonder beyin veziküllerine farklılaşır (54-56). Prosencephalon, telencephalon ve diencephalon'u; rhombencephalon da metencephalon ve myelencephalon'u meydana getirirken, mesencephalon kısmı devam eder. Bu sekonder veziküllerin her biri sonrasında farklı bir beyin kısmına dönüşürler.

Telencephalon'dan serebral hemisferler; diencephalon'dan vesicula optica, thalamus, hypothalamus, hipofiz bezi; mesencephalon'dan colliculus anterior ve colliculus posterior; metencephalon'dan cerebellum ve pons; ve myelencephalon'dan da medulla oblongata gelişir (54-56).

Rhombencephalon: Cerebellum, pons ve medulla oblongata buradan gelişir. Flexura cervicalis ile medulla spinalis'ten ayrılır (54-56).

Medulla oblongata gelişimsel ve yapısal olarak medulla spinalis'e benzer. Tubus neuralis'in lümeni ince bir kanal halinde canalis centralis'i oluşturarak medulla oblongata boyunca devam eder (54-56).

Pons metencephalon'un lamina basalis'inden gelişirken, cerebellum ise metencephalon'un lamina alaris'inden gelişir. Önce lamina alaris'in dorsal bölümü iç yana bükülerek labium rhombencephalicum'u (rombik dudaklar) oluşturur. Cerebellum intrauterin hayatın 6. haftasının sonunda gelişmeye başlar, ergin ve yeni doğanda morfolojisi benzer olmasına karşın, doğumdan sonra da büyümeye devam eder. Altıncı haftanın sonunda labium rhombencephalicum kalınlaşarak bir çift lamina cerebellaris'i (primordium cerebellare) oluşturur. 12 haftalık embriyoda primordium cerebellare vermis olarak adlandırılan küçük bir orta hat bölümü ile buna bağlanmış sağ-sol hemispherium cerebelli şeklinde görülür. Lamina cerebellaris'in arka bölümünden fissura posterolateralis oluşur (54-57). Cerebellum, fissura posterolateralis ile corpus cerebelli ve lobus flocculonodularis olmak üzere iki temel bölüme ayrılır. Cerebellum fonksiyon ve filogenetik gelişim yönlerinden ise vestibulocerebellum (archicerebellum), spinocerebellum (paleocerebellum) ve cerebrocerebellum (neocerebellum) olarak üç bölgeye ayrılır. Vestibulocerebellum lobus flocculonodularis'i kapsar ve evrimsel olarak en eski bölgedir. Dengenin sağlanması, göz hareketlerinin kontrolü ile baş ve göz hareketlerinin eşgüdümünü sağlar. Spinocerebellum vermis cerebelli ve buna komşu hemispherium cerebelli kısımlarını kapsar; gövde ve ekstremiteler kaslarının motor kontrolü, yapılmakta olan hareketin devam ettirilmesi ve kas tonusunun düzenlenmesi ile ilgilidir. Cerebrocerebellum ise evrimsel olarak en yeni kısımdır ve hemispherium cerebelli'nin lateral kısımlarını kapsar. Hareketin planlanması, başlatılması ve zamanlaması ile ilgilidir (54-56).

Mesencephalon; Vesicula mesencephalica'dan oluşur. Vesicula mesencephalica, beynin diğer bölümlerine oranla oldukça az değişikliğe uğraması nedeniyle beyin keseciklerinin en primitifidir. Bu kese daralarak 3. ve 4. ventrikülleri birleştiren aqueductus cerebri'yi oluşturur. Lamina alaris'den köken alan bazı nöroblastlar lamina dorsalis (tectum) içine göç ederek colliculus superior ve colliculus inferior'u oluştururken lamina basalis'i saran marginal tabakalar, genişleyip kalınlaşarak crus cerebri'yi oluşturur. İki crus cerebri arasında fossa interpedicularis meydana gelir (54-57).

Prosencephalon: Diencephalon ve telencephalon buradan gelişir. diencephalon, vesicula diencephalica'nın kaudal kısmından gelişir. Diencephalon'un yan duvarları, tabanı ve bunlarla ilgili yapılar lamina alaris ve lamina ventralis tarafından oluşturulur (55,56). Yapısında lamina basalis'e ait yapı yoktur. Lamina alaris'in diencephalon lümenine bakan yüzünde oluşan sulcus hypothalamicus her bir taraftaki lamina alaris kitlesini ventral ve dorsal olarak iki bölüme ayırır. Ventral bölüm ve lamina alaris'den hypothalamus, dorsal bölümünden thalamus oluşur. Metathalamus ve Subthalamus da thalamus'a yakın olan lamina alaris kitlesinden oluşur. Lamina dorsalis vasküler mezenşimle sarılı tek katlı hücre tabakasından ibarettir. Bu iki katmanlı yapının büyük bir bölümü ventriculus tertius içinde bulunan plexus choroideus'u oluşturur. Tavan plağının en kaudal kısmı plexus choroideus oluşumuna katılmaz ve glandula pinealis'i oluşturur. Telencephalon, beyin veziküllerinin en rostraldeki kısmıdır, hemispherium cerebri denilen iki lateral çıkıntıdan ve daha sonra lamina terminalis'i oluşturacak bir orta parçadan (pars mediana) meydana gelir. Hemisferler içinde kalan cavitas telencephalica'lardan ventriculus lateralis dexter ve ventriculus lateralis sinister oluşur. Boşluğun median bölümü, ventriculus tertius'un ön kısmını oluşturur. Ventriculus tertius ile her bir ventriculus lateralis arasında foramen interventriculare bulunur. Ventriculus lateralis, foramen interventriculare (foramen Monro) yoluyla ventriculus tertius ile ilişkedir. Hemispherium cerebri, intrauterin hayatın 5. haftasının başında prosencephalon keseciğinin yan duvarlarında dışa çıkıntısı şeklinde oluşmaya başlar. Hemisfer duvarı kalınlaşarak hippocampus'u yapar. Gelişen beyin hemisferleri önce yukarı ve öne, daha sonra da arka aşağıya doğru genişleyerek kademeli olarak diencephalon, mesencephalon ve rhombencephalon'u sarar. Gelişimin altıncı haftasında her bir

hemisferin tabanında, nöroepitelin proliferasyonu sonucu corpus striatum oluşur. Corpus striatum, daha sonra buradan geçerek capsula interna'yı oluşturan liflerle medial ve lateral olmak üzere iki kısma ayrılır. Medial bölümden nucleus caudatus, lateral bölümden nucleus lentiformis oluşur (54). Hemisfer keseciğinin tabanının ön bölümünden corpus amygdaloideum gelişir. Bu üç nükleus grubu nucleii basales olarak isimlendirilir. "C" şeklini alan her bir hemisfer, orta hattı çaprazlayan komissural demetlerle birbirine bağlanır. En büyük komissural yol corpus callosum'dur. Lamina terminalis, tubus neuralis'in ön ucunda hemisferlerin rostral uçları arasında uzanan bir demettir. Corpus callosum başlangıçta, lamina terminalis'in içinde küçük bir demettir. Neocortex'in gelişmesiyle diencephalon'un üzerinde kemer şeklinde uzanır. Corpus callosum'un hızlı gelişimi, üzerinde kalan bir kısım hipokampal gri maddenin gerilemesine neden olur. Bu gri madde induseum griseum olarak adlandırılır. Lamina terminalis'in bazı bölümleri corpus callosum ile fornix arasında uzanan septum pellucidum'u oluşturur (54-57). Lamina terminalis'in ventral bölümünde chiasma opticum gelişir. Gelişen hemispherium cerebri'lerin duvarları da başlangıçta tubus neuralis'in duvar yapısına benzer şekilde üç katmanlıdır (stratum ependymale, stratum palliale, stratum marginale). Hemisferlerin gelişimi sırasında stratum palliale'deki nöroblastlar subpial yerleşimli olan stratum marginale'ye göç ederek cortex cerebri (pallium)'yi meydana getirir. Bu oldukça karmaşık bir süreçtir. Corpus striatum'un hemen dış tarafından gelişen korteks bölümleri paleocortex ve archicortex, ilk gelişen korteks bölümleridir. Neocortex, paleocortex ve archicortex bölümlerinin yüzeyinde gelişir. İnsanlardaki neocortex, kortikal kitlenin %90'ını oluşturur. Hemisferin medial duvarıyla diencephalon'un lateral duvarı birleştiğinde nucleus caudatus'la thalamus sıkıca birbirine temas eder. Hemispherium cerebi'nin anterior, dorsal ve inferior yönlerde büyümeye devam etmesi sonucu, lobus frontalis, lobus temporalis ve lobus occipitalis oluşur. Üçüncü ayın sonunda, polus temporalis'in ön-üst ve beyin hemisferlerinin dış yüzünde, üçgen şeklinde çukur bir alan görülür (54,55). Lobus frontalis ve lobus temporalis arasındaki sıkı etkileşimden kaynaklanan bu alan insula olarak adlandırılan bölgeyi oluşturur. Lobus temporalis ve lobus frontalis orbita boşluğuna doğru uzamaya devam eder. Bu büyüme sonunda, kortikal alanlarda katlanmalar görülmeye başlar ve hemisferlerin dış yüzeyleri başlangıçta düz olduğu halde, gyrus ve sulcus'ların

gelişmesi sayesinde, cranium boyutu aşırı artmadan korteks yüzeyinin genişlemesine (doğumda 700 mm<sup>2</sup>, iki yaşında 1700 mm<sup>2</sup>) fırsat tanır. Insula yakınındaki kortikal alanlardan daha yavaş büyüdüğü için, onlar tarafından çevrelenir. Insula üzerindeki komşu kortikal sahalara ise “operculum” adı verilir. Bu kortikal sahaların insula’yı çevrelemesiyle sulcus periinsularis insulae meydana gelir. Doğum sırasında insula’nın hemen tümü örtülmüş durumdadır (54-57).

Intrauterin hayatın 8. haftasıyla birlikte sulcus ve gyrus’lar görülmeye başlar. Fissura longitudinalis cerebri 8. haftada ortaya çıkar ve 10. haftada her iki hemisferi birbirinden belirgin bir şekilde ayırır. 14. haftada sulcus lateralis ve sulcus corporis callosi görülürken, 16. haftada sulcus parietooccipitalis ve sulcus calcarinus, 20. haftada sulcus centralis, 24-25. haftalarda sulcus precentralis, sulcus postcentralis, 30. haftada ise sulcus paracentralis görülmeye başlar (58,59). Gyrus rectus 16. haftada, gyrus cinguli 18. haftada, insula 18. haftada, gyri frontales 25-27. haftalarda, gyrus supramarginalis ve gyrus angularis 28. haftada, gyri temporales 23-30. haftalarda, lobus occipitalis’teki gyrus’lar 27. haftada ve gyrus paracentralis 35. haftada görülmeye başlar. Bu gyrus’ların gelişip nihai halini alması ise doğumdan sonraki döneme kadar tamamlanamaz (58).

Beyaz cevherin gelişimi ise aksonların miyelin kılıfı ile kaplanmaları (miyelinizasyon) ile yakından ilişkilidir. Miyelinizasyon merkezi sinir sisteminde intrauterin hayatın 19-22. haftaları arasında progenitör oligodendrositlerden, periferik sinir sisteminde ise Schwann hücrelerinden köken alır (60). Medialden laterale doğru bir seyir izleyen miyelinizasyon süreci medial yollarda 24-30, lateralde ise 28-34. haftalarda izlenmektedir. Yapılan çalışmalara göre miyelinizasyonda genellenebilir kimi kurallar saptanmıştır. Bu kurallar; proksimaldeki yollarda distaldekilere göre, duyu yollarında motor yollara göre, projeksiyon liflerinde assosiasyon liflerine göre, merkezi bölgelerde polar bölgelere göre ve polus occipitalis’te polus temporalis ve polus frontalis’e göre miyelinizasyon daha önce ve daha hızlı olmaktadır (61). Dubois ve ark.’nın 2014’de yayınladıkları çalışmada derledikleri verilere göre beyaz cevher yollarının miyelinizasyonu şu şekilde olmaktadır: Corpus callosum 12.hafta, fibrae thalamocorticales 12. hafta, tractus corticospinalis 18. hafta, radiatio optica 18. hafta, corona radiata 24-32. hafta,

capsula interna crus posterior 18. hafta, capsula interna crus anterior 17-24. hafta, fornix 12. hafta, cingulum 19. hafta, fasciculus uncinatus, fasciculus frontooccipitalis, fasciculus longitudinalis inferior 13-22. hafta, capsula externa 17-24. hafta, fasciculus arcuatus ve fasciculus longitudinalis superior ise doğumdan sonra miyelinize olmaktadır (62). Yapılan çalışmalara göre insan merkezi sinir sisteminde gelişen miyelinizasyonun %60'ı doğumdan sonra adolesan döneme kadar gerçekleşmektedir. Miller ve ark. yaptığı çalışmaya göre miyelinizasyon 30'lu yaşların sonlarına kadar devam etmektedir. En son tamamlanan beyaz cevher yolları da frontal asosiasyon lifleridir (61).

### 2.3. Beyin Anatomisi

Beyin (encephalon) merkezi sinir sisteminin en gelişmiş kısmıdır ve tüm cranium'u doldurur. Ağırlığı erişkin bir insanda yaklaşık 1400 gr'dır ve tüm vücut ağırlığının %2'si kadarına tekabül etmektedir. Makroskopik olarak cerebrum, cerebellum ve truncus cerebri (beyin sakı) olmak üzere üç ana bölümde incelenebilir (40,63,64).

Truncus cerebri; medulla oblongata, pons ve mesencephalon tarafından oluşturulur.

Medulla oblongata (bulbus); beyin sapının en kaudalde yer alan kısmıdır. Alt sınırı foramen magnum seviyesindedir. Kaudalde medulla spinalis, kranialde pons ile komşudur. Medulla oblongata ile pons arasındaki sınırı ön yüzde sulcus bulbopontinus arka yüzde ise ventriculus quartus'un recessus lateralis'lerini birleştiren hat belirler (40,63-67). Bulbus'un dış yapısı incelendiğinde ön yüzünde decussatio pyramidum seviyesinin üzerinde görülen fissura mediana anterior, bunun her iki yanında pyramis bulbi adı verilen kabarıntılar vardır. Pyramis bulbi'nin lateralinde sulcus anterolateralis yer alır. Bunun da lateralinde oliva adı verilen kabarıntılar vardır. Her iki oliva'nın posterolateralinde sulcus retroolivaris bulunur. Arka yüzde alt tarafta sulcus medianus posterior'un her iki yanında, medialde nucleus gracilis'in oluşturduğu tuberculum gracile, lateralde nucleus cuneatus'un oluşturduğu tuberculum cuneatum adı verilen kabarıntı yer alır. Arka yüzün üst tarafında, ventriculus quartus'un tabanını oluşturan fossa rhomboidea'nın alt yarımı

bulunur. Fossa rhomboidea'nın ortasında vertikal yönde uzanan ve sulcus medianus adı verilen bir oluk vardır. Bu oluğun her iki yanındaki kabarıntılara eminentia medialis adı verilir. Eminentia medialis'ler lateralde sulcus limitans denilen oluk ile sınırlıdır. Bunun da lateralinde area vestibularis yer alır. Yine bu bölgede, sulcus medianus'un her iki yanında, medialde trigonum nervi hypoglossi ve lateralde trigonum nervi vagi adı verilen sahalar bulunur. Ventriculus quartus'un duvarları, fossa rhomboidea'nın alt ucunda birleşir; bu birleşim yerine obex denilir. Obex'in rostralinde, her iki yanda area postrema adı verilen küçük kabarıntılar bulunur (40,63-67).

Pons; beyin sapının altta medulla oblangata, üstte mesencephalon ile devam eden orta parçasıdır. Arkada ventriculus quartus aracılığıyla cerebellum, önde cisterna pontis aracılığıyla os occipitale'nin clivus kısmı komşuluğundadır. Ön yüzde, orta hatta vertikal olarak seyreden oluğa sulcus basilaris adı verilir. Bu oluğun içerisinde arteria basilaris uzanır. Sulcus basilaris'in her iki yanında pyramidal yolların geçtiği birer kabarıntı olan eminentia pyramidalis yer alır. Pons'un arka yüzü, fossa rhomboidea'nın üst yarımını oluşturur. Arka yüz, yan taraflarda pedunculus cerebellaris superior'lar ile sınırlıdır. Sağ ve sol pedunculus cerebri'lerin arasında uzanan ve fossa rhomboidea'nın üst kısmını örten beyaz cevher velum medullare superius adını alır. Eminentia medialis'lerin alt ucunda nucleus nervi abducentis ve bunun arkasından dolanan n. facialis'e ait liflerin oluşturduğu colliculus facialis görülür. Nuclei vestibulares'in bulunduğu area vestibularis'in alt kısmı medulla oblangata, üst kısmı pons'ta bulunur. Fossa rhomboidea'nın lateral kenarında yer alan nucleus cochlearis posterior'un oluşturduğu kabarıntıya tuberculum acousticum adı verilir. Cerebellum'un rostralinde, mesencephalon'nun kaudalinde bulunan pons'un üst kısmına isthmus rhombencephali denir. Burası rhombencephalonun en dar kısmıdır (40,63-67).

Mesencephalon; aşağıda pons, arkada cerebellum ve yukarıda diencephalon arasında bulunur. Beyin sapının en kısa bölümü olup yaklaşık 2 cm uzunluğundadır. Dış yapısı incelendiğinde, mesencephalon'un vertikal yüzünde sağ ve sol pedunculus cerebri görülür. Dorsal yüzünde sağ ve solda birer çift olmak üzere üstte colliculus superior, altta colliculus inferior adı verilen kabarıntılar bulunur. Colliculus

superior'ların lateral yüzünden başlayan ve corpus geniculatum laterale'ye uzanan yapılara brachium colliculi superioris, colliculus inferior'ların lateralinden başlayıp corpus geniculatum mediale'ye doğru uzanan yapılara ise brachium colliculi inferioris adı verilir. Sağ ve sol taraftaki colliculus'lar orta hatta vertikal yönde uzanan bir oluk ile birbirinden ayrılır. Bu oluk yukarıda genişleyerek glandula pinealis'i içerisine alan bir çukur ile devam eder. İç yapısı incelendiğinde mesencephalon, transvers kesitlerde önden arkaya doğru crus cerebri, tegmentum ve tectum olmak üzere üç kısma ayrılır. Crus cerebri ve tegmentum, mesencephalon'un ön yüzünde görülen pedunculus cerebri'yi oluşturur (40,63-67).

Cerebellum; fossa cranii posterior'a yerleşmiş iki hemispherium cerebelli ve ortada bunları birleştiren vermis cerebelli'den oluşmuştur. Yukarıda, tentorium cerebelli aracılığıyla lobus occipitalis, önde ventriculus quartus aracılığıyla pons ve medulla oblongata ile komşudur. Truncus cerebri'nin arka kısmına yerleşmiştir. Pedunculus cerebelli superior aracılığı ile mesencephalon, pedunculus cerebelli medius aracılığı ile pons ve pedunculus cerebelli inferior aracılığı ile de medulla oblongata bağlantıda olduğu yapılardandır. Ağırlığı santral sinir sisteminin yaklaşık 1/10'unu oluşturmasına karşın, cerebellum'daki nöronların sayısı santral sinir sistemindeki tüm nöronların yarısından fazladır. Hemisferlerin dış yüzünde folia cerebelli adı verilen çok sayıda kıvrım bulunur. Bu kıvrımlar arasında fissurae cerebelli adı verilen yarıklar yer alır. Cerebellum lobus cerebelli anterior, lobus cerebelli posterior ve lobus flocculonodularis olmak üzere üç loba ayrılır. Bu loblar da çeşitli fissura'lar ile lobulus'lara ayrılır. Fonksiyonel olarak cerebellum, hareketlerin düzgün, amaca uygun kuvvette ve bir koordinasyon içinde yapılmasını, statik ve dinamik postürün sağlanmasını, karmaşık motor hareketlerin öğrenilmesi ve düzenlenmesini organize eden bir merkezdir. Cerebellum, yapılmak istenen hareket ile ilgili olarak cortex cerebri'den, yapılmakta olan hareketin performansı ile ilgili olarak da periferden bilgi alır ve hareketin amaca uygun ve düzgün şekilde yapılmasını sağlar (40,63-67).

Cerebrum; gelişimsel olarak prosencephalon adı verilen bölümdür. İki hemispherium cerebri'yi ve diencephalon'u içine alır. Fossa cranii anterior ve fossa cranii media'ya yerleşmiştir. Her bir hemispherium cerebri'yi cortex cerebri, beyaz



cevher, nuclei basales ve ventriculus lateralis'ler oluşturmaktadır. Cortex cerebri; beyin hemisferlerinin dış yüzünü kaplayan gri cevher yapısıdır (Cortex cerebri ile ilgili detaylı bilgi bölüm 2.3'de verilmiştir). Hemispherium cerebri'ler ortada önden arkaya doğru uzanan ve fissura longitudinalis cerebri olarak isimlendirilen derin bir yarık ile birbirinden ayrılır. Beynin alt yüzünün arka ucunda hemispherium cerebri'ler ile cerebellum arasında transvers şekilde seyreden fissura cerebrocerebellaris isimli bir yarık bulunmaktadır. Dış yüzlerinde gyrus adı verilen kabarıntılar ve sulcus adı verilen yarıklar yer almaktadır. Bu gyrus ve sulcus'ların yapısı kişiden kişiye, sağdan sola, türden türe farklılıklar göstermektedir. Bu sulcus'lara göre hemispherium cerebri'ler lobus frontalis, lobus occipitalis, lobus temporalis, lobus parietalis, lobus insularis (Insula) ve lobus limbicus olarak 6 lobus'a ayrılmaktadır. Bu lobus'lardan lobus limbicus aslında anatomik olarak ayrı bir lobus olmayıp, içerisinde limbik sisteme ait anatomik yapıları barındırdığı için fonksiyonel olarak bu şekilde isimlendirilmiştir (63). Hemispherium cerebri'nin üç yüzü bulunmaktadır: Facies superolateralis, facies medialis ve facies inferior (63,64).

Facies superolateralis hemispherii cerebri; bu yüzün en belirgin yapıları sulcus centralis (Rolando) ve sulcus lateralis (Sylvius)'tir (Şekil 2.1). Sulcus centralis hemisferlerin üst kısmından başlayarak aşağı öne uzanır. Lobus frontalis ile lobus parietalis arasındaki sınırdır. Sulcus lateralis ise lobus temporalis'in önü ve lobus frontalis'in alt kısmından başlayıp arka yukarıya devam eder. Önde lobus temporalis ile lobus frontalis'i, arkada lobus parietalis ile lobus temporalis'i birbirinden ayıran sulcus'tur. Ramus anterior, ramus ascendens ve ramus posterior isimli kısımları mevcuttur (63,64).

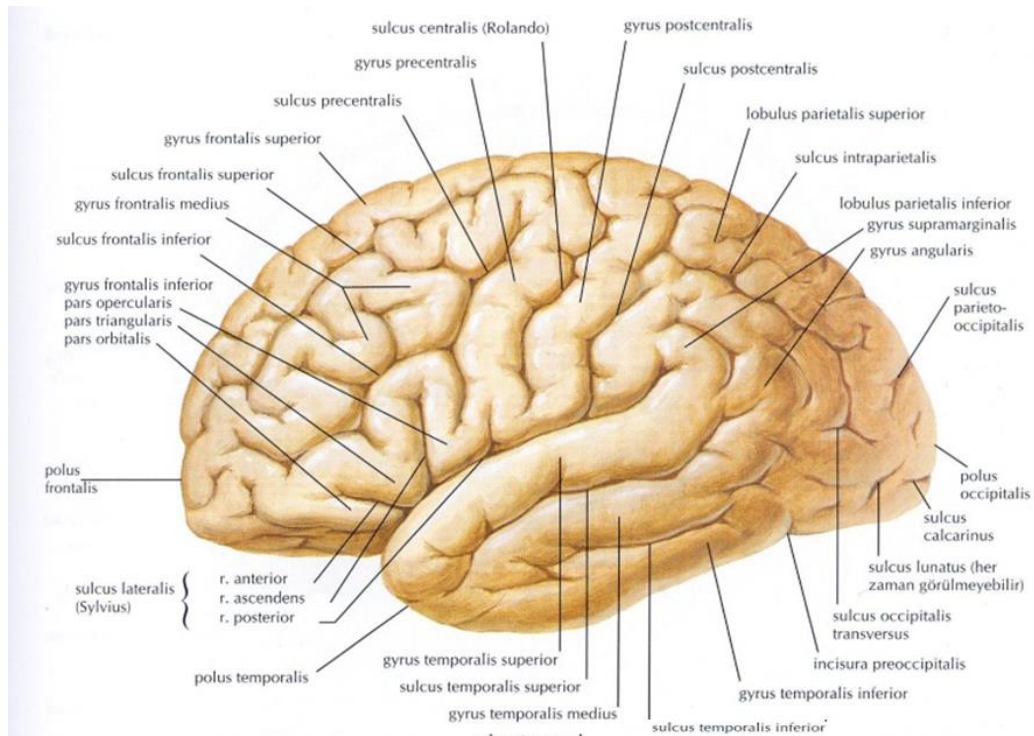
Lobus frontalis; gyrus precentralis, gyrus frontalis superior, gyrus frontalis medius ve gyrus frontalis inferior bulunur. Yine bu yüzde sulcus precentralis, sulcus frontalis superior ve sulcus frontalis inferior yer alır. Rostral uç kısmına polus frontalis ismi verilir.

Lobus parietalis; sulcus centralis'in arkasında kalan gyrus postcentralis'i arkada sulcus postcentralis sınırlar. Bu sulcus'un arkasında lobulus parietalis superior ve lobulus parietalis inferior uzanır. Lobulus parietalis inferior'un alt tarafında gyrus angularis ve gyrus supramarginalis bulunmaktadır.

Lobus temporalis; gyrus temporalis superior, gyrus temporalis medius ve gyrus temporalis inferior sulcus lateralis'in alt kısmında yer alırlar. Bu gyrus'ların arasında sulcus temporalis superior ve sulcus temporalis inferior yer alır. Rostral uç kısmına polus temporalis ismi verilir.

Lobus occipitalis; isimlendirilmemiş düzensiz birkaç adet gyrus'un arasında sulcus occipitalis transversus bulunur. Kaudal uç kısmına polus occipitalis ismi verilir.

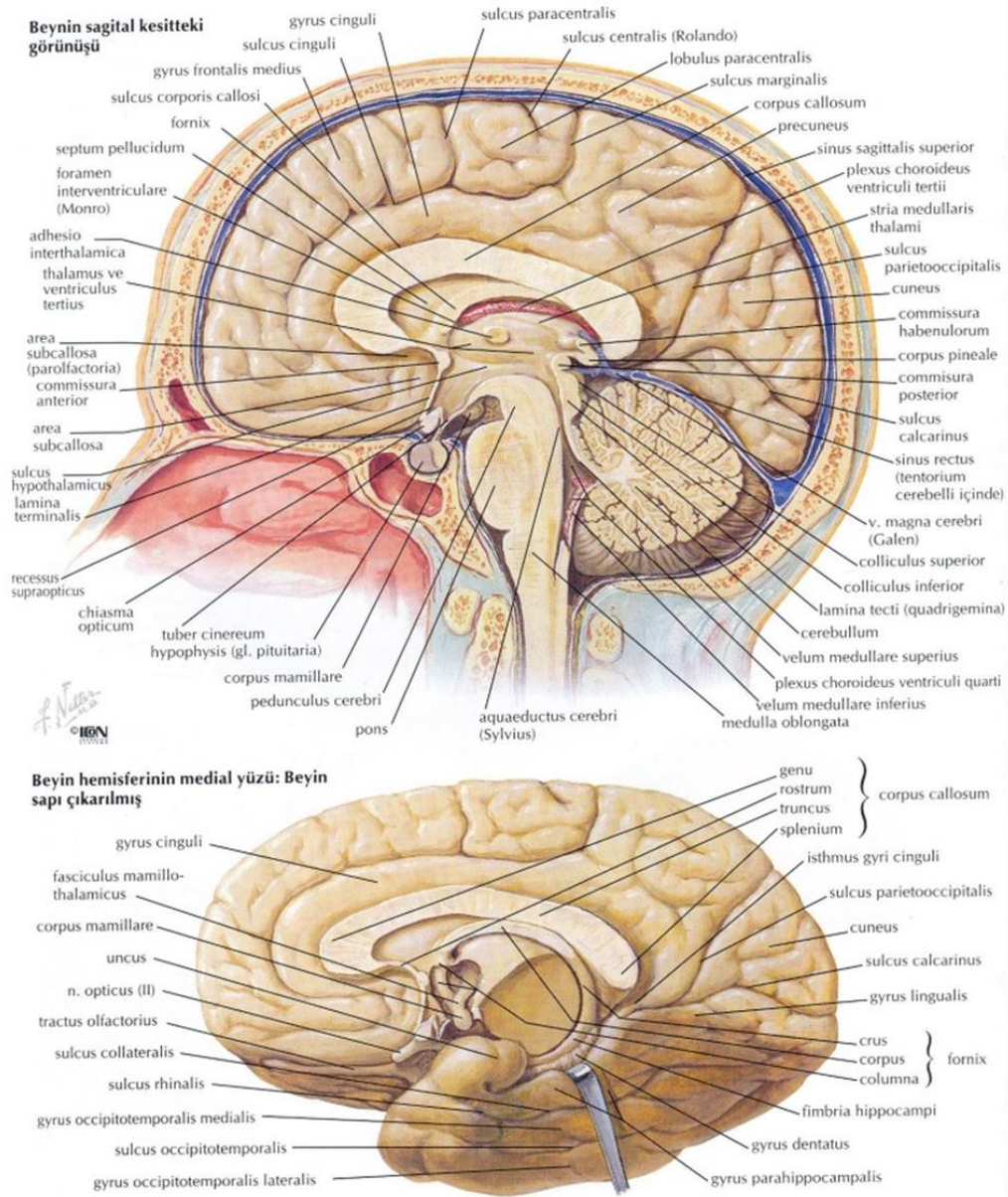
Lobus insularis; sulcus lateralis'in derininde yer alır. Bu sulcus'a komşu lobus frontalis, lobus temporalis, lobus parietalis kısımları kaldırıldığında görülür. Sulcus centralis'e komşu ve lobus insularis'i örten lobus frontalis kısmına operculum frontale, lobus temporalis kısmına operculum temporale, lobus parietalis kısmına ise operculum parietale ismi verilir. Çevresi sulcus circularis insulae ile sınırlanmıştır. Orta kısmında bulunan sulcus centralis insulae'nın önünde gyrus longus insulae, arkasında gyri breves insulae bulunur (40,63-67).



**Şekil 2.1:** İnsan beyninin lateralden görünümü. (Netter (68)'den alınmıştır.).

Facies medialis hemispherii cerebri; bu yüzde en belirgin yapı iki hemisferi birbirine bağlayan corpus callosum'dur. Bu yapı ile üzerinde bulunan gyrus cinguli

arasında sulcus corporis callosi yer alır. Gyrus cinguli üstte sulcus cinguli aracılığıyla önde gyrus frontalis medialis, arkada lobulus paracentralis ile komşudur. Sulcus cinguli corpus callosum'un arka kısmında yukarıya doğru dönerek sulcus marginalis (ramus marginalis sulcus cinguli), orta kısmında yukarı doğru uzanarak sulcus paracentralis adını alır. Bu iki sulcus arasında lobulus paracentralis yer alır. Lobulus paracentralis arkada precuneus ile komşudur. Precuneus ise arka kısımda lobus parietalis ile lobus occipitalis'i birbirinden ayıran sulcus parietooccipitalis tarafından sınırlanmıştır. Sulcus parietooccipitalis'in arkasında ise cuneus yer almaktadır. Cuneus'un kaudal sınırını sulcus calcarinus yapar (40,63-67). Sulcus calcarinus'un kaudalinde ise gyrus lingualis bulunmaktadır (Şekil 2.2).



**Şekil 2.2:** İnsan beyninin medialden görünümü. (Netter (68)'den alınmıştır.)

Lobus limbicus; gyrus cinguli, gyrus parahippocampalis, hippocampus, gyrus dentatus, gyrus fasciolaris ve area subcallosa'dan oluşur. Beyindeki diğer lobus'lar gibi bir araya toplanmamış, kortekste dağınık olarak yerleşen bu yapılar fonksiyonel olarak bir lobus oluşturur. İlişkili olduğu subkortikal yapılar ise amygdala (corpus amygdaloideum), septum, hypothalamus, habenula, nuclei anteriores thalami ve nuclei basales'tir. Hippocampus ve gyrus cinguli hasarıyla gelen hastalarda gözlenen duygu durum bozukluklarını temel alarak Papez 1937 yılında kapalı bir döngü tanımlamıştır ve bu döngüye Papez Halkası adı verilir

(69). Bu halka hippocampus ve gyrus cinguli'yi corpus mamillare'ler ve thalamus'un ön kısmı aracılığıyla birbirine bağlar. Hippocampus'tan başlayan yollar fornix içerisinde corpus mamillare'ye oradan da tractus mamillothalamicus yoluyla thalamus'taki nuclei anteriores thalami'ye, daha sonra gyrus cinguli'ye taşınır ve en son olarak da cingulum aracılığıyla hippocampus'a geri döner. Hippocampus'tan başlayıp tekrar hippocampus'ta sonlanan bu döngüye Papez Halkası denir. Papez duygu durumunun açığa vurulmasının hippocampus tarafından düzenlendiğini, gyrus cinguli'de deneyimlendiğini ve corpus mamillare'ler aracılığıyla da açığa vurulduğu fikrini öne sürmüştür. Hypothalamus'ta hippocampal olaylar, duygusal fazların dışı vurumunu kontrol eden otonom sonuçlar elde edilmesine neden olur. Papez halkasının, bellek fonksiyonları ve kısa süreli hafıza gibi kognitif fonksiyonlarla ilişkili olduğu kabul edilir (40,63-70).

Facies inferior hemispherii cerebri; sulcus lateralis bu yüzü ikiye ayırır. Ön kısmında lobus frontalis'in alt yüzü bulunur. Bu kısımda sulcus olfactorius ve içerisinde bulbus olfactorius ve tractus olfactorius bulunur. Tractus olfactorius, stria olfactoria medialis ve stria olfactoria lateralis olarak iki dala ayrılır. Sulcus olfactorius'un medialinde gyrus rectus, lateralinde gyri orbitales bulunmaktadır. Sulcus lateralis'in arka kısmında ise arkadan öne doğru uzanan sulcus collateralis yer alır. Lobus occipitalis'in alt kısmında yer alan gyrus lingualis, sulcus collateralis ile sulcus calcarinus arasındadır. Ön kısma doğru uzanan sulcus rhinalis uncus ile polus temporalis arasındadır. Sulcus collateralis'in lateralinde gyrus occipitotemporalis medialis ve gyrus occipitotemporalis lateralis yar alır. Bu iki gyrus'u birbirinden sulcus occipitotemporalis ayırır (40,63-67).

Beyaz cevher (substantia alba); beyin içindeki nöronların uzantılarının oluşturduğu açık renkli kısımdır. Nöron gövdelerinin oluşturduğu daha koyu renkli kısma ise gri cevher (substantia grisea) adı verilir. Nöronların miyelinli aksonları cortex cerebri'nin aynı hemisferin diğer kortikal alanları, karşı hemisferdeki kortikal alanlar ve merkezi sinir sisteminin daha alt merkezleri ile olan bağlantılarını sağlar. Beyaz cevherde aksonların yanı sıra glia hücreleri ve kan damarları bulunur. Farklı kortikal alanları ve alt merkezleri birbirine bağlayan aksonlar oluşturdukları yollara göre üç ana başlıkta toplanırlar. Aynı hemisfer içindeki kortikal alanları birbirine

bağlayan aksonların oluşturduğu liflere assosiasyon lifleri (*fibrae associationis telencephali*), cortex cerebri ile alt merkezleri (beyin sapı, cerebellum, medulla spinalis vb.) birbirine bağlayan aksonların oluşturduğu yollara projeksiyon lifleri (*fibrae projectiones telencephali*), karşı hemisferdeki kortikal alanlarla bağlantı sağlayan aksonların oluşturduğu yapıya ise kommissural lifler (*fibrae commissurae telencephali*) (17,40,63-67) adı verilir.

Assosiasyon lifleri bir hemisferin dışına çıkmazlar. Birbirine bağladıkları kortikal alanlar uzaklığına göre kısa (*fibrae associationis breves*) ve uzun (*fibrae associationis longae*) lifler olarak iki başlıkta incelenir. Kısa lifler komşu gyrus'lardaki kortikal alanları birbirine bağlar. Uzun lifler ise daha uzaktaki kortikal alanları birbirine bağlar. Lobus temporalis'in gyrus parahippocampalis, gyrus cinguli ve genu corporis callosi'nin altındaki area septalis'i birbirine bağlayan yapıya *cingulum* denir. Gyrus frontalis inferior'da bulunan Broca'nın konuşma merkezi ile gyrus temporalis superior'da bulunan Wernicke sahasını birbirine bağlayan yapıya *fasciculus arcuatus* (fa) adı verilir. Hemisferlerin üst yüzüne yakın olarak bulunan ve lobus frontalis ile lobus parietalis ve lobus temporalis arasında uzanan yapıya *fasciculus longitudinalis superior* (fls) adı verilir. Alt yüze yakın seyreden lobus temporalis ve lobus occipitalis'i birbirine bağlayan yapıya *fasciculus longitudinalis inferior* (fli) denir. Lobus frontalis ve lobus occipitalis'i birbirine bağlayan yapıya ise *fasciculus frontooccipitalis inferior* (ffoi) adı verilir (17,40,63-67). Limen insula'nın derininde lobus frontalis ile lobus temporalis arasında uzanan kanca şeklindeki beyaz cevher kısmına ise *fasciculus uncinatus* (fu) denir. Ayrıca capsula externa ve capsula extrema isimli yapılar da assosiasyon yolu olarak değerlendirilir. Capsula extrema insulanın derininde insular korteks ile claustrum arasında, capsula externa ise putamen ile claustrum arasında yer almaktadır.

Kommissural lifler karşı hemisferlerdeki kortikal sahaları birbirine bağlarlar. Bunlardan en büyüğü hemisferlerin medial yüzünde belirgin şekilde gözlenen *corpus callosum*'dur. Corpus callosum yaklaşık 8 cm uzunluğundadır. Önden arkaya doğru rostrum, genu, truncus ve splenium isimli kısımları vardır. Rostrum'daki lifler her iki lobus frontalis'in alt kısımlarından gelir, genu'daki lifler ise yine lobus frontalis'lerin diğer kısımlarını birbirine bağlar. Genu'daki liflerin oluşturduğu kıvrım forceps

minor olarak isimlendirilir. Truncus'daki lifler laterale doğru uzanırken, splenium'daki lifler ise lobus occipitalis'ler arasında uzanır. Splenium'daki liflerin oluşturduğu kıvrım ise forceps major olarak isimlendirilir. Corpus callosum'dan başka iki hemisfer arasında bağlantı sağlayan *commissura anterior*, *commissura posterior*, *commissura hippocampi* ve *commissura habenularum* isimli kommissural lifler de mevcuttur. Commissura anterior koku yolları ve limbik sistem ile ilişkilidir. Her iki hemisferdeki bulbus olfactorius, corpus amygdaloideum ve substantia perforata anterior'ları birbirine bağlar. Mesencephalon'da bulunan commissura posterior göz hareketleri ile ilgilidir. Area preectalis, colliculus superior ve thalamus arasında bağlantı sağlar. Her iki hippocampus arasında bağlantı sağlayan yapı commissura hippocampi'dir. Habenula'ların nucleus habenularis medialis ve nucleus habenularis lateralis'lerinden karşı taraftaki aynı nucleus'lara giden lifler ise commissura habenularum'u meydana getirir (17,40,63-67).

Kortikal sahalarla daha alttaki subkortikal sahaları karşılıklı olarak birbirine bağlayan projeksiyon lifleri ise corpus striatum civarında corona radiata isimli yelpaze şeklinde görünen beyaz cevher yapısını oluştururlar. Thalamus, nucleus lentiformis ve nucleus caudatus arasında yerleşmiş kısmına *capsula interna* ismi verilir. Crus anterior, crus posterior ve bu ikisinin birleşim yerinde genu olarak isimlendirilen üç kısımdan oluşur. Crus anterior, nucleus caudatus'un caput kısmı ile nucleus lentiformis arasında, crus posterior ise nucleus lentiformis ile thalamus arasında yerleşmiştir. Farklı kısımlarından farklı lifler geçmektedir. Crus anterior'dan radiatio thalami anterior ve tractus frontopontinus, genu'dan tractus corticonuclearis, crus posterior'undan ise tractus corticospinalis, radiatio acustica ile radiatio thalamica posterior ve içerisinde yer alan radiatio optica geçmektedir (17,40,63-67).

Bütün bu yapıların yanı sıra hem projeksiyon hem de kommissural bir yol olarak değerlendirilen *fornix* isimli anatomik oluşum limbik sistem elemanlarından biridir ve her iki formatio hippocampi arasında bağlantı sağladığı gibi içerdiği lifler daha alt merkezlere de gitmektedir.

Son yıllarda özellikle görüntüleme sistemlerinde sağlanan ilerlemelerle birlikte beyaz cevher yolakları hakkında daha fazla bilgi ortaya konulmuştur. Bu yeni

bilgiler bazı eski isimlendirmeleri de tartışmaya açmıştır. Örneğin yapılan çalışmalar fasciculus longitudinalis superior'un üç segmentten oluştuğunu ortaya koymuştur (71-74). Bu üç segment; gyrus frontalis superior'dan başlayan ve lobus parietalis'e uzanan frontoparietal veya horizontal segment (fls I), gyrus frontalis medius'tan başlayıp lobus parietalis ile lobus temporalis arasında uzanan temporoparietal veya vertikal segment (fls II) ve gyrus frontalis inferior ile lobus temporalis arasında uzanan temporofrontal segmenttir (fls III). Temporofrontal segmentin fasciculus arcuatus ile aynı yapı olduğunu belirten çalışmalar mevcut olmakla birlikte fasciculus arcuatus'un anterior ve posterior olmak üzere farklı iki segmentten oluştuğunu gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (23,74-76). Ayrıca son yıllarda yapılan çalışmalarla henüz Nomina Anatomica'da yer almayan *middle longitudinal fasciculus* (mdlf) isimli, konuşma fonksiyonu ile ilgili olduğu düşünülen bir yapı tanımlanmıştır. Bu yapı öncelikle rhesus maymunlarında gösterilmiş sonrasında insanlarda yapılan DTG ve fibril diseksiyon çalışmalarıyla doğrulanmıştır (72,77-80). Yine yeni çalışmalarda gözlenen bir diğer tartışmalı yapı fasciculus frontooccipitalis'tir. Bazı çalışmalar bu yapının fasciculus frontooccipitalis inferior ve fasciculus frontooccipitalis superior olarak iki kısımdan oluştuğunu belirtirken, bazı çalışmalar ise fasciculus frontooccipitalis superior'un DTG'de gözlenmiş bir artefakt olduğunu, diseksiyonla ve DTG'de tespit edilemediğini ortaya koymuştur (23,71,81-85).

Diencephalon'u thalamus, hypothalamus, epithalamus ve subthalamus oluşturur. Thalamus; çeşitli yapılardan gelen duyuların cortex cerebri'ye iletilmesinde ve entegrasyonunda rol oynar. Yumurta şeklinde, cortex cerebri'nin derininde yer alan bir nucleus grubudur. Facies medialis, facies lateralis, facies superior ve facies inferior isimli dört yüzü vardır. Ön ucu foramen interventriculare'nin arka sınırını oluşturur. Arka ucuna pulvinar thalami adı verilir. Ventriculus tertius sağ ve sol thalamus'u birbirinden ayırır. Her iki thalamus adhesio interthalamica aracılığıyla birbirleriyle birleşmiştir ancak bu oluşum iki thalamus'u birleştiren kommissural bir yol değildir. Thalamus önde capsula interna'nın genu'su ve nucleus caudatus'un caput kısmı ile komşudur. Alt önde hypothalamus, arkada mesencephalon'un tegmentum kısmı bulunur. Thalamus'un facies medialis'i ventriculus tertius'un tela choroidea'sı ve fornix ile facies superior'u ise ventriculus



lateralis ile komşudur. Hypothalamus; sıvı elektrolit dengesi, gıda alımı, üreme fonksiyonları, vücut ısısının kontrolü ve birçok duygusal cevabın endokrin sistem tarafından düzenlemesine aracılık eder. Önde, aşağıdan yukarıya doğru chiasma opticum, lamina terminalis ve commissura anterior; lateralde subthalamus'un ön kısmı, capsula interna'nın crus anterior'u ve tractus opticus; arkada, aşağıdan yukarıya doğru corpus mammillare, mesencephalon'un tegmentum kısmı ve thalamus ile sınırlıdır. Diencephalon'un üst kısmının arkasında yer alan epithalamus'un içinde glandula pinealis, habenula, commissura posterior, stria medullaris thalami ve ventriculus tertius'un tela choroidea'sı bulunur. Glandula pinealis (corpus pineale)'in hipofiz bezi, pankreas paratiroid bezi, böbrek üstü bezi ve gonadlar üzerine düzenleyici etkisi bulunmaktadır. Ayrıca sirkadien ritm ile de ilişkili bir yapıdır. Hypothalamus'un kaudal kısmının lateralinde yer alan subthalamus (ventral thalamus), içinde birçok nucleus grubunu barındırır. Nuclei basales'in bir parçası olan nucleus subthalamicus da bunlardan biridir (40,63-67).

Nuclei basales; hemispherium cerebri'nin derininde yer alan beş çift nucleus grubundan oluşan ve motor hareketlerin koordinasyonunda görevli yapılardır. Bu beş çift nucleus grubu nucleus caudatus, putamen, globus pallidus, substantia nigra ve nucleus subthalamicus'tur. Nucleus caudatus'un medialinde thalamus, lateralinde ise ventriculus lateralis'in cornu anterior'u yer alır. Caput, corpus ve cauda olarak isimlendirilen üç kısmı bulunmaktadır. Caput önde putamen olarak devam eder ve bu iki yapının birlikte oluşturduğu fonksiyonel yapıya neostiratum adı verilir. Nucleus lentiformis, medialde, capsula interna'nın crus anterior'u ile nucleus caudatus'dan, crus posterior'u ile thalamus'dan, lateralde ise, capsula externa ile claustrum'dan ayrılmış olan nucleus grubudur. Lamina medullaris lateralis tarafından iki kısma ayrılır. Medialdeki koyu renkli kısma globus pallidus, lateraldeki koyu renkli kısma ise putamen adı verilir. Mesencephalon'da crus cerebri ile tegmentum arasında bulunan substantia nigra, içindeki nöronlarda var olan melanin pigmenti nedeniyle çevresindeki oluşumlara göre daha koyu renkte görülür. Epithalamus'ta yer alan nucleus subthalamicus ise nuclei basales'i oluşturan son nucleus grubudur (40,63-67).

#### 2.4. Telencephalon'un Histolojik Yapısı

Beyin hemisferlerinin dış kısmını kaplayan cortex cerebri'nin kalınlığı 1,2 mm ile 5,0 mm arasında değişmektedir. Gyrus'ların en çıkıntılı yerlerinde daha kalın sulcus'ların derinlerinde ise daha incedir (40,63). Yaklaşık 16 milyar hücreden oluşan cortex cerebri temelde üç farklı hücre tipini içermektedir (40,86). Bu hücrelerden sayıca en fazla bulunanı piramidal hücrelerdir. Diğer iki hücre tipi ise stellat (granüler) ve fusiform hücrelerdir. Ayrıca aksonları cortex cerebri'nin yüzeyine dik yönde uzanan Martinotti hücreleri ve paralel uzanıp en dışta gözlenen Cajal'ın horizontal hücreleri de yer almaktadır (40,54,63).

Piramidal hücreler cortex cerebri'nin temel efferent nöronlarıdır. Bu sebeple aksonları genellikle hemisferlerin substantia alba'sına doğru uzanır. Bu aksonlar assosiasyon, kommissural ve projeksiyon liflerini oluşturur.

Stellat (granüler) hücreler poligonal şekillidirler. Hücre gövdeleri piramidal hücrelere göre daha küçüktür. Tüm yönlere uzanan dendritleri stellat hücrelerin yıldız görünümünde olmalarına sebep olur.

Fusiform hücreler cortex cerebri'de en derinde yerleşmişlerdir. Şekil olarak piramidal hücrelere benzerler.

Cortex cerebri histolojik olarak iki büyük kısma ayrılır: Allocortex (heterogenic cortex) ve Neocortex (neopallium-isocortex). Filogenetik açıdan olarak daha eski olan allocortex'in archicortex (archipallium) ve paleocortex (paleopallium) adı verilen iki kısmı vardır. Archicortex gyrus dentatus ve formatio hippocampi'den oluşurken, paleocortex'i piriform cortex meydana getirir. Bu iki yapının düzensiz bir görünümde olmakla birlikte histolojik olarak üç tabakası vardır: moleküler tabaka, granüler tabaka ve piramidal tabaka. Filogenetik açıdan daha yeni kısım olan neocortex'in ise çok büyük kısmı 6 tabakalı hücresel yapıdadır ve tüm memelilerde ortaktır (87). Tüm cortex'in yaklaşık %90'ını oluşturan neocortex'te gözlenen bu 6 tabakalı hücresel mimari şu şekildedir:

- 1- *Lamina molecularis*: En dışta yer alan ve hücreden fakir olan tabakadır, Cajal'ın horizontal hücreleri, horizontal yönde uzanan aksonlar ve Golgi tip II hücreler gözlenir.
- 2- *Lamina granularis externa*: Küçük piramidal hücreler ve Stellate hücreler bulunur.

- 3- *Lamina pyramidalis externa*: Orta ve büyük boy pyramidal hücreler ve az sayıda stellate hücreler vardır. Orta piramidal nöronların aksonları, genellikle aynı korteks bölgesinin derin kısımlarında sonlanır. Büyük pyramidal nöronların aksonlarıysa, korteksin diğer katlarını geçip beyaz cevhere dahil olur ve beyaz cevherde assosiasyon, projeksiyon ve komissural yolları oluşturur.
- 4- *Lamina granularis interna*: Horizontal yönde uzanan miyelinli aksonların meydana getirdiği stria laminae granularis internae bulunur. Bu yapı lobus occipitalis'te yer alan primer görme merkezinde daha belirgin olup a, b ve c olmak üzere 3 alt gruba ayrılır. Ayrıca frontal agranüler korteks olarak isimlendirilen motor kortekse karşılık gelen kortikal bölgede bu tabaka gözlenmemektedir (87).
- 5- *Lamina pyramidalis interna*: Gyrus precentralis'te daha kalın olan bu tabaka az sayıda stellate hücre ile orta ve büyük boy pyramidal hücreler içerir. Betz'in pyramidal hücreleri sadece gyrus precentralis'te bulunur. Bu laminanın derininde ise stria laminae pyramidalis internae bulunur.
- 6- *Lamina multiformis*: En derinde yer alan bu tabakada orta boy pyramidal hücreler ve fusiform hücreler bulunmaktadır.

Altı tabakalı kortikal yapılanma, kortikal alanların fonksiyonuna bağlı olarak kimi değişiklikler göstermekle birlikte temelde aynıdır (homotipik) ve tüm memelilerin temel özelliklerinden biridir. Bunun yanı sıra altı tabakalı yapının görülmediği (heterotipik) kortikal alanlar vardır. Bunlar agranüler korteks ve granüler kortekstir. Agranüler kortekste granüler hücreler kaybolur, bunların yerini piramidal hücreler almıştır. Gyrus precentralis ve çevresinde gözlenir. Yapısında dev piramidal hücreler çoğunluğu teşkil eder. Granüler korteks stellat hücrelerden meydana gelir ve agranüler kortekse nazaran daha incedir. Duyusal nöronların uzantılarından oluşan sinir lifi demetlerinin sonlandığı duyusal bölgelerde bulunur. Gyrus postcentralis, sulcus calcarinus çevresindeki görme merkezi, gyrus temporalis superior buna örnek kortikal sahalar (54,63).

Bu laminar organizasyondan sonra daha derinde beyaz cevher yer almaktadır. Miyelinli ve miyelinsiz sinir liflerinden, nöroglia hücrelerinden ve kan

damarlarından meydana gelir. Büyük bölümünü miyelinli liflerin oluşturması dolayısıyla, beyaz renkte görülür. Cortex cerebri'den daha geniş bir alandır. Miyelinli sinir demetlerinden ve glia hücrelerinden oluşmuştur. Substantia alba'daki miyelinli sinir demetleri çeşitli yönlerde seyrederek. Bir kısmı kortikal bölümler arasında veya karşılıklı hemisferler arasında ilişki kurarken diğerleri cortex cerebri'yi başka beyin kısımlarına ve medulla spinalis'e bağlayan efferent ve afferent yolları oluşturur (55,56).

Cortex cerebri fonksiyonel olarak da farklılıklar göstermektedir. Birçok araştırmacı tarafından çeşitli kortikal bölgelerde nöron tiplerinin dağılımı ile miyelinli lifler arasındaki farklılıklar değerlendirilerek hücresel mimari çalışmaları ortaya konulmuştur. Bunlardan en yaygın kullanılanı Brodmann'ın 1909'da kendi beyinleri üzerinde yaptığı çalışmayla ortaya koyduğu haritadır. Brodmann, cortex cerebri üzerinde 52 farklı bölge tanımlamıştır. Günümüzde fonksiyonel MR gibi ileri görüntüleme teknikleri ve intraoperatif kortikal stimülasyon gibi tekniklerin yaygınlaşmasıyla cortex cerebri'nin fonksiyonel anatomisi daha iyi anlaşılmaktadır (40,54,63).

## 2.5. Fibril Diseksiyon

Fibril diseksiyon beynin iç yapısının, özellikle de beyaz cevherin özelliklerinin ortaya koyulması için oldukça eskiden beri yapılmakta olan bir bilimsel araştırma yöntemidir. Tarihsel seyrini izlediğimizde ilk olarak Galen'le karşılaşırız. 129 ile 216 yılları arasında yaşamış ülkemizde, Bergama'da doğmuş olan Galen, hayvanlarda corpus callosum ve fornix'i tanımlamıştır (28). Vesalius 1543'te yazdığı "De humani corporis fabrica" isimli ünlü eserinde beyinde, beyincikte ve beyin sapında beyaz ve gri renkte farklı alanlar olduğunu belirtmiştir. Sonrasında toplumsal gelişmelerin de etkisiyle daha açık tanımlayıcı çalışmalar ortaya çıkmıştır. Arcangelo Piccolomini (1556), Niels Stensen (1671), Raymond Vieussens (1685), Sir Charles Bell (1802), Franz Joseph Gall (1810), Herbert Mayo (1827), Luigi Rolando (1829), Friedrich Arnold (1838), Joseph J. Dejerine (1895) ve Magnus G. Retzius (1896) gibi birçok eski anatomist ve bilim insanı bu yöntemle yapılmış çalışmalar yayınlamış, beynin anatomik yapısını anlamaya çalışmıştır (28,30). Öncesinde de yapılan beyin diseksiyonları olmakla birlikte fikse edilmiş

beyinlerle diseksiyon yapılması için 17. yüzyılın beklenmesi gerekmiştir. 19. yüzyılın sonlarında histolojik çalışmaların beyin araştırmalarında popüler olmasından sonra bir miktar göz ardı edilen fibril diseksiyon yöntemine bundan yaklaşık 85 yıl önce İsviçre'nin Basel Üniversitesi'nde görev yapan Joseph Klingler (1888-1963) tarafından en önemli katkı yapılmıştır (28-30,88). Joseph Klingler fibril diseksiyon yapan kendinden önceki bilim insanları gibi formaldehit çözeltisi ile fikse edilmiş beyinleri kullanmış ancak beyinleri diseke etmeden önce dondurmıştır. Bu dondurma işlemi beyaz cevher liflerini birbirlerinden ayırmış ve daha kolay ve doğru diseksiyon yapılmasını sağlamıştır. Klingler'e göre bunun sebebi donunca hacimce yaklaşık olarak %10 genleşen suyun beyaz cevher liflerinin arasını ayırmasıdır (29). Ancak Zemmoura ve ark.'nın yaptığı çalışmaya göre dondurma işlemi miyelinler arası köprüleri yıkıp diseksiyonu kolaylaştıran interaksonal boşluklar oluşturmaktadır. Aksonlar ve miyelin kılıflar zarar görmemekte ekstraselüler matriks değişmektedir (89). Klingler'in geliştirdiği yöntemde beyin kafatasından çıkarıldıktan hemen sonra fikse edilmelidir. Fiksasyon için dokuya daha hızlı penetre olduğu, daha derine penetre olabildiği ve daha iyi olduğu için %5'lik formaldehit çözeltisini önermektedir. %10'luk formaldehit çözeltisini ise derin yapılara ulaşmada sıkıntı yarattığı için önermemektedir (29). Fiksasyonun en az 2 ya da 3 ay sürmesini, daha da uzun süremesinin daha iyi olduğunu belirtmiştir. Dondurma işlemi için ise Klingler 8-10 gün boyunca -10°C ile -15°C arasında dondurucuda tutmayı önermiştir. Yine bu yöntemde beyinler dondurucudan çıkarıldıktan sonra oda sıcaklığında, suda buz çözdürüldükten sonra diseksiyonları yapılmalıdır. Diseksiyonda birinci sınıf çelik uçlu saatçi forsepslerini, bunların diseksiyona zarar verme ihtimaline karşı daha ince diseksiyonda kuş tüyü, sivri uçlu pamuk ve kıl fırça kullanmayı önermiştir (29). Diseksiyon ise korteksin beyaz cevherden uzaklaştırılması esasına dayanmaktadır. Bu şekilde kısa assosiasyon liflerine ulaşılmakta, onların da derine doğru diseke edilmeleriyle diseksiyondaki esas amaç olan uzun assosiasyon lifleri, projeksiyon lifleri, kommissural lifler ve bütün bu beyaz cevher organizasyonunun derin beyin yapılarıyla olan ilişkileri gözlenebilmektedir (28-30).

Bu, yöntem sonraki yıllarda tekrar popüler olmuş, özellikle Prof. Dr. Gazi Yaşargil'in de katkılarıyla bilimsel literatüre yeni çalışmalar kazandırılmıştır (28). Yöntem özellikle beyin cerrahları için çok önemli bir eğitim modeli olarak

tanımlanmış ve görüntüleme tekniklerinde yaşanan ilerlemelerle birlikte de 2000'li yıllarda beyaz cevherin anatomik ve radyolojik yapısı karşılaştırmalı olarak araştırılmaya başlanmıştır (83,90,91). Joseph Klingler tarafından diseksiyon için geliştirilen bu teknik birçok araştırmacı tarafından farklı şekillerde denenmiş, ancak temel ilkeler olan fiksasyon ve dondurma işlemleri uygulama farklılıklarına rağmen ilkesel olarak aynı kalmıştır. Örneğin araştırmacılar tarafından fiksasyon için farklı fiksasyon çözeltileri (%5'lik ve %10'luk formaldehit, alkol çözeltileri) farklı sürelerde (3 hafta, 40 gün, 2-3-6 ay) kullanılmış, yine dondurma işlemi için de farklı sıcaklıklarda (-5°C, -10°C, -15°C, -20°C) farklı sürelerde (3 gün, 1-2-4 hafta) dondurma işlemi uygulanmıştır. Ayrıca bu dondurma işlemi 2-3-5 kez tekrarlamayı öneren araştırmacılar da mevcuttur (88-92).

## 2.6. Difüzyon Tensör Görüntüleme ve Traktografi

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG), kuvvetli bir manyetik alan içerisinde partiküllerin dizilimiyle yağ ve su moleküllerinin enerji seviyelerine göre saldıkları sinyallerin görüntülenmesi esasına dayanır. Bu su ve yağ moleküllerinin çekirdeklerindeki protonlarından gelen sinyaller görüntülenir. Difüzyon tensör görüntüleme (DTG) su moleküllerinin difüzyon hızı ve yönü ölçülerek işlem gerçekleştirilir. Traktografi ise difüzyon tensör görüntüleme tekniği ile beyindeki beyaz cevhere ait yolakların oluşturulması işleminin genel adıdır (93). Traktografi beyindeki özgün beyaz cevher yolaklarının izlenmesi ve bunların özel grafik teknikleri kullanılarak üç boyutlu olarak gösterilmesi işlemidir (39,94,95).

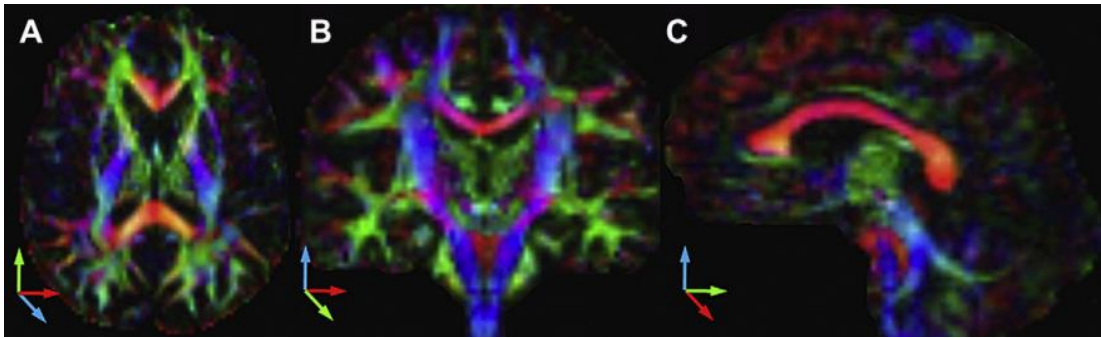
Difüzyon görüntülemenin temeli su moleküllerinin dokuya difüzyonuna dayanır. Bir biyolojik ortamda su molekülleri ısı bağımlı serbest bir devinim içerisinde dirler. Bu harekete Brownian hareketi ismi verilir (95). Beyin omurilik sıvısında ve gri cevherde olduğu gibi su molekülleri her yöne eşit bir şekilde difüze oluyorsa bu durum izotropik difüzyon olarak isimlendirilir. Beyaz cevherde ise serbest su molekülleri miyelinizasyon, akson dansitesi ve çapı, miyelin kılıf kalınlığı, aksonal membran integritesi ve liflerin yönleri gibi özellikler sebebiyle her yöne difüze olamaz ve buna da anizotropik difüzyon denir (39,94,95). DTG'nin temelinde de beyinde su moleküllerinin difüzyonunun miyelinden zengin aksonlara dik yönde paralel yöne göre daha fazla engellenmesi varsayımı yatmaktadır (94,95). DTG

teknikinde beyin içerisinde serbest su protonlarının difüzyonunun hangi yönlerde ne miktarda kısıtlandığı difüzyon ağırlıklı görüntülerden hesaplanır ve bir katsayı ile ölçülebilir. Bu katsayıya görünür difüzyon katsayısı (apparent diffusion coefficient-ADC) adı verilir. Su protonunun bu her yöndeki devinimi ve bu devinimler arasındaki ilişkiyi tanımlamak için tensör adı verilen, bir elipsin hareketlerini formüle eden karmaşık bir matematiksel işlem geliştirilmiştir. Beyaz cevherde ADC tüm özellikleri tanımlamayacağından ADC'nin tensör şekline dönüştürülmesi gerekmektedir. Anizotropi değerlerini saptayabilmek için fraksiyonel anizotropi (FA), rölatif anizotropi (RA) ve oylum oranı (VA) gibi anizotropi değerleri kullanılır. Beyaz cevher yolaklarının görüntülenmesinde bu değerler temel alınmaktadır. FA, difüzyon vektörünün anizotropik difüzyona bağlı kısmını, RA ise anizotropik difüzyonun izotropik difüzyona oranını temsil eder. Sık kullanılan bir diğer değer olan VR elipsoid hacminin izotropik küre hacmine oranını temsil eder. Beyaz cevherdeki anizotropi düzeyi için FA değeri RA'dan daha güvenilirdir (39,95,96).

Difüzyon ağırlıklı görüntülemelerde elde edilen veriler, difüzyon tensör hesabı için gerekli ham bilgi kaynaklarıdır. Difüzyon ağırlıklı görüntüler Stejskal-Tanner görüntüleme sekansı kullanılarak oluşturulur (95,97). Difüzyon ağırlıklı bir görüntü elde edebilmek için gradiyentin yüksek amplitüdü olması ve uygulama süresinin kısa olması gerekmektedir. Difüzyon ağırlıklı sekanslar hareket artefaktına çok duyarlıdır. Moleküllerin mikro metreler ile ifade edilen devinimlerini ölçmek için kullanılan bu sekanslarda, hasta hareketi, hatta fizyolojik hareketler (solunum, kalp atımı) bile görüntü niteliğinde düşmeye yol açacaktır. Bu nedenle, kısa sürede görüntü alınmasına olanak sağlayan eko-planar görüntüleme (echo-planar imaging-EPI) sekansları yeğlenmektedir (95,97,98). Çok atımlı EPI sekansları ise bize yüksek çözünürlük ve düşük görüntü distorsiyonu sağlamaktadır ancak bu sekanslar hareket artefaktlarına daha duyarlıdır. DTG'de daha yüksek bir sinyal/gürültü oranına (SNR) ihtiyaç vardır (95,98).

Difüzyon tensör verilerini görüntüye çevirebilmek için temel olarak 2 yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi renk kodlu görüntüler ile göstermektir. Buna göre hareketin difüzyonun vektörel yönüne göre en sık olarak sağ-sol doğrultusu kırmızı, ön-arka doğrultusu yeşil ve kraniokaudal doğrultu mavi olarak

gösterilmektedir (Şekil 2.3). Bu renk kodlarına göre assosiasyon lifleri yeşil, projeksiyon lifleri mavi ve kommissural lifler de kırmızı olarak görülmektedirler. Diğer yöntemde, her vokseldeki anizotropi yönü ve düzeyi geometrik biçimlerle belirtilmektedir. Bu yöntem renk kodlu görüntülere göre daha az kullanılmaktadır. DTG ile elde edilen verilerin önemli bir özelliği dokulardaki difüzyonun hangi yönde daha fazla olduğunun anlaşılabilmesidir. Böylece ölçüm yapılan alandaki beyaz cevher yolaklarının yönü hakkında bilgi alınabilir. Vokseller arasındaki bağlantılar özel grafi teknikleri kullanılarak beyaz cevher yolaklarını beyin görüntüleri üzerinde 3 boyutlu olarak traktografi görüntüleri olarak gösterilebilir (93-98).



**Şekil 2.3:** Difüzyon tensör görüntüleme (DTG) ile elde edilen görüntüler. (Leclercq (128)'den izin alınarak kullanılmıştır.)

Oluşan difüzyon tensör görüntülerinden beyaz cevher yolaklarının görüntülenmesi için ise farklı uygulama teknik ve algoritmaları kullanılmaktadır. Traktografi görüntülerinin elde edilmesinde bu uygulamalardan çizgi izlem algoritması (FACT-fiber assignment by contiguous tracking) klinik olarak en çok örneği bulunan tekniktir (39). Burada komşu vokseller arasındaki lokal tensör değişiklikleri izlenir. Yöntemin temelinde her vokseldeki difüzyon tensörünün o vokseldeki traktus yönü ile paralel olduğu varsayımı vardır. DTG verilerinin istatistiksel karşılaştırılmasında elle çizilen ilgi alanı yöntemi kullanılabilir. Bu alana ROI (region of interest) adı verilmektedir. ROI yöntemi, kesitsel görüntü üzerinde incelenecek alanın araştırmacı tarafından çizilmesine dayanır. Seçilen ROI bölgesinde lifler takip edilerek yolakların görüntüleri ortaya konulur. Bunun için de bilgisayar yazılımı olarak kullanılan varsayımsal haritalandırma ya da başka bir ifadeyle anatomik atlaslar kullanılmaktadır (93-98).



DTG beyaz cevher yolaklarını in vivo olarak gösteren tek yöntemdir. Ancak bu yöntem yukarıda anlatıldığı gibi anatomik yapıları tam bir kesinlikle göstermez, difüzyon anizotropisine göre tahmini bir yapıyı ortaya koyar (94). Çaprazlaşan liflerin, birbirine komşu paralel liflerin kesin bir doğrulukla gösterilmesi mümkün olmamakta, hasta uyumu vb. sebeplerle artefaktlar oluşabilmekte, bu artefaktlar “sahte” lifler olarak görülebilmekte, tümör infiltrasyonunda yanlış sonuç verebilmekte, seçilen ROI’lerin boyutu ve lokalizasyonu ile ilişkili görüntüler elde edildiği için sonuçlara araştırmacının etkisi olabilmektedir. Örneğin Farquharson ve ark.’nın yaptıkları çalışmada cerrahi planlama için yapılan DTG temelli traktografilerde tümöre ait cerrahi sınıra dair kimi hatalar göstermişlerdir (99).

DTG temelli traktografi tekniğinin doğrulanması amacıyla bu yöntem fikse edilmiş beyinlere de uygulanmıştır. Diseksiyon, traktografi ve histoloji çalışmalarının birlikte uygulanması tekniğin güvenilirliğini ortaya koymak için önemli veriler sunmuştur (100,101). Ancak fikse beyinlerde bu yöntemin uygulanmasında dikkat edilmesi gereken kim durumlar bulunmaktadır. Formaldehitte fikse beyinlerde FA değerleri düşmekte, ADC normal değerlerin % 60-80’ine inmektedir (102). Ölümle fiksasyon arasında geçen süre (post-mortem interval) uzadıkça ADC daha da azalmaktadır (103). Yine *ex vivo* beyinlerde azalan T2 ağırlıklı görüntülerdeki relaksasyon süresi SNR’yi de dramatik bir şekilde azaltmaktadır (103). Bunu engellemek için beyinlerin görüntüleme öncesinde 3 gün ile 2 hafta kadar fosfat çözeltisine ve çekim esnasında Fomblin ® LC8 liquid (Solvay Solexis, Thorofare, N.J., USA) isimli sıvıya konulmaları önerilmektedir (103-105). Vücut ısısından daha düşük sıcaklıktaki dokularda ADC değerleri düşmektedir. Bu sebeple de görüntüleme işlemi öncesinde dokular oda sıcaklığına getirilmeli, cihazın içerisinde ısılarının yükselmesi engellenecek şekilde ayarlanmalıdırlar (106). Yine fiksasyonun ve ölüm ile görüntüleme arasında geçen sürenin (scan interval) olumsuz etkilerini azaltmak için EPI süresini azaltmak, b değerini düşürmek, yüksek gradientli MR cihazları (örneğin 3T veya 4,7T) kullanmak ve uzun tarama ve işleme süreleri (örneğin 24-48 saat) uygulanması önerilmiştir (102,104,107).

## 2.7. Plastinasyon

Bilindiği gibi anatomik materyal olarak kullanılan örneklerin fiksasyonunda başta formaldehit olmak üzere birçok kimyasal çözelti kullanılmaktadır. Formaldehitin insan sağlığı üzerine bazı olumsuz etkileri mevcuttur. Gözlerde, burunda, boğazda ve deride irritasyon, yanma hissi, baş ağrısı, bronşiyal hiperreaktivite, alerjik reaksiyonlar ve burun boşluğunda skuamöz hücreli karsinom gibi sorunlara yol açabilmektedir (108-111). Geleneksel anatomik materyal fiksasyon yöntemlerinin yarattığı olumsuz etkileri azaltmak amacıyla 1960'larla beraber polyester reçineler ve plastik polimerler kullanılmaya başlanmıştır. 1977 yılında ise Gunter von Hagens'in geliştirdiği plastinasyon yöntemi fiksasyon yöntemlerine yeni bir bakış açısı getirmiştir (112).

Plastinasyon işleminin esası doku sıvısının sertleşebilir polimerle yer değiştirmesidir (113). Dokudaki su ve yağ, aseton ve alkol gibi çözücüler aracılığıyla uzaklaştırılır. Yerine silikon, polyester veya epoksi türevi bir polimer aktarılır ve doku içinde sabitlenmesi sağlanır (41,114).

Kullanılan polimer türüne göre tanımlanmış üç farklı plastinasyon yöntemi mevcuttur (43,113). Bunlar:

- 1- Silikon (Biodur® S10 Products, Heidelberg-Almanya) plastinasyonu; tüm vücut parçaları ile kalın vücut ve organ kesitleri
- 2- Epoksi plastinasyon; vücut ve organ kesitlerinin ince ve şeffaf bir şekilde saklanmasında kullanılan tekniktir
- 3- Polyester plastinasyon; özellikle beyin kesitleri olmak üzere 2-3 mm'lik vücut ve organ kesitlerinin yarı şeffaf halde saklanmasını sağlayan plastinasyon tekniğidir.

Çalışmamızda beyin dokularını bütün halinde plastine edeceğimiz için silikon plastinasyonu yöntemi kullanılmıştır. Silikon plastinasyonu sırasıyla şu 5 basamağı izleyerek gerçekleştirilmektedir (113):

- 1- Dokuların Hazırlanması (Diseksiyon ve Fiksasyon)
- 2- Dehidrasyon
- 3- Yağdan arındırma (Defatting)
- 4- Zorlu İmpregnasyon (Vakumla Gömme)
- 5- Gaz Kütleme (Sertleştirme)

### 2.7.1. Dokuların Hazırlanması

Bu beş aşamanın amacı ölüm anından itibaren dokuda gözlenen bozulmayı durdurmaya çalışmaktır. Bu yüzden de plastinasyon işlemine ölümden sonra en hızlı şekilde ve mümkünse ilk 48 saat içinde başlanmalıdır (115). Doku hazırlanırken öncelikle hangi planda gösterileceği belirlendikten sonra ilgili diseksiyon, fiksasyondan önce ve ya sonra gerçekleştirilir. Örneğin dokunun üzerindeki damarlar gösterilecekse damar içine enjeksiyon yapılabilir, dokunun derin yapıları ön plana koyulacaksa ve diseksiyonunu yapmak taze dokuda daha kolaysa diseksiyonu yapılır (113). Söz konusu işlem gerçekleştirildikten sonra fiksasyona geçilir. Fiksasyon yapılması zorunlu bir işlem değildir (113). Yapılması dokunun özelliklerine ve çalışmacının tercihlerine göre değişebilmektedir. Bazı araştırmacılar fiksasyonun (özellikle formaldehit) dokunun sertleşmesine sebep olduğu için gerekli olmadığını belirtirken (116), bazı araştırmacılar ise dokunun anatomik şeklini muhafaza etmesini sağladığı ve ölümden sonra gerçekleşen kimyasal reaksiyonları durdurarak büzüşmeyi engellediğine vurgu yaparak fiksasyonun gerekli olduğunu belirtmişlerdir (113,116,117). Ancak hızla bozulan beyin, pankreas gibi organlar mutlaka fikse edilmelidir (117,118). Fiksasyon içinse en sık kullanılan yöntem formaldehit çözeltisidir. Formaldehit çözeltisi piyasada bulunan formunda suda %40 oranında bulunan formaldehit gazıdır (44). Dokunun özelliğine göre fiksasyonun süresi ve şekli belirlenmelidir. Örneğin beyin dokusunun oldukça sert hale gelmesi gerekmektedir ve bunun için önerilen fiksasyon şekli; %100'lük formaldehit çözeltisinin a.basilaris'ten enjeksiyonu sonrasında %5'lik formaldehit çözeltisi dolu bir kabın içerisinde 1 hafta kadar bekletilmesi şeklinde olmalıdır (117). Dehidrasyona geçmeden önce dokunun son diseksiyonu tamamlanmalıdır (113).

### 2.7.2. Dehidrasyon

Doku sıvısının çözücü bileşikle yer değiştirmesidir. Bu çözücü bileşik su ile karışabildiği gibi dokudan uzaklaştırılmak istendiğinde kolayca bu işlemin gerçekleştirilebileceği özellikte olmalıdır. Sıklıkla bu amaçla aseton ve alkol türevleri kullanılmaktadır. Alkoller çözücü özellikleri kuvvetli olmasına rağmen -15°C'nin altında buharlaşmaları oldukça yavaş olduğu için aseton kadar etkili çözücü özellik göstermemektedirler. Aseton ise oda sıcaklığında çok çabuk buharlaşabilen, renksiz ve kokusu oldukça belirgin olan organik bir çözücüdür. Asetonun parlama noktasının -18°C olması asetonun oda ısısında kolayca buharlaşmasına ve patlama riskinin artmasına sebep olmaktadır. Hem büzüşmeyi azaltması hem de çalışma koşullarının güvenliğini sağlaması amacıyla dehidrasyon işlemi soğukta yapılmaktadır. Bu özellikler çerçevesinde uygun dehidrasyon işlemi -25°C'de asetonda gerçekleştirilmelidir (113,115). Dehidrasyona başlamadan önce eğer dokular fenol, glikol, gliserin gibi maddeler içeren çözeltilerle fikse edilmişse 7 gün %50'lik etanol çözeltisinde, günde 2 kez çözeltiyi karıştırarak bekletilmelidir. Sonra bir müddet çeşme suyu altında yıkadıktan sonra tekrar 7 gün %50'lik etanol çözeltisinde, günde 2 kez çözeltiyi karıştırarak bekletilmelidir. Ardından 7 gün çeşme suyu altında yıkayarak etanolün dokudan uzaklaşması sağlanmalıdır. Eğer dokular formaldehit çözeltisiyle fikse iseler formaldehiti dokudan uzaklaştırmak için için dokuları 2-4 gün çeşme suyu altında yıkamak gerekmektedir (113). Bu hazırlık aşaması tamamlandıktan sonra dokular -25°C'de saf (%99,5) asetona alınır. Bu 1. banyoda asetonun dokuya oranı hacimce 10:1 olmalıdır. Aseton banyosu sıvıyı sızdırmayacak şekilde ağzı kilitli kapağa sahip bir kaptaki derin dondurucuda yapılmalıdır. Sonrasında dokudaki sıvı ile asetonun yer değiştirme oranı genellikle -10°C'de ya da 20°C'de asetonmetre ile her gün ölçülür. Tekrarlayan ölçümlerde aseton derişimi %95'in altına düştüğünde doku tekrar saf asetona alınır. Tekrar her gün yapılan ölçümlerde aseton derişimi %95'in altında çıkarsa dokular tekrar saf asetona alınır. Ölçümlerin sonunda aseton derişimi %95'in altına düşmezse yağdan arındırma (defatting) işlemine başlanabilir (113).

### 2.7.3. Yağdan Arındırma (Defatting)

Bu işlemin amacı dokunun üzerinde ya da içerisinde kalmış olan artık yağ moleküllerinin dokudan uzaklaştırılmasıdır. Zira yağın fazlası örneklerin dayanıklılığını azaltmaktadır. Ancak merkezi sinir sistemi elemanları gibi yağdan zengin dokuların bu işleme alınması esnasında asetonda kalış süreleri uzadıkça zarar görebilirler (113). Bu işlemi yapmak için dehidrasyon bittikten sonra dokular oda sıcaklığında tekrar saf asetona alınır. Aseton sarı bir renk aldığıında dokular kaptan çıkarılır. Dokunun büyüklüğüne göre değişmekle birlikte yağdan arındırma işlemi genellikle 2 haftada sonlanmaktadır (113).

### 2.7.4. Zorlu İmpregnasyon (Vakumla Gömme)

Zorlu impregnasyon işleminin amacı dehidrasyon ile doku içindeki sıvıyla yer değiştirmiş olan asetonun sıvı silikon polimerleri ile yer değiştirmesinin sağlanmasıdır. Bu işlemin gerçekleşebilmesi için negatif basınca ihtiyaç vardır. Zira dokuya girmesi istenen silikon polimeri düşük buhar basıncına sahipken aseton daha yüksek buhar basıncına sahiptir. Bu negatif basıncı sağlamak için de vakumlu tanklar kullanılmaktadır. Dokudan aseton çıkarken dokunun zarar görmemesi için bu işlemin  $-15^{\circ}\text{C}$  ile  $-25^{\circ}\text{C}$  arasındaki sıcaklıklarda yapılması gerekmektedir (113). Dokudan çıkan aseton tankın üzerinde hava kabarcığı şeklinde görülmektedir. Vakumlu tanktaki silikon Biodur® S10'un aktifleşmesi için katalizörü olan silikon Biodur® S3 isimli polimer 100:1 oranında eklenir. Ardından dokular bu karışımın içine alınır. Yoğunluk farkı yüzünden dokunun silikon karışımının üzerine çıkmaması için tankın içine metal bir sepet yerleştirilir. Tankın üzeri cam bir kapakla örtülür ve dokunun silikon karışımının içerisine gömülmesi için 1 gün beklenir. Ardından tanka bağlanan vakum etkisini sağlayacak motor çalıştırılır. Tankın içerisindeki basıncı ölçmek için bir manometre ve basıncı ayarlamak için bir valf tanka monte edilmelidir. Bu amaçla tasarlanmış tanklar mevcuttur. İşleme başlanırken basınç 20-25 mm Hg olmalıdır. Asetonun dokudan uzaklaşması tankın yukarısına doğru çıkan gaz baloncuklarını takip ederek gözlenebilir ve basıncın ayarlanması için gözlenmesi tavsiye edilir. Başlangıç için her  $5\text{ cm}^2$ 'lik alanda 2-3 baloncuk görülmesi uygun basınca işaret eder (113,114). Bu işlem hiç gaz baloncuğu görülmeyene kadar devam ettirilir. Gaz çıkışı bitince doku tankın içindeki sepetin üzerine alınarak önce  $-20^{\circ}\text{C}$ 'de daha sonra da

tank derin dondurucudan çıkarılıp oda sıcaklığında bekletilir. Böylece silikonun fazlası tanka akar, gözlenebilecek şekil bozuklukları engellenir ve kimyasal reaksiyonun devam etmesi sağlanır. Doku üzerindeki fazla silikon kağıt yardımıyla silinerek bir sonraki aşamaya geçilir.

#### **2.7.5. Gaz Kürleme (Sertleştirme)**

Bu işlem plastinasyonun son basamağı olup dokunun içine giren silikon polimerinin bir başka kimyasal ajan olan S6 ile çapraz bağlanmasının sağlanmasıdır. Kapalı bir kaba S6 dolu daha küçük bir kap yerleştirilir. Büyük kap içerisinde az miktarda hava akımı yaratmak için bir pervane bağlanır. Kabin içerisindeki S6 buharlaşır ve bu sayede Biodur ® S10-S3 karışımı moleküler olarak kendi arasında çapraz bağlar kurarak sertleşir. Sertleşme etkisi yüzeyden daha derine doğru ilerlediği için bu işlem aylar boyunca sürmektedir (113,114). Bu yüzden de plastinasyon sona erdikten sonra plastik bir poşetin içinde bir süre daha saklanması önerilmektedir.

### 3. GEREÇ ve YÖNTEMLER

#### 3.1. Çalışma Grubu

Çalışmaya Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi (HÜTF) Türkçe Tıp Bölümü'nde Dönem 2'de öğrenim görmekte olan toplam 104 öğrenci katıldı. Çalışmaya katılan öğrencilerin 44'ü kadın, 60'ı erkek idi. Katılımcı öğrenciler rastgelelik yöntemiyle eşit sayılarda olmak üzere 2 gruba ayrıldı. Test kâğıtlarının en tepesinde 1 kodlaması bulunanlar Grup 1, 2 kodlaması bulunanlar Grup 2 olarak seçilmiş oldu.

#### 3.2. Çalışma Yöntemi

Çalışmada öğrencilerin HÜTF Dönem 2 ders programında bulunan ve 14 Şubat 2017 tarihinde yapılan 50 dakika süren (1 ders saati) “Beyin Hemisferleri: Beyaz Cevher” dersine katılmaları sağlandı. Ardından öğrenciler HÜTF Makroskopik Anatomi Laboratuvarı'na alınarak katılmış oldukları teorik dersin pratik uygulaması yapıldı. 2 gruba ayrılan öğrencilerin ilk grubuna hâlihazırda laboratuvar eğitiminde kullanılan ve her yıl gösterilmekte olan maketlerle 50 dakikalık laboratuvar uygulaması yapıldı. Bu 50 dakikanın ilk 20 dakikası maket incelenmesi, sonraki 20 dakikası kadavra incelenmesi ve son 10 dakikası da tartışmaya ayrıldı. Diğer gruba ise yine 50 dakikalık sürede bu çalışmada ortaya konmuş olan eğitim modeli uygulandı. Bu uygulamanın içeriği şu şekilde idi: 10 dakika fibril diseksiyon yöntemi ile elde edilen görüntülerin incelenmesi, 10 dakika traktografi görünülerinin incelenmesi, 10 dakika mikroskopik anatomi görüntülerinin incelenmesi, 10 dakika plastine örneklerin incelenmesi, 10 dakika tartışma. Öğrencilere pratik uygulama başlamadan bir ön test (EK-5) yapılarak konuyla ilgili ilk birikimleri ölçülerek; uygulama bittikten sonra aynı test (EK-5) tekrarlandı. Testler dersi anlatan öğretim üyesi ile birlikte eğitim hedefleri doğrultusunda çoktan seçmeli 10 soru olarak hazırlandı. Sonrasında ise 12 soruluk bir anketle (EK-4) öğrencilerin uygulamalarla ilgili görüşleri alındı. Böylece uygulanan iki farklı eğitim modelinin öğrencilerin başarılarına etkileri karşılaştırılıp, farklı eğitim modelleriyle ilgili fikirleri ve bunların öğrenme motivasyonlarına etkileri değerlendirildi (Şekil 3.1).



**Şekil 3.1:** Eğitim modelinin uygulanması.

### 3.3. Çalışma Gereçlerinin Oluşturulması

Çalışma gereçleri oluşturulurken 2 beyin kullanıldı. Beyinlerinden biri HÜTF Anatomi Anabilim Dalı'nda bulunan fikse kadavradan temin edilirken, diğeri ise bu tez kapsamında Öğretim Üyesi Yetiştirme Programı tarafından sağlanan fonla satın alındı. Her iki beyin de %10'luk formaldehit çözeltisi ile fikse edildi. Formaldehit çözeltisi ile fiksasyon süreleri ilk beyin için yaklaşık 1 yıl, diğeri için ise yaklaşık 6 aydı.

#### 3.3.1. Traktografi

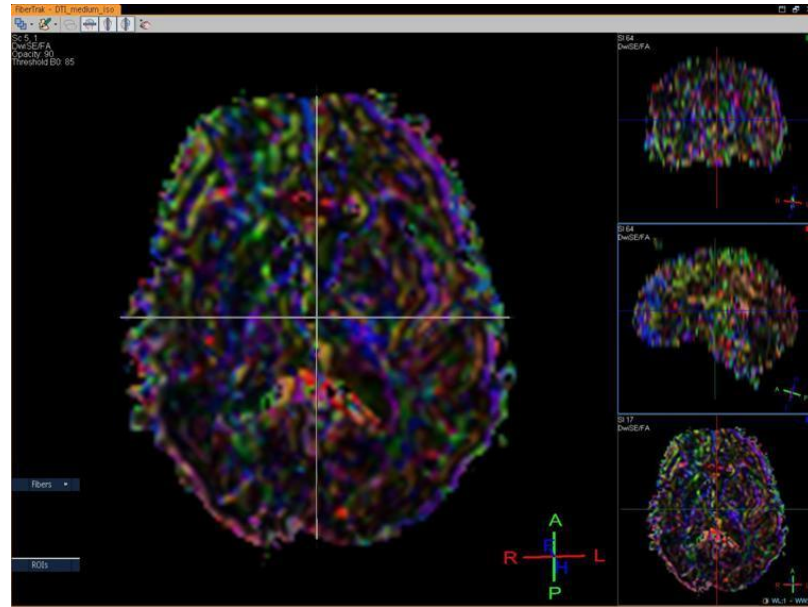
%10'luk formalin solüsyonu ile fikse edilmiş beyinler difüzyon tensor görüntülemelerinin (DTG) yapılması için Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Radyoloji Anabilim Dalı'nda bulunan manyetik rezonans görüntüleme (MRG) cihazına yerleştirildi.

Görüntüleme 3T (Philips Healthcare, Ingenia, Netherlands) MRG cihazı ile 4 yönlü head-coil kullanılarak yapıldı. Beyaz cevher yolaklarının MR traktografisi FACT (devamlı takip ile lif ayırma) algoritması kullanılarak PC merkezli bir çalışma istasyonunda gerçekleştirildi. Bilinen anatomiye göre, ilgilenilen alanlar (ROI) beyaz cevher traktlarının etkilenmemiş kısımlarında kökler olarak çizilmiş (multi ROI tekniği ile) ve bilgisayar programının algoritması bu ROI'lardan geçen beyaz cevher traktlarını takip etti. Lif takibi için  $FA=0.2$  eşik değeri olarak seçildi.



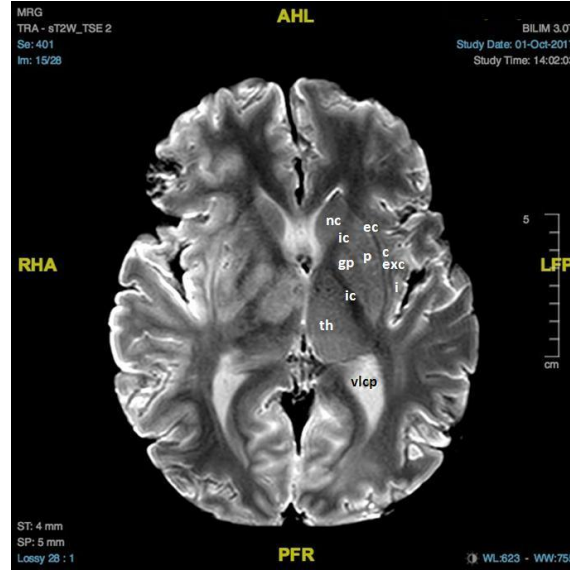
Sonraki işlemlerde difüzyon tensörü ve difüzyon ellipsoidi hesaplanarak beyin haritaları oluşturuldu. Son olarak arayüzdeki kontroller ile seçilen başlangıç noktalarından FACT traktografi algoritması ile beyin beyaz cevher yolaklarının 3 boyutlu görüntülenmesi sağlandı.

Uygulanan standart DTG yöntemi ile uygun görüntüler elde edilememiş olup, sinyal dağılımı miyelin kılıfları parçalanmış dokuda belirli yönleri takip ederek uzun assosiasyon yolaklarını göstermedi, her yöne dağılım göstererek anlamlı bir haritalandırmaya uygun görüntü elde edilemedi (Şekil 3.2) (Haritalanmaya uygun görüntü için bkz. Şekil 2.3).



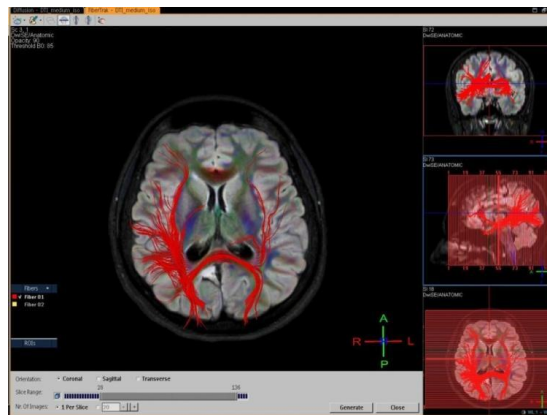
**Şekil 3.2:** Difüzyon tensör görüntüsü.

MR'daki T1 ve T2 ağırlıklı görüntülerden öğrencilere uygulanacak eğitimde kullanılmak üzere diseksiyonlarla uyumlu bazı kesitler seçildi (Şekil 3.3).

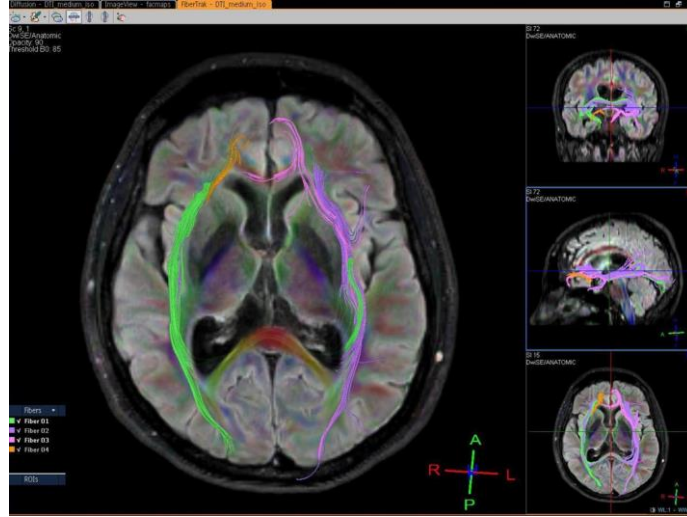


**Şekil 3.3:** MR görüntüsü. **c:** claustrum, **ce:** capsula externa, **cex:** capsula extrema, **gp:** globus pallidus, **ci:** capsula interna, **nc:** nucleus caudatus (caput), **p:** putamen, **th:** thalamus, **vlcp:** ventriculus lateralis cornu posterior.

Yapılan işlem sonucunda uygun traktografi görüntüleri elde edilemediği için, HÜTF Nükleus Sistemi'nden öncesinde elektif olarak traktografi çekilmiş hastaların görüntülerinden diseksiyonla uyumlu yolakların görüntüleri kullanılmak için seçildi (Şekil 3.4, Şekil 3.5).



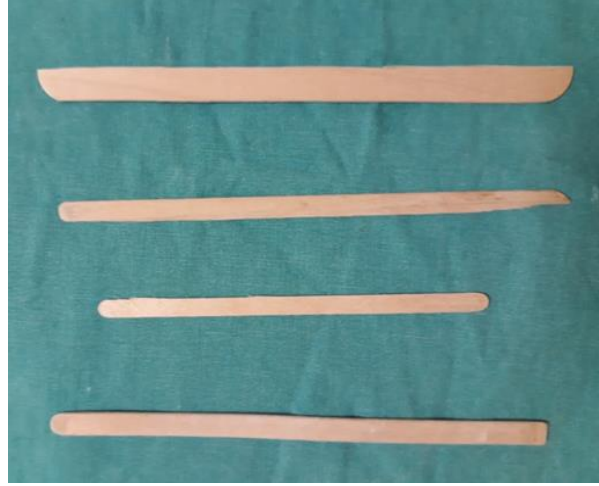
**Şekil 3.4:** Traktografi görüntüsü 1. Kırmızı: Fasciculus longitudinalis superior (**fls**).



**Şekil 3.5:** Traktografi görüntüsü 2. Yeşil: Fasciculus longitudinalis inferior (**fli**), Pembe: Fasciculus uncinatus (**fu**), Mor: Fasciculus frontooccipitalis inferior (**ffoi**).

### 3.3.2. Fibril Diseksiyon

Beyinlerin diseksiyonunu yapmak için Klingler yöntemiyle preparatlar hazırlandı. Klingler yöntemine göre, beyinler 3 ay boyunca %10'luk formalin solüsyonu içerisinde fikse edilip, etrafındaki meningeal zarlar ve vasküler yapılar temizlendikten sonra musluk suyu altında yıkanıp 14 gün boyunca  $-17^{\circ}\text{C}$ 'de donduruldu. Daha sonra diseksiyon seti ve tahta spatulalar (Şekil 3.6) ile cerrahi mikroskop (Carl Zeiss, Opmi Pico) ve büyüteç (Atersan 8069 LED) altında 2'lik, 5'lik ve 10'luk büyütmelemlerde fibril diseksiyonu kortikal bölgelere doğru ilerletildi (Şekil 3.7).



**Şekil 3.6:** Fibril diseksiyonunda kullanılan tahta spatulalar.



**Şekil 3.7:** Büyüteç altında fibril diseksiyonu yapılması.

Yapılan diseksiyonlar üç boyutlu olarak fotoğraflandı. Fotoğraflamada Sony Cyber-shot DSC-W290 model fotoğraf makinesi kullanıldı. Yapılan kademeli diseksiyonun 3 boyutlu olarak fotoğraflanması anagliflik resim elde etme yöntemine göre yapıldı (119-123). Kullanılan fotoğraf makinesinin 3 boyutlu fotoğraf çekme özelliği olmadığı için, sık kullanılan bir 3 boyutlu fotoğraf çekme yöntemi olan “1/30 kuralı” kullanıldı. Bu yöntemle göre görüntülenecek objenin ilk fotoğrafı alındıktan sonra, objenin objektife uzaklığının 30’da 1’i kadar mesafenin, objektifin horizontal düzlemde kaydırılmasıyla ikinci fotoğraf çekilip, böylece aynı kademenin iki farklı fotoğrafı elde edildi. Elde edilen ikili görüntüler Adobe Photoshop CS6 (Adobe Systems Incorporated, San Jose, CA, USA) isimli program kullanılarak kırmızı-mavi

renk anaglif hale getirildi. Objektif kaydırılırken de fotoğraf makinesi tekerlekli ve açılabilir hareket yapabilen bir sabitleyiciye monte edildi. (Şekil 3.8)



**Şekil 3.8:** Üç boyutlu fotoğraflama tekniği.

### **Lateralden Mediale Doğru Diseksiyon**

Cortex cerebri'nin beyaz cevherden ayrılması esasına dayanan fibril diseksiyonu yönteminde öncelikle beyinlerin facies lateralis'indeki yapılar tespit edildi. Sulcus lateralis, sulcus centralis, lobus frontalis, lobus parietalis, lobus temporalis, lobus occipitalis, gyrus postcentralis (gpoc), gyrus precentralis (gprc), gyrus frontalis superior (gfs), gyrus frontalis medius (gfm), gyrus frontalis inferior (gfi), gyrus temporalis superior (gts), gyrus temporalis medius (gtm), gyrus temporalis inferior (gti), gyrus supramarginalis (gsm) ve gyrus angularis (ga) tanımlandı (Şekil 3.9). Diseksiyona polus temporalis yakınından gts ile gtm arasındaki sulcus temporalis superior'dan başlandı ve geriye doğru ilerletildi. Sulcus lateralis'in arka ucunda gsm'nin arkasından bir yay şeklinde öne, lobus parietalis'e doğru ilerletilen diseksiyon gpoc ve gprc'yi katettikten sonra gfs ile gfm arasındaki sulcus frontalis superior'a doğru uzatıldı. Bu şekilde "C" şeklinde bir alanın gri cevheri diseke edilmiş oldu. Ardından ikinci ve daha geniş bir "C" harfi oluşturacak şekilde diseksiyon bu sefer gtm ile gti arasındaki sulcus temporalis inferior'dan başlayıp geriye doğru uzatıldı. Sulcus lateralis'in arka ucunda gsm'nin de arkasından dolanılarak ilk oluşturulan diseksiyon hattının daha yukarisından gpoc ve gprc geçilerek diseksiyon lobus frontalis'te sulcus frontalis'in biraz daha yukarı kısmına doğru ilerletildi (Şekil 3.10).

Bu seviyede iki tip beyaz cevher lifi görüldü. Komşu gyrusları birbirine bağlayan U lifleri (*fibrae associationis breves*) ve daha uzak kortikal yapıları birbirine bağlayan uzun lifler (*fibrae associationis longae*).

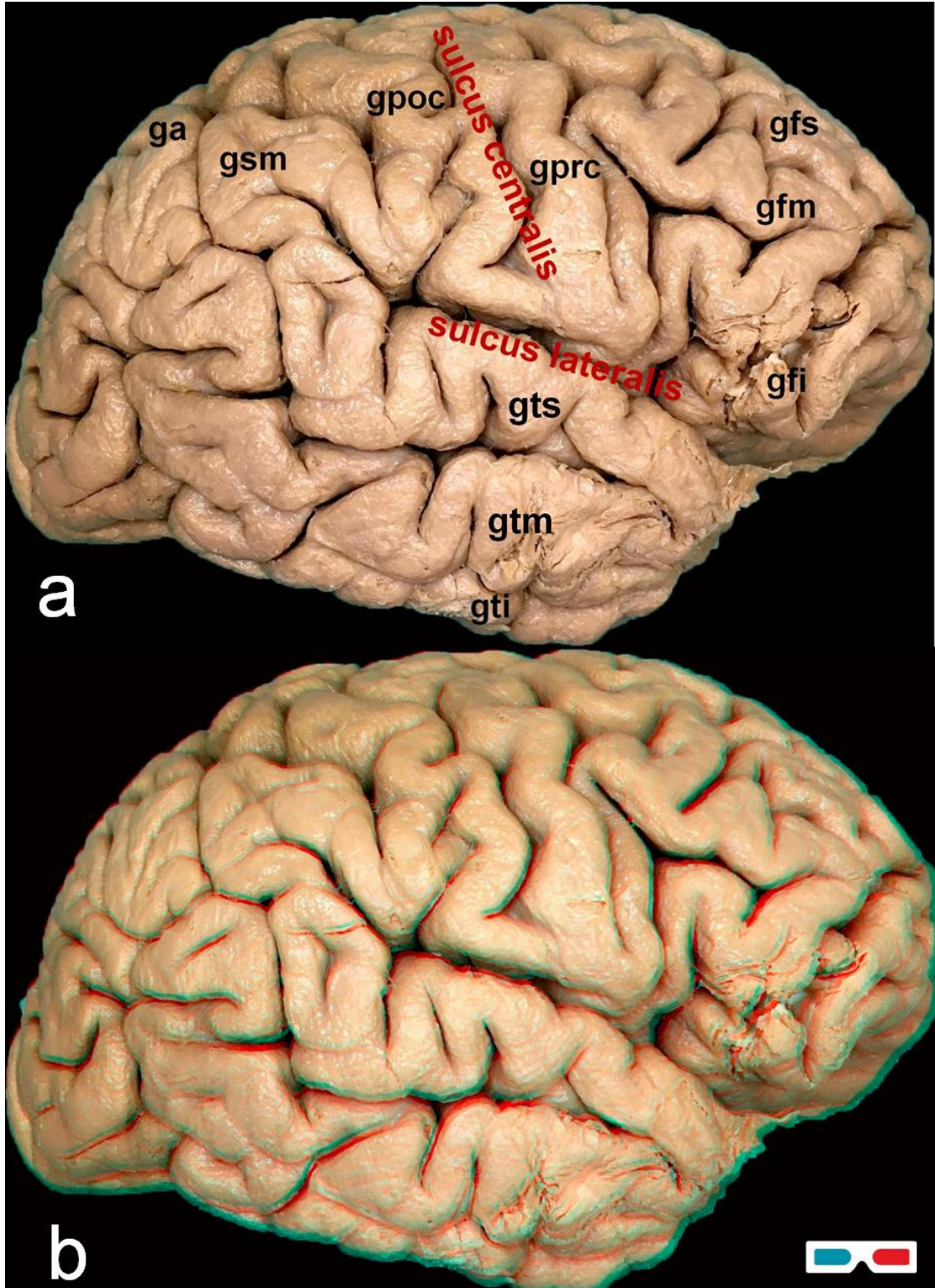
Daha sonra *polus temporalis*'e yakın kısımda diseksiyon hattında tahta spatül yardımıyla diseksiyon iki adet "C" hattının birleştirilmesiyle ortaya *operculum temporale*, *operculum parietale* ve *operculum frontale*'yi genişçe sınırlandıran beyaz cevher tabakası ortaya çıkmış oldu. Bu tabakada *lobus temporalis*ten *lobus frontalis*'e doğru uzanan liflerinin belirgin şekilde görüldüğü *fasciculus arcuatus* (fa) ve *fasciculus longitudinalis superior II* (fls II) belirlendi (Şekil 3.11).

*Fasciculus arcuatus*'un ventral ve dorsal lifleri belirlendikten sonra diseksiyonun daha derin planlara inebilmesi için *lobus insularis*'i örten *operculum temporale*, *operculum parietale* ve *operculum frontale* bistüri vasıtasıyla kaldırıldı. Böylece *lobus insularis* ortaya çıkarılmış oldu (Şekil 3.12).

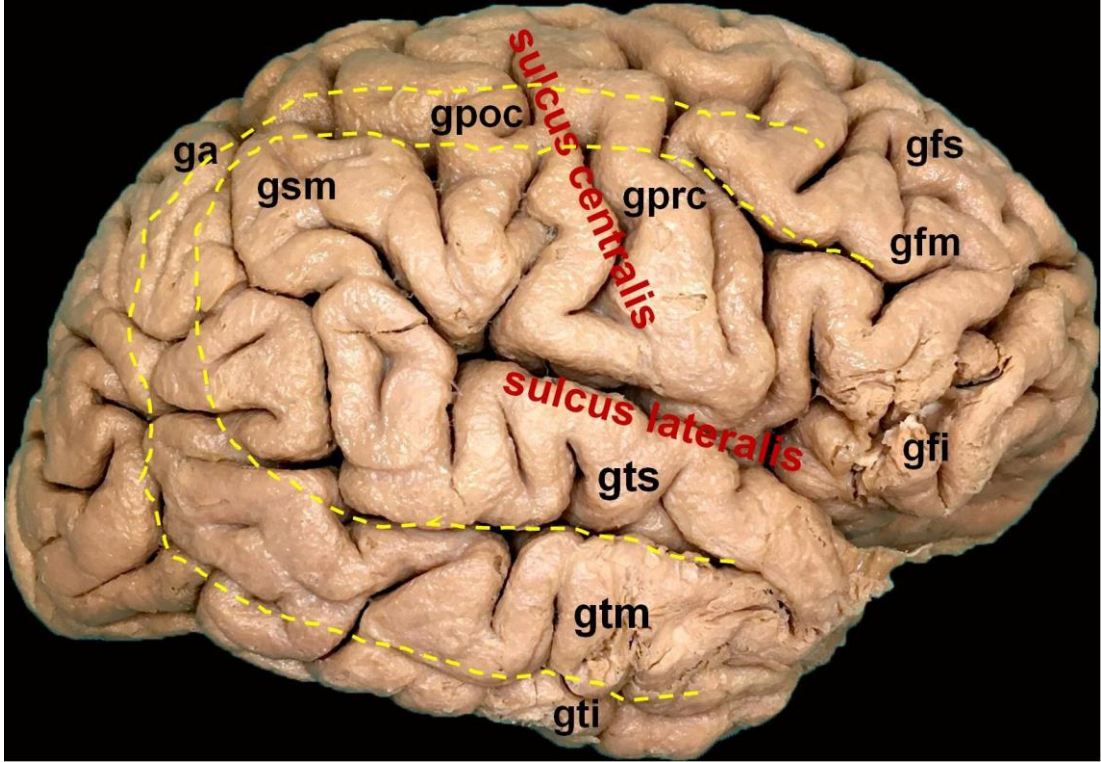
*Lobus insularis*'in gri cevheri tahta spatül yardımıyla dikkatlice diseke edilince *capsula extrema* (cex) gözlemlendi (Şekil 3.13).

*Capsula extrema* derine doğru diseke edildiğinde gri cevher yapısında olan *claustrum* saptandı (Şekil 3.14).

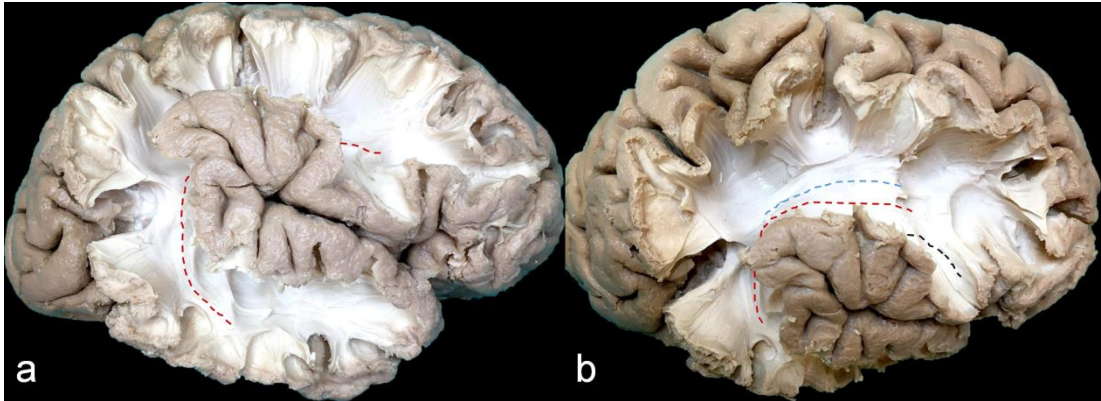
*Clastrum* kaldırıldığında medialinden *capsula externa* (ce) tespit edildi. *Capsula externa* da mediale doğru diseke edildiğinde ise derinde lateralde kalan *putamen* (p) ve medialindeki *globus pallidus* (gp) kısımlarından oluşan *nucleus lentiformis* (nl) görüldü. *Nucleus lentiformis*'in medialinde ise projeksiyon liflerinin uzandığı *capsula interna* (ci) belirlendi. Bu planda ayrıca *lobus frontalis* ile *lobus temporalis* arasında uzanan *fasciculus uncinatus* (fu), *lobus frontalis* ile *lobus occipitalis* arasında uzanım gösteren *fasciculus frontooccipitalis inferior* (ffoi), gti'nin derininde *lobus occipitalis* ile *lobus temporalis* arasında uzanan *fasciculus longitudinalis inferior* (fli) ve gts ile ga arasında uzanan *middle longitudinal fasciculus* (mdlf) gözlemlendi (Şekil 3.15, Şekil 3.16, Şekil 3.17).



**Şekil 3.9:** a- İnsan beyninin lateralden görünümü 1 (sağ hemisfer). Gyrus postcentralis (**gpoc**), gyrus precentralis (**gprc**), gyrus frontalis superior (**gfs**), gyrus frontalis medius (**gfm**), gyrus frontalis inferior (**gfi**), gyrus temporalis superior (**gts**), gyrus temporalis medius (**gtm**), gyrus temporalis inferior (**gti**), gyrus supramarginalis (**gsm**), gyrus angularis (**ga**); b- 3 boyutlu görüntü.

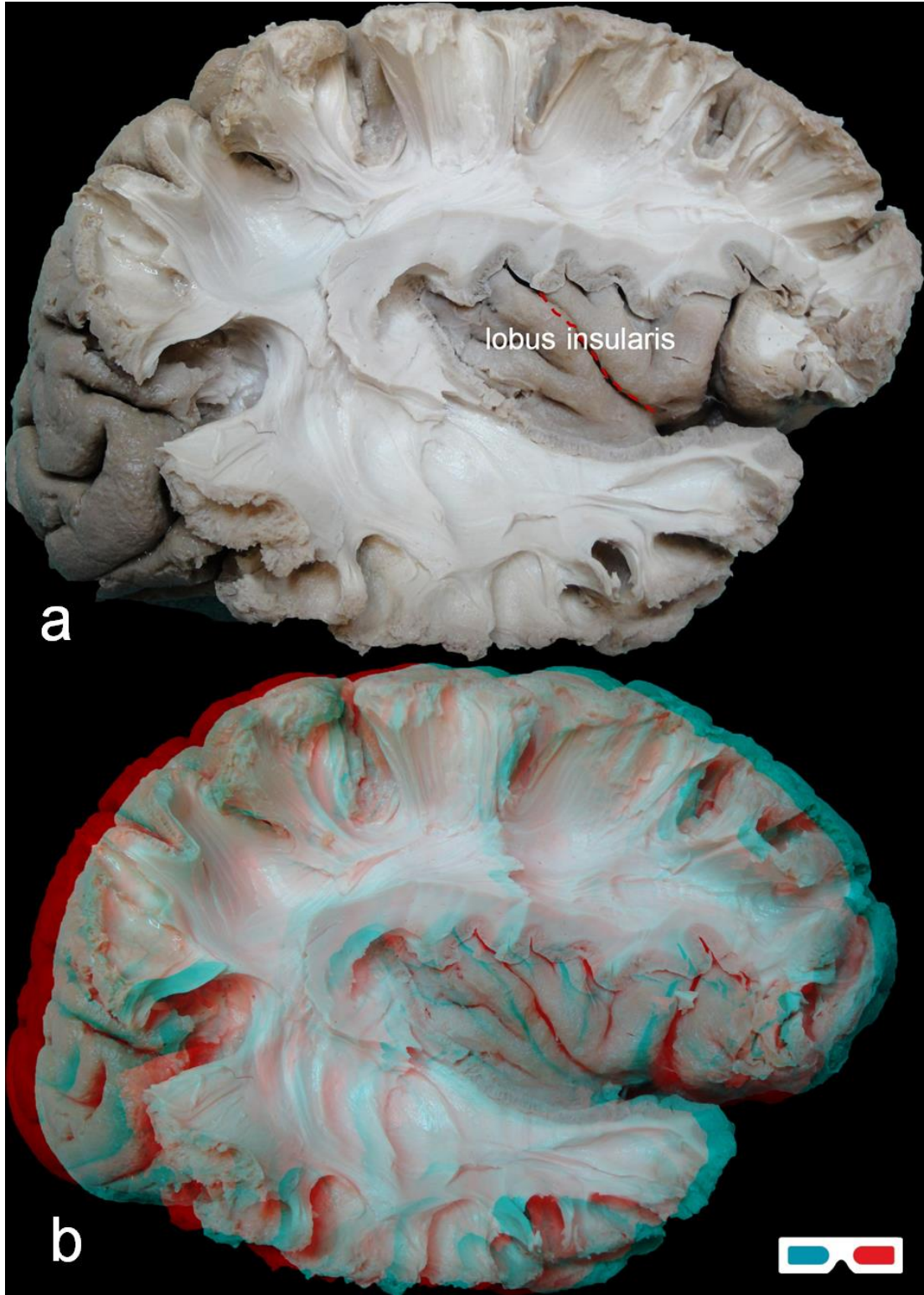


**Şekil 3.10:** İnsan beyninin lateralden görünümü 2 (sağ hemisfer). Gyrus postcentralis (**gpoc**), gyrus precentralis (**gprc**), gyrus frontalis superior (**gfs**), gyrus frontalis medius (**gfm**), gyrus frontalis inferior (**gfi**), gyrus temporalis superior (**gts**), gyrus temporalis medius (**gtm**), gyrus temporalis inferior (**gti**), gyrus supramarginalis (**gsm**), gyrus angularis (**ga**). Sarı kesikli çizgi: diseksiyon hattı.

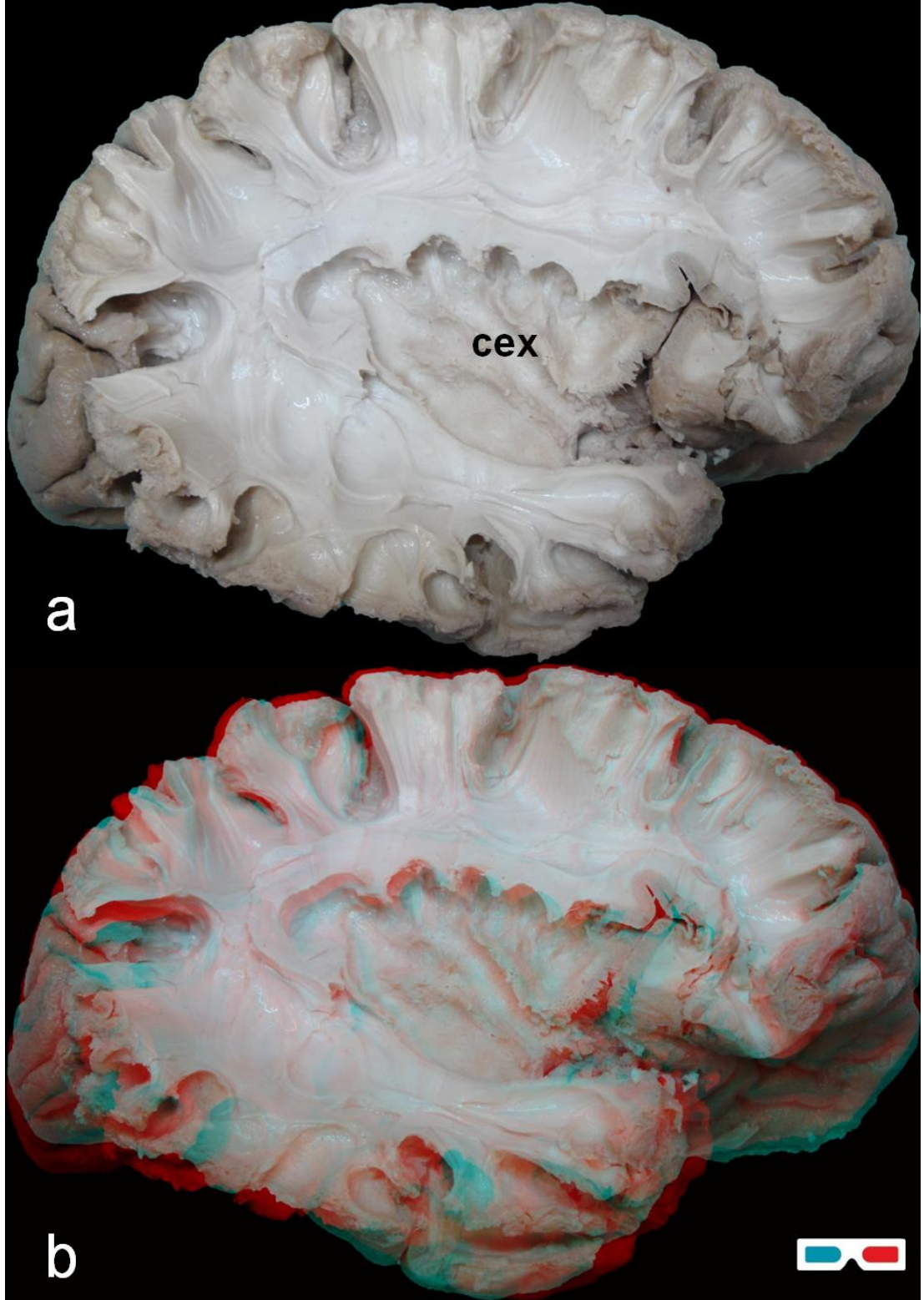


**Şekil 3.11:** İnsan beyninin lateralden görünümü 3 (sağ hemisfer). a- Kırmızı kesikli çizgi: Fasciculus arcuatus (**fa**), b- Kırmızı kesikli çizgi: Fasciculus arcuatus (**fa**), Mavi kesikli çizgi: fasciculus longitudinalis superior II (**fls II**), Siyah kesikli çizgi: fasciculus longitudinalis superior III (**fls III**).

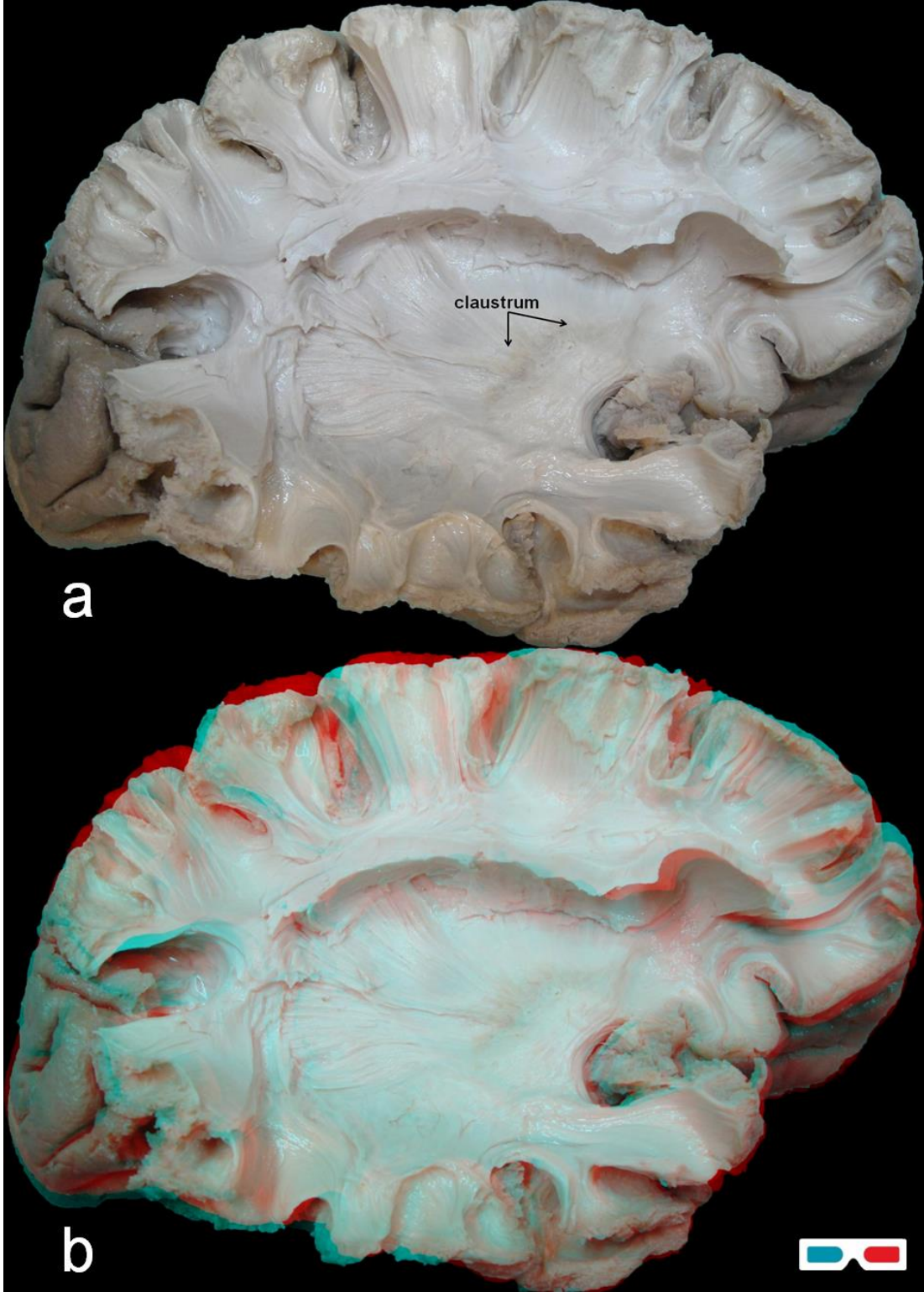




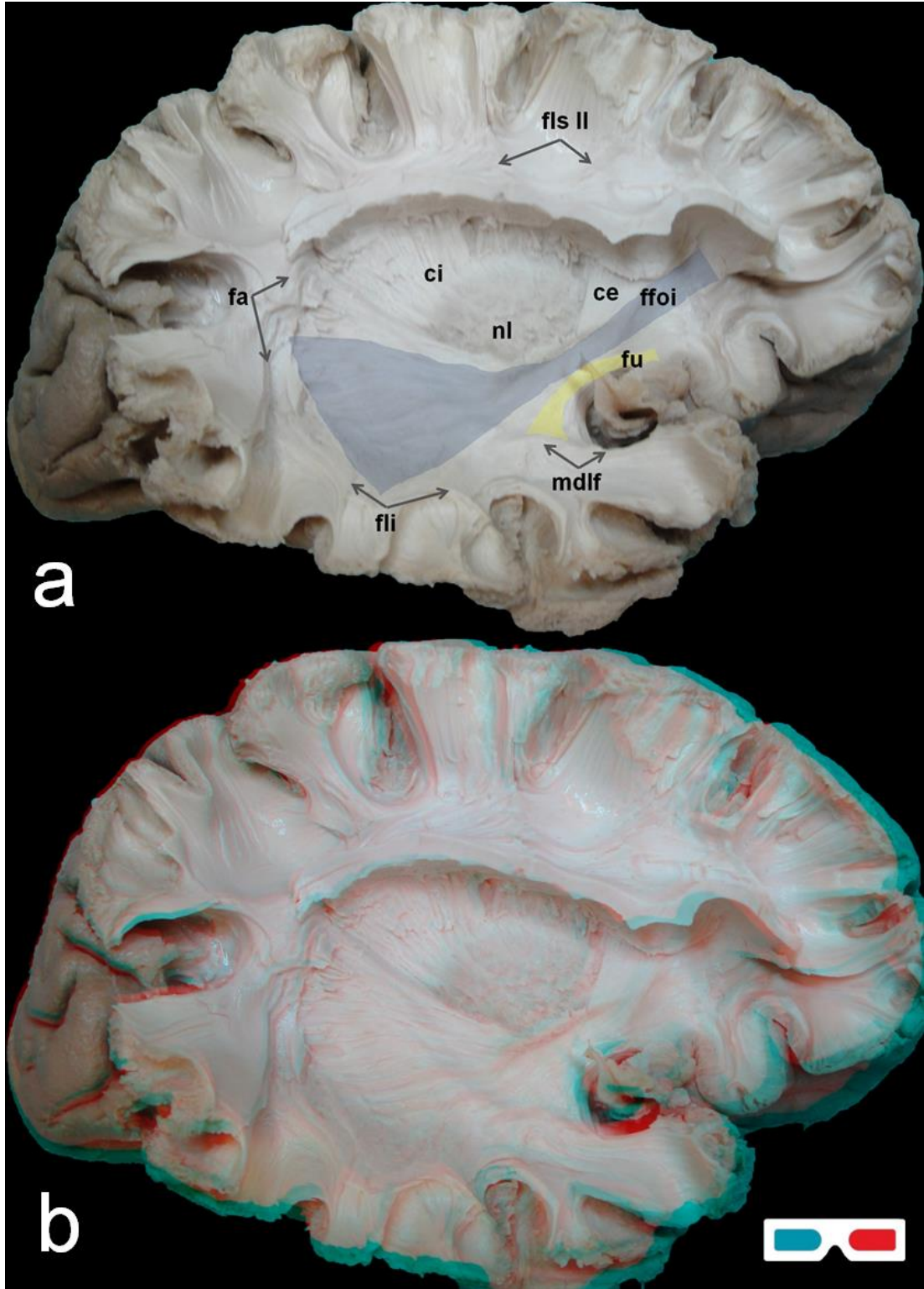
**Şekil 3.12:** **a-** İnsan beyninin lateralden görünümü 4 (sağ hemisfer). Lobus insularis. Kırmızı kesikli çizgi: sulcus centralis insulae; **b-** 3 boyutlu görüntü.



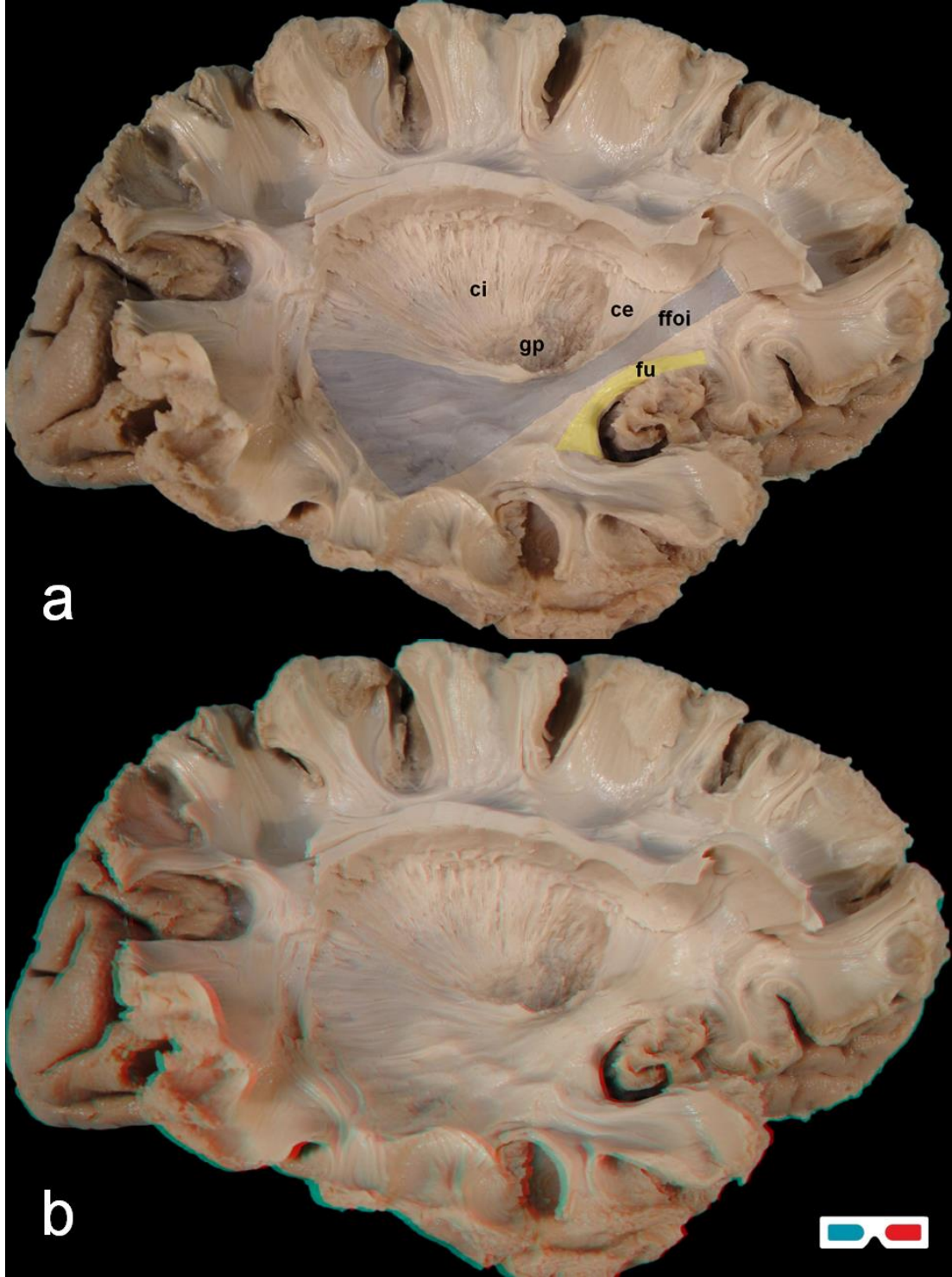
**Şekil 3.13:** a- İnsan beyninin lateralden görünümü 5 (sağ hemisfer). Capsula extrema (cex); b- 3 boyutlu görüntü.



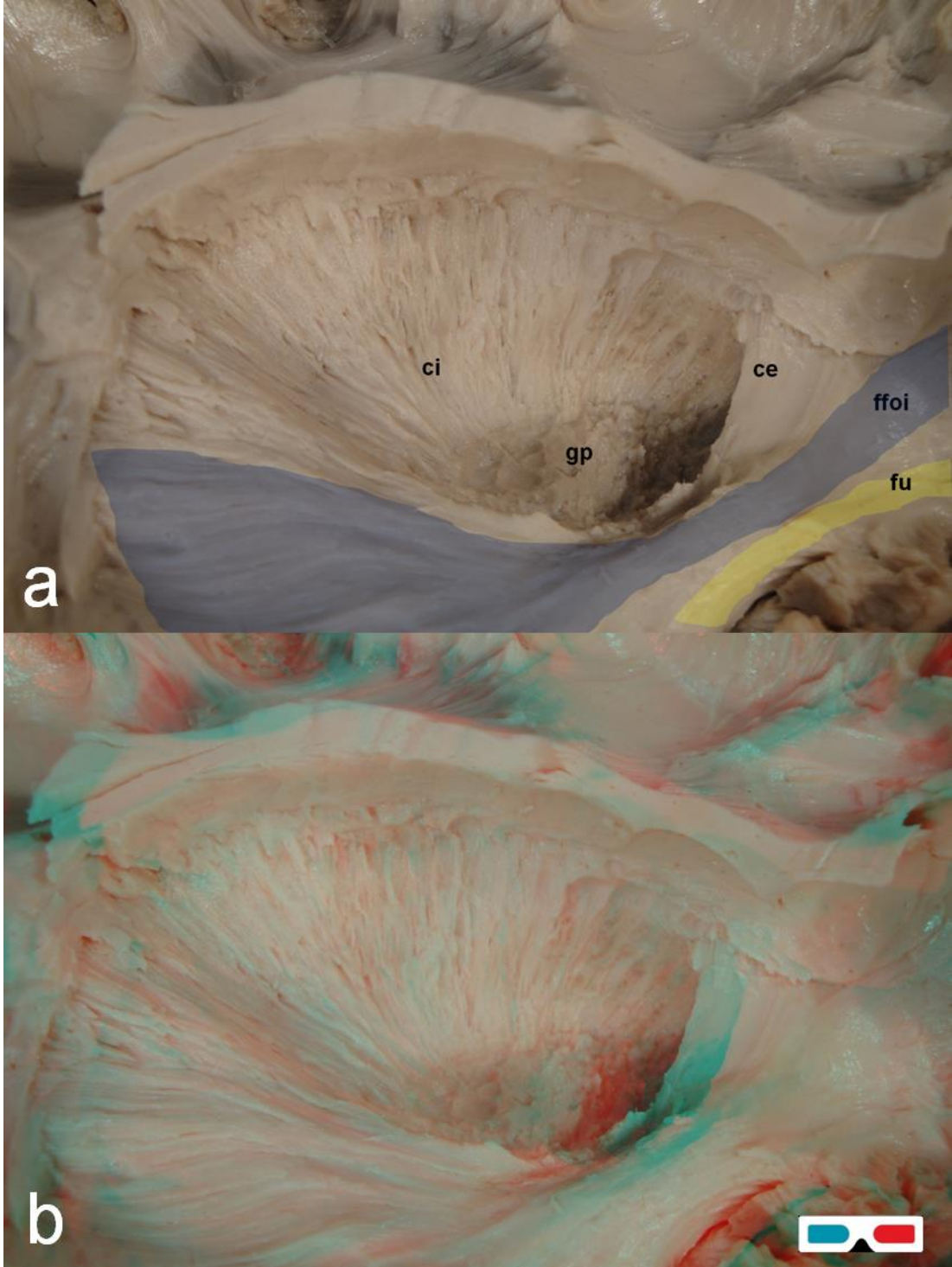
**Şekil 3.14:** a- İnsan beyninin lateralden görünümü 6 (sağ hemisfer). Claustrum; b- 3 boyutlu görüntü.



**Şekil 3.15:** a- İnsan beyninin lateralden görünümü 7 (sağ hemisfer). Capsula externa (ec), nucleus lentiformis (nl), capsula interna (ci), fasciculus longitudinalis superior II (fls II), fasciculus longitudinalis inferior (fli), middle longitudinal fasciculus (mdf), mavi: fasciculus frontooccipitalis inferior (ffoi), sarı: fasciculus uncinatus (fu); b- 3 boyutlu görüntü.



**Şekil 3.16:** **a-** İnsan beyninin lateralden görünümü 8 (sağ hemisfer). Capsula externa (**ce**), globus pallidus (**gp**), capsula interna (**ci**), mavi: fasciculus frontooccipitalis inferior (**ffoi**), sarı: fasciculus uncinatus (**fu**); **b-** 3 boyutlu görüntü.

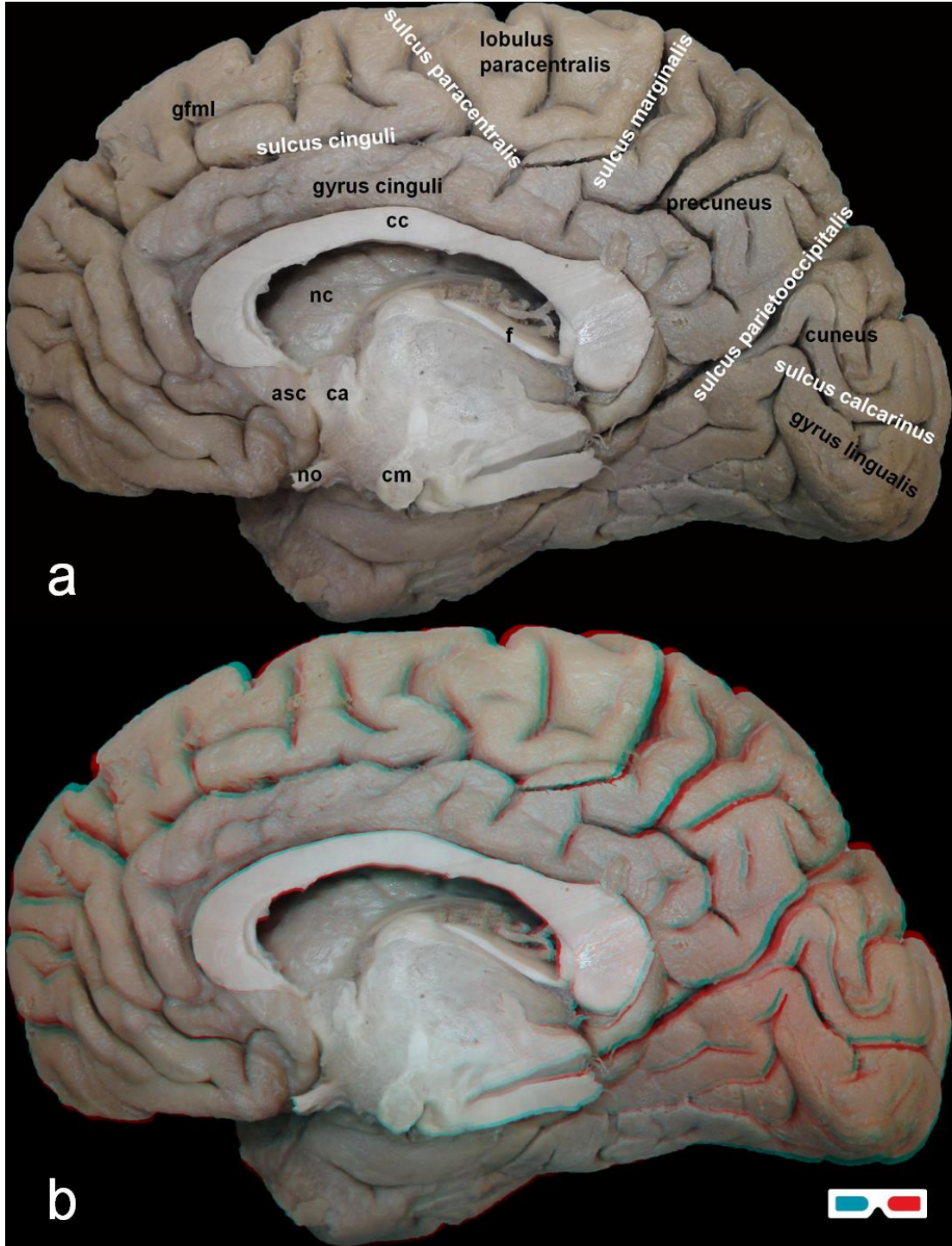


**Şekil 3.17:** **a-** İnsan beyninin lateralden görünümü 9 (sağ hemisfer). Capsula externa (**ce**), globus pallidus (**gp**), capsula interna (**ci**), mavi: fasciculus frontooccipitalis inferior (**ffoi**), sarı: fasciculus uncinatus (**fu**); **b-** 3 boyutlu görüntü.

### **Medialden Laterale Doğru Diseksiyon**

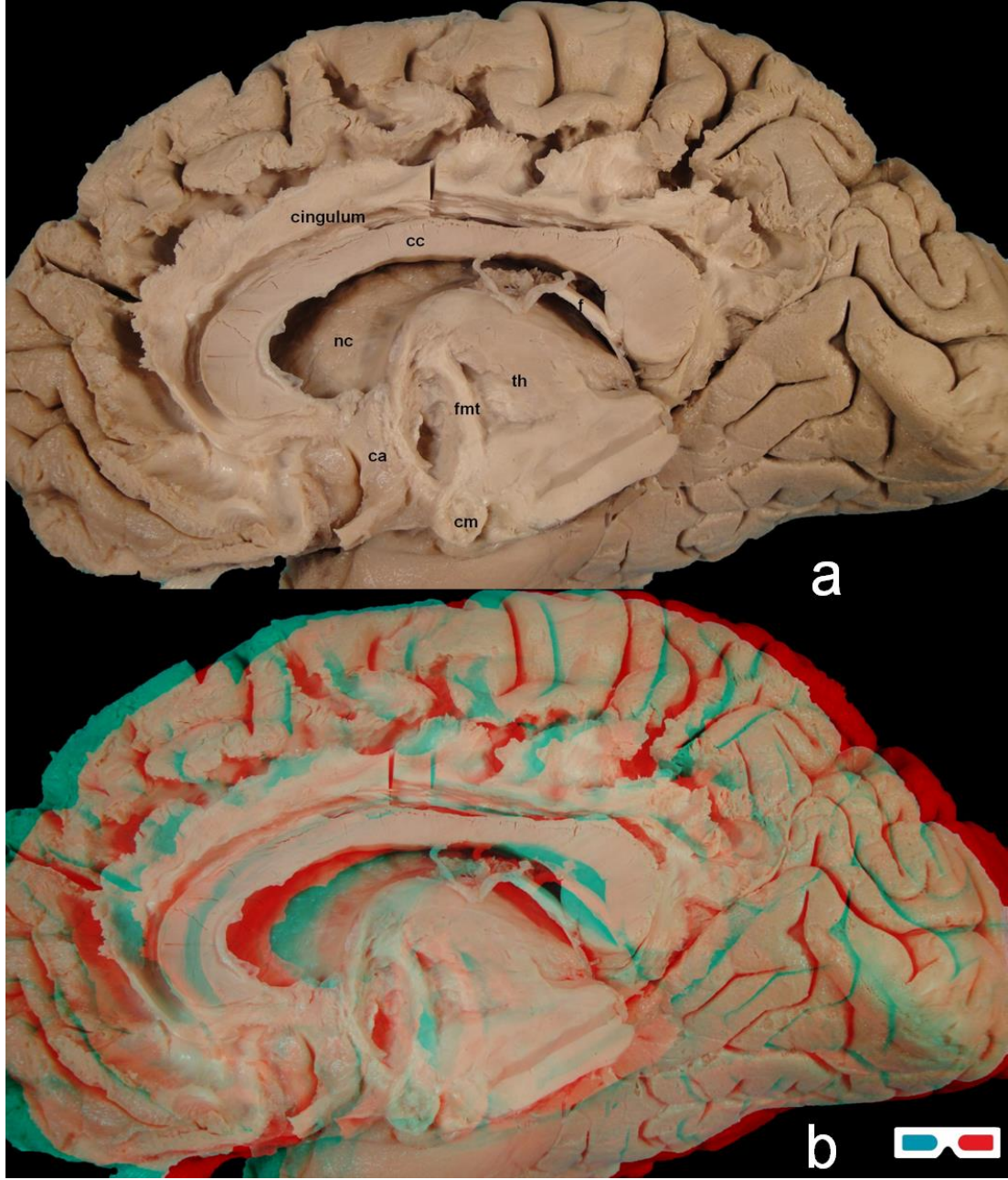
Diseksiyona başlamadan önce beyinlerin medialindeki yapılar tespit edildi. Sulcus centralis, sulcus paracentralis, sulcus parietooccipitalis, sulcus calcarinus, cuneus, lobulus paracentralis (lpc), corpus callosum (cc), gyrus cinguli (gc), gyrus frontalis medialis (gfml), fornix (f), thalamus (th), nucleus caudatus (nc), commissura anterior (ca), corpus mamillare (cm) tanımlandı (Şekil 3.18).

Gyrus cinguli'nin gri cevheri beyaz cevherinden uzaklaştırılarak diseksiyon ilerletildi. Daha sonra gyrus cinguli'nin derininde cingulum gözlemlendi. Cingulum'un gyrus parahippocampalis ile area subcallosa'nın derinine yerleşmiş area septalis arasında uzandığı görüldü. Cingulum kaldırılınca corpus callosum'u oluşturacak liflerin uzanımı ve onların hemen medialinde lobus frontalis ile lobus occipitalis arasında uzanan fasciculus longitudinalis superior I (fls I) gözlemlendi. Corpus mamillare ile thalamus'un nuclei thalamici anteriores'i arasında yerleşim gösteren fasciculus mamillothalamicus (fmt) diseke edildi. Fornix'in commissura anterior'un önünden ve arkasından geçen precommissural ve postcommissural lifleri takip edildi ve corpus mamillare'ye uzanan columna fornicis gözlemlendi. Ventriculus tertius'un tabanına yerleşmiş nucleus caudatus (nc) ve thalamus ile ilişkisi tespit edildi (Şekil 3.19, Şekil 3.20).

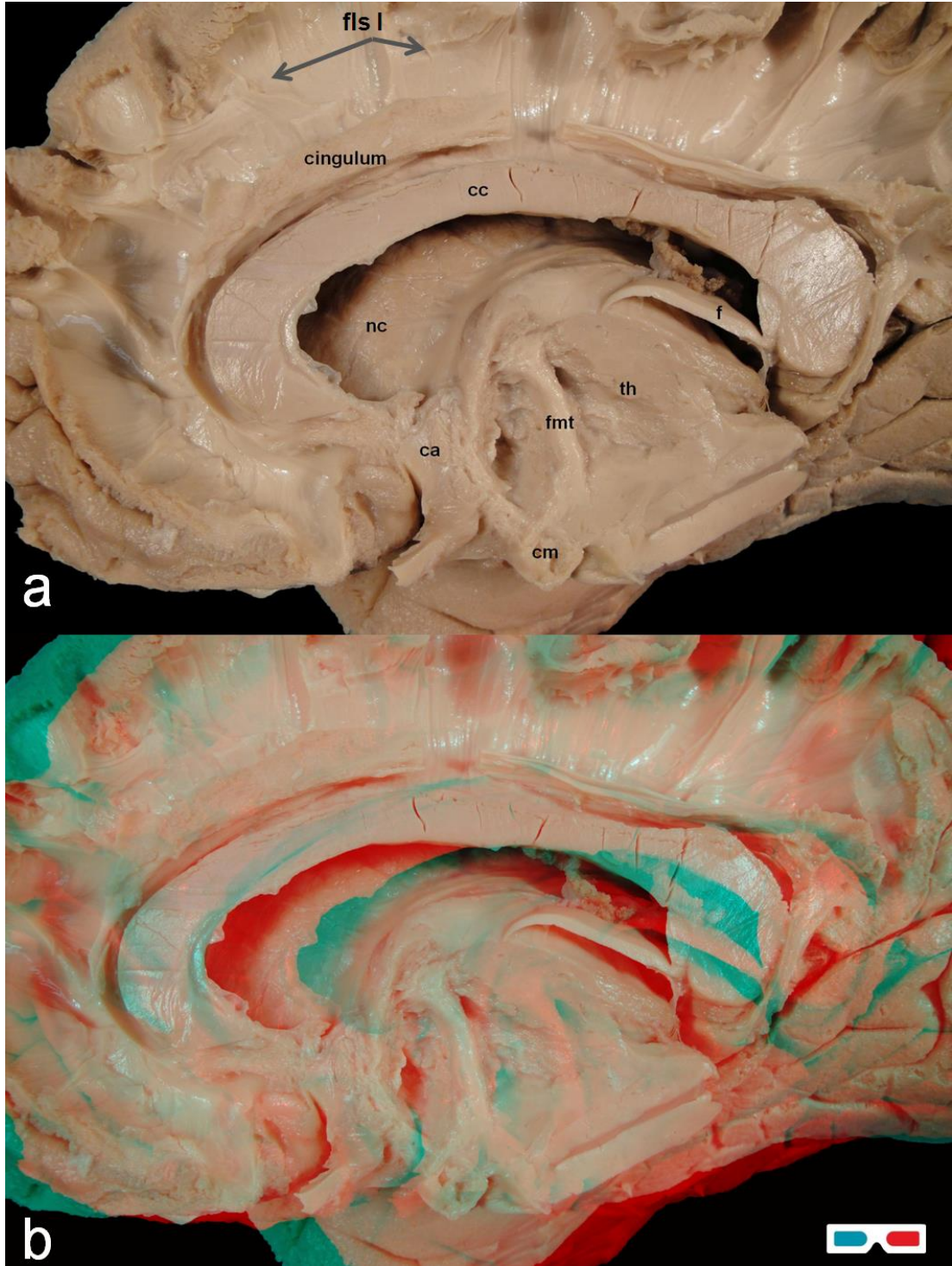


**Şekil 3.18:** a- İnsan beyninin medialden görünümü 1 (sağ hemisfer). Corpus callosum (**cc**), cingulum, fornix (**f**), thalamus (**th**), nucleus caudatus (**nc**), commissura anterior (**ca**), corpus mammillare (**cm**), lobulus paracentralis (**lpc**), gyrus cinguli (**gc**), gyrus frontalis medialis (**gfml**), nervus opticus (**no**), area subcallosa (**asc**); b- 3 boyutlu görüntü.





**Şekil 3.19:** a- İnsan beyninin medialden görünümü 2 (sağ hemisfer). Corpus callosum (**cc**), cingulum, fornix (**f**), thalamus (**th**), nucleus caudatus (**nc**), commissura anterior (**ca**), corpus mammillare (**cm**), fasciculus mammillothalamicus (**fmt**); b- 3 boyutlu görüntü.



**Şekil 3.20:** a- İnsan beyninin medialden görünümü 3 (sağ hemisfer). Corpus callosum (**cc**), cingulum, fornix (**f**), thalamus (**th**), nucleus caudatus (**nc**), commissura anterior (**ca**), corpus mamillo-thalamicum (**cm**), fasciculus mamillothalamicus (**fmt**), fasciculus longitudinalis superior I (**fls I**); b- 3 boyutlu görüntü.

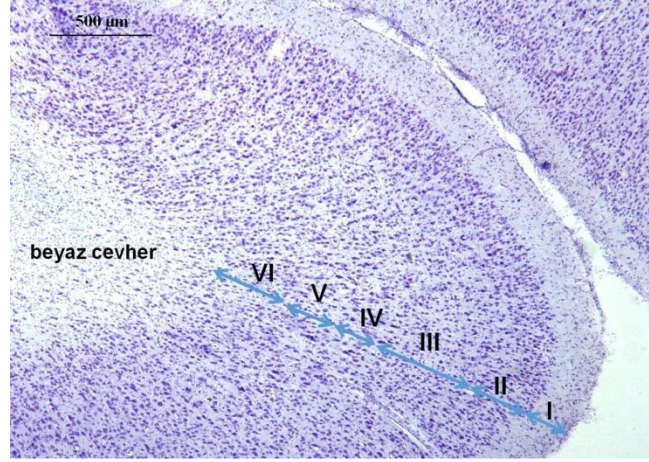
### 3.3.3. Mikroskopik Anatomi

Yapılan diseksiyonlardan alınan örnekler parafin bloklara gömülüp alınan kesitlerin ışık mikroskopu (Nikon, Optiphot) ile mikroskopik anatomileri incelendi. Örnekler beyinlerin kortikal yapısının 6 katmanlı tabakasını gösterebilmek için lobus frontalis'ten, tek başına izole edilmesi daha kolay olduğu için cingulum'dan ve beyaz cevherin bir bütün halinde görülebilmesi için de corona radiata'dan alındı. Örneklerde sinir lifleri ve bu liflerin çevre dokularla ilişkileri değerlendirildi. Bu yöntemin uygulanmasında beyin kesitleri Luxol Fast Blue ve Hematoksilen-Eozin boyama yöntemleriyle boyandı. Luxol Fast Blue ile boyamada önce lam üzerine alınıp deparafinize edilen kesitler %95 etil alkole alındı, daha sonra Luxol Fast Blue solüsyonu ile 60°C de bir gece bekletildi. Ardından boya fazlalığı lamdan %95 alkolle uzaklaştırılıp distile su ile yıkandıktan sonra Lityum karbonat ile 15-20 sn diferansiyasyon işlemi yapıldı. Tekrar distile su ile yıkandıktan sonra Cresyl Violet ile 15 dk zıt boyama uygulandı. %95 alkolden hızlıca geçirildikten sonra Ksilol solüsyonunda 15 dk bekletilen kesitler incelenmeye hazır hale geldi.

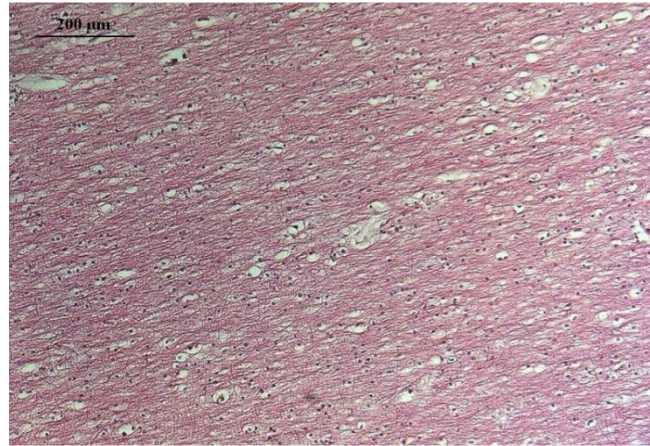
Hematoksilen-Eozin ile boyamada ise aşağıdaki basamaklar izlendi: deparafinizasyondan sonra örnekler %70'lik alkol, %80'lik alkol, %95'lik alkol ve saf alkolden 10'ar dakika süreyle geçirildi. Dokular hematoksilene alınıp 5-6 dakika boyunca tutuldu. Hematoksilenden çıkarılan dokular akan su altında yaklaşık olarak 5-10 dakika boyunca yıkandı, sonrasında yıkanan dokular asit alkole daldırılıp birkaç saniye soluk mavi renk alana kadar tutulup ve ikinci yıkamaya alındı. 5-10 dakika kadar akan suda yıkanan kesitler eozine daldırılıp 3-4 dakika boyunca tutuldu. Dokulardaki fazla eozini uzaklaştırmak için sırasıyla %70, %80, %95 ve saf alkolden geçirildi. İlk 3 alkole dokular daldırılıp çıkarılırken saf alkolde 15-20 dakika tutuldu. Alkolden alınan dokular birkaç dakika dışarıda kurumaya bırakıldı ve 10'ar dakika 3 defa Ksilol solüsyonundan geçirildi. Ksilol solüsyonundaki kesitler yapıştırma Ksilol solüsyonuna alındı. Burada teker teker çıkarılıp sentetik reçine (Entellan) ile yapıştırılıp kurumaya bırakılan preparatlar kurduktan sonra incelenmeye hazır hale geldi.

Gyrus precentralis'den alınan kesitin ışık mikroskopu ile incelenmesinde beklendiği gibi kortekste hücre yoğunluğu medullaya yaklaştıkça miyelinli

aksonların oluşturduğu beyaz cevher görüldü. Korteksin 6'lı hücre katmanlı yapısının ortaya konulabilmesi için lobus frontalis'ten alınan kesitin ışık mikroskobunda incelenmesinde söz konusu 6 katman gözlemlendi (Şekil 3.21).

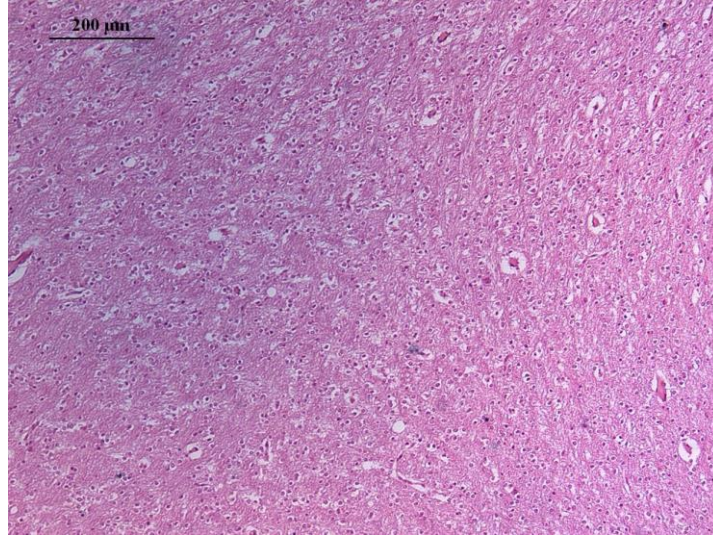


**Şekil 3.21:** 4x büyütme görüntüsü (lobus frontalis). **I-** Lamina molecularis, **II-** Lamina granularis externa, **III-** Lamina pyramidalis externa, **IV-** Lamina granularis interna, **V-** Lamina pyramidalis interna, **VI-** Lamina multiformis. (Luxol Fast Blue).



**Şekil 3.22:** 10x büyütme görüntüsü (cingulum). (Hematoksilen- Eozin).

Beyinlerin cingulum kısımlarından alınan kesitlerde aksonlara ait miyelin kılıflar ve bol miktarda glia hücreleri gözlemlendi. (Şekil 3.22).



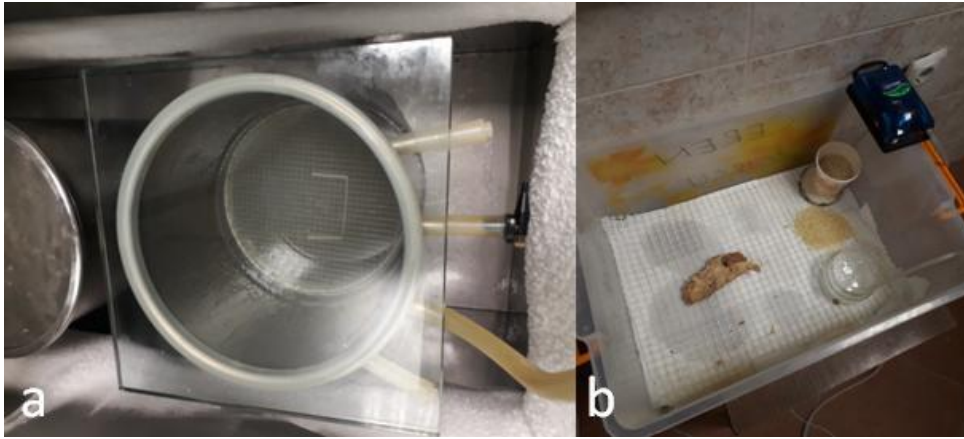
**Şekil 3.23:** 10x büyütme görüntüsü (corona radiata). (Hematoksilen- Eozin).

Corona radiata'lardan alınan örneklerde ise yine bol miktarda miyelin kılıf ve glia hücrelerine rastlandı. (Şekil 3.23).

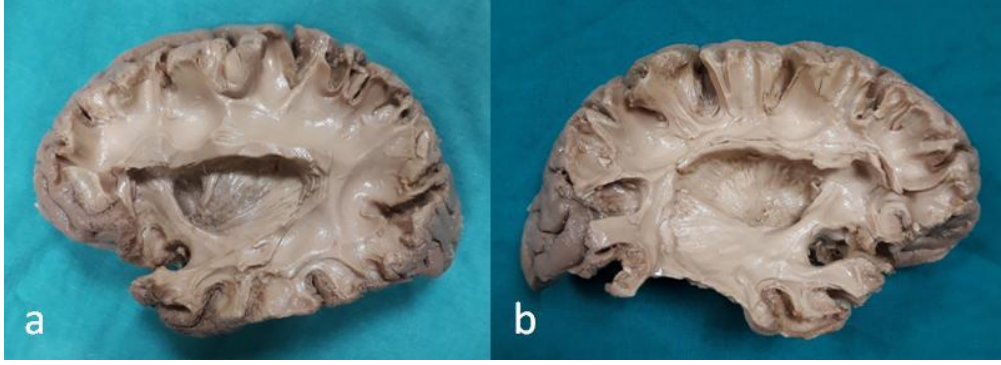
### 3.3.4. Plastinasyon

Plastinasyon için soğuk silikon plastinasyonu tekniği uygulandı. Beyin dokularının diseksiyonları tamamlandıktan sonra örnekler 3 gün çeşme suyu altında yıkandı. Sonrasında dehidrasyon aşamasına geçildi. Dehidrasyon için dokular saf aseton dolu kaba alınarak  $-25^{\circ}\text{C}$ 'deki derin dondurucuya alındı. Sonrasında hergün dokunun içinde bulunduğu asetonun derişimi asetonmetre ile ölçüldü. 4. gün %98 çıkan aseton derişimi 8. gün %95'in altına indi (%94). Dokular tekrar saf asetona alındı. 9. gün ölçülen derişim %97 çıktı. 12. günün sonunda derişim %95'in altına indi (%94). Dokular tekrar asetona alındı. 13. gün aseton derişimi %99 idi. Tekrarlayan ölçülerde %95'in altına inmeyen aseton derişimi sonrası örnekler 16. gün asetondan çıkarıldılar. Beyin dokularında yağdan arındırma (defatting) işlemi yapılmadığı için bu basamak atlanarak zorlu impregnasyon (vakumla gömme) işlemine başlandı.  $-25^{\circ}\text{C}$ 'deki derin dondurucu içerisine yerleştirilmiş silikon dolu vakumlu tanka konulan dokular 1 gün silikonun içerisine gömülmeleri için bekletildiler. Bu işlem sırasında Biodur ® S10 ve Biodur ® S3 isimli silikon polimerleri 100:1 oranında karıştırılarak kullanıldılar. Ertesi gün (17.gün) vakum motoru çalıştırıldı dokunun içerisine difüze olmuş asetonun dokudan çıkışı izlendi.

Motor ilk çalıştırıldığında saniyede 2-3 baloncuk çıkışı normal kabul edildi. Sonraki günlerde de günde birkaç kez vakumun basıncı baloncuk çıkışına göre ayarlanarak bu işlem artık hiç baloncuk çıkmayana kadar sürdürüldü. 24. gün silikon dolu vakumlu tankın üzerine hiç baloncuk çıkmadığı gözlenince dokular tankın zerine alınıp önce derin dondurucuda ardından da oda sıcaklığında 1'er gün bekletildi. Dokuların içerisindeki fazla silikonun süzülmesini sağlayan bu işlemin ardından gaz kütleme (sertleştirme) işlemine geçildi. Kapalı bir kaba sertleştirmeyi sağlayacak S6 isimli kimyasal bir ajan dolu başka bir küçük kap yerleştirildi. Kabın içerisinde bir hava akımı yaratmak için akvaryum motorunun ucuna küçük bir hortum bağlanarak büyük kabın içerisine kondu. Günde 5-6 kez tekrarlanan bu işlemin ardından 41. gün dokular sertleşmiş olarak kaptan çıkarıldı (Şekil 3.24, Şekil 3.25). Bu sertleşme işlemi dokunu içerisinde devam ettiği için çıkarılan dokular bir süre daha plastik bir poşetin içerisinde saklandı.



**Şekil 3.24:** Platinasyon ekipmanları: **a-** Silikon dolu vakumlu tank, **b-** Kurutma kabı.



**Şekil 3.25:** Plastine beyin örnekleri: **a-** Sol hemisfer, **b-** Sağ hemisfer.

### 3.4. İstatiksel Analiz

Çalışmada elde edilen veriler SPSS 22 programı ile istatistiksel olarak değerlendirildi. Öğrencilerin test sonuçlarının dağılımının normal olup olmadığının değerlendirilmesi için “Kolmogrov-Smirnov ve Shapiro-Wilk normallik testleri” uygulandı. İki grup arası farklar karşılaştırılırken verilerin normal dağılım göstermemesi sebebiyle parametrik olmayan istatistiksel testler kullanıldı. Bağımlı değişken durumunda Wilcoxon Testi, bağımsız değişkenler arasındaki karşılaştırmalarda ise Mann-Whitney U Testi kullanıldı. Tüm istatistiksel analizlerde p değeri  $< 0,05$  olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

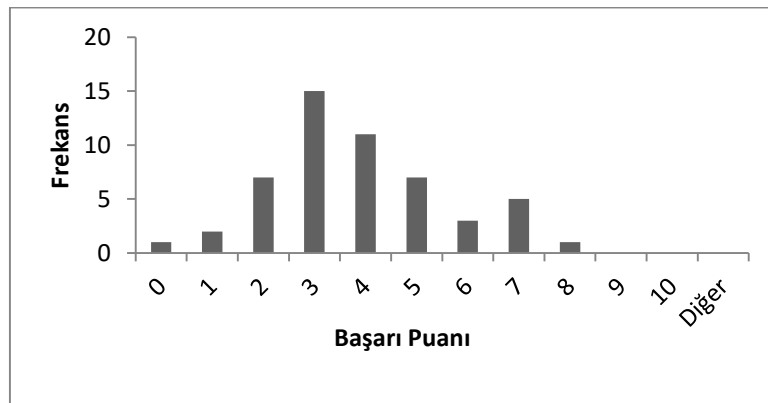
#### 4. BULGULAR

Sonuçlara göre Grup 1'deki katılımcıların teorik ders sonrası yapılan testteki başarı puanı ortalamaları  $3,87 \pm 1,75$  idi. Aynı gruba standart laboratuvar pratik eğitimi verildikten sonra ise başarı puanı ortalamaları  $5,38 \pm 1,74$ 'e yükseldi. Grup 2'deki katılımcıların teorik ders sonrası yapılan testte başarı puanı ortalamaları  $3,69 \pm 1,91$  olarak ölçüldü. Aynı gruba yeni laboratuvar modeliyle verilen pratik eğitimden sonra ise başarı puanı ortalamaları  $6,23 \pm 1,75$ 'e yükseldi (Tablo 4.1).

**Tablo 4.1:** Grupların başarı puanları tablosu.

	N	Min.	Maks.	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	%95 güven aralığı	
							Alt sınır	Üst sınır
Grup 1 ön test	52	0	8	3,87	,243	1,750	3,38	4,35
Grup 1 son test	52	2	10	5,38	,241	1,740	4,90	5,87
Grup 2 ön test	52	0	8	3,69	,266	1,915	3,16	4,23
Grup 2 son test	52	3	10	6,23	,243	1,755	5,74	6,72
Toplam	208	0	10	4,84	,1424	2,054	4,56	5,12

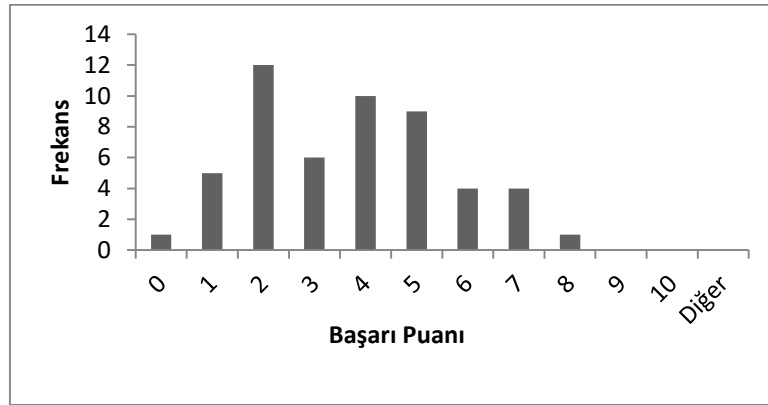
Grup 1'in ön test sonuçlarının dağılımını incelendiğinde, 1 katılımcının 0 puan, 2 katılımcının 1 puan, 7 katılımcının 2 puan, 15 katılımcının 3 puan, 11 katılımcının 4 puan, 7 katılımcının 5 puan, 3 katılımcının 6 puan, 5 katılımcının 7 puan ve 1 katılımcının 8 puan aldığı saptandı. 9 ve 10 puan alan katılımcı yoktu (Şekil 4.1).



**Şekil 4.1:** Grup 1 ön test dağılımı.

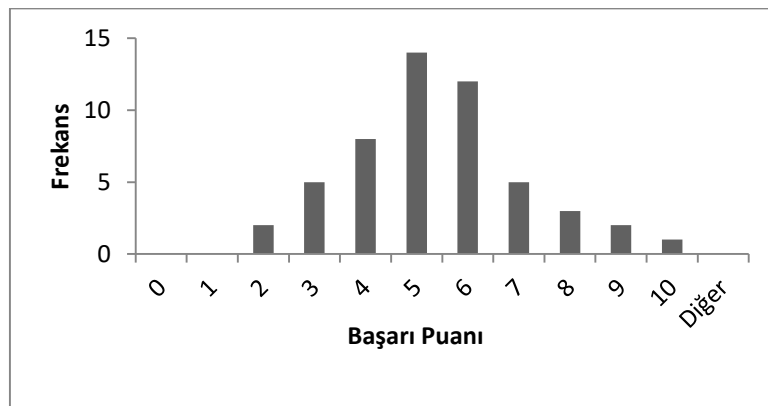


Grup 2'nin ön test sonuçlarının dağılımını incelendiğinde, 1 katılımcının 0 puan, 5 katılımcının 1 puan, 12 katılımcının 2 puan, 6 katılımcının 3 puan, 10 katılımcının 4 puan, 9 katılımcının 5 puan, 4 katılımcının 6 puan, 4 katılımcının 7 puan ve 1 katılımcının 8 puan aldığını saptandı. 9 ve 10 puan alan katılımcı yoktu (Şekil 4.2).



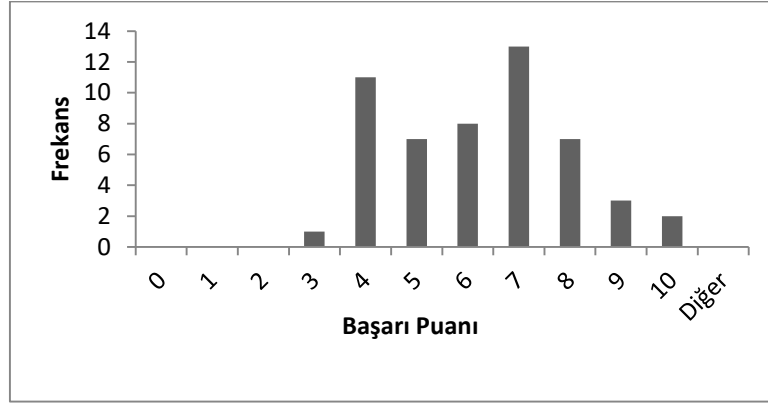
Şekil 4.2: Grup 2 ön test dağılımı.

Grup 1'nin son test sonuçlarının dağılımını incelendiğinde, 2 katılımcının 2 puan, 5 katılımcının 3 puan, 8 katılımcının 4 puan, 14 katılımcının 5 puan, 12 katılımcının 6 puan, 5 katılımcının 7 puan, 3 katılımcının 8 puan, 2 katılımcının 9 puan ve 1 katılımcının 10 puan aldığını saptandı. 0 ve 1 puan alan katılımcı yoktu (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: Grup 1 son test dağılımı.

Grup 2'nin son test sonuçlarının dağılımını incelendiğinde, 1 katılımcının 3 puan, 11 katılımcının 4 puan, 7 katılımcının 5 puan, 8 katılımcının 6 puan, 13 katılımcının 7 puan, 7 katılımcının 8 puan, 3 katılımcının 9 puan ve 2 katılımcının 10 puan aldığını saptandı. 0,1 ve 2 puan alan katılımcı yoktu (Şekil 4.4).



**Şekil 4.4:** Grup 2 son test dağılımı.

Bu sonuçlardan sonra grupların birbirleriyle istatistiksel olarak karşılaştırılmaları sonucunda; Grup 1 ile Grup 2'nin ön test başarıları birbirine oldukça yakın çıkmıştır ( $p>0,05$ ) (Tablo 4.2).

**Tablo 4.2:** Grup 1 ve Grup 2'nin ön test başarı puanlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

	N	Min.	Maks.	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	p	z
Grup 1 ön test	52	0	8	3,87	,243	1,749		
Grup 2 ön test	52	0	8	3,69	,266	1,915	0,623*	-0,491
Toplam	208							

\*:  $P>0,05$

Grup 1'deki öğrencilerin standart laboratuvar pratik eğitiminden sonra başarıları anlamlı olarak artmıştır ( $p<0,05$ ) (Tablo 4.3).

**Tablo 4.3:** Grup 1'in ön test ve son test başarı puanlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

	N	Min.	Maks.	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	p	z
Grup 1 ön test	52	0	8	3,87	,243	1,749		
Grup 1 son test	52	2	10	5,38	,241	1,739	0,000**	-5,956
Toplam	208							

\*\* :  $P < 0,05$

Grup 2'deki öğrencilerin yeni laboratuvar modeliyle yapılan pratik eğitimden sonra başarıları anlamlı olarak artmıştır ( $p < 0,05$ ) (Tablo 4.4).

**Tablo 4.4:** Grup 2'nin ön test ve son test başarı puanlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

	N	Min.	Maks.	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	p	z
Grup 2 ön test	52	0	8	3,69	,266	1,915		
Grup 2 son test	52	3	10	6,23	,243	1,756	0,000**	-6,164
Toplam	208							

\*\* :  $P < 0,05$

Grup 2'deki öğrencilerin yeni laboratuvar modeliyle yapılan pratik eğitimden sonraki başarıları da, Grup 1'deki öğrencilerin standart laboratuvar pratik eğitiminden sonraki başarılarına göre anlamlı olarak artmıştır ( $p < 0,05$ ) (Tablo 4.5).

**Tablo 4.5:** Grup 1 ve Grup 2'nin son test başarı puanlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi.

	N	Min.	Maks.	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata	p	z
Grup 1 son test	52	2	10	5,38	,241	1,739		
Grup 2 son test	52	3	10	6,23	,243	1,756	0,018**	-2,364
Toplam	208							

\*\* :  $P < 0,05$

Ayrıca katılımcıların ön test ve son testlerdeki başarı puanları her bir katılımcı için ayrı ayrı karşılaştırıldığında Grup 1'deki katılımcıların 49'unun başarı puanının arttığı, 2'sinin başarı puanının değişmediği ve 1'inin başarı puanının azaldığı saptanırken, Grup 2'deki katılımcıların 45'inin başarı puanının arttığı, 7'sinin başarı puanının değişmediği, başarı puanı azalan katılımcının ise olmadığı saptanmıştır (Tablo 4.6, Tablo 4.7).

**Tablo 4.6:** Grup 1'deki öğrencilerin ön test ve son test başarı durumlarının değerlendirilmesi.

		N	Ortalama Sıra	Toplam Sıra
Grup1sontest – Grup1öntest	Negatif Sıralar	0 <sup>a</sup>	0,00	0,00
	Pozitif Sıralar	45 <sup>b</sup>	23,00	1035,00
	Eşit	7 <sup>c</sup>		
	Toplam	52		

- a. Grup 1 sontest < Grup 1 öntest  
b. Grup 1 sontest > Grup 1 öntest  
c. Grup 1 sontest = Grup 1 öntest

**Tablo 4.7:** Grup 2'deki öğrencilerin ön test ve son test başarı durumlarının değerlendirilmesi.

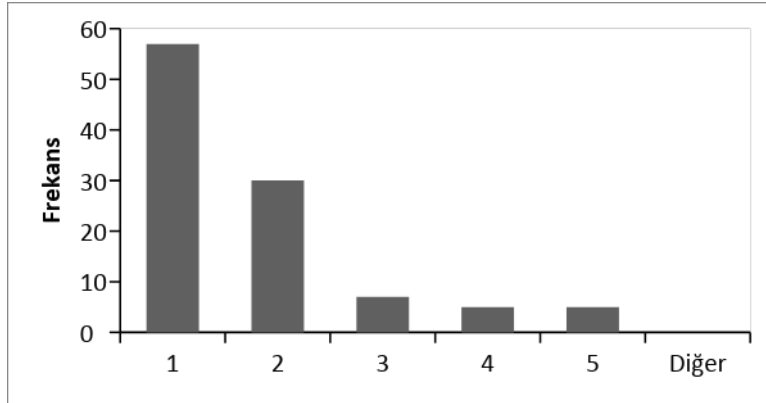
		N	Ortalama Sıra	Toplam Sıra
Grup2sontest – Grup2öntest	Negatif Sıralar	1 <sup>a</sup>	6,00	6,00
	Pozitif Sıralar	49 <sup>b</sup>	25,90	1269,00
	Eşit	2 <sup>c</sup>		
	Toplam	52		

- a. Grup 2 sontest < Grup 2 öntest  
b. Grup 2 sontest > Grup 2 öntest  
c. Grup 2 sontest = Grup 2 öntest

Katılımcılara uygulanan testlerden sonra yapılan uygulamalarla ve mevcutta kullanılan eğitim modeliyle ilgili görüşlerinin alındığı bir 5'li Likert tipi ölçeklemeli anket uygulandı (EK-4). Verilen 11 ifadeyi “Kesinlikle katılmıyorum (1), Katılmıyorum (2), Kararsızım (3), Katılıyorum (4), Kesinlikle katılıyorum (5)” şıklarından birini işaretleyerek cevaplandırmaları istenen katılımcılara ayrıca eğitim modelinde en çok yararlandıkları kısmı belirtmeleri istenen bir soru ve son olarak da görüş ve önerileri soruldu.

Anketteki 11 sorunun verilen cevaplara göre dağılımı aşağıdaki gibidir;

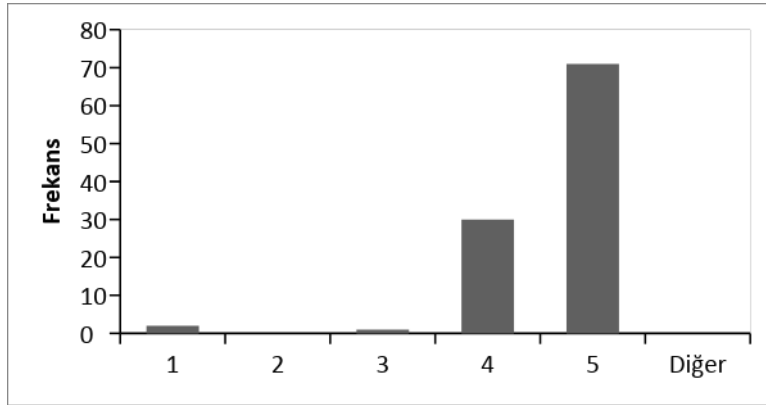
Soru 1: Derslerin teorik olarak anlatılması yeterlidir.



**Şekil 4.5:** Soru 1'e verilen cevapların dağılımı. 1- Kesinlikle katılmıyorum, 2- Katılmıyorum, 3- Kararsızım, 4- Katılıyorum, 5- Kesinlikle katılıyorum.

Katılımcıların 57'si (%54,8) "Kesinlikle katılmıyorum" derken, 30'u (%28,8) "Katılmıyorum", 7'si (%6) "Kararsızım", 5'i (%4,8) "Katılıyorum", 5'i ise (%4,8) "Kesinlikle katılıyorum" seçeneklerini işaretlemiştir.

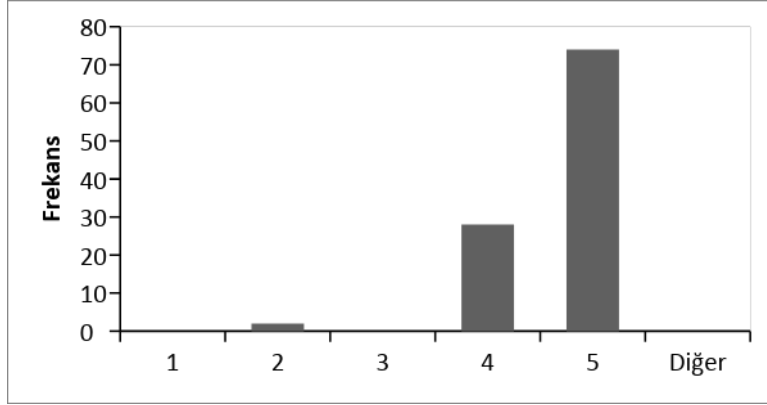
Soru 2: Derslerin hem teorik hem pratik olarak anlatılması yeterlidir.



**Şekil 4.6:** Soru 2'ye verilen cevapların dağılımı. 1- Kesinlikle katılmıyorum, 2- Katılmıyorum, 3- Kararsızım, 4- Katılıyorum, 5- Kesinlikle katılıyorum.

Katılımcıların 2'si (%1,9) "Kesinlikle katılmıyorum" derken, 1'i (%0,9) "Kararsızım", 30'u (%28,8) "Katılıyorum" ve 71'i (%64,3) "Kesinlikle katılıyorum" seçeneklerini işaretlemiş, "Katılmıyorum" seçeneğini ise işaretleyen olmamıştır.

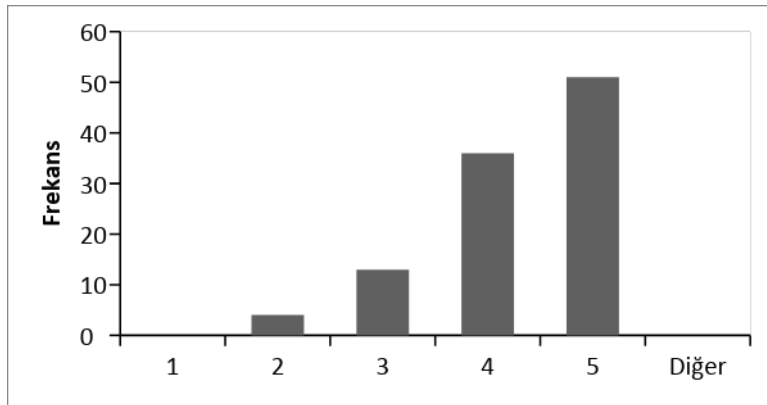
Soru 3: Derslerin pratik olarak anlatılmasında değişik yöntemlerin uygulanması gerekmektedir.



**Şekil 4.7:** Soru 3'e verilen cevapların dağılımı. 1- Kesinlikle katılmıyorum, 2- Katılmıyorum, 3- Kararsızım, 4- Katılıyorum, 5- Kesinlikle katılıyorum.

Katılımcıların 2'si (%1,9) "Katılmıyorum" derken, 28'i (%26,9) "Katılıyorum" ve 74'ü (%71,2) "Kesinlikle katılıyorum" seçeneklerini işaretlemiş, "Kesinlikle katılmıyorum" ve "Kararsızım" seçeneklerini ise işaretleyen olmamıştır.

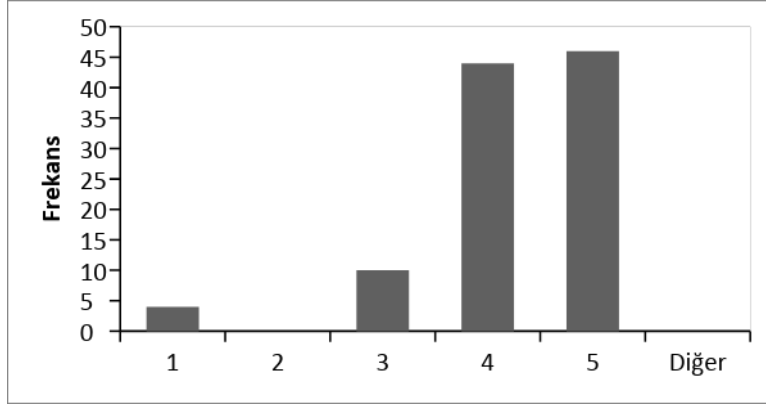
Soru 4: 3 boyutlu gözlükle yapılan eğitimden yararlandım.



**Şekil 4.8:** Soru 4'e verilen cevapların dağılımı. 1- Kesinlikle katılmıyorum, 2- Katılmıyorum, 3- Kararsızım, 4- Katılıyorum, 5- Kesinlikle katılıyorum.

Katılımcıların 4'ü (%3,8) "Katılmıyorum" derken, 13'ü (%12,5) "Kararsızım", 36'sı (%34,6) "Katılıyorum" ve 51'i (%49,1) "Kesinlikle katılıyorum" seçeneklerini işaretlemiş, "Kesinlikle katılmıyorum" seçeneğini ise işaretleyen olmamıştır.

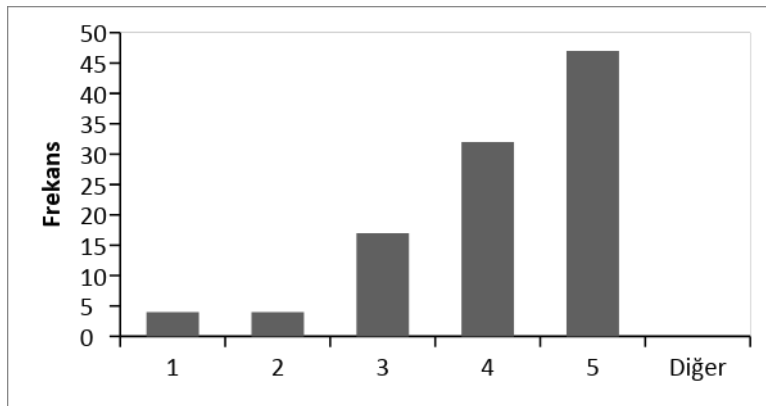
Soru 5: Bilgisayar ile yapılan eğitimden yararlandım.



**Şekil 4.9:** Soru 5'e verilen cevapların dağılımı. 1- Kesinlikle katılmıyorum, 2- Katılmıyorum, 3- Kararsızım, 4- Katılıyorum, 5- Kesinlikle katılıyorum.

Katılımcıların 4'ü (%3,8) “Kesinlikle katılmıyorum” derken, 10'u (%9,6) “Kararsızım”, 44'ü (%42,3) “Katılıyorum” ve 46'sı (%44,2) “Kesinlikle katılıyorum” seçeneklerini işaretlemiş, “Katılmıyorum” seçeneğini ise işaretleyen olmamıştır.

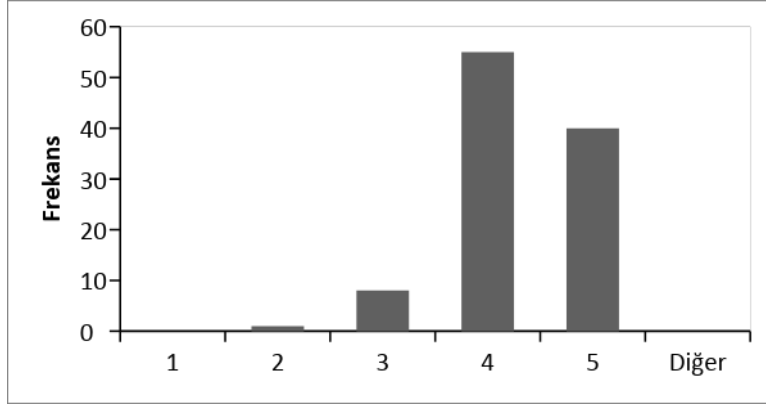
Soru 6: Plastine edilmiş örneklerle olan eğitimden yararlandım.



**Şekil 4.10:** Soru 6'ya verilen cevapların dağılımı. 1- Kesinlikle katılmıyorum, 2- Katılmıyorum, 3- Kararsızım, 4- Katılıyorum, 5- Kesinlikle katılıyorum.

Katılımcıların 4'ü (%3,8) “Kesinlikle katılmıyorum” derken, 4'ü (%3,8) “Katılmıyorum”, 17'si (%16,3) “Kararsızım”, 32'si (%30,7) “Katılıyorum”, 47'si (%45,2) ise “Kesinlikle katılıyorum” seçeneklerini işaretlemiştir.

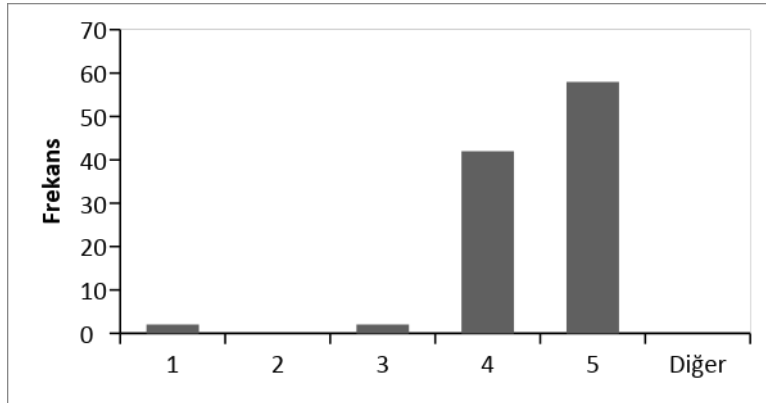
Soru 7: Mikroskopik kesitlerle yapılan eğitimden yararlandım.



**Şekil 4.11:** Soru 7’ye verilen cevapların dağılımı. 1- Kesinlikle katılmıyorum, 2- Katılmıyorum, 3- Kararsızım, 4- Katılıyorum, 5- Kesinlikle katılıyorum.

Katılımcıların 1’i (%0,9) “Katılmıyorum” derken, 8’i (%7,7) “Kararsızım”, 55’i (%52,9) “Katılıyorum” ve 40’ı (%38,5) “Kesinlikle katılıyorum” seçeneklerini işaretlemiş, “Kesinlikle katılmıyorum” seçeneğini ise işaretleyen olmamıştır.

Soru 8: Bu eğitim yöntemi öğrenme motivasyonumu artırdı.

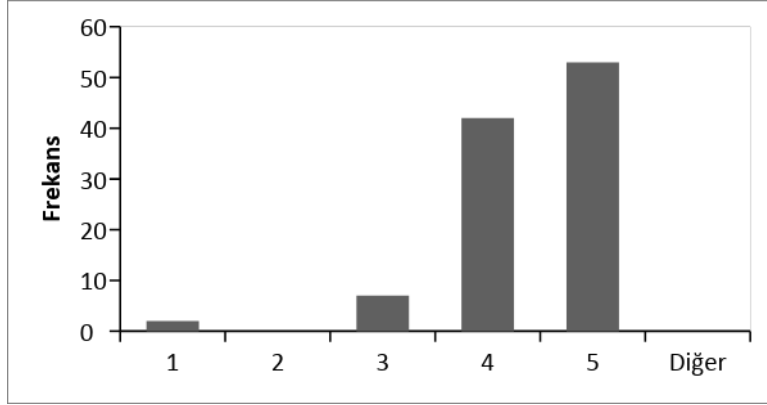


**Şekil 4.12:** Soru 8’e verilen cevapların dağılımı. 1- Kesinlikle katılmıyorum, 2- Katılmıyorum, 3- Kararsızım, 4- Katılıyorum, 5- Kesinlikle katılıyorum.

Katılımcıların 2’si (%1,9) “Kesinlikle katılmıyorum” derken, 2’si (%1,9) “Kararsızım”, 42’si (%40,4) “Katılıyorum” ve 58’i (%55,8) “Kesinlikle katılıyorum” seçeneklerini işaretlemiş, “Katılmıyorum” seçeneğini ise işaretleyen olmamıştır.

Soru 9: Traktografi görüntüleri ile yapılan eğitimden yararlandım.

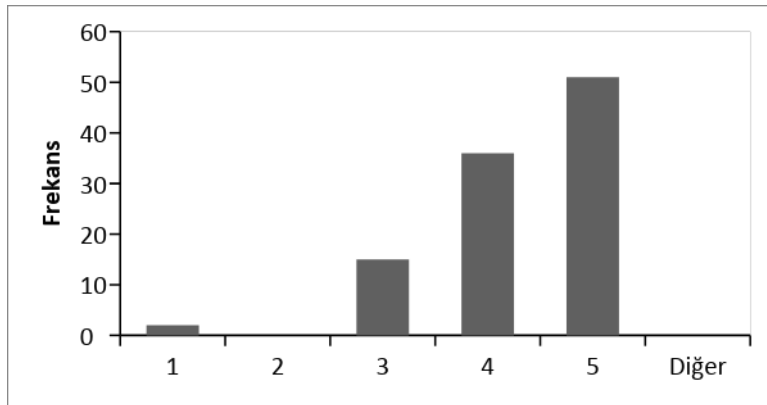




**Şekil 4.13:** Soru 9'a verilen cevapların dağılımı. 1- Kesinlikle katılmıyorum, 2- Katılmıyorum, 3- Kararsızım, 4- Katılıyorum, 5- Kesinlikle katılıyorum.

Katılımcıların 2'si (%1,9) "Kesinlikle katılmıyorum" derken, 7'si (%6) "Kararsızım", 42'si (%40,4) "Katılıyorum" ve 53'ü (%51) "Kesinlikle katılıyorum" seçeneklerini işaretlemiş, "Katılmıyorum" seçeneğini ise işaretleyen olmamıştır.

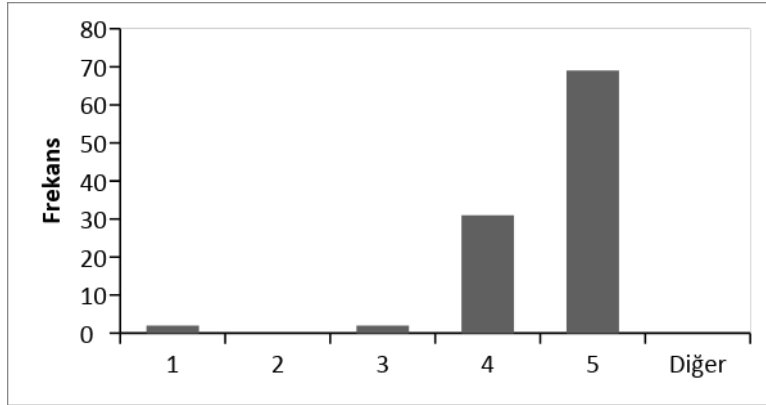
Soru 10: Bu eğitim yöntemi uygulanırsa başarıım artar.



**Şekil 4.14:** Soru 10'a verilen cevapların dağılımı. 1- Kesinlikle katılmıyorum, 2- Katılmıyorum, 3- Kararsızım, 4- Katılıyorum, 5- Kesinlikle katılıyorum.

Katılımcıların 2'si (%1,9) "Kesinlikle katılmıyorum" derken, 15'i (%14,4) "Kararsızım", 36'sı (%34,6) "Katılıyorum" ve 51'i (%49,1) "Kesinlikle katılıyorum" seçeneklerini işaretlemiş, "Katılmıyorum" seçeneğini ise işaretleyen olmamıştır.

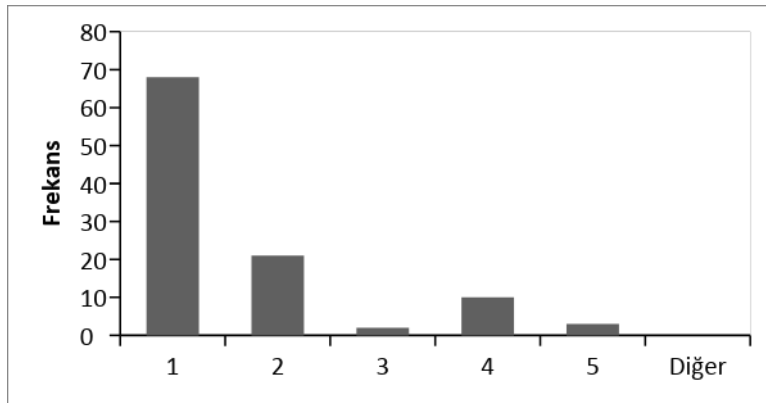
Soru 11: Bugün yapılan eğitimden yararlandım.



**Şekil 4.15:** Soru 11’e verilen cevapların dağılımı. 1- Kesinlikle katılmıyorum, 2- Katılmıyorum, 3- Kararsızım, 4- Katılıyorum, 5- Kesinlikle katılıyorum.

Katılımcıların 2’si (%1,9) “Kesinlikle katılmıyorum” derken, 2’si (%1,9) “Kararsızım”, 31’i (%30) “Katılıyorum” ve 69’u (%66,2) “Kesinlikle katılıyorum” seçeneklerini işaretlemiş, “Katılmıyorum” seçeneğini ise işaretleyen olmamıştır.

Soru 12: Bugün en yararlandığım model...



**Şekil 4.16:** Soru 12’ye verilen cevapların dağılımı. 1- 3 boyutlu resim, 2- plastine örnek, 3- maket, 4- traktografi görüntüsü, 5- fikse kadavra.

Katılımcıların 68’i (%65,4) en çok 3 boyutlu resimlerden, 21’i (%20,2) plastine örneklerden, 2’si (%1,9) maketlerden, 10’u (%9,6) traktografi görüntülerinden ve 3’ü de (%2,9) fikse kadavralardan yararlandığını belirtmiştir.

Katkı ve öneriler kısmında, laboratuvarlarda bu yöntemin uygulanmasının istenmesinin belirtildiği iyi dileklerin yanısıra 3 boyutlu resimlerin daha net görülebilmesi için ortam ışığının daha karanlık olmasının sağlanması gerektiği, yine 3 boyutlu gözlüklerin daha kaliteliyelerinin kullanılabileceği ve pratik dersin başında

teorik dersle ilgili kimi hatırlatmaların öğrenmeyi artıracığı yönünde öneriler bulunmaktaydı.

## 5. TARTIŞMA

### 5.1. Eğitim Modaliteleri

Son yıllardaki teknolojik gelişmelerle birlikte bazı bilgisayar yazılımlarının kullanımı öğrenciler için korkutucu olan nöroanatomi eğitiminin bilgisayar tabanlı ve özellikle üç boyutlu eğitim modelleriyle uygulanmaya başlanmasını yanında getirmiştir. Kadavra temininde yaşanan sorunlara da çözüm sağlamak amacıyla kullanılan bu modeller geleneksel anatomi eğitim yöntemlerinden olan ve halen eğitimin merkezinde yer alan diseksiyonun önemini azaltmamakta, diseksiyonla birlikte üç boyutlu modellemelere olanak sağlayan işlemlerle desteklenmiş bir şekilde eğitimde kullanılması öğrenmeye olumlu katkılar sunmaktadır.

Familieri ve ark.'nın 260 öğrenci ile yapmış olduğu çalışmaya göre bilgisayar uygulamalarıyla desteklenen diseksiyon öğrencilerin hem öğrenmelerini hem de öğrenme motivasyonlarını artırmaktadır. Yaptıkları çalışmada DTG ve bilgisayar simülasyonu istasyonunu entegre ettikleri eğitim modalitesinin öğrencilerin hem ders başarılarını arttırdığını, hem de ders hakkındaki algılarını olumlu hale getirdiğini saptamışlardır (7).

Macchi ve ark. Padova Tıp Fakültesi'nde her yıl 40 öğrencinin eğitim gördüğü modülde uygulamış oldukları bilgisayar tabanlı uygulamalar ile entegre eğitim modelinin 5 yıllık sonuçlarını paylaştıkları çalışmada öğrencilerin üç boyutlu anatomi algılarının, ders başarılarının ve akılda tutma becerilerinin arttığını gözlemlemiştir (124).

Peterson ve ark.'nın yaptığı çalışmada ise geleneksel eğitim modeli ile artırılmış üç boyutlu müfredat karşılaştırılmış, yeni eğitim modelinin öğrencilerin anatomik bilgi ve akılda tutma becerilerini artırdığı gözlenmiştir. 56 öğrenciye yaptıkları ön test ve son testler sonucunda üç boyutlu eğitim modelinin geleneksel eğitim modeline göre çoktan seçmeli sorularda anlamlı bir başarı artışına neden olduğunu, ancak kadavra üzerinde yapılan pratik eğitim sonuçlarında yeni modelin eski modele göre bir farklılık yaratmadığı saptanmıştır (125). Allen ve ark.'nın 47 öğrenci ile yaptıkları çalışmada ise geleneksel modele göre 3 boyutlu modelde öğrencilerin anatomi bilgilerinin arttığını saptanmıştır (126).

Elizondo-Omana ve ark.'nın yaptığı bir çalışmada nöronatomi dersindeki başarı oranları geleneksel eğitim modeli ile %34 iken bilgisayar destekli modelle %58'e erişmiştir. Bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (127).

Ocak ve Topal'ın yaptığı çalışmaya göre interaktif bilgisayar yazılımı, diseksiyon eğitimine maket eğitimi ile harmanlanan anatomi eğitim modeli başarıyı artırmıştır. Aynı çalışmada ayrıca 15 öğrenci ile derinlemesine sorular sorarak eğitim hakkındaki görüşleri sorgulanmış, öğrencilerin görsel zenginlikten memnun oldukları ve öğrenme motivasyonlarının arttığı saptanmıştır (128).

Çalışmamızda geliştirdiğimiz yöntemin öğrencilere uygulanmasıyla elde ettiğimiz sonuçlara göre öğrencilerin başarı puanları teorik olarak anlatılan dersten sonra yapılan teste göre hem geleneksel eğitim modelimizde hem de uyguladığımız yeni eğitim modeliyle anlamlı olarak arttı. Ayrıca uyguladığımız yeni modelin sonunda da geleneksel modele göre öğrenci başarısında anlamlı artış gözlemlendi. Bu sonuçlar Familieri ve ark.'nın, Macchi ve ark.'nın, Allen ve ark.'nın, Peterson ve ark.'nın, Elizondo-Omana ve ark.'nın ve Ocak ve Topal'ın yaptıkları çalışmalarla uyumlu şekilde görselliği artırılarak ortaya koyulan yeni modelin geleneksel modele göre başarıyı artırdığını göstermiştir.

Bizim çalışmamızda ayrıca katılımcıların ön test ve son testlerdeki başarı puanları her bir katılımcı için ayrı ayrı karşılaştırılmıştır (Bkz. Tablo 4.6, Tablo 4.7). Taranan çalışmalarda bununla ilgili bir veriye rastlanmamıştır.

## **5.2. Nöroanatomik Yapıların Uzaysal (3 Boyutlu) Algısı**

İki göz arasındaki mesafe sebebiyle iki farklı görme noktasının olması gerçeğinden hareketle tariflenen stereoskopik görüntüler üç boyutlu algılamayı, nesnelere arasındaki uzaysal ilişkiyi anlamayı kolaylaştırmaktadır. Standart fotoğraf makinalarının çalışma prensibinde tek objektif olduğu için görüntüler de bu sebeple iki boyutludur. Aynı görüntünün horizontal planda ikinci bir göz mesafesi kadar yakınından bir fotoğraf daha alınması ve bu fotoğrafların hem renk hem de görüntü olarak bilgisayarda işlenmesiyle objenin 3 boyutlu fotoğrafının elde edilmesi mümkün olmaktadır. Üç boyutlu bu görüntülerin tıp eğitiminde kullanılmasıyla ilgili çalışmalar mevcuttur.

Luursema ve ark.'nın 43 katılımcı ile yaptıkları çalışmada stereoskopik görüntülerin anatomik yapıların üç boyutlu ilişkilerini anlamayı artırdığını saptanmıştır (129).

Hilbelink'in çalışmasında 248 öğrenciye 2 boyutlu ve 3 boyutlu görüntüler gösterilerek yapılan sınavların sonucunda anatomik yapıları hem tanımlama ve hem de ilişkilendirmede iki grup karşılaştırılmış ve 3 boyutlu görüntülerle eğitim alan grup diğer gruba göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha başarılı görülmüştür (130).

Estevez ve ark.'nın 101 öğrenci ile yaptığı çalışmaya göre 3 boyutlu renk kodlu maket ile yapılan eğitimin 2 boyutlu eğitime göre öğrenci başarısını daha fazla artırdığı, öğrencilerin bu eğitim sonrasında ilerideki eğitimlerde de buna benzer eğitim modelleriyle eğitim almak istedikleri saptanmıştır (131).

Berney ve ark. üç boyutlu modellerin uzaysal algıyı geliştirip geliştirmediğini araştırdıkları çalışmada önce uzaysal algı yeteneğini ölçmüş, sonra da üç boyutlu modellerle eğitim öncesi ve sonrası öğrenci başarılarını karşılaştırmıştır. Sonuçlara göre uzaysal algılama yeteneği daha gelişkin olan öğrencilerin anatomide daha başarılı oldukları, ancak üç boyutlu modellerle yapılan eğitim sonrasında da öğrenci başarılarının anlamlı derecede arttığı gözlenmiştir (132).

Goodarzi ve ark.'nın 249 öğrenci ile yaptıkları çalışmada video ile eğitim bir gruba 2 boyutlu, diğer gruba 3 boyutlu olarak verilmiştir. Sonuçlara göre 3 boyutlu video eğitim alan grup, 2 boyutlu video eğitim alan gruptan daha başarılı çıkmış ancak istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür (37).

Faria ve ark. 84 öğrenci ile yaptıkları çalışmada katılımcıları 3 gruba ayırmışlardır. İlk grup teorik derse girip 2 boyutlu görüntülerle eğitim almış, ikinci grup interaktif bir bilgisayar yazılımı ile eğitim almış, son grup ise hem bu interaktif bilgisayar yazılımı hem de stereoskopik görüntülerle eğitim almıştır. 2. ve 3. Grubun başarısı ilk gruba göre anlamlı olarak artmış, 2.ve 3.gruplar arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır (35).

Khalil ve ark. 64 öğrencide bilgisayar tabanlı resimler ile kitaba basılı resimler arasında eğitim başarısı farkını karşılaştırdıkları çalışmalarında bu iki yöntem arasında anlamlı bir fark elde edememişler ancak her iki yöntemin de aynı şekilde öğrenci başarısını artırdığını gözlemişlerdir (133).

Kockro ve ark.'nın 169 öğrenci ile 2 boyutlu görüntüler ve 3 boyutlu animasyon kullanarak yapılan ventriculus tertius anatomisi eğitimi sonrası 2 boyutlu eğitim alan grubun başarısı ile 3 boyutlu eğitim alan grubun başarılarının arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Ancak öğrenci görüşlerini sorguladıkları anketlerde öğrencilerin %100'ü 3 boyutlu modelin kullanışlı ve etkili bir yöntem olduğunu düşündüklerini belirtmişlerdir (134).

Çalışmamızda geliştirdiğimiz yöntemin öğrencilere uygulanmasıyla elde ettiğimiz sonuçlara göre; öğrencilerin başarı puanları teorik olarak anlatılan dersten sonra yapılan test ile karşılaştırıldığında göre hem geleneksel eğitim modelimizde hem de uyguladığımız yeni eğitim modeliyle anlamlı olarak arttı. Ayrıca uyguladığımız yeni eğitim modelinin sonucunda geleneksel modele göre öğrenci başarısında anlamlı artış gözlemlendi. Bu sonuçlar Luursema ve ark.'nın, Estevez ve ark.'nın, Berney ve ark.'nın ve Hilbelink'in yaptığı çalışmayla uyumlu şekilde üç boyutlu görselliğin anatomi başarısını artırdığını göstermiştir.

Çalışmamızın sonucunda, tıpkı Goodarzi ve ark.'nın, Faria ve ark.'nın, Khalil ve ark.'nın ve Kockro ve ark.'nın farklı iki görsel modelin anatomi bilgisine etkilerini karşılaştırdığı çalışmalardaki gibi her iki görsel modelin de başarıyı artırdığı saptanmış, ancak farklı olarak bu çalışmalarda 3 boyutlu model ile eski model arasında istatistiksel fark bulunmazken bizim çalışmamızda yeni modelin eskiye göre başarıyı istatistiksel olarak da arttırdığı bulunmuştur.

### **5.3. Fibril Diseksiyon**

Eğitim modelimizi oluştururken uyguladığımız fibril diseksiyon yönteminin hayata geçirilmesinde gözlenen bulgular ise şu şekildeydi:

Uzun assosiasyon liflerinin gösterilmesinde kullanılan fibril diseksiyon yöntemi beynin 3 boyutlu yapısının ortaya konulmasında ve bu yapının

öğrenilmesinde oldukça önemlidir. Bu diseksiyonda ortaya koyulan uzun assosiasyon liflerinin farklılıkları da çalışmamızda bulunmuştur. Fasciculus longitudinalis superior'un (fls) çalışmamızda tariflenen 3 segmentinden fls I en medialde cingulum'un hemen etrafında ortaya koyulmuştur. fls II, fls I'in daha lateralinde lobus parietalis'in arka lobus occipitalis'in üst kısımlarında, lobus frontalis'in ön orta kısmına doğru uzanmaktadır. fls III ise fls II'nin de lateralinde gyrus frontalis inferior'dan arkaya doğru sulcus lateralis'in üst kenarı boyunca operculum parietale'de yerleşmiş halde gözlenmiştir. fa lifleri sol hemisferlerde belirgin olmak üzere fls III ile fls II arasında, ön ve arka olmak üzere 2 segment halinde gözlenmiştir.

Martino ve ark. yapmış oldukları çalışmada fls'nin temporofrontal segmenti olarak isimlendirdikleri fa'u DTG ve fibril diseksiyonla ifade etmişlerdir (23). Burks ve ark.'nın yaptığı çalışmada yine fls'nin temporofrontal segmenti fa olarak isimlendirilmiştir (135). Yağmurlu ve ark. (74), Wang ve ark. (76) ve Monroy-Sosa ve ark. (75) yaptıkları çalışmalarda ise fls'nin üç segmentten oluştuğunu, fa'un ayrıca fls II ile fls III'ün arasında, insula'yı çevreleyen bir şekilde görüldüğünü belirtmişlerdir. Çalışmamızda fls ve onun üç segmenti (fls I, fls II ve fls III) Yağmurlu ve ark.'nın, Wang ve ark.'nın ve Monroy-Sosa ve ark.'nın saptamalarıyla uyumlu şekilde belirlenmiştir.

Çalışmamızda yapılan insan beyni diseksiyonlarında mdlf, ffoi'un lateralinde ifl'nin medialinde lobus temporalis ile lobus occipitalis arasında uzanmaktadır. Konuşma fonksiyonu ile ilgili olduğu düşünülen bu anatomik yapı öncelikle rhesus maymunlarında gösterilmiş sonrasında insanlarda yapılan DTG ve fibril diseksiyon çalışmalarıyla doğrulanmıştır (72,77-80). Yaptığımız diseksiyonda literatürle uyumlu bir şekilde gösterilmiştir.

Yine çalışmamızda yapılan diseksiyonlarda ffoi lobus frontalis'ten başlayıp mdlf'nin medialinde arkaya doğru genişleyerek lobus occipitalis'in derinlerine doğru uzanmaktadır. fli ise mdlf'in lateralinde gyrus temporalis inferior boyunca önden arkaya doğru gözlenmektedir. fu, ffoi'un altında lobus frontalis ile lobus temporalis arasında bulunmaktadır. ffos gözlenmemiştir.



Sarubbo ve ark. (81) ve Bao ve ark. (84) yaptıkları çalışmalarda fasciculus frontooccipitalis (ffo)'in, fasciculus frontooccipitalis inferior (ffoi) ve fasciculus frontooccipitalis superior (ffos) olarak iki kısımdan oluştuğunu belirtirken, Türe ve ark. (82), Forkel ve ark. (83) ve Meola ve ark. (85) ise fasciculus frontooccipitalis superior'un diseksiyonla ve DTG'de tespit edilemediğini ortaya koymuştur. Yaptığımız diseksiyonda Türe ve ark.'nın, Forkel ve ark.'nın ve Meola ve ark.'nın yaptığı çalışmalarla uyumlu bir şekilde sadece ffoi'un görüldüğü, ffos'un gözlenmediği saptanmıştır.

#### **5.4. Traktografi**

Traktografide elimizdeki beyinlerde uygun görüntüler elde edilememiş olup formaldehitin etkisi ile T2 ağırlıklı görüntülerde sinyal azalması gözlenmiştir. Shepherde ve ark. (104), Larsson ve ark. (107) ve Pfefferbaum ve ark. (103) bunu engellemek için fosfat çözeltisi uygulanmasını ve cihaz içinde sabit bir şekilde durmayarak artefaktlara neden olabileceğinden Fomblin dolu bir kap içinde MR cihazına konulmasını önermişlerdir. Ayrıca Larsson ve ark. (107) ve Pfefferbaum ve ark.'nın (103) çalışmalarında belirttiği gibi postmortem intervalin sinyal kaybında etkili olduğu, ilk 24 saatin ardından dokuda bozunmanın başladığı ve bunun da ADC değerlerini düşürdüğü, düşen ADC değerlerinin ise FA değerlerini düşürerek DTG ile görüntü elde edilmesini mümkün kılmadığı bilinmektedir. Dyrby ve ark. (100) çalışmalarında bu sorunlara engel olmak için kısa EPI sekansı kullanmayı, tarama süresini mümkün olduğunca uzatmayı önermişlerdir. Çalışmalarındaki tarama süresi ortalama 18 saattir (100). Yapılan çalışmaların tarama ve işleme süreci değerlendirildiğinde bu sürenin en kısa 5 saat olduğu, birçok çalışma için bu sürenin 24 saati aştığı görülmüştür (100-107).

Çalışmamızda kullanılan beyinlerin postmortem intervali önerilen kadar (<24 saat) kısa olmakla birlikte bu olumsuzluğu engellemek için önerilen uzun tarama ve işleme süreleri rutin klinik kullanımda olan MRG cihazlarında uygulanamamıştır.

### 5.5. Bir Eğitim Modeli Olarak Plastinasyon

Son yıllarda geleneksel tıp eğitiminin olmazsa olmazı formaldehitle fikse edilmiş kadavraların kullanımı yerine plastinasyon yöntemi ile hazırlanan kadavraların kullanımı artmaktadır. Formaldehitin sağlık üzerine olan olumsuz etkilerinin azaltılmasına da yarayan bu yöntem giderek yaygınlık kazanmakla birlikte halen pahalı bir uygulama olması kullanımındaki artışın önünde engeldir.

Plastinasyon yönteminin fikse kadavraya göre daha kokusuz ve uzun süre kullanılabilir olduğu gözlemlenmiş ve beyin dokularına uygulanabilir olduğu, eğitim materyali olarak kullanımında kadavranın ömrünü uzatacağı görülmüştür.

Latorre ve ark.'nın (43) yapmış olduğu çalışmaya göre 233 öğrencinin büyük çoğunluğu plastine modellerle eğitimin yararlı olduğunu düşünürken, öğrencilerin plastine örnekler ile eğitim sonrası başarıları anlamlı olarak artmıştır. Fruhstorfer ve ark.'nın (136) yaptığı çalışmaya göre 125 öğrencinin eğitim materyalleri ile ilgili görüşlerini alınmış, büyük çoğunluğunun plastinasyonun eğitim materyali olarak kullanılmasını istediği saptanmıştır. Çalışmamızda katılımcılara uygulanan eğitim modellerini değerlendirmelerinin istendiği sorulara verdikleri yanıtlara göre öğrencilerin %76'sı (104 öğrencinin 79'u, Bkz. Tablo 4.17) plastine örneklerle yapılan eğitimden yararlandığını belirtmiştir. Bu sonuç Latorre ve ark.'nın ve Fruhstorfer ve ark.'nın yaptığı çalışmalar ile uyumludur.

### 5.6. Öğrencilerin Eğitim Modelleri ile İlgili Görüşleri

Lujan ve DiCarlo yaptıkları çalışmada 166 ilk yıl tıp fakültesi öğrencisinin eğitim modelleri hakkındaki fikirlerini değerlendirmiş ve öğrencilerin büyük çoğunluğunun (%64) görsel, işitsel ve taktil öğeler barındıran çoklu eğitim modellerini tercih ettiklerini saptamışlardır (137).

Estevez ve arkadaşlarının 101 öğrenci ile yaptığı çalışmaya göre 3 boyutlu renk kodlu maket ile yapılan eğitimin 2 boyutlu eğitime göre öğrenci başarısını daha fazla artırdığı, öğrencilerin bu eğitim sonrasında ilerideki eğitimlerde de buna benzer eğitim modelleriyle eğitim almak istedikleri bildirilmiştir. (131).

Çalışmamızda geliştirdiğimiz yöntemle ilgili öğrencilerin değerlendirmelerini aldığımız ankete göre; öğrencilerin büyük çoğunluğu dersin sadece teorik olarak anlatılmasını istememektedir (%83), yine hemen tamamı (%98) derslerin anlatımında farklı yöntemler uygulanması gerektiğini, %96'sı çalışmada uygulanan eğitim modeli ile yapılan eğitimin motivasyonlarını artırdığını, %93'ü çalışmada eğitim modeli uygulansa başarılarının artacağını düşünmektedir. Ayrıca %98'i uygulanan eğitimden yararlandığını belirtmiştir. Öğrencilerin en fazla yararlandıkları eğitim modelinin ise %65 ile 3 boyutlu resimler olduğu, %20 ile plastinasyon modellerinin ve %9 ile traktografik görüntülerinin bunu takip ettiği saptanmıştır. Bu sonuçlar Lujan ve DiCarlo'nun ve Estevez'in yaptığı çalışmalarla uyumlu olarak öğrencilerin yeni eğitim modeli uygulamalarından memnun olduklarını göstermiştir.

## 6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmamızda temel nöroanatomi eğitiminde fibril diseksiyon, traktografi, mikroskopik anatomi ve plastinasyon yöntemlerinin birlikte kullanım modeli oluşturulmuş ve bu eğitim modeli 108 öğrenci üzerinde hali hazırda kullanılan eğitim modeliyle karşılaştırılmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

- 1- Öğrencilerin uygulamalı eğitim sonrası başarıları sadece teorik derse göre anlamlı olarak artmıştır.
- 2- Öğrencilerin uygulanan yeni eğitim modeli sonrası başarıları mevcut eğitim modeline (teorik ve pratik eğitim) göre anlamlı olarak artmıştır.
- 3- Temel nöroanatomi eğitiminde farklı teknikler birlikte kullanılabilir ve bu birlikte kullanım öğrencilerin başarılarını, öğrenme motivasyonlarını artırır.
- 4- Beyinlerin fibril diseksiyonu sırasında gözlenen bulgular mevcut bilimsel literatürle uyumludur.
- 5- Fibril diseksiyon yöntemi beyin anatomisinin üç boyutlu yapısının kavranmasında önemli bir eğitim yöntemidir.
- 6- Postmortem traktografi görüntüleri elde etmek rutin klinik kullanımdaki görüntüleme cihazları ile mümkün olmamaktadır. Fiksasyon yöntemi, ölümle çekim arasında geçen süre, sıcaklık ve tarama süresi bu konuda belirleyici olmaktadır.
- 7- Plastinasyon yöntemi beyinlere başarı ile uygulanmıştır. Hem formaldehitin sağlık üzerine olumsuz etkilerini azaltmada hem de örneklerin uzun yıllar saklanması sağlanmada bu yöntem etkili olarak kullanılabilir.
- 8- Eğitim modellerinde görselliği artırmak için örneğin 3 boyutlu fotoğraf çekmek gibi ucuz ama etkili farklı yöntemler kullanılabilir. 3 boyutlu fotoğraflar çalışmaya katılan öğrencilerin en çok memnun kaldıkları yöntemdir.
- 9- Diseksiyon esnasında çekilecek fotoğraflarla fibril diseksiyon atlasları oluşturulması, ileride basılı olarak ve internet ortamında ilgililerin kullanımına açılması planlanmıştır.

- 10- Bu çalışmada beyin anatomisi ile ilgilenen tüm branşlardan hekim ve hekim adaylarına uygulanabilir bir eğitim modeli oluşturulmuştur. Bu konuda ilgili anabilim dallarıyla birlikte ileri projelerin tasarlanması ve özellikle mezuniyet sonrası eğitimlerin verilebilmesi için anabilim dalımız Temporal Kemik Diseksiyon Laboratuvarı bünyesinde bir Fibril Diseksiyon ünitesi oluşturulması planlanmıştır.
- 11- Bu eğitim modelinin eğitim materyali olarak müfredata girebilmesi için öğrenim hedefleri çerçevesinde standardizasyon için tekrar gözden geçirilmesi yararlı olacaktır.

## 7. KAYNAKLAR

1. Ersoy T. İatokrasi Tıp ve Kültür. İstanbul: Sorun yayınları; 1998.
2. Şehirli ÜS, Şaka E, Sarıkaya Ö. Attitudes of Turkish Anatomists Toward Cadaver Donation. *Clinical Anatomy*. 2004;17:677–81.
3. Robinson V. *The Story of Medicine*. New York: Tudor; 1931.
4. Bandyopadhyay R, Biswas R. Students' Perception and Attitude on Methods of Anatomy Teaching in a Medical College of West Bengal, India. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2017;11(9):AC10-AC14.
5. Giles J. Clinical neuroscience attachments: A student's view of "neurophobia". *Clin Teach*. 2010;7:9–13.
6. Zinchuk AV, Flanagan EP, Tubridy NJ, Miller WA, McCullough LD. Attitudes of US medical trainees towards neurology education: "Neurophobia" – a global issue. *BMC Med Educ*. 2010;10:49.
7. Familiari G, Relucenti M, Heyn R, Baldini R, D'Andrea G, Familiari P ve ark. The value of neurosurgical and intraoperative magnetic resonance imaging and diffusion tensor imaging tractography in clinically integrated neuroanatomy modules: A cross-sectional study. *Anat Sci Educ*. 2013;6:294–306.
8. Bergman EM. Discussing dissection in anatomy education. *Perspect Med Educ*. 2015;4:211–3.
9. McLachlan JC, Bligh J, Bradley P, Searle J. Teaching anatomy without cadavers. *Medical Education*. 2004;38:418-24.
10. Drake RL, McBride JM, Lachman N, Pawlina W. Medical education in the anatomical sciences: The winds of change continue to blow. *Anat Sci Educ*. 2009;2:253–59.
11. Estai M, Bunt S. Best teaching practices in anatomy education: A critical review. *Annals of Anatomy* 2016;208:151–7.
12. Sugand K, Abrahams P, Khurana A. The anatomy of anatomy: a review for its modernization. *Anat. Sci. Educ*. 2010;3(2):83–93.
13. Türk Anatomi ve Klinik Anatomi Derneği. Türkiye'de kadavra sorunu ve çözüm önerileri raporu. Ankara; TAKAD; 2013.
14. Gürses İA, Coşkun O, Öztürk A. Current status of cadaver sources in Turkey and a wake-up call for Turkish anatomists. *American Association of Anatomists*. 2018;11:155-65. doi:10.1002/ase.1713
15. Rizzolo LJ, Stewart WB. Should we continue teaching anatomy by dissection when?. *Anat Rec*. 2006;289B:215–8.
16. Ciccarella O, Catani M, Johansen-Berg H, Clark C, Thompson A. Diffusion-based tractography in neurological disorders: Concepts, applications and future developments. *Lancet Neurol*. 2008; 7:715–27.

17. Schmahmann JD, Smith EE, Eichler FS, Filley CM. Cerebral White matter: Neuroanatomy, clinical neurology and neurobehavioral correlates. *Ann N Y Acad Sci.* 2008;1142:266–309.
18. Kawashima T, Nakamura M, Bouix S, Kubickia M, Salisbury DF, Westine CF ve ark. Uncinate Fasciculus Abnormalities in Recent Onset Schizophrenia and Affective Psychosis: A Diffusion Tensor Imaging Study. *Schizophr Res.* 2009;110(1-3):119–26.
19. Costanzo ME, Jovanovic T, Pham D, Leaman S, Highland KB, Norrholm SD ve ark. White matter microstructure of the uncinate fasciculus is associated with subthreshold posttraumatic stress disorder symptoms and fear potentiated startle during early extinction in recently deployed. *Neuroscience Letters.* 2016;618:66–71.
20. Makris N, Prete MG, Asami T, Pelavin P, Campbell B, Papadimitriou GM ve ark. Human middle longitudinal fascicle: variations in patterns of anatomical connections. *Brain Struct Funct.* 2013;218(4):951–68.
21. Hope TMH, Seghier ML, Prejawa S, Leff AP, Price CJ. Distinguishing the effect of lesion load from tract disconnection in the arcuate and uncinate fasciculi. *NeuroImage.* 2016;125:1169–73.
22. Yin X, Zhao L, Xu J, Evans AC, Fan L, Ge H ve ark. Anatomical Substrates of the Alerting, Orienting and Executive Control Components of Attention: Focus on the Posterior Parietal Lobe. *PLoS One.* 2012;7(11):e50590.
23. Martino J, De Lucas EM. Subcortical Anatomy of the Lateral Association Fascicles of the Brain: A Review. *Clinical Anatomy.* 2014;27:563–9.
24. Naets W, Van Loon J, Paglioli E, Van Paesschen W, Palmini A, Theys T. Callosotomy: leg motor connections illustrated by fiber dissection. *Brain Struct Funct.* 2017;222:661. <https://doi.org/10.1007/s00429-015-1167-8>
25. De Benedictis A, Duffau H, Paradiso B. Anatomico-functional study of the temporo-parieto-occipital region: dissection, tractographic and brain mapping evidence from a neurosurgical perspective. *J Anat.* 2014;225(2):132-51.
26. Catani M, Dell'acqua F, Bizzi A. Beyond cortical localization in clinicoanatomical correlation. *Cortex.* 2012;48(10):1262-87.
27. Kinoshita M, Shinohara H, Hori O, Ozaki N, Ueda F, Nakada M ve ark. Association fibers connecting the Broca center and the lateral superior frontal gyrus: a microsurgical and tractographic anatomy. *J Neurosurg.* 2012;116:323–30.
28. Agrawal A, Kapfhammer J, Kress A, Wichers H, Deep A, Feindel W ve ark. Josef Klingler's Models of White Matter Tracts: Influences on Neuroanatomy, Neurosurgery, and Neuroimaging. *Neurosurgery.* 2011;69(2):238-54.
29. Klingler J, Gloor P. The connections of the amygdala and of the anterior temporal cortex in the human brain. *J Comp Neurol.* 1960;115:333-69.
30. Ture U, Yasargil MG, Friedman AH, Al-Mefty O. Fiber dissection technique: Lateral aspect of the brain. *Neurosurgery.* 2000;47:417-26.

31. Kucukyuruk B, Yagmurlu K, Tanriover N, Uzan M, Rhoton AL Jr. Microsurgical anatomy of the white matter tracts in hemispherotomy. *Neurosurgery*. 2014;10 Suppl 2:305-24.
32. Sincoff EH, Tan Y, Abdulrauf SI. White matter fiber dissection of the optic radiations of the temporal lobe and implications for surgical approaches to the temporal horn. *J Neurosurg*. 2004;101:739-46.
33. Yasargil MG, Krayenbuhl N, Roth P, Hsu SP, Yasargil DC. The selective amygdalohippocampectomy for intractable temporal limbic seizures. *J Neurosurg*. 2010;112:168-85.
34. Yasargil MG, Ture U, Yasargil DC. Surgical anatomy of supratentorial midline lesions. *Neurosurg Focus*. 2005;18(6B):E1.
35. Faria JW, Teixeira MJ, Júnior LD, Otoch JP, Figueiredo EG. Virtual and stereoscopic anatomy: when virtual reality meets medical education. *J Neurosurg*. 2016;125:1105-11.
36. Van Beurden MHPH, IJsselsteijn WA, Juola JF. Effectiveness of stereoscopic displays in medicine: A review. *3D Research*. 2012;3:3.
37. Goodarzi A, Monti S, Lee DJ, Girgis F. Effect of Stereoscopic Anaglyphic 3-Dimensional Video Didactics on Learning Neuroanatomy. *World neurosurgery*. 2017;107:35-9.
38. Duffau H. Diffusion tensor imaging is a research and educational tool, but not yet a clinical tool. *World neurosurgery*. 2014;82(1-2):e43-5.
39. Jellison BJ, Field AS, Medow J, Lazar M, Salamat MS, Alexander AL. Diffusion Tensor Imaging of Cerebral White Matter: A Pictorial Review of Physics, Fiber Tract Anatomy, and Tumor Imaging Patterns. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2004;25:356-69.
40. Strandring S. *Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice*. 41<sup>st</sup> Ed. New York: Elsevier Churchill Livingstone; 2016.
41. Von Hagens G, Tiedemann K, Kriz W. The Current Potential of Plastination. *Anat Embryol(Berl)*. 1977;175:411-21.
42. Pashaei S. A brief review on the history, methods and applications of plastination. *Int. J. Morphol*. 2010;28:1075-79.
43. Latorre RM, Garcia-Sanz MP, Moreno M, Hernandez F, Gil F, Lopez O ve ark. How useful is plastination in learning anatomy?. *J Vet Med Educ*. 2007;34(2):172-6.
44. Balta JY, Lamb C, Soames RW. A pilot study comparing the use of Thiel- and formalin-embalmed cadavers in the teaching of human anatomy. *Anat Sci Educ*. 2015;8:86-91.
45. McKimm J, Forrest K, Thistlethwaite J. *Bir bakışta tıp eğitimi*. Ankara; Akademisyen; 2018
46. Moon K, Filis AK, Cohen AR. The birth and evolution of neuroscience through cadaveric dissection. *Neurosurgery*. 2010;67:799–809.



47. Altıntaş A. Osmanlılarda tıp eğitimi (Tıphane-i Amire dönemi). Osmanlı Devletinde sağlık hizmetleri sempozyumu. Ankara: Ajans-Türk Matb; 2004.
48. Maskar Ü. İslam'da ve Osmanlılar'da otopsi sorunu üzerinde bir etüd. İstanbul Tıp Fakültesi Mecmuası. 1976;39:286-301.
49. Cooke M, David MI, Sullivan W, Kenneth ML American Medical Education 100 Years after the Flexner Report. NEJM. 2006;355(13):1339-44.
50. Cook DA, Hatala R, Brydges R, Benjamin Z, Szostek JS, Wang AT. Technology-enhanced simulation for health professions education: a systematic review and meta-analysis. JAMA. 2011;306(9):978-88.
51. Habicht JL, Kiessling C, Winkelmann A. Bodies for anatomy education in medical schools: an overview of the sources of cadavers worldwide. Acad Med. 2018;93(9):1293-300.
52. Dinsmore CE, Daugherty S, Zeitz HJ. Teaching and learning gross anatomy: dissection, prosection, or "both of the above?". Clin Anat. 1999;12(2):110-4
53. Arantes M, Arantes J, Ferreira MA. Tools and resources for neuroanatomy education: a systematic review. BMC Med Educ. 2018;18:94.
54. Sadler TW, Langman J. Langman's medical embryology. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
55. Gartner LP, Hiatt JL. Color Textbook of Histology. Philadelphia, WB Saunders Company, 2006.
56. Ross MH, Pawlina W. Histology: A Text and Atlas. 4<sup>th</sup> Ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins Company, 2006.
57. Carpenter MB, Sutin J. Human Neuroanatomy. 8<sup>th</sup> Ed. Baltimore:Williams & Wilkins Company, 1983.
58. Chi JG, Dooling EC, Gilles FH. Gyral development of the human brain. Ann Neurol. 1977;1(1):86-93.
59. Ribas GC. The cerebral sulci and gyri. Neurosurg Focus. 2010;28(2):E2.
60. Cohen AH, Wang R, Wilkinson M, MacDonald P, Lim AR, Takahashi E. Development of human white matter fiber pathways: From newborn to adult ages. Int J Dev Neurosci. 2016;50:26-38.
61. Kinney HC, Brody BA, Kloman AS, Gilles FH. Sequence of central nervous system myelination in human infancy. II. Patterns of myelination in autopsied infants. J Neuropathol Exp Neurol 1988;47(3):217-34.
62. Dubois J, Dehaene-Lambertz G, Kulikova S, Poupon C, Hüppi PS, Hertz-Pannier L. The early development of brain white matter: a review of imaging studies in fetuses, newborns and infants. Neuroscience 2014;276:48-71.
63. Taner D. Fonksiyonel Nöroanatomi. Ankara: METU Press, 1998.
64. Arıncı K, Elhan A. Anatomi. Cilt II. Ankara: Güneş Kitabevi, 2006.
65. Mai JK, Paxinos G. The Human Nervous System. 3<sup>rd</sup> Ed. San Diago: Elsevier Academic Press, 2012.

66. Snell RS. *Clinical Neuroanatomy*. 7<sup>th</sup> Ed. China: Lippincott Williams & Wilkins, 2010.
67. Patestas MA, Gartner LP. *A textbook of Neuroanatomy*. Oxford: Blackwell Publishing, 2006.
68. Netter FH. *Atlas of human anatomy*. 6<sup>th</sup> Ed. Philadelphia:Saunders/Elsevier, 2006.
69. Papez JW. A proposed mechanism of emotion. *Arch Neurol Psychiatry*. 1937;38:725-43.
70. Nauta WJH, Domesick VB. Chapter 4 Limbic mechanisms. Livingston KE, Hornykiewicz O, editors. *Crossroads of limbic and striatal circuitry: hypothalamo-nigral connections*. New York: Plenum Press, 1976.
71. Catani M, Thiebaut de Schotten M. A diffusion tensor imaging tractography atlas for virtual in vivo dissections. *Cortex*. 2008;44:1105–32.
72. Schmahmann JD, Pandya DN, Wang R, Dai G, D’Arceuil HE, de Crespigny AJ, Wedeen VJ. Association fibre pathways of the brain: Parallel observations from diffusion spectrum imaging and autoradiography. *Brain*. 2007;130:630–53.
73. Fernandez-Miranda JC, Rhoton AL Jr, Alvarez-Linera J, Kakizawa Y, Choi C, de Oliveira EP. Three-dimensional microsurgical and tractographic anatomy of the white matter of the human brain. *Neurosurgery*. 2008; 62:989-1026.
74. Yagmurlu K, Vlasak AL, Rhoton AL Jr. Three-dimensional topographic fiber tract anatomy of the cerebrum. *Neurosurgery*. 2015;11(Suppl 2):274-305.
75. Monroy-Sosa A, Jennings J, Chakravarthi S, Fukui MB, Celix J, Kojis N ve ark. Microsurgical Anatomy of the Vertical Rami of the Superior Longitudinal Fasciculus: An Intraparietal Sulcus Dissection Study. *Operative Neurosurgery*. 2018;opy077. <https://doi.org/10.1093/ons/opy077>.
76. Wang X, Pathak S, Stefanescu L, Yeh FC, Li S, Fernandez-Miranda JC. Subcomponents and connectivity of the superior longitudinal fasciculus in the human brain. *Brain Struct Funct*. 2016; 221(4):2075–92.
77. Seltzer B, Pandya DN. Further observations on parieto-temporal connections in the rhesus monkey. *Exp Brain Res*. 1984;55:301–12.
78. Cabeza R, Ciaramelli E, Olson IR, Moscovitch M. The parietal cortex and episodic memory: An attentional account. *Nat Rev Neurosci* 2008;9:613–25.
79. Thiebaut de Schotten M, Dell’Acqua F, Forkel SJ, Simmons A, Vergani F, Murphy DG ve ark. A lateralized brain network for visuospatial attention. *Nat Neurosci*. 2011;14(10):1245–6.
80. Menjot de Champfleury N, Lima Maldonado I, Moritz-Gasser S, Machi P, Le Bars E, Bonafé A ve ark. Middle longitudinal fasciculus delineation within language pathways: A diffusion tensor imaging study in human. *Eur J Radiol*. 2013;82(1):151-7.
81. Sarubbo S, De Benedictis A, Maldonado IL, Basso G, Duffau H. Frontal terminations for the inferior fronto-occipital fascicle: Anatomical dissection, DTI

study and functional considerations on a multi-component bundle. *Brain Struct Funct* 2013;218:21-37.

82. Türe U, Yasargil MG, Pait TG. Is there a superior occipitofrontal fasciculus? A microsurgical anatomic study. *Neurosurgery* 1997;40(6):1226–32.

83. Forkel SJ, Thiebaut de Schotten M, Kawadler JM, Dell'Acqua F, Danek A, Catani M. The anatomy of fronto-occipital connections from early blunt dissections to contemporary tractography. *Cortex*. 2014;57:73-84.

84. Bao Y, Wang Y, Wang W, Wang Y. The superior fronto-occipital fasciculus in the human brain revealed by diffusion spectrum imaging tractography: An anatomical reality or a methodological artifact? *Front Neuroanat*. 2017;11:119.

85. Meola A, Comert A, Yeh FC, Stefanescu L, Fernandez-Miranda JC. The controversial existence of the human superior fronto-occipital fasciculus: connectome-based tractographic study with microdissection validation. *Hum. Brain Mapp*. 2015;36:4964–71.

86. Herculano-Houzel, S. The human brain in numbers: a linearly scaled-up primate brain. *Frontiers in Human Neuroscience* 3, 2009: 10.3389/neuro.09.031.2009.

87. Roth G, Dicke U, Giovanni GC, Lledo P. Evolution of Nervous Systems and Brains. *Neurosciences-From Molecule to Behavior: A University Textbook*. Berlin:Springer Spektrum, 2013.

88. Patil S, Sethi M, Mishra S. Klingler's fiber dissection method - an assisting approach towards teaching neuroanatomy. *Int J Anat Res*. 2018;6(1.3):5041-45.

89. Zemmoura I, Blanchard E, Raynal PI, Rousselot-Denis C, Destrieux C, Velut S. How Klingler's dissection permits exploration of brain structural connectivity? An electron microscopy study of human white matter. *Brain Struct Funct*. 2015;221:2477–86.

90. Catani M, Dell'acqua F, Vergani F, Malik F, Hodge H, Roy P ve ark. Short frontal lobe connections of human brain. *Cortex*. 2012 Feb;48(2):273-9.

91. Baydin S, Gungor A, Tanriover N, Baran O, Middlebrooks EH, Rhoton AL Jr. Fiber tracts of the medial and inferior surfaces of the cerebrum. *World neurosurgery*. 2017; 98:34-49.

92. Marshall LH, Magoun HW. Discoveries in the Human Brain. Totowa NJ: Humana Press, 1998.

93. Shaw D. The fundamental principles of nuclear magnetic resonance. Wehrli FW; Shaw D, Kneeland JB, editors. *Biomedical Magnetic Resonance Imaging*. New York: VCH Publishers Inc, 1988.

94. Leclercq D, Delmaire C, de Champfleury NM, Chiras J, Lehericy S. Diffusion tractography: methods, validation and applications in patients with neurosurgical lesions. *Neurosurg Clin N Am*. 2011;22(2):253–268.

95. Le Bihan D, van Zijl P. From the diffusion coefficient to the diffusion tensor. *NMR Biomed*. 2002;15:431-4.

96. Figueiredo EHMSG, Borgonovi AFNG, Doring TM. Basic Concepts of MR Imaging, Diffusion MR Imaging, and Diffusion Tensor Imaging. *Magn Reson Imaging Clin N Am.* 2011;19:1-22
97. Westin CF, Maier SE, Mamata H, Nabavi A, Jolesz FA, Kikinis R. Processing and Visualization for Diffusion Tensor MRI. *Medical Image Analysis.* 2002;6:93–108.
98. Kuru Öz D. Beyin tümörlerinin cerrahi planlamasında difüzyon tensör manyetik rezonans görüntülemenin katkısı. Tıpta uzmanlık tezi. Ankara; Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, 2013.
99. Farquharson S, Tournier JD, Calamante F, Fabinyi G, Schneider-Kolsky M, Jackson GD, Connelly A. White matter fiber tractography: why we need to move beyond DTI. *Journal of neurosurgery.* 2013;118:1367–77.
100. Dyrby TB, Baaré WF, Alexander DC, Jelsing J, Garde E, Søgaard LV. An ex vivo imaging pipeline for producing high-quality and high-resolution diffusion-weighted imaging datasets. *Hum. Brain Mapp.* 2011;32: 544-63. doi:10.1002/hbm.21043
101. Lawes IN, Barrick TR, Murugam V, Spierings N, Evans DR, Song M ve ark. Atlas-based segmentation of white matter tracts of the human brain using diffusion tensor tractography and comparison with classical dissection. *Neuroimage* 2008;39(1):62–79.
102. Schmierer K, Wheeler-Kingshott CAM, Tozer DJ, Boulby PA, Parkes HG, Yousry TA ve ark. Quantitative magnetic resonance of postmortem multiple sclerosis brain before and after fixation. *Magn Reson Med.* 2008;59, 268–77.
103. Pfefferbaum A, Sullivan EV, Adalsteinsson E, Garrick T, Harper C. Postmortem MR imaging of formalin-fixed human brain. *Neuroimage.* 2004;21,1585–95.
104. Shepherd TM, Wirth III ED, Thelwall PE, Chen HX, Roper SN, Blackband SJ. Water diffusion measurements in perfused human hippocampal slices undergoing tonicity changes. *Magn Reson Med.* 2003;49,856–63.
105. Mollink J, van Baarsen KM, Dederen PJWC, Foxley S, Miller KL, Jbabdi S ve ark. Dentatorubrothalamic tract localization with postmortem MR diffusion tractography compared to histological 3D reconstruction. *Brain Struct Funct.* 2016;221:3487.
106. Ruder TD, Hatch GM, Siegenthaler L, Ampanozi G, Mathier S, Thali MJ ve ark. The influence of body temperature on image contrast in post mortem MRI. *Eur J Radiol.* 2011;81(6):1366-70.
107. Larsson EM, Englund E, Sjöbeck M, Latt J, Brockstedt S. MRI with diffusion tensor imaging post-mortem at 3.0 T in a patient with frontotemporal dementia. *Dement Geriatr Cogn Disord.* 2004;17,316–19.

108. Bernstein RS, Stayner LT, Elliott LJ, Kimbrough R, Falk H, Blade L. Inhalation exposure to formaldehyde: an overview of its toxicology, epidemiology, monitoring, and control. *Am Ind Hyg Assoc J.* 1984;45(11):778-85.
109. Jangde S, Arya RS, Paikra S, Basan K, Kumar N. How to provide a safe working condition for medical students and professionals in the anatomy dissection room. *Sch J App Med Sci.* 2015;3(5A):1867-70.
110. Mirabelli MC, Holt SM, Cope JM. Anatomy laboratory instruction and occupational exposure to formaldehyde. *Occup Environ Med.* 2011;68:375-78.
111. Tanaka K, Nishiyama K, Yaginuma H, Sasaki A, Maeda T, Kaneko SY ve ark. Formaldehyde exposure levels and exposure control measures during an anatomy dissecting course. *Kaibogaku Zasshi.* 2003;78(2):43-51.
112. Pashaei S. A brief review on the history, methods and applications of plastination. *Int J Morphol.* 2010;28:1075-79.
113. DeJong K, Henry RW. Silicone plastination of biological tissue: Coldtemperature technique Biodur S10/S15 technique and products. *J Int Soc Plast.* 2017;22:2–14.
114. Ekim O, Tunalı S, Hazıroğlu RM, Ayvalı M. Evcil memeli hayvanlarda böbreklerin soğuk ortam tekniği ile silikon plastinasyonu. *Vet Hekim Der Derg.* 2014;85(2):1-11.
115. Stoyanov J, Georgieva A, Sivrev D. Use of physical and chemical factors in the development of plastination anatomical preparations. *Trakia J Sci.* 2015;13(2): 21-22.
116. McCreary J, Iliff S, Hermey D, McCreary K, Henry RW. Silicone-based coloration technique developed to highlight plastinated specimens. *J Int Soc Plastination.* 2013; 25(2): 13-20.
117. Riepertinger A. Fixation of the brain plastination: Special considerations. *J Int Soc Plastination.* 1988;2(1):8-12.
118. Smith BJ, Holladay SD. Risk Factors Associated with Plastination: II. Infectious Agent Considerations. *J Int Soc Plastination.* 2001;16:14-18.
119. Shimizu S, Tanaka R, Rhoton AL, Fukushima Y, Osawa S, Kawashima M ve ark. Anatomic Dissection and Classic Three-dimensional Documentation: A Unit of Education for Neurosurgical Anatomy Revisited. *Neurosurgery.* 2006;58(1),E1000.
120. Read JC. Stereo vision and strabismus. *Eye.* 2015;29(2):214–224
121. Lin Y, Yang J, Lv Z, Wei W, Song H. A Self-Assessment Stereo Capture Model Applicable to the Internet of Things. *Sensors.* 2015;15(8), 20925–44.
122. Brooks KR. Depth Perception and the History of Three-Dimensional Art: Who Produced the First Stereoscopic Images? *I-Perception,* 2015;8(1),2041669516680114.

123. Ribas GC, Bento RF, Rodrigues AJ Jr. Anaglyphic three-dimensional stereoscopic printing: revival of an old method for anatomical and surgical teaching and reporting: Technical note. *J Neurosurg.* 2001; 95(6): 1057–66.
124. Macchi V, Porzionato A, Stecco C, Parenti A, De Caro R. Clinical neuroanatomy module 5 years' experience at the School of Medicine of Padova. *Surg Radiol Anat.* 2007;29:261.
125. Peterson DC, Mlynarczyk GSA. Analysis of Traditional Versus Three-Dimensional Augmented Curriculum on Anatomical Learning Outcome Measures. *Anat Sci Educ.* 2016;9(6):529-36.
126. Allen LK, Eagleson R, de Ribaupierre S. Evaluation of an online three-dimensional interactive resource for undergraduate neuroanatomy education. *Anat Sci Educ.* 2016;9:431-39.
127. Elizondo-Omaña RE, Morales-Gómez JA, Guzmán SL, Hernández I, Ibarra RP, Vilchez FC. Traditional teaching supported by computer-assisted learning for macroscopic anatomy. *Anatomical record. Part B, New anatomist,* 2014;278(1),18-22.
128. Ocak MA, Topal AD. Blended Learning in Anatomy Education: A Study Investigating Medical Students' Perceptions. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education.* 2015;11(3):647-83.
129. Luursema J, Verwey WB, Kommers PAM, Annema J. The role of stereopsis in virtual anatomical learning, *Interacting with Computers.* 2008;20(4-5):455-60.
130. Hilbelink AJ. A measure of the effectiveness of incorporating 3D human anatomy into an online undergraduate laboratory. *British Journal of Educational Technology,* 2009;40:664-72.
131. Estevez ME, Lindgren KA, Bergethon PR. A novel three-dimensional tool for teaching human neuroanatomy. *Anat Sci Educ* 2010;3:309–17.
132. Berney S, Bétrancourt M, Molinari G, Hoyek N. How spatial abilities and dynamic visualizations interplay when learning functional anatomy with 3D anatomical models. *Anat Sci Educ.* 2015;8(5): 452-62.
133. Khalil M, Johnson T, Lamar C. Comparison of computer-based and paper-based imagery strategies in learning anatomy. *Clin. Anat.* 2005;18: 457-64.
134. Kockro RA, Amaxopoulou C, Killeen T, Wagner W, Reisch R, Gutenberg A ve ark. Stereoscopic neuroanatomy lectures using a three-dimensional virtual reality environment. *Annals of Anatomy.* 2015; 201:91-8.
135. Burks JD, Boettcher LB, Conner AK, Glenn CA, Bonney PA, Baker CM ve ark. White matter connections of the inferior parietal lobule: A study of surgical anatomy. *Brain and Behavior.* 2017;7(4):e00640.
136. Fruhstorfer BH, Palmer J, Brydges S, Abrahams PH. The use of plastinated prosections for teaching anatomy – the view of medical students on the value off this learning resource. *Clin Anat.* 2011;24(2),246–52.

137. Lujan HL, DiCarlo ES. First-year medical students prefer multiple learning styles. *Advances in Physiology Education*. 2006;30: 1,13-16.

## 8. EKLER

### EK-1: Tez Çalışması ile İlgili Etik Kurul İzinleri



T.C.  
**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**  
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 16969557-1111

Konu : ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

**Toplantı Tarihi** : 26 TEMMUZ 2017 ÇARŞAMBA  
**Toplantı No** : 2017/18  
**Proje No** : GO 17/582 (Değerlendirme Tarihi: 04.07.2017)  
**Karar No** : GO 17/582-22

Üniversitemiz Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Doç. Dr. İlkan TATAR'ın sorumlu araştırmacı olduğu, Prof. Dr. Mustafa Fevzi SARGON, Uzm. Dr. Rahşan GÖÇMEN ile birlikte çalışacakları ve Arş. Gör. Dr. Hasan Barış ILGAZ'ın doktora tezi olan, GO 17/582 kayıt numaralı, "**Temel Nöroanatomi Eğitiminde Fibril Diseksiyon, Traktografi, Mikroskopik Anatomi ve Plastinasyon Tekniklerinin Birlikte Kullanım Modeli Oluşturulması**" başlıklı proje önerisi araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, etik açıdan uygun bulunmuştur.

- |   |  |
|---|--|
| 1. Prof. Dr. Nurten AKARSU (Başkan)     | 10 Prof. Dr. Oya Nuran EMİROĞLU (Üye)      |
| İZİNLİ                                  |  |
| 2. Prof. Dr. Sevda F. MÜFTÜOĞLU (Üye)   | 11 Yrd. Doç. Dr. Özay GÖKÖZ (Üye)          |
| İZİNLİ                                  |  |
| 3. Prof. Dr. M. Yıldırım SARA (Üye)     | 12. Doç. Dr. Gözde GİRGİN (Üye)            |
| 4. Prof. Dr. Necdet ŞAGLAM (Üye)        | 13. Doç. Dr. Fatma Visal OKUR (Üye)        |
| İZİNLİ                                  |  |
| 5. Prof. Dr. Hatice Doğan BUZOĞLU (Üye) | 14. Doç. Dr. Can Ebru KURT (Üye)           |
| 6. Prof. Dr. R. Köksal ÖZGÜL (Üye)      | 15. Yrd. Doç. Dr. H. Hüsrev TURNAGÖL (Üye) |
| 7. Prof. Dr. Ayşe Lale DOĞAN (Üye)      | İZİNLİ                                     |
| 8. Prof. Dr. Elmas Ebru YAĞCIN (Üye)    | 16. Öğr. Gör. Dr. Müge DEMİR (Üye)         |
| 9. Prof. Dr. Mintaze Kerem GÜNEL (Üye)  | İZİNLİ                                     |
|   | 17. Öğr. Gör. Dr. Meltem ŞENGELEN (Üye)    |
|   | 18. Av. Meltem ONURLU (Üye)                |



**EK-2: Tez Çalışması Orijinallik Raporu**

**TEMEL NÖROANATOMİ  
EĞİTİMİNDE FİBRİL  
DİSEKSİYON, TRAKTOGRAFI,  
MİKROSKOBİK ANATOMİ VE  
PLASTİNASYON  
TEKNİKLERİNİN BİRLİKTE  
KULLANIM MODELİ  
OLUŞTURULMASI**

Gönderim Tarihi: 20-Kas-2018 03:41 PM (UTC+0300)  
Gönderim Numarası: 1042540706  
Dosya adı: Tez\_deneme.docx (192.47K)  
Kelime sayısı: 26638  
Karakter sayısı: 193620

# TEMEL NÖROANATOMİ EĞİTİMİNDE FİBRİL DİSEKSİYON, TRAKTOGRAFI, MİKROSKOPİK ANATOMİ VE PLASTİNASYON TEKNİKLERİNİN BİRLİKTE KULLANIM MODELİ OLUŞTURULMASI

## ORIJINALLIK RAPORU

<b>%8</b> BENZERLİK ENDEKSİ	<b>%7</b> İNTERNET KAYNAKLARI	<b>%3</b> YAYINLAR	<b>%3</b> ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ
--------------------------------	-------------------------------------	-----------------------	-------------------------------

## BİRİNCİL KAYNAKLAR

<b>1</b>	<b>app.csgb.gov.tr</b> İnternet Kaynağı	<b>%1</b>
<b>2</b>	<b>acikerisim.aku.edu.tr</b> İnternet Kaynağı	<b>%1</b>
<b>3</b>	<b>acikerisim.aku.edu.tr:8080</b> İnternet Kaynağı	<b>%1</b>
<b>4</b>	<b>archive.org</b> İnternet Kaynağı	<b>&lt;%1</b>
<b>5</b>	<b>www.istanbulsaglik.gov.tr</b> İnternet Kaynağı	<b>&lt;%1</b>
<b>6</b>	<b>iconsanar.com</b> İnternet Kaynağı	<b>&lt;%1</b>
<b>7</b>	<b>www.coursehero.com</b> İnternet Kaynağı	<b>&lt;%1</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Kafkas Üniversitesi</b>	

## EK-3: DİJİTAL MAKBUZ ÇIKTISI



### Dijital Makbuz

Bu makbuz ödevinizin Turnitin'e ulaştığını bildirmektedir. Gönderiminize dair bilgiler şöyledir:

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

Gönderen: **Hasan Barış Ilgaz**  
Ödev başlığı: **hasan tez**  
Gönderi Başlığı: **TEMEL NÖROANATOMİ EĞİTİMİND..**  
Dosya adı: **Tez\_deneme.docx**  
Dosya boyutu: **192.47K**  
Sayfa sayısı: **94**  
Kelime sayısı: **26,638**  
Karakter sayısı: **193,620**  
Gönderim Tarihi: **20-Kas-2018 03:41PM (UTC+0300)**  
Gönderim Numarası: **1042540706**



#### **EK-4: Katılımcılara uygulanan değerlendirme anketi.**

1- Derslerin teorik olarak anlatılması yeterlidir.

Kesinlikle katılmıyorum Katılmıyorum Kararsızım Katılıyorum Kesinlikle katılıyorum

2- Derslerin hem teorik hem pratik olarak anlatılması iyi olur.

Kesinlikle katılmıyorum Katılmıyorum Kararsızım Katılıyorum Kesinlikle katılıyorum

3- Derslerin pratik olarak gösterilmesinde değişik metotların uygulanması gerekmektedir.

Kesinlikle katılmıyorum Katılmıyorum Kararsızım Katılıyorum Kesinlikle katılıyorum

4- 3 boyutlu gözlükle eğitimden yararlandım.

Kesinlikle katılmıyorum Katılmıyorum Kararsızım Katılıyorum Kesinlikle katılıyorum

5- Bilgisayarla yapılan eğitimden yararlandım.

Kesinlikle katılmıyorum Katılmıyorum Kararsızım Katılıyorum Kesinlikle katılıyorum

6- Plastine edilmiş örneklerle yapılan eğitimden yararlandım.

Kesinlikle katılmıyorum Katılmıyorum Kararsızım Katılıyorum Kesinlikle katılıyorum

7- Mikroskopik kesitlerle yapılan eğitimden yararlandım.

Kesinlikle katılmıyorum Katılmıyorum Kararsızım Katılıyorum Kesinlikle katılıyorum

8- Bu eğitim öğrenme motivasyonumu artırdı.

Kesinlikle katılmıyorum Katılmıyorum Kararsızım Katılıyorum Kesinlikle katılıyorum

9- Bu eğitim modeli uygulansa başarıım artar.

Kesinlikle katılmıyorum Katılmıyorum Kararsızım Katılıyorum Kesinlikle katılıyorum

10- Traktografi görüntüleriyle yapılan eğitimden yararlandım.

Kesinlikle katılmıyorum Katılmıyorum Kararsızım Katılıyorum Kesinlikle katılıyorum

11- Bugün yapılan eğitimden yararlandım.

Kesinlikle katılmıyorum Katılmıyorum Kararsızım Katılıyorum Kesinlikle katılıyorum

12- Bugün en yararlandığım model

3 boyutlu resimler

Plastine örnekler

Maketler

Traktografi görüntüleri

13- Önerileriniz

.....  
.....  
.....  
.....

□Fikse kadavra

**EK-5: Katılımcılara uygulanan ön test ve son test.**

1. Aşağıdakilerden hangisi uzun assosisasyon liflerinden **değildir**?
  - a. Fasciculus longitudinalis inferior
  - b. Cingulum
  - c. Fasciculus uncinatus
  - d. Fasciculus cuneatus
  - e. Capsula externa
2. Cingulum aşağıdaki yapılardan hangi ikisini birbirine bağlar?
  - a. Lobus frontalis – Gyrus parahypocampalis
  - b. Lobus occipitalis – Gyrus precentralis
  - c. Lobulus paracentralis – Lobus parietalis
  - d. Gyrus paracentralis – Gyrus temporalis inferior
  - e. Gyrus angularis – Gyrus parahypocampalis
3. Fasciculus arcuatus hasarında aşağıdakilerden hangi klinik durum ortaya çıkar?
  - a. Görme bozukluğu
  - b. İletim tipi afazi
  - c. İşitme bozukluğu
  - d. Hipertansiyon
  - e. Denge bozukluğu
4. Fasciculus longitudinalis superior aşağıdaki yapılardan hangi ikisini birbirine bağlar?
  - a. Frontal göz sahası (Brodmann 8) – Brodmann 18
  - b. Brodmann 43 – Brodmann 18
  - c. Lobus occipitalis – Gyrus precentralis
  - d. Lobus occipitalis – Lobulus paracentralis
  - e. Thalamus – Area septalis
5. Capsula externa hangi iki anatomik yapının arasında bulunur?
  - a. Globus pallidus – Putamen
  - b. Claustrum – Putamen
  - c. Nucleus caudatus – Globus pallidus
  - d. Nucleus caudatus – Thalamus
  - e. Claustrum – Insula
6. Aşağıdakilerden hangisi kommissural yollardan biri **değildir**?
  - a. Commissura anterior
  - b. Commissura posterior
  - c. Commissura habenularum
  - d. Adhesio interthalamica
  - e. Corpus callosum

7. Işık refleksiyle ilgili kommissural yol aşağıdakilerden hangisidir?
- Commissura anterior
  - Commissura habenularum
  - Commissura posterior
  - Adhesio interthalamica
  - Corpus callosum
8. Aşağıdakilerden hangisi Papez Halkası ile ilgili **değildir**?
- Fornix
  - Corpus mamillare
  - Tractus mamillothalamicus
  - Cingulum
  - Commissura anterior
9. Aşağıdakilerden hangisi capsula interna'nın crus posterior kısmından **geçmez**?
- Fibrae occipitopontinea
  - Radiatio optica
  - Radiatio acustica
  - Tractus corticospinalis
  - Tractus frontopontinus
10. Aşağıdakilerden hangisi cortex cerebri'nin laminalarından biri **değildir**?
- Lamina molecularis
  - Lamina granularis externa
  - Lamina medullaris interna
  - Lamina pyramidalis externa
  - Lamina multiformis

## **EK-6: Katılımcı onam formu.**

Sayın Katılımcılar,

Anatomi eğitiminde görsel modellemelerin öğrenmeye, eğitimin hem başarısına hem de eğitim motivasyonuna olan etkisini göstermek amacıyla planlanan bu çalışma, Hacettepe Üniversitesi Anatomi Anabilim Dalı tarafından yapılmaktadır. Sizin yanıtlarınızdan elde edilecek sonuçlarla Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde anatomi eğitiminin geliştirilebilmesine yönelik adımlar atılabilecektir. Bu nedenle soruların tümüne ve içtenlikle cevap vermeniz büyük önem taşımaktadır.

Araştırmaya katılmanız gönüllülük esasına dayalıdır. Bu form aracılığı ile elde edilecek bilgiler gizli kalacaktır ve sadece araştırma amacıyla (veya "bilimsel amaçlar için") kullanılacaktır. Çalışmaya katılmamayı tercih edebilirsiniz veya anketi doldururken istemezseniz son verebilirsiniz.

### **Anket formuna adınızı ve soyadınızı yazmayınız.**

Yanıtlarınızı, soruların altında yer alan seçenekler arasından uygun olanı daire içine alarak ya da açık uçlu sorularda sorunun altında bırakılan boşluğa yazarak belirtiniz. Birden fazla seçenek işaretleyebileceğiniz sorularda, size uygun gelen bütün seçenekleri işaretleyiniz. Eğer sorunun yanıtları arasında "diğer" seçeneği mevcutsa ve yanıtınız var olan seçenekler arasında yer almıyorsa, bu durumda yanıtınızı diğer seçeneğindeki boşluğa yazınız.

Anketi yanıtlığınız için teşekkür ederiz.

Çalışma ile ilgili herhangi bir sorunuz olduğunda aşağıdaki kişi ile iletişim kurabilirsiniz:

Dr Hasan Barış ILGAZ

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı

Telefon: 312 305 1021

**Çalışmaya katılmayı kabul ediyorsanız aşağıdaki kutucuğu X ile işaretleyiniz ve devam ediniz.**

Kabul ediyorum

## 9. ÖZGEÇMİŞ

HASAN BARIŞ ILGAZ, MD

ANATOMİ ARAŞTIRMA GÖREVLİSİ

Hacettepe Üniversitesi

Tıp Fakültesi

Anatomi Anabilim Dalı

61100 Sıhhiye Ankara

Telefon: (+90-312) 305 2110

(+90-532) 722 2643

e-mail: hasanbilgaz@hacettepe.edu.tr

hasanbilgaz@gmail.com

### KİŞİSEL BİLGİLER

Doğum tarihi / yeri : 1 Ocak 1984 / Burdur, Türkiye

Medeni hal : Evli

Uyruk : Türkiye Cumhuriyeti



## EĞİTİM

- Lisans/Y.Lisans eğitimi; 2001-2007, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Türkçe Tıp, Ankara, Türkiye.
- Anatomi Doktora Eğitimi; 30 Ağustos 2012-, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye.

## MESLEKİ DENEYİM

- 30 Ağustos 2012 - halen; Araştırma Görevlisi, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye.
- 1 Eylül 2010 - 1 Haziran 2011; Pratisyen Hekim (Askerlik Hizmeti), Yüksekova Dağ Komando Tugayı Reviri, Hakkari, Türkiye.
- 14 Nisan 2007 - 30 Nisan 2008; Pratisyen Hekim (Mecburi Hizmet), Hopa Devlet Hastanesi, Acil Servis, Artvin, Türkiye.

## YAYINLAR

### Kitap bölümü:

1. K. Mine ERGUN, Mürvet HAYRAN. Anatomi, 1.baskı, 2014, MN Medikal & Nobel Tıp Kitabevi, Ankara, Konu 101. Merkezi Sinir Sisteminin Damarları, Sf. 651-659.

SCI, SCI Expanded, SSCI, AHCI kapsamı dışındaki dergi sayılarında yayınlanmış yayınlar:

1. Bitirak G, Ilgaz HB, Kaya TL, Kilic K, Aslan D. Determinants of milk and milk product consumption among primary school children in a district of Ankara, Turkey. Acta Medica Academica Vol 37, No1, 23-28, (2008).

Uluslararası hakemli konferans/sempozyumların bildiri kitaplarında yer alan yayınlar (Poster Sunumları) :

1. Kasırğa UB, Al Shouk A, Ilgaz HB, Çetin N, Vatansever A, Uygun S, Ochilov AJ, Sargon MF. Cadaveric Approach to Muscles and Fasciae of the Male Perineum. 14-16 June 2013, 1st International Uroanatomy Congress, Izmir, Turkey.

2. Vatansever A, Çetin N, Ilgaz HB, Al Shouk A, Uygun S, Kasırğa UB, Ochilov AJ, Sargon MF. Perineal Approach to Prostate: A Cadaveric Study. 14-16 June 2013, 1st International Uroanatomy Congress, Izmir, Turkey.
3. Vatansever A, Çetin N, Al shouk A, Ilgaz HB, Sargon MF . Bilateral double layers of quadratus plantae muscle: A case report. 24-27 June 2015, International Congress of Clinical Anatomy, Rouen, France.
4. Ilgaz HB, Sargon MF, Tatar I, Urfalı B, Ozkan S. An optimization attempt for fiber dissection technique. 2-6 September 2015, XXIV International Symposium on Morphological Sciences, Istanbul, Turkey.

Uluslararası kongrelerde sunulan SCI, SCI Expanded, SSCI, AHCI kapsamındaki dergi özel sayılarında veya aynı kapsamlardaki kongre kitabında tam metni veya özeti yayınlanmış bildiriler ve editöre mektup:

1. Vatansever A, Çetin N, Al shouk A, Ilgaz HB, Sargon MF . Bilateral double layers of quadratus plantae muscle: A case report. Clinical Anatomy 29:963-976 (2016).

Uluslararası kongrelerde sunulan SCI, SCI Expanded, SSCI, AHCI kapsamı dışındaki dergi özel sayılarında tam metni veya özeti yayınlanmış bildiriler ve editöre mektup:

1. Ilgaz HB, Sargon MF, Tatar I, Urfalı B, Ozkan S. An optimization attempt for fiber dissection technique. Anatomy 9:Suppl 2, 189 (2015).

Ulusal hakemli konferans/sempozyumların bildiri kitaplarında yer alan yayınlar (Poster Sunumları):

1. Vatansever A, Demiryürek D, Ilgaz HB, Al Shouk A. Meme'nin Cerrahi Anatomisi. 20-23 Şubat 2014, Anatomi Günleri 2014, Erzurum, Türkiye
2. Farımaz M, Akdemir Aktaş H, Ilgaz HB, Sargon MF. İnsan Femurlarında Trochanter Tertius'un Varlığının İncelenmesi. 12-13 Kasım 2015, Antropoloji, Radyoloji ve Anatomi Kongresi, Ankara, Türkiye

3. Gunenc Beser C, Ercakmak B, Ilgaz HB, Demiryurek D. Review of the afferent and efferent connections of amygdaloid body. 26-29 Mayıs 2016, 14. Ulusal Sinirbilim Kongresi, Ankara, Türkiye
4. Gunenc Beser C, Ercakmak B, Ilgaz HB, Vatansever A, Sargon MF. Revisiting the relationship between submandibular duct, lingual nerve and hypoglossal nerve. 11-14 Şubat 2016, Prof.Dr. İbrahim Veli Odar Anatomi Kış Toplantısı, Ilgaz, Türkiye
5. Vural CA, Ercakmak B, Ilgaz HB, Demiryurek D. Humeral retroversiyonun bilgisayarlı aksiyel tomografi kesitleri ile ölçümü. 05-09 Eylül 2016, 17.Ulusal Anatomi Kongresi, Eskişehir, Türkiye

Ulusal kongrelerde sunulan SCI, SCI Expanded, SSCI, AHCI kapsamı dışındaki dergi özel sayılarında tam metni veya özeti yayınlanmış bildiriler ve editöre mektup:

1. Gunenc Beser C, Ercakmak B, Ilgaz HB, Demiryurek D. Review of the afferent and efferent connections of amygdaloid body. *Anatomy 10: Suppl 1*, 68-69 (2016).
2. Vural CA, Ercakmak B, Ilgaz HB, Demiryurek D. Humeral retroversiyonun bilgisayarlı aksiyel tomografi kesitleri ile ölçümü. *Anatomy 10: Suppl 2*, 135 (2016).

Katılımlar:

- Asistan Etik Eğitimi, 16-17 Nisan 2013, Ankara, Türkiye
- Kök Hücre Günü 2013 Toplantısı, 8 Kasım 2013, Ankara, Türkiye
- 1. Hacettepe Writing Workshop, 1-2 Ekim 2014, Ankara, Türkiye
- Hacettepe Üniversitesi Eğiticilerin Eğitimi Programı, 9-10 Mayıs 2015, Ankara, Türkiye
- 6th Microneurosurgery course, Part 2- Hands on White Matter Dissection & Live Surgery, 13-19 Haziran 2015, İstanbul, Türkiye
- XXIV International Symposium on Morphological Sciences, 2-6 Eylül 2015, İstanbul, Türkiye

- 2nd International Uroanatomy, Urotechnology and Urosimulation Congress, 11-13 Eylül 2015, Ankara, Türkiye
- Antropoloji, Radyoloji ve Anatomi Kongresi, 12-13 Kasım 2015, Ankara, Türkiye
- Prof.Dr. İbrahim Veli Odar Anatomi Kış Toplantısı, 11-14 Şubat 2016, Ilgaz, Çankırı, Türkiye
- 14.Ulusal Sinirbilim Kongresi, 26-29 Mayıs 2016, Ankara, Türkiye
- Beyin ve Fibril Diseksiyon Kursu, 15-17 Temmuz 2016, İzmir, Türkiye