T.C.
Atatürk Üniversitesi
Nöroşirurji Anabilim Dalı

SUPERİOR FRONTAL GİRUS MEDİAL ALAN SUBKORTİKAL ANATOMİSİ: FİBER DİSEKSİYON VE TRAKTOGRAFİK OLARAK 3 BOYUTLU MİMARİSİNİN İNCELENMESİ

Temırlan CHYNDOLOTOV

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Hakan hadi KADIOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Kürşat KARADAĞ

Bu araştırma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından TTU-2023-12203 kodlu proje olarak desteklenmiştir.

ERZURUM 2024

T.C.
Atatürk Üniversitesi
Nöroşirurji Anabilim Dalı

SUPERİOR FRONTAL GİRUS MEDİAL ALAN SUBKORTİKAL ANATOMİSİ: FİBER DİSEKSİYON VE TRAKTOGRAFİK OLARAK 3 BOYUTLU MİMARİSİNİN İNCELENMESİ

Temırlan CHYNDOLOTOV

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Hakan Hadi KADIOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Kürşat KARADAĞ

Bu araştırma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından TTU-2023-12203 kodlu proje olarak desteklenmiştir.

ERZURUM 2024

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

I. UZMANLIK ÖĞRENCİSİ ve TEZİ İLE İLGİLİ BİLGİLER	
Adı, Soyadı : Temirlan CHYNDOLOTOV	**Sınav tarihi:** 10 / 05/ 2024
Anabilim Dalı : Beyin ve Sinir Cerrahisi ABD	
Tez Danışmanı ve Atanma Tarihi: Prof Dr.Hakan Hadi KADIOĞLU	
Tezin Konusu ve Başlığı : Superior Frontal Girus Medial Alan Subkortikal Anatomisi:Fiber Diseksiyon ve Traktografik Olarak 3 Boyutlu Mimarisinin İncelenmesi **Belirlenme Tarihi:**10.01.2023	
Tezin Niteliği : Tıpta Uzmanlık Tezi Klinik Çalışmalar ( ) Prospektif ( ) Retrospektif ( ) Kesitsel Laboratuvar Çalışmaları ( ) Invitro (Cansız) Çalışmaları ( ) Hayvan Çalışmaları	
Tez Sınavının Nasıl Yapıldığı: Yüz yüze katılım sağlanarak Online (Jürinin teşkil edilmesinde kurum dışından belirlenecek olan jüri üyesi, aynı il sınırları içerisinde bulunmadığından, tez sınavı dijital ortamda yapılmıştır.)	

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ TEZ SINAVI TUTANAĞI

II. KARAR

Tıpta ve Diş Hekimliğinde Uzmanlık Eğitimi Yönetmeliğinin 19. maddesi gereğince yapılan tez savunma sınavının tamamlanması sonucunda adı geçenin tezinin, jüri üyelerince "Tıpta Uzmanlık Tezi" olarak;

Kabulüne

1.Tez Sınavı Reddine (Eksikliklerin tamamlanması ve gerekli düzeltmelerin yapılması için uzmanlık öğrencisine, TUEY'nin 19. Maddesinin 6. fıkrası gereğince altı aylık ek bir süre verilmesine)

2.Tez Sınavı Reddine (TUEY'nin 19. Maddesinin 7. fıkrası gereğince, uzmanlık öğrencisinin uzmanlık öğrenciliği ile ilişiğinin kesilmesine)

Oy birliği Oy çokluğu ile karar verilmiştir.

III. AÇIKLAMALAR

Lütfen, tezin reddi durumunda gerekçeli açıklamalarınızı buraya yazınız

	Unvanı Adı Soyadı	**Uzmanlık Dalı**	**İmza**
Jüri Başkanı	Prof.Dr. Hakan Hadi KADIOĞLU	Beyin ve Sinir Cerrahisi ABD	
Jüri Üyesi	Doç.Dr. .Mürteza ÇAKIR	Beyin ve Sinir Cerrahisi ABD	
Jüri Üyesi	Dr.Öğrt.Üyesi Mehmet Kürşat KARADAĞ	Beyin ve Sinir Cerrahisi ABD	

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR ..... **iv**
ÖZET ..... **v**
ABSTRACT ..... **vii**
KISALTMALARIN DİZİNİ ..... **ix**
ŞEKİLLERİN DİZİNİ ..... **xii**
1. GİRİŞ ve AMAÇ **1**
2. GENEL BİLGİLER **4**
2.1. Temel Bilgiler 4
2.1.1 Serebral Anatomi 4
2.2. Serebral Korteksin Fizyolojik Anatomisi 6
2.2.1 Brodman Alanlarının Tarihçesi 6
2.2.2 Brodman Alanları 7
2.3.Frontal Lobun Ak Madde Yolları 8
2.3.1. Ak Madde Yollarının Önemi 8
2.3.1.1. Frontal Lob İle İlişkili Ak Madde Lifleri 9
2.3.1.2. Süperior Longitudinal Fasikül 9
2.3.1.3. Arkuat Fasikül 9
2.3.2.3 Frontal Aslant Trakt 10
2.3.2.4 İnferior Fronto-Oksipital Fasikül 10
2.3.2.5 Unsinat Fasikül 11
2.3.2.6 Singulum 11
2.3.2.7 Korpus Kallozum 11
2.3.2.8. Anterior Komissür 12
2.3.2.9. İnternal Kapsül 12
2.3.2.10. Prefrontal Korteks ile Talamusu Bağlayan Assosiasyon Lifleri 13
2.4.Talamus ve Prefrontal korteksin Arteriyel Beslenmesi 13
2.5.Prefrontal Korteksin Venöz Yapıları 16
2.6.Serebral Anatomi Çalışmalarının Tarihçesi 18

2.7.Nöroşirurjide Radyolojik Uygulamalar 20
2.7.1.Nöroradyolojinin Tarihçesi.....20
2.7.2.Radyolojik Anatomi 21
2.8.Serebral Fiksasyonda Kullanılan Yöntemler ve Çözeltiler.....24
3.GEREÇ.....29
4. YÖNTEM.....30
5. BULGULAR 34
5.1. Medialden Laterale Doğru Kademeli Diseksiyon.....34
5.2. Lateralden Mediale Doğru Kademeli Diseksiyon.....43
5.3. Radyolojik Bulgular.....57
5.4. Radyolojik Bulguların İstatiksel Analizi.....58
6.TARTIŞMA 74
7. SONUÇ.....80
8. KAYNAKLAR.....81

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması sürecinde, katkılarından dolayı birçok kişiye teşekkür etmek isterim. Bu destekler, bu çalışmanın başarılı bir şekilde tamamlanmasına büyük katkı sağlamıştır.

Bölüm başkanımız Prof. Dr. Hakan Hadi Kadıoğlu'na, bu tez çalışması boyunca gösterdiği ilgi, destek ve rehberlik için teşekkür ederim.

Tez sürecindeki tüm aşamalarda desteklerini esirgemeyen ve değerli görüşleriyle çalışmamı zenginleştiren Doç.Dr Mehmet Hakan Şahin'e de ayrıca teşekkür etmek isterim.

Tez çalışması sürecinde emeği geçen, bilgi ve deneyimlerini paylaşan Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Kürşat Karadağ'a da teşekkür etmek isterim.

Deney sürecinde yardımlarını esirgmeyen asistan arkadaşlarım Ufuk Temtek ve İrfan Kılıç'a da teşekkür etmek isterim.

Çalışmada kullanılan traktografi görüntülerinin elde edilmesinde yardımcı olan Radyoloji ABD Öğretim Doç. Dr. Ahmet Yalçın'a teşekkür etmek isterim.

Son olarak öğrenciliğimin ve asistanlığımın her aşamasında bana desteklerini esirgemeyen annem ve babam başta olmak üzere aileme, bu zorlu sürecin en büyük destekçisi sevgili eşim Bermet ve motivasyon kaynağım oğlum Erzhan ve kızlarım Erkeaıym ve Azhar'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

ÖZET

Superior Frontal Girus Medial Alan Subkortikal Anatomisi: Fiber Diseksiyon ve Traktografik Olarak 3 Boyutlu Mimarisinin İncelenmesi

Amaç: Prefrontal korteks limbik sistemin bir parçası olduğu düşünüldüğünde bu bölgenin cerrahisi için nöroşirurjiyenler için hem morfolojik hem de fonksiyonel olarak 3 boyutlu olarak anatomik ve radyolojik olarak bilinilmesi gereklidir. Nöroanatomik diseksiyon prefrontal korteksin medial alana yaklaşımı kortikal ve subkortikal anatomik ve radyolojik mimari yapısını anlamak ve bu bölgenin cerrahisi için farkındalık geliştirmek amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışma, Erzurum Atatürk Üniversitesi Tıp Fakultesi Anatomi Anabilim Dalı Laboratuvarında yapıldı. Çalışma anatomik ve radyolojik olarak iki aşamalı yapıldı. Birinci aşamada anatomik diseksiyon yapıldı. Anatomik diseksiyon için 10 adet tahnitli boyalı kafa spesmeni kulanıldı. Kafa spesmenlerine MRG ile 3 planda 1 mm kesit aralıklarla görüntülemeler yapılarak tüm spesmenlerin diseksiyon yapmaya elverişli olduğu görüldü. Kraniyal cerrahi usulle skalp, kemik, dura açığa çıkarıldı, kaldırıldı. Cerrahi mikroskop yardımıyla medialden laterale sonra lateralden mediale doğru vasculer yapılar korunarak ak madde lif diseksiyonları, mikrocerrahi seti ile operasyon mikroskobu altında yapıldı ve her aşama üç boyutlu olarak fotoğraflandı. İkinci aşamada serebral patolojisi olmayan 13 (6 erkek, 7 kadın) gönüllünün, ak madde liflerinin yönelimini incelemek için için DTI MR görüntüleri alındı. Prefrontal korteks'e ait lif yolları, olasılıklı fiber izleme ile tasvir edilen önceki fiber izleri üzerinde VOI tabanlı deterministik fiber izleme kullanılarak yeniden yapılandırıldı. Lif izlerini tasvir etmek için kavisli çok düzlemli rekonstrüksiyon ve 3D modelleme kullanıldı. 13 adet sağlıklı bireye ait DTI görüntüler, kadaverik spesmenlerden elde edilen görüntüler ile eşleştirilerek değerlendirildi. 13 bireyin Verilerin istatistiki analizi için IBM SPSS Versiyon 20.0. (Armonk, NY: IBM Corp) istatistik programı kullanıldı.

Bulgular: Kademeli olarak yapılan ak madde lif diseksiyonu calışması sonucu, superior frontal gyrus medial alan ve orbitofrontal gyrus ak madde yolları veya frontal lobdaki kısa ak madde yolları literaturde bilinen klinik calışmalarla korele şekilde gosterildi. Ayrıca Brodman 8, 9, 10, 11 ve 45, 47 alanaları ile anterior nükleus talami arasındaki bağlantıyı sağlayan ve daha once sadece DTI-traktografi ile gosterilebilen talamus ile BA 44, 45, 47 ak madde bağlantıları ilk kez vassküler yapılar korunarak disseke edilip gosterildi.

Sonuç: Ak madde lif diseksiyon calışması, beynin uc boyutlu anatomisinin kavranmasında noroşirurjiyenler icin oldukca onemlidir. Ayrıca bu liflerin vasculer yapılarla iz düşümünü yani topografik yol gösterilmesi önemlidir. Bu yolların topografik hâkimiyeti kazanılması pre-intra ve postoperatif klinik beyin fonksiyonları ve ak madde tumoral invazyon paternlerini anlaşılmasında yardımcı olur; cerrahi strateji, preoperatif planlama buna gore yapılır; boylelikle cerrahi morbidite azalır.

Anahtar Kelimeler: Ak Madde Yolları, Fiber Diseksiyonu, Prefrontal Kortek

ABSTRACT

Title: Superior Frontal Gyrus Medial Area Subcortical Anatomy: Examination of its 3D Morphology via Fiber Dissection and Tractographic Analysis

Objective: Given the prefrontal cortex's role as part of the limbic system, neurosurgeons need to have a three-dimensional anatomical and radiological understanding of this region both morphologically and functionally for its surgery. Neuroanatomical dissection aimed to comprehend the cortical and subcortical anatomical and radiological architecture of the medial area of the prefrontal cortex and develop awareness for its surgery.

Materials and Methods: This study was conducted at the Anatomy Department Laboratory of Erzurum Atatürk University Faculty of Medicine. The study was conducted in two stages, anatomical and radiological. In the first stage, anatomical dissection was performed using 10 formalin-fixed and colored head specimens. MRI imaging with 1 mm slice intervals in three planes was performed on head specimens, confirming their suitability for dissection. Using cranial surgical techniques, the scalp, bone, and dura were exposed and removed. Microsurgical dissections of white matter fibers were performed from medial to lateral and then from lateral to medial, preserving vascular structures, under the operation microscope using a microsurgical set, and each stage was photographed in three dimensions. In the second stage, DTI MRI images were obtained from 13 (6 male, 7 female) volunteers without cerebral pathology to examine the orientation of white matter fibers. Fiber pathways related to the prefrontal cortex were reconstructed using VOI-based deterministic fiber tracking based on previously depicted fiber tracts with probabilistic fiber tracking. Curved multiplanar reconstruction and 3D modeling were used to depict fiber pathways. DTI images of 13 healthy individuals were evaluated by matching them with images obtained from cadaveric specimens. IBM SPSS Version 20.0 (Armonk, NY: IBM Corp) statistical program was used for statistical analysis of the data.

Results: Gradual white matter fiber dissection revealed pathways of the medial area of the superior frontal gyrus and orbitofrontal gyrus or short white matter pathways in the frontal lobe, correlating with known clinical studies in the literature. Additionally, connections between Brodmann areas 8, 9, 10, 11, and 45, 47, and the anterior nucleus of the thalamus, which were previously only demonstrated by DTI tractography, were dissected and shown for the first time while preserving vascular structures.

Conclusion: White matter fiber dissection is crucial for neurosurgeons to grasp the three-dimensional anatomy of the brain. Furthermore, delineating these fibers' trajectories with vascular structures is important for topographic guidance. Acquiring topographic mastery of these pathways aids in understanding pre-intra and postoperative clinical brain functions and white matter tumor invasion patterns; thus, surgical strategy and preoperative planning can be tailored accordingly, reducing surgical morbidity.

Keywords: White Matter Pathways, Fiber Dissection, Prefrontal Cortex

KISALTMALARIN DİZİNİ

a.f.v : Anterior frontal ven
a.fem : Arteria femoralis
a.m.p.v : Anterior medioparyetal ven
a.m.p.v : Anterior mediopariyetal ven
a.p.v : Anteriyor paryetal ven
a.pacs.v : Anterior parasantral ven
a.sv : Anterior septal ven
a.t.a : Anterior temporal arter
a.t.v : Anterior temporal ven
ac : Anterior komissür
ACA : Anterior serebral arter
Acb : Nukleus akkumbens
AcomA : Anterior komunikan arter
Acp : Anterior klinoid proçes
Af : Anterior fontanel
AF : Arkuat fasikül
Cb : Serebellum
CC : Korpus kallozum
CCA : Komunis karotid arter
CC-b : Korpus kallozum body
CC-g : Korpus kallozum genu
CC-r : Korpus kallozum rostrum
ccs : Kalkarin sulkus
CC-s : Korpus kallozum splenium
Cd : Kaudat nukleus
ce : Santral sulkus
ce.a : Santral arter
CG : Singulat girus
cgs : Singular sulkus
chp : Koroid pleksus
cosi : Sinüs konfluens
Cun : Kuneus
DLPFC : Dorsolateral prefrontal korteks
DTG : Diffuzyon tensör görüntü
DTT : Diffuzyon tensör traktografi
DMN : Default mod network
ec : Eksternal kapsül
exc : Ekstrem kapsül
FAT : Frontal aslant trakt
FB : Frontal burr-hole
fmi : Forseps minör
ALG : Anterior uzun girus
als : Anterior limitan sulkus
AMY : Ak madde yolları
an.p.a : Anteriyor paryetal arter
an.percl.v : Anterior perikallozal ven
AnG : Angular girus
Aq : Akvedakt silvi
ar : Araknoid zar
AShG : Anterior kısa girus
ATh : Anterior talamik nukleus
ATN : Anterior talamik nukleüs
BA : Brodmann alanı
BT : Bilgisayarlı tomografi
c.m.f.v : Santral mediofrontal venler
cas : Kallozal sulkus
cav : Kavernöz sinüs
fMRG : Fonksyonel manyetik rezonans görüntüleme
FOF : Fronto-oksipital fasikül
FrOp : Frontal operkulum
frpol.v : Frontopollar ven
fx : Forniks
FxC : Falks serebri
glİ : Girus longus insula
GR : Girus rektus
gTt : Giri temporales transversi
HU : Hounsfield unit
ic : İnternal kapsül
İCA : İnternal serebral arter
ica : İnternal serebral arter
İFG : İnferior frontal girus
İFOF : İnferior fronto-oksipital fasikül
ifs :İnferior frontal sulkus
İGr : İndusium griseum
İLF : İnferior longitudinal fasikül
ils : İnferior limitan sulkus
İOG : İnferior oksipital girus
İPL : İnferior paryetal lobül
ips : İntraparyetal sulkus
irs : İnferior rostral sulkus
İTG : İnferior temporal girus

its : İnferior temporal sulkus
JV : Juguler ven
l.acer : Sol anetrior serebral arter
l.frbz.a : Lateral frontobazal arter
l.i.c.v : Sol internal serebral ven
l.m.p.ch.a : Sol posteromedial koroidal arter
lf : Lateral fissür
LgG : Lingual girus
Li : Limen insula
los : Lateral oksipital sulkus
LP : Lomber ponksyon
LV : Lateral venrikül
m.f.v : Orta frontal ven
m.t.a : Orta temporal arter
m.t.v : Orta temporal ven
MaciS : Singulat sulkusun marginal ramusu
MB : Mammiller cisim
MCA : Orta serebral arter
Mcep : Mezensefalon
mcer : Orta serebral arter
MFG : Orta frontal girus
MFGr : Medial frontal girusun rostral kısmı
MShG : Orta kısa girus
mt : Mammilo-talamik trakt
MTG : Orta temporal girus
o.v : Oksipital ven
OFC : Orbito-frontal korteks
OL : Oksipital lob
OP : Oksipital pol
p.c.v : Posterior kalkarin ven
p.cal.a : Perikallozal arter
p.f.v : Posterior frontal ven
p.m.p.v : Posterior medioparyetal ven
p.op : Pars operkularis
p.or : Pars orbitalis
p.p.v : Posterior paryetal ven
p.pacs.v : Posterior parasantral ven
p.sv : posterior septal ven
p.t : Pars triangularis
p.t.a : Posterior temporal arter
p.t.v : Posterior temporal ven
PaCL : Parasantral lob
pacs : Parasantral sulkus
pcer : Posterior serebral arter
pcfx : Prekomissüral forniks
pcoma : Posterior kommunikan arter
pcs : Presantral sulkus
pcs.a : Presantral arter
pcs.v : Presantral ven
PCun : Prekuneus
PFC : Prefrontal korteks
Pi : Pineal bez
PLG : Posterior uzun girus
pocfx : Postkomissüral forniks
pocs : Postsantral sulkus
pocs.a : Postsantral arter
pocs.v : Postsantral ven
PoG : Postsantral girus
pos : Paryeto-oksipital sulkus
prf.s.a : Prefrontal sulkal arter
PrG : Presantral girus
PShG : Posterior kısa girus
pst.p.a : Posterior paryetal arter
Pu : Putamen
r.mcer : Sağ middle serebral arter
r.A2 : Sağ A2
r.acer : Sağ anterior serebral arter
r.ang : Ramus angularis
r.calmarg : Kallozomarginal arter
r.cin : Ramus singularis
r.franm : Ramus frontalis anteromedialis
r.frinm : Ramus frontalis intermediomedialis
r.frpom : Ramus frontalis posteromedialis
r.ofm : Ramus orbitofrontalis medialis
r.p : Ramus paryetalis
r.pacs : Ramus parasantralis
r.pcs : Ramus presantralis
r.pcs : Ramus presantralis
r.pcun : Ramus prekunealis
r.pos : Ramus paryeto-oksipitalis
S.v : Sylvian ven
SAB : Subaraknoid boşuk
sbps : Subparyetal sulkus
SC : Superior kollikulus

SFG : Superior frontal girus
SFGdl : Dorsolateral superior frontal girus
SFGma : Superior frontal girus medial alan
SFGp : Posterior superior frontal girus
sfs : Superior frontal sulkus
SLF II : Superior longitudinal fasikül II
SLF III : Superior longitudinal fasikül III
sls : Superior limitan sulkus
sm : Stria medülaris talami
SMA : Saplementer motor alan
SMG : Supramarginal girus
SOG : Superior oksipital girus
SOG : Superior oksipital girus
spets : Superior petrozal sinüs
SPL : Superior paryetal lobul
SptP : Septum pellusidum
srs : Superior rostral sulkus
SS : Straight sinüs
SSS : Superior sagittal sinüs
st : Stria terminalis
STG : Superior temporal girus
sts : Superior temporal sulkus
TCb : Tentorium serebri
Th : Talamus
thp-ec : Ekstrkapsüler talamik pedinkül
TPF : Talamo prefrontal fiberler
trs : Transvers sinüs
UF : Unsinat fasikül
Ulif : U lifler
v.o.G : Galen veni
v.o.L : Labbe veni
v.o.T : Trolard veni
vt : Velum
1n : 1. kranial sinir
2n : 2.kranial sinir
3n : 3. kranial sinir
3v : 3. ventrikül
4n : 4. kranial sinir

ŞEKİLLERİN DİZİNİ

Şekil 1. Korpus kallozumun segmentleri 12
Şekil 2. Talamusun arteriyel beslenmesi 14
Şekil 3. Prefrontal korteks medial alan arteriyel beslenmesi 15
Şekil 4. Prefrontal korteks lateral alan arteriyel beslenmesi 16
Şekil 5. Hemisferin lateral yüzünün venleri 17
Şekil 6. Hemisferin medial yüzünün venleri 17
Şekil 7. Beynin inferior yüzünün venleri 18
Şekil 8. Beyin BT 22
Şekil 9. Beyin MRG 22
Şekil 10. Beyin fMRG 23
Şekil 11. MR traktografi 23
Şekil 12. Fiksatör. 31
Şekil 13. Ciltten kortekse kadar diseksiyon aşamaları 32
Şekil 14. Orbita, burun ve kulak korunarak skalp, kranium, dura mater kaldırıldıktan ve sağ hemisfer çıkarıldıktan sonra falks ve sol hemisferin medial yüzünün görünümü 35
Şekil 15. Falks serebri ve tentorium çıkarıldıktan sonra superior frontal girustaki Brodman alanlarının boyanmış görünümü 36
Şekil 16. Falks serebri ve tentorium çıkarıldıktan sonra sol hemisferin medial ve sağ serebellumun superior yüzü 37
Şekil 17. Septum pellusidum ve araknoid zar eksize edildikten sonra hemisferin medial yüzü . 38
Şekil 18. Paraolfaktör girus, singulat girus, parasantral lobül, prekuneus ve Brodman 8, 9, 10 ve 11 dekortikasyonu sonrası U liflerler ve arter uç dallarının gösterilmesi 39
Şekil 19. Forniks ve kaudat nükleus ön 1/3 başı kaldırıldıktan sonraki ak madde liflerinin talamus ile ilişkisine ait görünüm 40
Şekil 20. Korpus kallozumun rostrum ve genu diseksiyonu sonrası görünüm 41
Şekil 21. Prekomissüral forniks ile korpus kallozum rostrum ve genu eksizyonu sonrası forseps minör ve nükleus akkumbens ile birlikte talamus-medial frontal korteks arası ak madde liflerinin gösterilmesi 42
Şekil 22. Forseps minör, korpus kallozumun rostrum ve genu kaldırılması sonrası BA 8, 9, 10 ve 11 bölgelerinden talamusa uzanımı olan ak madde liflerinin gösterilmesi 43
Şekil 23. Orbita, burun ve kulak korunarak spesmenin sol tarafındaki skalp, kemik ve dura mater çıkarıldıktan sonraki sol hemisferin lateral yüzünün görünümü 44
Şekil 24. Araknoid mater ve venöz yapılar çıkarıldıktan sonraki PFC'deki BA'ların lateralden görünümü (boyanmıştır) 45
Şekil 25. Araknoid mater ve venöz yapılar çıkarıldıktan sonraki sol hemsifein lateralden görünümü 46
Şekil 26. Hemsiferin BA 8 ve BA 9'u kapsayan SFG ve arterlerin diseksiyon sonrası medialden görünümü. (MFG diseksiyonu esnasında kortikal doku eksizyonu sonrası topografik hâkimiyetin kaybedilmemesi amacıyla bu girus üzerine kaudalden rostrale sırasıyla Brodman 9 (beyaz), Brodman 46 (yeşil) ve Brodman 10 (sarı) 3 adet toplu iğne lateralden mediale doğru ilerletildi) 47
Şekil 27. Hemisferin BA 8 ve Ba 9'u kapsayan SFG ve arterlerin diseksiyonu sonrası (beyaz pin BA 9, yeşil pin BA 46, sarı pin BA 10 alanları) lateralden hemisfer görünümü. (MFG diseksiyonu esnasında kortikal doku eksizyonu sonrası topografik hâkimiyetin kaybedilmemesi amacıyla bu girus üzerine kaudalden rostrale sırasıyla Brodman 9 (beyaz), Brodman 46 (yeşil) ve Brodman 10 (sarı) 3 adet toplu iğne lateralden mediale doğru ilerletildi) 48

Şekil 28. Kalvariyum ve SSS ortamdan uzaklaştırıldıktan sonra BA45, 46 ve 47 alanlar ait U lifler ve talamik ak madde bağlantılarının anteromedial görünümü 49
Şekil 29. Korpus kallozum gövdesi, singulat girus ve kuneus bölgesine kadar arteriyel dokuların diseksiyonu sonrasında BA 44, 45, 47 ve 11 alanlardan talamo-prefrontal fiberler görünümü. (Talamik prefrontal pedinkül lifleri olarak belirlediğimiz yoğun bir şekilde birleştiği kaudat nükleus başı hizasındaki alandan kortikospinal trakta giden lif grubunda ayırmak amacıyla hassas diseksiyonla ayıraçlar ile işaretlendi) 50
Şekil 30. BA 44, 45 ve 47'nin anterolateral açıdan görünümü (MFG kaldırılmıştır)..... 51
Şekil 31. Sol hemisferin BA 44, 45 ve 47 korunarak dekortikasyon sonrası lateral görünümü .. 52
Şekil 32. U liflerinin kaldırılmasında SLF kompleksi, SLF II ve SLF III'ün görünümü 53
Şekil 33. Operkular kortikal bölge çıkarıldıktan sonra insular korteks ve M2'nin dallarının görünümü 53
Şekil 34. İnsula üzerindeki arterlerin MCA bifurkasyonundan itibaren eksizyonu sonrası superior limitan sulkus, inferior limitan sulkus, posterior insular point ve insular korteksin görünümü 54
Şekil 35. Ekstrem kapsülün insulanın dekortikasyonu sonrası görünümü..... 55
Şekil 36. Eksternal kapsül, klastrum ve unsinat fasikülün ekstrem kapsülün çıkarılmasından sonraki görünümü 56
Şekil 37. Eksternal kapsül, klastrum, inferior limitan sulkus ve superior limitan sulkus arka sınırı kaldırılması sonrası putamen, internal kapsül ve fronto oksipital fasikülün görünümü 56
Şekil 38. TPP'nin medialden BA'lara bağlantıları 57
Şekil 39. TPP'nin lateralden BA'lara bağlantıları 58
Şekil 40. Lif sayılarının ikiden fazla bağımsız grup ile sürekli değişkenlerin kıyaslanması 64
Şekil 41. Total volümün ikiden fazla bağımsız grup ile sürekli değişkenlerin kıyaslanması 66
Şekil 42. Yüzey alanının ikiden fazla bağımsız grup ile sürekli değişkenlerin kıyaslanması 68

TABLOLARIN DİZİNİ

Tablo 1. Uygulama Biçimlerine Göre Serebral Fiksasyon Yöntemleri..... 25
Tablo 2. Radyolojik İncelemedeki Lif sayıları, Volüm ve Yüzey Alan Verileri 58
Tablo 3. Gruplar Arasında Lif Sayılarının İstatistiksel Analizi 63
Tablo 4. Lif Sayılarının İkili Gruplar Arasında Karşılaştırması..... 64
Tablo 5. Gruplar Arasında Total Volüm (mm^3) Değerlerinin İstatistiksel Analizi 65
Tablo 6. Total Volümün İkili Gruplar Arasında Karşılaştırması 65
Tablo 7. Gruplar Arasında Yüzey Alan (mm^2) Değerlerinin İstatistiksel Analizi 67
Tablo 8.Yüzey Alanın İkili Gruplar Arasında Karşılaştırması..... 67
Tablo 9. Talamus ile BA'lar Arasındaki Lif Sayılarının Sağ ve Sol Taraflarının İstatistiksel Karşılaştırılması 69
Tablo 10. Talamus ile BA'lar Arasındaki Liflerinin Total Volüm Değerlerinin Sağ ve Sol Taraflarının İstatistiksel Karşılaştırılması 70
Tablo 11. Talamus ile BA'lar Arasındaki Liflerinin Yüzey Alan Değerlerinin Sağ ve Sol Taraflarının İstatistiksel Karşılaştırılması 72
Tablo 12. Gruplar Arasında Değerlerinin Sağ ve Sol Taraflarının İstatistiksel Karşılaştırılması 73

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Prefrontal korteksin medial alanı superior frontal girus (SFG), orbital ve rektus giruslarından oluşmaktadır. Orbital ve rektus girusları orbitofrontal korteks (OFC) olarak da adlandırılmaktadır. Superior frontal girusun girus medial alanı (SFGma) anterior, medial ve posterior segmentlerden oluşmuş olup Brodman eşleniği 6, 8, 9 ve 32.alanlardır (1). SFG, frontal polden presantral girusa kadar ortalama 11 cm uzunluğunda 2 cm genişliğinde bir alandır. Arkada presantral girus, önde frontal polun orbital ve rektus girusları ile bağlantıları vardır. SFG, superolateral ve medial olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır.

OFC, beynin ön loblarındaki prefrontal korteksin karar vermede rol oynayan bir bölgesidir. Bu korteks Brodmanın 10, 11 ve 47 numaralı alanlarıyla temsil edilir (3). OFC anatomik olarak ventromedial prefrontal korteksdir (4). OFC'nin, talamusun medial çekirdeği olan magnosellüler nöronlardan sinyaller alan ve karar verme sırasında duyguların ve ödüllerin temsilinde yer alan prefrontal korteksin bir parçası olduğu kabul edilmektedir. (3, 5, 6, 7) OFC, adını göz yuvalarının üzerinde bulunan ön loblar bölgesindeki konumundan dolayı almıştır.

İnsan SFG'si diffuzyon tensor traktografiye (DTT) dayalı olarak üç alt bölgeye ayrılmıştır: medial (SFGma), dorsolateral (SFGdl) ve posterior (SFGp) olmak üzere üç alt bölge (8). SFGma'nın, bilişsel kontrol ağının ve varsayılan mod ağının (DMN-Default Mod Network) kritik düğümleri olan ön ve orta singulat kortekslerle anatomik bağlantılı olduğunu gösterilmiştir (8). DMN, kişinin iç dünyasına odaklandığı ve dış dünyaya dikkat etmediği zamanlarda aktif olan bir beyin ağıdır. DMNye beynin otomatik pilotu da denebilir. SFGma ve DMN bağlantılarının bozulması halinde hayal kurmanın azaldığı gösterilmiştir (9). Bu yönüyle SFG hem sinirbilimcilerin hem de beyin cerrahlarının ilgisini çekmektedir. Fonksiyonel özelliklerine bakıldığında bu bölgenin kortikal ve subkortikal bağlantılarının ak madde diseksyonu ve DTT fiber izleme teknikleri ile anlaşılması ayrı bir önem arz eder. Serebral cerrahi sırasında kortikal ağların işlevsel olarak korunması, bu ağların ve bileşenlerinin arasındaki beyaz cevher bağlantılarının korunmasını gerektirmektedir (9). DTT ile canlı insan beynindeki beyaz madde yolları in vivo olarak gösterilse bile, beyin cerrahisinde ameliyat öncesi değerlendirmede ana beyaz madde yollarını izlemek ve arteriyel yapıları izleyerek "mapping yapmak" oldukça önemlidir.

OFC, insan beyninin en az çalışan bölgelerinden birisidir, ancak OFC'nin hafıza güçlendirme, karar verme ve beklenti mekanizmalarında yer aldığına ilişkin görüşler de vardır

(10). OFC'de herhangi bir nöral bağlantı bozukluğu bazı bilişsel, davranışsal ve duygusal bozukluklara yol açabilir (10, 11). Araştırmalar, altta yatan bozuklukların, karar verme, duygu düzenleme ve ödül beklentisiyle ilgili bozukluğun altta yatan problemin OFC bağlantılarının düzensizliği ile ilişkili olduğunu bildirmektedir(10, 11). Kapsamlı insan nörogörüntülenmesi, OFC'nin amigdala veya hipokampus subkortikal limbik yapılarla yapısal ve fonksiyonel bağlantılarının bozulmasının yetişkin hastalarda anksiyete ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (12). OFC ile ilişkili bir diğer sorun ise striato-talamo-orbitofrontal etkileşimin bozulmasıyla ortaya çıkan narkotik madde bağımlılığıdır (13). Yine dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu aynı zamanda OFC'nin kendini motive etme yeteneğinde azalma gibi ödül sistemlerinin işlevsizliğiyle de ilişkili olabilir. Bazı demanslar aynı zamanda OFC yapılarındaki bağlantıların bozulmasıyla da ilişkili olabilir (14). Frontotemporal demanstaki davranışsal değişiklikler, orbitofrontal korteks ile etkileşimde bulunan gri ve beyaz cevherin atrofisi ile ilişkilidir. Orbitofrontal devre lezyonları, disinhibisyon ile karakterize olan kişilik değişikliklerine ve apati ile ortaya çıkan ön singulat devre lezyonlarına yol açar (14). Depresyon, obsesif kompulsif bozukluk, şizofreni ve madde bağımlılığı gibi nöropsikiyatrik bozuklukların subkortikal bağlantıları, frontal-subkortikal devrelerin bozukluğuna işaret etmektedir (13, 15, 16).

Duyusal-motor bütünleme ile ilgili bilgilerin araştırılması, ön lob bağlantılarının biliş ve davranışta önemli rolünü göstermiştir (17). Frontal lob uzun projeksiyon lifleri maymunlarda ayrıntılı olarak tanımlamasına karşılık, insanlarda giruslar arası kısa assosiyasyon intralobar frontal bağlantılar az araştırılmıştır (17, 18). Ancak SFGma ve OFC'in medial alan bağlantıları hakkında bilgi eksiktir.

SFGma ve OFC'nin 3 boyutlu mimarisinin anlaşılabilirliği arttırmak, anatomik organizasyonunu açık biçimde ortaya koymak ve bunu 3 boyutlu görselleştirmek nöroşirurji ve nörobilim için önemlidir. Ayrıca bu bölgenin, özelikle talamus e PFC arasındaki ak madde lif yolları ile ilgili mikroşirurjikal bilgi eksikliği devam etmektedir. Serebral korteks ve nöroanatomik bağlantılarını anlamak için ak madde yollarını yönelimini iyi bilmek gerekir. Bugüne kadar yapılan anatomik fiber diseksiyon araştırmalarının çoğu frontal lobun lateral yüzeyine ilişkilidir (19, 20). İnsan nöroanatomisin anlaşılmasında DTT görüntüleme tekniklerinin gelişmesi büyük yenilik getirmiştir (21, 22). DTT görüntülemeler ile birlikte ak madde fiber diseksiyon çalışmaları, beyin anatomisinin daha ayrıntılı değerlendirilmesini sağlamıştır (19, 20, 21, 22, 23). Subkortikal bağlantıların doğru bilgisi bu bölgeye uygulanacak güvenli ve uygun yaklaşım cerrahi yapılmasını sağlayacaktır. Literatür incelendiğinde medial superior frontal girus, orbitofrontal korteks ile ilgili subkortikal bağlantılarının 3 boyutlu

mimarisinin ak madde disseksiyonun yetersiz olduğu ve daha ayrıntılı görselleştirme çalışmalarına ihtiyaç bulunduğu görülmektedir. İnsan beyninin kısa ön lob bağlantılarını göstermek için DTT ve postmortem ak madde diseksiyonundan yararlanılan bu çalışma ile SFGma ve OFC'nin ak madde yollarının mikrocerrahi anatomisi eşliğinde, özellikle Brodman 8, 9, 10, 11, 45, 46 ve 47. alanlarının anterior talamik nukleüsa (ATN) ve talamusun mediodorsal nukleüsuna bağlayan liflerinin mikrocerrahi olarak ortaya çıkarmak ve cerrahi esnasında topografik hakimiyeti sağlanmanın arteriyel yapıları koruyarak mümkün olabileceğini ortaya koymak amaçlandı.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Temel Bilgiler

Beyinin en dış katmanı korteks veya gri madde olarak adlandırılır. Beyin korteksi, beyinin işlevlerinin çoğundan sorumludur, örneğin: duyu, algı, hafıza, dil, düşünce, karar verme ve istemli haraket. Morfolojik olarak hücresel spesifikleşmelerini içeren serebral korteks 100 milyar civarında nörondan oluşan bir anatomik yapıdır (24). Beyin korteksi sağ ve sol olmak üzere iki hemisferden oluşmaktadır. Bu hemisferler, birbirileriyle korpus kallozum ile bağlantı kurarlar ve longitudinal fissür aracıyla ayrılırlar. Ayrıca her iki hemisfer diensefalon ile birleşmiştir ve üçüncü ventrikül, lateral ventrikülleri kabuk gibi kaplarlar (25). Hemisferlerin en dış kısmını oluşturan neokorteks, girus ve sulcus adı verilen kıvrım ve oluklarla kaplıdır. Girus biçimlenmesi genel bir organizasyon gösterse de hem bireyler arasında hem aynı beyinde hemisfer arasında farklılıklar gösterebilir. Hemisferlerin, lateral, medial ve bazal yüzeyleri vardır. Projeksiyon, komissüral ve assosiasyon gibi üç tür ak madde lifi vardır. Her hemisfer, frontal lob, paryetal lob, oksipital lob, temporal lob ve insula gibi farklı işlevlere sahip beş lobdan oluşur (25).

2.1.1 Serebral Anatomi

Paryetal lob, frontal ve oksipital loblar arasında yer alır. Paryetal lobun lateral ve medial yüzleri vardır. Ön sınırını frontalden ayıran sulkus santralis oluşturur, ventralde de Sylvian fissür ile temporal lobdan ayrılır. Medialde oksipital lobdan sulkus paryeto-oksipitalis ile ayrılır. Paryetal lobun lateral yüzü girus postsantralis, superior paryetal lobulus (SPL) ve inferior paryetal lobulus (İPL), girus supramarginalis (SMG), girus angularisten (AnG) oluşur; medial yüzde paryetal lobdan oksipital lobu biribirinden ayıran paryeto-oksipitalis sulkustur. Medial yüzü girus parasantralis anterior, girus parasantralis posterior ve prekuneustan oluşur. SPL ile İPL'i sulcus intraparyetalis ayırır (26).

Oksipital lob diğer loblara göre küçük bir hacime sahiptir. Medial yüzde paryetal lobdan sulkus paryeto-oksipitalis ile ayrılan oksipital lobun lateral yüzde komşu loblar ile belirgin bir sınır yoktur. Ancak sulkus paryeto-oksipitalisten *incisura pre-occipitalis*'e çizilen hayali bir hat sınır olarak kabul edilir. Lateral yüzde sulkus oksipitalis lateralis ile sulkus oksipitalis transversus arasında küçük giruslar görülür. Medial yüzünde sulkus kalkarinus ile ayrılan kuneus ve girus lingualis yer alır. Ventralde bulunan temporal lobdan gelen sulkus oksipito-temporalis, girus oksipito-temporalis medialis ile lateralis'i biribirinden ikiye ayrılır (26).

Temporal lob Sylvian fissür ile paryetal ve frontal lobdan; superior paryetal lobuldan *incisura pre-occipitalis'e* inen hayali bir çizgi ile oksipital lobdan ayrılır (26). Temporal lob lateral yüzde, superior ve inferior temporal sulkuslar ile superior, medial ve inferior temporal olmak üzere biribirine paralel olan üç girusa bölünür (25). Sylvian fissürün tabanında Heschl girusları ve planum temporale yerleşiktir. İnferior yüzünün medial tarafında girus parahippokampalis ve onun önünde unkus bulunur. Ayrıca önde sulkus rhinalis, arkasında sulkus kollateralis medialden laterale doğru seyreder. İlaveten girus oksipito-temporalis medialis (fusiform girus) ve lateralis ile girus temporalis inferiorun alt ksımı da inferio yüzde yer alır (26).

İnsula Sylvian fissürün tabanındadır ve üçgen şekile sahiptir. İnsulanın sulkusları ve girusları, limen insuladaki ön alt açıdan radyal bir şekilde yukarıya ve arkaya doğru tırmanır. En derin sulkus, insulanın merkezi oluğu, nispeten sabit bir oyuktur. İnsulayı, birkaç sığ sulkusla üç ila beş kısa girusa bölünen geniş bir ön kısma ve arka uzun giruslardan oluşan bir arka kısma ayırır. İnsula, dış ve iç kapsüller, klostrum, lentiform (putamen artı globus pallidus) ve kaudat çekirdekler ve talamus tarafından oluşturulan yarım kürenin merkezi çekirdeğinin yan yüzeyini kaplar. Yaklaşık olarak klostrum ve putamen ile aynı uzunluktadır (25, 26). Dış yüzde yaptığı katlantılara operculum denir. Operkulum frontal, temporal ve paryetal kısımları Reil sulkusu ile biribirinden ayrılır.

Frontal lob hemisferin ön tarafında yer alan beyin bölgesidir. Diğer loblara nazaran daha geniş alana sahiptir. Temporal lobun önünde ve üstünde, paryetal lobun önünde yer alır. Temporal lobdan Sylvian fissür ile; paryetal lobdan santral sulkus ile ayrılır. Frontal korteksin arka kısmı, motor korteks ve premotor korteks motor kontrolden sorumludur. Prefrontal korteks (PFC), frontal lobun ön kısmına ve orbital yüzeyine verilen isimdir; burası hafıza, öğrenme, bilgilerin analizi ve konuşma gibi özgül hareketlerin motor kontrolünü sağlandığı ve davranışla ilişkili olan bölgedir (3, 4, 10). PFC'in filogenetik olarak giderek büyümüş ve modern insan beyin korteksinin %29'unu oluşturmuştur (27). PFC, iletilen tüm bilgileri işler ve düzenler (28).

Frontal lob inferomedial ve superomedial, superolateral, operküloinsular ve fronto-orbital olmak üzere dört ana yüzeye sahiptir (2).

Frontal lobun superolateral yüzünü presantral girus, superior, medius ve inferior fontal giruslar oluşturmaktadır. İnferior yüzeyini medial orbital girus, superior, inferior, lateral orbital girus ve girus rektus meydana getirmektedir. Medial yüzeyini ise SFG'nin medial yüzü ve singulat girusun ön tarafı şekillendirmektedir (25, 26).

SFG anterior, medius ve posterior segmentlere ayrılır. Bu alanlar Brodman'ın 6, 8 ve 9. alanları (BA) olarak haritalanır. SFG, frontal polden presantral girusa kadar ortalama 11 cm

uzunluğunda 2 cm genişliğinde bir alandır. Arkada presantral girus, önde frontal pol (orbital ve rektus giruslar) ile bağlantıları vardır. Superolateral ve medial olmak üzere iki bölümden oluşur. Komşu giruslar ile birlikte oluşturduğu 12-15 adet korteks kolunun subgiral anatomisi oldukça değişkenlik gösteren mimariye sahiptir (2). SFG'nin medial yüzeyi medial frontal girus olarak da adlandırılır. Burası Brodman'ın 6, 8, 9, 10, 11 ve 32 alanlarıdır

Frontal lobun medial yüzeyi ağırlıklı olarak SFG'nın medial yüzeyi, parasantral lobülün ön yarısı ve singulat girustan oluşur. SFG, singulat girustan singulat sulkus ile ayrılır. Önde singulat girus ve SFG korpus kallosumun genusunu ve rostrumunu çevreler ve korpus kallosumun rostrumunun altında paraterminal ve parolfaktör giruslarla birleşir. Paraterminal girus, korpus kallozumun üst yüzeyini kaplayan ince gri madde laminası olan indusium griseum olarak devam eder. Paraterminal girus ile paraolfaktör girus paraolfaktör sulkus ile ayrılır (25).
Girus frontalis medialis (MFG) anterior, orta ve posterior segmentleri olup, Brodman 8, 9, 10 ve 46.alanlardan oluşmaktadır. Sınırlarını üste superior frontal sulkus (SFS), alta inferior frontal girus (İFG), arkada presantral sulkus oluşturmakta (2, 25, 26). İFG anterior (pars orbitalis; BA 47), medius (pars triangularis; BA 45) ve posterior (pars operkülaris; BA 44) segmentlerden oluşur. İFG'nin alt sınırını Sylvian fissür, üst sınırını inferior frontal sulkus, arka sınırını presantral sulkus oluşturur.

2.2. Serebral Korteksin Fizyolojik Anatomisi

2.2.1 Brodman Alanlarının Tarihçesi

Alois Alzheimer, Carl Vogt, Ludwig Edinger, Franz Nissl ve Edith Vowinckel Weigert gibi büyük ilim adamlarından etkilenerek Alman anatomist Korbinian Brodmann tarafından Nissl hücre boyama yöntemi kullanılarak beyin korteksinde gözlemlediği nöronların hücresel-mimari organizasyonunu temel alarak tanımlamış ve numaralandırılmıştır. Günümüzde de kullanılan kortikal bölgenin ilk haritasını Korbinian Brodmann 1909'da sundu (29). Bu mongram Korbinian Brodmann'ın 64 tür memeli hücresel-mimarisi üzerinde karşılaştırmalı çalışmalarının altıncısı idi. Brodman, bu ayrıntılı çalışmaları sonucunda, beynin hücresel-mimarisine dayanarak insanlarda 47, primatlarda 52, farklı histolojik kortikal bölge tanımladı. Bu alanların bazıları tamamen bağımsız ve tekil görevleri üstlenirken, bazıları birbirleriyle oldukça koordineli çalışma sergiler. Günümüz modern bilimi için bu alanlar, hastalıkların tanınmasında, insanın özelliklerinin anlaşılmasında, zekânın diğer türlerle kıyaslanmasında ve başka çok önemli konularda kullanılmaktadır.

2.2.2 Brodman Alanları

Brodman tarafından insan serebral kortekste 47 alan işlevleriyle birlikte tanımlanmıştır. Brodman Alanı (BA) olarak adlandırılan ve numaralndırılan bu sahalardan çalımamızla ilgili olan 8, 9, 10, 11, 45, 46 ve 47. Alanlardan aşağıda bahsedilecektir.

Brodman Alanı (BA) 8: SFG'nin arka kısmında yer alan bu alan, *ön göz alanı* olarak bilinmektedir. BA 6'nın hemen önündedir. Yapılan araştırmalar, istemli gözlerin hareketlerini ettirmelerini sağlayan yapının burası olduğunu göstermektedir (30, 31). Bu alanda meydana gelen hasarlar, istemli göz haraketlerininin ortadan kalkmasına yol açar. Bu gözlerin hasarın oluştuğu tarafa kaymasına neden olur (vulpian belirtisi) (32).

Brodman Alanı (BA) 9: Bu alan 46. alan ile bağlantılı olup dorsolateral prefrontal korteksi (DLPFC) oluşturur. BA 9 frontal lobun dorsal, lateral ve dorsomedial yüzeylerinde yer alır ve SFG'nin 1/3 orta kısmına ve komşu kısımlara uzanır (33). BA 9 Yetişkinliğe kadar süren, uzun bir olgunlaşma evresinden geçer geçer (34). Hareketlerin planlanmasında, organizasyonunda ve düzenlenmesinde görev alır. DLPFC çalışma belleği, bilişsel esneklik, planlama, engelleme ve soyut akıl yürütme gibi önemli yürütücü işlevleri üstlenir (35). Ayrıca bu bölgenin özelikle medial kısmında REM uyku sırasında aktivitesi azaldığı görülmüş (36).

Brodman Alanı (BA) 10: Bilim camiasınca "hakkında en az bilgiye sahip olunan alanlardan biri" olarak tanımlanan BA 10 (37), anterior prefrontal korteks olarak da bilinmektedir. BA 10 her hemisferde tahmini olarak 250 milyon nöron içerir (38). SFG'nin ve İFG'nin en rostral kısımlarını kaplar. Hemisferlerin medial yüzünde ventral olarak superior rostral sulkus ile sınırlı, singulat sulkus'a kadar uzanmaz. Hücresel-mimari olarak dorsalde BA 9, kaudalde BA 46 ve ventralde BA 47 ile komşudur. Olayların hafızaya ve anıya dönüşmesi, bunların gerektiği zaman işleme konulmasıyla ilgili görev aldığı bilinmektedir. Nedeni kesin olarak bilinmemekle birlikte, bu bölge insanın evrimi sırasında beynin diğer bölgelerine göre daha fazla gelişmiş ve günümüzdeki özelliklerini kazanmıştır (38). Yapılan işlevi ile BA 10 canlının daha önce yapmaya başladığı bir işi, bir başka konuya odaklanmasına rağmen sürdürebilmesini sağlar (*multi-tasking*: birden fazla işi aynı anda yapabilme) (39). Birçok bilim adamı bu evrimsel gelişimin insanın karmaşık hareketlerinin kilit noktası olduğunu düşünmektedir (39, 40).

Brodman Alanı (BA) 11: İnsan serebral korteksinin hücresel-mimari olarak tanımlanmış anteroinferior bölümüdür.Girus rektus, SFG'nin en rostral kısmı ve anterior orbital girustan oluşur. Orbitofrontal kortekste bulunur. Ödüllerin işlenmesinde ve yeni bilgilerin uzun süreli belleğe kodlanmasında rol oynar (41, 42, 43).

Brodman Alanı (BA) 45: Beyinin pars triangularis adı verilen bölgesidir. Hücresel-mimari olarak kaudalde BA 44, rostrodorsalde BA 46 ve ventralde BA 47 ile sınırlanmıştır. Bu Broca alanının bir bölümüdür. Broca alanı BA 44 ve BA 45'ten oluşur. Broca alanı klasik dil merkezi sayılır. Ancak Broca'nın alt bölümlerinin özellikli işlevi vardır. BA 45 anlamsal görevlerde aktif olur. Anlamsal görevler, sözcüklerin soyut veya somut bir varlık temsil ettiği veya bir fiil ile ilişkilendirildiği görevlerdir. Brodman 45'in rolü sadece anlamsal olarak sınırlı olmamakla birlikte rekabet eden temsilcilerden birini seçmek gibi görevleri gerektirir (44). Aynı zamanda tonlama, dili üretmek için gerekli hareketlerle de bağlantılıdır (44).

Brodman Alanı (BA) 46: MFG'nin 1/3 orta ve İFG'nin en rostral kısmını kaplar. BA 9 ile DLPFC'ye karşılık gelir. Dorsalde BA 9, rostroventralde BA 10, kaudalde BA 45 ile sınırlanmıştır. Dorsolateral prefrontal korteks, dikkatin sürdürülmesinde ve çalışma belleğinin yönetilmesinde merkezi bir rol oynar ve yakın zamanda öz kontrolü düzenlediği gösterilmiştir (35, 36). REM uykusu sırasında aktivitesi azalan birkaç kortikal alandan biridir (36). Bu alanın ön lob ve beynin diğer bölümleri arasındaki yüksek bağlantısallığı, hasarın çok çeşitli etkilere sahip olabileceği anlamına gelir. Lezyonlar kısa süreli hafızayı bozar, tepkileri engellemede zorluğa neden olur, uyaranların uygunluğunu yargılama yeteneğini bozar ve organizasyonda sorunlara yol açar (45).

Brodman Alanı (BA) 47: İFG'nin rostral kısmında yer alan bu bölge BA 47, ayrıca orbital alanı 47 olarak da bilinir. Kaudalde BA 45, medial olarak BA 11 ve rostralde BA 10ile sınrlanmıştır. Bu alanın temel görevi, özellike sözcük ve cümlelerin anlamlarını belirleme, dili anlamak ve işlemektir (46). Ayrıca BA 47 insan yüzündeki tiksinti, öfke ve korku ifadesi olştuğunda aktif hale geldiği gösterilmiştir (47).

2.3. Frontal Lobun Ak Madde Yolları

2.3.1. Ak Madde Yollarının Önemi

Frontal lobun ak madde yollarının (AMY) bilgisi, beynin karmaşık işlevlerini ve bilişsel süreçleri anlamak için hayati öneme sahiptir. AMY, beyindeki farklı bölgeler arasında iletişim kurulmasını sağlayan sinir liflerinden oluşur (48). Bu yollar; motor, duysal ve bilişsel işlevlere kadar birçok önemli işlevi yerine getirir. Nöroşirurjikal uygulamalarda bu yolların korunması, morbiditeyi önemli ölçüde düşürür. AMY'nin anlaşılması ve korunması, cerrahide sonucu belirleyen önemli faktördür. Bu yollarının ayrıntılı biçimde bilinmesi intraserebral cerrahi yaklaşımların planlama ve uygulamasını belirler. Ak madde lifleri üç grupta incelenir; aynı hemisferin farklı kortikal bölgelerini birleştiren *assosiyasyon lifleri,* iki hemisferi orta hattan

mediyan düzlem boyunca birleştiren *kommisural lifler* ve serebral korteksi, beyin sapı, spinal kord, serebellum gibi subkortikal yapılara bağlayan *projeksiyon lifleri (27).*

2.3.1.1. Frontal Lob İle İlişkili Ak Madde Lifleri

2.3.1.2. Süperior Longitudinal Fasikül

Süperior Longitudinal Fasikül (SLF), frontal, temporal ve oksipital lobları birbirine bağlayan bir assosiasyon yoludur (49). Farklı kortikal alanları irtibatlandıran üç alt bileşen halinde incelenir: I, II, III (50).

SLF I lif demeti superior paryetal korteks ile superior frontal girusun içinden geçer. Superior parietal lobül (SPL) ve precuneus'u (BA 5, 7) SFG'ye (BA 8, 9 ve 32) bağlar (50). SLF I singulumun hemen üzerinde, lateral ventrikülün superomedialinde seyreder.

SLF I'in yüksek motor fonksiyonların düzenlenmesinde, rekabetçi motor görevler arasında koşullu kurallara dayalı seçim yapılmasında ve motor aktivitenin başlatılmasında rol almaktadır. SLF I'in yaralanmalarında uygun eylemlerin seçilmesi konusunda bir eksiklik görülür (51).

SLF II lif demeti, inferior paryetal lobülden (İPL) ve angular girustan (AG) (BA 39,40) başlar ve dorsolateral prefrontal kortekste sonlanır (BA 6, 8 ve 46). Kaudalde İPL'in ak maddesinin altından Sylvian fissürde operkulumun üst kısmının derinine doğru uzanır, rostralde premotor ve MFG'nin altındaki ak maddeye ulaşır (50). SLF II, çift yönlüdür. Görsel alanın algılanmasıyla ilgili olarak parietal lobdan gelen bilgiyi prefrontal kortekse aktaran ana bağlantı olarak sayılabilir (51).

SLF II, uzaysal ve görsel bilginin işlenmesi ve koordine edilmesi ile ilgilidir. Bu bağlantılar görsel mekânsal algılamada ve manupilasyonunda önemlidir. İPL'nin serebral hasarı olan insanlarda, mekânsal dikkatte ciddi bozulma görülür; Neglect sendromuna yol açabilir (51).

SLF III, intraparyetal sulkus ve İPL'den (BA 39,40) İFG'ye (BA 44, 45, 47) uzanan assosiasyon lifleridir. Traktografi çalışmalarına göre SLF'in tüm lifleri içinde en lateralde, fronto-paryetal operkulumda bulunur (50).

SLF III dominant hemisferde dilde artikülasyon, non-dominant hemisferde görsel-uzaysal dikkat ve müzik işleri ile ilgilidir. Hasarında spatial hemineglect sendromu, dizartri, anartri ortaya çıkar (52-53).

2.3.1.3. Arkuat Fasikül

Klasik olarak bilinen Broca ile Wernicke bölgesini birbirine bağlayan SLF'ye paralel olan assosiasyon lif yoludur. Superior temporal girus (STG) ile İFG arasında uzanmaktır (54).

Arkuat fasikül (AF) Sylvian fissür arkasında vertikal, Sylvian fissür üzerinde de horizontal yönelimlidir. Catani 2005'de bu liflerin üç grupta göstermiş; uzun direkt, anterior indirekt ve posterior indirekt. Broca alanı ile Wernike alanını bağlayan direkt segment dışında AF'nin iki yüzeyel indirekt segmentide vardır; Broca ile İPL (Geschwind bölgesi-BA40,39) arasında uzanan ön segment ve Wernicke bölgesi ile İPL (Geschwind bölgesi-BA 40,39) arasında uzanan arka segment olarak ikiye ayrılmıştır (54).

AF'nin uzun direkt segmenti kelime tekrarlama, anterior indirekt segmenti anlamsal konuşma ve posterior indirekt segmenti ise sesin anlamsal içeriğin işitsel olarak anlaşılması ve seslendirlmesi ile ilgili segmentlerdir (54). AF posterior indirekt segmentinin hasarında (Wernicke ve Geschwind alanları arasındaki hasarda) transkortikal duysal afazi oluşur. AF anterior indirekt segment hasarında (Geschwind ile Broca alanları arasındaki hasarı) transkortikal motor afazi ortaya çıkar. AF uzun direkt segment hasarında ise kondüksiyon iletim tipi afazi görülmektedir (54).

2.3.2.3 Frontal Aslant Trakt

Frontal Aslant trakt (FAT), son zamanlarda keşfedilen yollardan birisidir. İlk Catani ve ark. tarafından tanımlanmış ve gösterilmiştir. SFG'in arka kısmı (suplementery motor area-BA6) ile İFG'nin arka kısmını (pars opercularis ve pars triangularis-BA 44,45) birbirine bağlıyor (55). FAT'ın İFG içindeki ana sonlanım alanları pars operkülaris olsa da bazı lifleri pars triangularise ve presantral girusun alt bölgelerine ulaşmaktadır (55).

FAT'ın karmaşık fonksiyonları vardır. Bu işlevler; akıcı konuşma, konuşmanın başlatılması ve engellenmesi, cümle kurulması, görsel motor faaliyetler, ağız-yüz hareketleri, engelleyici kontrol, çalışma belleği, sosyal topluluk bilinci, dikkat etme, müzik farkındalık oluşturmaktır (56). FAT'ın hasar görmesi ile primer afazi, Foix-Chavany-Marie sendromu (yüz, dil, faringeal ve çiğneme kaslarının istemli haraketi felci olur, istemsiz, otomatik işlevleri devam eder), kekemelik, sosyal iletişim eksikliği, dikkat eksikliği, hiperaktivite bozukluğu gibi nörolojik bozukluklarla ilişkili olduğu düşünülmektedir (56).

2.3.2.4 İnferior Fronto-Oksipital Fasikül

İnferior fronto-oksipital fasikül (İFOF), MFG ve İFG'yi oksipital lobların posterior kısmına bağlayan assosiasyon lifidir. IFOF, korona radiata liflerinin lateralinde ve frontal lobdaki SLF II ve AF segmentlerinin medialinde bulunur. IFOF limen insula düzeyinde, unsinat fasikülün üstünde yerleşik ve eksternal kapsülün lifleri ile karışıktır. Lateral prefrontal korteksi oksipital bölgeye bağlayan bu lifler temporal ve oksipital hornların lateral duvarında ilerlerler

(57). IFOF, Wernicke ve diğer posterior bağlantılardan gelen lifleri inferior frontal girustaki pars triangülaris (BA45) ve pars operkülarise (BA44) bağlar (57).

Oksipitalden gelen görsel bilgileri frontale (BA 44, 45) getirerek anlam işlemeyle bütünleştirerek dilin semantik işlevine aracılık eder. İletişimin görsel etmenlerinde görev aldığı ve motor işlev, yazma ve okumanın planlanmasında rol aldığı düşünülüyor (58, 59). İFOF hasarında anlamsal parafazi ve vizüel halüsinasyonlar görülebilir (60).

2.3.2.5 Unsinat Fasikül

Frontotemporal lobda bulunan hipokampüs, amigdala gibi limbik sistemin parçalarını orbitofrontal kortekse bağlayan assosiasyon lif grubudur. Üç bölümden oluşur: ventral, istmus, dorsal segment. Ventral segment temporal hornun önünde anterior temporal lob ve amigdaladan yukarı doğru çıkar. İstmus segmenti lentiform nükleus ve İFOF altından yukarı doğru kıvrılır ve girus orbitalisin arka kısmına kadar devam eder (61).

Postravmatik retrograd amneziden UF'nin sorumlu olduğu düşünülür (62). UF hasarında obje ve hareket isimlendirmesinde bozukluk olduğu gösterilmiştir (63).

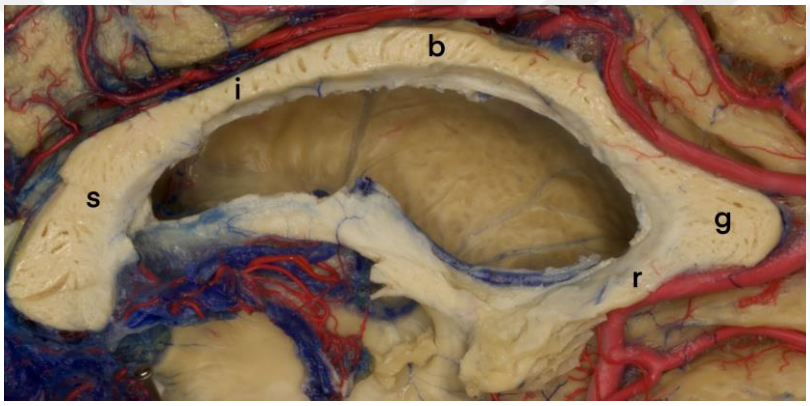
2.3.2.6 Singulum

Frontal, paryetal ve medial temporal bölgeleri kemer şeklinde birbirine bağlayan assosiasyon liflerinden meydana gelir. Singulum subgenual, ön singulat, orta singulat, retrosplenial ve parahipokampal olarak üzere beş segment halinde değerlendirilir (64). Bu liflerinin bir biçimde kopması halinde dahi defisitlerinin hafif düzeyde olması, çeşitli fonksiyonlarının olduğunu gösterir. İn vivo traktografik çalışmalarda, singulumunun anterior (dorsal) segmentinin dikkat ve yürütücü işlevlerle ilişkili olduğu, parahipokampal (ventral) segmentinin ise öğrenme ve olaysal hafızayla daha yakından bağlantılı olduğu gösterilmiştir. Klinik çalışmalarda şizofreni, depresyon, postravmatik stres, obsesif kompulsif bozukluk, otizm ve Alzheimer hastalığında bu liflerde yapısal ve işlevsel değişikliklerle birlikte olabileceği ileri sürülmüştür (64).

2.3.2.7 Korpus Kallozum

Korpus kallozum (CC), iki hemisferi birbirine bağlayan ve 250 milyon akson içeren en büyük komissural yoldur. CC lateral ventriküllerin tavanında yer alır, beş segmenti vardır: anteriordan posteriora doğru rostrum, genu, gövde, isthmus ve splenium olarak adlandırılır (26), (Şeki l). Anterior komissürden genuya kadar uzanan rostral kısmın lifleri ayrıntılı bir biçimde incelenmemiş olmakla birlikte muhtemelen her iki frontobazal'i bağlayan lifleri içerir. Genu, her iki PFC'yi ve singulumun ön tarafını bağlayan lifler ile forseps minör liflerini ihtiva eder.

Lateral ventriküllerin çatısını oluşturan gövde kısmı singulum demetinin altında, İFOF'un üstünde yerleşiktir. CC'nin gövdesi her iki suplementar ve pre-suplementar motor alanları bağlayan lifleri bünyesinde barındırır. İsthmus, pre ve postsantral girusları (motor ve somatosensoriyel alanlar) ve *Geschwind* alanlarını bağlayan komissüral liflerden oluşur. Splenium, CC'nin en kalın segmentidir. Bu segmenteki komissüral lifler forseps majörü yapar. Forseps majörda posterior paryetal korteksi bağlayan üst lifler, medial oksipital bölgeyi bağlayan arka lifler ve medial temporal bölgeyi bağlayan alt lifler olmak üzere üç gruptur (şekil 2). CC bilginin interhemisferik transferini, her iki hemisferden gelen bilgilerin entegrasyonunu sağlar. CC'nin hasarında gelişen klinik tablo, hasarın denk geldiği segment ile ilişkilidir (65).



Şekil 1. Korpus kallozumun segmentleri (*r = rostrum; g = genu; b = gövde; i = isthmus; s = splenium*

2.3.2.8. Anterior Komissür

Anterior komissür (AC), yaklaşık 3,5 milyon akson içeren, filogenetik olarak en eski CC'nin kısmıdır. Her iki temporal bölgeyi, özellikle amigdalaları birbirine bağlar. Olfaktör sistemi bağlayan ön parça ve temporalden oksipitale kadar uzanan arka parça olarak incelenir. UF'nin medialinden, optik radyasyona 90 derecelik açı ile geçerek globus pallidusun bazaline kadar iner. AC'nin anteroinferiorunda accumbens ve *Meynert* çekirdekleri yer alır (65, 66). MRG'de sagittal kesitlerde lamina terminalisin ucunda, foramen Monro'nun önünde, forniksin pre ve postkomissüral bacağının arasına yerleşiktir. Aksiyel MRG'de forniksin pre ve postkomissüral lifleri ile birlikte Yunanca "π "harfı şeklinde izlenir (66). AC'nin fonksiyonu iyi anlaşılamıştır; ancak koku alma ve vizuel bilginin dikkat gerektiren eylemleri ile ilgi olduğu düşünülmektedir (66).

2.3.2.9. İnternal Kapsül

İnternal kapsül (İC), bir hemisferi beyin sapına ve omuriliğe bağlayan projeksiyon liflerinden ibarettir. Kaudat nukleus ile lentiform nukleus arasındaki kısmı ön bacak, talamus ile

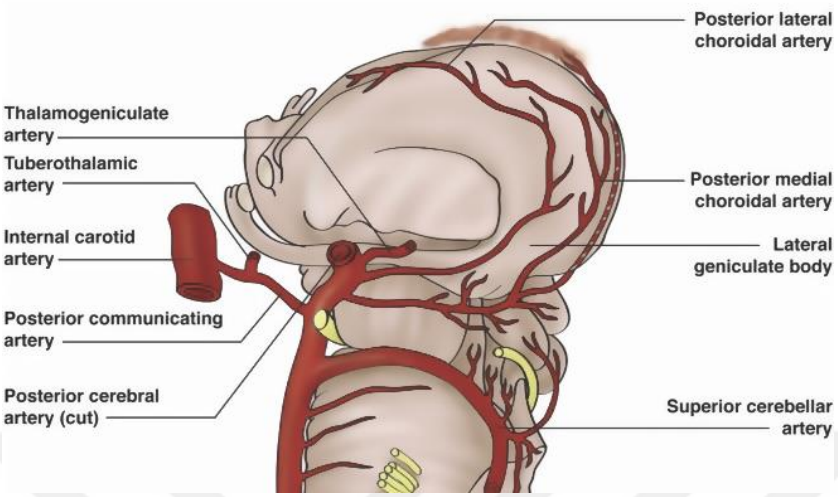
lentiform nukleus arasında arka bacak ve bunları birleştiren aksiyel düzlemdeki bumerang görünümlü kısmı genu olarak anılır. Ön bacağından PFC'den gelen talamusa ve ponsa giden liflergeçer. İC'nin genusundan serebral korteksten bulbusa giden kortikobulbar lifler, arka bacağından kortikospinal ve talamokortikal lifler geçer. İC kortekse doğru yelpaze şeklinde genişleyip korono radiatayı oluşturur (19).

2.3.2.10. Prefrontal Korteks ile Talamusu Bağlayan Assosiasyon Lifleri

Talamus, sinir sisteminin en büyük çekirdek topluluğunu oluşturan önemli bir yapıdır. Bu çekirdekler, farklı duysal modaliteleri geliştirici ve çeşitli kapasiteleri kontrol eden dağıtım gruplarını içerir. Farklı bağlantılardan gelen hassas bilgilerin duyu-motor entegrasyonunu sağlar; bu bağlantılar sayesinde hem dış hem de iç kısımlarda üretilen hassas bilgileri bir şekilde algılanır ve hareketler kontrol edilir. Talamus, duyusal bilgilerin işlendiği bir "anahtar istasyon" olarak düşünülür. Görsel, işitsel, somatosensoriyel ve diğer duyusal bilgiler işlenip, uygun kortikal bölgelere yönlendirilmesi sağlanır. Bu bilgileri ileten çeşitli kortikotalamik ve talamokortikal yollar, iletminin talamustan kortekse ve korteksten talamusa geri dönüşünü sağlayan önemli bir ağdır. Bu sinirsel ağ talamusu beynin çeşitli bölgelerine pedinküler aracıyla bağlar. Talamus ve serebral korteks arasındaki karşılıklı lifler talamusun beş pedinkülünden geçer: anterior, superior, ekstrakapsüler, posterior ve inferior (67). Talamusun anterior pedinkülü, İC'nin ön bacağından geçerek prefrontal kortekse ve singulat girusa ulaşır. Talamusun superior pedinkülü, İK'nin arka bacağından geçerek premotor, motor ve somatosensoriyel kortekslere uzanır. Ekstrakapsüler pedinkülü, AK'nin altından amigdalaya ulaşmak için ansa pedinkülarise katılır. Talamusun posterior pedinkülü, İK'nin lentiküler alt kısmından geçerek oksipital lob ile arka parietal bölgesine ilerler. İnferior pedinkülü, pulvinardan başlayarak ön temporal bölgeye yol alır. Ekstrakapsüler pedinkülü dışında kalan dört pedinkülün her biri bir korono radiataya uzar (67, 68, 69).

2.4. Talamus ve Prefrontal korteksin Arteriyel Beslenmesi

Talamus, arteriyel sulama alanına göre dört ana bölgeye bölünür: anterior, paramedial, inferiolateral ve posterior. Posterior komünikan arterden (PComA) gelen tuberotalamik arter talamusun anterior kısmını, posterior serebral arterin (PCA) interpedinküler segmentinden gelen talamoperforan arter paramedian kısmını, PCA'nın kökünden çıkan talamogeniculat arter inferiorlateral kısmını ve PCA'nın (P 1) distalinden çıkan posterior lateral koroidal arter posterior kısmını besler (Şekil 2), (70).



Şekil 2. Talamusun arteriyel beslenmesi *(from; Stephen Bordes, Cassidy Werner, Mansour Mathkour et al. Arterial Supply of the Thalamus: A Comprehensive Review. World Neurosurg. 2020)*

Prefrontal korteksin, özellikle medial alanı anterior serebral arter (ACA) tarafından beslenir. ACA, internal serebral arterin (İCA) terminal iki dalının küçüğüdür. ACA'nın beş segmenti vardır:

Pars prekomünikan (A1): İCA'dan çıkar ve anterior komünikan artere (AComA) kadar uzanır. Optik sinirin üzerindeki "anterior perforated substans" boyunca mediale doğru uzanarak karşı tarafın ACA'sı ile AComA aracılığıyla birleşir. Proksimal medial striatal arterler bu segmentten çıkar kiazmayı, üçüncü ventrikülün anteriorunu ve hipotalamik alanı sular (71, 72, 73).

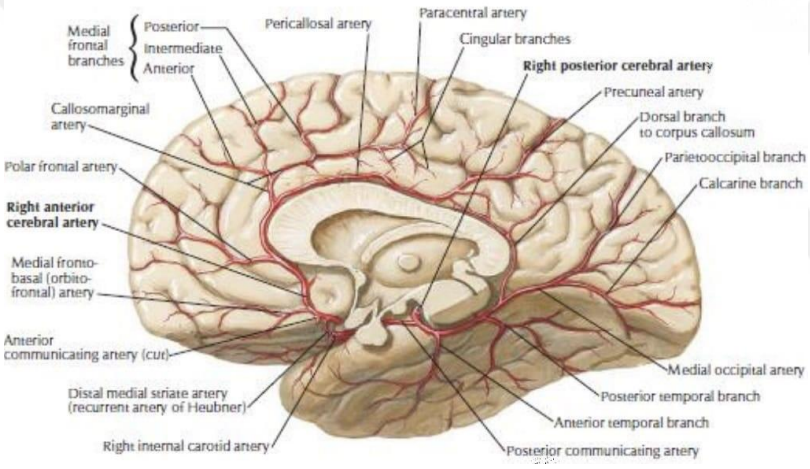
Pars infrakallozal (A2): AComA'dan başlar ve CC'nin rostrumu ile genusunun arasındaki sınırda sonlanır. İK'nin ön bacağını sulayan Heubner'in rekürren arteri (medial lentikulostriate arter veya *long central artery*), genellikle bu segmentin başlangıcında AComA yakın olarak çıkar. A2 segmentinde 4-5 distal striatal arter bulunur (73). Bunlar kaudat nukleusun ön kısmını, putamenin 1/3 ön kısmını, globus pallidusun dış bölümünün küçük bir kısmını beslerler. Ayrıca bu segmentten ACA'nın kortikal dalı olan orbitofrontal ve frontopolar arterler çıkar. Orbitofrontal arter ACA'nın ilk kortikal dalıdır (71, 72). Girus rektus, olfaktor sinir ve frontal lobun orbital yüzeyinin medial kısmını sular. Diğer adıyla medial fronto-orbital arter olarak bilinen bu ilk kortikal dal, lamina termimalis ile korpus kallosum sisternleri arasındaki sınırı tanımlanmaya da yardımcı olur. İkinci kortikal dal frontopolar arterdir. Frontal lobun medial yüzeyi boyunca frontal pole ilerler, bu bölgenin medial ve lateralini kanlandırır.

Pars prekallozal (A3): ACA'nın A 2'den sonraki CC'nın genusu etrafında yerleşen ve KK'nın gövdesine kadar uzandığı varsayılan kısmıdır. A 3 segmenti SFG'nin 2/3 arka kısmını ve singulat girusu besleyen anterofrontal, intermediofrontal ve posteromedial frontal dalları

vardır (25). Sözü edilen arteriyel dallar, kallozomarjinal arterden distal dallar olarak ayrı ayrı da çıkabilir.

Pars suprakallozal (A4): CC'nın gövdesinin üstünde, koronal sütür düzleminin önünde sonlanır. Parasantral lobu ve prekuneusun ön tarafını besleyen parasantral dal A 4 segmentinden çıkar.

Pars postkallozal (A5): Koronal düzlemin arkasından başlar, posteriora doğru uzanır. Medial subparyetal ve prekuneusu besleyen dallar verir. A4 ve A5 segmentleri esas olarak kallozal sulkus boyunca uzanır, ancak az sayıda kişide bunun üzerinde, singulat girusun medialinde de yerleşebilir (Şekil 3), (71, 73).



Şekil 3. Prefrontal korteks medial alan arteriyel beslenmesi (*Atlas of Neuroanatomy and Neurophysiology. Selections from the Netter Collection of Medical İllustrations, 2002*)

Prefrontal korteksin lateral yüzü middle serebral arter (MCA) tarafından beslenir. MCA, İCA'nın büyük terminal dalıdır. MCA, dört segment olarak değerlendirilir:

Sfenoidal segment (M 1): MCA'nın İCA'dan köken alan ve genusuna (MCA'nın 90 derecelik dönüş yapan kısmı) kadar olan kısmıdır. Sfenoid çıkıntının arkasından başlar, Sylvian fissürün sfenoidal ve operküloinsular parçasına paralel olarak laterale uzanır (25, 74). M 1 prebifürkasyon ve postbifürkasyon kısımlarına bölünür. MCA bifürkasyon genelikle limen insülaya denk gelir (75). Putamen, İK ve kaudat nukleusu besleyen lateral distal striat arterler M1'den çıkar (75).

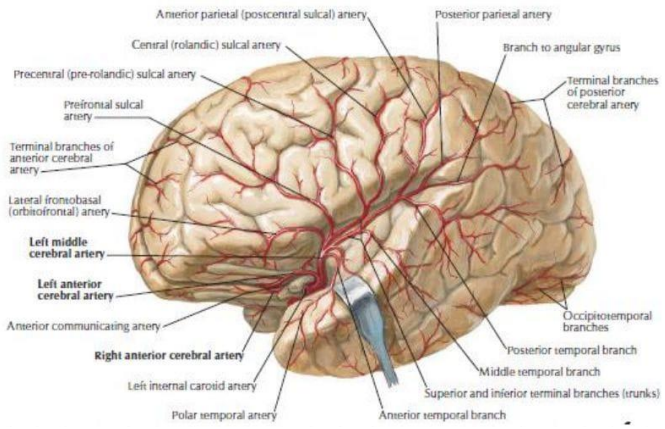
İnsular segment (M 2): MCA'nın genusundan başlar ve insulanın sirküler sulkusunda sonlanır. Bu segment insulanın üzerinde uzanır ve onu besleylen dalları verir (25). M 2 segmenti, superior (frontal) ve inferior (temporal) olarak iki dal verir.

Operkular segment (M 3): İnsulanın sirküler sulkusundan başlar ve Sylvian fissürün yüzeyinde biter. MCA'nın M3 segmentini oluşturan dallar, Sylvian fissürün yüzeyel kısmına

ulaşmak için frontal, parietal ve temporal operkulanın yüzeyine yakın olarak ilerler.

Kortikal segment (M 4): Sylvian fissürün yüzeyinden başlar ve hemsisferin lateral yüzeyine gider. Sylvian fissürden çıktıktan sonra, anterior dallar aşağı ve yukarı döner, medial dallar fissür boyunca geriye doğru seyreder, posterior dallar da fissürden arkaya doğru ilerlerler (74).

MCA tarafından beslenmesi sağlanan kortikal arterler 12 bölgeye ayrılmıştır ve bunların dördü özelikle frontal lobun korteksinin lateral ve bazal yüzlerini kanlandırır. Orbitofrontal arter; SFG'nin anteroinferior, MFG'nin anterior, İFG'nin anterior ve orbital kısımlarını besler. Prefrontal arter; pars triangularis, pars operkularisin anterior ve MFG'nin büyük kısmın sular. Presantral arter; pars operkularis'in posterior, MFG'nin posterior ve presantral girusun alt ve orta kısımlarını besler. Santral arter; presantral girusun üst kısmı ve postsantral girusun alt yarısı besler (25), (Şekil 4).

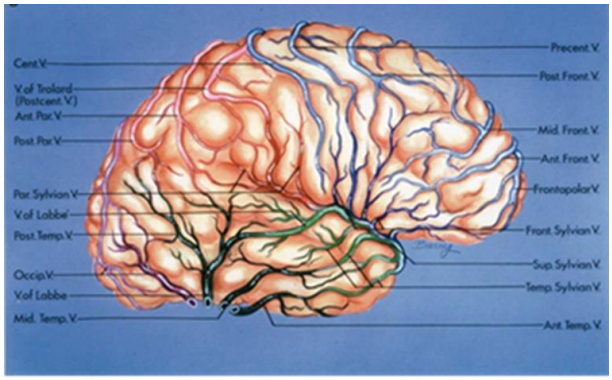


Şekil 4. Prefrontal korteks lateral alan arteriyel beslenmesi *(Atlas of Neuroanatomy and Neurophysiology. Selections from the Netter Collection of Medical İllustrations, 2002)*

2.5. Prefrontal Korteksin Venöz Yapıları

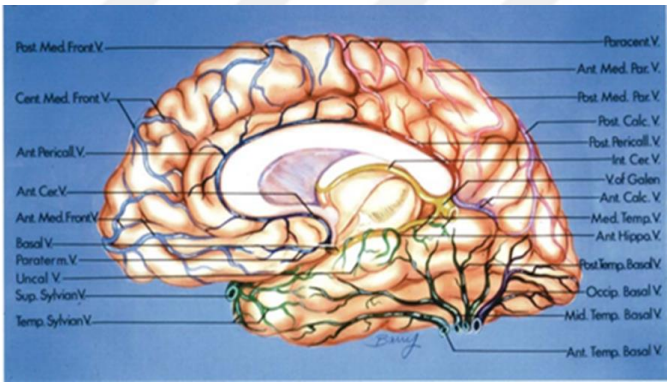
Frontal lobun lateral, medial ve bazal yüzeylerini drene eden venler üç grub olarak incelenir.

Lateral frontal venler asendan ve desendan olarak iki gruba ayrılır. Superior sagittal sinüse drene olan asendan grub ve Sylvian venlerle birleşen inen grup. Frontopolar, presantral ve santral venler asendan gruptur. Ayrıca frontoplar venlerin ön, orta ve arka üç grubu vardır. Frontosylvian venler desendan grubu oluşturlar (25), (Şekil 5).



Şekil 5. Hemisferin lateral yüzünün venleri *(From, Rhoton AL Jr: The cerebral veins. Neurosurgery 51 [Suppl 4]: S159–S205, 2002)*

Medial frontal venler, superior sagittal sinüse dökülen asendan ve inferior sagittal sinüse veya bazal venlere boşalan desendan grub olarak ikiye ayrılır. Anteromedial, santralmedial, posteromedial ve parasantral venler asendan gruptur. Bunlar SFG'nin medial yüzeyinin büyük bir kısmını ve singulat girusun üst kısmını drene ederler. Desendan grub; anterior perikallozal, paraterminal ve anterior serebral venlerdir (25), (Şekil 6).



Şekil 6. Hemisferin medial yüzünün venleri *(From, Rhoton AL Jr: The cerebral veins. Neurosurgery 51 [Suppl 4]: S159–S205, 2002)*

Frontal lobun orbital yüzeyini drene eden venler anterior ve posterior grub olarak değerlendirilir. Anterior grub, ön orbitofrontal, frontopolar venlerden oluşur ve superior sagittal sinüse dökülür. Posterior grub, arka orbitofrontal ve olfaktör venlerden oluşarak Sylvian fissürün medial venlerine boşalırlar (25), (Şekil 6).



Şekil 7. Beynin inferior yüzünün venleri *(From, Rhoton AL Jr: The cerebral veins. Neurosurgery 51 [Suppl 4]: S159–S205, 2002)*

2.6. Serebral Anatomi Çalışmalarının Tarihçesi

Beyinle ilgili çalışmaların geçmişi antik çağlara kadar uzanmaktadır. Antik çağdan günümüze sadece buluntular (trepanasyon yapılan kafataslar) kalmıştır. Neolitik döneme ait arkeolojik araştırmalarda MÖ 7500'lere tarihlenen Aşıklı Höyük'te bulunan bir kadına ait kafatasında trepanasyon görülmektedir (76). Yine bir Güney Amerika uygarlığı olan İnkaların da trepanasyonu sık kullandığı bilinmektedir (77). Bu trepanasyonlar ne amaçla yapıldığı açık bir biçimde bilinmemese de trepanasyon yaparken kafatasının belirli bölgelerinden kaçınıldığının görülmesine dayanarak, trepanasyonu yapan adamların serebral meninksler ve venöz sinüsler ile ilgili belirli bir düzeyde bilgileri olduğunu düşünülmektedir.

Antik Mısır'da, kalbin aynı zamanda duyguların, kişiliğin ve zekânın da merkezi olduğu düşünülüyordu. Ölen kişinin kalbı korunurken beyin burundan çıkarılıp atılması Antik Mısır'da beynin işlevlerin bilinmediği şekilde yorumlanabilir (78).

Beynin ilk anatomik diseksiyonlara araştırlması Yunanların "altın çağına" denk gelmektedir. "Tıbbın babası" Hipokrates (460-370 MÖ) beyni dış dünyanın analisti, bilincin yorumlayıcısı, zeka ve iradenin merkezi olarak belirtir (79). Buna karşılık Aristoteles ise insanın entelektüel ve duygusal fonksiyonlarının kalbe bağlı olduğunu düşünmüştür. Anatominin babası olarak tanımlanan Herofilus (335-280 MÖ) anatomik disseksiyonlarında beyin, beyincik ve ventriküller üzerinde çalışmış, ruhun ventrikül içinde yerleşik olduğunu iddia etmiştir. Venöz

sinüslerin birleşen bölümünü tespit etmiştir. Bu bölüm günümüzde "torkular herofili" olarak anılmaktadır (80). Erasistratus (MÖ 310-230) beyinin yüzeyi ve sulkusları üzerinde çalışmış, bunların zekâ ile ilşkili olabileceğini söylemiştir. Antik dönem araştırmacıları içinden en geniş ve kapsamlı çalışma Bergama'lı Galen'e (MÖ 130–200) aittir. Galen pia mater, dura mater, KK, ventriküler sistem, pineal ve hipofiz glandlarını tariflerini kendi "De Anatomicis Admnistrationibus" adlı eserinde belirtmiştir. Günümüzde Galen veni olarak anılan venöz yapıda Galen tarafından tespit etmiştir (81). Bu dönem aynı zamanda kafa travmalarına yaklaşımının ve beyin işlevlerinin anlaşılmasına yönelik çalışmalarında başladığı bir çağdır.

Orta çağda (400-1400 yıllar arası) nöroşirurjide ciddi bir ilerleme yapılamamıştır. Avrupada kadavra disseksiyonları yasak olduğu için incelemeler kısıtlı yapılabilmiştir. Öte yandan Arap bölgelerinde İbn-i Sina'nın (MÖ 980-1037) kadavra üzerinde çalışmaları olduğunu günümüze ulaşan 50'ye kadar makalesinden anlaşılmaktadır.

Rönesans döneminde kadavra üzerindeki çalışma yasağı kalktığından ötürü beyin araştırılmaları yeniden canlanmıştır. Andreas Vesalius (1514-1564) "De Humanis Corporis Fabrica" adlı kitabında korpus kallozumun tasvirini yapmış ve beyin anatomisinin farklı yönlerini tarif etmiştir (82). Vesalius beynin ventriküler ve derin yapılarının ilişkisini ayrıntılı belirtse de giral yapıları karmaşık göstermiştir. Beyin yüzeyinin ayrıntılı çizimleri Leonardo da Vinci'ye (1472-1519) aittir. Leonardo da Vinci gerçeğe çok yakın üç boyutlu ayrıntılı resimleri ile tanınır (83). 1518 yılında Brengario da Carpi (1470-1550) kafa travmalarını anlatan kitabında (*Tractatus de Fractura Calve sive Cranei*) ventriküler sistemi, pineal gland ve koroid pleksusu resmetmiştir. Gerçek anatomik diseksiyonlar sonucu çizilmiş ilk anatomik resimlerdir (84). Bu çağa anatominin anlaşılması ve detaylı resimlendirmesine başlandığı dönem diyebiliriz.

Arcangelo Piccolhomini (1526-1605) Vesaliustan sonra, anatomik diseksiyonlarla gri ve ak madde ayrımını göstermesi, ak madde diseksiyonlarının evriminin başlangıcı olarak kabul edimektedir (85). Willis poligonunu tarif eden Thomas Willis, "*Cerabri Anatomie* (1664)" adlı eserinde CC'nın iki hemisfer arasındaki köprü olduğunu, korpus striatum, mamiler eminensler ve serebellumun bağlantıları hakkında ayrıntılı bilgi vermiştir (86). Marcello Malpighi (1628-1694) ak madde diseksiyonunda ilk defa mikroskop kullanan bilim insanıdır. Malpighi beyni suda kaynatarak medulla oblongatadaki lifleri göstermiştir (85). Nicolaus Steno (1638-1686) ise kazıma tekniğini kullanarak fiber diseksiyonu gerçekleştirmiştir (87). Steno'nun tarif ettiği kazıma tekniğini kulanan Raymond Vieussens (1635 -1715) 1684'de sentrum ovaleyi tanımlamış ve İK ile bağlantısını göstermiştir (88). Domenico Mistichelli (1675-1715) ve

Francois Pourfoir de Petit (1664–1741) bir yıl arayla ayrı ayrı piramidal lifleri tarif ettiler (85). Félix Vicq d'Azyr (1748–1794) 1786'da mammilo-talamik yolu tanımladı ve anterior ve posterior komissürleri gösterdi (89). Christian Reil (1759-1813) 1809'da beyni alkole batırarak beyin diseksiyonların gerçekleştirmiştir. Reil korona radiatayı tanımlamış ve İC, serebral pedinküller, korpus kallosum, ön komissür ve unsinat fasiküllerin ilişkilerini göstermiştir. Ayrıca eksternal kapsülden de bahsetmiştir. Franz Joseph Gall (1758-1828) ve Johann Kaspar Spurzheim (1776-1832) birlikte, farklı kortikal bölgelerin fonksiyonlarının ak maddedeki bağlantıların kaynağı olduğunu ve bu yapıların birbirine bağladığını belirtmişlerdir. Karl Friedrich Burdach (1776-1847) tapetum, singulum, unsinat fasikül ve SLF, İLF'i tanımladı. Herbert Mayo (1796–1852) ak madde liflerini resimlerle göstermiştir (85). Fransız anatomist Louis Pierre Gratiolet (1815-1865) beynin loblarını ve sulkuslarını doğru biçimde tarif etmiştir; beş loba ayırmıştır frontal, temporal, paryetal, oksipital ve insula olmak üzere bunun yanında optik radyasyonun bir parçası olan Gratiolet lif grubunu tarif etmiştir (90). Paul Broca (1824-1880) 1861'de serebrum ile kraniyum arasındaki ilişkiyi belirten noktalarla temel korelasyonlar kurmuştur (91). Aynı zamanda Motor konuşma merkezi olarak bilinen kendi adıyla anılan alanı tanımlayan cerrahtır.

Ak madde yolları 1920'lerde, özellikle Santiago Ramon y Cajal'ın etkili bir şekilde önerdiği sinirsel bağlantı ve devrelerle birlikte, nöroşirürji için önem kazanmaya başladı. 1934'da Basel Üniversitesinde Josef Klingler beyin dokusunun dondurma tekniğine dayanan ak madde yollarını detaylı gösteren diseksiyon yöntemini geliştirdi. Bu sayede limbik sistemin, talamusun ve kortikal yapıların ak madde bağlantılarının üç boyutlu biçimde gösterilmesine imkân bulundu (92). Difüzyon tensor görüntülemeleri geliştirildikten sonra, ak madde yollarının anatomik olarak karşılığının gösterilmesi gerekmektir. Bu ise Klingler yönteminin tekrar kullanımı ve modifikasyonu için çalışmaları teşvik etmiştir.

2.7. Nöroşirurjide Radyolojik Uygulamalar

2.7.1. Nöroradyolojinin Tarihçesi

Wilhelm Roentgenin, x-ışınlarını 1895'te keşfetmesinden sonra Amerikalı beyin cerrahı Harvey Cushing 1896'de nörolojik semptomları olan bir hastada iki yönlü servikal direkt grafi çekmiştir (93). 1912'de Dr. Arthur Schüller'in "kafa hastalıklarının röntgen tanısı" kıtabının yayınlaması nöroradyolojin başlangıç noktası olarak kabul edilebilir. 1917'de Dandy, ventriküler sisteme hava enjeksiyonu ile pnömoventrikülogram veya "ventrikülogram" tekniğini uygulamaya başladı (94). Cornelius G. Dyke 1935'te "Geliştirilmiş ensefalografi

yöntemi" adlı raporunu yayınladı. Dandy'den farklı olarak Dyke havayı lomber ponkisyon ile veriyordu. Aynı dönemde bu yöntem ile ilgili Stockholm'da Erik Lysholm da çalışıyordu. Lysholm özel kafatası masasının yardımıyla az miktarda hava kullandı ve hastaların baş pozisyonlarını değiştirerek ventriküler sistemin çeşitli kısımlarının gösterilmesini sağladı (95).

Sonraki dönemlerde nöroradyojide bir devrim niteliğinde olan serebral anjiografi 1927'de Egas Moniz tarafından uygulamaya sokuldu (96). Bu da vasküler nöroanatominin radyolojik incelenmesine büyük katkı sağladı. Yeni görüntüleme tekniği vasküler anatomi ile ilgili bilgilerde büyük değişiklere yol açtı, serebral tümörlerin değerlendirilmesinde pnömografinin yerini aldı. Pnömografi ve anjiografi 1940'ların sonlarından 1970'lerin başlarına kadar yaygın olarak kullanıldı (97).

1971'de bilgisayar tomografi (BT) kullanıma sokulana kadar hasta için sıkıntı verici ve sıkça komplikasyona neden sebep olabilecek görüntüleme yöntemleri olarak uygulandı (97). Godfrey Hounsfield İngiltere'deki "Electric and Music Industries" (EMI) Laboratuvarlarında vücudun içyapısını çoklu x-ışını iletim ölçümlerinden yeniden görüntüleyebileceğini tahmin ederek bigisayarlı aksyel tomografiyi geliştirdi (98). Bu durumu nöroradyolojinin yeni evrimi olarak kabul edildi. İlk klinik bilgisayarlı tomografik tarayıcı 1971'de Wimbledon'daki Atkinson Morley Hastanesi'nde kuruldu (99). BT ilk kez beyin dokularının, sellar bölgenin, paranazal sinüslerin noninvazif olarak gösterilmesini sağladı. Bu incelemeler BT taramalarında radyodansitenin değerlendirmesinde Hounsfield tanımladığı ölçek kullanıldı ve günümüze kadar halen BT incelemelerinde referans olarak kullanılmaktadır

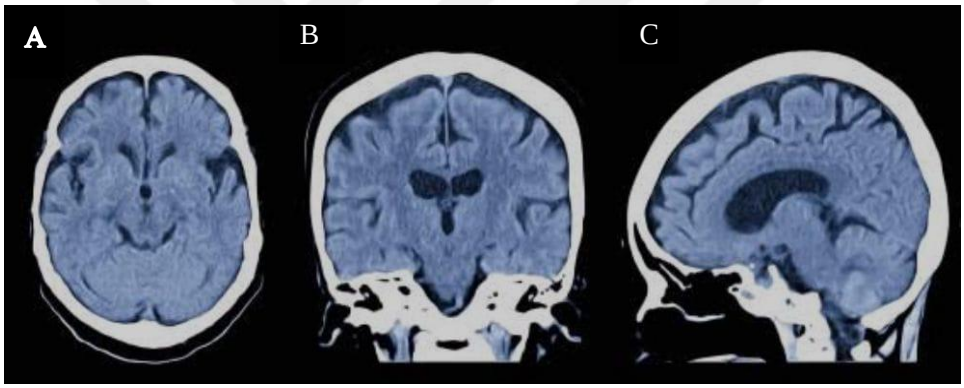
Manyetik rezonans görüntülemenin (MRG) klinik kullanımı BT'den yaklaşık on yıl sonra olsa da, gelişiminin büyük kısmı 1960'lı yıllarda başlayan BT ile aynı zamanda olmuştur. Raymond Damadian'ın keşfettiği MRG'nin ilk seri üretimine 1978'lerde başlanıldı ve 1980'lerde hızla yaygınlaştı.

2.7.2. Radyolojik Anatomi

Kadavralardan elde olunan serebral anatomik diseksiyon bilgisi, nöroşirurjiyenlerin cerrahi uygulamarına rehberlik eder. Ancak kişi bazlı değerlendirildiğinde her insanın beyninin sulkus ve girus dizilimi ile vasküler ağ yapısında kişiye özgü varyasyonları görülür. Beyin görüntüleme teknikleri bu kişiye özgü değişiklerin görülmesini sağlar. Bu yöntemlerin en önemlileri BT ve MRG'dir.

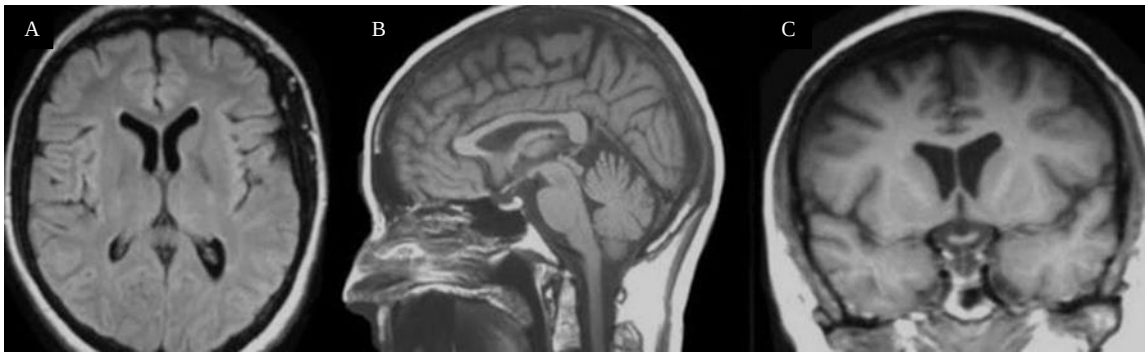
BT X-ışınları kullanarak kesitsel görüntüler elde etmek için kullanılan bir beyin görüntüleme yöntemidir. BT cihazında, dönen bir X-ışını tüpü ve bu tüpün etrafında dönen bir

detektör bulunur. Bu tüp ve detektör, vücuttan geçen X-ışınlarını alır ve bilgisayar tarafından işlenerek kesitsel görüntüler oluşturur. Görüntüler emilim derecesine göre farklı yoğunluklar gösterir. Bu yoğunluk BT'de -1000 ile +1000 arasında ölçeklenebilmekte, ölçeğin birimi Hounsfield Unit (HU) olarak ifade edilmektedir. Bu skalaya göre su 0 HU, hava -1000 HU, ak ve gri madde 30-50 HU, taze hematom (1-7 gün) 50-80 HU, kalsifikasyonlar 150 HU, kemik veya metaller ise +1000 HU olarak ölçülmektedir. BT, beyin tümörün, kanama, enfeksiyon ve kranial kırıklar gibi yapısal anormallikleri saptamak için kullanılır. BT taramaları, kısa sürmesinden dolayı acil durumlarda sıklıkla tercih edilir. BT'nin, kemik ayrıntıların değerlendirilmesinde MRG'ye göre üstünlüğü vardır (100). Serebral BT ile koronal, sagittal ve aksyel planlarda görüntüler elde edilir. Şekil 8'de görüldüğü gibi anatomik hâkimiyetin sağlanmasına da yardımcı olur.



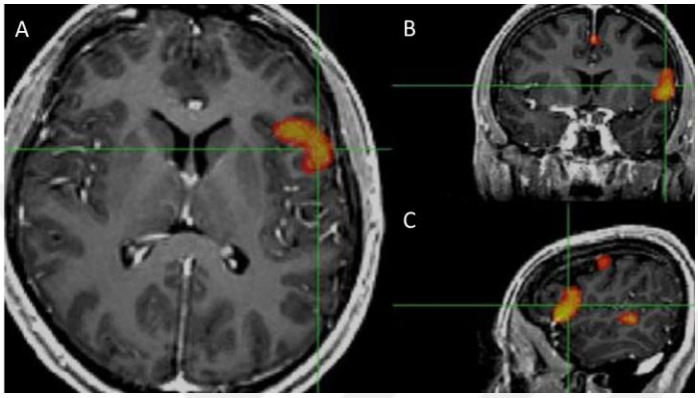
Şekil 8. Beyin BT (*A = aksiyel görüntüsü; B = koronal görüntüsü; C = sagittal görüntüsü*)

MRG, dokuları ayrıntılı görüntülerini elde etmek için manyetik alan ve radyo dalgaları kullanılan bir yöntemdir. MRG ile vücudun farklı bölgeleri incelenebilir, ancak özellikle yumuşak dokular ve sinir sistemini değerlendirmede kıymetli bilgiler verir. MRG, radyasyon içermez, sulkus ve girusların anatomisi ile alakalı ayrıntılı açık bilgi sağlar (Şekil 9), (101).



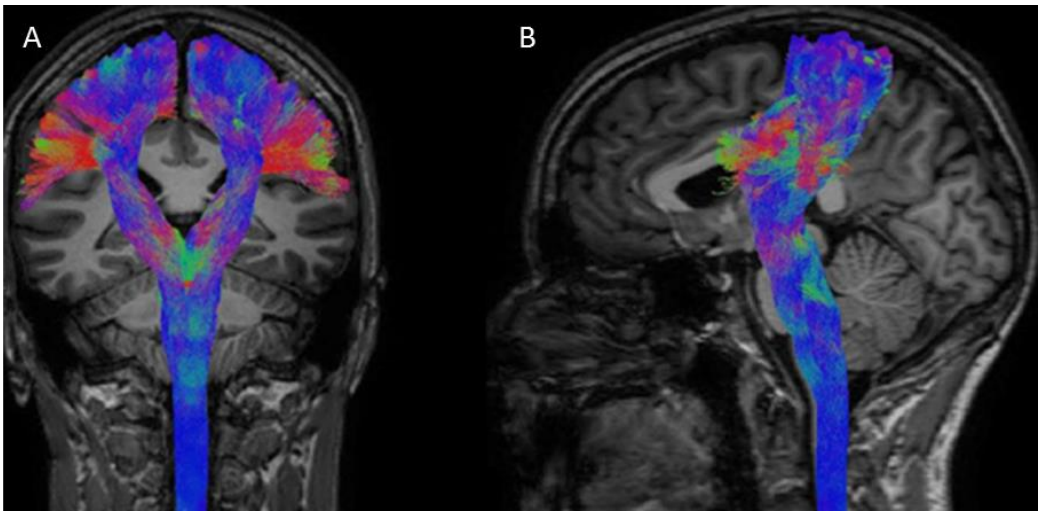
Şekil 9. Beyin MRG (*A = aksiyel görüntüsü; B = koronal görüntüsü; C = sagittal görüntüsü*)

BOLD tekniği kullanılarak insan beynindeki nöronal aktivasyonu görmek ve haritalandırmak amacıyla fonksiyonel MRG (fMRG) 1992'de icat edilmiştir. fMRG, beynin belli bölgelerinin aktif olduğu zamanlarda kan akışı ve oksijenlenmesindeki değişiklerini göstermek için kullanılan MRG yöntemi fMRG'dir. Bu yöntem beynin anatomik yapısını ve hastalıklarını yüksek çözünürlükle gösterir (Şekil 12), (102).



Şekil 10. Beyin fMRG (*A = aksiyel görüntüsü; B = koronal görüntüsü; C = sagittal görüntüsü*)

Bir diğer ileri MRG tekniği ise beyindeki su moleküllerinin difüzyon davranışını gösteren Difüzyon Tensör Görüntüleme (DTG) yöntemidir. DTG, suyun difüzyonunun yön bağımlığını da kaydederek, dokunun mikro yapısını ve anizotropisini tanımlamak için kulanılır. DTG, özellikle ak madde hastalıklarını göstermede yararlıdır. DTG ile elde edilen verilerden, traktografi adı verilen sinir liflerinin yönünü ve bağlantılarını gösteren üç boyutlu görüntüler de elde edilebilmektedir (Şekil 11), (103).



Şekil 11. MR traktografi (*A = koronal görüntüsü; B = sagittal görüntüsü*)

2.8. Serebral Fiksasyonda Kullanılan Yöntemler ve Çözeltiler

Ak madde diseksiyonu için uygulanan serebral fiksasyon yöntemlerinin geçmişi Rönesans çağına dayanmaktır. Malpighi 1664 yılında ak madde diseksiyonlarını suda kaynatarak fikse ettiği beyin örneklerinde yaptı. Aynı yöntem 1684'de Vieussens tarafından da kullanılmıştır. Kimyasal kullanarak fikse edilmemiş beyin dokusunun çabuk bozulduğunu fark eden Reil, diseksiyonlarını amonyak eklenmiş alkolle fikse ettiği spesmenlerde yapmıştır (1809) (85). Formaldehit'in kimyasal olarak ilk kez 1859'da Butlerov tarafından tanımlamasından 10 yıl sonra yapılarak kullanılmaya başlamıştır (104). Tıbbi uygulamarda uygulaması ilk olarak Alman fizyolog Ferdinand Blum tarafından 1893'te önerilmiştir (105). Fromalin Blum tarafından tanıtıma kadar, fiksasyonlar alkol, çeşitli asitler ve kromik tuzlarda yapılmıştır. 1934'te Klingler, formaldehitte fiksasyondan sonra dondurlmuş beyinde diseksiyon tekniğini geliştirdi. Bu yöntemle, ak maddenin diseksiyonu kolaylaşmış ve lif demetleri daha ayrıntılı şekilde tanımlanabilmiştir (92).

Günümüzde serebral diseksiyon çalışmaları için çeşitli fiksasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Bu amaçla immersyon, perfüzyon veya bunların kombine yöntemlerinden yararlanmaktadır. İmmersyon yönteminde; beyin dokusu fiksatif kimyasallarla dolu bir havuz içerisine gömülür ve değişik süreler içinde bekletilir. Perfüzyon yöntemi de ex situ veya in situ olarak iki farklı şekilde uygulanmaktadır. Ex situ fiksasyonda beyin kafatasından çıkarılır ve bazaldeki damarlardan fiksatif çözeltiler enjekte edilir. İn situ fiksasyonda beyin, kafatasından çıkarılmadan ekstravazal (fontaneller, trepanasyonlar aracılığıyla kranyum içerisine) veya intravazal (a. carotidis communis, v. jugularis, a. femoralis aracılığıyla intravasküler) yollarla fiksatif çözeltiler enjekte edilir. Kombine yöntem ise iki yöntemin birlikte kullanmasıdır. Bu yöntemler hazırlanma ve kullanıldığı solüsyonlara göre aşağıdaki tabloda gösterlmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Uygulama Biçimlerine Göre Serebral Fiksasyon Yöntemleri

İmmersiyon	Perfüzyon			Kombine (İmm+Perf)
	Ex situ	İn situ		
		Ekstravazal	İntravazal	
• **1896** • Parker ve Floyd • %85 alkol + %2 form. gömülür	• **1938** • Hasenjager ve Spatz • İCA'dan Form. verilir	• **1898** • Sainton ve Kattwinkel • Orbita/ nazalden form. verilir	• **1951** • Böttger • CCA'dan derişik formol verilir	• **1949** • Ostertag • İn situ fiksasyonda (%20 form. + %70 Carslbad tuz çözeltisi), immersiyonda (%10 form. + Carslbad) kullanmış
• **1934** • Lagerlöf ve Torgersruud, • %10 form. + %1,75 NaCl çözeltisinde gömülür	• **2006** • Sharma ve Grieve • %20'lik form. İCA + 3V.t'dan verilir	• **1938** • Fahr • Kulağa yakın yerden LV'ye 60-70 ml form. verilir	• **1978** • Brudbury ve Hoshino • CCA'dan %50 etilen glikol, %20 metanol, %10 fenol ve %20 form. verilir	• **1990** • Bass • Af'den Zamboni çözeltisi LV'ye verilir sonra bu çözeltide saklanır
• **1934** • Klingler • %5 form. gömülür, sonra -10 °C'da 10 gün dondurulur		• **2002** • Cimmino • Af'den asetik asit, form. ve distile sudan oluşan çözelti verilir	• **2006** • Anderson • İlk a.fem'en "Dodge metaflow" 15dk verilir, sonra "Dodge Metasyn" verilip 4°C 6 hafta saklanır	• **1998** • Nicholls • İlk Heidenhain-Susa çözelti Af'den SAB'a perfüze edilir Sonra 3 gün Heidenhain-Susa'da bekletilir
• **1963** • Khadziselimowitch • İlk 24saat %10 formalin + şekerli çözeltide, Sonra 6 hafta %5 form. + şekerli çözeltide gömülür		• **2002** • Thiel • A çözelti TE LV'ye verilir, B çözelti LP ile intratekal verilir		• **2012** • Hammer • a.fem'den etanol-gliserin, timol verilir. Sonra form. Gömülür
• **1990** • Brown • İlk 48 saat form. sonra 1 saat formik asite gömülür		• **2010** • Messmer • FB'den LV'ye 60ml %10 form. verilir		• **2015** • Latini • CCA'dan %12'lik form. perfüze edilir, sonra 24 saat boyunca %10'luk form. Gömülür
• **2004** • Barret • %10'luk form. gömülür ve mikrodalga ile ısıtılır sonra 12saat boyunca soğutulur		• **2020** • Crosado • LV'ye 50ml çözelti (etanol, su, gliserin ve fenoksietanol) +10ml %37'lik formaldehit verilir		• **2020** • Miyake • Thiel'in mumyalama yöntemine ilave LV'ye form. Verilir
• **2011** • Al-Hayani • Shellac içinde 1,5 bar basınçlı tanklarda gömülür				

Kısaltmalar: Af = *anterior fontanel*; a.fem = *arteria femoralis*; CCA = *Common carotid arter*; FA = *Femoral arter*; FB = frontal burr-hole; form. = *formalin*; İCA = *İnternal carotid arter*; JV: *Juguler ven*; LV = *Lateral venrikül*; LP = *lomber ponksiyon*; SAB = *subaraknoid boşuk*; 3V.t = *Üçüncü ventrikül tabanı*

Anatomistler, immersiyon yöntemlerinde fiksasyon için birçok farklı kimyasal madde kullanmışlardır. Sadece formalinin kullanılması halinde beynin şişmesi meydana gelmektedir. Bunu giderilmesi için Parker ve Floyd, serebral ödemi azaltan %85 alkol ve %2 formaldehit karışımını kullanmışlardır (106). Aynı amaçla 1934 yılında Lagerlöf ve Torgersruud %10'u formalin, %90'ı %1,75'lik serum fizyolojikten oluşan çözeltinin kullanılmasını önermişlerdir (107). Aynı yıl Klingler üç aşamadan oluşan kendine ait tekniği geliştirmiştir. Bu yöntemde beyin %5'lik formalinde (%5) 2 ay bekletildikten sonra 2 hafta süreyle -%15°C'deki derin dondurucuda dondurulur. Son aşama olarak beyin, 24 saat boyunca akan soğuk su altında tutularak çözülür (92). Bu süreç fiksasyon, dondurma ve çözülme olamak üzere Klingler'in üç aşamadan oluşan tekniğidir. Khadziselimowitch, 1963 yılında formalinin şeker çözeltisi ile birlikte kullanılmasının serebral ödemi azaltacağını belirtmiştir. Brown, Creutzfeldt-Jakob prion hastalığında, enfekte beyinlerdeki viral patojenleri etkisiz hale getirebilmek için spesmenleri 48 saat formaline ve sonrasında 1 saat süreyle formik asite tabi tutmuştur (108). Ciara Barrett, pediatrik olgularda yapılacak araştırmalarından ötürücenaze merasimlerini geciktirilmemesi için beyinler ısıyla hızlandırılmış fiksasyon protokolünü oluşturdu. Bu yöntemde çıkarılan beyin %10 formalindeyken önce 20 dk boyunca 600 W dalga ile sonra 6 saat boyunca 300 W dalga ile ısıtılır. Bu yolla formalin 50 °C'ye kadar ısıtılabilir. Ardından beyin 12 saat boyunca soğumaya formalin havuzu içinde bırakılır (109). Fiksatif kimyasalların zararlı etkilerinden sakınmak için Al-Hayani, spesmenlerinde shellak (böceklerden elde edilen ve gıda ve ilaç endüstrisinde kullanılan doğal bir polimer olan gomalak) ile mumyalama tekniğini test etmiştir. Bu testde, 80 kg shellak'a, 120 L etanol ve 80 L sudan oluşan bir çözelti katılır. Bu spesmenler 1,5 bar basınçlı bir tankın içinde yukarıdaki bahsedilen karışıma 3 güne konulur (110).

İmmersiyon yöntemlerinde fiksatif maddelerin beyine homojen dağılması uzun bir süreyi gerektirir. Bu süreyi kısaltabilmek maksadıyla perfüzyon tekniği geliştirilmiştir. Perfüzyon teknikleri ise *ex-situ* veya *in-situ* olarak uygulanabilmektedir.

1938'de T. Hasenjäger ve H. Spatz serebral fiksasyon için kafatasından çıkarıldıktan sonra beyine fiksatif maddeleri karotis arterleri kullanarak vermişlerdir. Bu yöntemde ilk olarak serum fizyolojik verilerek vasküler yatak yıkandıktan sonra formalin verilir. Diğer *ex-situ* yöntem ise Sharma ve Grieve tarafından geliştirilen hızlı serebral fiksasyon tekniğidir. Bu yöntemde ise önce beyin tabanındaki damarlardan ve üçüncü ventrikül tabanından %20'lik formalin lateral ventriküllere verilmekte. Ardından çıkarılan beyin %20'lik formalinde 1-4 gün boyunca bekletilerek fiksasyon sağlanmaktadır (111).

İn-situ yöntemler ise ekstravazal veya intravazal olarak uygulanmaktadır. H. Böttger 1951'de CCA'ya bifurkasyonun 2-3cm altından %20'lik formalin verip 30dk bekleterek fiksasyon etmişlerdir (112). S A Bradbury ve K Hoshino, a. femoralis ve a. carotidis communis'ten birlikte 10-20 dk süreyle, 1:1 oranında musluk suyuyla seyreltilen "Champion Clot Disperser® solüsyonu damar yatağına vererek pıhtılaşmış kanı tahliye etmişler; ardından %50 etilen glikol, %20 metanol, %10 fenol ve %20 formalinden oluşan fiksatif çözeltiyi enjekte etmişler (113). Stephen Anderson'un geliştirdiği yöntemin esası cesetin içinde mumyalama sıvısını biriktirilerek dondurcu kllanmadan saklanabilmesidir. Her mumyalama tekniğinde olduğu gibi önce damar yatağı 1:1 oranında soğuk suyla seyreltilmiş "Dodge Metaflow® çözeltisi a. femoralis'ten 15dk boyunca yıkanır. Sonra 1:16 oranında seyreltilmiş "Dodge Metasyn® mumyalama solüsyonu verilip 4°C'da saklanarak fiksasyon tamamlanır (114).

İn sitü ekstravazal yolla ilk fiksasyonu K. Sainton ve H. Kattwinkel 1898'de yapmıştır. 80cm'lik bir torakar burundan veya orbitadan lateral ventriküle sokulur ve 80-100 mL formalin enjekte edilerek beyin sabitlenmesi sağlanır (115). Benzer yöntemi T. Fahr'da 1938'de kullanmıştır. Farklı olarak sadece lateral ventriküle kulağa yakın yerden girerek formalin vermiştir (106). A. Cimmino ise fiksasyon için fontanelleri kullanmıştır. Solüsyon olarak asetik asit, formaldehit ve distile sudan oluşan çözelti vermiştir (116). Beyinlerin korunmasında dondurma ve kimyasal sabitlemeyi birleştirmenin etkinliğini öne süren Caroline Messmer, 2010'da başka bir yöntem tanımlamıştır. Messmer evvela internal juguler vene yerleştirilen drenden 80 mmHg basınçla kanın drenajını edilmesini ardından CCA'dan 260 mmHg'lık basınçla antikoagülan maddeleri perfüzör yardımıyla enjekte edilmesinen sonra ir. Daha sonra arteryel yatağa 1:2 oranında ESCO Epic® kremi ve metanol karışımı enjekte edilerek -18°C'de saklanmasını önermişlerdir. Bu yöntemde ek olarak frontal bölgede açılan 16 mm'lik bir delikten 60 mL %10 formalin beyine enjekte edilerek serebral fiksasyon sağlanmaktadır (117). Walter Thiel, fiksasyon için etmoid kemikten lateral ventriküle ve L5-S1 seviyesinden intratekal subaraknoid mesafeye fiksatif madde vermiştir. Etilen glikol (30 mL), amonyum nitrat (20 gr), potasyum nitrat (5 gr), sıcak su (100 mL)' dan oluşan bir çözelti lateral ventriküle, etilen glikol (10 mL), 4-kloro-3-metilfenol (1 mL)], formalin (300 mL), sodyum sülfat (700 gr)' an oluşan ikinci çözelti ise lomber intratekal yolla bir pompa yardımıyla verilir (118). Brynley Crosado 2020'de fiksasyon için sagittal sinüsün her iki tarafta 10-15 mm lateralinden açtığı 6mm'lik burr-hollerden lateral ventriküllere yerleştirilen kateterlerden BOS boşaltılıp yerine etanol, su, gliserin ve fenoksietanol+10ml %37'lik formaldehitten oluşan çözeltiden 50ml verilerek

fiksasyon tamamlanır (119).

Srebral fiksasyon için yukarıda konuedilen tekniklerin kombinasyonları da kullanılmıştır. Bu yöntemi uygulayanlardan B. Ostertag burun ve etmoidal kemikten ventriküler sisteme girerek 15 mL %20 formalin ve Carlsbad tuzu (sodyum, karbonat, magnezyum ve kalsiyum tuzlarını içermektedir) solüsyonu enjekte etmiş, sonra spesmenleri 2-3 hafta süreyle %10 formalin ve %7 Carlsbad tuzu çözeltisine gömmüştür (120). T. Bass ve ark., yenidoğan olgularında postmortem inceleme yapılana kadar doku korunması sağlamak amacıyla ön fontanelden 120 ml "Zamboni fiksasyon solüsyonunu" (fosfatla tamponize edilmiş pikrik asit formaldehit çözeltisi) lateral ventriküllere enjekte ederek hızlı uygulanan fiksasyon yöntemini geliştirmiştir. Bu yöntemde lateral ventriküle verilen fiksatif solüsyon lomber spinal veya suboksipital subaraknoid ponkiyonla boşaltılarak çözeltimin dağılımı sağlanır. En son aşamada beyin örnekleri Zamboni çözeltisinde saklanır (121). Niels Hammer, formalin, etanol-gliserin ve timol solüsyonlarından oluşan yeni bir serebral fiksasyon solüsyondan bahsetmiştir. Etanol-gliserin ve timol a. femoralisten pompa ile verilir. İkinci aşamada trepenasyonla ulaşılan kranyal subdural boşluğa formalin verilerek in situ olarak veya beyin çıkarıldıktan sonra formalin solüsyonuna daldırma tekniği ile ex situ fiksasyon sağlanır (122). JM Nicholls, 1998 yılında perfüzyon ve immersiyon tekniğini kullanrak fiksasyon uygulamıştır. Nicholls'un yönteminde ön ve arka fontanelden subaraknoid boşluğa yerleştiren kanül aracılığıyla 24 saat boyunca "Heidenhain-Susa fiksatifi" perfüze edilir. Ertesi gün çıkarılan beyin 3 gün boyunca "Heidenhain-Susa fiksatifine" dolu banyoya konur. "Heidenhain-Susa fiksatifi" civa klorür (45 gr), sodyum klorür (5 gr), trikloroasetik asit (20 gr), asetik asit (40 mL), formaldehit (200 mL) ve distile su (800 mL)'dan oluşmaktadır (123). Francesco Latini, serebral fiksasyon için karotis arter arcılığıyla %12'lik formalini 48 saat boyunca perfüze etmiştir. Bu yöntemde daha sonra 24 saat boyunca, %10'luk formaline gömüştür. Beyin kranyumdan çıkarılmasından sonra 6-10 gün boyunca -15 veya -20°C'de dondurulup ardından 12 saat boyunca yavaşça çözülmeye bırakılır. Diseksiyon seansları arasında beyinler %5 formalin içerisine saklanır (124). Son zamanlarda Shigeta Miyake Thiel'in mumyalama yöntemine ilaveten intraventriküler formalin enjeksiyonu ile sağladığı beyin fiksasyon yöntemini tanımlamıştır (125).

3.GEREÇ

Bu çalışma, Erzurum Atatürk Üniversitesi Tıp Fakultesi Etik Kurulu'nun B.30.2.ATA.0.01.00/ sayılı kararı ve TTU-2023-12203 onay kodu ile bir BAP projesi olarak, Nissan 2023- Şubat 2024 tarihleri arasında Atatürk Üniversitesi Tıp Fakultesi Anatomi Anabilim Dalı Laboratuvarında yapıldı.

Çalışmada, Amerika Doku Bankaları Birliği'nden, ölüm sonrası ilk 12 saat içinde %10 formalin fiksasyonu sonrası karotis arterden kırmızı ve juguler venden mavi silikon boya enjekte ederek hazırlanan 10 adet (ölüm nedeni kraniyal patolojilerden kaynaklanmayan 10 postmortem insan kafa spesmeninden elde edilen 20 hemisfer) kafa kadavrası kulanıldı.

Temin edilen formalinle fikse edilmiş, donmuş kafa spesmenleri 1 saat boyunca ılık akan su altında yıkanıp çözüldükten sonra %70 alkol içeren kaplarda, +4°C'de (buzdolabı koşullarında) bütün diseksiyon aşaması süresince saklandı.

Diseksiyondan önce kafa spesmenlerinin MR (Siemens Magnetom Skyra 3T; Almanya, Münih) ile görüntüleri alındı. Ayrıca serebral patolojisi olmayan 13 (6 erkek, 7 kadın) gönüllünün, ak madde liflerinin yönelimini incelemek için için DTI MR görüntüleri alındı. Radyolojik verilerin analizi amacıyla IBM SPSS Versiyon 20.0. (Armonk, NY: IBM Corp) istatistik paket programı kullanıldı.

Kadavra diseksiyonlarında cilt, kemik ve dura için bistüri ve elektrikli kesici (Midas Rex® Legend high-speed surgical drill; USA, Minneapolis) kullanıldı. Araknoid mater, arter, ven, gri ve ak madde diseksiyonları için mikroskop (Carl Zeiss OPMI-1; Almanya, Oberkochen), mikrodissektör, tahta spatula, mikrohook ve mikromakas kullanıldı.

Diseksiyonun tüm aşamaları Canon® 200d fotoğraf makinası EF-S 18-55mm f/3,5-5,6 DC III ve Canon Macro Art Lens® EF 100 mm f/1:2.8 lensler, Ring Light M4 84 Watt ışık kaynağından yararlandı.

4. YÖNTEM

Çalışma anatomik ve radyolojik olarak iki aşamalı planlandı. Birinci aşamada anatomik diseksiyon yapıldı. Çalışmada tedarikçi firma tarafından %10 formalinde fiksasyon uygulanmış ve -16°C buzdolabında muhafaza edilmiş 10 adet tahnitli boyalı kafa spesmeni kulanıldı. Kafa spesmenlerinin 6'ı erkek, 4'ü kadındı ve yaşları sırasıyla 64 /65 /68 / 69 / 71/ 73/ 74/ 74 /76 / 77 idi.

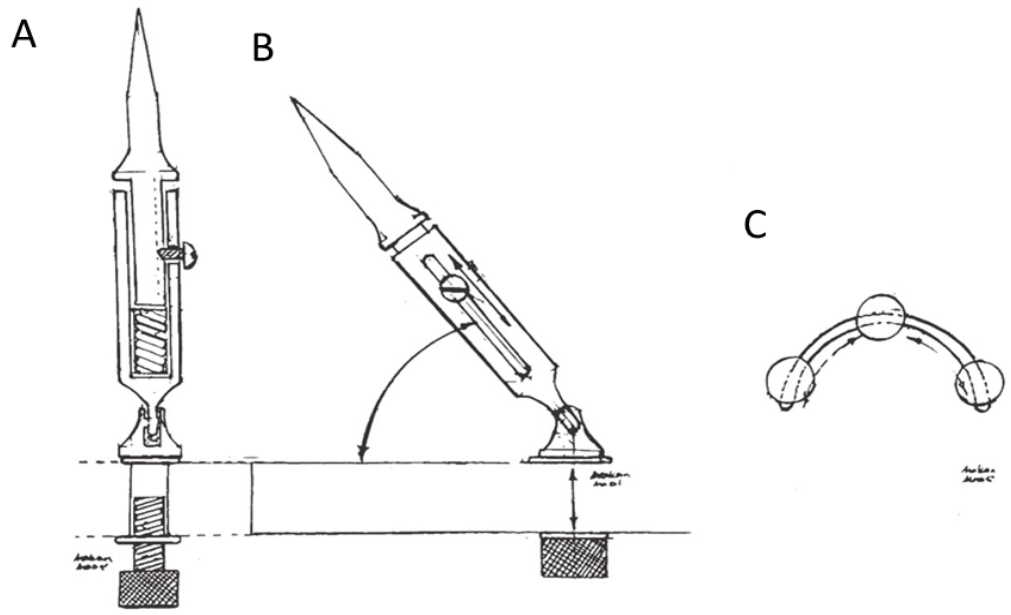
Kafa spesmenlerine MRG ile 3 planda 1 mm kesit aralıklarla görüntülemeler yapıldı. Tüm spesmenlerin diseksiyon yapmaya elverişli olduğu görüldü.

Diseksiyonumuzdan önce spesmenler 1 saat ılık çeşme suyu altında yıkanarak çözündü. Formalinin inhaler ve cilteki irritan yan etkilerinin fazla olması nedeniyle spesmenler çözülme sonrası, farklı bir koruma yöntemi olan %70 alkol içerisinde, +4°C buzdolabında muhafaza edildi ve bütün çalışma aşamalarında bu şekilde korundu.

Diseksiyonumuz Atatürk Üniversitesi Tıp Fakultesi Anatomi Anabilim Dalı Laboratuvarı'nda yapıldı. Kafa spesmeni anatomik duruşa uygun pozisyonda dik şekilde tarafımızdan dizayn edilen fiksatörle çalışma masasına sabitlendi. Bu fiksatör tüm diseksiyonlar boyunca aynı anatomik pozisyonda çalışmak ve her bir diseksiyon sonrası fotoğraflamayı aynı açıda yapmak için düzenlendi (Şekil 12).

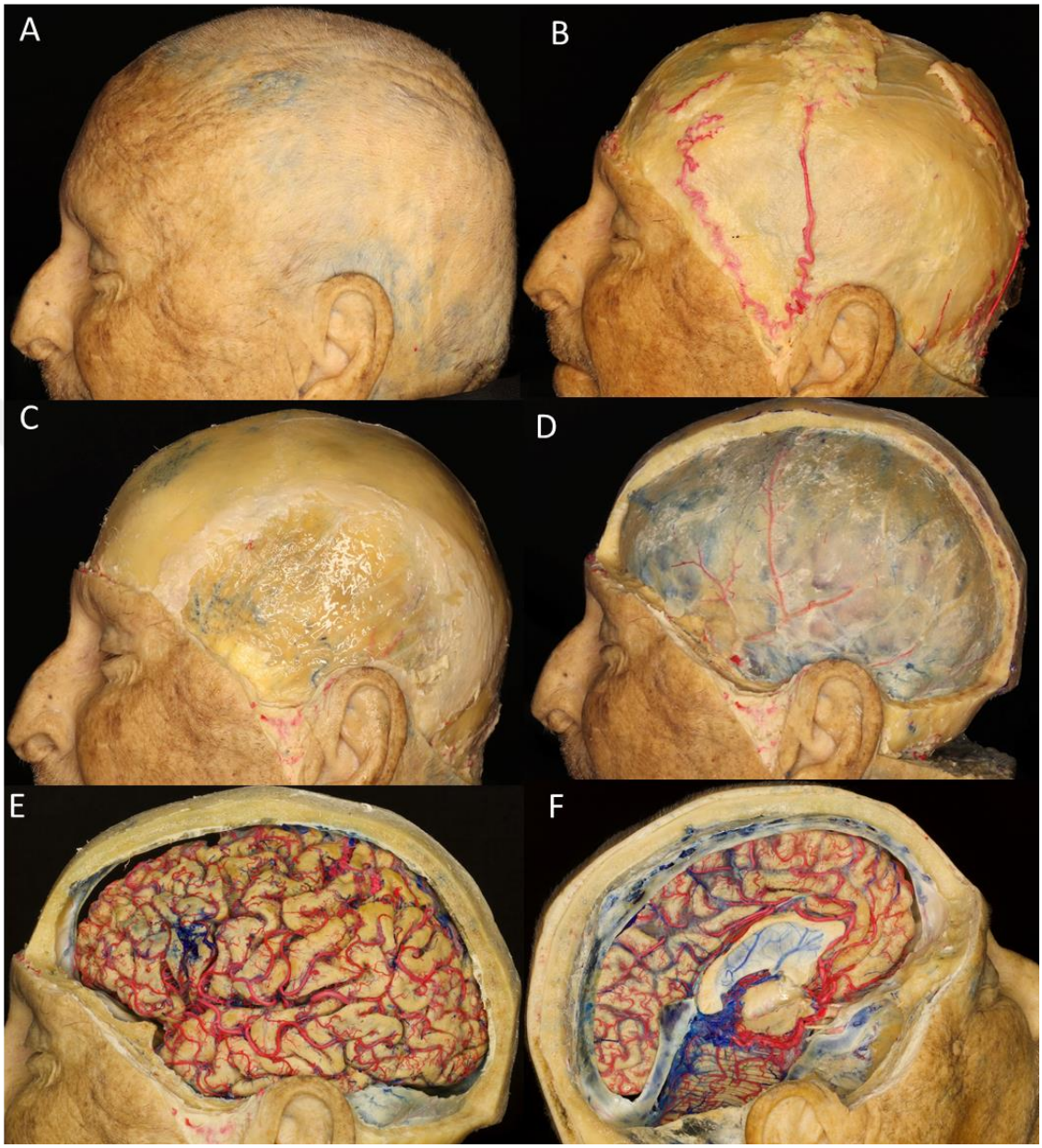
Skalp, supraorbital ve inferior temporal linea, glabelladan eksternal protuberans oksipitalise kadar sirküler insizyonla "takke" şekilinde kaldırıldı. Glabelladan eksternal oksipital protuberans'a kadar sagittal sütürün her iki tarafında 5 mm'lik kemik alan bırakılarak, aksiyel düzlemde cilt insizyonu hizasından kalvaryum yüksek devirli kemik kesici ile kaldırıldı. Dura mater, sagittal sinüs ve transvers sinüsler korunarak, tüm hemisferin üzerinden kesilerek çıkarıldı. Hemisfer, korpus kallozumun ön arka doğrultusunda (sagital planda) orta hattan insize edilerek diğerinden ayrıldı. Altta mezensefalon hizasında superior kollikulusun üzerinden (aksiyel düzlemde) insize edilerek beyin sapı ile ilişkisi kesildi. Falks ve tentorium korundu. Diğer hemisfer çalışılıncaya kadar kadavra üzerinde muhafaza edildi (Şekil 13).

Araknoid mater ve venöz yapılar mikroskop altında, 4-20x büyütme kaldırıldı. Spesmenler diseksiyon için Klinlger yönteminde tanımlanan tarif edilen -16°C'de ve iki hafta süreyle dondurma işlemine tabi tutuldu. Tekrar çözülme prosedürü sonrasında medialden laterale, lateralden mediale gri madde dekortikasyonu ve ak madde diseksiyonu yapıldı. Diseksiyonlar, ana arteriyel yapılar korunarak, damarlar ile ak madde yapılarının topografik ilişkisi göstermek için yapıldı. Medial frontal alan, superior frontal girus, orta frontal girustan medial talamusa ulaşan ak madde lifleri ve yolakları açığa çıkarıldı. Bütün aşamalar fotoğraflandı.



Şekil 12. Fiksatör.(*Fiksatör Çivilerin: A = Koronal Görünümü; B = Sagittal Görünümü; C = Aksiyel Görünümü*) (İllustrasyon: Hakan Hadi Kadıoğlu)

Çalışmanın ikinci aşamasında 13 sağlıklı bireyin beyin DTG incelemeleri 3T MR tarayıcı 20 kanallı özel baş bobin kullanılarak yapıldı. Anatomik görüntüler sagital ve aksiyel T1 3D MPRAGE TR, 1420 ms; TE, 3,9 ms; FOV, 25x25 cm ve voksel boyut, 1x1x1 mm ilgili parametrelere kullanılarak oluşturuldu. Tensör traktografi görüntülerin eksenel epiplanar görüntülemeden oluşması hedeflendi. TR, 3900 ms; TE, 95 ms; EPI faktörü, 30, voksel boyutu, 2x2x4 mm ve difüzyon yönü sayısı, 64. b=1000 s/mm2'de difüzyon trase görüntüleri ile b0 görüntüleri elde edilecek ve tüm beyni kapsayan tensör haritaları otomatik olarak hesaplandı. Fiber izleme ve tensör verileri, çevrimdışı bir iş istasyonu kullanılarak analiz edildi. 3D volümetrik T1 ağırlıklı görüntülerden oluşan anatomik görüntüler ile tensör traktografi ile birleştirildi. Ana beyaz cevher lif yollarını belirlemek için olasılıksal lif izleme kullanıldı. SFG ve OFC'ye ait lif yolları, olasılıklı fiber izleme ile tasvir edilen önceki fiber izleri üzerinde VOI tabanlı deterministik fiber izleme kullanılarak yeniden yapılandırıldı. Lif izlerini tasvir etmek için kavisli çok düzlemli rekonstrüksiyon ve 3D modelleme DSI studio kullanılarak yapıldı. 13 adet sağlıklı bireye ait DTI görüntüler, kadaverik spesmenlerden elde edilen görüntüler ile eşleştirilerek değerlendirildi.



Şekil 13. Ciltten kortekse kadar diseksiyon aşamaları (*A = Diseksiyon öncesi; B = cilt flebi kaldırıldı; C = Periost kaldırıldı; D = Kemik flebi kaldırıldı; E = Dura mater kaldırılması sonrası lateral görünüm; F = Dura mater kaldırılması sonrası medial görünüm*)

İstatisiksel analizler IBM SPSS 20 istatistik analiz programı ile yapıldı. Veriler ortalama, standart sapma, median, minimum, maksimum, yüzde ve sayı olarak sunuldu. Sürekli değişkenlerin normal dağılımına Shapiro Wilk testi, Kolmogorov Simirnov testi, Q-Q plot, skewness ve kurtosis ile bakıldı. İki bağımsız grup arasındaki kıyaslamalarda normal dağılım şartı sağlandığı durumda İndependent Samples t testi, sağlanmadığı durumda Mann Whitney u

testi kullanıldı. İkiden fazla bağımsız grup ile değişkenlerin arasındaki kıyaslamasında normal dağılım şartı sağlandığı durumda ANOVA testi, sağlanamadığı durumda Kruskal Wallis testi kullanıldı. ANOVA testi sonrası post-hoc testler varyanslar homojen olduğunda tukey testi ile varyanslar homojen olmadığı durumda Tamhane's T2 testi kullanılarak yapıldı. Kruskal Wallis testi kullamılarak yapıldı. Kruskal Wallis testi sonrası post-hoc testler için Kruskal Wallis 1-way ANOVA (k samples) testi kullanılarak yapıldı. İki oran arasındaki kıyaslamada ki-kare testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak alındı.

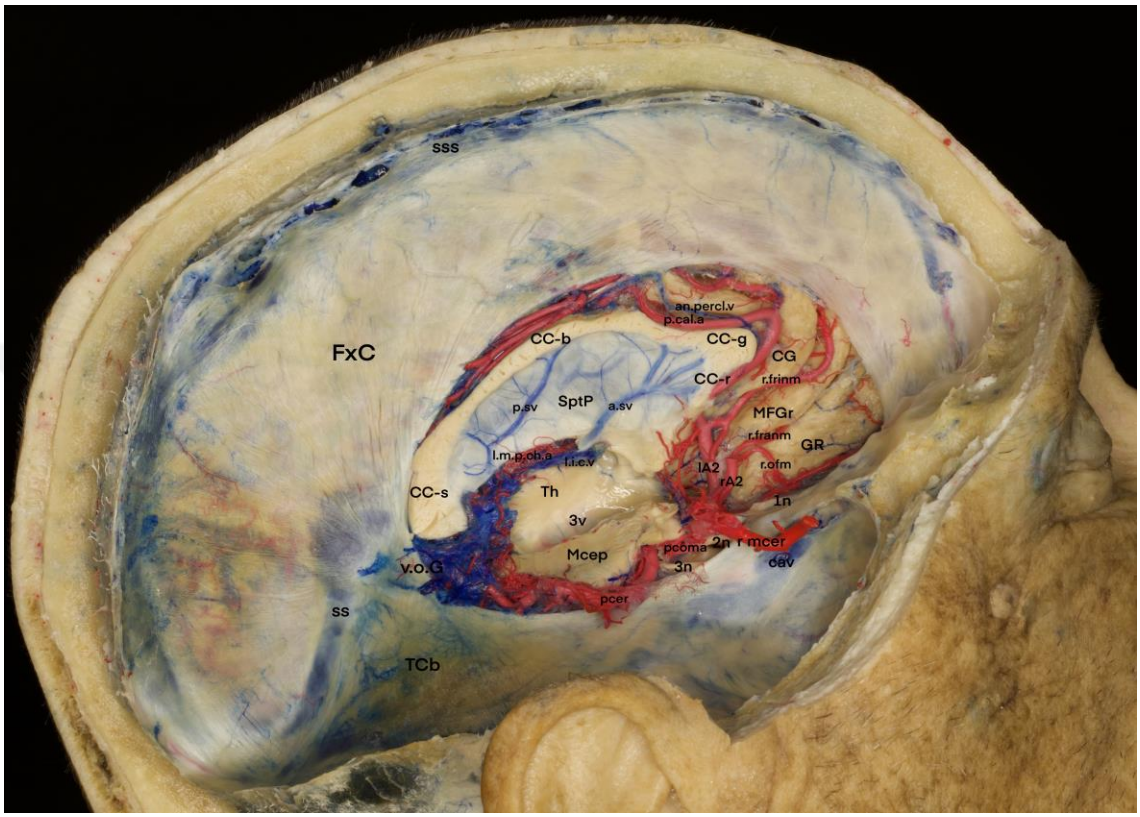
5. BULGULAR

5.1. Medialden Laterale Doğru Kademeli Diseksiyon

Topografik hâkimiyet sağlanması için orbita, burun ve kulak korunarak cilt, cilt altı ve kemik dokular çıkarıldı. Dura sağ hemisferin üzerinden kaldırıldı. Sağ hemisfer korpus kallozum hizasından dikey, mezensefalon hizasından yatay şekilde kesildi, bütün olarak çıkarıldı. Falks serebri, tentorium serebelli ve medial yüzey dokulara ulaşıldı. Bu yüzeyde superior sagittal sinüs, straight sinüs, Galen ven, anterior septal ven, posterior septal ven, kavernöz sinüs'e ait venöz gölgelenmeler izlendi. Tüm kısımlarıyla korpus kallozum, septum pellusidum, talamus, 3. ventrikül, mezensefalon, olfaktor sinir, optik sinir, okülomotor sinir, medial frontal girusun rostral kısmı, girus rektus, singulat girusun ve korpus kallozumun rostrum, genusunun önündeki kısmı ile koroid pleksus ortaya konuldu. Arteriyel yapılardan, sağ internal karotis arter, sağ orta serebral arter, sağ posterior serebral arter, sağ posterior komünikan arter, sağ ve sol anterior serebral arter, anterior serebral arterin (ACA) orbitofrontalis medialis, frontalis anteromedialis ve frontalis intermediomedialis ramusları ile perikallozal arterler gözlendi (Şekil 14).

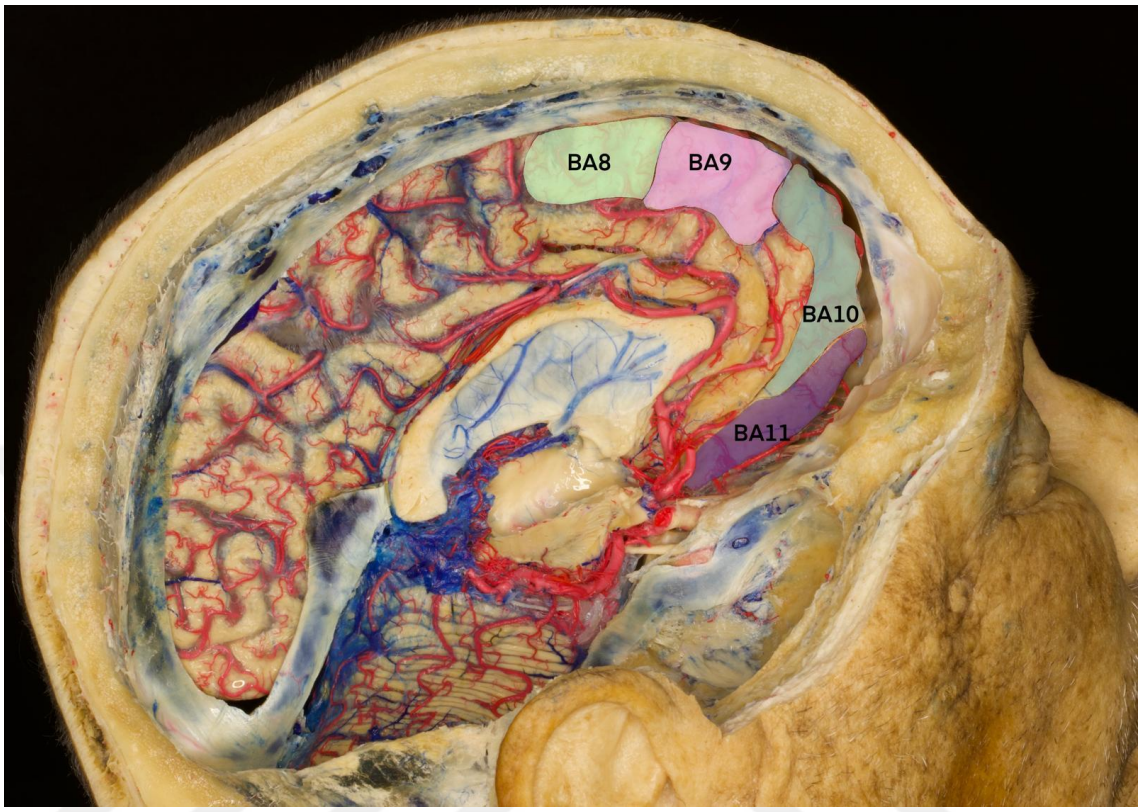
Falks serebri ve tentorium, sol hemisferin medial yüzü ile superior serebellar yüzey tamamen görülecek şekilde eksize edildi. Sol hemisferin girus rektus, medial fontal girus, superior frontal girusu, parasantral lob, singulat girus, prekuneus, kuneus ve lingual girus medialden görüldü. Superior medial frontal girusta Brodman 8, 9, 10, 11. alanlar belirlendi (Şekil 15). Korpus kallozumun rostrumunun inferiorunda, A2'nin iz düşümünün singulat pol bölgesine denk geldiği gözlendi. Singulat polun anteriorunda medial frontal girusun, inferiorunda girus rektusun yer aldığı ve bu iki girusu inferior rostral sulkusun ayırdığı görüldü. İnferior rostral sulkusun içinde r. frontalis anteromedialis izlendi. r. frontalis anteromedialis BA 11, r. frontalis intermediomedialis dalı BA 9 ve 10, r. frontalis posteromedialis dalı ise BA 8 üzerinde seyrettiği gözlemlendi. Kallozal sulkusta perikallozal arterin, hemen üzerinde singulat girusun ve singular sulkusun bulunduğu izlendi. Singular sulkusta, korpus kallozumun genu seviyesinde A3'ten ayrılan ACA'nın r. kallozomarginalisinin r. singularis olarak devam ettiği görüldü. Singular sulkusun marginal ramusun içerisinde r. prekuneus, anteromedial paryetal venin seyrettiği izlendi. Sol hemisferin medial önden arkaya doğru presantral sulkusta r. presantralis, parasantral sulkusun içerisinde r. parasantralis, arter ve ven parasantralis görüldü. Ayrıca prekuneusun üzerinde posteromedial venin yerleşik olduğu görüldü. Prekuneus ile kuneus arasındaki paryeto-oksipital sulkusta PCA'nın r. paryeto-oksipitalisin bulunduğu,

kuneusun üzerinde posteromedial paryetal venin seyrettiği, kuneus ile lingual girusu kalkarin sulkusun ayırdığı gözlemlendi (Şekil 16).



Şekil 14. Orbita, burun ve kulak korunarak skalp, kranium, dura mater kaldırıldıktan ve sağ hemisfer çıkarıldıktan sonra falks ve sol hemisferin medial yüzünün görünümü

a.sv = anterior septal ven; an.percl.v = anterior perikallozal ven; CC-b = korpus kallozum gövdesi; CC-g = korpus kallozum genusu; CC-r = korpus kallozum rostrumu; CC-s = korpus kallozum spleniumu; CG = singulat girus; cav = kavernöz sinüs; FxC = Falks Serebri; GR = girus rektus; l.m.p.ch.a = sol posteromedial koroidal arter; l.i.c.v = sol internal serebral ven; Mcep = mezensefalon; MFGr = orta frontal girusun rostral kısmı; pcer = posterior serebral arter; pcoma = posterior komünikan arter; p.sv = posterior septal ven; p.cal.a = perikallozal arter; r mcer = sağ middle serebral arter; r.A2 = sağ A2(perikallozal arter); r.ofm = ramus orbitofrontalis medialis; r.franm = ramus frontalis anteromedialis; r.frinm = ramus frontalis intermediomedialis; SptP = septum pellusidum; SSS = superior sagittal sinüs; SS = straight sinüs; Th = talamus; TCb = tentoriyum serebri; v.o.G = Galen veni; 1n = 1. kranial sinir; 2n = 2.kranial sinir; 3n = 3. kranial sinir; 3v = 3 ventrikül

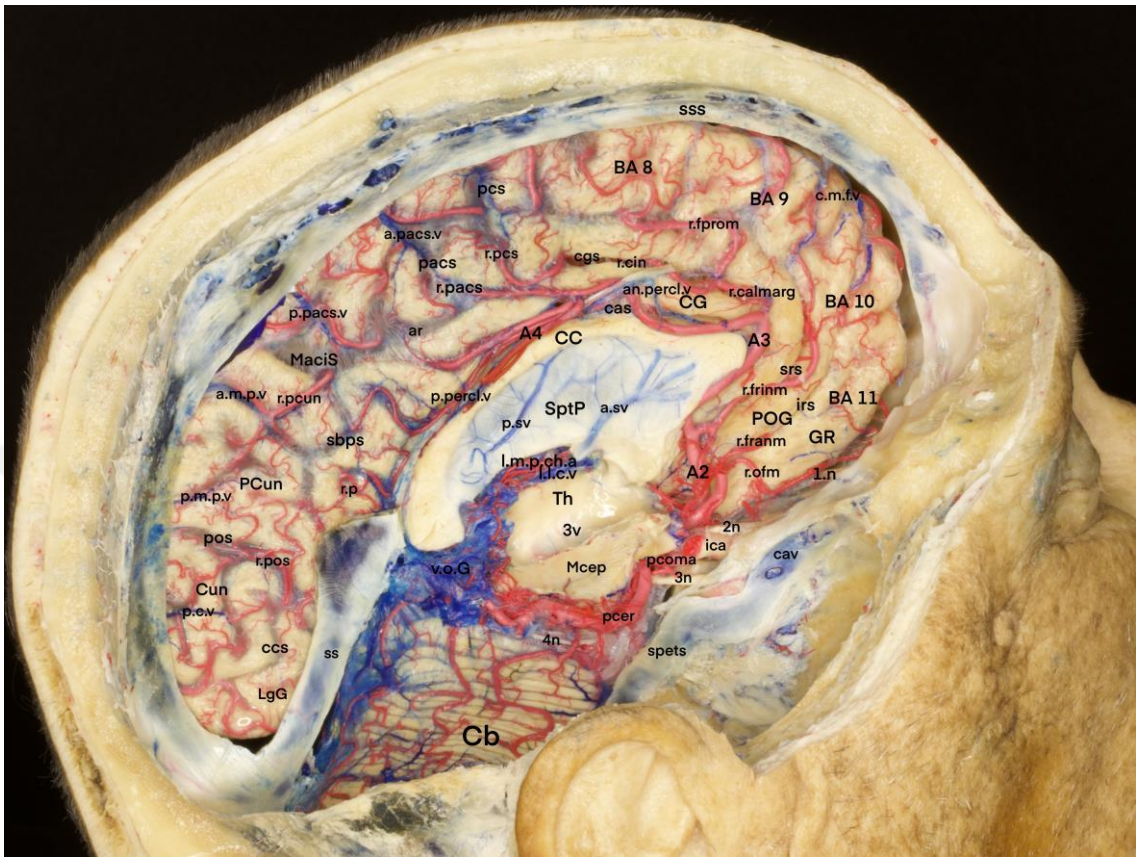


Şekil 15. Falks serebri ve tentorium çıkarıldıktan sonra superior frontal girustaki Brodman alanlarının boyanmış görünümü

Brodman alanı 8 (yeşil), Brodman alanı 9 (pembe), Brodman alanı 10 (gri), Brodman alanı 11 (mor)

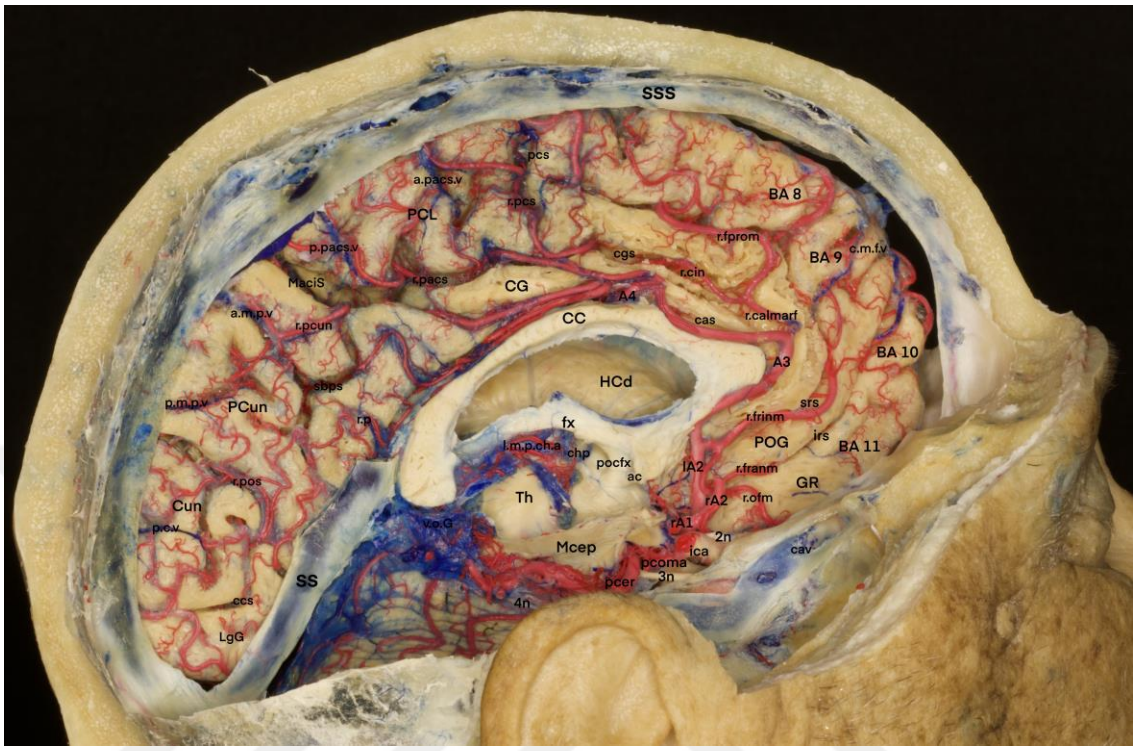
Araknoid zar kaldırıldı ve septum pellusidum eksize edildi. Kaudat nükleusun başı, forniks postkomissural forniks ve anterior komissür görüldü (Şekil 17). Supratentorial medial yüzde medialden laterale arteriyel ağ korunarak gri madde, dekortike edildi. Kuneusa dokunulmadı. Arteriyel ağ diseksiyon boyunca topografik hâkimiyeti ve cerrahi bakış açısını korumak amacıyla arteriyel iz düşümlerinin hangi ak madde yollarını belitmek için korundu. Subkortikal alanlarda giruslar arasında uzanım gösteren U lifler gösterildi. Dekortikasyonla birlikte sözüedilen arterlerin uç dalları açığa çıkarıldı. Bu yolla BA 11'in frontoanteromedial arter, BA 9-10'nun frontointermediomedialis arter ve BA 8'in frontoposterormedialis arter'in uç dalları ile uyumlu yerleşim gösterdikleri belirlendi.

Talamus üzerindeki koroid pleksus, arteriyel, venöz yapılar ve ependim yüzey eksize edildi. Pineal gland açığa çıkarıldı (Şekil 18).



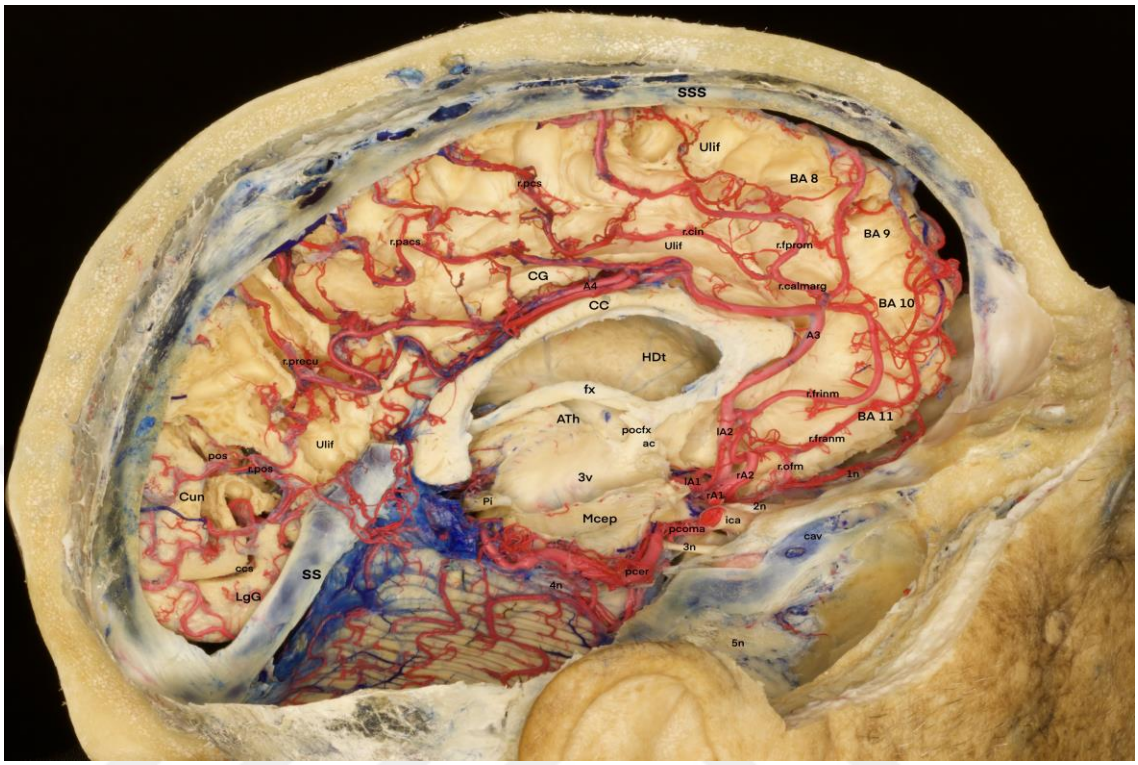
Şekil 16. Falks serebri ve tentorium çıkarıldıktan sonra sol hemisferin medial ve sağ serebellumun superior yüzü

A2 = anterior serebral arter pars infrakalloza; A3 = anterior serebral arter pars prekalloza; A4 = anterior serebral arter pars suprakalloza; a.sv = anterior septal ven, a.pacs.v = anterior parasantral ven, ar = araknoid zar, an.percl.v = anterior perikallozal ven; a.m.p.v = anterior medioparyetal ven; BA 8 = Brodman Alan 8, BA 9 = Brodman Alan 9; BA 10 = Brodman Alan 10; BA 11 = Brodman Alan 11; Cun = kuneus; CC-b = korpus kallozum gövdesi; CC-g = korpus kallozum genusu; CC-r = korpus kallozum rostrumu; CC-s = korpus kallozum spleniumu; CG = singulat girus; cas = kallozal sulkus; cgs = singular sulkus; cav = kavernöz sinüs; ccs = kalkarin sulkus; c.m.f.v = santral mediofrontal venler, GR = girus rektus, ica = internal serebral arter; irs = inferior rostral sulkus; LgG = lingual girus; l.i.c.v = sol internal serebral ven; l.m.p.ch.a = sol posteromedial koroidal arter; MaciS = singulat sulkusun marginal ramusu; Mcep = mezensefalon; MFGr = orta frontal girusun rostral kısmı; PaCL = parasantral lob; PCun = prekuneus; pcs = presantral sulkus; pacs = parasantral sulkus; pos = paryeto-oksipital sulkus; p.sv = posterior septal ven; p.percl.v = posterior perikallozal ven, pcs.v = presantral ven; p.pacs.v = posterior parasantral ven; p.m.p.v = posterior medioparyetal ven; p.c.v = posterior kalkarin ven, pcoma = posterior komünikan arter; pcer = posterior serebral arter; r.ofm = ramus orbitofrontalis medialis; r.franm = ramus frontalis anteromedialis; r.pos = ramus paryeto-oksipitalis; r.p = ramus paryetalis; r.frinm = ramus frontalis intermediomedialis; r.pcs = ramus presantralis; r.pacs = ramus parasantralis; r.frpom = ramus frontalis posteromedialis; r.calmarg = kallozomarginal arter; r.cin = ramus singularis; r.pcun = ramus prekunealis; sbps = subparyetal sulkus; SptP = septum pellusidum; srs = superior rostral sulkus; SSS = superior sagittal sinüs; spets = superior petrozal sinüs; SS = straight sinüs; Th = talamus; v.o.G = galen veni; 3v = 3. Ventrikül; 1n = 1. kranial sinir; 2n = 2.kranial sinir; 3n = 3. kranial sinir; 4n = 4. kranial sinir



Şekil 17. Septum pellusidum ve araknoid zar eksize edildikten sonra hemisferin medial yüzü

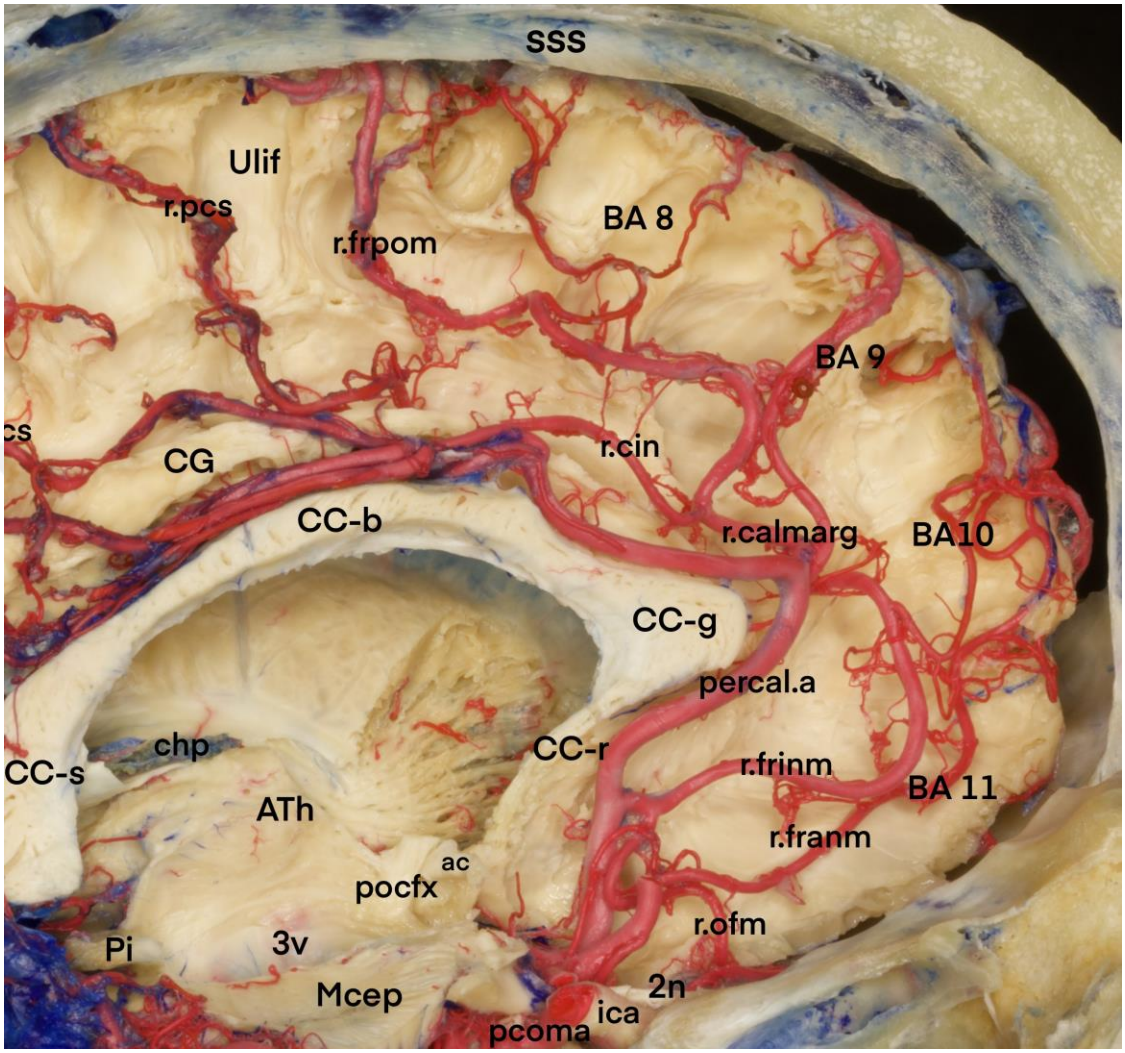
A1 = pars prekomünikan; A2 = pars infrakalloza; A3 = pars prekalloza; A4 = pars suprakalloza; a.pacs.v = anterior parasantral ven; a.m.p.v = anterior medioparyetal ven; ac = anterior komissür; BA 8 = Brodman Alan 8; BA 9 = Brodman Alan 9; BA 10 = Brodman Alan 10; BA 11 = Brodman Alan 11; Cb = serebellum; CC-b = korpus kallozum gövdesi; CC-g = korpus kallozum genusu; CC-r = korpus kallozum rostrumu; CC-s = korpus kallozum spleniumu; CG = singulat girus; cas = kallozal sulkus; cgs = singular sulkus; chp = koroid pleksus; Cun = kuneus; ccs = kalkarin sulkus; cav = kavernöz sinüs; c.m.f.v = santral mediofrontal venler; fx = forniks; GR = girus rektus; HCd = kaudat nukleus başı; irs = inferior rostral sulkus; ica = internal serebral arter; LgG = lingual girus; l.m.p.ch.a: sol posteromedial koroidal arter; MaciS = singulat sulkusun marginal ramusu; Mcep = mezensefalon; MFGr = orta frontal girusun rostral kısmı; PaCL = parasantral lob; PCun = prekuneus; pcs = presantral sulkus; pacs = parasantral sulkus; pcoma = posterior komüunikan arter; pcer = posterior serebral arter; pocfx = postkomissüral forniks; pcs.v = presantral ven; p.pacs.v = posterior parasantral ven; p.m.p.v = posterior medioparyetal ven; p.c.v = posterior kalkarin ven; pos = paryeto-oksipital sulkus; r.ofm = ramus orbitofrontalis medialis; r.franm = ramus frontalis anteromedialis; r.frinm = ramus frontalis intermediomedialis; r.frpom = ramus frontalis posteromedialis; r.calmarg = kallozomarginal arter; r.cin = ramus singularis; r.pcun = ramus prekunealis, r.pos = ramus paryeto-oksipitalis; r.p = ramus paryetalis; r.pcs = ramus presantralis; r.pacs = ramus parasantralis; sbps = subparyetal sulkus; srs = superior rostral sulkus; SS = straight sinüs; SSS = superior sagittal sinüs; Th = talamus; v.o.G = Galen veni; 3v = 3. Ventrikül; 2n = 2.kranial sinir; 3n = 3. kranial sinir; 4n = 4. kranial sinir



Şekil 18. Paraolfaktör girus, singulat girus, parasantral lobül, prekuneus ve Brodman 8, 9, 10 ve 11 dekortikasyonu sonrası U liflerler ve arter uç dallarının gösterilmesi

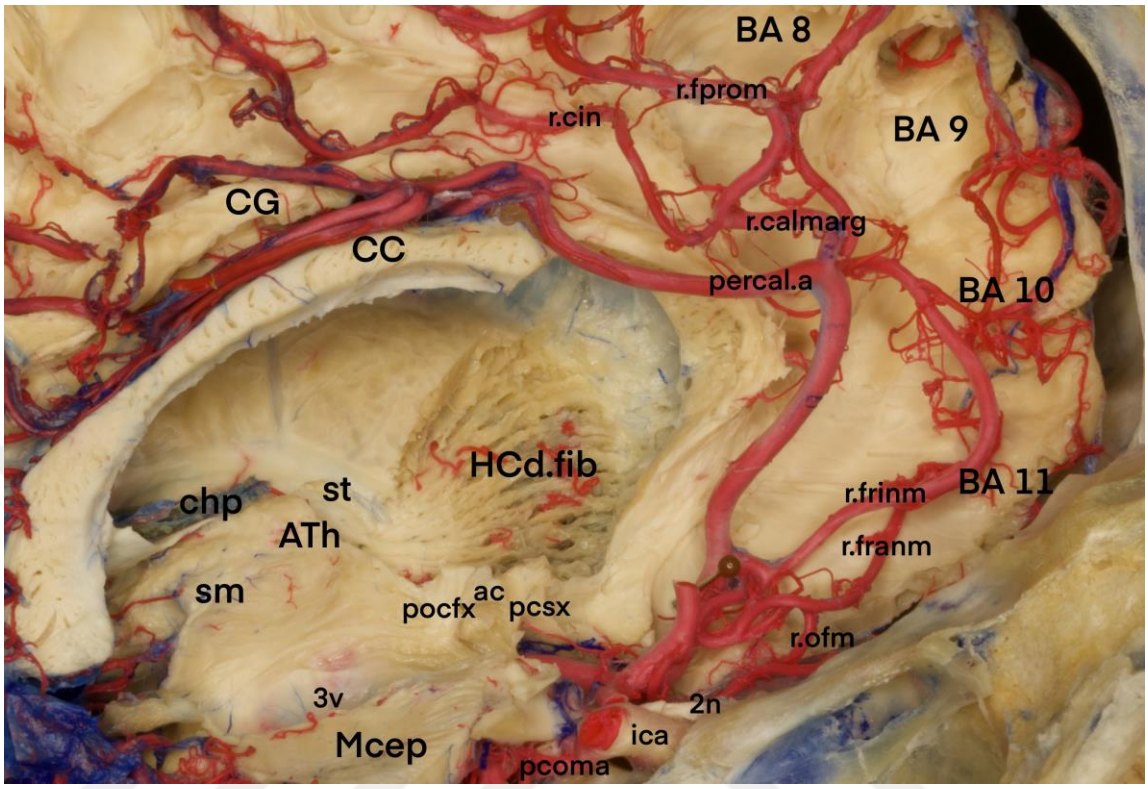
ATh = anterior talamik nükleus; A1 = pars prekomünikan; A2 = pars infrakalloza; A3 = pars prekalloza; A4 = pars suprakalloza; ac = anterior komissür; BA 8 = Brodman Alan 8; BA 9 = Brodman Alan 9; BA 10 = Brodman Alan 10; BA 11 = Brodman Alan 11; Cb = serebellum; CC-b = korpus kallozum gövdesi; CC-g = korpus kallozum genusu; CC-r = korpus kallozum rostrumu; CC-s = korpus kallozum spleniumu; CG = singulat girus; Cun = kuneus; cav = kavernöz sinüs; ccs = kalkarin sulkus; fx = forniks; HCd = kaudat nukleus başı; ica = internal serebral arter; LgG = lingual girus; Mcep = mezensefalon; Pi = pineal gland; pocfx = postkomissüral forniks; pos = paryeto-oksipital sulkus; pcoma = posterior komünikan arter; pcer = posterior serebral arter; r.ofm = ramus orbitofrontalis medialis; r.franm = ramus frontalis anteromedialis; r.frinm = ramus frontalis intermediomedialis; r.frpom = ramus frontalis posteromedialis; r.calmarg = kallozomarginal arter; r.cin = ramus singularis; r.pcun = ramus prekunealis; r.pos = ramus paryeto-oksipitalis; r.pcs = ramus presantralis; r.pacs = ramus parasantralis; ss = straight sinüs; sss = superior sagittal sinüs; Ulif = U lifler; 3v = 3. Ventrikül; 1n = 1.kranial sinir; 2n = 2.kranial sinir; 3n = 3. kranial sinir; 4n = 4. kraniyal sinir; 5n = 5. kranial sinir

Forniksin gövdesi arkada splenium hizasından, önde prekommisüral ve postkommisüral forniks hizasından eksize edildi. Sol lateral ventrikül içerisindeki kaudat nükleusun başının tamamı ve gövdesinin yarısı gözlendi. Bununla birlikte sol stria medullaris, koroid pleksus ve anterior talamik nükleus açık biçimde ortaya çıkarıldı. Kaudat nükleus 1/3 ön kısmı dekortike edilerek anterior talamik nükleus, stria medullaris ve eksternal talamik kapsüle uzanım gösteren lifler tesbit edildi (Şekil 19).



Şekil 19. Forniks ve kaudat nükleus ön 1/3 başı kaldırıldıktan sonraki ak madde liflerinin talamus ile ilişkisine ait görünüm

ATh = anterior talamik nükleus; ac = anterior komissür; BA 8 = Brodman Alan 8; BA 9 = Brodman Alan 9; BA 10 = Brodman Alan 10; BA 11 = Brodman Alan 11; Cb = serebellum; CC-b = korpus kallozum gövdesi; CC-g = korpus kallozum genusu; CC-r = korpus kallozum rostrumu; CC-s = korpus kallozum spleniumu; CG = singulat girus; cav = kavernöz sinüs; chp = koroid pleksus; ica = internal serebral arter; Mcep = mezensefalon; Pi = pineal gland; pocfx = postkomissüral forniks; percal.a = perikallozal arter; pcoma = posterior komünikan arter; pcer = posterior serebral arter; r.ofm = ramus orbitofrontalis medialis; r.franm = ramus frontalis anteromedialis; r.frinm = ramus frontalis intermediomedialis; r.frpom = ramus frontalis posteromedialis; r.calmarg = kallozomarginal arter; r.cin = ramus singularis; r.pcs = ramus presantralis; r.pacs = ramus parasantralis; st = stria terminalis; SSS = superior sagittal sinüs; Ulif = U lifler; 3v = 3. ventrikül; 2n = 2.kranial sinir; 3n = 3. kranial sinir; 4n = 4. kranial sinir

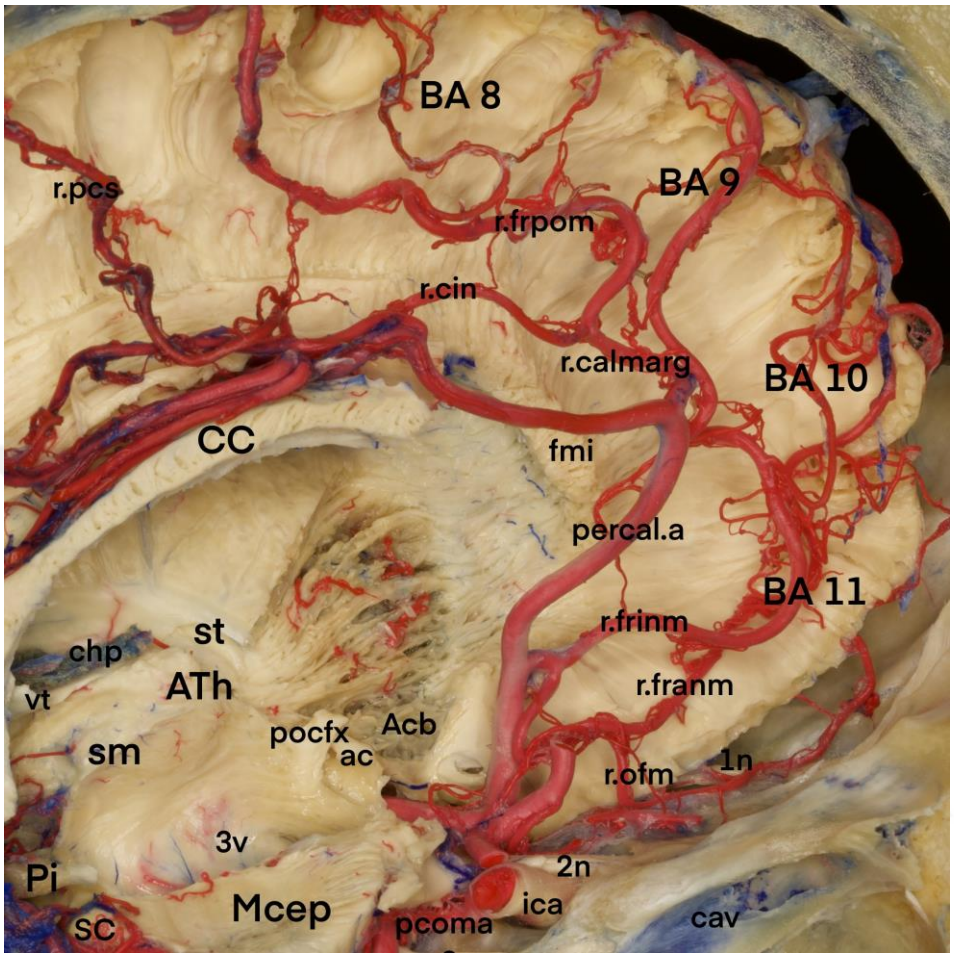


Şekil 20. Korpus kallozumun rostrum ve genu diseksiyonu sonrası görünüm

ATh = anterior talamik nükleus; ac = anterior komissür; BA 8 = Brodman Alan 8; BA 9 = Brodman Alan 9; BA 10 = Brodman Alan 10; BA 11 = Brodman Alan 11; CC = korpus kallozum; CG = singulat girus; chp = koroid pleksus; HCd.fib = kaudat nükleus altındaki fiberler; ica = internal serebral arter; Mcep = mezensefalon; pcoma = posterior komünikan arter; pocfx = postkomissüral forniks; pcfx = prekomissüral forniks; percal.a = perikallozal arter; r.ofm = ramus orbitofrontalis medialis; r.franm = ramus frontalis anteromedialis; r.frinm = ramus frontalis intermediomedialis; r.frpom = ramus frontalis posteromedialis; r.calmarg = kallozomarginal arter; r.cin = ramus singularis; st = stria terminalis; sm = stria medülaris talami; 3v = 3. ventrikül; 2n = 2.kranial sinir

Korpus kallozumun genu ve rostrum bölümlerinin diseksiyonuyla ortaya çıkarılan sol lateral ventrikülün frontal hornu ve üzerindeki ependim dokusu şekil 20'de gösterildi.

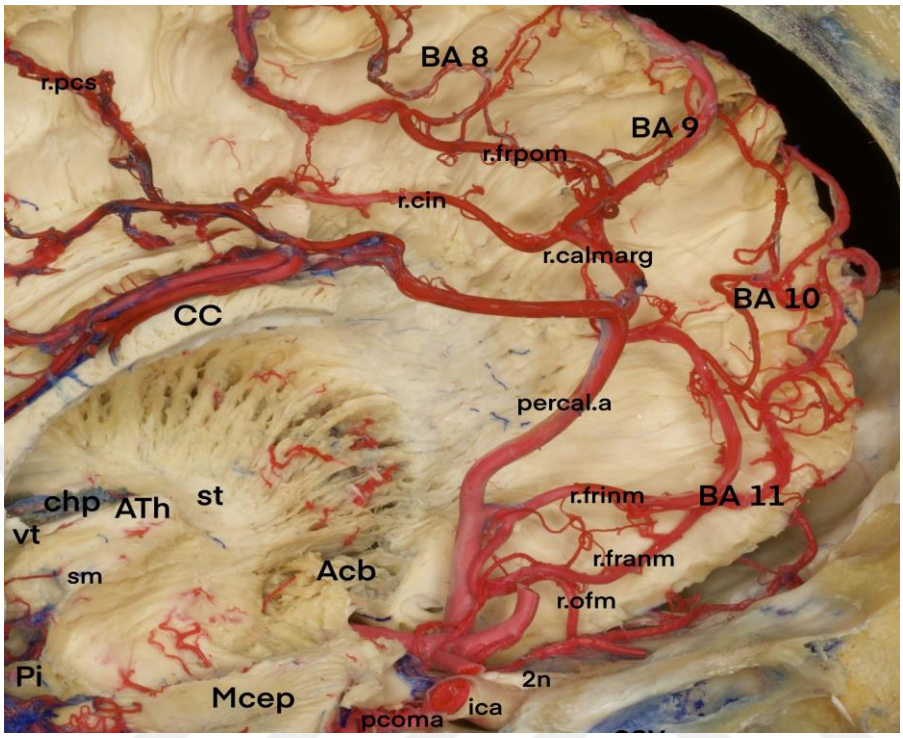
Korpus kallozumun rostrum ve genusu eksize edildikten sonra genu hizasında forseps minör ve forseps minöre ait kommissüral lifler ortaya çıkarıldı. Sol lateral ventrikülün frontal hornunun ependim dokusu kaldırıldı. Ak madde lifleri genu, rostrum ve forseps minör hizasından medial frontal kortekse doğru takip edildi. Prekomissüral forniks kaldırıldı, alt hizasında bulunan *nucleus accumbens* ortaya çıkarıldı (Şekil 21).



Şekil 21. Prekomissüral forniks ile korpus kallozum rostrum ve genu eksizyonu sonrası forseps minör ve nükleus akkumbens ile birlikte talamus-medial frontal korteks arası ak madde liflerinin gösterilmesi

Acb = nükleus akkumbens; ATh = anterior talamik nükleus; ac = anterior komissür; BA 8 = Brodman Alan 8; BA 9 = Brodman Alan 9; BA 10 = Brodman Alan 10; BA 11 = Brodman Alan 11; CC = korpus kallozum; cav = kavernöz sinüs; chp = koroid pleksus;ica = internal serebral arter; fmi = forseps minör; Mcep = mezensefalon; Pi = pineal gland; pcoma = posterior komünikan arter; percal.a = perikallozal arter; pocfx = postkomissüral forniks; r.ofm = ramus orbitofrontalis medialis; r.franm = ramus frontalis anteromedialis, r.frinm = ramus frontalis intermediomedialis; r.frpom = ramus frontalis posteromedialis; r.calmarg = kallozomarginal arter; r.cin = ramus singularis; r.pcs = ramus presantralis; SC = superior kollikulus; st = stria terminalis; sm = stria medüllaris talami; vt = velum; 1n = 1. kranial sinir; 2n = 2.kranial sinir; 3v = 3. ventrikül

Forseps minörün lifleri kaldırıldıktan sonra BA 11'den medial talamusa uzanan liflerin korpus kallozumun rostrum alt hizasında ve *nucleus accumbens'in* hemen üzerinden medial talamus ve anterior talamik nükleusa ulaştığı belirlendi. BA 10, BA 9 ve BA 8'den medial talamusa uzanan liflerin ise korpus kallozumun genusunun alt hizasından medial talamusa ve anterior talamik nükleusa doğru uzandığı saptandı (Şekil 22).



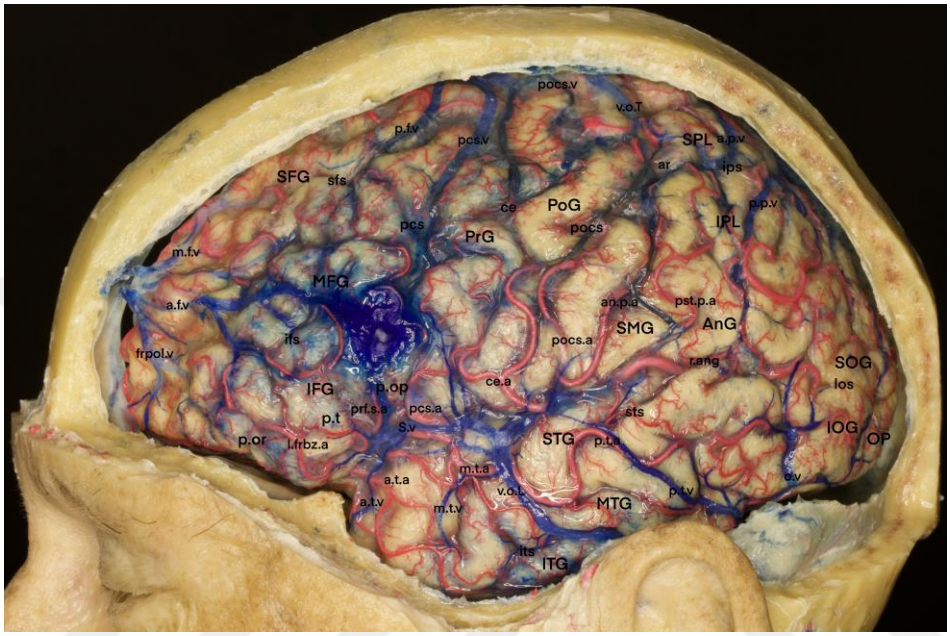
Şekil 22. Forseps minör, korpus kallozumun rostrum ve genu kaldırılması sonrası BA 8, 9, 10 ve 11 bölgelerinden talamusa uzanımı olan ak madde liflerinin gösterilmesi

Acb = nükleus akkumbens; ATh = anterior talamik nükleus; BA 8 = Brodman Alan 8; BA 9 = Brodman Alan 9; BA 10 = Brodman Alan 10; BA 11 = Brodman Alan 11; CC = korpus kallozum; chp = koroid pleksus; ica = internal serebral arter; Mcep = mezensefalon; Pi = pineal gland; percal.a = perikallozal arter; pcoma = posterior komünikan arter; r.ofm = ramus orbitofrontalis medialis; r.franm = ramus frontalis anteromedialis; r.frinm = ramus frontalis intermediomedialis; r.frpom = ramus frontalis posteromedialis; r.calmarg = kallozomarginal arter; r.cin = ramus singularis; r.pcs = ramus presantralis; st = stria terminalis; sm = stria medülaris talami; vt = velum; 2n = 2.kranial sinir

5.2. Lateralden Mediale Doğru Kademeli Diseksiyon

Orbita, burun ve kulak korunarak spesmenin sol tarafındaki cilt, cilt altı dokular çıkarıldı. Glabelladan eksternal oksipital protuberans'a kadar sagittal sütürü içine alacak şekilde 1cm genişliğinde kemik alan bırakılarak supratentorial alan tamamen görülecek şekilde ve kalvariyum yarısı kaldırıldı. Dura mater, sagittal sinüs ve transvers sinüsler korunarak tüm hemisferin üzerinden kesilerek çıkarıldı. Sol hemisferin lateral yüzündeki araknoid mater, arterler, venler ve supratentoriyal alana ait kortikal dokular ortaya konuldu. Superior sagittal sinüse açılan frontopolar ven, anterior frontal ven, medial frontal ven, posterior frontal ven, presantral ven, santral ven, post santral ven, Trolard veni, anterior paryetal ven, posterior paryetal venler uc dalları ile görüldü. Sylvian fissürde sylvian ven ile ilişkili ve temporal lobun

üzerinde seyreden anterior temporal ven, Labbe veni, posterior temporal venler izlendi. Ayrıca oksipital lobun lateralinde transvers sinüse açılan oksipital ven ve uc dalları ile birlikte görüldü (Şekil 23).

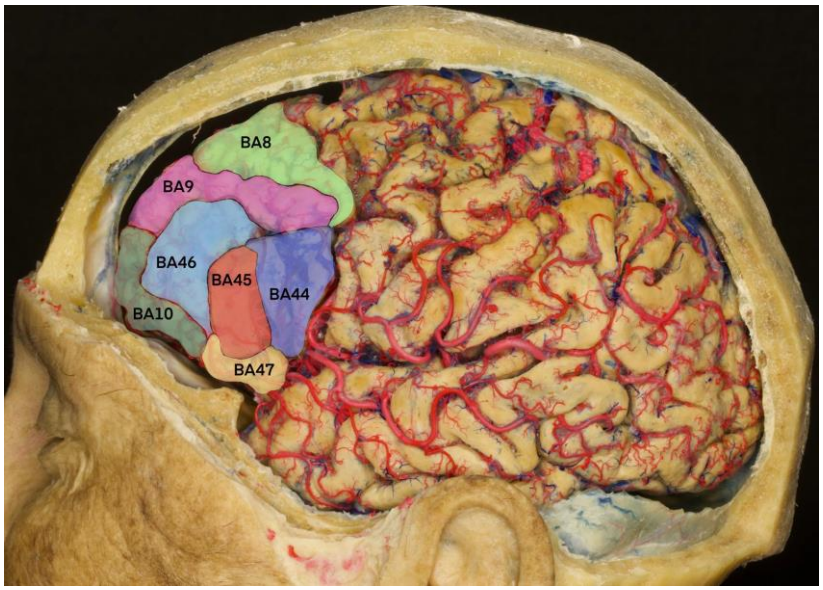


Şekil 23. Orbita, burun ve kulak korunarak spesmenin sol tarafındaki skalp, kemik ve dura mater çıkarıldıktan sonraki sol hemisferin lateral yüzünün görünümü

AnG = angular girus; ar = araknoid zar; a.f.v = anterior frontal ven; an.p.a = anterior paryetal arter; a.p.v = anterior paryetal ven; a.t.a = anterior temporal arter; a.t.v = anterior temporal ven; ce = santral sulkus; ce.a = santral arter; frpol.v = frontopolar ven; İFG = inferior frontal girus; İOG = inferior oksipital girus; İPL = inferior paryetal lobul; İTG = inferior temporal girus; ifs = inferior frontal sulkus; ips = intraparyetal sulkus; its = inferior temporal sulkus; los = lateral oksipital sulkus; l.frbz.a = lateral frontobazal arter; MFG = medial frontal girus; MTG = medial temporal girus; m.t.a = medial temporal arter; m.t.v = medial temporal ven; m.f.v = medial frontal ven; OP = oksipital pol; o.v = oksipital ven; PrG = presantral girus; PoG = postsantral girus; p.op = pars operkularis; p.t = pars triangularis; p.or = pars orbitalis; pcs = presantral sulkus; pocs = postsantral sulkus; p.t.v = posterior temporal ven; p.f.v = posterior frontal ven, pcs.v = presantral ven; pocs.v = postsantral ven; p.p.v = posterior paryetal ven; prf.s.a = prefrontal sulkal arter; pcs.a = presantral arter; pocs.a = postsantral arter; pst.p.a = posterior paryetal arter; p.t.a = posterior temporal arter; r.ang = ramus angularis; SFG = superior frontal girus; SMG = supramarginal girus; STG = superior temporal girus; SOG = superioroksipital girus; SPL = superior paryetal lobul; S.v = Sylvian ven; sfs = superior frontal sulkus; sts = superior temporal sulkus; v.o.L = Labbe veni; v.o.T = Trolard veni

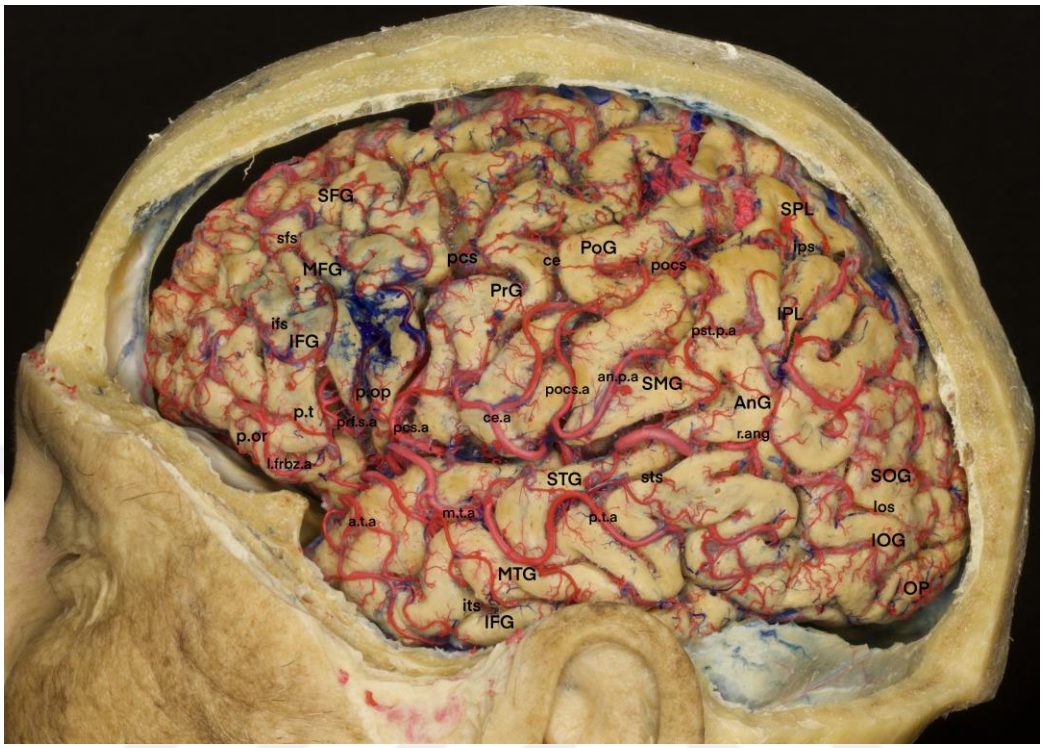
Araknoid mater, mikroskop altında venöz yapılar ile birlikte kaldırıldı. Prefrontal korteksin lateral yüzündeki Brodman 8, 9, 10, 44, 45, 46, 47 alanları belirlendi (Şekil 24). Presantral sulkusun önünde superior frontal girus (SFG), medial frontal girus (MFG) ve inferior frontal girus (İFG) görüldü. SFG ile MFG'nin arasındaki superior frontal sulkus, MFG ile

İFG'yi ayıran inferior frontal sulkus izlendi. Lateralde SFG'yi besleyen ACA' nın distal uçları görüldü. MFG ile İFG'yi besleyen presantral sulkustan itibaren arkadan öne doğru MCA'nın M4 dalları olan presantral arter, prefrontal sulkal arter ve frontobazal arterler belirlendi. Frontal alan presantral girustan presantral sulkus ile ayrılır. Presantral girus ile postsantral girusu santral sulkus ayırır. Presantral girus ile postsantral girusun 1/3 superior kısmında ACA'nın distal dalları izlendi. 2/3 inferior kısmında ise Sylvian fissürden yukarı tırmanan önden arkaya doğru sırasıyla M4'ün santral arter ve postsantral arter dalları görüldü. İçinde postsantral arterin seyrettiği postsantral sulkusun arkasında superior paryetal lobul (SPL) ve inferior paryetal lobul (İPL) belirlendi. Bu iki lobulü intraparyetal sulkus ayırdığı belirlendi. İPL'nin alt kısmını oluşturan supramarginal girus (SMG) ve angular girus (AnG) görüldü. SPL'nin üzerinde ACA'nın distal dalları izlendi. Sylvian fissürden superoposteriora tırmanan önden arkaya doğru anterior paryetal ve posterior paryetal arterlerin SMG ile İPL'nin üzerinde seyrettiği gözlemlendi. Oksipital lobun superior ve inferior giruslarının İPL'nin inferoposteriorunda yerleşik olduğu görüldü. Superior oksipital girus ile inferior oksipital girusu ayıran lateral oksipital sulkus belirlendi. PCA'nın distal dalları oksipital lobun üzerinde bulunuyordu. Superior temporal girus (STG), medial temporal girus (MTG) ve inferior temporal girusun (İTG) ve Sylvian fissürün uzun eksenine paralel olarak seyrettiği görüldü. STG ile MTG arasında superior temporal sulkusun (sts), MTG ile İTG arasında ise inferior temporal sulkusun (its) olduğu gözlendi (Şekil 25).



Şekil 24. Araknoid mater ve venöz yapılar çıkarıldıktan sonraki PFC'deki BA'ların lateralden görünümü (boyanmıştır)

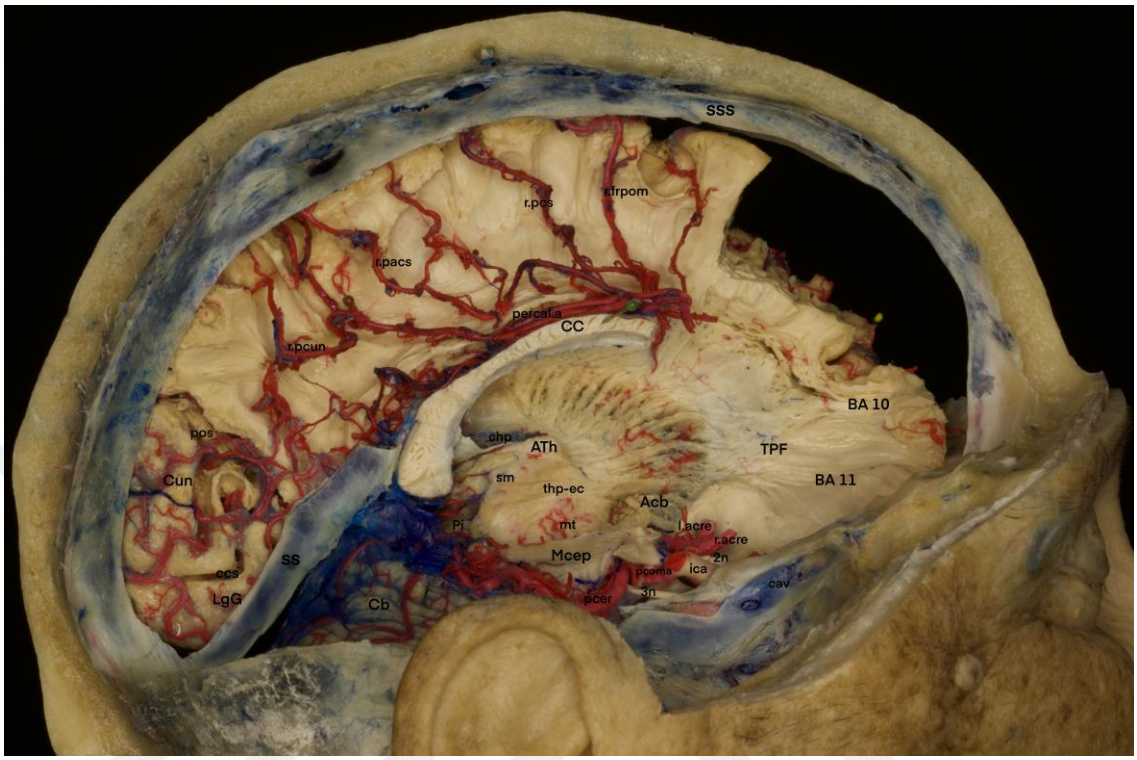
Brodman alanı 8 (yeşil), Brodman alanı 9 (pembe), Brodman alanı 10 (gri), Brodman alanı 44 (mor), Brodman alanı 45 (turuncu), Brodman alanı 46 (mavi), Brodman alanı 47 (sarı)



Şekil 25. Araknoid mater ve venöz yapılar çıkarıldıktan sonraki sol hemsifein lateralden görünümü

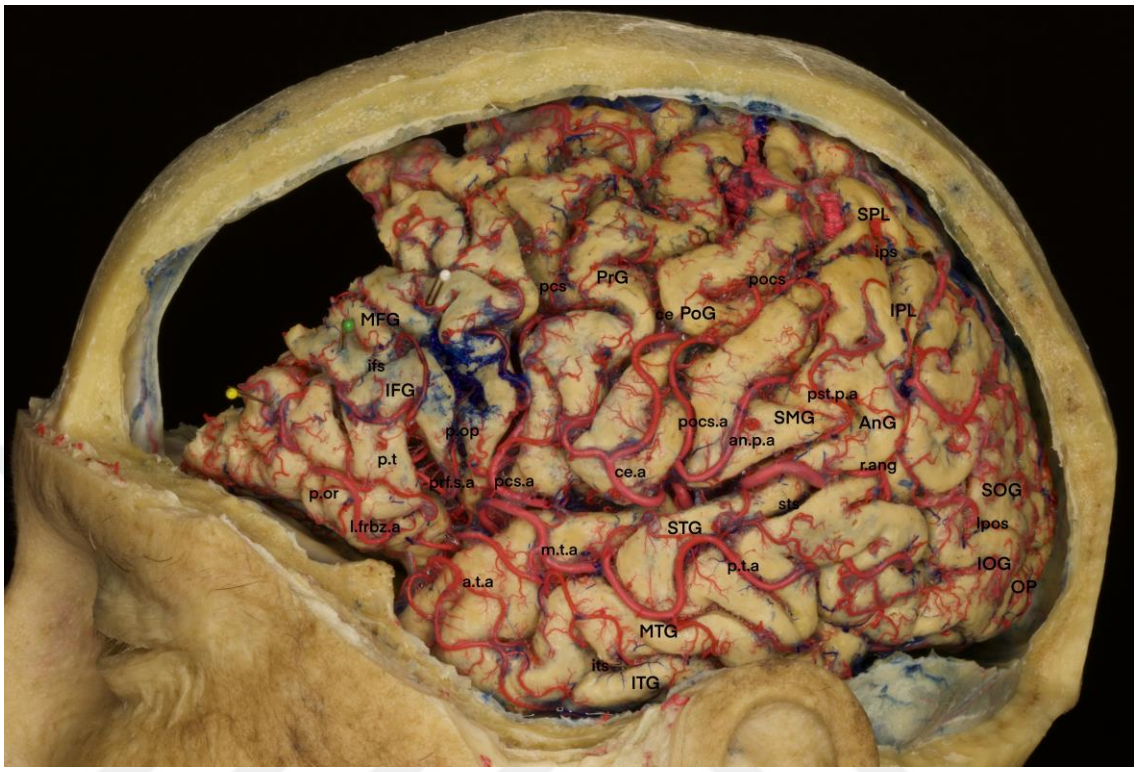
AnG = angular girus; an.p.a = anterior paryetal arter; a.t.a = anterior temporal arter; ce = santral sulkus; ce.a = santral arter; İFG = inferior frontal girus; İOG = inferior oksipital girus; İPL = inferior paryetal lobul; İTG = inferior temporal girus; ifs = inferior frontal sulkus; ips = intraparyetal sulkus; its = inferior temporal sulkus; los = lateral oksipital sulkus; l.frbz.a = lateral frontobazal arter; MFG = medial frontal girus; MTG = medial temporal girus; m.t.a = medial temporal arter; OP = oksipital pol; PrG = presantral girus; PoG = postsantral girus; p.op = pars operkularis; p.t = pars triangularis; p.or = pars orbitalis; pcs = presantral sulkus; pocs = postsantral sulkus; prf.s.a = prefrontal sulkal arter; pcs.a = presantral arter; pocs.a = postsantral arter; pst.p.a = posterior paryetal arter; p.t.a = posterior temporal arter; r.ang = ramus angularis; SFG = superior frontal girus; SMG = supramarginal girus; STG = superior temporal girus; SOG = superioroksipital girus; SPL = superior paryetal lobul; sfs = superior frontal sulkus; sts = superior temporal sulkus

Daha önce medialden diseke edilen hemisferin BA 8 ve BA 9'u içine alan superior frontal girusta keskin diseksiyonla arteriyel yapılar ve kortikal doku ak madde lifleri ile birlikte çıkarıldı. PFC'nin arteriyel yapıları medialden de eksize edildi. Bu yolla spesmen BA 46, BA 9, BA 10'nun yer aldığı middle frontal girusun hem medial hem de lateral alanlara ulaşabilen ak madde liflerinin diseksiyonu için hazır hale getirildi. Medial prefrontal korteks arterlerinin eksizyonu ile BA 10 ve BA 11'nin ak madde liflerinin kaudat nükleus başı altından ekstrakapsüler talamik pedinkül, medial talamus ve anterior talamik nükleus arasındaki ak madde bağlantıları olan talamik prefontal lifler daha açık biçimde gösterildi (Şekil 26). Lateral görünümle korelasyonu gözlemlendi (Şekil 26, 27).



Şekil 26. Hemsiferin BA 8 ve BA 9'u kapsayan SFG ve arterlerin diseksiyon sonrası medialden görünümü. (MFG diseksiyonu esnasında kortikal doku eksizyonu sonrası topografik hâkimiyetin kaybedilmemesi amacıyla bu girus üzerine kaudalden rostrale sırasıyla Brodman 9 (beyaz), Brodman 46 (yeşil) ve Brodman 10 (sarı) 3 adet toplu iğne lateralden mediale doğru ilerletildi)

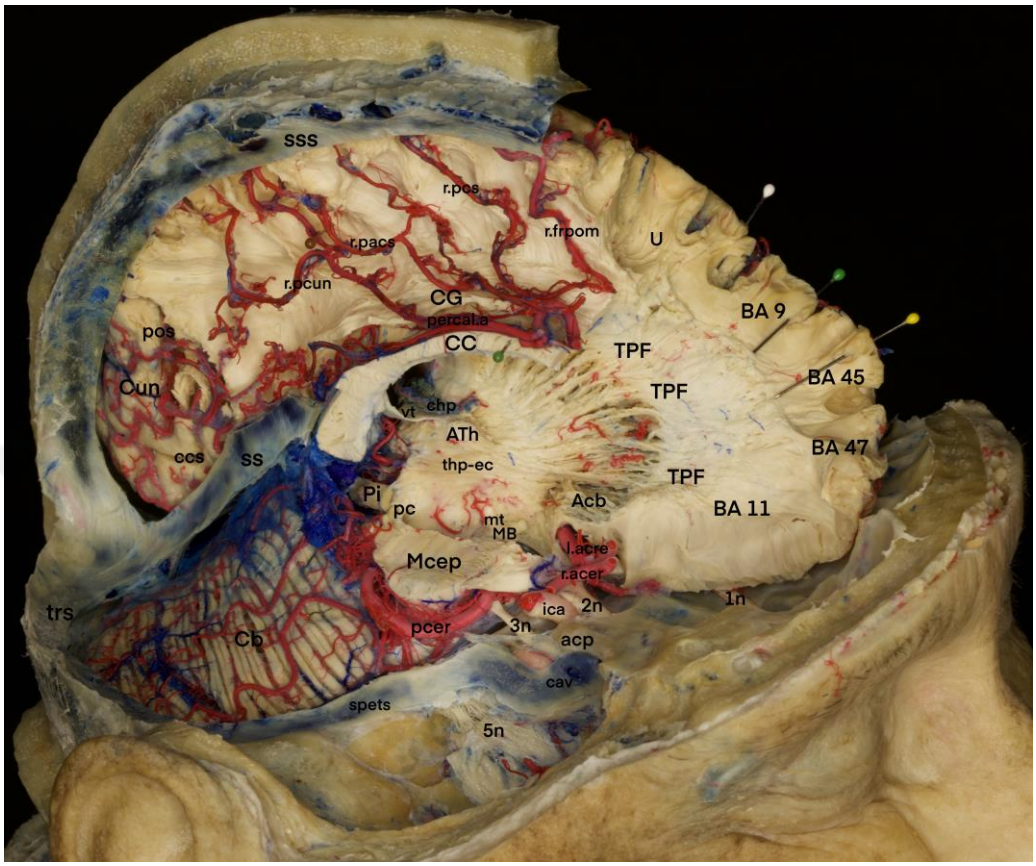
Acb = nükleus akkumbens; ATh = anterior talamik nükleus; BA 10 = Brodman Alan 10; BA 11 = Brodman Alan 11; Cb = serebellum; CC = korpus kallozum; Cun = kuneus; cav = kavernöz sinüs; ccs = kalkarin sulkus; chp = koroid pleksus; ica = internal serebral arter; LgG = lingual girus; l.acer = sol anetrior serebral arter; Mcep = mezensefalon; mt = mammilo-talamik trakt; Pi = pineal gland; pos = paryeto-oksipital sulkus; percal.a = perikallozal arter; pcoma = posterior komünikan arter; pcer = posterior serebral arter; r.frpom = ramus frontalis posteromedialis; r.pcun = ramus prekunealis; r.pcs = ramus presantralis; r.pacs = ramus parasantralis; r.acer = sağ anterior serebral arter; sm = stria medüllaris talami; SSS = superior sagittal sinüs; SS = straight sinüs; thp-ec = ekstrakapsüler talamik pedinkül; TPF = talamo prefrontal fiberler; vt = velum; 2n = 2.kranial sinir; 3n = 3. kranial sinir



Şekil 27. Hemisferin BA 8 ve Ba 9'u kapsayan SFG ve arterlerin diseksiyonu sonrası (beyaz pin BA 9, yeşil pin BA 46, sarı pin BA 10 alanları) lateralden hemisfer görünümü. (MFG diseksiyonu esnasında kortikal doku eksizyonu sonrası topografik hâkimiyetin kaybedilmemesi amacıyla bu girus üzerine kaudalden rostrale sırasıyla Brodman 9 (beyaz), Brodman 46 (yeşil) ve Brodman 10 (sarı) 3 adet toplu iğne lateralden mediale doğru ilerletildi)

AnG = angular girus; an.p.a = anterior paryetal arter; a.t.a = anterior temporal arter; ce = santral sulkus; ce.a = santral arter; İFG = inferior frontal girus; İTG = inferior temporal girus; İOG = inferior oksipital girus; İPL = inferior paryetal lobul; ifs = inferior frontal sulkus; ips = intraparyetal sulkus, its: inferior temporal sulkus; l.frbz.a = lateral frontobazal arter; lpos = lateral oksipital sulkus; MFG = medial frontal girus; MTG = medial temporal girus; m.t.a = medial temporal arter; OP = oksipital pol; PrG = presantral girus; PoG = postsantral girus; p.op = pars operkülaris; p.t = pars triangulari; p.or = pars orbitalis; pcs = presantral sulkus; pocs = postsantral sulkus; prf.s.a = prefrontal sulkal arter; pcs.a = presantral arter; pocs.a = postsantral arter; pst.p.a = posterior paryetal arter; p.t.a = posterior temporal arter; r.ang = ramus angularis; SMG = supramarginal girus; STG = superior temporal girus; SOG = superior oksipital girus; SPL = superior paryetal lobul; sts = superior temporal sulkus

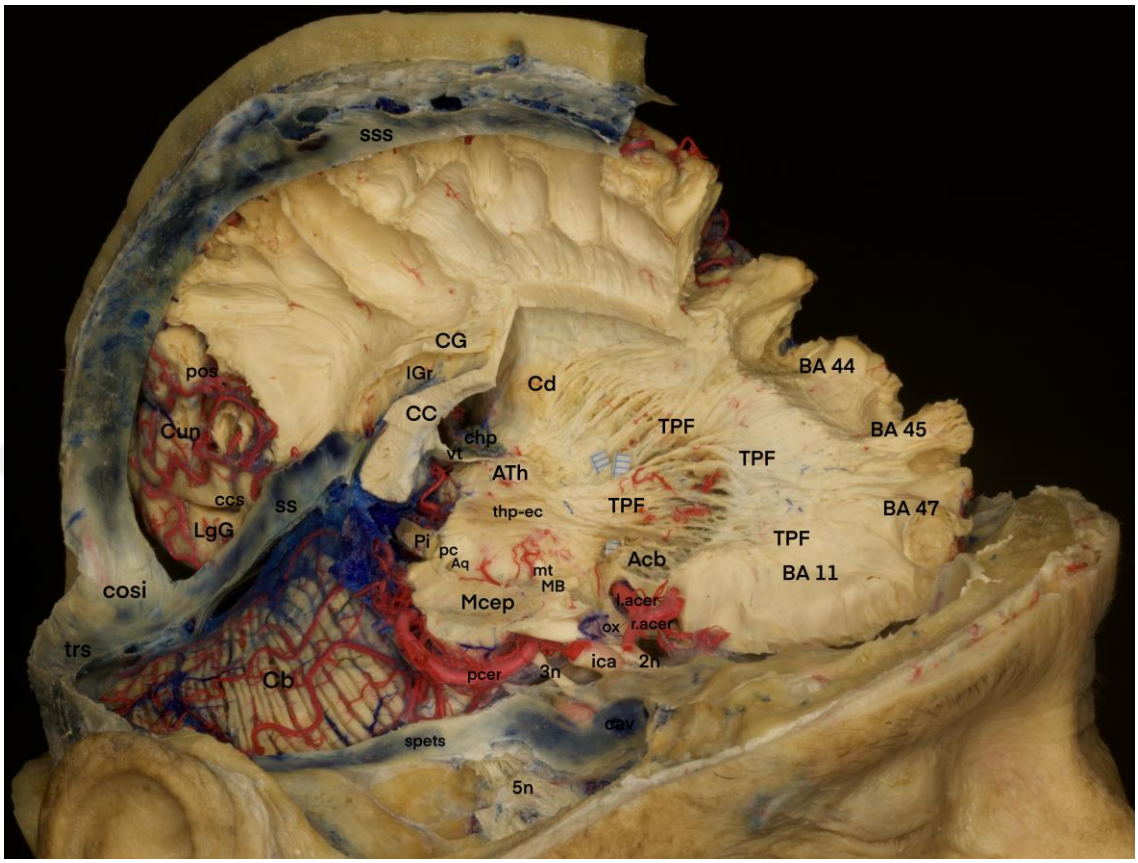
SSS üzerinde bu aşamaya kadar korunan kalvariyal köprünün koronal sütür ile *foramen caecum* arasındaki kısmı ve aynı alana denk gelen SSS kısmı da kesilerek ortamdan uzaklaştırdıktan sonra BA 10 ile bu alana uzanan ak madde lifleri diseksiyonla ortaya çıkarıldı. BA 10 ve BA 46 kaldırılarak altında bulunan inferior frontal girusta kalan BA 45 ve Ba 47 gösterildi. Takiben BA45 ve 47'nın dekortikasyonuyla orta frontal girus U lifleri ve talamik prefrontal pedinküle katılan ak madde lifleri ortaya çıkarıldı (Şekil 28).



Şekil 28. Kalvariyum ve SSS ortamdan uzaklaştırıldıktan sonra BA45, 46 ve 47 alanlar ait U lifler ve talamik ak madde bağlantılarının anteromedial görünümü

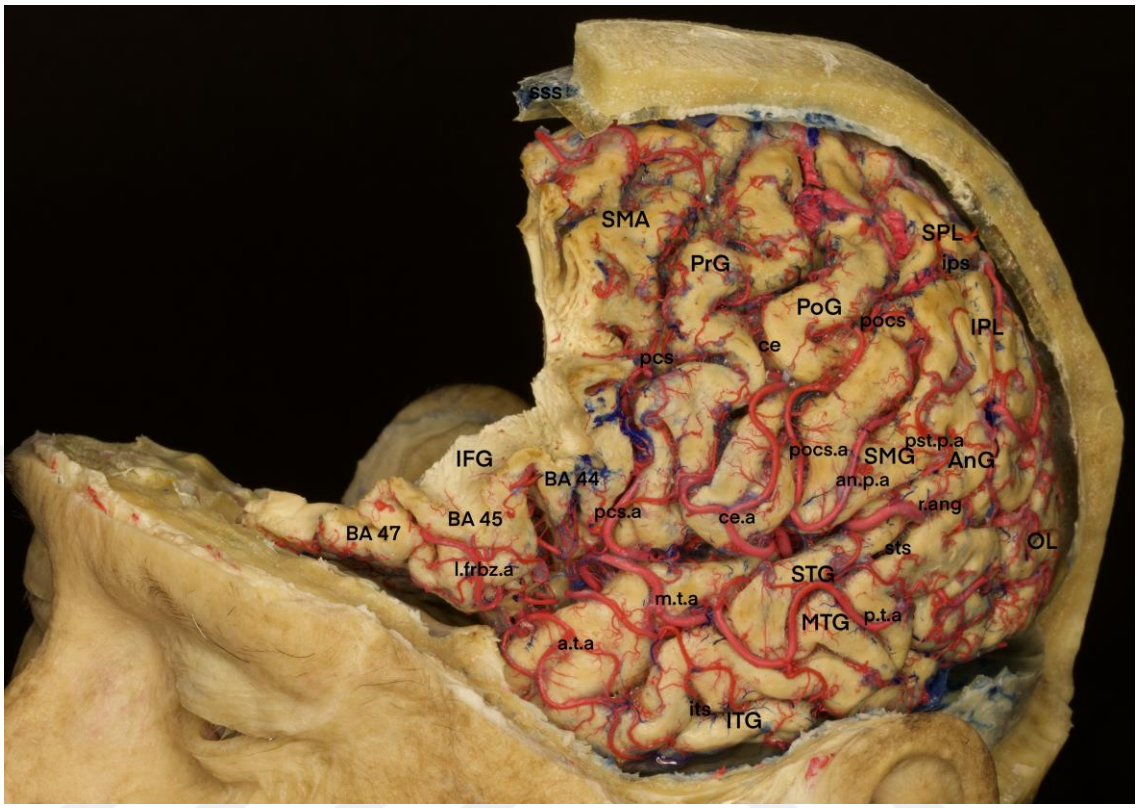
Acb = nükleus akkumbens; ATh = anterior talamik nükleus, acp = anterior klinoid proçes; BA 9 = Brodman Alan 9; BA 11 = Brodman Alan 11; BA 45 = Brodman Alan 45; BA 46 = Brodman Alan 46; Cb = serebellum; CC = korpus kallozum; CG = singular giru; Cun = kuneus; cav = kavernöz sinüs; ccs = kalkarin sulkus; chp = koroid pleksus; ica = internal serebral arter; LgG = lingual girus; l.acer = sol anetrior serebral arter; MB = mammiller cisim; Mcep = mezensefalon; mt = mammilo-talamik trakt; Pi = pineal gland; pc = posterior kommissür; pcer = posterior serebral arter; percal.a = perikallozal arter; pos = paryeto-oksipital sulkus; r.frpom = ramus frontalis posteromedialis; r.pcun = ramus prekunealis; r.pcs = ramus presantralis; r.pacs = ramus parasantralis; r.acer = sağ anterior serebral arter; SSS = superior sagittal sinüs; SS = straight sinüs; spets = superior petrozal sinüs; thp-ec = ekstrakapsüler talamik pedinkül; TPF = talamo prefrontal fiberler; trs = transvers sinüs; vt = velum; 1n = 1. kranial sinir; 2n = 2.kranial sinir; 3n = 3. kranial sinir; 5n = 5. kranial sinir

CC gövdesi, singulat girus ve (medial yüzde) kuneusa kadar olan arteriyel yapıların eksizyonuyla parasantal lob ve kuneusun medial yüzünün ak madde lifleri ve CC ile ilişkisi görüldü. BA 9, 10 ve 46'nın kaldırılmasıyla BA44 ve BA 47 açık biçimde gözlemlendi. BA 45 ve BA 47 ile talamik prefrontal pedinkül arasındaki ak madde lifleri gösterildi. İki spesmende sol hemisferin BA44'ünden talamik prefrontal pedinküle yönelen çok ince lif grubu saptandı. Lateral görünümle korelasyonu gözlemlendi (Şekil 29, 30).



Şekil 29. Korpus kallozum gövdesi, singulat girus ve kuneus bölgesine kadar arteriyel dokuların diseksiyonu sonrasında BA 44, 45, 47 ve 11 alanlardan talamo-prefrontal fiberler görünümü. (Talamik prefrontal pedinkül lifleri olarak belirlediğimiz yoğun bir şekilde birleştiği kaudat nükleus başı hizasındaki alandan kortikospinal trakta giden lif grubunda ayırmak amacıyla hassas diseksiyonla ayıraçlar ile işaretlendi)

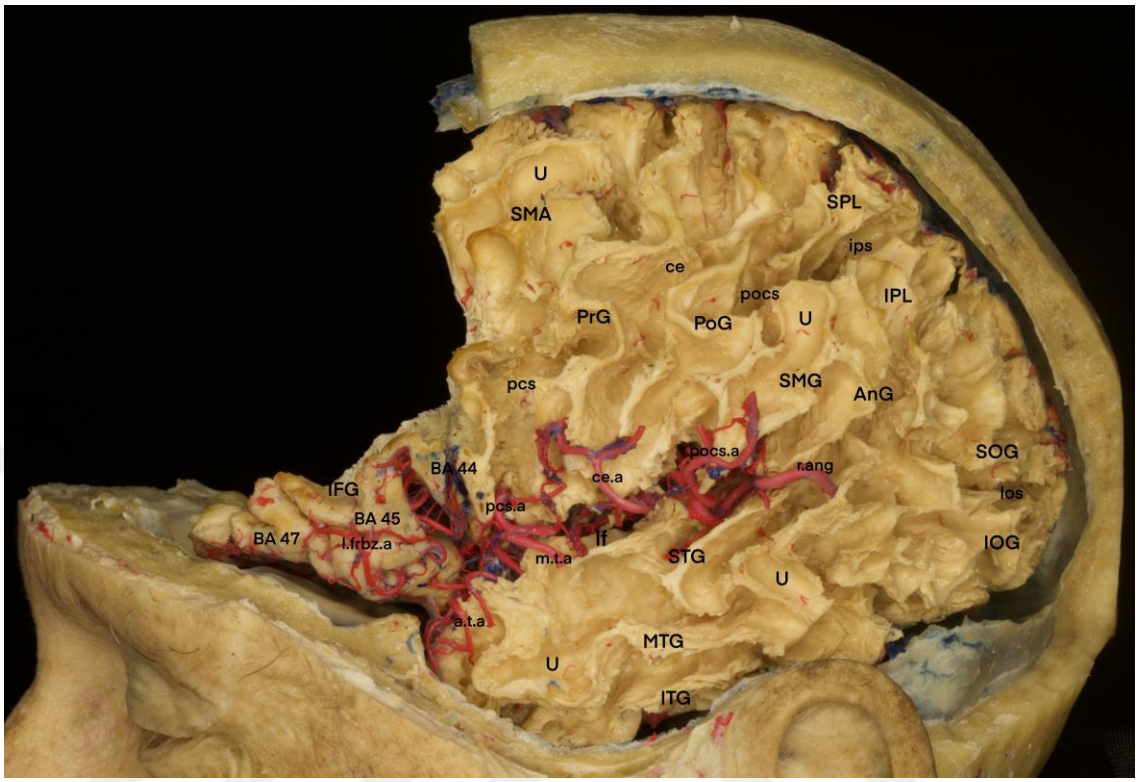
Acb = nükleus akkumbens; ATh = anterior talamik nükleus; Aq = aquaduktus silvi; acp = anterior klinoid proçes; BA 11 = Brodman Area 11; BA 44 = Brodman Area 44; BA 45 = Brodman Area 45; BA 47 = Brodman Area 47; Cb = serebellum; CC = korpus kallozum; CG = singular girus; Cd = kaudat nukleus; Cun = kuneus; cav = kavernöz sinüs; ccs = kalkarin sulkus; chp = koroid pleksus; cosi = sinüs confluence; IGr = indusium griseum; ica = internal serebral arter; LgG = lingual girus; l.acer = sol anterior serebral arter; MB = mammiller cisim; Mcep = mezensefalon; mt = mammilo-talamik trakt; ox = optik kiazma; Pi = pineal gland; pc = posterior kommissür; pcer = posterior serebral arter; r.acer = sağ anterior serebral arter; SSS = superior sagittal sinüs; SS = straight sinüs; spets = superior petrozal sinüs; thp-ec = ekstrakapsüler talamik pedinkül; TPF = talamo prefrontal fiberler; trs = transvers sinüs; vt = velum; 2n = 2.kranial sinir; 3n = 3. kranial sinir; 5n = 5. kranial sinir



Şekil 30. BA 44, 45 ve 47'nin anterolateral açıdan görünümü (MFG kaldırılmıştır)

AnG = angular girus; an.p.a = anterior paryetal arter; a.t.a = anterior temporal arter; ce.a = santral arter; ce.a = santral arter; BA 44 = Brodman Alan 44; BA 45 = Brodman Alan 45; BA 47 = Brodman Alan 47; İFG = inferior frontal girus; İTG = inferior temporal girus; İPL = inferior paryetal lobul, its = inferior temporal sulkus; ips = intraparyetal sulkus; l.frbz.a = lateral frontobazal arter; MTG = medial temporal girus; m.t.a = medial temporal arter; OL = oksipital lob; OP = oksipital pol; PrG = presantral girus; PoG = postsantral girus; pcs = presantral sulkus; pocs = postsantral sulkus; pcs.a = presantral arter; pocs.a = postsantral arter; pst.p.a = posterior paryetal arter; p.t.a = posterior temporal arter; r.ang = ramus angularis; SMA = supplementer motor alan; SMG = supramarginal girus; STG = superior temporal girus; SPL = superior paryetal lobul; sts = superior temporal sulkus; SSS = superior sagittal sinüs

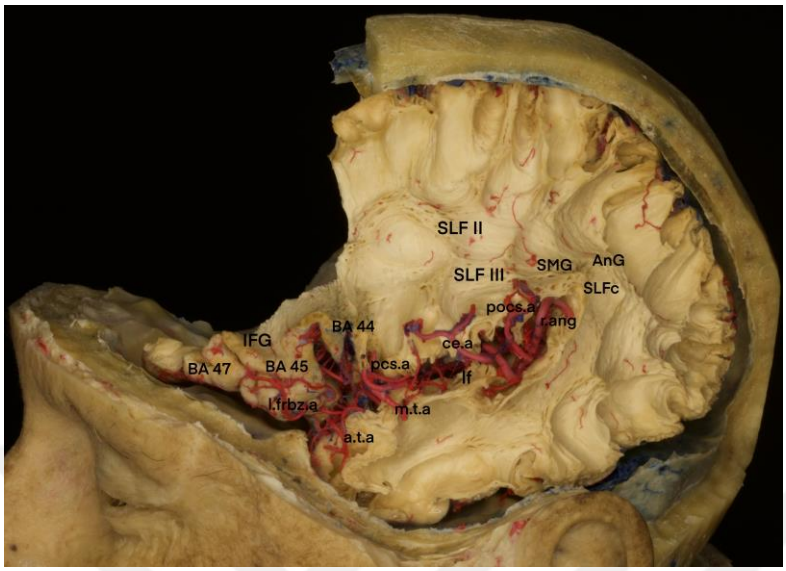
Sylvian fissür içindeki arterler dışındaki tüm arterler ve İFG dışında tüm kortikal alan çıkarıldıktan sonra subkortikal alandaki U lifler (komşu giruslar arasındaki asosiasyon lifleri) gözlemlendi (Şekil 31).



Şekil 31. Sol hemisferin BA 44, 45 ve 47 korunarak dekortikasyon sonrası lateral görünümü

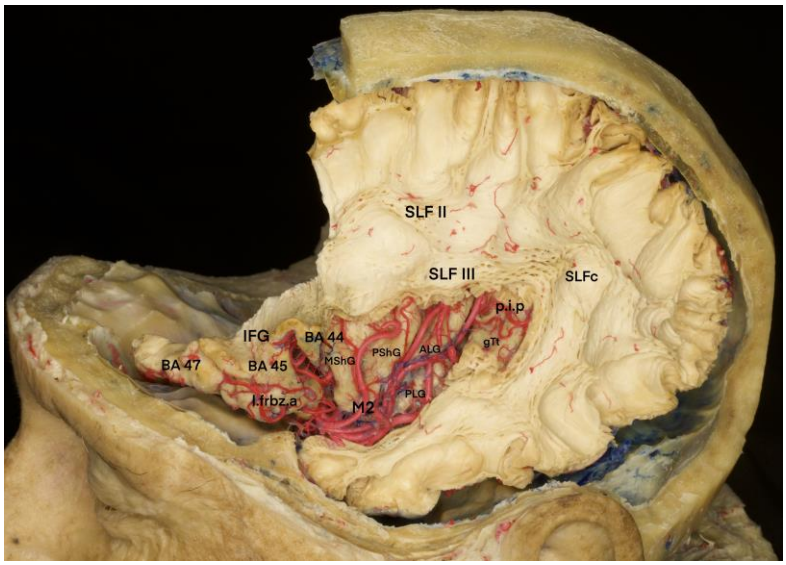
AnG = angular girus; a.t.a = anterior temporal arter; ce = santral sulkus; ce.a = santral arter; BA 44 = Brodman Alan 44; BA 45 = Brodman Alan 45; BA 47 = Brodman Alan 47; İFG = inferior frontal girus; İTG = inferior temporal girus; İOG = inferior oksipital girus; İPL = inferior paryetal lobul; its = inferior temporal sulkus; ips = intraparyetal sulkus; lf = lateral fissür; los = lateral oksipital sulkus; l.frbz.a = lateral frontobazal arter; MTG = medial temporal girus; m.t.a = medial temporal arter; OL = oksipital lob; PrG = presantral girus; PoG = postsantral girus; pcs = presantral sulkus; pocs = postsantral sulkus; pcs.a = presantral arter; pocs.a = postsantral arter; r.ang = ramus angularis; SMA =: supplementer motor alan; SMG = supramarginal girus; STG = superior temporal girus; SOG = superior oksipital girus; SPL = superior pariyetal lobul; sts = superior temporal sulkus; U = U-lifler

U lifler ve girus duvarları eksize edildiğinde SLF kompleksinin SMG ve AnG izdüşümüne denk gelen alanda C şeklinde döndüğü görüldü. SLF kompleksi ve ona ait uzanımları olan SLF II'nin MFG'ye doğru, SLF III'ün is IFG' ye doğru (BA44 ve 45' e doğru) yöneldiği izlendi (Şekil 32). Superior limitan sulkusun üzerini örten SMG, presantral girus, postsantal girusun korteksinin ve ve inferior limitan sulkusun üzerini kapatan superior temporal girus ve supramarginal girusu da eksizyonundan sonra insular korteks ile insular korteksin üzerinde bulunan middle serebral arterin M2'nin insular dalları belirlendi (Şekil 33).



Şekil 32. U liflerinin kaldırılmasında SLF kompleksi, SLF II ve SLF III'ün görünümü

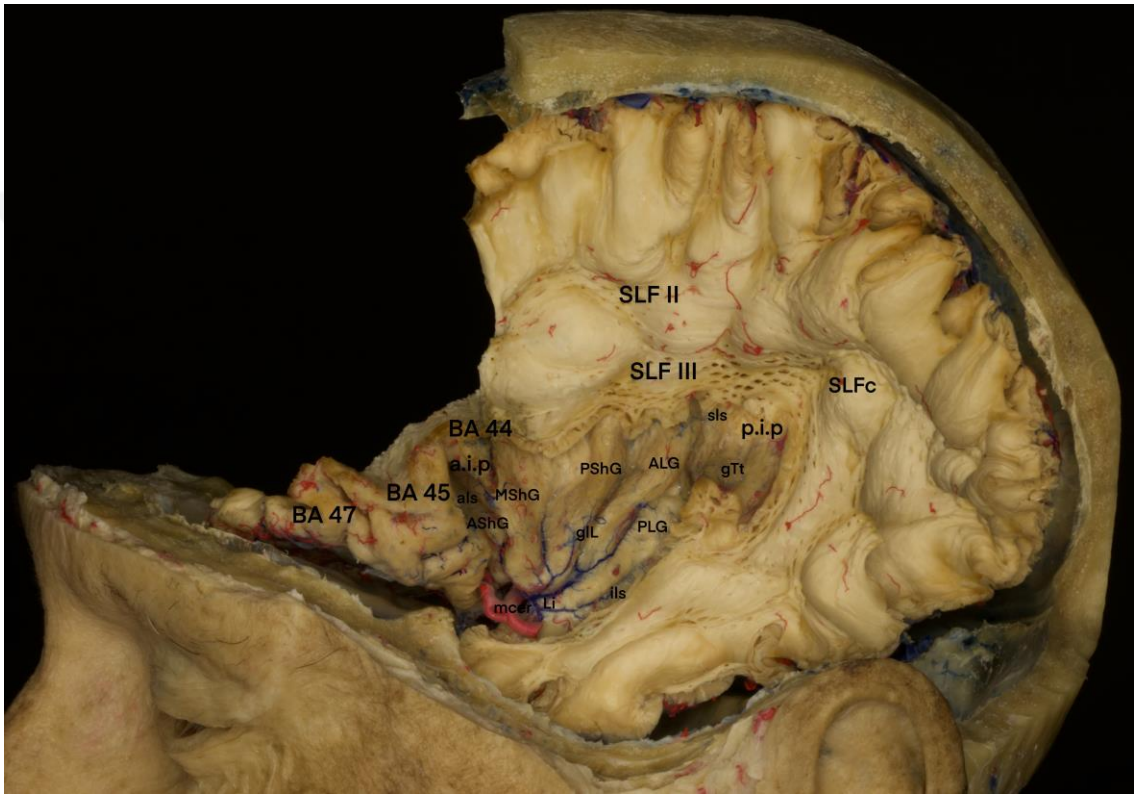
AnG = angular girus; a.t.a = anterior temporal arter; BA 44 = Brodman Alan 44; BA 45 = Brodman Alan 45; BA 47 = Brodman Alan 47; ce.a = santral arter; lf = lateral fissür; l.frbz.a = lateral frontobazal arter; m.t.a =medial temporal arter; r.ang = ramus angularis; pcs.a = presantral arter; pocs.a = postsantral arter; SMG = supramarginal girus; SLF II = superior longitudinal fasikül II; SLF III = superior longitudinal fasikül III; SLFc = superior longitudinal fasikül kompleksi



Şekil 33. Operkular kortikal bölge çıkarıldıktan sonra insular korteks ve M2'nin dallarının görünümü

ALG = anterior uzun girus; BA 44 = Brodman Alan 44; BA 45 = Brodman Alan 45; BA 47 = Brodman Alan 47; gTt = giri temporales transversi; l.frbz.a = lateral frontobazal arter; MShG = medial kısa girus; M2 = MCA'nın insular dalları; PShG = posterior kısa girus; PLG = posterior uzun girus; p.i.p = posterior insular point; SLF II = superior longitudinal fasikül II; SLF III = superior longitudinal fasikül III; SLFc = superior longitudinal fasikül kompleksi

Limen insula üzerindeki arterleri çıkarılarak insulanın anterior kısa girusu, orta kısa girusu, posterior kısa girusu, anterior uzun girusu, posterior uzun girusu, giri temporales transversiler açık biçimde belirlendi. Bunların etrafındaki inferior limitan sulkus, superior limitan sulkus ve anterior limitan sulkus da saptandı (Şekil 34).

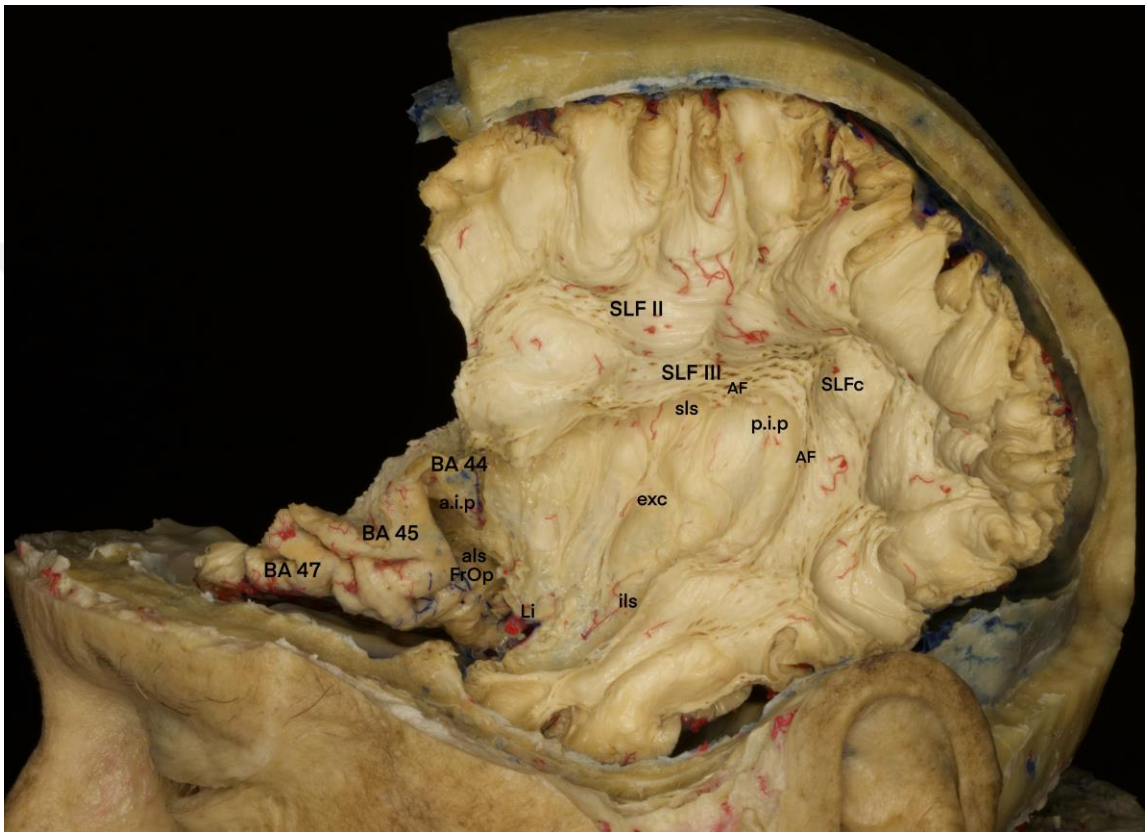


Şekil 34. İnsula üzerindeki arterlerin MCA bifurkasyonundan itibaren eksizyonu sonrası superior limitan sulkus, inferior limitan sulkus, posterior insular point ve insular korteksin görünümü

AShG = anterior kısa girus; ALG = anterior uzun girus; als = anterior limitan sulkus; a.i.p = anterior insular point; BA 44 = Brodman Alan 44; BA 45 = Brodman Alan 45; BA 47 = Brodman Alan 47; gTt = giri temporales transversi; glİ = girus longus insula; ils = inferior limitan sulkus; Li = limen insula; MShG =medial kısa girus; mcer = middle serebral arter; PShG = posterior kısa girus; PLG = posterior uzun girus; p.i.p = posterior insular point; SLF II = superior longitudinal fasikül II; SLF III = superior longitudinal fasikül III; SLFc = superior longitudinal fasikül kompleksi; sls = superior limitan sulkus

İnsular alana ait kısa, orta ve uzun girusların dekortikasyonu sonrasında anterior, superior ve inferior limitan sulkus sınırları içerisindeki ekstrem kapsüle ait sukortikal dokular ve AF'nin yüzeyel lifleri gözlemlendi (Şekil 35). SLF II ve SLF III'ün lifleri çıkarıldığında kaldırılması sonrasında SMG, PrG ve PoG'un izdüşümüne seyreden arkuat fasikülün lifleri görüldü. Ayrıca fronto aslant trakt (FAT)'ın presantral girus önündeki posterior SFG ve

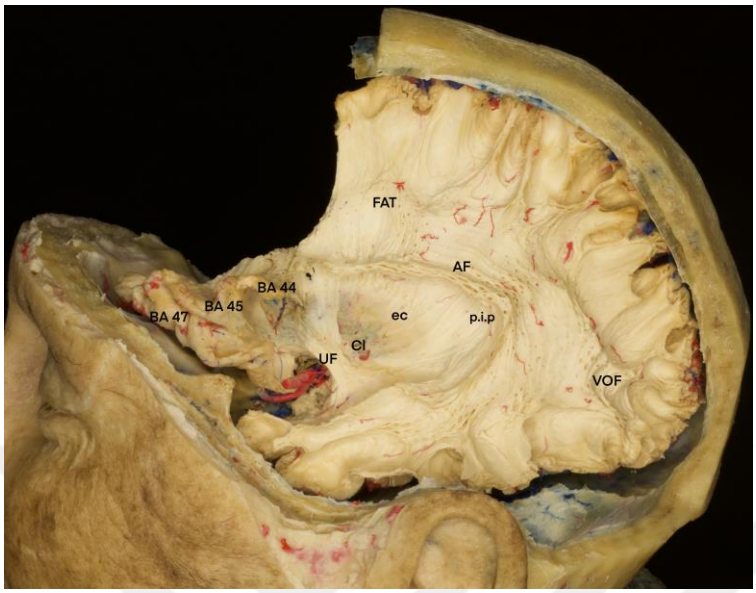
MFG'nin posterior iz düşümündeki alanda superior limitan sulkus sınırına doğru seyir gösterdiği görüldü. Eksternal kapsül ve onun liflerinin uzanım gösterdiği klastrum ekstrem kapsül kaldırılarak gösterildi. Benzer biçimde unsinat fasikül belirlendi. UF'nin anterior temporal lobdan BA 47'ye seyrettiği saptandı (Şekil 36).



Şekil 35. Ekstrem kapsülün insulanın dekortikasyonu sonrası görünümü

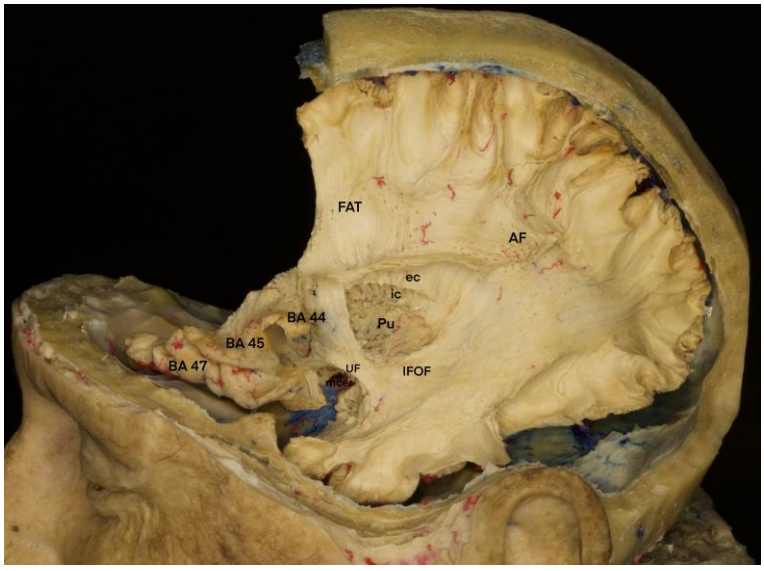
AF = arkuat fasikü; als = anterior limitan sulkus; a.i.p = anterior insular point; BA 44 = Brodman Alan 44; BA 45 = Brodman Alan 45; BA 47 = Brodman Alan 47; exc = ekstrem kapsül; FrOp = frontal operkulum; ils = inferior limitan sulkus; Li = limen insula; p.i.p. = posterior insular point; SLF II = superior longitudinal fasikül II; SLF III = superior longitudinal fasikül III; SLFc = superior longitudinal fasikül kompleksi; sls = superior limitan sulkus

Klastrum ile eksternal kapsül kaldırıldı, putamen görüldü. Eksternal kapsülden putamenin arka sınırına doğru uzanan internal kapsülün lifleri izlendi. Superior limitan sulkusun 1/5 arka bölümü ile inferior limitan sulkus eksizyonu ve arkuat fasikülün vertikal kısmının kaldırılmasıyla ile fronto oksipital fasikül (FOF) birlikte frontalden oksipitale uzandığı gösterildi. Unsinat fasikülün frontale giden liflerinin, ATN'den BA 45'e gelen liflerin ventromedialinde yer aldığı; FOF'un frontale giden liflerinin BA 44'ün inferiorunda bulunduğu gözlemlendi (Şekil 37).



Şekil 36. Eksternal kapsül, klastrum ve unsinat fasikülün ekstrem kapsülün çıkarılmasından sonraki görünümü

AF = arkuat fasikül; BA 44 = Brodman Alan 44; BA 45 = Brodman Alan 45; BA 47 = Brodman Alan 47; Cl = klastrum; ec = eksternal kapsül; FAT = fronto aslant trakt; p.i.p = posterior insular point; UF = unsinat fasikül; VOF = vertikal oksipital fasikül

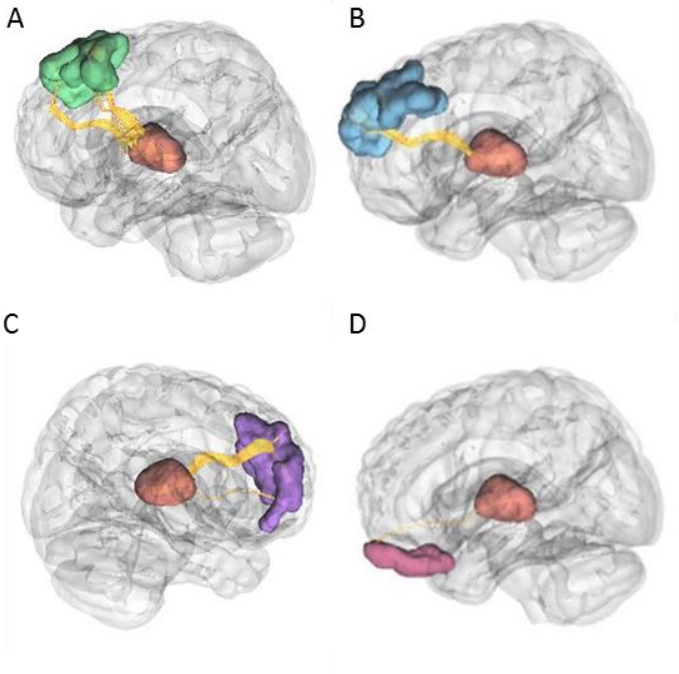


Şekil 37. Eksternal kapsül, klastrum, inferior limitan sulkus ve superior limitan sulkus arka sınırı kaldırılması sonrası putamen, internal kapsül ve fronto oksipital fasikülün görünümü

AF = arkuat fasikül; BA 44 = Brodman Alan 44; BA 45 = Brodman Alan 45; BA 47 = Brodman Alan 47; ec = eksternal kapsül; FAT = fronto aslant trakt; İFOF = inferior fronto-oksipital fasikül; ic = internal kapsül; mcer = midle serebral arter; Pu = putamen; UF = unsinat fasikül

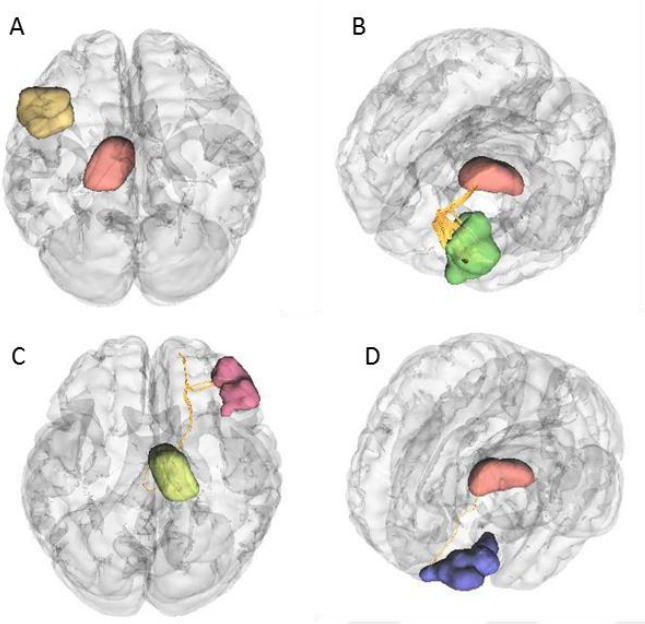
5.3. Radyolojik Bulgular

Bireylerin yapılan traktografik görüntülemlerinde talamustan PFC'ye uzanan liflller gösterildi. Bu 26 hemsiferin (13 birey) lif grubunun İC'nin ön kolundan SFG, OFC ve IFG'ye uzandığı gösterildi. Talamo prefrontal pedinkülün (TPP) liflerinin PFC ve talamus arasındaki bağlantılarını araştırmak için BA'lara dayanarak farklı prefrontal kortikal bölgeler belirlendi. PFC'ye bağlı alanlar öncelikle BA'lar 8, 9, 10, 11, 44, 45, 46 ve 47'yi içeriyordu. TPP lifleri 13 bireyin tamamında BA 9, 10'da iki taraflı olarak sonlandırıldı. 13 bireyin 12'sinde BA 8'e giden lifler iki taraflı gösterildi, birinde ise sadece sağ tarafta gösterildi. 13 bireyin 6'sında BA 11'e giden lifler gösterilemedi, 4'ünde ise sadece sol tarafa ulaştığı gösterildi. BA 44, 13 bireyin 6'sında bilateral, 1'inde sol tarafta, 1'inde sağ tarafta sonlandığı görüldü ve 3'ünde bilateral görülemedi. BA 45, 13 bireyin 12'sinde bilateral lifler gösterildi, sadece 1'inde her iki taraf da görülemedi. BA 46, 13 bireyin 12'sinde her iki tarafın lifleri gösterildi, 3'ünde ise sol taraf lifleri görüldü. BA 47, 13 bireyin 12'sinde her iki tarafın lifleri gösterildi, 1'inde sol tarafının lifleri görülmedi. BA'lara dayalı TPP medial segmentasyonu Şekil 37'de, BA'lara dayalı lateral segmentayonu Şekil 38'de gösterilmektedir.



Şekil 38. TPP'nin medialden BA'lara bağlantıları

A = talamus ile BA 8 bağlantısı; B = talamus ile BA 9 bağlantısı; C = talamus ile BA 10 bağlantısı; D = talamus ile BA 11 bağlantısı



Şekil 39. TPP'nin lateralden BA'lara bağlantıları

A = talamus ile BA 44 bağlantısı gösterilemeyenden örnek alındı; B = talamus ile BA 45 bağlantısı; C = talamus ile BA 46 bağlantısı; D = talamus ile BA 47 bağlantısı

5.4. Radyolojik Bulguların İstatiksel Analizi

Çalışmaya dahil ettiğimiz 13 sağlıklı bireyin MRG traktografik incelemelerinin talamustan prefrontal kortekse BA eşleniğinde uzanan lif sayıları, total volüm değerleri ve yüzey alanları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Radyolojik İncelemedeki Lif sayıları, Volüm ve Yüzey Alan Verileri

No	Grup No	Grup	Sıra No	Number of tracts	Total volume (mm^3)	Total surface area (mm^2)	Taraf	Yaş	Cinsiyet
1	1	BA8	1	1721	3292	11567	2	47	2
2	1	BA8	2	7366	5065	15410	2	44	2
3	1	BA8	3	303	3026	12016	2	26	1
4	1	BA8	4	20	1086	6265	2	31	1
5	1	BA8	5	1766	5081	15679	2	35	1
6	1	BA8	6	1404	3520	13177	2	34	2
7	1	BA8	7	0	0	0	2	23	2
8	1	BA8	8	26	1129	6032	2	29	1
9	1	BA8	9	205	1699	7021	2	26	2
10	1	BA8	10	189	2017	7015	2	27	1
11	1	BA8	11	1512	3913	14204	2	25	2
12	1	BA8	12	723	2519	9820	2	27	2
13	1	BA8	13	1	96	1005	2	27	1
14	1	BA8	14	5488	5385	12907	1	47	2

15	1	BA8	15	4786	6951	21155	1	44	2
16	1	BA8	16	962	4191	12721	1	26	1
17	1	BA8	17	30	1202	5552	1	31	1
18	1	BA8	18	6824	5795	14328	1	35	1
19	1	BA8	19	183	3720	13348	1	34	2
20	1	BA8	20	61	1010	4282	1	23	2
21	1	BA8	21	1010	3050	9860	1	29	1
22	1	BA8	22	49	833	3737	1	26	2
23	1	BA8	23	277	3617	13236	1	27	1
24	1	BA8	24	5940	6375	20389	1	25	2
25	1	BA8	25	303	4804	16913	1	27	2
26	1	BA8	26	3589	4451	15158	1	27	1
27	2	BA9	1	3856	5113	16829	2	47	2
28	2	BA9	2	7456	5662	18343	2	44	2
29	2	BA9	3	346	2201	10322	2	26	1
30	2	BA9	4	135	1719	8829	2	31	1
31	2	BA9	5	528	4232	13961	2	35	1
32	2	BA9	6	2722	5870	19830	2	34	2
33	2	BA9	7	168	1136	4164	2	23	2
34	2	BA9	8	836	3091	13078	2	29	1
35	2	BA9	9	179	919	4021	2	26	2
36	2	BA9	10	674	2273	9774	2	27	1
37	2	BA9	11	13	948	6304	2	25	2
38	2	BA9	12	1467	2064	8923	2	27	2
39	2	BA9	13	31	1061	5347	2	27	1
40	2	BA9	14	7403	5183	14298	1	47	2
41	2	BA9	15	13831	6349	15610	1	44	2
42	2	BA9	16	27	1015	5114	1	26	1
43	2	BA9	17	79	1582	5437	1	31	1
44	2	BA9	18	7573	7142	19689	1	35	1
45	2	BA9	19	6404	6274	6274	1	34	2
46	2	BA9	20	23	614	3013	1	23	2
47	2	BA9	21	1066	3178	12012	1	29	1
48	2	BA9	22	101	1054	6465	1	26	2
49	2	BA9	23	565	2769	9371	1	27	1
50	2	BA9	24	454	5896	21725	1	25	2
51	2	BA9	25	1085	4452	14235	1	27	2
52	2	BA9	26	4120	5990	16477	1	27	1
53	3	BA10	1	3652	5317	15650	2	47	2
54	3	BA10	2	21375	7965	17942	2	44	2
55	3	BA10	3	840	3028	11314	2	26	1
56	3	BA10	4	261	1976	9763	2	31	1
57	3	BA10	5	4095	3923	12506	2	35	1
58	3	BA10	6	6562	7894	22683	2	34	2

59	3	BA10	7	159	2742	11761	2	23	2
60	3	BA10	8	2186	7299	22223	2	29	1
61	3	BA10	9	367	1178	4861	2	26	2
62	3	BA10	10	173	2430	11149	2	27	1
63	3	BA10	11	2087	5796	20113	2	25	2
64	3	BA10	12	59	1616	9512	2	27	2
65	3	BA10	13	898	4609	19178	2	27	1
66	3	BA10	14	10113	6331	14224	1	47	2
67	3	BA10	15	6622	6622	16855	1	44	2
68	3	BA10	16	7	627	5673	1	26	1
69	3	BA10	17	375	1520	5231	1	31	1
70	3	BA10	18	1236	4764	17843	1	35	1
71	3	BA10	19	1816	7435	22997	1	34	2
72	3	BA10	20	34	1231	7491	1	23	2
73	3	BA10	21	923	4067	14029	1	29	1
74	3	BA10	22	57	896	4666	1	26	2
75	3	BA10	23	415	3188	11067	1	27	1
76	3	BA10	24	2919	8539	28417	1	25	2
77	3	BA10	25	1248	4868	16741	1	27	2
78	3	BA10	26	617	3176	14779	1	27	1
79	4	BA11	1	1	69	664	2	47	2
80	4	BA11	2	302	636	2710	2	44	2
81	4	BA11	3	2	124	1197	2	26	1
82	4	BA11	4	0	0	0	2	31	1
83	4	BA11	5	0	0	0	2	35	1
84	4	BA11	6	0	0	0	2	34	2
85	4	BA11	7	0	0	0	2	23	2
86	4	BA11	8	0	0	0	2	29	1
87	4	BA11	9	1	104	1042	2	26	2
88	4	BA11	10	50	1211	5755	2	27	1
89	4	BA11	11	11	482	3158	2	25	2
90	4	BA11	12	0	0	0	2	27	2
91	4	BA11	13	0	0	0	2	27	1
92	4	BA11	14	0	0	0	1	47	2
93	4	BA11	15	0	0	0	1	44	2
94	4	BA11	16	0	0	0	1	26	1
95	4	BA11	17	1	197	2022	1	31	1
96	4	BA11	18	0	0	0	1	35	1
97	4	BA11	19	0	0	0	1	34	2
98	4	BA11	20	0	0	0	1	23	2
99	4	BA11	21	0	0	0	1	29	1
100	4	BA11	22	1	86	888	1	26	2
101	4	BA11	23	0	0	0	1	27	1
102	4	BA11	24	1	135	1371	1	25	2

103	4	BA11	25	0	0	0	1	27	2
104	4	BA11	26	0	0	0	1	27	1
105	5	BA44	1	1	172	1787	2	47	2
106	5	BA44	2	0	0	0	2	44	2
107	5	BA44	3	0	0	0	2	26	1
108	5	BA44	4	0	0	0	2	31	1
109	5	BA44	5	1	97	985	2	35	1
110	5	BA44	6	2	190	2065	2	34	2
111	5	BA44	7	0	0	0	2	23	2
112	5	BA44	8	9	899	6143	2	29	1
113	5	BA44	9	0	0	0	2	26	2
114	5	BA44	10	0	0	0	2	27	1
115	5	BA44	11	259	2550	11393	2	25	2
116	5	BA44	12	111	1472	6793	2	27	2
117	5	BA44	13	74	1200	5874	2	27	1
118	5	BA44	14	97	717	3144	1	47	2
119	5	BA44	15	0	0	0	1	44	2
120	5	BA44	16	3	205	1484	1	26	1
121	5	BA44	17	0	0	0	1	31	1
122	5	BA44	18	1	84	892	1	35	1
123	5	BA44	19	4	326	2486	1	34	2
124	5	BA44	20	0	0	0	1	23	2
125	5	BA44	21	1	237	2481	1	29	1
126	5	BA44	22	0	0	0	1	26	2
127	5	BA44	23	0	0	0	1	27	1
128	5	BA44	24	45	2713	14009	1	25	2
129	5	BA44	25	0	0	0	1	27	2
130	5	BA44	26	6457	3059	8803	1	27	1
131	6	BA45	1	6759	4564	13125	2	47	2
132	6	BA45	2	25	382	2136	2	44	2
133	6	BA45	3	8902	3342	10469	2	26	1
134	6	BA45	4	777	3116	12551	2	31	1
135	6	BA45	5	0	0	0	2	35	1
136	6	BA45	6	236	2942	10722	2	34	2
137	6	BA45	7	87	1080	4123	2	23	2
138	6	BA45	8	102	1705	7283	2	29	1
139	6	BA45	9	1523	1908	6419	2	26	2
140	6	BA45	10	546	1843	6995	2	27	1
141	6	BA45	11	4651	6713	22173	2	25	2
142	6	BA45	12	1385	3959	15348	2	27	2
143	6	BA45	13	6500	7400	24397	2	27	1
144	6	BA45	14	5909	3031	9376	1	47	2
145	6	BA45	15	55	1257	5205	1	44	2
146	6	BA45	16	4193	3931	9904	1	26	1

147	6	BA45	17	276	1601	5792	1	31	1
148	6	BA45	18	0	0	0	1	35	1
149	6	BA45	19	634	3342	11221	1	34	2
150	6	BA45	20	4695	2732	9953	1	23	2
151	6	BA45	21	38	1136	5941	1	29	1
152	6	BA45	22	8	354	1985	1	26	2
153	6	BA45	23	136	903	4260	1	27	1
154	6	BA45	24	9473	5706	19804	1	25	2
155	6	BA45	25	5	605	4444	1	27	2
156	6	BA45	26	2877	4092	11102	1	27	1
157	7	BA46	1	5530	3796	10838	2	47	2
158	7	BA46	2	72	744	3555	2	44	2
159	7	BA46	3	2462	1862	8126	2	26	1
160	7	BA46	4	9	360	1887	2	31	1
161	7	BA46	5	31	1239	5918	2	35	1
162	7	BA46	6	700	2195	7317	2	34	2
163	7	BA46	7	1	101	985	2	23	2
164	7	BA46	8	181	1860	7159	2	29	1
165	7	BA46	9	211	1065	5518	2	26	2
166	7	BA46	10	786	2130	8289	2	27	1
167	7	BA46	11	1321	2610	10172	2	25	2
168	7	BA46	12	947	2144	8531	2	27	2
169	7	BA46	13	462	1941	9738	2	27	1
170	7	BA46	14	9158	3890	9933	1	47	2
171	7	BA46	15	0	0	0	1	44	2
172	7	BA46	16	404	1031	5640	1	26	1
173	7	BA46	17	4	341	2395	1	31	1
174	7	BA46	18	0	0	0	1	35	1
175	7	BA46	19	267	2188	8891	1	34	2
176	7	BA46	20	834	1653	6105	1	23	2
177	7	BA46	21	33	988	4787	1	29	1
178	7	BA46	22	34	527	3503	1	26	2
179	7	BA46	23	166	1776	6684	1	27	1
180	7	BA46	24	1502	3818	15300	1	25	2
181	7	BA46	25	3775	2489	6831	1	27	2
182	7	BA46	26	0	0	0	1	27	1
183	8	BA47	1	11	467	2289	2	47	2
184	8	BA47	2	685	2492	10918	2	44	2
185	8	BA47	3	5	388	3071	2	26	1
186	8	BA47	4	106	1164	7502	2	31	1
187	8	BA47	5	0	0	0	2	35	1
188	8	BA47	6	66	1604	6936	2	34	2
189	8	BA47	7	200	1537	6828	2	23	2
190	8	BA47	8	52	1138	6348	2	29	1

191	8	BA47	9	1	95	966	2	26	2
192	8	BA47	10	191	1190	4374	2	27	1
193	8	BA47	11	73	1316	6566	2	25	2
194	8	BA47	12	1498	1695	6749	2	27	2
195	8	BA47	13	331	1742	6755	2	27	1
196	8	BA47	14	396	683	3084	1	47	2
197	8	BA47	15	9	552	4509	1	44	2
198	8	BA47	16	28	745	4398	1	26	1
199	8	BA47	17	414	1380	7177	1	31	1
200	8	BA47	18	148	833	3619	1	35	1
201	8	BA47	19	690	3776	13778	1	34	2
202	8	BA47	20	16	801	4465	1	23	2
203	8	BA47	21	109	1389	7028	1	29	1
204	8	BA47	22	2375	1482	6678	1	26	2
205	8	BA47	23	611	2290	7841	1	27	1
206	8	BA47	24	566	3604	15863	1	25	2
207	8	BA47	25	449	2075	8008	1	27	2
208	8	BA47	26	375	3208	12637	1	27	1

(Liflerin volüm verileri mm^3 cinsinden, yüzey alanı mm^2 cinsinden verilmiştir. BA 8= Brodman Alanı 8; BA 9 = Brodman Alanı 9; BA 10 = Brodman Alanı 10; BA 11 = Brodman Alanı 11; BA 44 = Brodman Alanı 44; BA 45 = Brodman Alanı 45; BA 46 = Brodman Alanı 46; BA 47 = Brodman Alanı 47; 1 = sağ taraf; 2 = sol taraf; 1 = Erkek; 2 = Kadın)

Tablo 3. Gruplar Arasında Lif Sayılarının İstatistiksel Analizi

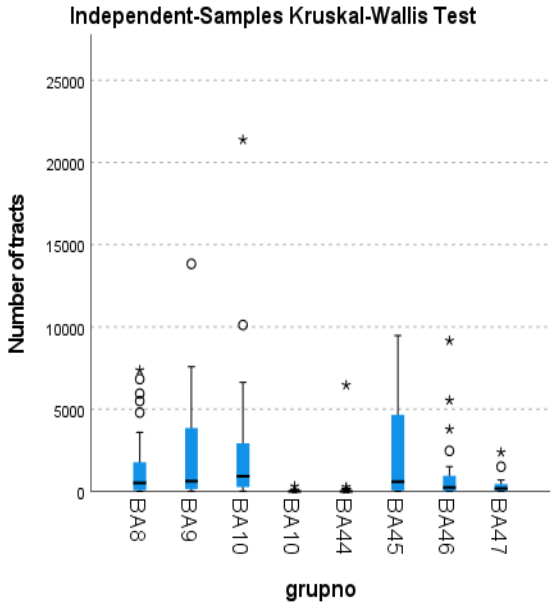
		Number of tracts						
		Mean	Standard Deviation	Median	Percentile 25	Percentile 75	Kİ-KARE	P
Grup no	BA8	1721	2351	513	61	1766	89,308	<0,001
	BA9	2352	3477	620	135	3856		
	BA10	2658	4560	911	261	2919		
	BA11	14	60	0	0	1		
	BA44	272	1263	1	0	9		
	BA45	2300	3030	590	55	4651		
	BA46	1111	2097	239	31	947		
	BA47	362	531	170	28	449		

Veriler ortalama, standart sapma, median, minimum, maksimum, yüzde ve sayı olarak sunuldu. BA 8= Brodman Alanı 8; BA 9 = Brodman Alanı 9; BA 10 = Brodman Alanı 10; BA 11 = Brodman Alanı 11; BA 44 = Brodman Alanı 44; BA 45 = Brodman Alanı 45; BA 46 = Brodman Alanı 46; BA 47 = Brodman Alanı 47, İki oran arasındaki kıyaslamada ki-kare testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi p <0,05 olarak alındı

Tablo 4. Lif Sayılarının İkili Gruplar Arasında Karşılaştırması

Pairwise Comparisons of grup no	
Sample 1-Sample 2	**P**
BA10-BA47	0,001
BA10-BA46	<0,001
BA10-BA45	<0,001
BA10-BA8	<0,001
BA10-BA9	<0,001
BA10-BA11	<0,001
BA44-BA47	0,034
BA44-BA46	0,005
BA44-BA45	<0,001
BA44-BA8	<0,001
BA44-BA9	<0,001
BA44-BA10	<0,001

BA 8= Brodman Alanı 8; BA 9 = Brodman Alanı 9; BA 10 = Brodman Alanı 10; BA 11 = Brodman Alanı 11; BA 44 = Brodman Alanı 44; BA 45 = Brodman Alanı 45; BA 46 = Brodman Alanı 46; BA 47 = Brodman Alanı 47, İstatistiksel anlamlılık düzeyi p <0,05 olarak alındı



Şekil 40. Lif sayılarının ikiden fazla bağımsız grup ile sürekli değişkenlerin kıyaslanması

BA 8= Brodman Alanı 8; BA 9 = Brodman Alanı 9; BA 10 = Brodman Alanı 10; BA 11 = Brodman Alanı 11; BA 44 = Brodman Alanı 44; BA 45 = Brodman Alanı 45; BA 46 = Brodman Alanı 46; BA 47 = Brodman Alanı 47

Gruplar arasında *number of tracts* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur (p<0,001) (Tablo 3). Bu farklılık BA10-BA47, BA10-BA46, BA10-BA45, BA10-BA8, BA10-BA9, BA10-BA11, BA44-BA47, BA44-BA46, BA44-BA45, BA44-BA8, BA44-BA9, BA44-BA10 grupları arasında bulunmuştur (Tablo 4). İkiden fazla bağımsız grup ile sürekli değişkenlerin kıyaslanması Kruskal-Wallis testi ile şekil 40'da gösterilmiştir.

Tablo 5. Gruplar Arasında Total Volüm (mm^3) Değerlerinin İstatistiksel Analizi

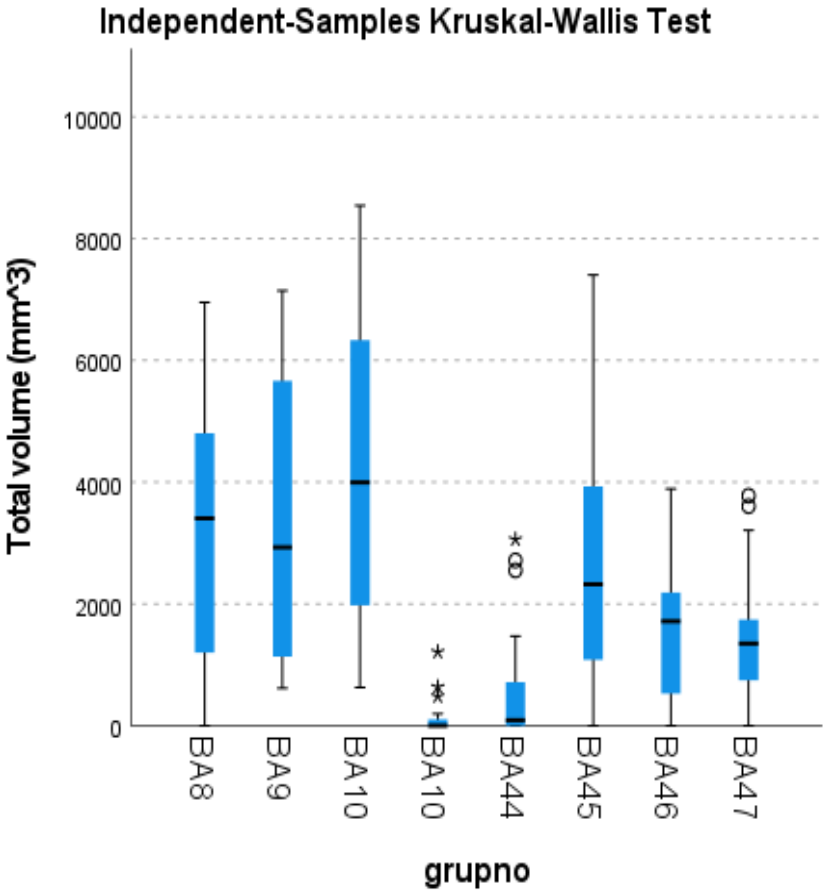
		Total volume (mm^3)						
		Mean	Standard Deviation	Median	Percentile 25	Percentile 75	Kİ-KARE	P
Grup no	BA8	3224	1960	3406	1202	4804	101,879	<0,001
	BA9	3376	2153	2930	1136	5662		
	BA10	4194	2458	3995	1976	6331		
	BA11	117	271	0	0	104		
	BA44	535	916	91	0	717		
	BA45	2602	2004	2320	1080	3931		
	BA46	1567	1173	1715	527	2188		
	BA47	1448	990	1348	745	1742		

Veriler ortalama, standart sapma, median, minimum, maksimum, yüzde ve sayı olarak sunuldu. BA 8= Brodman Alanı 8; BA 9 = Brodman Alanı 9; BA 10 = Brodman Alanı 10; BA 11 = Brodman Alanı 11; BA 44 = Brodman Alanı 44; BA 45 = Brodman Alanı 45; BA 46 = Brodman Alanı 46; BA 47 = Brodman Alanı 47, İki oran arasındaki kıyaslamada ki-kare testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi p <0,05 olarak alındı

Tablo 6. Total Volümün İkili Gruplar Arasında Karşılaştırması

Pairwise Comparisons of grup no	
Sample 1-Sample 2	**P**
BA10-BA47	0,002
BA10-BA46	0,001
BA10-BA45	<0,001
BA10-BA8	<0,001
BA10-BA9	<0,001
BA10-BA10	<0,001
BA44-BA45	<0,001
BA44-BA8	<0,001
BA44-BA9	<0,001
BA44-BA10	<0,001
BA47-BA10	0,009
BA46-BA10	0,012

BA 8= Brodman Alanı 8; BA 9 = Brodman Alanı 9; BA 10 = Brodman Alanı 10; BA 11 = Brodman Alanı 11; BA 44 = Brodman Alanı 44; BA 45 = Brodman Alanı 45; BA 46 = Brodman Alanı 46; BA 47 = Brodman Alanı 47, İstatistiksel anlamlılık düzeyi p <0,05 olarak alındı



Şekil 41. Total volümün ikiden fazla bağımsız grup ile sürekli değişkenlerin kıyaslanması

BA 8= Brodman Alanı 8; BA 9 = Brodman Alanı 9; BA 10 = Brodman Alanı 10; BA 11 = Brodman Alanı 11; BA 44 = Brodman Alanı 44; BA 45 = Brodman Alanı 45; BA 46 = Brodman Alanı 46; BA 47 = Brodman Alanı 47

Gruplar arasında t*otal volume* (mm^3) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0,001$) (Tablo 5). Bu farklılık BA10-BA47, BA10-BA46, BA10-BA45, BA10-BA8, BA10-BA9, BA10-BA11, BA44-BA45, BA44-BA8, BA44-BA9, BA44-BA10, BA47-BA10, BA46-BA10 grupları arasında bulunmuştur (Tablo 6). İkiden fazla bağımsız grup ile sürekli değişkenlerin kıyaslanması Kruskal-Wallis testi ile şekil 41'de gösterilmiştir

Tablo 7. Gruplar Arasında Yüzey Alan (mm^2) Değerlerinin İstatistiksel Analizi

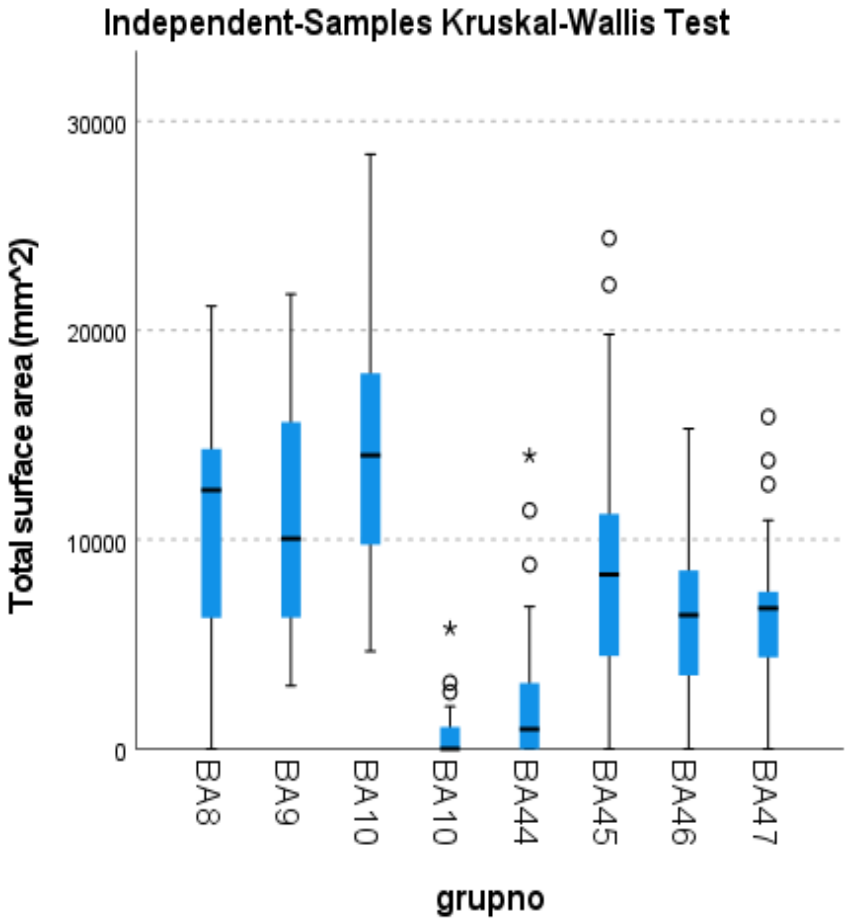
		Total surface area (mm^2)						
		Mean	Standard Deviation	Median	Percentile 25	Percentile 75	Kİ-KARE	P
Grup no	BA8	10877	5510	12369	6265	14328	99,899	<0,001
	BA9	11133	5579	10048	6274	15610		
	BA10	14156	6366	14029	9763	17942		
	BA11	723	1365	0	0	1042		
	BA44	2628	3878	939	0	3144		
	BA45	9028	6282	8330	4444	11221		
	BA46	6081	3808	6395	3503	8531		
	BA47	6476	3707	6714	4374	7502		

Veriler ortalama, standart sapma, median, minimum, maksimum, yüzde ve sayı olarak sunuldu. BA 8= Brodman Alanı 8; BA 9 = Brodman Alanı 9; BA 10 = Brodman Alanı 10; BA 11 = Brodman Alanı 11; BA 44 = Brodman Alanı 44; BA 45 = Brodman Alanı 45; BA 46 = Brodman Alanı 46; BA 47 = Brodman Alanı 47, İki oran arasındaki kıyaslamada ki-kare testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi p <0,05 olarak alındı

Tablo 8.Yüzey Alanın İkili Gruplar Arasında Karşılaştırması

Pairwise Comparisons of grup no	
Sample 1-Sample 2	**P**
BA10-BA46	0,002
BA10-BA47	0,001
BA10-BA45	<0,001
BA10-BA9	<0,001
BA10-BA8	<0,001
BA10-BA11	<0,001
BA44-BA45	0,002
BA44-BA9	<0,001
BA44-BA8	<0,001
BA44-BA10	<0,001
BA46-BA10	0,004
BA47-BA10	0,012

BA 8= Brodman Alanı 8; BA 9 = Brodman Alanı 9; BA 10 = Brodman Alanı 10; BA 11 = Brodman Alanı 11; BA 44 = Brodman Alanı 44; BA 45 = Brodman Alanı 45; BA 46 = Brodman Alanı 46; BA 47 = Brodman Alanı 47, İstatistiksel anlamlılık düzeyi p <0,05 olarak alındı



Şekil 42. Yüzey alanının ikiden fazla bağımsız grup ile sürekli değişkenlerin kıyaslanması

BA 8= Brodman Alanı 8; BA 9 = Brodman Alanı 9; BA 10 = Brodman Alanı 10; BA 11 = Brodman Alanı 11; BA 44 = Brodman Alanı 44; BA 45 = Brodman Alanı 45; BA 46 = Brodman Alanı 46; BA 47 = Brodman Alanı 47

Gruplar arasında *total surface area* (mm^2) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0,001$) (Tablo 7). Bu farklılık BA10-BA47, BA10-BA46, BA10-BA45, BA10-BA8, BA10-BA9, BA10-BA11, BA44-BA45, BA44-BA8, BA44-BA9, BA44-BA10, BA47-BA10, BA46-BA10 grupları arasında bulunmuştur (Tablo 8). İkiden fazla bağımsız grup ile sürekli değişkenlerin kıyaslanması Kruskal-Wallis testi ile şekil 42'de gösterilmiştir

Tablo 9. Talamus ile BA'lar Arasındaki Lif Sayılarının Sağ ve Sol Taraflarının İstatistiksel Karşılaştırılması

				Number of tracts						
				Mean	Standard Deviation	Median	Percentile 25	Percentile 75	Z	P
Grup no	BA 8	Taraf	1	2269	2629	962	183	4786	-1,026	0,305
			2	1172	1988	303	26	1512		
	BA 9	Taraf	1	3287	4319	1066	101	6404	-0,744	0,457
			2	1416	2152	528	168	1467		
	BA 10	Taraf	1	2029	3014	923	375	1816	-0,436	0,663
			2	3286	5778	898	261	3652		
	BA 11	Taraf	1	0	0	0	0	0	-1,547	0,122
			2	28	83	0	0	2		
	BA 44	Taraf	1	508	1788	1	0	4	-0,027	0,978
			2	35	76	1	0	9		
	BA 45	Taraf	1	2177	3048	276	38	4193	-0,615	0,538
			2	2423	3132	777	102	4651		
	BA 46	Taraf	1	1244	2601	166	4	834	-0,847	0,397
			2	978	1535	462	72	947		
	BA 47	Taraf	1	476	617	396	109	566	-1,718	0,086
			2	248	421	73	11	200		

Veriler ortalama, standart sapma, median, minimum, maksimum, yüzde ve sayı olarak sunuldu. BA 8= Brodman Alanı 8; BA 9 = Brodman Alanı 9; BA 10 = Brodman Alanı 10; BA 11 = Brodman Alanı 11; BA 44 = Brodman Alanı 44; BA 45 = Brodman Alanı 45; BA 46 = Brodman Alanı 46; BA 47 = Brodman Alanı 47; 1 = sağ taraf; 2 = sol taraf; İki oran arasındaki kıyaslamada z testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi p <0,05 olarak alındı

BA8 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *number of tracts* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,305). BA9 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *number of tracts* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,457). BA10 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *number of tracts* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,663). BA11 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *number of tracts* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,122). BA44 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *number of tracts* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,978). BA45 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *number of tracts* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,538). BA46 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *number of tracts* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,397). BA47 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *number of tracts* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,086) (Tablo 9).

Tablo 10. Talamus ile BA'lar Arasındaki Liflerinin Total Volüm Değerlerinin Sağ ve Sol Taraflarının İstatistiksel Karşılaştırılması

				Total volume (mm^3)						
				Mean	**Standard Deviation**	**Median**	**Percentile 25**	**Percentile 75**	**Z**	**P**
Grup no	**BA8**	**Taraf**	**1**	3953	2006	4191	3050	5385	-1,872	0,061
			2	2496	1682	2519	1129	3520		
	BA9	**Taraf**	**1**	3961	2359	4452	1582	5990	-1,359	0,174
			2	2791	1830	2201	1136	4232		
	BA10	**Taraf**	**1**	4097	2616	4067	1520	6331	-0,179	0,858
			2	4290	2393	3923	2430	5796		
	BA11	**Taraf**	**1**	32	65	0	0	0	-1,298	0,194
			2	202	366	0	0	124		
	BA44	**Taraf**	**1**	565	1053	84	0	326	-0,081	0,935
			2	506	799	97	0	899		
	BA45	**Taraf**	**1**	2207	1732	1601	903	3342	-0,949	0,343
			2	2996	2243	2942	1705	3959		
	BA46	**Taraf**	**1**	1439	1357	1031	341	2188	-0,949	0,342
			2	1696	993	1862	1065	2144		
	BA47	**Taraf**	**1**	1755	1145	1389	801	2290	-1,154	0,249
			2	1141	725	1190	467	1604		

Veriler ortalama, standart sapma, median, minimum, maksimum, yüzde ve sayı olarak sunuldu. BA 8= Brodman Alanı 8; BA 9 = Brodman Alanı 9; BA 10 = Brodman Alanı 10; BA 11 = Brodman Alanı 11; BA 44 = Brodman Alanı 44; BA 45 = Brodman Alanı 45; BA 46 = Brodman Alanı 46; BA 47 = Brodman Alanı 47; 1 = sağ taraf; 2 = sol taraf; İki oran arasındaki kıyaslamada z testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi p < 0,05 olarak alındı

BA8 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *total volume* (mm^3) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,061). BA9 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *total volume* (mm^3) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,174). BA10 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *total volume* (mm^3) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,858). BA11 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *total volume* (mm^3) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,194). BA44 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *total volume* (mm^3) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,935). BA46 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *total volume* (mm^3) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,342). BA47 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *total volume* (mm^3) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,249) (Tablo 10).

BA8 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *total surface area* (mm^2) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,158). BA9 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *total surface area* (mm^2) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,739).BA10 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *total surface area* (mm^2) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,663). BA11 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *total surface area* (mm^2) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,194). BA44 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *total surface area* (mm^2) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,935). BA45 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *total surface area* (mm^2) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,238). BA46 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *total surface area* (mm^2) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,209). BA47 grubu içindeki sağ ve sol tarafdaki *total surface area* (mm^2) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p=0,118) (Tablo 11).

Tablo 11. Talamus ile BA'lar Arasındaki Liflerinin Yüzey Alan Değerlerinin Sağ ve Sol Taraflarının İstatistiksel Karşılaştırılması

				Total surface area (mm^2)						
				Mean	Standard Deviation	Median	Percentile 25	Percentile 75	Z	P
Grup no	BA8	Taraf	1	12584	5538	13236	9860	15158	-1,410	0,158
			2	9170	5126	9820	6265	13177		
	BA9	Taraf	1	11517	6025	12012	6274	15610	-0,333	0,739
			2	10748	5312	9774	6304	13961		
	BA10	Taraf	1	13770	7404	14127	6582	17349	-0,435	0,663
			2	14512	5525	12506	11149	19178		
	BA11	Taraf	1	329	668	0	0	0	-1,298	0,194
			2	1117	1760	0	0	1197		
	BA44	Taraf	1	2561	4220	892	0	2486	-0,081	0,935
			2	2695	3676	985	0	5874		
	BA45	Taraf	1	7614	5087	5941	4444	9953	-1,180	0,238
			2	10442	7212	10469	6419	13125		
	BA46	Taraf	1	5390	4430	5640	2395	6831	-1,257	0,209
			2	6772	3090	7317	5518	8531		
	BA47	Taraf	1	7622	4075	7028	4465	8008	-1,564	0,118
			2	5331	3029	6566	3071	6828		

Veriler ortalama, standart sapma, median, minimum, maksimum, yüzde ve sayı olarak sunuldu. BA 8= Brodman Alanı 8; BA 9 = Brodman Alanı 9; BA 10 = Brodman Alanı 10; BA 11 = Brodman Alanı 11; BA 44 = Brodman Alanı 44; BA 45 = Brodman Alanı 45; BA 46 = Brodman Alanı 46; BA 47 = Brodman Alanı 47; 1 = sağ taraf; 2 = sol taraf; İki oran arasındaki kıyaslamada z testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi p <0,05 olarak alındı

Tablo 12. Gruplar Arasında Değerlerinin Sağ ve Sol Taraflarının İstatistiksel Karşılaştırılması

		Taraf					
		1		2			
		Count	Row N %	Count	Row N %	Kİ-KARE	P
Grup no	BA8	13	50,0%	13	50,0%	0,000	1,000
	BA9	13	50,0%	13	50,0%		
	BA10	13	50,0%	13	50,0%		
	BA10	13	50,0%	13	50,0%		
	BA44	13	50,0%	13	50,0%		
	BA45	13	50,0%	13	50,0%		
	BA46	13	50,0%	13	50,0%		
	BA47	13	50,0%	13	50,0%		

Veriler sayı ve yüzde olarak verildi. BA 8= Brodman Alanı 8; BA 9 = Brodman Alanı 9; BA 10 = Brodman Alanı 10; BA 11 = Brodman Alanı 11; BA 44 = Brodman Alanı 44; BA 45 = Brodman Alanı 45; BA 46 = Brodman Alanı 46; BA 47 = Brodman Alanı 47; 1 = sağ taraf; 2 = sol taraf; İki oran arasındaki kıyaslamada ki-kare testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi p <0,05 olarak alındı

Gruplar arasında taraf oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (p=1,000) (Tablo 12).

6.TARTIŞMA

Prefrontal korteksin (PFC), medial ve lateral alanlarının yüksek bilişsel işlevlerin planlanma ve yönetimi ile ilgili olduğu düşünülmektedir (126). Yüksek bilişsel işlevleri yürüten PFC nöroşirurji, nöroloji, psikiyatri ve nörobilim için merak konusu olan önemli bir bölgedir. Bu alanın vasküler, kortikal ve subkortikal anatomisini anlamak bu bölgenin cerrahisini yapan nöroşirurjiyenler için ayrıca önemlidir. PFC'nın yüksek bilişsel işlevlerinin, medial alanının ak madde liflerinin organizasyonunu, anatomisini anlamak cerrahi planlama ve postoperatif defisitlerinin ön görülmesi için önemlidir. Bu bölgenin hasar görmesi durumunda postoperatif hastalarda dikkat eksikliği geliştiği, engelleyici kontrol kalktığı için kötü alışkanlık oluşumu ve uzun süreli hafıza bozukluğu gibi değişiklikler ortaya çıkabilir (127).

PFC bölümleri Brodman'nın hücresel mimari sınıflaması temel alındığında PFC lateral kısmı 8, 9, 10, 11, 44, 45, 46, 47 BA'lar, medial kısmı ise 12, 32, 24 BA'lar oluşturmaktadır. (128). PFC medial, lateral ve bazal yüzeylere bölünür (128). Medial yüzey CC', üst ön kısımdaki BA 12, 32 ve 24 alanları içeren singulat girustan oluşmaktadır. Lateral yüzeyi ön (BA 9, 46) ve arka (BA 8) kısımdan oluşan dorsolateral (dlPFC) ve ventrolateral (BA 44, 45 ve 47'nin lateral yüzü) kısımlardan oluşmaktadır. Bazal yüzeyi veya orbitofrontal korteksi (OFC), BA 10'nun rostral kısmı, BA 11, BA 47'nin orbital kısmı ve BA 12 oluşturmaktadır (128).

Biz PFC'nin medial ve orbitofrontal korteks alanlarının vasküler, kortikal ve subkortikal anatomik bağlantılarını anatomik ve radyolojik olarak inceledik. SFG'nın medial yüzeyi medial frontal girus olarak da adlandırılır. Burası Brodman'ın 6, 8, 9, 10, 11 ve 32 alanlarıdır. Frontal lobun medial yüzeyinin büyük kısmını SFG'nin medial yüzeyi, parasantral lobülün medial yüzünün ön 1/3 kısmı ve rostrumunun altındaki paraterminal ve parolfaktör giruslar oluşturur (25). OFC, frontal lobun bazal kısmında geniş bir korteksten oluşmaktadır. Bu bölgenin tam olarak sınırları ve hangi BA'ları kendine kattığı belirsizdir. Örneğin, Kringelbach OFC'ye BA 10, 11 ve 47'in katıldığını belirtmiş (3). Rolls ise OFC'ye BA 12, 13 ve 11'in katıldığını belirtmiştir (5).

PFC limbik sistemin bir komponenti olup, talamus ve birçok kortikal alan ile subkortikal bağlantıları bulunmaktadır. SFG motor hareketi, çalışma belleği ve bilişsel kontrol dahil olmak üzere çeşitli görevlerde yer alan önemli bir bölgedir. SFG'yi diğer kortikal alanlar ile dört ana bağlantı birleştirir. İFG ile FAT aracığıyla; kuneus, lingual girus ve superior paryetal lobüle FOF aracığıyla; prekuneus ve parahipokampal girus ile singulum aracığıyla ve SFG'yi iki taraflı olarak bağlayan bir kallozal lif (forseps minör) demeti aracılığı ile bağlanır (1). MFG'nin dikkat ve hafızayı da içeren çeşitli görevleri vardır. MFG diğer kortikal alanlar ile

SLF II ve FOF ile bağlanır. SLF II, temporal lob posterior bölümü ve İPL ile MFG arasındaki bağlantıyı sağlar. FOF, lingual girus ile kuneusu MFG'ye bağlar (129). İFG'nin konuşma, motor fonksiyon, algısal farkındalık ve anlama gibi çeşitli fonksiyonlarda görevleri vardır. IFG'nin paryetal, oksipital ve temporal lobların farklı bölümlerine bağlayan dört ana bağlantısı mevcuttur. Bunlar FAT, SLF, IFOF ve UF'dir (130).

Talamus ve korteks arasındaki ak madde lifleri talamik pedinküller olarak isimlendirilmektedir. PFC ile talamusu bağlayan talamo-prefrontal fiberler (TPF) İC'nin ön kolundan geçer (67, 69). Change Sun ve ark. yaptığı bir traktografk çalışmada 8, 9, 10, 11, 44, 45, 46, 47 BA'dan medial talamusa uzanım gösteren ak madde lifleri gösterilmiş ve genel olarak talamoprefrontal fiberler olarak isimlendirilmiştir (131). Bu radyolojik çalışma ışığında biz hem anatomik hem de radyolojik olarak TPF'yi göstermeyi hedefledik

Çalışmamız, anatomik diseksiyon için 10 adet tahnitli, boyalı kafa spesmenlerinden ve 13 sağlıklı bireylerin MRG traktografik görüntülerinden oluşturulmuştur. Anatomik diseksiyonlardan elde edilen lif organizasyonuna, traktografik görüntülerin eklenmesi beyindeki karmaşık lif konfigürasyonları hakkında daha ayrıntılı bilgi verir. Anatomik diseksiyon liflerin oryantasyonuna ilişkin bilgi verirken, traktografik çalışma liflerin hacmini ölçmeye ve lateralizasyonunu belirtmeye yardımcı olur.

Kafa spesmenlerinin tahnitli olması dokunun daha iyi muhafaza edilmesini sağlarken, boyalı olması kortikal anatominin vasküler yapılar ile ilşkisi ve diseksiyonda gösterilen ak madde yollar ile iz düşümünü göstermek için ideal bir yöntem olacağı kanaatindeyiz. Tahnit için çeşitli kimyasal maddeler kullanılmıştır. Bunlardan formalin 19.yüzyıldan günümüze kadar halen kullanılmaktadır (132). Formalin sayesinde dokuların çürümesi engellenir ve mimarisini korunur. Ancak formalinin dezavantajları da vardır. Dezavantajları kanserojen ve irritan olup, ödem oluşrurmasıdır. Bu etkilerini azaltacak yeni yöntemlerin geliştirlmesine ihtıyaç duyulmuştur. Formaline koyulan beynin yavaştan şiştiğini farkeden Parker ve Floyd 1896'da serebral ödemi azaltan %85 alkol ve %2 formalinden oluşan çözelti kullanmışlar. Serebral ödemi azaltmak için Khadziselimowitch 1963'de şekerli çözelti kullanmıştır (106). 1992'de Thiel az miktarda formalin içeren hafif mumyalama tekniğini denemiştir (133). Ancak bunlarda hala küçük miktarlarda formalin içermektedir. Bizde çalışmamızda formalinin irritan ve kanserojen etkisini azaltmak ve daha güvenli çalışma alanları oluşturmak amacıyla toksik olmayan, irritan etkileri daha az ve maliyeti daha düşük solüsyon olan %70'lik alkol kullandık. Teslim alınan tahnitli ve boyalı kafalar %10 formalinde fiksasyon uygulanmış ve -16°C buzdolabında muhafaza edilmişti. Temin edilen formalinle fikse edilmiş, donmuş kafa

spesmenleri 1 saat boyunca akan su altında yıkanıp çözüldükten sonra %70 alkol içeren kaplarda, +4°C'de (buzdolabı koşullarında) tüm diseksiyon aşaması süresince muhafaza ettik.

Fiber diseksiyon tekniği ile nöroşirürji eğitiminde ayrıntılı, üç boyutlu anatomik bilginin, cerrahi esnasında anatomik sahaya daha sağlam bir hakimiyet kazanılması sağlanır. Christos Koutsarnakis diseksiyon sürecini kolaylaştıran lateralden mediale 11 adım, medialden laterale 8 adımdan oluşan kılavuz sunmuştur (134). Medial diseksiyonumuzun ilk adımında; superior kollikulus seviyesinden serebrum, beyin sapından ve serebelumdan kesilerek çıkarılmış, bu klavuzdan farklı olarak biz ise kafa spesmeninde muhafaza ettmeyi tercih ettik. İkinci adımımızda biz arteriyel yapıları koruyarak frontalden kuneusa kadar dekortike ederek arteriyel bir harita üzerinden topografik hakimiyet sağladık. Koutsarnakis ise singulum ile ince bir bağlantı bırakarak CC'yi çıkarmış. Üçüncü adımda Koutsarnakis U lifleri ve singulumu kaldırarak forseps minör ve majörü ortaya koymuş. Biz ise forniksin gövde kısmını ve kaudat nükleusun 1/3 ön kısmını dekortike ettik. Dördüncü adımda Koutsarnakis mamilotalamik yolu, AC'yi ve postkomissüral forniksi açığa çıkarmış. Biz ise CC'nin rostrum ve genusunu diseke edip çıkararak frontal hornunun epandimini ortaya çıkardık. Beşinci adımda Koutsarnakis amigdalayı göstermek için forseps majörün altından keserek temporali çıkarmış. Biz ise prekomissüral forniks ve epandim dokuları kaldırarak PFC ye ilerleyen lifleri gösterdik. Altıncı adımda Koutsarnakis forniksi çıkarmış. Biz ise forseps minörü kaldırdık ve PFC'den talamusa uzanan lifleri gösterdik. Lateral diseksiyonlarımız Koutsarnakis'in gösterdiği klavuz ile hemen hemen aynı idi. Koutsarnakis klavuz sunsa bile hedefe yönelik diseksiyonlarda teknik ve aşama farklılıkları ortaya çıkıyor. Bundan çıkaracağımız hangi anatomik bağlantıları hedef alırsak ona göre diseksiyon yapılması gerekliği sonucudur.

Chuanqi Sun ve ark. traktografik çalışmasında BA 8, 9, 10, 11, 44, 45, 46, 47'nin talamusa TPF ile bağlandığını göstermişler. TPF'yi, Serra ve arkadaşları ak madde diseksiyon çalışmasında talamustan kaynaklanan ve iç kapsülün ön kolu boyunca prefrontal kortekse doğru yayılan lifleri ön talamik sap (ATS) olarak belirtmişler (67). Talamusun orta ve ön kısımları, TPF aracılığıyla orbitofrontal kortekse ve SFG'nin medial bölgesi ile bağlantılıdır. TPF lifleri CC'nin lateralinde yer alıyor. TPF kaudat nükleusun başına, putamenlere ve pallidum çekirdeğine bitişiktir. Serra ve ark. diseksiyon ile kaudat nükleusun, subkallozal tabakanın ve anterior talamik nükleusun (ATN) gri maddesinin çıkarılması talamik pedinkül liflerinin kökenini ortaya koymuştur. Buradan anteriora doğru dekortike edilerek medial prefrontal kortekse ulaşan lifleri ortaya koymuşlar (67).

Bu çalışmada amacımız PFC'nin medial alan subkortikal anatomisini ak madde

diseksiyon yöntemlerine dayandırarak özellikle beyin cerrahlarının cerrahi esnasında topografik işaret olmasına neden olan arteriyel yapıları korunarak medialden laterale, lateralden mediale diseksiyonlar kafa spesmeninde çıkarılmadan yapıldı. Kafa spesmenleinde diseksiyonlarımızın yapılması cerrahi olarak topografinin sağlanması, arteriyel yapılarının medialde korunması ise interhemsiferik girişmlerde TPF'nin iz düşümüne göre belirteç olarak kullanılması idi. Tüm diseksiyonlar kademeli olarak üç boyutlu düşüncenin geliştirilebilmesi amacı ile fotoğraflandı. Çalışmamızda diğer diseksiyon çalışmalarından farklı olarak ATN'den çıkan lifler PFC'deki BA'a sonlanım yerleri ve arteriyel yapılar ile eşlenliği gösterildi. Medialden yapılan diseksiyonumuzda talamustan subgenual ve genu seviyesinden forseps minörün lateralinde seyreden lifler BA 8'in inferior kısmına, BA 9, 10, 11'lere ulaştığı görüldü. Bunlara ilaveten altan üste ACA'nın frontoorbital dalı BA 11'in inferior kısmına, frontalis anteromedialis (frontopolar arterden de çıkabilir, bizim fotoğraflarda gösterilende frontopolar arterden iki dal çıktığı görülüyor: r.frontalis anteromedialis, r. frontalis intermediomedialis) BA 11'nin orta kısmına, frontalis intermediomedialis BA 9 ve BA 10'a denk geldiği görüldü. Diseksiyonumuzum devamında PFC'ye giden liflerin bir kısmının laterale doğru uzanım gösterdiği fark edildi. Bunların ise İFG'nin BA 44, 45, 47'lere ulaştığı tespit edildi. Lateralden mediale olan diseksiyonumuzda ATN'den BA 45, 47'lere gelen liflerin UF ve İFOF'un ventromedialde, SLF'in inferiorunda kaldığı görüldü. BA 47'ye gelen liflerin UF'nin anteriorunda olduğu görüldü. Ek olarak iki spesmende çok az lif grubunun BA 44'ten medial talamusa uzandığı gösterildi. Sonuç olarak medial talamusla PFCyi BA 8, 9, 10, 11, 45, ve 47'lere bağlayan lifleri gösterildi. C Sun ve arkadaşlarının DSG çalışmasındaki talamustan BA 46'ya giden lifler çalışmamızda gösterilemedi.

Ak madde anatomisini değerlendirmek için 1993 yılında Kinosada'nın traktografik görüntüleme yapması ile radyolojik lif değerlendirme süreci başlamıştır (135). Traktografik görüntülerin fiber diseksiyon tekniği ile kombinasyonu, yapıların karmaşık anatomik özelliklerinin anlaşılmasını kolaylaştırır ve yanlış yorumlanmasını önler.

DTG çalışmalarında SFG üç alt gruba bölünmüştür: SFG anteromedial (amSFG), SFG dorsolateral (dlSFG) ve SFG posterior (pSFG) (8). amSFG BA 8 ve BA9'a denk gelmektedir. Fonksiyonel nörogörüntüleme çalışmalarında amSFG'nin "varsayılan mod ağ" (DMN) ile ilişkili olduğunu göstermişlerdir (136, 137). DMN zihnin gezinmesinde rol oynamaktadır. Medial PFC lezyonlarında bu zihinde gezinme oranının azaldığını göstermişlerdir. DMN ana düğümleri dışındaki beyin yapılarını (dorsal striatum ve talamus gibi) etkileyen lezyonlarda da zihin karışıklığının azaldığını bulmuşlar (9). Bu da medial PFC ile talamusun bağlantılı

olduğunu açıklamaktadır. Dinlenme durumu fonksiyonel bağlantısını gösteren resting-state functional connectivity (RSFC) araştırmaları talamusun çeşitli kortikal ağlara bağlantı yoluyla birden fazla bilişsel işlevi bütünleştiren kritik bir "anahtar istasyon" olarak çalıştığını öne sürmektedir (138). Buna ilaveten hem fonksiyonel nörogörüntüleme hem de lezyon çalışmaları, mekansal ve seçici dikkat de dahil olmak üzere dikkatin çeşitli yönlerinde rol oynadığını göstermişler (139, 140).

Radiyolojik çalışmamızda Chuanqi Sun ve ark. gösterdiği BA 8, 9, 10, 11, 45, 46 ve 47'ye giden liflerin hepsi gösterilemedi. 13 bireyin 26 hemsiferinde BA 9 ve 10'a ulaşan lifler gösterildi. 25 hemisferde BA 8 ve 47'ye ulaşan lifler gösterilebildi. 9 hemisferde BA 11'e ulaşan lifler gösterildi. Liflerin 14 hemisferde BA 44'e ulaştığı, 24 hemisferde BA 45'e ulaştığı ve 23 hemsiferde BA 46'ya ulaştığı gösterildi. Bu liflerin farklılıkları teknik eksikliklere mi bağlı yoksa anatomik varyasyonlardan mı kaynaklandığını bilemiyoruz.

13 bireyin TPF hacimleri, lif sayıları ve liflerin yüzey alanlarının istatistiksel analizinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0,001$) (Tablo 4, 6, 8). Bu farklılık BA10-BA47, BA10-BA46, BA10-BA45, BA10-BA8, BA10-BA9, BA10-BA11, BA44-BA47, BA44-BA46, BA44-BA45, BA44-BA8, BA44-BA9, BA44-BA10 grupları arasında bulunmuştur. Grupların sol ve sağ TPP'lerinin hacimleri, lif sayıları ve liflerin yüzey alanlarının istatistiksel analizinde anlamlı bir fark olmadığını ortaya çıkarıldı ($p> 0,05$) (Tablo 9, 10, 11).

Francesco 2016'ki çalışmasında subgenual singulat liflerinin (SSL) OFC'ye (SSL'den BA 11, 12 ve 32 dahil olmak üzere medial prefrontal alanlara doğru) giden liflerini göstermiştir. İnsanlarda yapılan fonksiyonel nörogörüntüleme çalışmalarında ödüle dayalı karar vermede rol oynadığını göstermiştir (6). Bu son husus, özellikle bağımlılık davranışıyla ilişkilendirilmiştir ve medial prefrontal korteks, bağımlılıkta DBS için bir hedef olarak önerilmiştir (141). Ayrıca SSL'nin depresyon ve anoreksiya nervoza semptomlarının kontrol edilmesinde rol oynayabileceğini düşünülüyor (142, 143). Burks ve arkadaşları çalışmasında ATN'nin BA 10, 11'e ulaşan lifleri göstermiştir (23). Bu bağlantılar büyük ölçüde biliş, hafıza ve duyguyla bağlantılıdır. Ameliyat sonrası OFC'de tek taraflı hasar gelişen hastalarda yüz ifadesinin tanımlanmasında, sosyal davranışta ve duygusal durumda eksiklikler gösterilmiştir (144). Bu bölgenin cerrahisinde intraoperatif testler henüz yapılmamıştır. Bu nedenle bölgenin subkortikal anatomisin daha iyi anlaşılmasına çalışmamızın yardımcı olabileceğini düşünüyoruz.

Talamus; duyusal-motor bilgiler, farkındalık, dikkat ve hafıza gibi bilişsel fonksyonların aktarma istasyonu olmasıyla birlikte dil fonksiyonlarının da aktarım istasyonudur (145). Bu da

çalışmamızda gösterilen ATN ile BA 45 ve 47 arasındaki bağlantıları kanıtlıyor. İGF'deki pars operkülaris (BA 44) ve pars triangülaris (BA 45) dil üretimi ve artikülasyonla ilişkili Broca alanını oluştururlar. BA 45 anlamsal, fonolojik ve sözdizimsel işlemlere katılır. Aynı zamanda iç konuşma, sözcüksel karar verme, anlamsal bilgilerin alınması ve bunların birleştirilmesi gibi görevlerde de rol oynamaktadır (146). Sol BA 45 ile diğer kortikal alanlar arasındaki fonksiyonel bağlantıların bozulması şizofreni ve genel anksiyete dahil olmak üzere çeşitli nöropsikiyatrik bozukluklarla ilişkilidir (147, 148). Yaygın anksiyete bozukluğunda sol BA 45'in tehdit değerlendirilmesinde düzenleyici bir rol oynadığı gösterilmiştir (147). Tehdit değerlendirme süreci daha sonra amigdalada devam eder (148). Cha ve arkadaşları UF'nin tehdit değerlendirme sürecinde BA 45 ve amigdala arasında ki bağlantıya aracılık ettiğini öne sürmüşlerdir (148). Sağ BA 45 hareketin engellenmesi (gördüğü nesneyi kaldır/kaldırma gibi) ile ilgili sensörimotor entegrasyonla ilişkilendirilmiştir (149). Görsel ve motor bilgilerin bu şekilde entegrasyonuna İFOF aracılık ediyor (148). Pars orbitalis'in işlevi (BA 47) solda duygu ve empati ile ilgili davranışlarda rol oynar (150). Ayrıca bu bölgenin kişinin kendi motor davranışını tanımlama ve anlamada rolü vardır (151). Sağ BA 47 beklentiler ve dikkatle ilgili bireyin bilişsel tercihlerine uygulanan bir güven ölçümü oluşturmak için bireyin önceki beklentileri ile algısal gerçekliği arasındaki tutarsızlığın hesaplanmasında rol oynar (152). Bunlara dayanarak BA 45 ve BA 47'nin hemisferin lateral subkortikal bağlantıları olduğu anlaşılıyor. Oysaki bizim çalışmamız BA 45, 47'nin talamus ile de bağlantıları olabileceğini gösterdi. Daha önce bilinen TPF'nin talamustan BA 8, 9, 10, 11'e ulaşan liflerin BA 45, 47'ye de ulaştığını traktografi dışında anatomik diseksiyonla da göstermiş olduk. Bu yolların daha önce DTG yöntemleri ile gösterilmesi çalışmamızın sonuçlarının güvenilir olduğunu göstermektedir ve talamik pedinküllerle ilgili gelecekteki çalışmalar için bir temel oluşturabilir.

Çalışmamızda anlaşıldığı gibi anatomik diseksiyonlarda gösterilemeyen yollar DTG çalışmalarında gösterilebilir, öte yandan diseksiyonlarda görülen yollar da DTG'de görülmeyebilir. Bu iki çalışmanın kombinasyonu verimli anatomik bilgi edinilmesini sağlar. Ancak anatomik çalışmaların kadavra temininin zorluğu, ülke koşulları içerisinde bilimsel çalışmalara bağışlanacak bedenlerin olmaması sınırlamalara sebep olmaktadır.

7. SONUÇ

Medial PFC'nin ak madde lif diseksiyon çalışması, beynin üç boyutlu subkortikal anatomisinin kavranmasında noroşirurjiyenler için oldukça önemlidir. Bu liflerin ve vasküler yapıların iz düşümünün topografik olarak yol göstermesi ayrıca önem arz eder. Bu yolların topografik hâkimiyetinin kazanılması pre-intra ve postoperatif klinik beyin fonksiyonları ve ak madde tümöral invazyon paternlerinin anlaşılmasına yardımcı olur; cerrahi strateji, preoperatif planlama buna göre yapılır; böylelikle cerrahi morbidite azalır.

Ayrıca çalışmamızda bulunan ATN'den BA 45 ve BA 47'ye giden liflerin gösterilmesi bu bağlantıların fonksiyonel yönden daha detaylı araştırılması gerekliliğini ortaya çıkarıyor. Bu bağlantıların iyi bilinmesi ATN'nin dil fonksiyonlarıyla ilişkili işlevinin anlaşılması açısından önemlidir. Elde edilen veriler bu yolların anatomik olarak konumladırılmasına yardmıcı olacaktır. Bildiğimiz kadarıyla bu bağlantılar anatomik diseksiyon ile ilk defa tarafımızca tanımlanmıştır. ATN'den BA 45 ve BA 47'ye olan bağlantıların değerlendirilmesi bu yolağın dil fonksiyonlarında rol aldığı hipotezini doğurmaktadır.

8. KAYNAKLAR

1. Robert G Briggs, Abdul Basit Khan, Arpan R Chakraborty, et al. Anatomy and white matter connections of the superior frontal yrus. Clin Anat. 2020 Sep;33(6):823-83
2. Yaşargil M.G. Microneurosurgery-Vol. VI A. p40-41.
3. Kringelbach M. L. "The orbitofrontal cortex: linking reward to hedonic experience". Nature Reviews Neuroscience. 2005.6 (9): 691–702.
4. Koechlin E, Corrado G, Pietrini P, Grafman J. Dissociating the role of the medial and lateral anterior prefrontal cortex in human planning. Proc Natl Acad Sci U S A. 2000 Jun 20;97(13):7651-6
5. Rolls ET. The Functions of the Orbitofrontal Cortex. Brain Cogn 2004;55.p11–29.
6. Rushworth M, Behrens T, Rudebeck P, Walton M. Contrasting roles for cingulate and orbitofrontal cortex in decisions and social behaviour. Trends Cogn Sci 2007;11: 168–176.
7. Kringelbach ML, Rolls ET. The Functional Neuroanatomy of the Human Orbitofrontal Cortex: Evidence from Neuroimaging and Neuropsychology. Prog Neurobiol 2004;72: 341–372.
8. Wei Li, Wen Qin, Huaigui Liu, et al. Subregions of the human superior frontal gyrus and their connections. NeuroImage Volume 78, September 2013, p 46-58
9. Carissa L. Philippi, Joel Bruss, Aaron D. Boes, et al. Lesion network mapping demonstrates that mind-wandering is associated with the default mode network. J Neurosci Res. 2021 Jan; 99(1): 361–373.
10. Jaryd Hiser, Michael Koenigs. The Multifaceted Role of the Ventromedial Prefrontal Cortex in Emotion, Decision Making, Social Cognition, and Psychopathology. Biol Psychiatry. 2018 Apr 15;83(8):638-647
11. Maia S Pujara, Richard C Wolf, Mustafa K Baskaya, Michael Koenigs. Ventromedial prefrontal cortex damage alters relative risk tolerance for prospective gains and losses. Neuropsychologia. 2015 Dec;79(Pt A):70-5
12. Graybiel A M, Rauch S L. Toward a neurobiology of obsessive-compulsive disorder. Neuron. 2000 Nov;28(2):343-7.
13. Nora D Volkow, Marisela Morales. The Brain on Drugs: From Reward to Addiction. Cell. 2015 Aug 13;162(4):712-25.
14. Helena Dolphin, Adam H Dyer, Cathy McHale, et al. An Update on Apathy in Alzheimer's Disease. Geriatrics (Basel). 2023 Jul 14;8(4):75.

15. Mega M S, Cummings J L. Frontal-subcortical circuits and neuropsychiatric disorders. J Neuropsychiatry Clin Neurosci. 1994 Fall;6(4):358-70.
16. Weinberger DR, Aloia MS, Goldberg TE, Berman KF. The frontal lobes and schizophrenia. J Neuropsychiatry Clin Neurosci. 1994 Fall;6(4):419-27.
17. Marco Catani, Flavio Dell'acqua, Francesco Vergani, et al. Short frontal lobe connections of the human brain. Cortex. 2012 Feb;48(2):273-91.
18. Michel Thiebaut de Schotten, Laurent Cohen, Eduardo Amemiya, et al. Learning to read improves the structure of the arcuate fasciculus. Cereb Cortex. 2014 Apr;24(4):989-95.
19. Türe U, Yaşargil MG, Ah Friedman, Ey El-Mefti. Fiber dissection technique: lateral aspect of the brain. Neurosurgery. 2000 Aug;47(2):417-26; discussion 426-7.
20. Igor L Maldonado, Emmanuel Mandonnet, Hugues Duffau. Dorsal fronto-parietal connections of the human brain: a fiber dissection study of their composition and anatomical relationships. Anat Rec (Hoboken). 2012 Feb;295(2):187-95.
21. Catani M, Howard RJ, Pajevic S, Jones DK. Virtual in vivo interactive dissection of white matter fasciculi in the humanbrain. Neuroimage,2002;17:77-94.
22. Lin CP, Wedeen VJ, Chen JH, et al. Validation of diffusionspectrum magnetic resonance imaging with manganese- enhanced rat optic tracts and ex vivo phantoms. Neuroimage, 2003;19:482- 495.
23. Joshua D Burks, Andrew K Conner, Phillip A Bonney, et al. Anatomy and white matter connections of the orbitofrontal gyrus. J Neurosurg. 2018 Jun;128(6):1865-1872.
24. Guyton & Hall Textbook of Medical Physiology. Section X. Central Nervous System.12 Edition. p 697
25. Albert L Rhoton Jr. The Cerebrum Anatomy. Neurosurgery. 2007 Jul;61(1 Suppl):37-118; discussion 118-9.
26. Reha Erzurumlu, Gülgün Şengül, Emel Ulupınar. Nöroanatomi. 2.baskı. 2023.
27. Joaquín M Fuster. The Prefrontal Cortex in the Neurology Clinic. Handb Clin Neurol. 2019:163:3-15.
28. Casey BJ, Rebecca M. Jones, Todd A. Hare. The Adolescent Brain. Ann N Y Acad Sci. 2008 Mar; 1124: 111–126.
29. Olry R. Korbinian Brodmann (1868-1918). J.Neurol. 2010; 257(12):2112-3.
30. Seiji Ono and Michael J. Mustari. Smooth Pursuit–Related Information Processing in Frontal Eye Field Neurons that Project to the NRTP. Cereb Cortex. 2009 May; 19(5): 1186–1197.

31. Jeffrey D. Schall. On the role of frontal eye field in guiding attention and saccades. Vision Research Volume 44, Issue 12, June 2004, p 1453-1467.
32. Marco Bedini, Daniel Baldauf. Structure, function and connectivity fingerprints of the frontal eye field versus the inferior frontal junction: A comprehensive comparison. Eur J Neurosci. 2021 Aug;54(4):5462-5506.
33. Rajkowska G, Goldman-Rakic PS. Cytoarchitectonic definition of prefrontal areas in the normal human cortex: II. Variability in locations of areas 9 and 46 and relationship to the Talairach Coordinate System. Cereb Cortex. 1995 Jul-Aug;5(4):323-37.
34. Monica Luciana Collins and Charles A. Nelson. Handbook of Developmental Cognitive Neuroscience. Pub Date: Apr 13, 2001.
35. Zald DH Orbital versus dorsolateral prefrontal cortex: anatomical insights into content versus process differentiation models of the prefrontal cortex. Ann NY Acad Sci, 1121 (2007), pp. 395-406
36. Andreas A Ioannides, George K Kostopoulos, Lichan Liu, Peter B C Fenwick. MEG identifies dorsal medial brain activations during sleep. Neuroimage. 2009 Jan 15;44(2):455-68.
37. Narender Ramnani, Adrian M Owen. Anterior prefrontal cortex: insights into function from anatomy and neuroimaging. Nat Rev Neurosci. 2004 Mar;5(3):184-94.
38. Semendeferi S, Armstrong E, Schleicher A, et al. Prefrontal cortex in humans and apes: a comparative study of area 10. Am J Phys Anthropol. 2001 Mar;114(3):224-41.
39. Koechlin E, Basso G, Pietrini P, et al. The role of the anterior prefrontal cortex in human cognition. Nature. 1999 May 13;399(6732):148-51.
40. George Chahine, Esther Kristina Diekhof, Alexandra Tinnermann, Oliver Gruber. On the role of the anterior prefrontal cortex in cognitive 'branching': An fMRI study. Neuropsychologia. 2015 Oct:77.421-9.
41. Michael Petrides, Bessie Alivisatos, Stephen Frey. Differential activation of the human orbital, mid-ventrolateral, and mid-dorsolateral prefrontal cortex during the processing of visual stimuli. Proc Natl Acad Sci U S A. 2002 Apr 16;99(8):5649-54.
42. Stephen Frey, Veronika Zlatkina, Michael Petrides. Encoding touch and the orbitofrontal cortex. Hum Brain Mapp. 2009 Feb; 30(2): 650–659.
43. Stephen Frey, Michael Petrides. Orbitofrontal Cortex and Memory Formation. Neuron. Volume 36, Issue 1, 26 September 2002, p 171-176.
44. Tomás Goucha, Angela D. Friederici. The language skeleton after dissecting meaning: A

functional segregation within Broca's Area. NeuroImage. Volume 114, 1 July 2015, p 294-302.

45. David T Jones, Jonathan Graff-Radford. Executive Dysfunction and the Prefrontal Cortex. Continuum (Minneap Minn). 2021 Dec 1;27(6):1586-1601.
46. Dapretto, M. & Bookheimer, S. Y. (. Form and content: Dissociating syntax and semantics in sentence comprehension. 1999. Neuron, 24(2), 427-432.
47. Sprengelmeyer R, Rausch M, Eysel UT, Przuntek H. Neural structures associated with recognition of facial expressions of basic emotions. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences. 1998-10-22. 265 (1409): 1927–1931.
48. Zhang K, Sejnowski TJ. A universal scaling law between gray matter and white matter of cerebral cortex. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2000;97(10):5621-6.
49. Xuhui W, Sudhir P; Lucia S, Fang-Cheng Y, et al. Subcomponents and connectivity of the superior longitudinal fasciculus in the human brain. Brain Structure & Function. 221 (4): 2075–2092.
50. Thiebaut de Schotten M, Dell'Acqua F, Valabregue R, Catani M. Monkey to human comparative anatomy of the frontal lobe association tracts. 2012. Cortex 48(1):82–96.
51. Nikos Makris, David N Kennedy, Sean McInerney, et al. Segmentation of subcomponents within the superior longitudinal fascicle in humans: a quantitative, in vivo, DT-MRI study. Cereb Cortex. 2005 Jun;15(6):854-69.
52. Mandonnet E, Duffau H. Understanding entangled cerebral networks: a prerequisite for restoring brain function with brain-computer interfaces. Frontiers in systems neuroscience. 2014;8:82.
53. Loui P, Alsop D, Schlaug G. Tone deafness: a new disconnection syndrome. Journal of Neuroscience. 2009;29(33):10215-20.
54. Marco Catani, Derek K Jones, Dominic H ffytche. Perisylvian language networks of the human brain. Ann Neurol. 2005 Jan;57(1):8-16.
55. Catani M, Dell'Acqua F, Vergani F, et al. Short frontal lobe connections of the human brain. cortex. 2012;48(2):273-91.
56. La Corte E, Eldahaby D, Greco E, et al. The frontal aslant tract: a systematic review for neurosurgical applications. Frontiers in Neurology. 2021;12,641586.
57. Martino J, Brogna C, Robles SG, et al. Anatomic dissection of the inferior fronto-occipital fasciculus revisited in the lights of brain stimulation data. Cortex. 2010;46(5):691-9.
58. Duffau H, Gatignol P, Mandonnet E, Peruzzi P, et al. New insights into the anatomo-

functional connectivity of the semantic system: a study using cortico-subcortical electrostimulations. Brain. 2005;128(4):797-810.

59. Almairac F, Herbet G, Moritz-Gasser S, et al. The left inferior fronto-occipital fasciculus subserves language semantics: a multilevel lesion study. Brain Structure and Function. 2015;220(4):1983-95.
60. Schneider RC, Crosby EC, Farhat SM. Extratemporal lesions triggeringthe temporal-lobe syndrome. J Neurosurg, 1965;22: 246-253.
61. Peltier. "Microsurgical Anatomy of the Temporal Stem: Clinical relevance and correlations with diffusion tensor imaging fiber tracking".2010. Journal of Neurosurgery. 112 (5). ss. 1033-8.
62. Levine B, Black SE, Cabeza R, et al. Episodic memory and the self in acase of isolated retrograde amnesia. Brain 1998;121(pt 10): 1951–1973.
63. Lu LH, Crosson B, Nadeau SE, et al. Category-specific naming deficits for objects and actions: semantic attribute and grammatical role hypotheses. Neuropsychologia, 2002;40(9):1608-1621.
64. Emma J Bubb, Claudia Metzler-Baddeley, John P. Aggleton. The cingulum bundle: Anatomy, function, and dysfunction. Neurosci Biobehav Rev.2018 Eylül:92: 104-127.
65. José Pedro Lavrador, Vítor Ferreira, Miguel Lourenço. White-matter commissures: a clinically focused anatomical review. Surg Radiol Anat. 2019 Jun;41(6):613-624.
66. Charles Raybaud. The corpus callosum, the other great forebrain commissures, and the septum pellucidum: anatomy, development, and malformation. Neuroradiology. 2010 Jun;52(6):447-77.
67. Carlo Serra, Uğur Türe, Niklaus Krayenbühl, et al. Topographic Classification of the Thalamus Surfaces Related to Microneurosurgery: A White Matter Fiber Microdissection Study. World Neurosurg. 2017 Jan:97.438-452.
68. Schmahmann JD, Schmahmann J, Pandya D. Fiber Pathways of the Brain: OUP USA; 2009.
69. Igor de Castro, Daniel de Holanda Christoph, Daniel Paes dos Santos, et al. Internal structure of the cerebral hemispheres: an introduction of fiber dissection technique. Arq Neuropsiquiatr. 2005 Jun;63(2A):252-8.
70. Stephen Bordes, Cassidy Werner, Mansour Mathkour et al. Arterial Supply of the Thalamus: A Comprehensive Review. World Neurosurg. 2020 May:137:310-318.
71. Perlmutter D, Rhoton AL Jr. Microsurgical Anatomy of the Distal Anterior Cerebral Artery.

1978. J Neurosurg 49: 204-228

72. Harris FS, Rhoton AL. Microsurgical anatomy of the cavernous sinus. J Neurosurg 45:169-180, 1976
73. Yaşargil MG. Microneurosurgery. Volum I. Stutgart, New York: Georg Thieme Verlag,1984:p 92-93
74. Gibo H, Carver CC, Rhoton Jr AL, et al. Microsurgical anatomy of the middle cerebral artery. J Neurosurg. 1981 Feb;54(2):151-69.
75. Yaşargil MG. Microneurosurgery. Volum I. Stutgart, New York: Georg Thieme Verlag,1984: p 72-91
76. Ed. Sait Naderi. Cumhuriyetin 100.yılında Türkiye'de Beyin ve Sinir Cerrahsi Tarihi. Türk Nöroşirurji Yayınları. 2023 p.1
77. Valerie A Andrushko, John W Verano. Prehistoric trepanation in the Cuzco region of Peru: a view into an ancient Andean practice. Am J Phys Anthropol. 2008 Sep;137(1):4-13.
78. Mark, Joshua J. "Egyptian Medicine." World History Encyclopedia. Last modified February 17, 2017.
79. Breitenfeld T, Jurasic MJ, Breitenfeld D. Hippocrates: the forefather of neurology. Neurol Sci. 2014 Sep;35(9):1349-52.
80. Pearce J.M.S. The Neuroanatomy of Herophilus. Eur Neurol (2013) 69 (5): 292–295.
81. S.Finger. Origins of Neuroscience: A History of Explorations into Brain Function. Oxford University Press, New York, NY (1994)p.15-17.
82. Finger S. Origins of Neuroscience: A History of Explorations into Brain Function. Oxford University Press, New York, NY (1994)p.21-23.
83. Jonathan Pevsner. Leonardo da Vinci's contributions to Neuroscience. Trends in Neurosciences. Volume 25, Issue 4, 1 April 2002, Pages 217-220
84. André Parent. Berengario da Carpi and the Renaissance of Brain Anatomy. Front Neuroanat. 2019 Feb 13:13:11.
85. Jeremy D Schmahmann, Deepak N Pandya. Cerebral white matter--historical evolution of facts and notions concerning the organization of the fiber pathways of the brain. J Hist Neurosci. 2007 Jul-Sep;16(3):237-67.
86. Filley CM. Handbook of Clinical Neurology Volume 95, 2009, Pages 557-570
87. Clarke E, O'Malley CD. The human brain and spinal cord: A historical study illustrated by writings from antiquity to the twentieth century, Norman Publishing. 1996.
88. Francesco Vergani, Christopher M Morris, Patrick Mitchell et al. Raymond de Vieussens

and his contribution to the study of white matter anatomy: historical vignette. J Neurosurg. 2012 Dec;117(6):1070-5.

89. R Shane Tubbs, Marios Loukas, Mohammadali M Shoja et al. Félix Vicq d'Azyr (1746-1794): early founder of neuroanatomy and royal French physician. Childs Nerv Syst. 2011 Jul;27(7):1031-4.
90. Stephanie M Casillo, Diego D Luy, Ezequiel Goldschmidt. A History of the Lobes of the Brain. World Neurosurg. 2020 Feb:134:353-360.
91. Paul Broca. Comparative anatomy of the cerebral convolutions: The great limbic lobe and the limbic fissure in the mammalian series. J Comp Neurol. 2015 Dec 1;523(17):2501-54.
92. Agrawal A , Kapfhammer JP, Kress A et al., Josef Klingler's models of white matter tracts: influences on neuroanatomy, neurosurgery, and neuroimaging. Neurosurgery. 2011 Aug;69(2):238-52; discussion 252-4.
93. Gutiérrez C. The birth and growth of neuroradiology in the U.S.A. Neuroradiology 21:227–237, 1981
94. Dandy WE. Ventriculography following the injection of air into the cerebral ventricles. Ann. Surg. (1918). 68, 5–11
95. Lysholm E. Experiences in ventriculography of tumours below the tentorium. Br J Radiol. 1946 Nov;19(227):437-52.
96. Moniz E: L'encéphalographie artérielle, son importance dans la localization des tumeurs cérébrales [in French]. Rev Neurol 2: 72–90, 1927
97. Marco Artico, Marialuisa Spoletini, Lorenzo Fumagalli et al., Egas Moniz: 90 Years (1927–2017) from Cerebral Angiography. Front Neuroanat. 2017 Sep 19:11:81.
98. Riley E Alexander, Richard B Gunderman. EMI and the first CT scanner. J Am Coll Radiol. 2010 Oct;7(10):778-81.
99. Ambrose J. Computerized transverse axial scanning (tomography). II. Clinical application. Br J Radiol 1973; 46: 1023–1047
100. Yousem D, Grossman R. Neuroradiology: The requısıtes, 3th. Mosby Elsevıer, Philadelphia, 2010. p1-22.
101. Jason P Lerch , André J W van der Kouwe , Armin Raznahan et al., Studying neuroanatomy using MRI. Nat Neurosci. 2017 Feb 23;20(3):314-326.
102. David G Norris, Jonathan R Polimeni. Laminar (f)MRI: A short history and future prospects. Neuroimage. 2019 Aug 15:197:643-649

103. Kumar Abhinav, Fang-Cheng Yeh, Sudhir Pathak et al. Advanced diffusion MRI fiber tracking in neurosurgical and neurodegenerative disorders and neuroanatomical studies: A review. Biochim Biophys Acta. 2014 Nov;1842(11):2286-2297.
104. Boglarka Donczo, Andras Guttman. Biomedical analysis of formalin-fixed, paraffin-embedded tissue samples: The Holy Grail for molecular diagnostics. J Pharm Biomed Anal. 2018 Jun 5:155:125-134.
105. Fox C H, Johnson F B, Whiting J , et al. Formaldehyde fixation. J Histochem Cytochem. 1985 Aug;33(8):845-53
106. Nardi L, Schmeisser MJ, Schumann S. Fixation and staining methods for macroscopical investigation of the brain. Frontier in Neuroanatomy, 2023.
107. Lagerlöf H, Torgersruud T. Zur Kenntnis der Gewichts- und Volumenveränderungen bei Formolfixation von Gehirngewebe und der Einwirkung von NaCl-Zusatz darauf. J. Psych. und Neurol. (1934). 46 178–188.
108. Brown P. Iatrogenic Creutzfeldt-Jakob disease. Aust N Z J Med. 1990 Oct;20(5):633-5.
109. Ciara Barrett, Francesca Brett, David Grehan, Michael B McDermott. Heat-accelerated fixation and rapid dissection of the pediatric brain at autopsy: a pragmatic approach to the difficulties of organ retention. Pediatr Dev Pathol. 2004 Nov-Dec;7(6):595-600.
110. A. Al-Hayani, R. Hamdy, G. S. Abd El-Aziz, et al. Shellac: a non-toxic preservative for human embalming techniques. 2011. J. Anim. Vet. Adv. 10 1561–1567.
111. Sharma M, Grieve J H K. Rapid fixation of brains: a viable alternative? J Clin Pathol. 2006 Apr; 59(4): 393–395.
112. Böttger H Methodischer Beitrag zur Fixierung des Leichengehirns. Zbl. Pathol. (1951). 233–236.
113. Bradbury S. A, Hoshino K. An improved embalming procedure for long-lasting preservation of the cadaver for anatomical study. Acta Anat. 1978. 101 97–103.
114. Anderson SD. Practical Light Embalming Technique for Use in the Surgical Fresh Tissue Dissection Laboratory. Clin. Anat. 2006. 19 8–11.
115. Sainton K, Kattwinkel H. Über die Conservierung des Centralnervensystems durch Formol in situ. Dt. Arch. Klin. Med. 1898. 60 548–553.
116. Cimmino A, Parisi G, Mastropasqua M. G, Ricco R. A new technique for foetal brain fixation and extraction. Pathologica. 2002. 94 320–324.
117. Messmer C, Kellogg RT, Zhang Y, et al. A technique to perfuse cadavers that extends the useful life of fresh tissues: the Duke experience. Anat. Sci. Educ. 2010. 3 191–194.

118. Thiel W. Supplement to the conservation of an entire cadaver according to W. Thiel. Ann. Anat. 2002. 184 267–269.
119. Crosado B, Loffler S, Ondruschka B, et al. Phenoxyethanol-based embalming for anatomy teaching: an 18 years'. Experience with Crosado Embalming at the University of Otago in New Zealand. Anat. Sci. Educ. 2020. 13 778–793.
120. Ostertag B. Die Sektion des Gehirnes und Rückenmarkes und ihrer Hüllen. Berlin: Springer Nature. 1949
121. Bass T, Bergevin MA, Werner AL, et al. In situ fixation of the neonatal brain and spinal cord. Pediatr. Pathol. 1993. 13 699–705.
122. Hammer N, Loffler S, Feja C, et al. Ethanol-glycerin fixation with thymol conservation: a potential alternative to formaldehyde and phenol embalming. Anat. Sci. Educ. 2012. 5 225–233.
123. Nicholls JM. Rapid method for fetal brain fixation. J. Clin. Pathol. 1988. 41 1019–1020.
124. Latini F, Hjortberg M, Aldskogius H., Ryttlefors M. The use of a cerebral perfusion and immersion-fixation process for subsequent white matter dissection. J. Neurosci. Methods . 2015. 253 161–169.
125. Miyake S, Suenaga J, Miyazaki R, et al. Thiel's embalming method with additional intra-cerebral ventricular formalin injection (TEIF) for cadaver training of head and brain surgery. Anat. Sci. Int. 2020. 95 564–570.
126. Luria AR. In: Frontal Lobes Syndromes. Vinken P J, Bruyn G W, editors. Vol. 2. Amsterdam: North Holland; 1969. pp. 725–757.
127. Jobso DD, Hase Y, Clarkson AN, Kalaria RN. The role of the medial prefrontal cortex in cognition, ageing and dementia. Brain Commun. 2021 Jun 11;3(3):fcab125
128. Fuster J. The prefrontal cortex. 4.ed. (2008). The Prefrontal Cortex. London: Academic Press/ Elsevier
129. Robert G. Briggs, Yueh-Hsin Lin, Nicholas B. Dadario et al. Anatomy and White Matter Connections of the Middle Frontal Gyrus. World Neurosurg. 2021 Jun
130. Robert G Briggs, Arpan R Chakraborty, Christopher D Anderson et al. Anatomy and white matter connections of the inferior frontal gyrus. Clin Anat. 2019 May
131. Chuanqi Sun, Yibao Wang, Run Cui, et al. Human Thalamic-Prefrontal Peduncle Connectivity Revealed by Diffusion Spectrum Imaging Fiber Tracking. Front Neuroanat. 2018 Apr 17:12:24.
132. Agata Musiał , Ryszard W Gryglewski, Stanislas Kielczewski et al, Formalin use in

anatomical and histological science in the 19th and 20th centuries. Folia Med Cracov. 2016;56(3):31-40.

133. Thiel W. The preservation of the whole corpse with natural color. Annals of Anatomy, 1992, 174(3): 185-195.
134. Christos Koutsarnakis, Faidon Liakos, Aristotelis V Kalyvas et al. A Laboratory Manual for Stepwise Cerebral White Matter Fiber Dissection. World Neurosurg. 2015 Aug
135. Kinosada Y, Ono M, Okuda Yet al, MR tractography--visualization of structure of nerve fiber system from diffusion weighted images with maximum intensity projection method. Nihon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi. 1993 Feb 25;53(2):171-9.
136. Jessica R. Andrews-Hanna, Jay S. Reidler, Christine Huang. Evidence for the Default Network's Role in Spontaneous Cognition. Journal of NeurophysiologyVol.2010. 104, No. 1
137. Kristen A. McKiernan, Benjamin R. D'Angelo, Jacqueline N. Kaufman. Interrupting the "stream of consciousness": An fMRI investigation. NeuroImage Volume 29, Issue 4, 15 February 2006, p 1185-1191
138. Kai Hwang, Maxwell A. Bertolero, William B. Liu. The Human Thalamus Is an Integrative Hub for Functional Brain Networks. Journal of Neuroscience 7 June 2017, 37 (23) 5594-5607
139. Rafal RD and Posner MI. Deficits in human visual spatial attention following thalamic lesions. October 1, 198784 (20) 7349-7353
140. Nick F. Wright, Seralynne D. Vann, John P. Aggleton. A Critical Role for the Anterior Thalamus in Directing Attention to Task-Relevant Stimuli. Journal of Neuroscience 8 April 2015, 35 (14) 5480-5488
141. Luigjes J, van den Brink W, Feenstra M, et al. Deep brain stimulation in addiction: a review of potential brain targets. Mol Psychiatry. 2012;17(6):572–583
142. Hamani C, Mayberg H, Stone S, et al. The subcallosal cingulate gyrus in the context of major depression. Biol Psychiatry. 2011;69(4):301–308.
143. Lipsman N, Woodside DB, Lozano AM. Neurocircuitry of limbic dysfunction in anorexia nervosa. Cortex. 2015;62: 109–118.
144. Hornak J, Bramham J, Rolls ET, et al: Changes in emotion after circumscribed surgical lesions of the orbitofrontal and cingulate cortices. Brain 126:1691–1712, 2003
145. Vilkki J. Effects of thalamic lesions on complex perception and emory. Neuropsychologia. 1978;16(4):427-37.

146. Hagoort P. Nodes and networks in the neural architecture for language: Broca's region and beyond. Curr Opin Neurobiol 28: 2014. 136–141.
147. Cha J, DeDora D, Nedic S, et al. Clinically anxious individuals show disrupted feedback between inferior frontal gyrus and prefrontal-limbic control circuit. J Neurosci Off J Soc Neurosci 36, 2016: 4708–4,718.
148. Jeong B, Wible CG, Hashimoto R, Kubicki M. Functional and anatomical connectivity abnormalities in left inferior frontal gyrus in schizophrenia. Hum Brain Mapp 30, 2009: 4138–4,151.
149. Papadelis C, Arfeller C, Erla S, et al. Inferior frontal gyrus links visual and motor cortices during a visuomotor precision grip force task. Brain Res 1, 2016: 252–266.
150. Liakakis G, Nickel J, Seitz RJ. Diversity of the inferior frontal gyrus--A meta-analysis of neuroimaging studies. Behav Brain Res 225, 2011: 341–347.
151. Kortte KB, McWhorter JW, Pawlak MA, et al. Anosognosia for hemiplegia: The contributory role of right inferior frontal gyrus. Neuropsychology 29, 2015: 421–432.
152. Sherman MT, Seth AK, Kanai R. Predictions shape confidence in right inferior frontal gyrus. J Neurosci Off J Soc Neurosci 36, 2016: 10323–10,336.